

Gewassen optimaal en efficiënt van H₂O voorzien



Student: Geoff Flikweert

Opleiding: Tuin- en Akkerbouw

Afstudeerdocent: Sylvan Nysten

Plaats en datum: Ouddorp augustus 2021

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerwerkstuk “Gewassen optimaal en efficiënt van H₂O voorzien”. Dit rapport is geschreven in het kader van het afstuderen aan de Aeres Hogeschool in Dronten.

De watervoorziening voor gewassen is de afgelopen drie jaar in Nederland enorm bepalend geweest voor de hoogte van de opbrengst.

Zelf kom ik als adviseur op verschillende percelen en zie ik de grote verschillen in opbrengsten die direct te leiden zijn naar de watervoorziening op deze percelen. Door deze ervaringen is de interesse gegroeid om onderzoek te doen naar de optimale en meest efficiënte manier om gewassen van water te voorzien. Ook de belangstelling rondom dit onderwerp is groot en zeer relevant voor deze tijd waar waterkwaliteit en waterkwantiteit wereldwijd voor problemen zorgt.

Tot slot wil ik de mensen bedanken die betrokken zijn geweest met het meedenken, opstellen en meewerken aan deze scriptie.

Ik wens u veel leesplezier!

Geoff Flikweert

Ouddorp, juni 2021

Samenvatting

In dit afstudeeronderzoek is onderzoek gedaan naar de optimale en meest efficiënte manier om gewassen in de toekomst van water te kunnen voorzien. Het onderzoek is opgesteld omdat de waterschaarste en het waterverbruik steeds meer onder druk komt te staan. Enerzijds door een veranderend klimaat waarbij we te maken hebben met wateroverlast en tekort, anderzijds doordat bij waterschaarste de maatschappelijke druk op waterverbruik toeneemt.

Door verschillende manieren van beregeningstechnieken te vergelijken is er onderzocht wat de efficiëntie is van de gegeven millimeter beregening. Dit is gedaan door een onbehandeld object te vergelijken met druppelirrigatie bovengronds, druppelirrigatie ondergrond en een object haspel + beregeningsboom. De bovengrondse druppelirrigatie gaf 65% meeropbrengst, de ondergrondse druppelirrigatie gaf 44% meer opbrengst en haspel+ beregeningsboom gaf 16% meeropbrengst.

In de analyse is gekeken naar efficiëntie en komt naar voren dat 1 mm ondergrondse druppelirrigatie 260 kg meeropbrengst geeft en het meest efficiënt is. Het inefficiëntste object is het haspel+ beregeningsboom. In deze proef komt naar voren dat 1 mm beregeningsboom 151 kg meeropbrengst geeft en daarmee het inefficiëntst is.

Ook is in dit onderzoek onderzocht wat de beregeningstechnieken voor invloed hadden op de bodemstructuur. Doordat dit seizoen voldoende regen is gevallen en weinig gebruik gemaakt is van de beregeningstechnieken kunnen hier geen harde conclusies aan worden verbonden. In het onderzoek kwam er ook geen significant verschil van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur naar voren.

De effecten van grondbewerkingen op de vochtvoorziening zijn onderzocht door ploegen te vergelijken met het NKG-Systeem. Bij beide systemen zijn metingen gedaan naar de worteldiepte en onderzocht of een bepaald systeem een diepere beworteling gaf. In het onderzoek is geen significant verschil aangetoond.

De verschillende onderzoeken hebben er voor gezorgd dat er op de hoofdvraag; *Hoe kun je in de toekomst gewassen optimaal en efficiënt van water voorzien?* kon worden beantwoord. De verschillende beregeningstechnieken hebben invloed op de optimale en efficiënte manier om gewassen van water te voorzien. Het onderzoek is nog wel te beperkt om hiermee in de praktijk mee aan de slag te gaan en zal daarom verder moeten worden onderzocht.

Summary

In this graduation project, research was done into the optimal and most efficient way to provide crops with water in the future. The study was conducted due to the fact that water scarcity and water consumption are under increasing pressure. On the one hand, because of a changing climate in which we have to deal with flooding and shortages, on the other hand because of water scarcity, the social pressure on water consumption increases.

By comparing different irrigation techniques, the efficiency of the given millimeter irrigation was investigated. This was done by comparing an untreated object with drip irrigation above ground, drip irrigation underground and an object sprinklersystem. The above-ground drip irrigation gave 65% more yield, the underground drip irrigation gave 44% more yield and sprinklersystem gave 16% more yield.

The analysis looked at efficiency and it appears that 1 mm underground drip irrigation gives 260 kg more yield and is the most efficient. The most inefficient object is the sprinklersystem. This trial shows that 1 mm sprinklersystem gives 151 kg more yield and is therefore the most inefficient.

This study also investigated the influence of irrigation techniques on the soil structure. Because sufficient rain has fallen this season and little use has been made of the irrigation techniques, no firm conclusions can be drawn from this. The study also revealed no significant difference between the irrigation techniques on the soil structure.

The effects of tillage on the moisture supply have been investigated by comparing plowing with the NKG-System. In both systems, measurements were taken of the root depth and it was investigated whether a particular system gave a deeper rooting. No significant difference was found in the study.

The various studies have ensured that the main question; How can you provide crops with water optimally and efficiently in the future? could be answered. The different irrigation techniques influence the optimal and efficient way to provide crops with water. The research is still too limited to work with in practice and will therefore have to be further investigated.

Inhoudsopgave

GEWASSEN OPTIMAAL EN EFFICIËNT VAN H ₂ O VOORZIEN	1
VOORWOORD	2
HOOFDSTUK 1- INLEIDING	6
1.1 Het veranderde klimaat wereldwijd	6
1.1.2 Het overheidsbeleid van Nederland over watervoorziening voor de akkerbouw.....	7
2.1 De beregeningmogelijkheden in de akkerbouw.....	8
1.2.2 De bodem als vochtvoorziening voor akkerbouwgewassen	9
1.2.3 Effecten van beregening op structuur.....	10
1.3 Hoofd- en deelvragen	11
1.3.1 Hoofdvraag.....	11
1.3.2 Deelvragen	11
Hoofdstuk 2- Materiaal en Methode	12
2.1 Welke beregeningstechniek, druppelirrigatie of beregeningsboom, is het meest efficiënt?	12
2.1.1 Wat is het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur?	12
2.1.2 Wat is het effect van grondbewerking op de vochtvoorziening?	13
Hoofdstuk 3- Resultaten.....	14
3.1 Welke beregeningstechniek, druppelirrigatie of beregeningsboom, is het meest efficiënt?	14
3.2 Wat is het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur?	16
3.3 Wat is het effect van grondbewerking op de vochtvoorziening?	19
Hoofdstuk 4- Discussie	20
Hoofdstuk 5- Conclusie en aanbevelingen	22
BIBLIOGRAFIE	25

Hoofdstuk 1- Inleiding

Akkerbouwers hebben de laatste jaren steeds meer te maken gekregen met extreme weersinvloeden. (KNMI, 2020) Nederland werd in de zomer van 2018 getroffen door een extreme droogte waarbij het potentiële neerslagtekort op 8 augustus 2019 opliep naar 309 millimeter (Rob Sluijter, 2018). In 2019 was het neerslagtekort niet zo groot als in 2018 maar waren de landelijke verschillen groot. In het westen was het neerslagtekort rond de 100 millimeter en in het uiterste zuidwesten was het neerslagtekort rond de 300 millimeter. Opnieuw was er in 2020 weer een neerslagtekort dat al vroeg in het seizoen aanwezig was waarbij kenmerkend was dat na de vele regen die gevallen was in de winter het in het voorjaar in één keer droog werd en een lange periode van droogte aanhield. Op veel percelen in Nederland moest hierbij worden berekend om de grond te kunnen bewerken en hier een goed zaai- of plantbed te kunnen maken. Uiteindelijk liep het neerslag tekort op tot 239 millimeter in augustus. Ook de verschillen waren landelijk groot en kenmerkend was het natte najaar met grote hoeveelheden regen. Weerextremen zijn de laatste jaren steeds meer aanwezig in Nederland en hier moeten telers steeds meer rekening mee gaan houden. Binnen een jaar kan een teler te maken krijgen met wateroverlast en watertekort. Door het veranderende klimaat wereldwijd is het belangrijk om te weten welke factoren omtrent water belangrijk zijn voor de wereldwijde voedselvoorziening. Het is daarom belangrijk dat met het beschikbare water optimaal en efficiënt wordt omgegaan. Wel is bekend dat bij telers waarbij water geen probleem is naar de maximale opbrengst wordt gekeken en niet naar hoe ze efficiënt met water omgaan (E.C. Mantovani, 1995).

