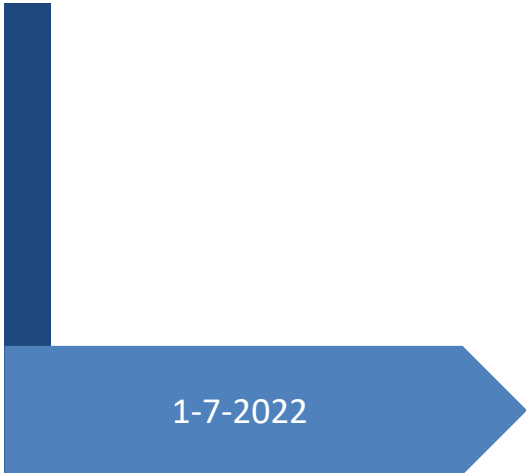
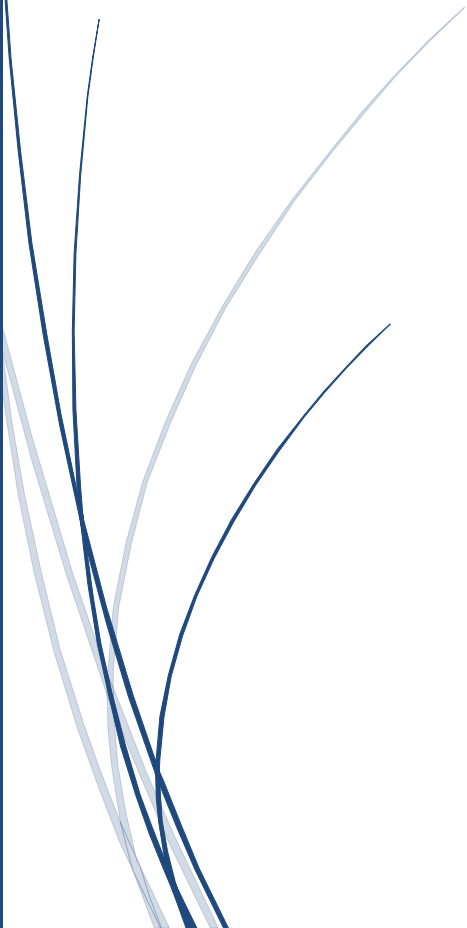




1-7-2022

Beregenen in droge tijden

Vroegtijdige plantafsterving bij
veenkoloniale zetmeelaardappelen



Johan Geerts

Kwaliteit van irrigatiewater op de plantvitaliteit

*Het effect van de waterkwaliteit van het irrigatiewater op de (zetmeel)aardappel tijdens het
groeiseizoen van het aardappelgewas*

Auteur: Johan Geerts

Studentnummer: 3025190

E-mailadres: 3025190@aeres.nl

Opleiding: Tuin en Akkerbouw agrarisch ondernemerschap

Leerjaar: 4

Klas: 4TAO

Afstudeerbegeleider: K. Westerdijk

Datum: 1 juli, 2022

Plaats: Assen

Voorwoord

Voor u ligt mijn onderzoeksrapport geschreven in het kader van de opleiding tuin- en akkerbouw ondernemerschap van de Aeres hogeschool in Dronten. Dit onderzoeksverslag maakt deel uit van de afronding van het vierde jaar van de opleiding. De onderzoeksvraag over het eerder afsterven van beregende aardappelen trok mij erg aan omdat ik zelf ook opgegroeid ben op een akkerbouwbedrijf met het telen van aardappelen als hoofdgewas.

In de periode dat dit verslag geschreven is liep ik stage bij het onderzoek- en adviesbureau Delphy team akkerbouw Noordoost. Tijdens de stage en het schrijven van dit verslag heb ik veel informatie en hulp ontvangen van verschillende Delphy medewerkers en die wil ik hier graag hartelijk voor bedanken. Daarnaast wil ik in het bijzonder nog mijn coach Kees Westerdijk bedanken voor de coaching en begeleiding gedurende het onderzoek.

Delphy is een onderzoeks- en adviesbureau dat is gespecialiseerd in de landbouwsector. Wereldwijd heeft de onderneming meer dan 250 werknemers in dienst en in 2020 werd een omzet behaald van 24,5 miljoen (Delphy, 2022). Delphy zorgt wereldwijd voor onafhankelijk adviezen, onderzoek en trainingen in de landbouwsector. Het bedrijf bestaat uit verschillende teams met elk haar eigen specialisatie. Dit kan een teeltspecialisatie, regio specialisatie of landspecialisatie zijn (Delphy, 2022).

Delphy voorziet agrarisch ondernemers van adviezen die zijn gebaseerd op proeven en onderzoeken die zij zelf uitvoeren met als doel de bedrijfsvoering te optimaliseren. Het onderzoek wat Delphy doet is gebaseerd uit vragen uit de agrarische sector. Samen met partners probeert Delphy de kennis over de landbouw te vergroten en deze kennis te verspreiden. Landbouwers kunnen er bijvoorbeeld voor kiezen om tegen betaling lid te worden van Delphy, zodat zij gebruik kunnen maken van hun kennis en expertise met als doel de optimalisatie van de teelt en/of bedrijfsvoering (De Boer, Delphy, 2021) (Agrimatie, 2022).

De afdeling Akkerbouw Noordoost focust zich hoofdzakelijk op de regio Drenthe en Groningen. In deze gebieden worden veel zetmeelaardappelen geteeld.

Johan Geerts

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Probleem historie	7
1.3 Relevantie & doelstelling.....	8
1.4 Definities & omvang onderzoek	8
1.4.1 De aardappel	8
1.4.2 Groeiseizoen.....	8
1.4.3 Functie van vocht in de plant	8
1.4.4 Wat is beregening.....	9
1.4.5 Methodes beregening	9
1.4.6 Zoutschade zetmeelaardappelen	10
1.4.7 Wat is de hardheid van water	12
1.5 Afbakening.....	12
1.5.1 Sector en regio	12
1.5.2 Mogelijke beperkingen.....	12
1.6 Hoofd- en deelvragen.....	13
Hoofdstuk 2: Onderzoeksverantwoording	14
Hoofdstuk 3 Resultaten.....	22
3.1 Wat is irrigatiewater	22
3.2 Welk effect heeft het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit.....	23
3.3. Welk effect heeft het chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit	25
3.4 Welk effect heeft het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit.....	26
3.5 Welk effect heeft de bron van het beregeningswater op de plantvitaliteit	27
Hoofdstuk 4 Discussie.....	29
Reflectie.....	29
Hoofdstuk 5 Conclusies	33
Hoofdstuk 6 Aanbevelingen	36
Bibliografie	38
Bijlagen	42
Bijlage 1 Planning uitvoering onderzoek.....	42
Bijlage 2 Proefgegevens	44
Bijlage 3 Observatieschema's onderzoek proefveldjes.....	45

Bijlage 4 Resultaten bladsapanalyses.....	48
Bijlage 5 Waterwaardes bron- en oppervlaktewater	48
Bijlage 6 Onderzoeksopzet vervolgonderzoek	49
Bijlage 7 Plantvitaliteit aanduiding.....	52
Bijlage 8 Interview H. De Boer.....	53

Samenvatting

Verschillende veenkoloniale zetmeelaardappeltelers hebben waargenomen dat beregende zetmeelaardappelen eerder afsterven dan onberegende zetmeelaardappelen. Het doel van dit onderzoek is om bij te dragen aan doelstellingen van de Nederlandse zetmeelaardappelteler, namelijk het optimaliseren van de teelt en – op lange termijn - het bevorderen van de bedrijfszekerheid. De hoofdvraag van het onderzoek luidt dan ook als volgt: *Wat is het effect van de waterkwaliteit van het irrigatiewater op de zetmeelaardappel tijdens het groeiseizoen van het aardappelgewas?*

Om het effect van waterkwaliteit op de vitaliteit van de aardappelplanten te onderzoeken is er een proef opgezet. Op de proefvelden zijn zetmeelaardappelen gepoot, die vervolgens op verschillende wijzen zijn behandeld (onder andere door het toevoegen van zout en ijzer aan het bronwater).

De resultaten van de proef tonen aan dat er geen verschil is in plantvitaliteit wanneer er wordt beregend met toevoeging van zout (natrium of chloor) of ijzer. Tevens is er geen aantoonbaar verschil in plantvitaliteit wanneer beregening door grondwater en beregening door oppervlaktewater met elkaar worden vergeleken. Het onderzoek kampte echter met een belangrijke externe variabele: de weersomstandigheden. Er is aangetoond dat teeltjaar 2021 een uitermate vochtig jaar is geweest. De proefvelden zijn hierdoor slechts eenmaal beregend. Er is een kans aanwezig dat de uitkomsten van het onderzoek anders uitpakken wanneer de proef wordt gedaan onder andere weersomstandigheden.

Hoewel de veldproef deze keer geen resultaten geeft, kan er wel degelijk worden geconstateerd dat de waterkwaliteit invloed heeft op de plantvitaliteit van de zetmeelaardappel tijdens het groeiseizoen. Literatuuronderzoek laat zien dat er zoutschade kan optreden bij een overschot aan zout. Zoutschade is bijvoorbeeld osmotische stress en een toxisch effect. Hoewel naar ijzer minder onderzoek is verricht, blijkt wel dat een ijzeroverschot kan leiden tot verminderde plantvitaliteit.

Voor de zetmeelaardappeltelers is het van belang om de oorzaak van de vroegtijdige afsterving te achterhalen en daarom wordt geadviseerd om het onderzoek te herhalen onder kunstmatige omstandigheden, namelijk in een kas. In een kas kunnen de temperatuur, de luchtvochtigheid, CO₂ en de watergift worden gereguleerd. Omdat de kas de natuurlijke regenval opvangt kan er exact gereguleerd worden hoeveel vocht de aardappelen krijgen. Zo kan er droogte worden nagebootst. Tevens is er in een kas geen sprake van uitspoeling van nutriënten vanwege bijvoorbeeld hoosbuien. De teler dient wel rekening te houden met bijvoorbeeld ventilatie, de capillaire werking, de bewerkelijkheid en de hogere kosten. Ten slotte wordt aanbevolen om het vervolgonderzoek uit te voeren met een ander aardappelras, namelijk BMC. Verwacht wordt dat met gebruik van dit ras verschillen in plantvitaliteit sneller kunnen worden aangetoond.

Summary

Several starch potato growers from the 'Veenkoloniën' have observed that irrigated starch potatoes die earlier than unirrigated starch potatoes. The aim of this research is to contribute to the objectives of the Dutch starch potato grower, namely optimizing cultivation and – in the long term – optimizing business continuity. The main research question is as follows: What is the effect of the water quality of the irrigation water on the starch potato during the growing season of the potato crop?

A trial has been set up to investigate the effect of water quality on the vitality of potato plants. Starch potatoes were planted on the trial fields, which were then treated in various ways (including adding salt and iron to the irrigation water).

The results of the study show that there is no difference in plant vitality when irrigated with the addition of salt (sodium or chlorine) or iron. Also, irrigation by surface water and irrigation by groundwater have been compared but show no difference in plant vitality. This does not mean that it can be concluded that irrigation with the relevant additives has no effect on plant vitality. The research was faced with an important external variable: the weather conditions. It has been shown that cultivation year 2021 was an extremely humid year. As a result, the test fields were irrigated only once.

Although the field trial does not yield any results this time, it can be concluded from literature studies that the water quality has an influence on the plant vitality of the potato during the growing season. Salt damage can occur, for example osmotic stress and a toxic effect. Although less research has been done on iron, it does appear that an iron surplus can lead to reduced plant vitality.

For starch potato growers, it is important to find out the cause of the premature dying process of the potato plants. Therefore, it is recommended to repeat the research under artificial conditions, namely in a greenhouse. The temperature, humidity, CO₂ and irrigation can be regulated in a greenhouse. Because the greenhouse absorbs the natural rainfall, it is possible to regulate exactly how much moisture the potatoes receive. In this way, drought can be simulated. There is also no leaching of nutrients in a greenhouse due to, for example, downpours. The grower does have to take a number of things into consideration when the trial is done in a greenhouse. For example, ventilation, the capillary effect, hours of labour and higher costs. Finally, it is recommended to carry out the follow-up study with another potato variety, namely BMC. It is expected that differences in plant vitality can be demonstrated more quickly with the use of this variety.

Hoofdstuk 1. Inleiding

In de jaren 2018, 2019 en 2020 heeft de Nederlandse landbouw flink geleden onder de extreme droogte. Deze droge periodes zijn ontstaan door een groot neerslagtekort in de zomermaanden. Er viel weinig tot geen neerslag en er werden langdurig hoge temperaturen van boven de 30 graden gemeten. Deze weersomstandigheden zorgen steeds vaker voor grote schade, bijvoorbeeld in de akkerbouw (Van Rossum, 2021).

Voor een teler die zetmeelaardappelen verbouwt is het belangrijk om het gewas zo lang mogelijk vitaal te houden. Wanneer het aardappelloof groen is, dan groeien de aardappelen en stijgt het zetmeelpercentage. Dit is belangrijk omdat de kilo opbrengst van de aardappel samen met het zetmeelpercentage de financiële opbrengst bepaalt. Bij onvoldoende vochtopname wordt de groei van de plant belemmerd en daardoor neemt bijvoorbeeld de aardappel- en zetmeelopbrengst af.

Om deze redenen wordt het onderwerp beregening ook in Nederland steeds relevanter. Een toenemend aantal akkerbouwers overweegt om te investeren in beregeningsinstallaties. Beregenen is niets anders dan vocht bij de plant brengen door middel van een beregeningsinstallatie. In Nederland wordt deze manier van irrigatie in de meeste gevallen uitgevoerd met een beregeningshaspel.

1.1 Aanleiding

Sinds 2018 zijn er een veelvoud aan akkerbouwers in toenemende mate zetmeelaardappelen gaan beregenen vanwege de extreme droogte.

Tijdens het groeiseizoen constateerden een aantal akkerbouwers afzonderlijk van elkaar dat hun zetmeelaardappelen eerder afstierven wanneer zij beregend werden. Deze akkerbouwers achtten dit onlogisch omdat het aardappelloof normaal gesproken juist eerder afsterft bij (onder andere) een tekort aan vocht.

Een aantal akkerbouwers hebben het dilemma van de afstervende beregende zetmeelaardappelen voorgelegd aan de adviseurs van Delphy. Naar mate meer tijd verstreek constateerden de adviseurs dat dit probleem bij een significant aantal zetmeeltelers in de Veenkoloniën merkbaar is. Delphy is daarmee de eigenaar van het probleem en heeft het vraagstuk voorgelegd aan zijn onderzoekers om erachter te komen waarom beregende aardappelen eerder afsterven dan onberegende aardappelen. De uitkomsten van het onderzoek zijn relevant voor alle aardappelzetmeeltelers, die daarmee de doelgroep vormen van dit onderzoek.

1.2 Probleem historie

In Nederland bestaat de aardappelzetmeelteelt uit ongeveer 45.500 hectare (CBS, 2021), voornamelijk geconcentreerd in het Veenkoloniale gebied in Drenthe en Groningen (Veenkoloniën). Naast Nederland worden er ook in landen zoals Duitsland, Denemarken en Frankrijk op grote schaal zetmeelaardappelen geteeld. Voor zover bekend is het fenomeen van sneller afstervende beregende zetmeelaardappelen niet vastgesteld in deze landen en is er – logischerwijs – ook geen onderzoek naar gedaan (De Boer, Delphy, 2021).

Ook in Nederland zijn er geen onderzoeken gedaan naar het sneller afsterven van beregende aardappelen, omdat dit fenomeen voorafgaand aan de periode 2018-2020 niet werd waargenomen.