1.1 Het veranderde klimaat wereldwijd

De temperatuur is over heel de wereld gestegen. De verschillen tussen gebieden zijn groot. Dit veranderde klimaat heeft effecten op de leefomgeving van mensen. De verwachtingen van het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) voor de gematigde gebieden waar Nederland zich in begeeft, lijken tot 2050 de invloeden van klimaatsverandering nog mee te vallen (Ligtvoet, 2015). Echter voor de tropische gebieden zullen de gevolgen van een veranderd klimaat eerder aanwezig en ook groter van aard zijn. De oorzaken hiervan zijn de verandering in temperatuur, beschikbaarheid van water en weersextremen. In deze gebieden zal de voedselvoorziening verder onder druk komen te staan. Dit komt doordat landgebruik en waterbronnen hetzelfde blijven maar de wereldbevolking blijft groeien (Dinar, 2019). Ook zullen akkerbouwgewassen meer onder stress komen te staan (Q. Sun, 2019) Daarom is het van belang dat in Nederland en wereldwijd zo optimaal en efficiënt als mogelijk met water wordt geproduceerd. De komende tijd, wanneer er aanpassing worden gedaan in de wijze van produceren, kan in deze landen zelfs meer opbrengst worden behaald maar wanneer op lange termijn de uitstoot van broeikasgassen onvoldoende wordt teruggedrongen zal de productie onvermijdelijk afnemen (KNMI, 2014). Efficiënter met water en met nutriënten omgaan zal nodig zijn om de wereldwijde bevolking in de toekomst te kunnen blijven voeden. (Tian, 2021)

1.1.1 Het veranderde klimaat in Nederland

De droogte van de laatste jaren past goed bij de verwachting als gevolg van het veranderde klimaat. De natte lange winters en zomers met lang aaneengesloten droogte zijn de laatste jaren aan de orde. Door het veranderde klimaat zal in de Nederlandse stroomgebieden van de grote rivieren grote schommeling ontstaan. Wanneer er extreme neerslag valt zal er veel water worden afgevoerd en bij droge zomers zal de afvoer aanzienlijk minder worden. Minder water in de zomer betekent grote risico's op verzilting in de

kustzones (Craats, Nikkels, & Stuyt, 2016) en minder beschikbaarheid van zoetwater betekent voor de Nederlandse landbouw minder mogelijkheden om te kunnen beregenen. Ook wereldwijd kunnen ongeveer 600 miljoen mensen die langs kusten wonen geraakt worden door verzilting omdat daar de voedselproductie in gevaar komt. (Mukhopadhyay, 2021) Ook zullen de gevolgen van klimaatverandering daarom economische gevolgen hebben voor Nederland landbouw. Dit is in afgelopen jaren al duidelijk zichtbaar geweest. Vooral wanneer telers die wel kunnen beregenen worden vergeleken met telers die niet de mogelijkheid tot beregen hebben, is duidelijk te zien dat het verschil tussen wel en niet beregenen tot grote opbrengst en uiteindelijke saldo verschillen leidt. Beregening is daarom noodzakelijk om risico's als droogte die steeds groter worden te kunnen dekken. In het jaar 2018 waren er bij de suikerbieten verschillen in opbrengsten van 10 tot 120 ton. Niet alleen beregenen heeft invloed op de opbrengst maar ook de droogtegevoeligheid van de grond is van groot belang. (Winsen, 2018)

Het is belangrijk om twee gevolgen van klimaatsverandering te onderscheiden, de indirecte gevolgen en de directe gevolgen. Indirecte gevolgen van klimaatsverandering zijn verzilting, verdroging of vernatting van de bodem. Deze zijn het gevolg van wat het klimaat uit het verleden is geweest. De directe gevolgen hebben meer te maken met het dagelijkse weer waarmee gewassen te maken krijgen. Voorbeelden hiervan zijn lange droogte, temperaturen van boven de 35 graden en vorstperiodes. De gevolgen hiervan zijn gewas/ras afhankelijk en sommige gewassen/rassen kunnen beter tegen droogte, hoge temperaturen en wateroverlast dan andere.

Uit berekeningen blijkt dat in 2040 voor circa 25% van het areaal geen problemen te verwachten zijn. 56% procent heeft in 2040 te maken met verdroging en dit zou in combinatie van verzilting en/of vernatting kunnen zijn (Geijzendorffer, 2011). Ook gevolgen van klimaatverandering zijn droogte, hitte en nattigheid wat kan leiden tot doorwas, hogere ziektedruk en meer plaaginsecten. Dit zou voor opbrengstderving kunnen zorgen. Ook de teelt van pootaardappelen die een belangrijke economische plaats heeft in de Nederlandse akkerbouw zal onder druk komen te staan. Door de hogere temperaturen zullen insecten zoals luizen eerder en ook langer aanwezig zijn. Hierdoor zal de druk op kwalitatief hoogwaardig pootgoed die vrij is van virus toenemen.

De gevolgen van het veranderende klimaat is niet altijd nadelig. De verhoging van het CO₂-gehalte zorgt ervoor dat planten meer kunnen produceren, echter een kanttekening is dat er in droge periode wel voldoende water beschikbaar moet zijn om te kunnen beregenen (Supit, 2012). Bij gebrek aan water zal de opbrengst verminderen door droogtestress (A. Gomez-zavaglia, 2020). Daarom is het belangrijk dat er naar verschillende beregeningstechnieken onderzoek wordt gedaan om efficiënt met water om te gaan, want in droge periodes van waterschaarste is het wel belangrijk dat hier optimaal gebruik van wordt gemaakt. Ook doordat overheden keuzes moeten maken over diverse belangen rondom water is het daarom extra belangrijk om hier efficiënt mee om te gaan.

1.1.2 Het overheidsbeleid van Nederland over watervoorziening voor de akkerbouw

Doordat het gebruik van water in de landbouw steeds meer onder druk komt te staan vanuit de maatschappij is het van belang om hier zo optimaal mee om te gaan. Ook wereldwijd is irrigatie de grootste gebruikersbron van zoetwater (G. Fischer, 2007). Daarom zal vanuit regionale, nationale of zelf Europese overheidsinstanties keuzes worden gemaakt over de verschillende belangen van water. Met de huidige klimaatverandering is het van groot belang dat verschillende partijen bijdragen aan het bufferen van water in tijden van regenoverschot, zodat dit in een droge periode kan worden gebruikt voor diverse doeleinden. Ook de Waterschappen hebben daarin een belangrijke functie om de waterstanden te hanteren en ervoor te zorgen dat in een tijd met wateroverschot het water kan worden afgevoerd en

gebufferd. In een tijd met een neerslag tekort is het dan van belang dat het gebufferde water weer kan worden gebruikt voor diverse doeleinden, ook voor de landbouw. Europese en nationale overheden zullen ook onderzoek naar manieren van bufferen stimuleren door middel van subsidies. Ook zullen de overheden belangen van natuur tegenover landbouw moeten gaan afwegen bij de huidige klimaatveranderingen. Het is daarom van belang dat de Nederlandse landbouw efficiënt met water omgaat om in de toekomst nog steeds gebruik te kunnen maken van dat water.

Het veranderde klimaat wereldwijd en ook hier in Nederland heeft invloed op de huidige manier van voedsel produceren. Het belang van dit rapport is om met het huidige veranderende klimaat waar akkerbouwers mee te maken hebben en steeds meer te maken krijgen, hun gewassen van een optimale en efficiënte manier van water te kunnen voorzien. Ook een bijdrage aan het bufferen van water zal, doordat tweederde van het landoppervlak van Nederland in het gebruik is voor land en tuinbouw, een belangrijke rol hierin moeten en kunnen spelen. Ook daarom is het van belang dat de landbouw kan aantonen dat er op een optimale en efficiënte manier wordt geproduceerd.

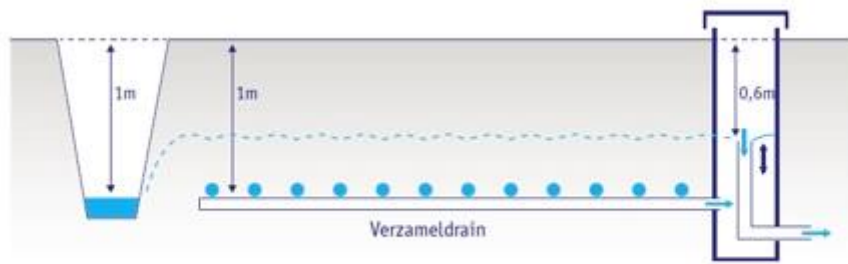
2.1 De beregeningsmogelijkheden in de akkerbouw

De laatste 3 jaar is een beregeningsinstallatie van duidelijke meerwaarde geweest om gewassen van water te kunnen voorzien. Er zijn eigenlijk twee veel gekozen opties die veel akkerbouwers gebruiken om hun gewassen van water te voorzien. Dit zijn het beregenen met kanon en beregenen met een sproeiboom. Beide technieken hebben voor- en nadelen. Veel telers die momenteel beregenen doen dat met een kanon. Deze techniek is goedkoper dan de sproeiboom om te starten, daarnaast is het een stuk makkelijker om mee te werken. Een groot nadeel van deze techniek is wel dat je redelijk afhankelijk bent van de wind. Daarnaast geeft het kanon een grote straal, dit resulteert in grove druppels wat de structuur van de grond negatief kan beïnvloeden. Voordelen van de beregeningsboom zijn dat deze veel kleinere druppels maakt, hierdoor ondervindt de structuur minder schade van het water en ook voor op de plant komt het water zachter neer. Hier tegenover staat wel dat de aanschafwaarde hoger is, daarnaast is een boom een stuk bewerklijker om te verzetten (Dekkers, 2000). Over de efficiëntie van de verschillende beregeningstechnieken is weinig bekend. Daarom zal in dit onderzoek verschillende methode's van beregening worden behandeld op efficiëntie.

1.2.1 Nieuwe beregeningstechniek

Er zijn twee nieuwe ontwikkelingen die de laatste jaren met het huidige klimaat steeds meer aandacht krijgen en waar akkerbouwers mee aan de slag zijn gegaan. Dit zijn druppelirrigatie en peil gestuurde drainage. Bij peil gestuurde drainage heeft het systeem 2 functies. In natte periodes kan het water worden afgevoerd en in een droge tijd kan dit systeem omgekeerd werken. Dit zou mooi kunnen aansluiten aan de wensen met het huidige klimaat waar beide extremen in voor kunnen komen. De drainage buizen in dit systeem zijn gekoppeld aan een verzameldrain die wordt bestuurd vanuit de regelput. In de regelput kan water ingelaten worden en dit zorgt ervoor dat de grondwaterstand op het perceel wordt verhoogd. Ook een voordeel van dit systeem is dat dit bij kleine regenbuien kan worden gebufferd i.p.v. dat de drainage buizen direct beginnen te lopen. Gevaar is echter wel wanneer de eigenaar van het systeem het peil te hoog opzet, dit zou kunnen leiden tot een vernatting waardoor er schade ontstaat aan het gewas (Stuyt, 2012). In figuur 1 ziet u een weergave van een samengestelde peil

gestuurde drainage.



FIGUUR 1 SAMENGESTELDE PEIL GESTUURDE DRAINAGE

Ook de aandacht voor druppelirrigatie neemt steeds meer toe. Druppelirrigatie kan wel 30 tot 50 % water besparen (Clothier, 2021). Ook zou door druppelirrigatie een besparing op arbeid, pesticide en kunstmest mogelijk zijn (S. Dhanbir, 2013). Momenteel liggen deze objecten voornamelijk in proeven en projecten, maar ook een klein aantal akkerbouwers is hiermee aan de slag gegaan. Het voordeel van dit systeem is dat er kleine watergiften gegeven kunnen worden, doordat de druppelslangen het gehele seizoen blijven liggen. Nog een voordeel van dit systeem is dat er efficiënter met het water omgegaan wordt, hierdoor kan het gewas voorzien worden van voldoende water met een kleinere hoeveelheid. In een proef in aardappelen bleek ook een bijkomend voordeel dat de kwaliteit een stuk hoger was (B. Yuan, 2003). deze techniek worden slangen net onder de grond gelegd en gekoppeld aan een pomp. De jaarlijkse kosten van dit systeem zijn duurder dan die van een beregeningskanon. (Tönjes, 2019) Bij gewassen als pootgoed en uien kunnen deze investeringen mogelijk worden terugverdiend. Echter het rendement is sterk afhankelijk van het seizoen en de uiteindelijke verkoopprijs. Echter blijft ook de vraag of het beregenen doormiddel van druppelirrigatie efficiënter gaat dan met sproeiboom of kanon.

1.2.2 De bodem als vochtvoorziening voor akkerbouwgewassen

Naast beregenen kan er ook efficiënter met water worden omgegaan door de vochtvoorziening van de bodem te verbeteren. Het is van belang dat de bodem van goede structuur is en blijft. De extreme invloeden van klimaatverandering zijn daarom een grote bedreiging voor de kwaliteit van de grond. Akkerbouwers moeten in steeds kortere tijd de bodem bewerken. Hierdoor zijn veel akkerbouwers genooddaakt om met grotere en zwaardere machines te gaan werken om dit allemaal voor elkaar te krijgen. Het gevaar schuilt echter dat wanneer er onder slechte omstandigheden gewerkt wordt de ondergrond sterk verdicht raakt door de zware last van de machines. Ook een verdichte onderlaag heeft rol in de vochtlevering van de bodem voor planten. Bij een sterk verdichte ondergrond zorgt dit ervoor dat in tijden van veel neerslag niet geïnfiltreerd kan worden en in tijd van droogte de worteldiepte niet voldoende diep is om bij het grondwater te kunnen komen (Snellen, 2017). Ook speelt organische stof een belangrijke bufferende functie in de bodem. Hoe hoger de organische stof des te meer water kan er worden gebufferd. Een verhoging van het organische stofpercentage met 1% in een wortelzone van 30 – 50 cm diep resulteert in 2 – 3 mm extra beschikbaar water. Voor schrale zandgronden is het effect groter: 5 – 8 mm extra beschikbaar water. (Groenendijk, 2019). Echter de kanttekening is dat het verhogen van de organische stof een lang proces is en niet direct leidt tot het verhogen van de vochtvoorziening van de bodem (Kortleven, 1961). Verschillende bodembewerkingen zouden wel direct kunnen leiden tot een verbetering van het wortelstelsel. Wanneer wortels dieper kunnen wortelen zou dit betekenen dat de vochtvoorziening voor een plant ook beter zou kunnen zijn. Onbekend is welke grondbewerking voor

welke worteldiepte van planten zorgt. Een diepere wortel betekent dat er optimaler en efficiënter met water kan worden omgegaan.