1.3 Relevantie & doelstelling

Indien niet duidelijk wordt waarom beregening zorgt voor sneller afstervende zetmeelaardappelen kan dit ervoor zorgen dat akkerbouwers niet gaan investeren in beregeningsinstallaties, wat ervoor kan zorgen dat – in droge perioden – de opbrengst daalt. Voor aardappelzetmeeltelers die al beregenen kan het ook voor verminderde opbrengst zorgen vanwege de belemmerende groei door de vroege sterfte van het loof.

Het doel van dit onderzoek is om met dit onderzoek bij te dragen aan de doelstellingen van de Nederlandse zetmeelaardappelteler, namelijk het optimaliseren van de teelt en – op lange termijn - het bevorderen van de bedrijfszekerheid.

1.4 Definities & omvang onderzoek

Om de onderzoeksvraag te kunnen opstellen moet allereerst worden gekeken naar de definities en samenhang van de verschillende factoren die te maken hebben met het fenomeen ‘afstervende zetmeelaardappelen vanwege beregening’.

1.4.1 De aardappel

De volledige naam van de aardappel is *Solanum Tuberosum* (Howard, 1970). De aardappel is een plant die bestaat uit stengels, wortels en knollen. De bewortelingsdiepte van een aardappel ligt vaak rond de 40 à 50 centimeter afhankelijk van de grondsoort. Het loof van de aardappel bestaat uit stengels, bladeren en bij de meeste rassen ook bloemen. Onderaan het blad zitten de huidmondjes, deze zorgen voor uitwisseling van onder andere koolstofdioxide, zuurstof en waterdamp. De wortel van de plant heeft als hoofdfunctie het opnemen van nutriënten en het opnemen van vocht. Daarnaast leveren de wortels een stukje stevigheid voor de plant (Veerman, 2003).

Vergeleken met andere aardappelen hebben zetmeelaardappelen een zeer hoog zetmeelpercentage, wat ze geschikt maakt voor de verwerking van aardappelzetmeel.

1.4.2 Groeiseizoen

Het groeiseizoen begint op het moment dat de aardappel is gepoot en eindigt op het moment dat de aardappel is afgestorven. Zetmeelaardappelen worden, als de weersomstandigheden dit toelaten, gemiddeld gezien in april gepoot. Het einde van het groeiseizoen ligt gemiddeld in oktober, wanneer de aardappelplant natuurlijk afsterft, mechanisch of chemisch wordt vernietigd.

1.4.3 Functie van vocht in de plant

Tijdens het groeiseizoen is vocht voor de plant essentieel. Vocht is nodig voor de kieming en de groei van wortels. Wanneer er voldoende vocht in de grond aanwezig is zal de kiem uitgroeien tot een wortel. De beschikbaarheid van water beïnvloedt ook de loofgroei. Wanneer er voldoende vocht beschikbaar is zal er meer loofgroei plaatsvinden.

In de plant is water noodzakelijk voor de stevigheid. Vocht in de bladeren en stengels zorgt voor voldoende cel spanning en zorgen ervoor dat de bladeren en stengels niet slap gaan hangen. De plant koelt zichzelf af doormiddel van verdamping van vocht. Het water dat in de wortels wordt aangetrokken bevat verschillende mineralen en voedingstoffen wat de plant nodig heeft. Water is

ook essentieel voor de groei van de plant omdat het een deel uitmaakt van de benodigdheden van fotosynthese (Haverkort, 2022).

Tijdens de knolzetting is voldoende vochtvoorziening belangrijk. Bij een tekort aan vocht sluiten de huidmondjes en wordt de productie geremd (Veerman, 2003).

Vocht is tevens een belangrijk hulpmiddel op het gebied van bemesting. Zonder voldoende vocht in de bodem kunnen er geen voedingstoffen zoals bijvoorbeeld stikstof kunnen worden opgenomen terwijl dat wel in de bodem aanwezig is. Zo kan een tekort aan vocht de plantgroei en de productie erg verlagen. Een aardappel is gemiddeld 10mm water per ton opbrengst nodig (Haverkort, 2022).

Voldoende vocht voor de plant is niet altijd positief. Bij een overmaat aan regen kan het water niet zakken en zal het water op de aardappel rug blijven staan. Wanneer de aardappel rug meer dan 24 uur onder water staat is de kans aanwezig dat de aardappelknollen gaan rotten.

1.4.4 Wat is beregening

Wanneer er weinig tot geen regen valt is er sprake van neerslagtekort en heeft een agrariër de optie om irrigatie toe te passen. Het doel van beregenen is vocht bij de plant brengen. Om te beregenen is er als eerst beschikbaarheid van zoet water nodig. Op de aarde is maar 2,6% zoet water, het overige deel is zout water. De 2,6% zoet water is te vinden in grondwater, oppervlaktewater en bodemvocht (Feddes, 2004).

Irrigatie met oppervlaktewater kan worden gehaald uit een sloot, kanaal of meer. Oppervlaktewater heeft als eigenschap dat het vaak een hogere temperatuur heeft doordat het wordt opgewarmd door de zon. Niet overal is er genoeg oppervlaktewater beschikbaar of is het helemaal niet beschikbaar. Ook zijn er gebieden in Nederland waar niet uit het oppervlaktewater mag worden beregend op aardappelen omdat het een waterwingebied is of de ziekte bruinrot zich hier kan bevinden. In extreem droge jaren kan het waterschap ook een beregeningsverbod opleggen om te voorkomen dat al het oppervlaktewater wordt opgebruikt (NVWA, 2020). Een andere optie waar veel gebruik van gemaakt wordt is het beregenen met grondwater. Grondwater wordt uit een put gepompt. Niet overal kunnen putten worden geslagen omdat er niet overal water beschikbaar is. Bronwater heeft vaak een lage temperatuur omdat het vele meters onder de grond wordt gepompt.

1.4.5 Methodes beregening

Er zijn verschillende methodes van beregenen, de meest voorkomende beregeningssystemen in Nederland is de beregeningshaspel. Hieronder worden de verschillende beregeningsystemen weergegeven en beschreven (Delphy, Effecten van vochthuishouding, 2019).

Regenhaspel

Irrigatie met een regenhaspel is een manier van beregenen die zeer dicht bij natuurlijke regenval komt. In Nederland is dit de meest voorkomende manier van irrigatie. De regenhaspel bestaat uit drie delen: de haspel, de slang en het kanon. Het kanon is een grote sproeier die het water verdeelt in de breedte. Het kanon is door middel van een slang aan de haspel bevestigd. Doordat de haspel de slang om de as draait wordt het kanon langzaam ingetrokken. De capaciteit van de regenhaspel wordt bepaald door de diameter van de slang, de waterdruk en de lengte van de slang (Peromat, 2011). De regenhaspel wordt veel in Nederland gebruikt omdat het een relatief makkelijke machine is met een hoge capaciteit. Daarnaast heeft een regenhaspel het voordeel dat deze bij elke vorm en grootte perceel kan worden ingezet. Een nadeel van een regenhaspel is de hoeveelheid, snelheid en

druk van de straal. Vanwege de hoge druk kan het water met geweld op het gewas inslaan en zo het gewas beschadigen (Eurofins, goed beregeningswater, wat is dat, 2020).

Druppel irrigatie

Druppel irrigatie wordt gebruikt om het water zo dicht mogelijk bij de plek te brengen waar het direct kan worden opgenomen. Bij aardappelen zijn dit de wortelen van de plant. Druppel irrigatie werkt door middel van druppel slangen die in de aardappel rug of tussen de aardappel rug worden gelegd. In deze slangen zitten gaten waardoor langzaam vocht vrijkomt. Dit water ligt dicht bij de wortels van de plant en is zo zeer toegankelijk voor de plant. Het voordeel van druppel irrigatie is dat er minder water nodig is vergeleken met andere irrigatiesystemen. Daarnaast is de opname voor de plant heel gemakkelijk, omdat het vocht altijd dichtbij is. Dit kan ook een nadeel vormen wanneer de wortels van de plant minder diep gaan wortelen omdat er nooit een tekort aan vocht is. En door de beperkte diepte van de wortelen is er ook minder mogelijkheid om nutriënten op te kunnen nemen. Verder is druppelirrigatie erg arbeidsintensief, duur en tijdrovend. De druppel slangen kunnen vrij eenvoudig kapotgaan door vraat van dieren en door wortels van planten. Daarnaast is er reële kans dat de slangen verstopt raken met grond. Voordat de aardappelen worden gerooid zullen de druppelslangen uit de grond moeten worden gehaald (Brouwer, 2015).

Pivot

Een pivot is een systeem wat men hoofdzakelijk buiten Nederland gebruikt. Een cirkel pivot is een beregeningsinstallatie met een centraal punt in het midden van het perceel waar de hele installatie omheen draait (Begeman, 2019). Deze installatie bestaat uit sproeiers die zorgen voor een goede verdeling van water. Deze installatie draait langzaam om zijn eigen as tot het hele perceel is beregend. Een cirkelpivot is een vaste installatie wat maar voor een perceel gebruikt kan worden. Deze manier van irrigatie wordt om deze reden ook alleen gebruikt in gebieden met zeer grote percelen. De percelen in Nederland zijn veelal niet geschikt om te beregenen middels een pivot.

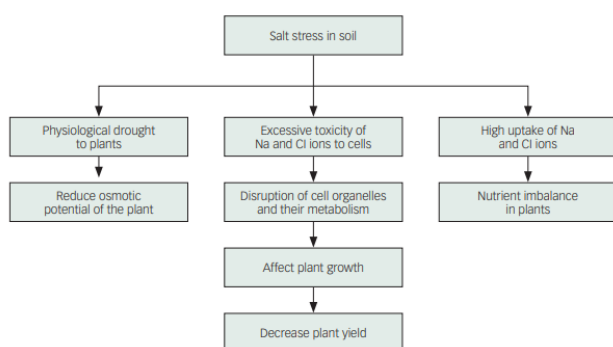
1.4.6 Zoutschade zetmeelaardappelen

In de alinea 'wat is beregening' is er reeds kort gesproken over zoet en zout water. Zout, oftewel NaCl is een veelvoorkomend element wat zich met name in de kustgebieden in het beregeningswater bevindt. Er is veel onderzoek gedaan naar de effecten van zout op verschillende gewassen. Te veel zout in de grond of in het water heeft twee negatieve effecten (Blom, 2017).

Een hoog zoutgehalte in de grond kan zorgen voor osmotische stress door een tekort aan vocht. De opgeloste zouten in het water zorgen voor een lagere osmotische potentiaal van de bodem. Hierdoor moet de plant meer moeite doen om het vocht naar zich toe te trekken. De plant reageert hierop door de huidmondjes te sluiten en zo vindt er minder verdamping en fotosynthese plaats (Khenifi, Boudjeniba, & Kameli, 2011).

NaCl bestaat uit natrium, een hoge hoeveelheid natrium kan zorgen voor een toxisch effect. De kalium opname door de wortels wordt door een overmaat natrium geremd, daarnaast wordt door de overmaat van Na en Cl de ionenhuishouding binnen de plant verstoord. Natrium remt in de bladeren de fotosynthese en enzymactiviteit wat resulteert in een vertraging van de groeisnelheid (Khenifi, Boudjeniba, & Kameli, 2011).

In figuur 1.1 zijn de oorzaken van schade bij een overmaat aan zout weergegeven.



Figuur 1.1: oorzaken van schade veroorzaakt door een overmaat aan zout (Blom, 2017)

Niet elke plant is even gevoelig voor zout. In tabel 1.1 zijn verschillende gewassen getoond waaruit blijkt dat aardappelen matig tolerant zijn voor zout. Dit betekent dat een overmaat aan zout in het water of in de bodemschade kan leveren aan de plant wat resulteert in een lagere opbrengst (Blom, 2017).

Tabel 1.1 Zoutgevoeligheidsklassen (Blom, 2017)

Zoutgevoeligheidsklassen			
Gevoelig	Matig tolerant	Tamelijk tolerant	Tolerant
Ui	Aardappel	Biet	Gerst
Appel	Kool	Broccoli	Katoen
Abrikoos	Tomaat	Sorghum	Suikerbiet
Avocado	Komkommer	Tarwe	Dadel
Boon	Sla	Olijf	Quinoa
Wortel	Spinazie	Raaigras	Zeekraal
Aardbei	Luzerne	Chrysant	Oleander

Voor een teler is het dus belangrijk om te weten of er zout in het water zit waarmee de aardappels worden beregend. Dit kan doormiddel van een watermonster. Een groot deel van de monsters wordt genomen door de EC te meten. De EC is de geleidbaarheid van het water. Een EC van één staat voor 664 PPM zout. In tabel 1.2 is weergegeven hoeveel zout in het water schade geeft. Wettelijk mag water met een hoger EC dan 1,5 niet worden gebruikt voor irrigatie. Bij aardappelen wordt bij een EC hoger van 1,2 al afgeraden om het water te gebruiken (Van Realer & Baltissen, 2016).

Tabel 1.2 (Van Realer & Baltissen, 2016)

EC	Zout PPM	Effect op de groei van planten
< 1.0	< 640	Verwaarloosbaar effect
1 – 2	640 – 1280	Opbrengstdaling op zoutgevoelige gewassen
2 – 4	1280 – 2560	Sterke opbrengstdaling van gevoelige gewassen
4 – 8	2560 – 5120	Slechts tolerante gewassen kunnen groeien
8 – 16	5120 – 10240	Alleen sterk tolerante gewassen kunnen groeien
> 16	> 10240	Alleen zoutminnende planten kunnen overleven

1.4.7 Wat is de hardheid van water

Wanneer er gesproken wordt over waterkwaliteit wordt er snel verwezen naar de hardheid van water. De hardheid van water is de hoeveelheid calcium en magnesium (oftewel kalk) wat het water bevat. Hoe hoger de concentratie hoe harder het water.

Hardheid wordt gemeten in dGH (graden Duitse hardheid) en is een optelsom van alle opgeloste Ca^{2+} en Mg^{2+} in het water. De hardheid van water wordt in klassen van zacht tot hard water uitgedrukt zoals in tabel 1.3 staat beschreven (Eurofins, goed beregeningswater, wat is dat, 2020).

Tabel 1.3: Hardheid uitgedrukt in dGH en hardheidsklassen

Hardheid in dGH	Hardheidsklasse
0 -4	Zeer zacht
4 – 8	Zacht
8 – 12	Middelzacht
12 - 16	Hard
> 18	Zeer hard

Hard water bevat kalk, dit kan resulteren in kalkafzetting en daarmee verstoppingen veroorzaken in irrigatie apparatuur. Echter is tot dusver niet geconstateerd dat hard of zacht water negatieve effecten op de aardappelplant heeft (Agrocontrol, 2022).

1.5 Afbakening

Het doel van dit onderzoek is om aardappelzetmeeltelers te adviseren ten behoeve van het optimaliseren van de teelt. In deze paragraaf wordt het onderzoek nader afgebakend.

1.5.1 Sector en regio

Het onderzoek richt zich specifiek op de zetmeelaardappelteler in de Veenkoloniën. Vroegtijdige afsterving bij andere type aardappelen is tot dusver niet aangetroffen (De Boer, Delphy, 2021).

1.5.2 Mogelijke beperkingen

De grootste beperking van dit onderzoek is de tijdsgebondenheid van een jaar. Wanneer de plant tijdens het onderzoek voldoende vocht krijgt vanuit natuurlijke regenval, zal het perceel niet geïrrigeerd hoeven te worden waardoor de conclusies en aanbevelingen niet voldoende onderbouwd kunnen worden.

Een overige beperking is de hoeveelheid variabelen die een mogelijke oorzaak zou kunnen vormen voor het probleem.