1.2.3 Effecten van beregening op structuur

Er zijn verschillende manieren om op een kunstmatige manier gewassen van water te voorzien. Een beregeningskanon kan met veel capaciteit en weinig arbeid veel water geven. Met sproeisystemen kan met meer arbeid met een lage intensiteit water worden beregend.

Wanneer er met druppelirrigatie wordt gewerkt kan er met lage capaciteit en kleine watergiften, zonder intensiteit van druppels die op de bodem vallen, gewassen van water worden voorzien. Al deze vormen van beregenen hebben effect op de bodemstructuur en daarmee uiteindelijk effect op de vochtvoorziening van planten. De bodemstructuur is de onderlinge rangschikking en samenhang van vaste gronddelen, deze is zeer belangrijk voor een goede plantgroei.

Met een goede bodemstructuur wordt in nattere perioden het overtollige vocht snel afgevoerd en kan in droge periode vocht voldoende leveren. Ook heeft deze grond een groot aandeel aan koolstof wat de vochtvoorziening voor de plant ten goede komt. 1% organische stof kan 4-6 mm extra water vast houden in de bouwvoor. (Schipper, 2015)

De bodemstructuur wordt verstoord door bewerkingen onder natte omstandigheden, zware wiellast en een te hoge bandenspanning die voor verdichting in de bodem zorgt. (van der Bolt, 2016)

Bij een slechte bodemstructuur neemt de doorlatendheid af en komen er te veel kleine poriën en vallen aggregaten uiteen in losse gronddelen. (de Haan, 1965) Daarom is een goede structuur belangrijk voor de vochtvoorziening van planten. Verschillende beregeningstechnieken hebben ook invloed op de bodemstructuur en daarmee op de vochtvoorziening. De onderzoeksvraag die hieruit voortvloeit is; welke effecten hebben beregeningstechnieken op de bodemstructuur?

1.3 Hoofd- en deelvragen

In dit onderdeel van het vooronderzoek worden de hoofd- en deelvragen gegeven. Door de deelvragen te beantwoorden met de gevonden informatie wordt getracht om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

In de onderstaande paragrafen wordt eerst de hoofdvraag behandeld en vervolgens de deelvragen.

1.3.1 Hoofdvraag

De hoofdvraag staat centraal in dit afstudeerwerkstuk, met de hoofdvraag te beantwoorden wordt voor akkerbouwers een mogelijkheid onderzocht om in de toekomst de gewassen die de akkerbouwers telen op een optimale en zo efficiënt mogelijke manier van water te voorzien. Daarom luidt de hoofdvraag als volgt:

Hoe kun je in de toekomst gewassen optimaal en efficiënt van water voorzien?

De laatste jaren is water steeds een belangrijker element geworden om opbrengst op gewenst niveau te krijgen. Door wateroverlast en waterschaarste is het van belang om zo efficiënt als mogelijk gewassen te voorzien van water. Door de hoofdvraag te beantwoorden geeft dit inzicht om een gewasopbrengst in te toekomst op peil te kunnen houden.

1.3.2 Deelvragen

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is deze opgesplitst in deelvragen. Wanneer de deelvragen beantwoord zijn kunnen deze antwoorden de grote hoofdvraag uiteindelijk beantwoorden. Hieronder staan de deelvragen die uiteindelijk de hoofdvraag gaan beantwoorden.

Deelvragen:

- Welke beregeningstechniek, druppelslang of beregeningsboom, is het meest efficiënt?
- Wat is het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur?
- Wat is het effect van grondbewerking op de vochtvoorziening?

Veel akkerbouwers zijn op allerlei manieren bezig om gewasopbrengst met het veranderende klimaat op peil te houden. Gezien we de laatste jaren steeds meer met weersextremen te maken hebben is het belangrijk dat er door de verschillende beregeningstechnieken wordt gekeken naar efficiëntie van water. Ook de manier van bewerken heeft invloed op de vochtvoorziening voor planten. Met deze deelvragen wordt getracht om antwoord te geven hoe er zo efficiënt en optimaal als mogelijk met water kan worden omgegaan.

Hoofdstuk 2- Materiaal en Methode

In dit hoofdstuk wordt beschreven op welke wijze een antwoord geformuleerd is op de deelvragen en dit geeft een antwoord op de uiteindelijke hoofdvraag. Er zijn antwoorden gezocht door middel van wetenschappelijke bronnen en literatuur.

2.1 Welke beregeningstechniek, druppelirrigatie of beregeningsboom, is het meest efficiënt?

Verschillende beregeningstechnieken worden gebruikt om gewassen van water te voorzien. De afgelopen jaren hebben akkerbouwers moeten beregenen door de aanwezige droogte. In gebieden waar de zoetwaterbeschikbaarheid beperkt is moet er zo efficiënt mogelijk worden omgegaan met dit water. Ook omdat de verwachtingen zijn dat in de toekomst droogte steeds meer een rol gaat spelen moet men zich hier op voorbereiden. Echter is onbekend welke beregeningstechnieken met zo min mogelijk water toch de maximale output kunnen realiseren. Om de vraag; welke beregeningstechniek is het meest efficiënt, te kunnen beantwoorden worden de beregeningstechnieken; bovengrondse druppelirrigatie, ondergrondse druppelirrigatie en haspel + beregeningsboom met elkaar vergeleken en is de meeropbrengst bepaald tegenover het onbehandelde object. Gegevens van tijdstippen waren niet aanwezig dus kon er geen vochtboekhouding worden gemaakt. Wel waren er totaal gegevens en daarom is voor gekozen om de totalen tegenover elkaar te zetten en te berekenen hoeveel 1 mm watergift meeropbrengst heeft geleverd.

2.1.1 Wat is het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur?

De verschillende beregeningstechnieken hebben ook effect op de bodemstructuur. Van een beregeningskanon is bekend dat het water met een hoge intensiteit op de bodem valt. Met druppelirrigatie wordt er steeds met kleinere watergiften gewerkt en lijkt de impact minder groot dan dat van een beregeningskanon. Welke effect hebben de verschillende beregeningstechnieken eigenlijk op de bodemstructuur? Om op deze deelvraag antwoord te kunnen geven worden er 5 percelen die behandeld zijn met een beregeningkanon en 5 percelen die van water worden voorzien doormiddel van druppelirrigatie beoordeeld op bodemstructuur. De 10 percelen zijn beoordeeld aan de hand van Handleiding Bodemconditie. De verschillende scores zijn in een one-way-ANOVA test gedaan en er is per onderdeel bekeken of er significant verschil aanwezig is. De gekozen percelen voor de druppelirrigatie lagen allemaal rondom de proefboerderij de Rusthoeve in Colijnsplaat en de percelen die beoordeeld zijn op beregeningkanon lagen allemaal rondom Ouddorp. De percelen waren allemaal zavelgronden.

2.1.2 Wat is het effect van grondbewerking op de vochtvoorziening?

Met het veranderende klimaat zijn steeds meer akkerbouwers bezig om op een duurzame manier met de bodem om te gaan. Het doel is hiermee om in natte perioden er voor te zorgen dat het water goed kan infiltreren en doordat het water goed geïnfiltrerd is kan het in droge periode gewassen aan water voorzien. Verschillende akkerbouwers hebben verschillende ideeën om dit te bewerkstelligen. De ene akkerbouwer kiest om zijn percelen te ploegen en de ander kiest voor een niet kerend systeem. Wat is het effect van deze grondbewerkingen op de vochtvoorziening?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn 5 percelen die geploegd worden met 5 percelen die in een niet kerend systeem zitten beoordeeld. De beoordeling vindt plaats in het gewas aardappelen. De percelen waren van lichte tot zware zavel en lagen allemaal rondom Moerdijk. Per perceel zijn 2 gaten gegraven en er is gemeten vanaf de bovenkant rug tot onderkant wortel. De meting heeft plaats gevonden in de maand juli wanneer het wortelstelsel van de aardappelplant volledig is ontwikkeld.