Waarom de zetmeelaardappel vroegtijdig afsterft wanneer het is beregend wordt is nog onbekend. Dit fenomeen zou meerdere oorzaken kunnen hebben, omdat er talloze beschikbare variabelen meespelen. De beschikbare tijd om het onderzoek uit te voeren is beperkt. Om die reden wordt er op basis van uitsluiting onderzoek gedaan naar de meest waarschijnlijke oorzaken. De meest waarschijnlijke oorzaken worden hieronder beschreven.

Uitspoeling van nutriënten

Door beregening kunnen nutriënten in de grond uitspoelen. Uitspoeling van nutriënten kan zorgen voor belemmering van groei en het afsterven van blad.

Temperatuurverschil

Vroegtijdig afsterven van de plant zou ook kunnen komen door stress in verband met grote of plotselinge temperatuurverschillen.

Natuurlijke afsterving

De plant is gewend aan een constante vochtvoorziening en wortelt daarom niet diep (genoeg). Als er dan droogte optreedt vindt er natuurlijke afsterving plaats.

Stengelbreuk

Beregenen middels een regenhaspel kan resulteren in stengelbreuk vanwege de hoge druk waarmee de straal op het gewas slaat. Stengelbreuk kan vervolgens resulteren in stress waardoor de aardappel eerder afsterft.

Waterkwaliteit

De stoffen die in het irrigatiewater zitten kunnen de plant negatief beïnvloeden en vroegtijdige afsterving veroorzaken. Grondwater en/of oppervlaktewater bevatten enorm veel diverse stoffen en elementen die de plant op diverse manieren kunnen beïnvloeden.

Er is voor gekozen om dit onderzoek eerst te richten op de waterkwaliteit, omdat de elementen/stoffen in water eenvoudig meetbaar zijn en zich uitstekend lenen voor proeven en metingen. Door middel van bladsapanalyse kan men eenvoudig meten welk element zich op dat moment in de plant bevindt en op basis daarvan conclusies trekken.

1.6 Hoofd- en deelvragen

Het doel van dit onderzoek is om met dit onderzoek bij te dragen aan de doelstellingen van de Nederlandse zetmeelaardappelteler, namelijk het optimaliseren van de teelt en – op lange termijn - het bevorderen van de bedrijfszekerheid.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt als volgt: *Wat is het effect van de waterkwaliteit van het irrigatiewater op de zetmeelaardappel tijdens het groeiseizoen van het aardappelgewas?*

Toelichting

Verschillende zetmeelaardappeltelers hebben waargenomen dat beregende zetmeelaardappelen eerder afsterven dan onberegende zetmeelaardappelen. ‘Wat is hier de oorzaak van?’ vragen telers zich af. Zou een beregende aardappel niet juist langer vitaal moeten blijven? Kan deze voortijdige afsterving ook voorkomen worden? Deze vragen stelden ook de adviseurs en onderzoekers van Delphy. Vanwege de vele variabelen is ervoor gekozen om het onderzoek te starten met de focus op de waterkwaliteit, omdat waterkwaliteit zich goed leent voor meetbare proeven. De doelstelling van dit onderzoek is succesvol wanneer kan worden vastgesteld, dan wel worden uitgesloten, dat waterkwaliteit zorgt voor vroegtijdige afsterving van de plant.

De hoofdvraag zal worden beantwoord met behulp van de volgende deelvragen:

- Wat is irrigatiewater
- Welk effect heeft het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit
- Welk effect heeft de chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit
- Welk effect heeft het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit
- Welk effect heeft de bron van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Hoofdstuk 2: Onderzoeksverantwoording

Dit hoofdstuk beschrijft de onderzoeksmethoden die zijn gebruikt voor de beantwoording van de deelvragen. De planning die tijdens het vooronderzoek is opgesteld wordt weergegeven in bijlage 1.

- Wat is irrigatiewater

Het bepalen van de definitie en vormen van irrigatiewater is onderzocht middels kwalitatief literatuuronderzoek. Voor het opzetten van het kwalitatief onderzoek is gebruik gemaakt van de literatuur van B. Baarda. Voor het secundaire literatuuronderzoek is onder andere gebruik gemaakt van artikelen van het Europees Milieu Agentschap, vakblad Akker, CDC (het Amerikaanse RIVM) en een artikel van Wageningen Environmental Research.

- Welk effect heeft het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Relevantie en doel	Het doel van deze proef is het vaststellen dan wel uitsluiten van het effect van het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit.
Methode	Voor het vaststellen van de nutriënten in de plant is gebruik gemaakt van primair kwantitatief onderzoek, namelijk een bladsapanalyse. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de resultaten significant zijn. Daarnaast heeft er primair kwalitatief onderzoek plaatsgevonden, namelijk visuele observatie van de aardappelplant om te kijken of de plantvitaliteit tussen beregende en onberegende aardappelen verschilt. Voor het kwalitatieve onderzoek is een observatieschema opgesteld met de volgende variabelen: kleur van het blad, bladbedekking, aantal stengels, grootte van de plant en overige afwijkingen aan de plant. Deze is bijgevoegd in bijlage 3. De vitaliteit wordt weergegeven in klassen, deze is in bijlage 7 bijgevoegd. Ten slotte is er daarnaast nog gebruik gemaakt van kwalitatief literatuuronderzoek, zoals wetenschappelijke artikelen en data van het KNMI.
Hulpmiddelen	Om deze proef uit te kunnen voeren heeft een akkerbouwer uit het Drentse Eerste Exloërmond een perceel zetmeel aardappelen beschikbaar gesteld voor dit onderzoek. Dankzij stagebedrijf Delphi kon er een bladsapanalyse van de aardappelplant worden uitgevoerd.
De proef	In april 2021 is er op het perceel van een Drentse akkerbouwer een proef uitgezet.

	Op dit perceel zijn er zes aardappelvelden (20x20 meter) onderzocht. Daarvan zijn er drie beregend en drie onberegend, onder dezelfde omstandigheden. Voor de beregende velden is gebruik gemaakt van bronwater met een zouttoevoeging. Zout bestaat uit NaCl en zo ontstaat er een hoog natriumgehalte in het irrigatiewater. Vanaf de waterbron en oppervlaktewater worden slangen gelegd tot aan de rand van de proefveldjes. Aan de rand van de velden stond een IBC vat en een drietal elektrische pompen. Hier splitste de leiding van bronwater, één met een zouttoevoeging en één zonder zouttoevoeging. Vanaf dit vat wordt er zout toegevoegd en wordt het water getransporteerd naar de velden waar in het midden een sproeier staat. Het reguliere bronwater gaat via tylene slangen naar de met bronwater beregende veldjes waar ook een sproeier staan. Er zijn zowel van het bronwater als van de zouttoevoeging monsters genomen. Tijdens de groeiperiode zijn er bladsapanalyses gemaakt. Wanneer en hoe vaak er beregend moet worden is bepaald door zowel vocht sensoren die in de verschillende veldjes staan, als ook de inzichten van de onderzoekers. Tijdens het groeiseizoen zijn er waarnemingen gedaan van het loof van de aardappelen. De aardappelveldjes zijn separaat van elkaar gerooid, zodat de opbrengst en het zetmeelgehalte kan worden bepaald. Dankzij de bladsapanalyse is data verzameld over de aanwezigheid van natrium in de plant. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de verschillen significant zijn.
Betrouwbaarheid	Voor de consistentie van het onderzoek is het belangrijk dat elk veldje dezelfde grondslag heeft. Voor de betrouwbaarheid dient de hoeveelheid toegediend water, de toegevoegde stoffen, de plaatsing van de sproeiers, het moment van beregening gelijk te zijn. Omdat de proef is uitgevoerd op één perceel in Drenthe betekent dit een beperking van de betrouwbaarheid, omdat bijvoorbeeld de samenstelling van bodem en het grondwater plaats specifiek is. Herhaling van het onderzoek met exact dezelfde omstandigheden lijkt onwaarschijnlijk vanwege de continu variërende weersomstandigheden. Om de betrouwbaarheid van de proef te waarborgen is elk veldje in drievoud neergelegd. Wanneer deze drie velden onderling grote verschillen vertonen, is het niet mogelijk om conclusies te verbinden aan de resultaten.
Dataverwerking	• Bladsapanalyse

	• Statistische analyse met GenStat, waarbij de ANOVA-procedure is toegepast. • Observatieschema waarnemingen
Criteria	Er wordt gekeken of er een significant verschil is tussen de behandelingen.

- Welk effect heeft de chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Relevantie en doel	Het doel van deze proef is het vaststellen dan wel uitsluiten van het effect van het chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit.
Methode	Voor het vaststellen van de nutriënten in de plant is gebruik gemaakt van primair kwantitatief onderzoek, namelijk een bladsapanalyse. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de resultaten significant zijn. Daarnaast heeft er primair kwalitatief onderzoek plaatsgevonden, namelijk visuele observatie van de aardappelplant om te kijken of de plantvitaliteit tussen beregende en onberegende aardappelen verschilt. Voor het kwalitatieve onderzoek is een observatieschema opgesteld met de volgende variabelen: kleur van het blad, bladbedekking, aantal stengels, grootte van de plant en overige afwijkingen aan de plant. Deze is bijgevoegd in bijlage 3. De vitaliteit wordt weergegeven in klassen, deze is in bijlage 7 bijgevoegd. Daarnaast is tevens nog gebruik gemaakt van kwalitatief literatuuronderzoek, zoals wetenschappelijke artikelen en data van het KNMI.
Hulpmiddelen	Om deze proef uit te kunnen voeren heeft een akkerbouwer uit het Drentse Eerste Exloërmond een perceel zetmeel aardappelen beschikbaar gesteld voor dit onderzoek. Dankzij stagebedrijf Delphi kon er een bladsapanalyse van de aardappelplant worden uitgevoerd.
De proef	In april 2021 is er op het perceel van de Drentse akkerbouwer een proef uitgezet. Op dit perceel zijn er zes aardappelvelden (20x20 meter) onderzocht. Daarvan zijn er drie beregend en drie onberegend, onder dezelfde omstandigheden. Voor de beregende velden is gebruik gemaakt van bronwater met een zouttoevoeging. Zout bestaat uit NaCl en zo ontstaat er een hoog chloorgehalte in het irrigatiewater.

	Vanaf de waterbron en oppervlaktewater worden slangen gelegd tot aan de rand van de proefveldjes. Aan de rand van de velden stond een IBC vat en een drietal elektrische pompen. Hier splitste de leiding van bronwater, één met een zouttoevoeging en één zonder zouttoevoeging. Vanaf dit vat wordt er zout toegevoegd en wordt het water getransporteerd naar de velden waar in het midden een sproeier staat. Het reguliere bronwater gaat via tylene slangen naar de met bronwater beregende veldjes waar ook een sproeier staan. Er zijn zowel van het bronwater als van de zouttoevoeging monsters genomen. Tijdens de groeiperiode zijn er bladsapanalyses gemaakt. Wanneer en hoe vaak er beregend moet worden is bepaald door zowel vocht sensoren die in de verschillende veldjes staan, als ook de inzichten van de onderzoekers. Tijdens het groeiseizoen zijn er waarnemingen gedaan van het loof van de aardappelen. De aardappelveldjes zijn separaat van elkaar geroid, zodat de opbrengst en het zetmeelgehalte kan worden bepaald. Dankzij de bladsapanalyse is data verzameld over de aanwezigheid van chloor in de plant. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de verschillen significant zijn.
Betrouwbaarheid	Voor de consistentie van het onderzoek is het belangrijk dat elk veldje dezelfde grondslag heeft. Voor de betrouwbaarheid dient de hoeveelheid toegediend water, de toegevoegde stoffen, de plaatsing van de sproeiers, het moment van beregning gelijk te zijn. Omdat de proef is uitgevoerd op één perceel in Drenthe betekent dit een beperking van de betrouwbaarheid, omdat bijvoorbeeld de samenstelling van bodem en het grondwater plaats specifiek is. Herhaling van het onderzoek met exact dezelfde omstandigheden lijkt onwaarschijnlijk vanwege de continu variërende weersomstandigheden. Om de betrouwbaarheid van de proef te waarborgen is elk veldje in drievoud neergelegd. Wanneer deze drie velden onderling grote verschillen vertonen, is het niet mogelijk om conclusies te verbinden aan de resultaten.
Dataverwerking	• Bladsapanalyse • Statistische analyse met GenStat, waarbij de ANOVA-procedure is toegepast. • Observatieschema waarnemingen
Criteria	Er wordt gekeken of er een significant verschil is tussen de behandelingen.

- Welk effect heeft het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Relevantie en doel	Het doel van deze proef is het vaststellen dan wel uitsluiten van het effect van het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit.
Methode	Voor het vaststellen van de nutriënten in de plant is gebruik gemaakt van primair kwantitatief onderzoek, namelijk een bladsapanalyse. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de resultaten significant zijn. Daarnaast heeft er primair kwalitatief onderzoek plaatsgevonden, namelijk visuele observatie van de aardappelplant om te kijken of de plantvitaliteit tussen beregende en onberegende aardappelen verschilt. Voor het kwalitatieve onderzoek is een observatieschema opgesteld met de volgende variabelen: kleur van het blad, bladbedekking, aantal stengels, grootte van de plant en overige afwijkingen aan de plant. Deze is bijgevoegd in bijlage 3. De vitaliteit wordt weergegeven in klassen, deze is in bijlage 7 bijgevoegd. Daarnaast is tevens nog gebruik gemaakt van kwalitatief literatuuronderzoek, zoals wetenschappelijke artikelen en data van het KNMI.
Hulpmiddelen	Om deze proef uit te kunnen voeren heeft een akkerbouwer uit het Drentse Eerste Exloërmond een perceel zetmeel aardappelen beschikbaar gesteld voor dit onderzoek. Dankzij stagebedrijf Delphi kon er een bladsapanalyse van de aardappelplant worden uitgevoerd.
De proef	In april 2021 is er op het perceel van de Drentse akkerbouwer een proef uitgezet. Op dit perceel zijn er zes aardappelvelden (20x20 meter) onderzocht. Daarvan zijn er drie beregend en drie onberegend, onder dezelfde omstandigheden. Voor de beregende velden is gebruik gemaakt van bronwater met een ijzertoevoeging. Vanaf de waterbron en oppervlaktewater worden slangen gelegd tot aan de rand van de proefveldjes. Aan de rand van de velden stond een IBC vat en een drietal elektrische pompen. Hier splitste de leiding van bronwater, één met een ijzertoevoeging. Vanaf dit vat wordt er ijzer toegevoegd en wordt het water getransporteerd naar de velden waar in het midden een sproeier staat. Het reguliere bronwater gaat via tylene slangen naar de met bronwater beregende veldjes waar ook een sproeier staan. Er zijn zowel van het bronwater als van de ijzertoevoeging monsters genomen. Tijdens de groeiperiode zijn er bladsapanalyses gemaakt.

	Wanneer en hoe vaak er beregend moet worden is bepaald door zowel vocht sensoren die in de verschillende veldjes staan, als ook de inzichten van de onderzoekers. Tijdens het groeiseizoen zijn er waarnemingen gedaan van het loof van de aardappelen. De aardappelveldjes zijn separaat van elkaar gerooid, zodat de opbrengst en het zetmeelgehalte kan worden bepaald. Dankzij de bladsapanalyse is data verzameld over de aanwezigheid van ijzer in de plant. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de verschillen significant zijn.
Betrouwbaarheid	Voor de consistentie van het onderzoek is het belangrijk dat elk veldje dezelfde grondslag heeft. Voor de betrouwbaarheid dient de hoeveelheid toegediend water, de toegevoegde stoffen, de plaatsing van de sproeiers, het moment van beregening gelijk te zijn. Omdat de proef is uitgevoerd op één perceel in Drenthe betekent dit een beperking van de betrouwbaarheid, omdat bijvoorbeeld de samenstelling van bodem en het grondwater plaats specifiek is. Herhaling van het onderzoek met exact dezelfde omstandigheden lijkt onwaarschijnlijk vanwege de continu variërende weersomstandigheden. Om de betrouwbaarheid van de proef te waarborgen is elk veldje in drievoud neergelegd. Wanneer deze drie velden onderling grote verschillen vertonen, is het niet mogelijk om conclusies te verbinden aan de resultaten.
Dataverwerking	• Bladsapanalyse • Statistische analyse met GenStat, waarbij de ANOVA-procedure is toegepast. • Observatieschema waarnemingen
Criteria	Er wordt gekeken of er een significant verschil is tussen de behandelingen.