Hoofdstuk 3- Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten per deelvraag behandeld. Uiteindelijk moet dit er voor zorgen dat de hoofdvraag, die luid "Hoe kun je in de toekomst gewassen optimaal en efficiënt van water voorzien?", kan worden beantwoord.

3.1 Welke beregningstechniek, druppelirrigatie of beregeningsboom, is het meest efficiënt?

Welke druppel is het meest efficiënt en kan de plant het best bereiken. Logischere wijs lijkt druppelirrigatie efficiënter dan het beregenen met een beregeningsboom. Een beregeningsboom besproeit ook de sporen waar geen planten groeien. Ook de verdeling met wind kan zorgen voor een ongelijke spreiding van het water ten opzichte van druppelirrigatie waar elke druppel in de wortelzone wordt geplaatst. In onderzoek dat plaats heeft gevonden op de proefboerderij de Rusthoeve zijn 4 objecten aangelegd met verschillende manieren van beregenen; bovengrondse druppelirrigatie, ondergrondse irrigatie, beregeningsboom en een object onbehandeld. De proef heeft plaats gevonden in het gewas uien en in dit hoofdstuk wordt geanalyseerd welke van deze objecten het meest efficiënt is geweest.

Doordat het voorjaar van 2020 erg droog was en de grond niet goed kon worden klaar gemaakt zijn alle objecten voor het zaaien 10 mm beregend om te kunnen bewerken en direct na het zaaien 10 mm beregend om de opkomst te kunnen garanderen. De totalen giften inclusief de gift voor het zaaien en direct na het zaaien en de hoeveelheid water in mm meer dan het onbehandelde object weergegeven in tabel 1.

TABEL 1 WATERGIFTEN IN MM

Object	Hoeveelheid water in mm	hoeveelheid water in mm meer dan onbehandeld
Onbehandeld	20	0
Bovengrondse druppelirrigatie	120	100
Ondergrondse druppelirrigatie	80	60
Haspel+ beregeningsboom	57	37

De manier van beregening heeft invloed gehad op de uiteindelijke opbrengst. De bovengrondse druppelirrigatie gaf 65% meeropbrengst, de ondergrondse druppelirrigatie gaf 44% meer opbrengst en haspel+ beregeningsboom gaf 16% meeropbrengst. De opbrengst van de verschillende objecten worden in tabel 2 weergegeven.

TABEL 2 OPBRENGSTEN IN KG

Object	Totaal netto opbrengst in kg	Meer opbrengst dan onbehandeld
Onbehandeld	34.880	0
Bovengrondse druppelirrigatie	57.660	22.780
Ondergrondse druppelirrigatie	50.503	15.623
Haspel+ beregeningsboom	40.479	5.599

In tabel 1 en 2 worden de hoeveelheid watergift en de uiteindelijke opbrengst weergegeven. Hoe verhoud de meeropbrengst van de uien tegenover de meer gift van water in mm. Dit zal uiteindelijk bepalen welke beregeningstechniek het meest efficiënt is. De hoeveelheid mm wordt gedeeld door de meeropbrengst dan behandeld en als uitkomst komt hier uit wat 1 mm aan meer kg opbrengst heeft gebracht.

TABEL 3 MEER OPBRENGST PER MM WATER

Object	Meer opbrengst dan onbehandeld	hoeveelheid water in mm meer dan onbehandeld	KG per mm
Onbehandeld	0	0	
Bovengrondse druppelirrigatie	22.780	100	227,8
Ondergrondse druppelirrigatie	15.623	60	260,3833333
Haspel+ beregeningsboom	5.599	37	151,3243243

in tabel 3 wordt weergegeven hoeveel 1 mm meer opbrengst per object gaf. In deze proef komt naar voren dat 1 mm ondergrondse druppelirrigatie 260 kg meeropbrengst geeft en het meest efficiënt is. Het inefficiëntste object is het haspel+ beregeningsboom. In deze proef komt naar voren dat 1 mm beregeningsboom 151 kg meeropbrengst geeft en daarmee het inefficiëntst is.

3.2 Wat is het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur?

In dit deelhoofdstuk zijn de object haspel+ kanon vergeleken met druppelirrigatie en wat het effect van deze beregeningstechnieken is op de bodemstructuur. De vergelijking is gedaan door 5 percelen te beoordelen die met druppelirrigatie worden geïrrigeerd en 5 percelen te beoordelen die doormiddel van een beregeningskanon worden geïrrigeerd. Dit is gebeurd in het jaar 2021 waarbij het weinig nodig was om te irrigeren. Op de percelen waar de beoordeling plaats heeft gevonden is 1 of 2 keer geïrrigeerd met een maximale gift van 15. De percelen met druppelirrigatie zijn meerdere keren geïrrigeerd maar dat zijn kleine giften geweest van maximaal 4 mm. Ook zit er in dit onderzoek een verschil van ligging van de percelen. De percelen met druppelirrigatie liggen allemaal rond Colijnsplaat. In deze polder is water een schaarste en kan er niet met kanon worden beregend. Daarom zijn de percelen die beoordeeld zijn met het beregeningskanon op een andere plaats. De objecten met beregeningskanon zijn rond Ouddorp gelegen. Alle objecten liggen wel allemaal op lichte zavelgronden. Per onderdeel zal er een Anovatest worden gedaan om te ontdekken of er een significant verschil is. Tabel 4 is het overzicht van de bodembeoordeling die heeft plaatsgevonden.

TABEL 4 OVERZICHT BODEMBEEOORDELING

Bodembeoordeling	structuur (0-25cm)	bodemleven (0-25 cm)	beworteling (0-25)	structuur (25-50)	Waterhuishouding	Totaal gemiddelde
KANON 1	4	4	4	5	6	4,6
KANON 2	6	7	8	6	7	6,8
KANON 3	5	4	5	5	6	5
KANON 4	6	6	6	6	6	6
KANON 5	7	8	7	7	7	7,2
gemiddelde kanon	5,6	5,8	6	5,8	6,4	5,92
Druppelirrigatie 1	5	6	7	6	6	6
Druppelirrigatie 2	5	5	6	4	5	5
Druppelirrigatie 3	7	9	8	7	8	7,8
Druppelirrigatie 4	8	9	7	7	7	7,6
Druppelirrigatie 5	6	7	7	6	7	6,6
gemiddelde druppelirrigatie	6,2	7,2	7	6	6,6	6,6

Structuur (0-25)

Het effect van beregeningstechniek op de bodemstructuur 0-25 cm is uitgevoerd doormiddel van de Anovatest. Het effect van de beregeningstechniek is beoordeeld door een bodembeoordeling. In tabel 5 zijn de gegevens over de invloed van beregeningstechniek weergegeven. In de toets is er geen significante relatie gevonden tussen beregeningstechniek en het effect op de structuur.

TABEL 5 STRUCTUUR 0-25 CM

Variantie-analyse						
<i>Bron van variatie</i>	<i>Kwadratensom</i>	<i>Vrijheidsgraden</i>	<i>Gemiddelde kwadraten</i>	<i>F</i>	<i>P-waarde</i>	<i>gebied van F-toets</i>
Tussen groepen	0,9	1	0,9	0,6	0,460856	5,317655
Binnen groepen	12	8	1,5			
Totaal	12,9	9				

Bodemleven (0-25)

Het effect van beregeningstechniek op het bodemleven 0-25 cm is uitgevoerd doormiddel van de Anovatest. Het effect van de beregeningstechniek is beoordeeld door een bodembeoordeling. In tabel 6 zijn de gegevens over de invloed van beregeningstechniek weergegeven. In de toets is er geen significante relatie gevonden tussen beregeningstechniek en het effect op het bodemleven.