- Welk effect heeft de bron van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Relevantie en doel	Het doel van deze deelvraag is om vast te stellen of er verschillen zijn tussen het gebruik van bronwater en het gebruik van oppervlaktewater op de plantvitaliteit.
Methode	Voor het vaststellen van de nutriënten in de plant is gebruik gemaakt van primair kwantitatief onderzoek, namelijk een bladsapanalyse. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de resultaten significant zijn.

	Daarnaast heeft er primair kwalitatief onderzoek plaatsgevonden, namelijk visuele observatie van de aardappelplant om te kijken of de plantvitaliteit tussen beregende en onberegende aardappelen verschilt. Voor het kwalitatieve onderzoek is een observatieschema opgesteld met de volgende variabelen: kleur van het blad, bladbedekking, aantal stengels, grootte van de plant en overige afwijkingen aan de plant. Deze is bijgevoegd in bijlage 3. De vitaliteit wordt weergegeven in klassen, deze is in bijlage 7 bijgevoegd. Ook is daarnaast nog gebruik gemaakt van kwalitatief literatuuronderzoek, zoals wetenschappelijke artikelen en data van het KNMI.
Hulpmiddelen	Om deze proef uit te kunnen voeren heeft een akkerbouwer uit het Drentse Eerste Exloërmond een perceel zetmeel aardappelen beschikbaar gesteld voor dit onderzoek. Dankzij stagebedrijf Delphi kon er een bladsapanalyse van de aardappelplant worden uitgevoerd.
De proef	In april 2021 is er op het perceel van de Drentse akkerbouwer een proef uitgezet. Op dit perceel zijn er 9 aardappelvelden (20x20 meter) onderzocht. Daarvan zijn er drie beregend met oppervlaktewater, drie met bronwater en er zijn drie onberegend gebleven. Er zijn monsters genomen en tijdens de groeiperiode zijn er bladsapanalyses gemaakt. Wanneer en hoe vaak er beregend moet worden is bepaald door zowel vocht sensoren die in de verschillende veldjes staan, als ook de inzichten van de onderzoekers. Tijdens het groeiseizoen zijn er waarnemingen gedaan van het loof van de aardappelen. De aardappelveldjes zijn separaat van elkaar gerooid, zodat de opbrengst en het zetmeelgehalte kan worden bepaald. Dankzij de bladsapanalyse is data verzameld over de aanwezigheid van ijzer in de plant. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de verschillen significant zijn.
Betrouwbaarheid	Voor de consistentie van het onderzoek is het belangrijk dat elk veldje dezelfde grondslag heeft. Voor de betrouwbaarheid dient de hoeveelheid toegediend water, de toegevoegde stoffen, de plaatsing van de sproeiers, het moment van beregening gelijk te zijn. Omdat de proef is uitgevoerd op één perceel in Drenthe betekent dit een beperking van de betrouwbaarheid, omdat bijvoorbeeld de samenstelling van bodem en het grondwater plaats specifiek is.

	Herhaling van het onderzoek met exact dezelfde omstandigheden lijkt onwaarschijnlijk vanwege de continu variërende weersomstandigheden. Om de betrouwbaarheid van de proef te waarborgen is elk veldje in drievoud neergelegd. Wanneer deze drie velden onderling grote verschillen vertonen, is het niet mogelijk om conclusies te verbinden aan de resultaten.
Dataverwerking	• Bladsapanalyse • Statistische analyse met GenStat, waarbij de ANOVA-procedure is toegepast. • Observatieschema waarnemingen
Criteria	Er wordt gekeken of er een significant verschil is tussen de behandelingen.

Hoofdstuk 3 Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de behaalde resultaten van het onderzoek. De resultaten worden per deelvraag weergegeven.

3.1 Wat is irrigatiewater

In de landbouw zijn er twee manieren voor de aardappelplant om extra vocht te ontvangen, namelijk door natuurlijke regenval of door irrigatie (CDC, 2016).

Bij regen gevoede landbouw is men afhankelijk van natuurlijke regenval van water op de bodem. Irrigatie is een proces waarbij gecontroleerde hoeveelheden water op het land worden verspreid om de productie van gewassen en planten te optimaliseren (CDC, 2016).

Onderzoek heeft aangetoond dat irrigatie van aardappelplanten een positief effect heeft op de opbrengst van aardappelen (Forslund, 2010). Zoals uitgelegd in het vooronderzoek in het eerste hoofdstuk zijn er verschillende methodes van irrigatie mogelijk.

Naast de methode is de kwaliteit van het irrigatiewater een belangrijke factor in dit onderzoek. Er zijn verschillende bronnen van irrigatiewater:

- Oppervlaktewater (bijvoorbeeld een sloot, kanaal of meer)
- Grondwater (je slaat een bron aan om grondwater aan te boren)

Invloeden oppervlaktewater

Het oppervlaktewater in Nederland verschilt in hoge mate. De kwaliteit van kleinere oppervlaktewateren wordt beïnvloed door de aanvoer van neerslagwater en grondwater. De verhouding tussen beide varieert afhankelijk van de weersomstandigheden. Bijvoorbeeld: in zeer natte perioden lijkt de waterkwaliteit van oppervlaktewater die van regenwater te benaderen. Grotere oppervlaktewateren zoals de Rijn worden echter in hoge mate beïnvloed door Hydro geologische en meteorologische omstandigheden zoals de stroming vanuit hoger gelegen gebieden in het buitenland en. Daarnaast heeft de mens invloed door haar economische en industriële activiteiten op de grote rivieren (Paulissen, Nijboer, & Verdonschot, 2007).

Invloeden grondwater/bronwater

De samenstelling van het grondwater is zeer divers. Voor het vaststellen van de samenstelling van grondwater (inclusief bron- en kwelwater) zijn van belang:

1. Eigenschappen van het voedingsgebied (topografie, type bodem en begroeiing)
2. Stromingspatroon van het water in de diepere ondergronden

Nieuwe alternatieven onderzocht

Niet overal is voldoende oppervlaktewater beschikbaar. In lange en intense periodes kan er bovendien een beregeningsverbod worden opgelegd door het waterschap (NVWA, 2020).

Terwijl waterschaarste een wereldwijd probleem vormt, zuiveren rioolwaterzuiveringsinstallaties jaarlijks meer dan miljoenen kuub afvalwater. Deze enorme hoeveelheden worden na zuivering in het oppervlaktewater geloosd of stromen ongebruikt naar zee (Reindsen, 2021).

In België is in 2021 een proefproject gestart om te kijken of gezuiverd afvalwater via ondergrondse irrigatie de landbouw kan bijstaan in de vraag naar water (VUB, 2021).

De Vrije Universiteit Brussel onderzoekt samen met Bodemkundige Dienst van België, Boerennatuur Vlaanderen en Aquafin of hergebruik van gezuiverd afvalwater de landbouw kan helpen. Gezuiverd water is niet zomaar geschikt voor irrigatie. Ook in Nederland wordt hiernaar onderzoek gedaan door de universiteit van Wageningen en bekijkt men in hoeverre voor de mens eventuele schadelijke microbiologische en organische verontreinigingen uit het gezuiverde afvalwater in en op de planten terechtkomen. In België is men al gestart met een proef om de efficiëntie te bepalen. Er is een perceel aangelegd van 4 hectare naast de rioolwaterzuivering van Aquafin, waarbij men gebruik maakt van peil gestuurde drainage, waarbij water in de bodem wordt gebracht via een ondergronds netwerk van buizen, oftewel een omgekeerd drainagesysteem. De proef loopt tot eind februari 2023.

Omdat irrigatiewater bij de volgende deelvragen de basis van de proef vormt, is het belangrijk dat er is vastgesteld wat irrigatiewater precies is en door welke variabelen het wordt beïnvloed. Er kan geconcludeerd worden dat er een grote verscheidenheid aan variabelen is die de kwaliteit en samenstelling van zowel oppervlakte als grondwater beïnvloedt.

3.2 Welk effect heeft het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Om de vraag welk effect heeft het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit te kunnen beantwoorden is er een proef aangelegd zoals in het plan van aanpak staat beschreven.

Om te beoordelen of er verschil zit in de plantvitaliteit van beregende en onberegende aardappelen is er gebruik gemaakt van repetitieve visuele waarnemingen, zie hiervoor bijlage 3. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende variabelen: kleur van het blad, bladbedekking, aantal stengels, grootte van de plant en afwijkingen/overige observaties aan de plant.

De plantvitaliteit is ingedeeld in klassen. Deze klassen zijn samengesteld door onderzoekers van Delphy en gebaseerd op de ervaring van Delphy met veroudering van zetmeelaardappelen (De Boer, Delphy, 2021) wordt weergegeven in klassen, zie hiervoor ook bijlage 7.

Uit de visuele waarnemingen blijkt er geen enkel verschil waarneembaar is tussen onberegende aardappelen en aardappelen die beregend zijn met irrigatiewater waaraan natrium is toegevoegd.

Daarnaast is er middels bladsapanalyse getracht de nutriëntenopname van de plant in kaart te brengen, zie hiervoor tabel 3.1. Aardappelplanten die zijn beregend met extra natrium bevatten 34 PPM (Parts Per Million) natrium en aardappelplanten die beregend zijn met regulier bronwater bevatten 7 PPM natrium. Hieruit blijkt dus dat planten die zijn beregend met extra natrium meer natrium bevatten dan planten die beregend zijn met bronwater zonder toevoeging van zout.

Tabel 3.1 Natrium in de plant

Behandeling	Na (PPM) gemeten in de plant
Bronwater met toevoeging van zout (NaCl)	34
Bronwater	7

De resultaten van de bladsapanalyse zijn statistisch geanalyseerd en worden volledig weergegeven in bijlage 4.

Uit deze statistische analyse blijkt dat het verschil tussen onberegende aardappelen en beregende aardappelen niet significant is.

Hoewel het middels deze proef niet is gelukt om te bepalen dat het natriumgehalte van het beregeningswater effect heeft op de plantvitaliteit, laat literatuuronderzoek zien dat te veel zout in de grond of in het water twee negatieve effecten heeft. Deze negatieve effecten zijn osmotische stress en een toxisch effect (Blom, 2017).

Zoals reeds beknopt benoemd in de inleiding, zorgt een te hoog zoutgehalte in de grond voor osmotische stress bij de plant. Vanwege deze osmotische stress heeft de plant meer moeite met het aantrekken van vocht vanuit de bodem. De opgeloste zouten in de grond zorgen voor een lagere osmotisch potentiaal van de bodem. De plant moet meer moeite doen om vocht aan te trekken en reageert hierop door de huidmondjes te sluiten en zo wordt de fotosynthese en verdamping geremd (Khenifi, Boudjeniba, & Kameli, 2011). Dit leidt tot verminderde groei van de plant en uiteindelijk tot een lagere opbrengst.

Een hoge hoeveelheid natrium in de grond kan resulteren in een toxisch effect. Het overschot aan natrium remt de opname van kalium door de wortels. Daarnaast wordt door een overschot van natrium en chloride de ionenhuishouding verstoord. Een overmaat aan natrium kan de fotosynthese en de enzymactiviteit remmen in het blad, dit kan leiden tot vertraagde groeisnelheid (Khenifi, Boudjeniba, & Kameli, 2011).

Er is relatief veel onderzoek gedaan naar de effecten van zout op verschillende gewassen. Zoals reeds beschreven in de inleiding zijn er verschillende zoutgevoeligheidsklassen. De aardappel valt in de matig tolerante klasse (Blom, 2017). Vanaf 640 PPM leidt de toevoeging van zout tot opbrengstdaling op zoetgevoelige gewassen. Vanaf 1280 PPM tot 2560 PPM vindt er een sterke opbrengstdaling plaats van gevoelige gewassen (Van Realer & Baltissen, 2016) en vanaf 2560 PPM kunnen slechts tolerante gewassen groeien.

Hoewel hier duidelijk uit blijkt dat zout schade kan aanbrengen aan de matig tolerante aardappel kunnen de resultaten van de bladsapanalyse niet rechtstreeks worden vergeleken met de PPM's die genoemd worden door Van Realer & Baltissen. Deze gaat namelijk uit van zout (NaCl) en dit bestaat uit zowel natrium als chloride.

3.3. Welk effect heeft het chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

De proef die is opgesteld om te kijken welk effect het chloorgehalte van het beregeningswater heeft op de plantvitaliteit is uitgevoerd conform het plan van aanpak, beschreven in hoofdstuk 2.

Er is net zoals bij de vorige deelvraag een bladsapanalyse, statistische analyse en een visuele observatie uitgevoerd.

Zoals ook bij de vorige deelvragen is de plantvitaliteit ingedeeld in klassen die zijn opgesteld door onderzoekers van Delphy.

Het effect van chloor is getest door de toevoeging van zout aan het beregeningswater, zout bevat immers chloor. Om de verschillen te kunnen monitoren zijn er visuele waarnemingen gedaan, zie hiervoor het observatieschema in bijlage 3. De vitaliteit wordt weergegeven in klassen, deze is in bijlage 7 is weergegeven. Uit de visuele waarnemingen blijkt er geen enkel verschil in plantvitaliteit waarneembaar is tussen onberegende aardappelen en aardappelen die beregend zijn met irrigatiewater waaraan zout is toegevoegd.

De resultaten uit de bladsapanalyse zijn in tabel 3.2 weergegeven. Hieruit is af te leiden dat de aardappelen die beregend zijn vanuit de bron met zouttoevoeging 1061 PPM chloor bevatten en de aardappelen die zijn beregend zonder zouttoevoeging bevatten 888 PPM chloor. Echter heeft de statistische ANOVA-analyse geen significant verschil aangetoond tussen de onberegende behandeling en de behandeling van irrigatiewater met zouttoevoeging.

Tabel 3.2 Chloor in de plant

Behandeling	Chloor (PPM) gemeten in de plant
Bronwater	888
Bronwater met zouttoevoeging	1061

Zoals besproken bij de vorige deelvraag zijn er veel onderzoeken gedaan naar de effecten van zout op de groei van aardappelen. Zout (NaCl) bestaat uit zowel natrium als chloor.

Een hoog zoutgehalte in de grond kan osmotische stress veroorzaken door vochttekort. De opgeloste zouten in de grond zorgen voor een lagere osmotisch potentiaal van de bodem. Dit zorgt er voor dat de plant meer moeite moet doen om vocht aan te trekken. De plant reageert hierop door de huidmondjes te sluiten en zo wordt de fotosynthese en verdamping geremd (Khenifi, Boudjeniba, & Kameli, 2011).

In de loop der tijd hebben planten mechanismes ontwikkeld om zich te wapenen tegen de negatieve effecten van zout. Dat zijn de volgende:

- Het uitsluiten van natrium aan het worteloppervlak
- Het opslaan van natrium en chloride in de vacuole van cellen in organen van de plant om een toxisch niveau in het cytoplasma van de bladcellen te voorkomen.
- Het aanpassen van de osmotische waarde. Bijvoorbeeld planten die actief extra ionen opnemen uit het bodemvocht om de osmotische druk aan te passen.

Het is van zeer veel variabelen afhankelijk of de plant deze mechanismes heeft ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld plantsoort, ras, leeftijd van de plant tijdens blootstelling, bodemsoort en klimatologische omstandigheden. Dit is ook een reden waarom er zoveel variatie zit in de zouttolerantie van verschillende gewassen (Stuyt, Blom-Zandstra, & Kselik, 2016).

Bij de analyse van de effecten van zout op de groei van gewassen gaat het hierbij om het totale zoutgehalte.

Volgens Stuyt, Blom-Zandstra, & Kselik (2016) is het chloridegehalte geen ideale indicator voor zoutschade, omdat, afgezien van osmotische stress, zoutschade die wordt veroorzaakt door natrium dominant kan zijn. Zij geven verder aan dat zouttolerantienormen verder en beter onderbouwd moeten worden door het uitvoeren van veldproeven, waarbij meer gewassen en verschillende zoutgehalten worden meegenomen. De opname van zouten door het gewas moet vastgesteld worden om sluitende conclusies te trekken over de normenwaarden van zout (Stuyt, Blom-Zandstra, & Kselik, 2016).

3.4 Welk effect heeft het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Vergelijkbaar met de vorige twee deelvragen is er voor de beantwoording van deze deelvraag gebruik gemaakt van een bladsapanalyse, statistische analyse en is er een visuele observatie uitgevoerd. Er is een proef uitgevoerd met ijzerhoudend bronwater als beregeningsmethode.

Om waar te nemen wat het effect is van ijzerhoudend irrigatiewater zijn er visuele waarnemingen uitgevoerd. Tijdens de visuele waarnemingen is er gebleken dat er geen enkele keer verschil te zien is in plantvitaliteit bij de onberegende behandelingen en de ijzerhoudende beregende behandelingen, zie hiervoor ook bijlage 3. De vitaliteit wordt weergegeven in klassen, deze is in bijlage 7 is weergegeven.

Tijdens het seizoen zijn er bladsapanalyses genomen. De samenvatting van het bladsaponderzoek staat in tabel 3.3 weergegeven. De volledige resultaten zijn zichtbaar in bijlage 4.

Tabel 3.3 IJzer in de plant

Behandeling	Fe (PPM) gemeten in de plant
Bronwater, ijzerhoudend	5,8
Onberegend	2,32

Aardappelplanten die zijn behandeld met ijzerhoudend bronwater bevatten 5,8 PPM ijzer. Onberegende aardappelplanten bevatten 2,32 PPM ijzer. Hier is te zien dat er door de plant meer ijzer is opgenomen door irrigatie met ijzerhoudend water. Om te kijken of dit verschil significant is, is de statistische ANOVA-analyse toegepast. Hieruit blijkt dat er een significant verschil wordt aangetoond tussen de behandelingen.

Vanuit de literatuur is er minder bekend over de gevolgen van een ijzer overschot. Dit in tegenstelling tot onderzoeken die zich richten op ijzertekorten. IJzer is een veel voorkomend sporenelement in de bodem en het grondwater. IJzer is het vierde meest voorkomende mineraal in de aarde (Rutgers,

2005). IJzer heeft als eigenschap dat het snel neerslaat op het blad van het gewas. Dit kan resulteren in bladverbranding (Dorais, et al., 2016). Dit gaat ten koste van de plantvitaliteit.

Uit eerder onderzoek naar de toxiciteit van ijzer op het consumptieaardappelras Russet Burbank, is gebleken dat zowel te weinig als te veel ijzer een negatief effect heeft op de vegetatie van de aardappel. Uit de proef is gebleken dat de aardappelen met 0 tot 0,2 PPM ijzer groeiachterstand hebben door ijzergebrek. Aardappelen met een hoog ijzergehalte van 3,2 tot 6,4 PPM vertoonden ook een slechte groei en is er aannemelijk minder biomassa gemeten. Uit dit onderzoek is geconstateerd dat de optimale hoeveelheid ijzer voor de aardappelplant 0,4 PPM is (Buck & Hopkins, 2013).

3.5 Welk effect heeft de bron van het beregeningswater op de plantvitaliteit

De voornaamste oorsprong voor beregeningswater is in Nederland grondwater (ook wel bronwater, grondwater waar een bron voor wordt aangeboord) of oppervlaktewater. In deze deelvraag wordt gekeken naar het effect van beregenen met grondwater vergeleken met het effect van beregenen met oppervlaktewater.

Zoals ook bij de vorige deelvragen is de plantvitaliteit ingedeeld in klassen die zijn opgesteld door onderzoekers van Delphy.

De visuele waarnemingen lieten geen verschillen in plantvitaliteit zien tussen beregening door grondwater en beregening door oppervlaktewater, voor het observatieschema, zie bijlage 3. De vitaliteit wordt weergegeven in klassen, deze is in bijlage 7 is weergegeven.

Er zijn bladsapanalyses gemaakt om inzicht te krijgen in de verschillende nutriënten die in de plant worden teruggevonden. Wat opvalt is dat er in het oppervlaktewater een hoog concentraat zout (natrium en chloor) is geconstateerd, zoals weergegeven in tabel 3.4.

Tabel 3.4 Natrium en calcium in de plant

Behandeling	Natrium (PPM)	Chloor (PPM)
Oppervlaktewater	33	1346
Bronwater	7	888

De resultaten van de bladsapanalyse zijn geanalyseerd middels de statistische methode ANOVA, waarbij er geen significant verschil kan worden aangetoond (zie ook bijlage 4).

Zoals beschreven in de inleiding van dit onderzoek is er in de loop der jaren volop onderzoek gedaan naar het nut van irrigatie, de verschillende irrigatiemachines en de hoeveelheid irrigatie.

Waar echter weinig over bekend is, is de invloed van de temperatuur van het irrigatiewater. Literatuurbronnen geven aan dat grondwater zich kenmerkt door een constante temperatuur (Gullentops & Wouters, 1996). Vanwege de stroming in het grondwater blijft het water tussen de waterlagen stromen, waardoor de temperatuur kouder blijft dan oppervlaktewater. De temperatuur van oppervlaktewater kan sterk variëren vanwege opwarming door de zon. Er geen bronnen gevonden die bewijzen dat de temperatuur van grondwater of oppervlaktewater een effect heeft op de plantvitaliteit.

Vanwege verschillende grondlagen en het circulerende water kan de samenstelling van grondwater sterk variëren (Gullentops & Wouters, 1996). De belangrijkste factoren van de samenstelling van grondwater worden bepaald door de topografie, het bodemtype, de begroeiing, de tijd en de plekken waar het water langs stroomt dieper in de bodem (Paulissen, Nijboer, & Verdonschot, 2007).

De kwaliteit van kleinere oppervlaktewateren (beken, rivieren, sloten) wordt beïnvloed door de aanvoer van neerslagwater en grondwater. De samenstelling en kwaliteit van het oppervlaktewater is sterk afhankelijk van de plek waar het zich bevindt en wat de origine van het water is. Vaak is dit regenwater. Oppervlaktewater kan vervuild zijn door verschillende redenen zoals riooloverstromingen, lozingen van bedrijven en afbraak van veenbodem. Er is in de literatuur niet gevonden dat dit een directe invloed heeft op de met oppervlaktewater geïrrigeerde gewassen (Bentvelsen, 2022).

Hoofdstuk 4 Discussie

In dit hoofdstuk wordt er gekeken in hoeverre de resultaten van het uitgevoerde onderzoek bijdragen aan het beantwoorden van de hoofdvraag van het onderzoek:

Wat is het effect van de waterkwaliteit van het irrigatiewater op de zetmeelaardappel tijdens het groeiseizoen van het aardappelgewas?

Het doel van dit onderzoek is immers om bij te dragen aan de doelstellingen van de Nederlandse zetmeelaardappelteler, namelijk het optimaliseren van de teelt en – op lange termijn - het bevorderen van de bedrijfszekerheid.

De resultaten die in dit onderzoek nodig zijn om de deelvragen te beantwoorden zijn extreem afhankelijk van de weersomstandigheden. Om de kans te vergroten op uitkomst van dit onderzoek wordt deze proef meerdere jaren herhaald. Dit onderzoek wordt in totaal drie jaren beproeft om de kans te vergroten dat de beregeningsproef volledig kan worden uitgevoerd (De Boer, Delphy, 2021).

Reflectie

In deze paragraaf wordt beschreven welke onderdelen van het onderzoek volgens plan zijn verlopen en welke onderdelen nog verbeterd kunnen worden.

Proces

Ten eerste de sterke punten van het onderzoek; namelijk de planning en de uitvoering conform planning. Al ruim drie maanden van tevoren is de proef voorbereid en in orde gemaakt voor de uitvoering. De verantwoordelijkheden en taken zijn tijdig verdeeld en er is een duidelijke planning opgesteld. Deze planning resulteerde er bijvoorbeeld in dat de beregeningsinstallatie tijdig klaarstond en in gebruik kon worden genomen wanneer dat nodig zou moeten zijn.

Verzamelen van gegevens en betrouwbaarheid

Vervolgens zijn er aantal zaken die voor het volgende onderzoek verbeterd kunnen worden. Zoals bijvoorbeeld de keuze voor het aardappelras.

De proef is gedaan met het aardappelras Festien. Festien is een aardappelras dat relatief goed bestendig is tegen droogte (Avebe, 2018). Dat betekent dat je langer moet wachten alvorens een eventueel resultaat zichtbaar is. Aan de andere kant zou het juist wel interessant zijn geweest wanneer de proef met Festien wel significante verschillen in plantvitaliteit had aangetoond. In de uitgevoerde proef had het echter geen verschil gemaakt, omdat er in het teeltjaar 2021 geen vochttekorten zijn waargenomen.

De bladsapanalyse is in het teeltjaar één keer uitgevoerd, 11 dagen na de eerste (en enige) beregeningsbehandeling. Wanneer bladsapanalyses vaker worden uitgevoerd kan er een beter beeld worden gevormd over de invloed van het irrigatiewater op de nutriënten huishouding van de plant.

Zoals aangegeven in de inleiding zorgt de hoeveelheid variabelen voor een beperking van het onderzoek. Het onderzoek is immers tijdsgebonden en daarom is het niet mogelijk om alle variabelen mee te nemen in dit onderzoek. Ook uit de beantwoorden van de eerste deelvraag blijkt bijvoorbeeld

dat er ontzettend veel variabelen zijn die invloed hebben op de kwaliteit en samenstelling van het irrigatiewater.

Uit secundair literatuuronderzoek konden geen vergelijkbare proeven of onderzoeken worden gevonden, waardoor vergelijking met bestaande onderzoeken niet mogelijk is geweest.

Ten slotte is de proef uitgevoerd op één locatie, op een perceel in Eerste Exloërmond, waardoor je afhankelijk bent van de omstandigheden (neerslag) van deze specifieke locatie. Hoewel dit een nadeel is, kan dit worden verklaard door het feit dat de grondsoorten in de Veenkoloniën zeer divers zijn, waardoor het zeer lastig is om gelijke omstandigheden te creëren om de proef op meerdere locaties te herhalen.

Externe omstandigheden

Uit de resultaten van het onderzoek kunnen geen conclusies worden getrokken vanwege het ontbreken van een zeer belangrijke variabele van het onderzoek, namelijk vochttekort bij de aardappelplant.

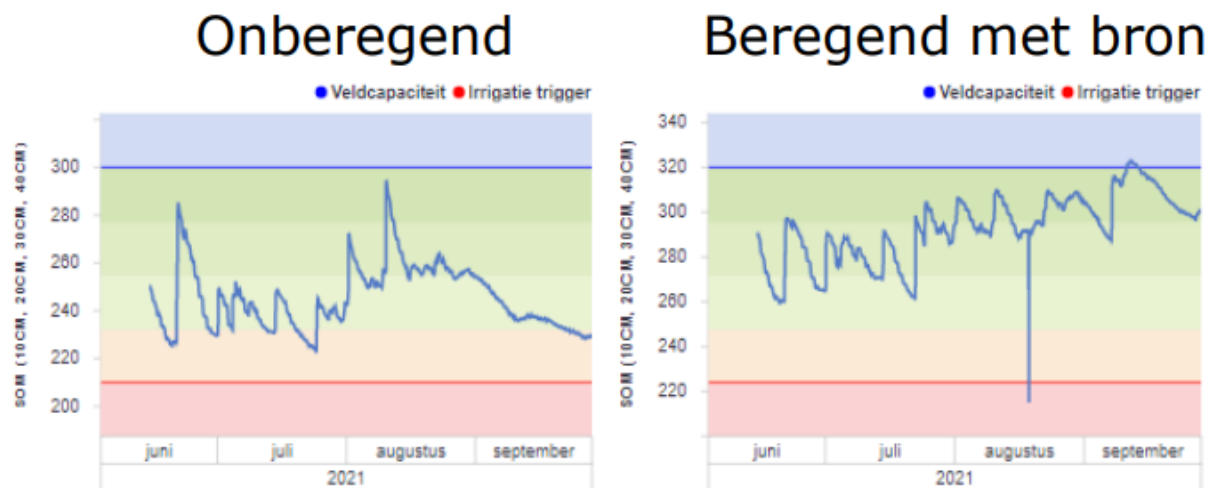
Betreft deelvragen twee, drie vier en vijf konden er geen verschillen in plantvitaliteit worden waargenomen, wat verklaard kan worden door het feit dat natuurlijke regenval ervoor heeft gezorgd dat er nauwelijks tot geen noodzaak was om in teeltjaar 2021 te gaan beregenen.

Desondanks is er eenmaal beregend (op 23-07-2021) om ten aanzien van het onderzoek een resultaat te creëren. Dit is gedaan op het moment dat de vochtsensor een lager vochtgehalte aangaf. Voor de rest van het groeiseizoen zijn zowel de onderzoekers van Delphy als de bodemvochtsensoren tot de conclusie gekomen dat beregenen verder geen zin zal hebben door het al aanwezige bodemvocht.

Tijdens het groeiseizoen zijn er bodemvochtsensoren gebruikt om het vocht in de grond te kunnen meten. De resultaten van juni tot en met september staan weergegeven in figuur 4.1.

In de grafiek staat de veldcapaciteit van de grond en de irrigatie trigger weergegeven. Wat opvalt is dat er in het onberegende veld steeds voldoende water aanwezig is door natuurlijke regenval en dat er geen vochttekort is geweest. De waardes zijn niet onder de irrigatie trigger gekomen.

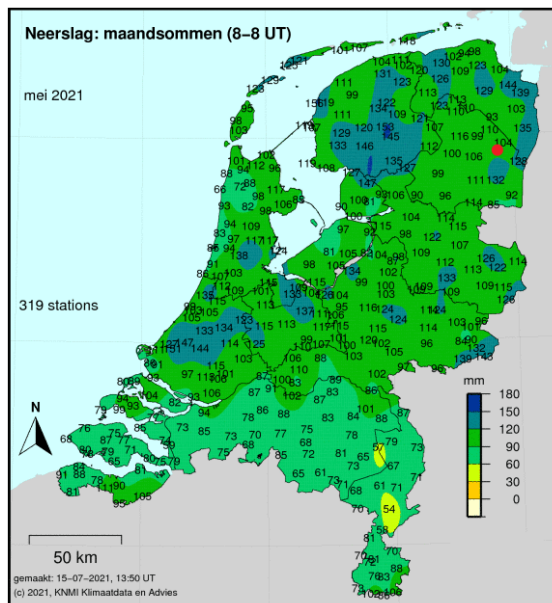
Bij het beregende veld is ook te zien dat er geen noodzaak was tot beregening. Wat wel opvalt is dat de grafiek aangeeft dat er meer water aanwezig was dan er veldcapaciteit is. Dit betekent in de realiteit dat er water op het perceel heeft gestaan. Bij een overvloed kan dit zorgen voor wateroverlast. De extreme daling in de grafiek met de beregende bron is een functioneringsfout van de sensor (Delphy, tussenrapportage waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen, 2021). (Delphy, tussenrapportage waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen, 2021)



Figuur 4.1 Bodemsensor Onberegend en beregend met bron (Delphy, tussenrapportage waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen, 2021).