TABEL 6 BODEMLEVEN 0-25 CM

Variantie-analyse						
<i>Bron van variatie</i>	<i>Kwadratensom</i>	<i>Vrijheidsgraden</i>	<i>Gemiddelde kwadraten</i>	<i>F</i>	<i>P-waarde</i>	<i>gebied van F-toets</i>
Tussen groepen	4,9	1	4,9	1,53125	0,251012	5,317655
Binnen groepen	25,6	8	3,2			
Totaal	30,5	9				

Beworteling (0-25)

Het effect van beregeningstechniek op de beworteling 0-25 cm is uitgevoerd doormiddel van de Anovatest. Het effect van de beregeningstechniek is beoordeeld door een bodembeoordeling. In tabel 7 zijn de gegevens over de invloed van beregeningstechniek weergegeven. In de toets is er geen significante relatie gevonden tussen beregeningstechniek en het effect op de beworteling.

TABEL 7 BEWORTELING 0-25 CM

Variantie-analyse						
<i>Bron van variatie</i>	<i>Kwadratensom</i>	<i>Vrijheidsgraden</i>	<i>Gemiddelde kwadraten</i>	<i>F</i>	<i>P-waarde</i>	<i>gebied van F-toets</i>
Tussen groepen	2,5	1	2,5	1,666667	0,23276	5,317655
Binnen groepen	12	8	1,5			
Totaal	14,5	9				

Structuur (25-50)

Het effect van beregeningstechniek op de structuur 25-50 cm is uitgevoerd doormiddel van de Anovatest. Het effect van de beregeningstechniek is beoordeeld door een bodembeoordeling. In tabel 8 zijn de gegevens over de invloed van beregeningstechniek weergegeven. In de toets is er geen significante relatie gevonden tussen beregeningstechniek en het effect op de diepere structuur.

TABEL 8 STRUCTUUR 25-50 CM

Variantie-analyse						
<i>Bron van variatie</i>	<i>vadratenso</i>	<i>Vrijheidsgraden</i>	<i>Gemiddelde kwadraten</i>	<i>F</i>	<i>P-waarde</i>	<i>gebied van F-toets</i>
Tussen groepen	0	1	0	0	1	5,317655
Binnen groepen	16	8	2			
Totaal	16	9				

Waterhuishouding

Het effect van beregeningstechniek op de Waterhuishouding is uitgevoerd doormiddel van de Anovatest. Het effect van de beregeningstechniek is beoordeeld door een bodembeoordeling. In tabel 9 zijn de gegevens over de invloed van beregeningstechniek weergegeven. In de toets is er geen significante relatie gevonden tussen beregeningstechniek en het effect op de waterhuishouding.

TABEL 9 WATERHUISHOUDING

Variantie-analyse						
<i>Bron van variatie</i>	<i>Kwadratensom</i>	<i>Vrijheidsgraden</i>	<i>Gemiddelde kwadraten</i>	<i>F</i>	<i>P-waarde</i>	<i>gebied van F-toets</i>
Tussen groepen	0,1	1	0,1	0,125	0,73281	5,317655
Binnen groepen	6,4	8	0,8			
Totaal	6,5	9				

In dit onderzoek is onderzocht wat het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur is. Op alle elementen van bodembeoordeling is geen significant verschil gevonden tussen de manieren van beregenen. In overzicht tabel 4 met alle elementen zijn de gemiddelde waardes tussen beregenen met kanon en irrigeren van irrigatie hoger. Ook waarnemingen in het veld lieten zien dat de bovenste laag van de grond bij irrigatie meer open poriën had dan bij het beregeningskanon. Bij de waarnemingen van het kanon leek er meer een verslepte bovenlaag aanwezig te zijn dan bij druppelirrigatie.

3.3 Wat is het effect van grondbewerking op de vochtvoorziening?

Om deze deelvraag te kunnen beantwoorden is onderzoek gedaan naar het NKG-systeem (niet-kerende-grondbewerking) en het standaard ploegen. Welke van deze 2 grondbewerkingen zorgt ervoor dat een plant dieper kan wortelen en hiermee zijn vochtvoorziening kan garanderen. Bij ploegen wordt de grond 25 tot 30 cm omgeploegd om onkruid vrij te kunnen starten en lucht in de grond te krijgen. In het NKG-systeem is het de bedoeling dat het bodemleven deze taak overneemt en ervoor zorgt dat er poriën en gangen in de grond komen dat er voor zorgt dat bij water te veel het water door deze gang naar de diepere ondergrond kan komen en bij water te kort de capillaire werking niet is verstoord en hiermee de plant van vocht kan voorzien. De vraag is dan ook welk van deze manieren van bewerking zorgt ervoor dat de plant dieper kan wortelen. Om op deze vraag antwoord te krijgen zijn 5 percelen waar het NKG-systeem wordt toegepast vergeleken met 5 percelen waar geploegd wordt. Op deze percelen stonden aardappelen en er is op 2 locaties een kuil gegraven waar de worteldiepte is gemeten. De diepte van de wortelen van de aardappel zijn vanaf de bovenkant van de rug gemeten. De percelen lagen allemaal in de omgeving van Moerdijk en de grondsoort varieerde van lichte zavel tot zware zavel. In Tabel 10 zijn de metingen van de worteldiepte per grondbewerking gemeten.

TABEL 10 OVERZICHT GRONDBEWERKINGEN

	Percelen NKG	Percelen ploegen
perceel 1	42	52
	44	53
perceel 2	48	41
	45	40
perceel 3	51	50
	51	49
perceel 4	46	55
	48	54
perceel 5	52	48
	54	51

Om het effect van grondbewerking op de worteldiepte kunnen beoordelen is een Anovatest uitgevoerd. De gemeten waardes zijn op 2 verschillende locaties op het perceel uitgevoerd. In Tabel 11 zijn de gegevens over de manier van bewerken gegeven. In de toets is er geen significante relatie gevonden tussen ploegen en NKG-systeem op de worteldiepte.

TABEL 11 WORTEL DIEPTE

Variantie-analyse							
Bron van variatie	Kwadratensom	Vrijheidsgraden	Gemiddelde kwadraten	F	P-waarde	gebied van F-toets	
Tussen groepen	7,2	1	7,2	0,349326146	0,561843963	4,413873	
Binnen groepen	371	18	20,611111111				
Totaal	378,2	19					

Hoofdstuk 4- Discussie

In het onderzoek; hoe kun je in de toekomst gewassen optimaal en efficiënt van water voorzien is vooral gezocht naar technieken die kunnen helpen om beter met water om te kunnen gaan. Door deze hoofdvraag op te splitsen in drie deelvragen is naar verschillende technieken gekeken om te kunnen zien of er bepaalde technieken het bewerkstelligen om efficiënter met water te kunnen omgaan. Water lijkt in de toekomst steeds een schaarser goed te worden en daarom is het belangrijk om hier duurzaam mee om te gaan. Ook als landbouwsector zijn we verantwoordelijk hoe we met water omgaan en daarom is dit onderzoek van belang. In de verschillende deelvragen zijn technieken behandeld die mogelijk kunnen bijdragen aan een optimale en efficiënte manier van water voorzien aan gewassen. Per deelvraag zal een kritische reflectie worden weergegeven.

Welke beregeningstechniek, druppelirrigatie of beregeningsboom, is het meest efficiënt?

Bij deze vraag is zijn de uitkomsten van een proef die in 2020 op de proefboerderij in Colijnsplaat heeft plaatsgevonden geanalyseerd en gekeken welke beregeningstechniek het meest efficiënt is. De uitkomsten van deze ene proef waren heel wisselend. Ook de watergiften waren in deze proef niet gelijk dus dit moet mee worden genomen om hier geen grote conclusies aan te geven. Wel heeft deze proef getoond dat er veel verschil is in de mogelijke technieken en hoeveelheid van watergiften en dat hier een bepaalde manier van efficiëntie in zit.

In deze analyse komt de ondergrondse druppelirrigatie het best naar voren. Per 1 mm gedruppeld werd 260 kg meeropbrengst behaald. Als tweede kwam de bovengrondse druppelirrigatie naar voren en werd per 1 mm gedruppeld 227 kg meeropbrengst behaald en als slot werd met beregeningsboom per 1 mm gespreoid 151 kg meeropbrengst behaald. De uitkomsten zijn verschillend en er zijn nog gegevens beschikbaar om de uitkomsten te kunnen vergelijken met andere proeven.

In deze analyse is uitgegaan van totalen watergiften en is niet gekeken naar de specifieke tijdstippen en in welk stadium en onder welke omstandigheden de giften zijn gegeven. De specifieke tijdstippen en welk stadium zouden mogelijk ook invloed kunnen hebben hoe efficiënt een plant het water tot zich kan nemen. Ook de omstandigheden waarin de giften zijn gegeven en welk moment van dag kunnen invloed hebben hoe efficiënt de plant water tot zich kan nemen. In deze analyse is daar geen rekening mee gehouden.

Wat is het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn 2 verschillende beregeningstechnieken met elkaar vergeleken. Het jaar 2021 waarin deze bodembeoordeling heeft plaats gevonden is niet veel gebruik gemaakt van beide technieken omdat er in het seizoen steeds voldoende regenwater is gevallen. Ook aan het begin van het seizoen is er op een dag meer dan 40 mm gevallen wat de structuur van de object beregeningskanon mogelijk heeft beïnvloed. De ideale omstandigheden, dat het lang droog is en waar van beide beregeningstechnieken veel gebruik gemaakt had moeten worden was helaas niet aan de orde om goed verschil te kunnen waarnemen.

Ook de objecten lagen niet in dezelfde polder wat mogelijk invloed kan hebben op de uitkomsten van dit onderzoek. Het was praktisch niet mogelijk om in eenzelfde polder de objecten beregeningskanon en druppelirrigatie te hebben liggen. Het object druppelirrigatie lag bij de proefboerderij de Rusthoeve in Colijnsplaat en het object beregeningskanon lag rondom Ouddorp. Wel hebben alle bodembeoordelingen op zavelgronden plaatsgevonden. Mogelijk dat verschillende gronden ook anders reageren op de technieken die in deze proef met elkaar zijn vergeleken.

In deze proef zijn de verschillende elementen in een Anovatest vergeleken om te zien of er significant verschil aanwezig was. Bij alle elementen waren geen significante verschillen aanwezig. Ook de beperkte data en mogelijke invloed van beoordelaar op de bodembeoordelingen kunnen effect gehad hebben op deze uitslagen.

Andere mogelijke invloed op de uitslagen kunnen de verschillende weertype van de polders zijn. De objecten hebben niet exacte dezelfde weertype gehad en zou daarmee mogelijk van invloed kunnen zijn. Ook wanneer net de aardappelruggen zijn opgebouwd is het een kwetsbaar moment om veel regen in korte tijd te kunnen opvangen. Deze buien kunnen een grote invloed hebben op de kwaliteit van de grond.

Wat is het effect van grondbewerking op de vochtvoorziening?

In de uitkomsten van deze deelvraag zijn geen significante verschillen gevonden. De bewerking ploegen is vergeleken met een NKG-systeem. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is er onderzoek naar de effecten van beide systemen op de worteldiepte van aardappelen.

Mogelijke effecten op deze uitkomsten kunnen zijn dat de rug opbouw tussen de verschillende percelen anders is geweest. Er werd namelijk van de bovenkant rug gemeten tot onderkant wortel. Wanneer de rug opbouw hoger is geweest dan het andere object zou dit mogelijk invloed kunnen hebben op de resultaten van dit onderzoek. Hier is in dit onderzoek geen rekening mee gehouden. Ook het NKG-systeem waarbij geen kerende grondbewerking wordt toegepast schijnt dat het systeem de eerste jaren nadat er gestopt met ploegen zich opnieuw moet vormen. Waarschijnlijk zal er bij een meerjarig NKG-systeem een betere mogelijkheid zijn dat wortels zich dieper kunnen wortelen. Ook in dit onderzoek is daar geen rekening mee gehouden.

Invloeden van voorvrucht tijdens dit onderzoek zijn niet meegenomen en kunnen mogelijk ook invloed hebben op de worteldiepte van gewas aardappelen. Wanneer er een laat gewas zoals suikerbieten op het perceel heeft gestaan kan er onder slechte omstandigheden zijn gewerkt wat mogelijk de worteldiepte van dit jaar kan beïnvloeden.

De uitkomsten van de deelvragen hebben niet altijd kunnen aantonen dat er verschil is tussen technieken die invloed kunnen hebben op de vochtvoorziening voor planten. Wel heeft de deelvraag waarbij verschillende beregeningstechnieken zijn vergeleken op meeropbrengst aangetoond dat er grote verschillen zitten tussen hoeveelheid watergift en meeropbrengst maar om uit deze proef alleen harde conclusies te trekken is te weinig data op dit moment beschikbaar. Daarom is het belangrijk dat deze beregeningstechnieken verder worden onderzocht en ook de momenten en de tijdstippen waarop de giften worden gegeven meegenomen worden.

Hoofdstuk 5- Conclusie en aanbevelingen

Het onderzoek gaat over hoe in toekomst optimaal en efficiënt met water kan worden omgegaan. De gevolgen van het veranderde klimaat hebben steeds meer invloed op de waterbeschikbaarheid en daarom is het van belang om zo optimaal en efficiënt als mogelijk hiermee om te gaan. In de deelvragen zijn verschillende technieken onderzocht en of deze konden bijdragen aan een optimalere en efficiëntere manier van vochtvoorziening aan de plant. Niet kon er altijd aan een techniek direct een verklaring worden gegeven.

Welke beregeningstechniek, druppelirrigatie of beregeningsboom, is het meest efficiënt?

In deze analyse komt de ondergrondse druppelirrigatie het best naar voren. Per 1 mm gedruppeld werd 260 kg meeropbrengst behaald. Als tweede kwam de bovengrondse druppelirrigatie naar voren en werd per 1 mm gedruppeld 227 kg meeropbrengst behaald en als slot werd met beregeningsboom per 1 mm gespreoid 151 kg meeropbrengst behaald. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de ondergrondse druppelirrigatie het meest efficiënt is om de meeropbrengst te kunnen behalen. De verschillende giften tussen de objecten zijn erg groot en doordat er beperkte hoeveelheid data is kunnen we geen harde conclusies hieruit trekken maar in dit onderzoek komt duidelijk naar voren dat beide druppelirrigatie objecten efficiënter zijn dan de beregeningsboom.

Wat is het effect van de beregeningstechnieken op de bodemstructuur?

Bij deze deelvraag is onderzoek gedaan naar de effecten van beregeningstechnieken op de bodemstructuur. Doordat in het seizoen voldoende regen is gevallen en weinig gebruik gemaakt is van de technieken kunnen harde conclusies niet worden gemaakt. Bij de beregeningstechnieken druppelirrigatie en beregeningskanon zijn van beide objecten 5 percelen beoordeeld op bodemstructuur. Tussen deze 2 objecten waren in dit onderzoek geen significante verschillen aanwezig. Uit deze resultaten kan worden opgemaakt dat ook het seizoen erg bepalend is of een bepaalde techniek invloed heeft op de bodemstructuur. Bij weinig gebruik van beide beregeningstechnieken zijn de invloeden ook beperkt op de bodemstructuur.