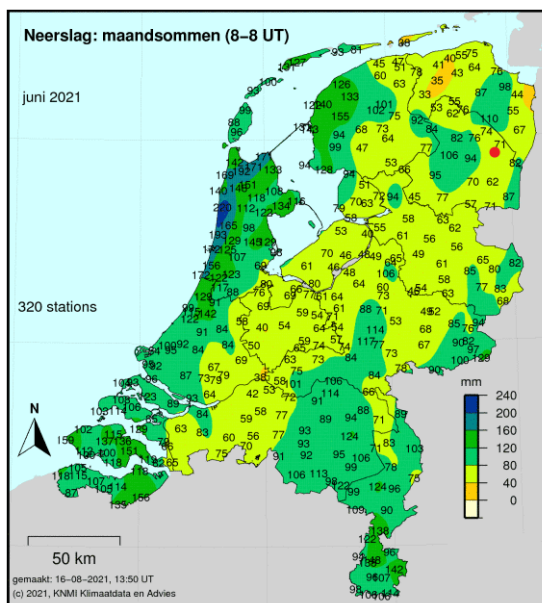
Om te controleren of de waarnemingen van de vochtsensoren overeenkomen met de gemiddelde neerslag in Nederland in 2021 is informatie opgehaald bij het KNMI.

In de figuren 4.2, 4.3, 4.4 en 4.5 zijn de millimeters (mm) neerslag van de maanden mei juni juli augustus per maand van het jaar 2021 weergegeven. De rode stip geeft de onderzoek locatie Eerste Exloërmond aan. Wat opvalt in deze grafieken zijn de hoge neerslag cijfers. Elke maand heeft een minimale neerslag van 70mm waar in mei zelfs een piek van 104mm is gevallen. Volgens het KNMI liggen de gemiddelde millimeters neerslag in deze maanden op 70 mm. In de maand mei is dit gemiddeld iets lager, namelijk 60 mm. Voor het jaar 2021 geldt dat er in de maanden mei tot en met september een grotere hoeveelheid neerslag is gevallen vergeleken andere jaren. Voor de zetmeel aardappelen heeft dit als effect dat de plant nagenoeg altijd genoeg vocht voorhanden heeft gehad om zich maximaal te ontwikkelen (WUR, 2003). In deze maanden is er dus eerder sprake van een vochtoverschot dan een vochttekort.

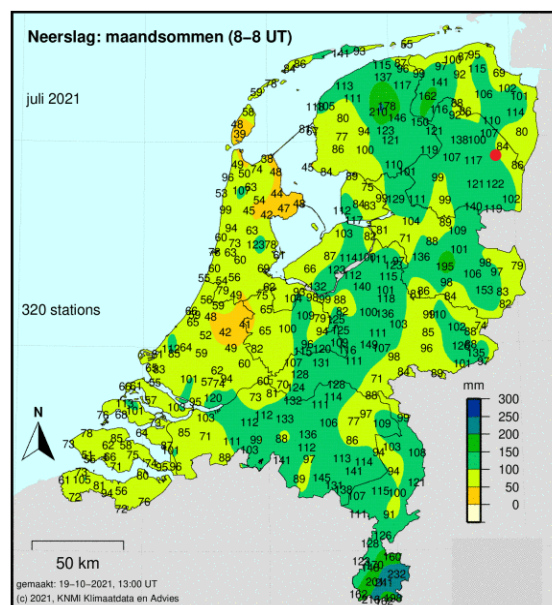


Figuur 4.2 neerslag mei 2021

(KNMI, Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën, 2021) (KNMI, Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën, 2021)

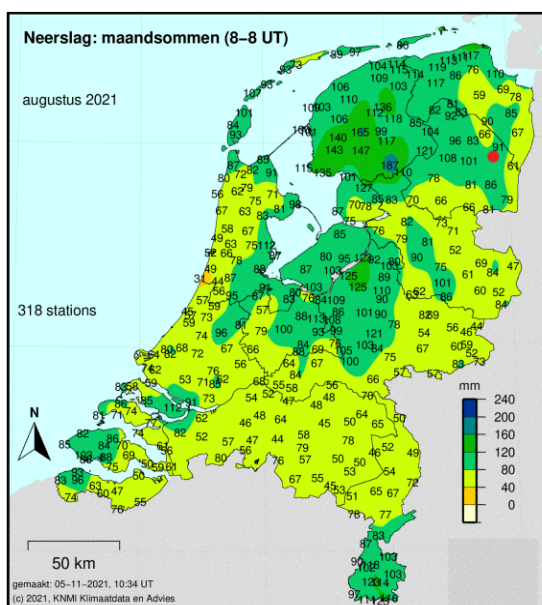


Figuur 4.3 neerslag juni 2021



4.4 neerslag juli 2021

(KNMI, Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën, 2021) (KNMI, Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën, 2021)



Figuur 4.5 neerslag augustus 2021

Figuur

Neerslagtekort is een belangrijke variabele van dit onderzoek. Hoewel het onderzoek is uitgevoerd conform planning zijn er geen significante resultaten vastgesteld. Vermoedelijk wordt dit veroorzaakt door het feit dat er slechts eenmaal is berekend, vanwege een relatief nat teeltjaar. **Gevolgen voor**

de doelgroep

Ondanks dat het veldexperiment geen resultaten aantoonde, liet het literatuuronderzoek zien dat er in het verleden wel degelijk effecten zijn aangetoond van waterkwaliteit op de vitaliteit van de aardappelplant. Verzameling van deze gegevens kan waardevol zijn voor de doelgroep in het kader van vervolgonderzoek.

Hoofdstuk 5 Conclusies

Sinds 2018 zijn er een veelvoud aan akkerbouwers in toenemende mate zetmeelaardappelen gaan beregenen vanwege extreem droge perioden. Tijdens het groeiseizoen constateerden een aantal akkerbouwers afzonderlijk van elkaar dat hun zetmeelaardappelen eerder afstierven wanneer zij beregend werden.

Verschillende akkerbouwers hebben dit aangegeven bij onderzoeks- en adviesbureau Delphy, dat is gespecialiseerd in onderzoek en kennisontwikkeling in de landbouw. Het doel van dit onderzoek is om bij te dragen aan doelstellingen van de Nederlandse zetmeelaardappelteler, namelijk het optimaliseren van de teelt en – op lange termijn - het bevorderen van de bedrijfszekerheid. De hoofdvraag van het onderzoek luidt dan ook als volgt: *Wat is het effect van de waterkwaliteit van het irrigatiewater op de zetmeelaardappel tijdens het groeiseizoen van het aardappelgewas?*

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn er verschillende deelvragen opgesteld. Per deelvraag zijn hieronder de conclusies beschreven.

- Wat is irrigatiewater

Uit literatuuronderzoek is vastgesteld wat de definitie is van irrigatiewater. Bovendien is naar voren gekomen dat irrigatiewater, zowel grondwater als oppervlaktewater wordt beïnvloed door een aanzienlijk aantal variabelen.

- Welk effect heeft het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Uit de veldproef kan niet worden aangetoond dat het natriumgehalte van het beregeningswater effect heeft op de plantvitaliteit door het toevoegen van zout aan beregeningswater. Uit de resultaten blijkt dat de behandeling met toegevoegd zout 34 PPM natrium bevatte en de behandeling zonder zout toevoeging 7 PPM natrium bevat. Vanuit de literatuur is er bekend dat een overmaat aan zout twee negatieve effecten heeft op de plantvitaliteit, namelijk osmotische stress en een toxisch effect. De uitgevoerde veldproeven lieten echter geen zoutschade zien. Er heeft geen toxisch effect plaatsgevonden, of minder fotosynthese door lager osmotisch potentiaal. Het is zeer aannemelijk dat dit resultaat is uitgebleven vanwege het feit dat de proefvelden slechts eenmaal beregend hoefden te worden, in verband met een relatief natte zomer. Verwacht wordt dat wanneer er vaker was beregend met een zouttoevoeging er wel degelijk schade aan de plantvitaliteit waar te nemen is.

- Welk effect heeft de chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Uit de veldproef kan niet worden aangetoond dat het chloridegehalte van het beregeningswater effect heeft op de plantvitaliteit van de aardappel door het toevoegen van zout aan beregeningswater. De literatuur heeft echter aangewezen dat een te hoge hoeveelheid zout schade aan het gewas kan geven. Door een overmaat van chloor wordt de fotosynthese in de plant geremd. Tijdens de veldproef is dit niet waargenomen. Het is aannemelijk dat wanneer meerdere keren wordt beregend met een zouttoevoeging in plaats van maar één keer er wel aantoonbare schade aan het gewas te zien is. Vanwege eerdere studies wordt verwacht dat bij de analyse van de effecten wel lastig zal worden om te bepalen of de zoutschade alleen kan worden toegerekend aan chloride of aan natrium.

- Welk effect heeft het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Uit de veldproef blijkt dat de aardappelplant wel degelijk meer ijzer opneemt na beregening met ijzerhoudend water, echter is er geen verschil in plantvitaliteit waargenomen. Vanuit eerdere literatuuronderzoeken is gebleken dat zowel een ijzertekort als een ijzeroverschot een negatief effect heeft op de groei en vegetatie van de aardappelplant. Vanuit dit onderzoek wordt er geconstateerd dat aardappelen met 3,2 tot 6,4 PPM ijzer een achterstand in de groei hebben.

In de behandelingen waar beregend is met ijzerhoudend water is een PPM van 5,8 gemeten. Wanneer dit wordt vergeleken met de resultaten uit de gevonden literatuur zou er in deze behandelingen ook groeiachterstanden zijn moeten te zien en dus een negatief effect op de plantvitaliteit. Echter was dit in de proef niet terug te zien. Dit kan mogelijk verklaard worden door het feit dat de gevonden literatuur zich heeft toegespitst op één specifiek consumptieaardappelras.

Daarnaast is het feit dat er slechts eenmaal is beregend een belangrijke factor. Bij droogte en vervolgens meerdere beregeningsbehandelingen zou er een andere uitkomst kunnen worden waargenomen, omdat er dan nog meer ijzer op wordt geïrrigeerd. Uit de literatuur is er daarnaast gebleken dat veel ijzer in het irrigatiewater kan zorgen voor bladverbranding tijdens het irrigeren. Ook dit is niet teruggevonden in het onderzoek. Omdat de proef maar eenmaal is beregend is er niet genoeg ijzer op de aardappelen gekomen om dit fenomeen op de vegetatie van de aardappel terug te zien.

- Welk effect heeft de bron van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Uit het onderzoek blijkt geen verschil in plantvitaliteit wanneer beregening door grondwater en beregening door oppervlaktewater met elkaar worden vergeleken. Bij de met oppervlaktewater beregende behandeling is meer chloor en natrium gemeten dan bij de behandeling die is beregend met bronwater. In de veldproef kon niet vastgesteld worden dat de bron van het beregeningswater effect heeft op de plantvitaliteit van de aardappel. Dit heeft vermoedelijk te maken met het feit dat er slechts eenmaal is beregend.

Een hoge hoeveelheid natrium en chloor leiden tot opbrengstdaling bij gewassen die gevoelig zijn voor zout. Aardappelen zijn matig tolerant voor zout. Vanuit de literatuur zijn de verschillen tussen oppervlaktewater en bronwater met name terug te vinden in de temperatuur. Verder is de samenstelling van zowel oppervlaktewater als bronwater zo divers, dat daar geen gemiddelde waarden aan te koppelen zijn.

Wat is het effect van de waterkwaliteit van het irrigatiewater op de zetmeelaardappel tijdens het groeiseizoen van het aardappelgewas?

Na het uitvoeren van de veldproef kan er geen verband worden gelegd tussen de waterkwaliteit van het irrigatiewater en de vitaliteit van de zetmeelaardappelplant tijdens het groeiseizoen. De veldproef laat geen verschil in plantvitaliteit zien wanneer er wordt beregend met toevoeging van zout (natrium of chloor) of ijzer. Tevens is er geen aantoonbaar verschil in plantvitaliteit wanneer beregening door grondwater en beregening door oppervlaktewater met elkaar worden vergeleken.

Dit betekent niet dat er geconcludeerd kan worden dat beregening met betreffende toevoegingen geen effect heeft op de plantvitaliteit. Het onderzoek kampte namelijk met een belangrijke externe

variabele: de weersomstandigheden. Er is aangetoond dat teeltjaar 2021 een uitermate vochtig jaar is geweest. De proefvelden zijn hierdoor slechts eenmaal beregend. Deze proef wordt uiteindelijk 3 teeltjaren uitgevoerd. Er is een kans aanwezig dat de uitkomsten van het onderzoek anders uitpakken wanneer de proef wordt gedaan onder andere weersomstandigheden.

Hoewel de veldproef deze keer geen resultaten geeft, kan er wel degelijk worden geconstateerd dat de waterkwaliteit invloed heeft op de plantvitaliteit van de zetmeelaardappel tijdens het groeiseizoen. Dit blijkt namelijk uit literatuuronderzoek. Er is met name veel onderzoek gedaan naar de effecten van zout op de aardappel, hoewel niet specifiek op de zetmeelaardappel. Zoutschade bestaat uit een vochttekort door osmotische stress en een toxisch effect door een hoge hoeveel natrium. Hoewel naar ijzer minder onderzoek is verricht, blijkt wel dat een ijzeroverschot kan leiden tot verminderde plantvitaliteit.

Hoofdstuk 6 Aanbevelingen

Zoals beschreven in de conclusies is er geen verband aangetoond tussen de waterkwaliteit van het irrigatiewater en de vitaliteit van de zetmeelaardappelplant tijdens het groeiseizoen. Voor de zetmeelaardappeltelers is het echter van belang om de oorzaak van de vroegtijdige afsterving te achterhalen en daarom wordt geadviseerd om het onderzoek te herhalen onder kunstmatige omstandigheden, namelijk in een kas.

Een onderzoek in de buitenlucht is immers afhankelijk van onzekerheden zoals het weer en de grondslag. In een kas kunnen de omstandigheden die normaliter als een afhankelijke variabele worden gezien, worden bepaald door de mens. In een kas kunnen de temperatuur, de luchtvochtigheid, CO₂ en de watergift worden gereguleerd (Khedher & Ewing, 1985). Omdat de kas de natuurlijke regenval opvangt kan er exact gereguleerd worden hoeveel vocht de aardappelen krijgen. Zo kan er droogte worden nagebootst. Tevens is er in een kas geen sprake van uitspoeling van nutriënten vanwege bijvoorbeeld hoosbuien.

Er zijn ook nadelen, want wanneer je de kas gaat afsluiten creëer je binnen onbedoeld een ander klimaat met een hogere temperatuur en een hogere luchtvochtigheid, vergeleken met het Nederlandse buitenklimaat. Een goede ventilatie is dan ook van uiterst belang (ACD, 2022). Daarnaast is de capillaire werking heel anders, vergeleken met een proef die gedaan wordt op een aardappelperceel buiten de kas.

Verder is het van belang om te weten dat met proeven in een kas normaliter met veel kleinere proefvelden wordt gewerkt (Technokas, 2022). Men moet immers veel met de hand doen, er wordt in mindere mate machinaal gewerkt en de ruimte in een kas is vaak beperkt. Er zijn dus minder aardappelplanten per proefveld waarmee de proef kan worden gedaan, waardoor de steekproef kleiner wordt.

Er dient rekening te worden gehouden met de forse kosten die gepaard gaan met een proef in een kas. Er moet een kas worden gehuurd, dit is bijvoorbeeld mogelijk de gemeente Emmen, een regio rijk aan kassen (Boerenbusiness, Februari).