Wat is het effect van grondbewerking op de vochtvoorziening?

Bij deze deelvraag is onderzoek gedaan naar de grondbewerking en het effect hiervan op de worteldiepte van de plant. In dit onderzoek is op 5 percelen waarbij NKG-systeem wordt gebruikt en 5 percelen die worden geploegd de worteldiepte onderzocht. Op ieder perceel zijn op 2 plaatsen de worteldiepte bepaald. Deze uitslagen zijn in een Anova-test geplaatst om te zien of er een significant verschil aanwezig is. Uit de Anovatest is gebleken dat de verschillende manieren van grondbewerkingen geen significant verschil maakt. De manier van grondbewerking heeft dus geen direct effect op de vochtvoorziening in dit onderzoek.

Hoe kun je in de toekomst gewassen optimaal en efficiënt van water voorzien?

De hoofdvraag kan beantwoord worden met de antwoorden op de deelvragen. De verschillende beregeningstechnieken hebben invloed op de efficiënte manier van watervoorziening aan planten. Uit dit onderzoek komt naar voren dat verschillende technieken effect hebben op de efficiëntie van 1 mm water op de meeropbrengst. In dit onderzoek komt de ondergrondse druppelirrigatie het best naar voren. Echter wil dit niet zeggen dat dit altijd zo is en is het belangrijk om op verschillende manieren verder onderzoek te doen naar de meest efficiënte van watergebruik. De verschillende beregeningstechnieken hebben in dit onderzoek geen of zeer beperkte invloed gehad op de bodemstructuur anderzijds is hier wel een grote seizoensinvloed op de bodembeoordelingen. Tot slot hebben de verschillende grondbewerkingen geen invloed op de vochtvoorziening. Ook hierin zou mogelijk een seizoeneffect kunnen zitten maar uit dit onderzoek is er geen significant verschil gevonden. Om in de toekomst gewassen optimaal en efficiënt van water te voorzien komt uit dit onderzoek naar voren dat op het gebied van beregeningstechniek en toediening het meest te behalen valt. Echter is er wel meer onderzoek nodig om hier onderbouwd een techniek te kunnen kiezen en deze goed te kunnen toepassen.

Aanbevelingen

In dit onderzoek is naar voren gekomen wat de invloeden van verschillende technieken kunnen zijn op de watervoorziening van gewassen. Dit onderzoek is van belang voor onderzoekers en adviseurs, maar ook voor de Nederlandse akkerbouwer. Voor onderzoekers geldt dat er meer onderzoek gedaan moet worden naar de verschillende beregeningstechnieken en welke effect deze hebben op de meeropbrengst. Dit is van belang voor akkerbouwers waar waterschaarste in de regio aanwezig is. Ook voor akkerbouwers waar de maatschappelijke druk op beregening steeds groter wordt is het van belang om te weten welke technieken bij kunnen dragen aan het efficiënt met water om gaan. Grondbewerkingen lijken in dit onderzoek niet direct te leiden tot een diepere beworteling. De soort grondbewerking zelf heeft niet direct invloed op de vochtvoorziening op planten echter zijn bouwplan en tijdstip van bewerkingen wel van belang om aan een goede vochtvoorziening te werken. Ook de invloeden van beregeningstechnieken bij onjuist gebruik kunnen invloed hebben op de structuur. Het is daarom van belang dat er wel op de juiste manier gebruik van bepaalde beregeningstechnieken wordt gemaakt. Ook voor onderzoek zou het interessant zijn bij een droog seizoen opnieuw dit onderzoek te laten plaatsvinden om te zien welke invloeden beregeningstechnieken op de structuur hebben.

Bibliografie

- A. Gomez-zavaglia, e. a. (2020). *Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems*. La Plata: Elsevier.
- B. Yuan, e. a. (2003). *Effects of different irrigation regimes on growth and yield of drip-irrigated potato*. Beijing: elsevier.
- Clothier, F. T. (2021). *Agricultural Water Management*. Yangling: Elsevier.
- Craats, D. v., Nikkels, M., & Stuyt, L. (2016). *Ontzilting; een oplossing voor verzilting in de vollegronds landbouw?* Wageningen: H2O online.
- de Haan, W. (1965). *Bodemverdichting als gevolg van de wijze van uitvoering van grondverbeteringswerkzaamheden*. Wageningen: INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/258592>
- Dekkers. (2000). *Beregenen van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen*. Lelystad: Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt.
- Dinar, T. H. (2019). *Water scarcity impacts on global food production*. Riverside, CA, USA: University of California.
- E.C. Mantovani, E. a. (1995). *Modelling the effects of sprinkler irrigation uniformity on crop yield*. Córdoba: Elsevier.
- G. Fischer, e. a. (2007). *Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990–2080*. New York: Elsevier.
- Geijzendorffer, S. E. (2011). *Gevolgen van klimaatextremen voor de Nederlandse landbouw*. Wageningen: Alterra-rapport.
- Groenendijk, W. P. (2019). Organische stof: De moeite waard voor waterbeheer? *WATER MATTERS*, 28-31.
- KNMI. (2014, maart 31). Opgehaald van KNMI: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/ipcc-effecten-klimaatverandering-steeds-duidelijker>
- KNMI. (2020). *KNMI*. Opgehaald van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte>
- Kortleven. (1961). *ORGANISCHE STOF EN HUMUS*. s'GRAVENHAGE, : INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID GRONINGEN.
- Ligtvoet, B. D. (2015). *Klimaatverandering : samenvatting van het vijfde IPCC-assessment en een vertaling naar Nederland*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- MSC, i. W. (2000). *Beregenen van akkerbouwen vollegrondsgroentegewassen* . Wageningen: Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt .
- MSC, i. W. (2000). *Beregenen van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen*. Wageningen: WUR.

- Mukhopadhyay, R. (2021). *Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security*. Callaghan: Elsevier.
- Q. Sun, e. a. (2019). *Global heat stress on health, wildfires, and agricultural crops under different levels of climate warming*. Beijing: Elsevier.
- Rob Sluijter, M. P. (2018). *De droogte van 2018*. De Bilt: KNMI.
- S. Dhanbir, S. V. (2013). *Impact of micro-irrigation practices on farmers economy of Kullu district in Himachal Pradesh*. Kangra: Progressive Horticulture.
- Schipper, G. v. (2015). *Goede grond voor een duurzaam watersysteem*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- Snellen, M. V. (2017). *Bodemvocht gestuurd beregenen*. Wageningen: Stiya.
- Stuyt, v. d. (2012). *Meer water met regelbare drainage*. Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- Supit, v. D. (2012). *Assessing climate change effects on European crop yields using the Crop Growth Monitoring System and a weather generator*. Wageningen: Elsevier.
- Tian, E. Q. (2021). *Will reaching the maximum achievable yield potential meet future global food demand?* Shaanxi: Elsevier.
- Tönjes, J. (2019, septemeber 9). *Akkerwijzer.nl*. Opgehaald van Akkerwijzer:
<https://www.akkervijzer.nl/artikel/217838-bodem-verwerkt-ook-natuurlijke-regenval-beter-bij-druppelirrigatie/>
- van der Bolt, C. d. (2016). *Bodemverdichting in Vlaanderen*. Wageningen: Alterra Wageningen UR.
- Winsen. (2018, oktober 2). *Nieuwe oogst*. Opgehaald van Nieuwe oogst:
<https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2018/10/02/verschillen-in-oogst-nog-nooit-zo-groot>