Met de nadelen in het achterhoofd wordt er desondanks geadviseerd de proef in een kas te herhalen, vanwege de mogelijkheid tot beïnvloeding van de afhankelijke variabelen.

Ten slotte wordt aanbevolen om het vervolgonderzoek uit te voeren met een ander aardappelras, namelijk BMC. Het aardappelras BMC kenmerkt zich door de grote behoefte aan vocht gedurende het groeiseizoen (Avebe, 2018). Dat betekent dat de gevolgen van droogte sneller zichtbaar zijn in het loof en de stengels van de plant. Verschillen in plantvitaliteit kunnen daardoor sneller worden aangetoond.

Voor het vervolgonderzoek is een onderzoeksopzet voorbereid, zie hiervoor bijlage 6.

Het is voor de lange termijn (5-10) jaar nog niet mogelijk om een aanbeveling te maken, omdat dit afhankelijk is van de uitkomsten van de proef in de kas. Indien blijkt dat er ook onder kunstmatige omstandigheden geen verband kan worden aangetoond tussen de betreffende variabelen van de waterkwaliteit en de plantvitaliteit, dan dient er vervolgonderzoek plaats te vinden, waarbij andere

variabelen tevens worden meegenomen, zoals bijvoorbeeld het tijdstip van droogte in het groeiseizoen, aantal zonuren en temperatuur.

Bibliografie

- ACD. (2022). *Wat doet vochtigheid in een kas*. Opgehaald van Acd.eu: <https://acd.eu/nl-nl/2020/10/22/wat-doet-vochtigheid-in-een-kas/?country=nl>
- Agrimatie. (2022, 1 20). *De aardappelketen*. Opgehaald van Agrimatie: <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=3577&indicatorID=3591§orID=2417>
- Agrocontrol. (2022). *wateronderzoek*. Opgehaald van agrocontrol: <https://agrocontrol.nl/sectoren/akkerbouw-en-grasland/wateronderzoek-2/>
- Avebe. (2018). *optimeelverslag 2018*. veendam.
- Averis. (2021, 02). *Averis-lijst zetmeelaardappelen 2021*. Opgehaald van Averis.nl: <https://www.averis.nl/friksbeheer/wp-content/uploads/2021/02/Averis-lijst-zetmeelaardappelen-2021-V2.pdf>
- Begeman, H. (2019, december 23). *Centor pivot kan plaatsspecifiek beregenen*. Opgehaald van Nieuwe Oogst: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2019/12/23/center-pivot-kan-plaatsspecifiek-beregenen#:~:text=Beregenen%20met%20een%20center%20pivot,autonoom%20werkende%20pivots%20te%20voorkomen>
- Bentvelsen, M. (2022). *Oppervlaktewater*. Opgehaald van Unievanwaterschappen: <https://unievanwaterschappen.nl/waterkwaliteit/oppervlaktewater-in-nederland/>
- Blom, G. (2017). *Zilte landbouw*. 4.
- Boerenbusiness, R. (Februari, 9 2017). *Welke gemeente kent grootste oppervlakte glastuinbouw*. Opgehaald van Boerenbusiness.nl: <https://www.boerenbusiness.nl/top5/artikel/10873344/welke-gemeente-kent-grootste-oppervlakte-glastuinbouw>
- Brouwer. (2015). *Druppelirrigatie in zetmeelaardappelen*. dronten. Opgehaald van file:///C:/Users/johan/Downloads/file_2.139414_001.pdf
- Buck, J., & Hopkins, B. (2013, Augustus 26). *Journal of undergraduate research*. Opgehaald van Effects of Iron Fertilization on Potato Yield Parameters: <http://jur.byu.edu/?p=3416>
- CBS. (2021, 6 30). *areaal akkerbouw 2021*. Opgehaald van cbs.nl: [https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/26/areaal-akkerbouw-in-2021-licht-toegenomen#:~:text=Het%20aandeel%20pootaardappelen%20en%20zetmeelaardappelen,3%20procent\)%20staan%20pootaardappelen](https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/26/areaal-akkerbouw-in-2021-licht-toegenomen#:~:text=Het%20aandeel%20pootaardappelen%20en%20zetmeelaardappelen,3%20procent)%20staan%20pootaardappelen)
- CDC. (2016, 10 11). *Types of Agricultural Water Use*. Opgehaald van cdc.com: <https://www.cdc.gov/healthywater/other/agricultural/types.html>
- De Boer, H. (2021, 8 21). Delphy. (J. Geerts, Interviewer)
- De Boer, H. (2021, 8 21). Delphy. (J. Geerts, Interviewer)

- Delphy. (2016, januari 22). *Ijzer in het water*. Opgehaald van Delphy: <https://delphy.nl/news/tip-v-d-maand-ijzer-in-het-water/>
- Delphy. (2019, 2 28). *Effecten van vochtthuishouding*. Opgehaald van bo-akkerbouw.nl: https://www.bo-akkerbouw.nl/files/Pdfs-Kennis-en-Innovatie/ProductiviteitAardappelWaterEnTemperatuur_190301_Literatuurstudie_BOAkkerbouw.pdf
- Delphy. (2021). *tussenrapportage waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen*. Wageningen.
- Delphy. (2022). *Over Delphy*. Opgehaald van Delphy: <https://delphy.nl/over-delphy/>
- Dorais, M., Alsanius, B. W., Voogt, W., Pepin, S., Tüzel, H., Tüzel, Y., & Muller, K. (2016). Impact of water quality. In M. Dorais, B. W. Alsanius, W. Voogt, S. Pepin, H. Tüzel, Y. Tüzel, & K. Muller, *Impact of water quality and irrigation management on organic greenhouse horticulture* (p. 100). Wageningen.
- Eurofins. (2020, mei 30). *goed beregeningswater, wat is dat*. Opgehaald van eurofins: <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/goed-beregeningswater>
- Eurofins. (2022). *natriumrijk water*. Opgehaald van Eurofins: <https://www.eurofins-agro.com/nl-nl/natriumrijk-water#:~:text=Beregenen%20met%20te%20zout%20water,beschikbaar%20zijn%20voor%20de%20planten>
- Feddes, R. A. (2004). *Ontzichtbaar water*. Wageningen.
- Forslund, A. (2010). Faecal contamination and hygiene aspect associated with the use of treated wastewater and canal water for irrigation of potatoes (*Solanum tuberosum*). *agriculture water manangement*.
- Gullentops, F., & Wouters, L. (1996). *Delfstoffen in Vlaanderen*.
- Haverkort, A. (2022). *Is de aardappel een watervreter*. Opgehaald van HZPC: <http://nl2015.csr.hzpc.com/uitgelicht/is-de-aardappel-een-watervreter>
- Howard, H. (1970). *Genetics of potato solanum tuberosum*. London: Logos press limited.
- Khedher, M. B., & Ewing, E. (1985). GROWTH ANALYSES OF ELEVEN POTATO CULTIVARS. *american potato journal*, 18. Opgehaald van <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02854401>
- Khenifi, M. L., Boudjeniba, M., & Kameli, A. (2011). *Effects of salt stress on micropropagation of potato*.
- KNMI. (2021, 08 `6). *Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën*. Opgehaald van [www.knmi.nl](https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd): <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd>

- KNMI. (2021, 07 15). *Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën*. Opgehaald van [www.knmi.nl: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd](https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd)
- KNMI. (2021, 10 19). *Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën*. Opgehaald van [www.knmi.nl: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd](https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd)
- KNMI. (2021, 11 05). *Maandsommen neerslag, normalen, anomalieën*. Opgehaald van [www.knmi.nl: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd](https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/archief/maand/rd)
- Knuivers, m. (2020, 03 19). *watergift moet 1,4 ton meeropbrengst geven*. Opgehaald van [foodagribusiness.nl: https://www.foodagribusiness.nl](https://www.foodagribusiness.nl)
- NVWA. (2020). *gebieden met verbod op gebruik oppervlaktewater*. Opgehaald van [nvwa: https://www.nvwa.nl/onderwerpen/plantenziekten-en-plagen/bruinrot/verbodsgebieden-gebruik-oppervlaktewater](https://www.nvwa.nl/onderwerpen/plantenziekten-en-plagen/bruinrot/verbodsgebieden-gebruik-oppervlaktewater)
- Paulissen, Nijboer, & Verdonchot. (2007). *grondwater in perspectief*. Wageningen: cereal. Opgehaald van : <https://edepot.wur.nl/33010>
- Peromat. (2011, Mei 3). *Gebruiksaanwijzing*. Opgehaald van Peromat: <https://farmstore.nl/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2018/12/perrot-handleiding-peromat-expert-nl.pdf>
- Reindsen, h. (2021, april 28). *gezuiverd afvalwater potentiële redder*. Opgehaald van [nieuwe oogst: https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/04/28/gezuiverd-afvalwater-potentielle-redder-in-nood-bij-droogte](https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/04/28/gezuiverd-afvalwater-potentielle-redder-in-nood-bij-droogte)
- Rutgers, N. j. (2005, December). *mangement of iron in irrigation water*. Opgehaald van New jersey agricultural experiment station Rutgers: <https://njaes.rutgers.edu/fs516/>
- Technokas. (2022). *Smart Greenhouses*. Opgehaald van Technokas.nl: <https://technokas.nl/smart-greenhouses/kassenbouw/venlokaas-of-breedkapper/>
- Van Realer, H., & Baltissen, T. (2016). *Verzilting en verzouting*. Wageningen.
- Van Rossum, M. (2021, November 9). *Gevolgen van klimaatverandering*. Opgehaald van [Nieuweoogst.nl: https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/11/09/5-vragen-over-gevolgen-van-klimaatverandering-voor-boeren](https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2021/11/09/5-vragen-over-gevolgen-van-klimaatverandering-voor-boeren)
- Veerman, A. (2003). *Teelt van consumptieaardappel*. Wageningen: Wageningen UR. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/119908>
- VUB. (2021, mei 4). *met afvalwater tegen droogte*. Opgehaald van [today.vub.nl: https://today.vub.be/nl/artikel/met-afvalwater-tegen-droogte](https://today.vub.be/nl/artikel/met-afvalwater-tegen-droogte)

WUR. (2003, 12 15). *Teelthandleiding zetmeelaardappelen beregenen*. Opgehaald van Kennisakker:
<https://kennisakker.nl/archief-publicaties/teelthandleiding-zetmeelaardappelen-beregening670>

Baarda, B. (2014). *Dit is onderzoek! : Handleiding voor kwantitatief en kwalitatief onderzoek* (2e herz. dr.). Groningen: Noordhoff.

Bijlagen

Bijlage 1 Planning uitvoering onderzoek

Om inzicht te krijgen in wat er nodig is voor het onderzoek is er een planning gemaakt, zie hiervoor ook de weergave in tabel 1. Bij elke taak is een maand van uitvoering opgegeven. Dit is een indicatie van de periode wanneer het wordt uitgevoerd en kan tijdens het onderzoek nog worden gewijzigd. Doordat deze proef afhankelijk is de hoeveelheid gevallen neerslag is het aantal keer beregenen nog niet vastgesteld. De materialen die benodigd zijn voor de proef zijn veelal al eigendom van Delphy, enkel het aggregaat wordt gehuurd.

Tabel 1 Planning uitvoering onderzoek. Johan Geerts, 2021.

Werkzaamheden	Werkwijze	Benodigdheden	Welke maand	Aantal personen nodig
Grond profiel boringen	Per veldje twee grondboringen van een meter diep, locatie en foto wordt opgeslagen	Telefoon met GPS en camera, grondboor uitlegbord	Februari	2 personen
Perceel aardappelen wordt gepoot	De gebruiker van het perceel poot het hele perceel in met aardappelen	Akkerbouwer met pootmachine	April	1 persoon
Uitzetten proefveldjes	De veldjes van 20 bij 20 meter worden uitgezet met meetlint en gemarkeerd met stokken	Meetlint en stokken	April (na het poten)	2 personen
Aanleggen beregening	Alle slangen, buizen sproeiers, koppelingen en pompen moeten worden aangesloten aan de waterbronnen	Verschillende maten en lengtes tylene slangen, 15 sproeiers, drie elektrische pompen, brandweerslangen, twee IBC vaten, aggregaat, koppelingen, T stukken en een mengpaneel	Mei (voor het eerste droogte moment)	4 personen

Plaatsen vochtmeter	Per veldje een vochtmeter	15 vochtmeters	Mei	1 persoon
Beregenen	Het aantal keer beregenen wordt bepaald door de hoeveelheid vocht in de grond		Bij vochttekort	1 persoon mogelijk meerdere keren
Bladsapmonsters plukken	Oude en jonge bladeren plukken	Zakje en etiket	Juni/juli	1 persoon
Waarnemingen	Waarnemen afsterving		Augustus september	1 persoon
Rooien aardappelen	Rooien doormiddel van een proefveld rooimachine en weging	Rooimachine die kan wegen, zakjes	Oktober	4 personen
Zetmeel gehalte meten	Onderwatergewicht meten	Onderwater weging, weegschaal	Oktober	1 persoon
Conclusies trekken	De gewonnen data analyseren	Data	November	1 persoon

Bijlage 2 Proefgegevens

Tabel 2 Proefgegevens irrigatieproef waterkwaliteit Eerste Exloërmond. Delphy en Johan Geerts, 2021.

PROEFTITEL	Waterkwaliteit in de teelt van zetmeelaardappelen
REGIO	Veenkoloniën
LOCATIE	1 ^e Exloërmond
PERCEEL	S 3 NZ 1
GEWAS	Aardappel
RAS	Festien
GRONDSOORT	Dalgrond
DATUM BODEMANALYSE	7-4-2021
- % O.S.	8.3
- PW-GETAL	59
- PAE	5.6
- P-AL	44
- K-GETAL	16
- PH	4.8
VOORVRUCHT VORIG JAAR	Wintertarwe met groenbemester Tagetes
ZAAI-/POOTDATUM	12-04-2021
ZAAIZAAD- /POOTGOEDHOEVEELHEID	2500
VELDGROOTTE	20*20 meter
AANTAL HERHALINGEN	3
RIJENAFSTAND (CM)	75 cm
ORGANISCHE BEMESTING	Mestmix 20 ton, werkzaam: 92 N, 40 P2O5, 120 K2O
STIKSTOFBEMESTING	150 ltr NTS, werkzaam: 52 N
KALIBEMESTING	Geen extra kali
ONKRUIDBESTRIJDING	Standaard onkruidbestrijding, zelfde als de rest van het perceel (registratie aanwezig)
SCHIMMELBESTRIJDING	Standaard schimmelbestrijding, zelfde als de rest van het perceel (registratie aanwezig)
INSECTENBESTRIJDING	Standaard insectenbestrijding, zelfde als de rest van het perceel (registratie aanwezig)
OOGSTDATUM	20-10-2021

Bijlage 3 Observatieschema's onderzoek proefveldjes

Welk effect heeft het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Tabel 3 Observatieschema plantvitaliteit. Johan Geerts, 2021.

Waarneming	20-06-2021	04-07-2021	18-07-2021	01-08-2021	22-08-2021	13-09-2021
Kleur van het blad	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Lichte verkleuring bladafrijping	Geelvorming (beginfase afsterving) geen verschillen onderling
Bladbedekking	Het gewas staat nog dicht	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil
Aantal stengels (normaal = 14 tot 20 per m2)	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkinge n van standaard	Geen afwijkinge n van standaard	Geen afwijkinge n van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard
Grootte van de plant (min. – max.)	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk
Overige bevindingen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Lichte aantasting Phytophthora

Welk effect heeft de chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Tabel 4 Observatieschema plantvitaliteit. Johan Geerts, 2021.

Waarneming	20-06-2021	04-07-2021	18-07-2021	01-08-2021	22-08-2021	13-09-2021
Kleur van het blad	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Lichte verkleuring bladafrijping	Geelvorming (beginfase afsterving) geen verschillen
Bladbedekking	Het gewas staat nog dicht	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil
Aantal stengels (14 – 20 per m2)	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkinge n van standaard	Geen afwijkinge n van standaard	Geen afwijkinge n van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard
Grootte van de plant	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk
Overige bevindingen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Lichte aantasting Phytophthora

Welk effect heeft het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Tabel 5 Observatieschema plantvitaliteit. Johan Geerts, 2021.

Waarneming	20-06-2021	04-07-2021	18-07-2021	01-08-2021	22-08-2021	13-09-2021
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Kleur van het blad	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Lichte verkleuring bladafrijping	Geelvorming (beginfase afsterving) geen verschillen
Bladbedekking	Het gewas staat nog dicht	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil
Aantal stengels (14 – 20 per m2)	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard
Grootte van de plant	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk
Overige bevindingen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Lichte aantasting Phytophthora

Welk effect heeft de bron van het beregeningswater op de plantvitaliteit

Tabel 6 Observatieschema plantvitaliteit. Johan Geerts, 2021.

Waarneming	20-06-2021	04-07-2021	18-07-2021	01-08-2021	22-08-2021	13-09-2021
Kleur van het blad	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Lichte verkleuring bladafrijping	Geelvorming (beginfase afsterving) geen verschillen
Bladbedekking	Het gewas staat nog dicht	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil
Aantal stengels (14 – 20 per m2)	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard
Grootte van de plant	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk
Overige bevindingen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Lichte aantasting Phytophthora

De onberegende behandeling

Tabel 7 Observatieschema plantvitaliteit. Johan Geerts, 2021.

Waarneming	20-06-2021	04-07-2021	18-07-2021	01-08-2021	22-08-2021	13-09-2021
Kleur van het blad	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Lichte verkleuring bladafrijping	Geelvorming (beginfase afsterving) geen verschillen
Bladbedekking	Het gewas staat nog dicht	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil	Geen verschil
Aantal stengels (14 – 20 per m2)	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard	Geen afwijkingen van standaard

Grootte van de plant	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk	Gelijk
Overige bevindingen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Lichte aantasting Phytophthora

Bijlage 4 Resultaten bladsapanalyses

Tabel 8 Resultaten bladsapanalyse. Delphy en Johan Geerts, 2021.

Behandeling	Suikers (%)	pH	EC (mS/cm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	N (ppm)	Cl (ppm)	Fe (ppm)
A. Onberegend	1,4 a	6,4 a	7,5 a	2778 a	686 a	498 a	4 a	903 a	958 a	2,32 a
B. Bron, ijzerhoudend water	1,2 a	6,6 a	6,9 a	2551 a	413 a	382 a	7 a	908 a	888 a	5,80 b
C. Bron, ijzerhoudend water met toevoeging van zout (NaCl)	1,0 b	6,5 a	7,7 a	2765 a	672 a	435 a	34 a	980 a	1061 a	6,56 b
D. Oppervlaktewater	1,3 a	6,4 a	8,1 a	2959 a	566 a	490 a	33 a	944 a	1346 a	2,11 a
E. Bron met hard, ijzerhoudend water	1,2 a	6,5 a	7,6 a	2845 a	424 a	420 a	55 a	885 a	1154 a	10,30 c
Gemiddelde	1,2	6,5	7,5	2780	552	445	27	924	1081	5,42
F-prob	0,022	0,100	0,569	0,871	0,138	0,233	0,710	0,606	0,190	<0,001
LSD	0,16	0,15	1,93	1086,0	282,8	130,2	111,8	172,5	437,4	0,844
CV%	4,8	0,8	9,2	14,1	18,4	10,5	150,6	6,7	14,6	5,6

Bijlage 5 Waterwaardes bron- en oppervlaktewater

Tabel 9 Waterwaardes bron- en oppervlaktewater

Waterbron	Laboratorium	Behandeling	pH	Na (mmol)	Cl (mmol)	Fe (µmol/l)
Bron water	NCC	B, C	6,31	1,19	1,25	313,07
Oppervlakte water	NCC	D	7,20	1,40	1,46	1,85

Bijlage 6 Onderzoeksopzet vervolgonderzoek

Tabel 10 Onderzoeksopzet vervolgonderzoek. Johan Geerts, 2022.

Relevantie en doel	Het doel van deze proef is het vaststellen dan wel uitsluiten van het effect van het natriumgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit. Het doel van deze proef is het vaststellen dan wel uitsluiten van het effect van het chloorgehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit. Het doel van deze proef is het vaststellen dan wel uitsluiten van het effect van het ijzergehalte van het beregeningswater op de plantvitaliteit. Het doel van deze deelvraag is om vast te stellen of er verschillen zijn tussen het gebruik van bronwater en het gebruik van oppervlaktewater op de plantvitaliteit.
Methode	Voor het vaststellen van de nutriënten in de plant wordt er gebruik gemaakt van primair kwantitatief onderzoek, namelijk een bladsapanalyse. Vervolgens wordt er middels statistische analyse gekeken of de resultaten significant zijn. Daarnaast wordt er primair kwalitatief onderzoek uitgevoerd, namelijk visuele observatie van de aardappelplant om te kijken of de plantvitaliteit tussen beregende en onberegende aardappelen verschilt. Voor het kwalitatieve onderzoek is een observatieschema opgesteld met de volgende variabelen: kleur van het blad, bladbedekking, aantal stengels, grootte van de plant en overige afwijkingen aan de plant.
Hulpmiddelen	Om deze proef uit te kunnen voeren is de beschikking van een kas een must. Aardappel pootgoed van het ras: BMC De middelen voor bladsapanalyses
De proef	In de kas worden er 15 aardappelvelden (3x6 meter) in volle grond opgezet en onderzocht. Daarvan worden er drie beregend en drie onberegend, onder dezelfde omstandigheden. Het aardappelras BMC wordt gepoot in april: 3 velden onberegend 3 velden beregend met bronwater 3 velden beregend met bronwater + zouttoevoeging 3 velden beregend met bronwater + ijzer 3 velden beregend met oppervlaktewater Voor de beregende velden wordt gebruik gemaakt van bronwater met een zouttoevoeging. Zout bestaat uit NaCl en zo ontstaat er een hoog natriumgehalte in het irrigatiewater.

	Voor de beregende velden wordt gebruik gemaakt van bronwater met een zouttoevoeging. Zout bestaat uit NaCl en zo ontstaat er een hoog chloorgehalte in het irrigatiewater. Voor de beregende velden wordt gebruik gemaakt van bronwater met een ijzertoevoeging. Vanaf de waterbron en oppervlaktewater worden slangen gelegd tot aan de rand van de proefveldjes. Aan de rand van de velden staat een IBC vat en een drietal elektrische pompen. Hier splitst de leiding van bronwater, één met een zouttoevoeging en één zonder zouttoevoeging. Vanaf dit vat wordt er zout toegevoegd en wordt het water getransporteerd naar de velden waar in het midden een sproeier staat. Het reguliere bronwater gaat via tylene slangen naar de met bronwater beregende veldjes waar ook een sproeier staan. Er worden zowel van het bronwater als van de zouttoevoeging monsters genomen. Tijdens de groeiperiode worden bladsapanalyses gemaakt. Vanaf het moment dat de aardappelen dicht staan wordt er een droge periode nagebootst. De onberegende veldjes krijgen maar 20mm water per jaar, waar de beregende veldjes een totale gift van 70mm water per maand worden toegediend door sprinklers. Tijdens het groeiseizoen zijn er waarnemingen gedaan van het loof van de aardappelen. De aardappelveldjes zijn separaat van elkaar geroid, zodat de opbrengst en het zetmeelgehalte kan worden bepaald. Dankzij de bladsapanalyse wordt data verzameld over de aanwezigheid van natrium in de plant. Vervolgens is er middels statistische analyse gekeken of de verschillen significant zijn.
Betrouwbaarheid	Voor de consistentie van het onderzoek is het belangrijk dat elk veldje dezelfde grondslag heeft. Voor de betrouwbaarheid dient de hoeveelheid toegediend water, de toegevoegde stoffen, de plaatsing van de sproeiers, het moment van berekening gelijk te zijn. Doordat de proef in een kas wordt uitgevoerd, kan er een droge periode worden nagebootst waardoor de onbetrouwbaarheid van het weer wordt geen effect heeft op dit onderzoek Om de betrouwbaarheid te waarborgen wordt het klimaat wat er buiten de kas heerst zoveel mogelijk nagebootst. Herhaling van het onderzoek met exact dezelfde omstandigheden is mogelijk door het nabootsen van de omstandigheden. Om de betrouwbaarheid van de proef te waarborgen wordt elk veldje in drievoud neergelegd. Wanneer deze drie velden onderling grote verschillen vertonen, is het niet mogelijk om conclusies te verbinden aan de resultaten.
Dataverwerking	• Bladsapanalyse

	• Statistische analyse met GenStat, waarbij de ANOVA-procedure wordt toegepast. • Observatieschema waarnemingen
Criteria	Er wordt gekeken of er een significant verschil is tussen de behandelingen.

Bijlage 7 Plantvitaliteit aanduiding

Tabel 10 Aanduiding plantvitaliteit in klassen, Delphy en Johan Geerts

Blad	Stengels	Vitaliteit
Donkergroen	Donkergroen	Zeer vitaal
Lichtgroen	Donkergroen	Vitaal
Donkergroen	Lichtgroen	Vitaal
Lichtgroen	Lichtgroen	Middelmatig vitaal
Lichtgroen	Bruin	Middelmatig vitaal
Geel	Lichtgroen	Matig vitaal
Geel	Bruin	Matig vitaal
Bruin	Bruin	Laag vitaal
Bruin	Zwart	Laag vitaal
Geen	Geen	Geen plantvitaliteit

Bijlage 8 Interview H. De Boer

Wat doet Delphy?

Delphy geeft onafhankelijk advies en doet onafhankelijk onderzoek naar vraagstukken in de praktijk op het gebied van landbouw.

Wat is de rol van Delphy afdeling akkerbouw Noord-Oost?

Delphy akkerbouw Noord-Oost is de afdeling van Delphy met als doel om onafhankelijk advies te geven in en rond de teelten van de gewassen en daaromheen. Wanneer er vraagstukken spelen waar de agrariër en de adviseur geen antwoord op heeft, dan kan Delphy hier onderzoek naar gaan doen. Binnen Delphy zijn meerdere akkerbouw afdelingen. Om de afdeling niet te groot te krijgen zijn ze per gebied opgedeeld.

Is Delphy onafhankelijk?

Jazeker, Delphy heeft als doel de agrariër onafhankelijk advies te geven. Dit houdt in dat Delphy er geen baat bij heeft welk bestrijdingsmiddel de agrariër gebruikt of wat voor soort machine hij gebruikt. Er wordt puur gekeken naar wat het beste bij de agrariër past en Delphy geeft hier vrijblijvend advies over. De proeven die Delphy uitvoert zijn vraagstukken die bij de agrariërs wegekomen.

Een akkerbouwer kan lid worden van Delphy, wat houdt dit in?

De akkerbouwer krijgt een adviseur aangewezen, die adviseur kan hij raadplegen op het moment dat er vragen zijn over allerlei landbouw gerelateerde onderwerpen. Daarnaast ondersteunt de Delphy adviseur met de mestboekhouding en eventuele andere vraagstukken.

Wat was de aanleiding tot dit onderzoek?

In 2018 en 2019 kregen wij veel telefoontjes van akkerbouwers die zagen dat hun aardappelen die zij hadden beregend eerder afstierven dan de onberegende aardappelen van de buurman. Omdat dit fenomeen niet bij één teler maar bij veel meer telers aan de hand was hebben wij binnen Delphy Noord-Oost ervoor gekozen om hier onderzoek naar te doen omdat wij geen concreet antwoord hierop hebben gevonden, laat staan een oplossing.

In wiens belang is het onderzoek?

De zetmeelaardappeltelers in de veenkoloniën die hun aardappelen beregenen.

Waarom is dit voor de telers van belang?

Zetmeelaardappelen worden normaal gesproken rond oktober gerooid. Wanneer de aardappel vroegtijdig afsterft kost dit opbrengst. Dit willen de telers voorkomen.

Hoe werkt Delphy samen met de telers?

De onderzoeken die worden neergezet worden veelal op de percelen van één van de aangesloten agrariërs neergelegd. Daarnaast worden de onderwerpen en uitkomsten van de proeven veel met de agrariërs besproken

Waarom wordt deze proef alleen gedaan voor zetmeelaardappelen?

Dit fenomeen is enkel alleen gezien in zetmeelaardappelen en met name in de veenkoloniën. Wij bij Delphy verwachten dit fenomeen niet snel te zien in bijvoorbeeld pootaardappelen of consumptieaardappelen omdat deze een maand eerder worden gerooid en daarom denk ik dat vroegtijdige afsterving hier geen probleem is.

Het vervroegd afsterven van beregende zetmeelaardappelen is een nog vrij onbekend fenomeen. In andere landen worden ook zetmeelaardappelen geteeld, is hier het fenomeen van eerder afgestorven zetmeel aardappelen door beregening hier ook bekend?

Vooraf in Duitsland, Denemarken en Frankrijk worden veel zetmeelaardappelen geteeld, maar nog nooit heb ik signalen gehoord van zowel akkerbouwers als adviseurs dat dit fenomeen zich heeft voorgedaan en daarom is hier, voor zover mij bekend, nog nooit onderzoek naar gedaan.

Zijn er ook vergelijkbare onderzoeken gedaan naar het effect van beregenen met andere gewassen?

Zover ons bekend is, is dit fenomeen nog nooit eerder gezien of is het als probleem beschouwt.

Wat is er al bekend over de oorzaken van afstervende aardappelen en welke variabelen kunnen daar een rol bij spelen?

Over het algemeen sterft een aardappel uit vanwege ouderdom, maar er zijn veel meer aspecten die mee kunnen spelen. Factoren zoals stress, hitte en droogte versnellen normaal gesproken het afstervingsproces. Het is daarom ook apart dat beregende aardappelen eerder afsterven en daarom is er gekozen voor nader onderzoek.

Houdt Delphy er rekening mee dat er vanwege natuurlijke neerslag niet beregend hoeft te worden?

Zeker hebben wij meegenomen dat een Nederlandse zomer ook snel een natte zomer is. Er is om die reden voor gekozen om de proef drie jaar te laten lopen.

Je geeft aan dat het een 3-jarige proef is. Verwacht je dat dit voldoende is om een significant resultaat te behalen?

Als een van de drie jaar een aanzienlijk droog jaar is verwacht ik wel een significant resultaat. Wanneer alle drie de jaren nat zijn verwacht ik ook geen verschillen. Omdat de beregening dan niet of nauwelijks aan is.

Hoe meten jullie de plantvitaliteit?

De plantvitaliteit nemen wij weer door het blad en de stengels te bekijken. Aan de plant kunnen wij al snel zien of er sprake is van goede of slechte plantvitaliteit.

Op welke manier zal er beregend worden en waarom wordt hiervoor gekozen?

Er is gekozen voor beregening met sprinklers. De manier waarmee het beregeningswater uit de sprinklers komt lijkt het meest op de manier van beregening met haspels wat veel in dit gebied gebruikt wordt. Daarnaast is de aanleg makkelijker en de watergift met een sprinkler makkelijk te controleren.

Hoe vertaalt Delphy de onderzoeksuitslagen naar de praktijk?

Delphy publiceert de onderzoeken. Daarnaast worden de agrariërs die problemen ondervonden door deze vroege afsterving ingelicht.