



Europees Landbouwfonds
voor Plattelandsontwikkeling
Europa investeert
in zijn platteland



Vlaanderen
verbeelding werkt



LEADER C-klimaat Haspengouw

Demonstratie van precisielandbouwtechnieken voor droogtegevoelige teelten in Haspengouw

HAS19/GG/LEA/03

1/11/2019 – 30/04/2022

EINDRAPPORT



**Bodemkundige
Dienst van België** vzw



BOERENBOND
trouw aan land- en tuinbouw

VLAAMSE
LAND
MAATSCHAPPIJ



Vlaanderen
is open ruimte

Wijze van citeren:

Moors, Femke; Vaerten, Jarl; Dillen, Jill; Xhonneux, Damien (2022). Leader 'C-klimaat Haspengouw', eindrapport. Rapport uitgegeven door PIBO-Campus vzw (promotor) en Bodemkundige Dienst van België vzw (partner) binnen LEADER-project 'C-klimaat Haspengouw' (HAS19/GG/LEA/03). Rapport, 2022/05/23, 58 pp.

Projectgegevens:

Projectcode HAS19/GG/LEA/03
Projectperiode 1 november 2019 – 30 april 2022
Opdrachtgever LEADER Haspengouw
Universiteitslaan 1,
3500 Hasselt



Promotor PIBO-Campus vzw
Sint-truidersteenweg 323,
3700 Tongeren

pibocampus@pibo.be
www.pibo-campus.be



Partners Bodemkundige Dienst van België
vzw
W. de Croylaan 48,
3001 Leuven-Heverlee

info@bdb.be
www.bdb.be



Boerenbond
Jaarbeurslaan 29/bus 21
3600 Genk



Vlaamse Landmaatschappij
Kon. Astridlaan 51,
3500 Hasselt



Inhoudsopgave

1	Context en doelstelling	5
1.1	Context	5
1.2	Doelstelling	6
1.2.1	Demonstreren van het precisielandbouwproces (hoofddoelstelling)	6
1.2.2	Bodemkundig	6
1.2.2.1	Optimaliseren organisch koolstofgehalte (hoofddoelstelling)	6
1.2.2.2	Beter begrip krijgen in de elektrische geleidbaarheid 'EC' (neveneffect)	8
1.2.2.3	Optimaliseren pH (nevendoelstelling)	9
2	Materiaal en methode	10
3	Proefresultaten	11
3.1	Precisielandbouwproces	11
3.1.1	Bepalen van de variatie in de bodem	11
3.1.2	Plaatsspecifieke toediening van groencompost	15
3.1.3	Bepalen van de variatie in opbrengst	17
3.2	Invloed interne variatie op aardappelen (2020)	18
3.2.1	Weersomstandigheden 2020	18
3.2.2	Invloed van organische koolstofgehalte en elektrische geleidbaarheid op aardappelen	19
3.2.2.1	Proefperceel 1	19
3.2.2.1.1	Bodemscan en ligging zones	19
3.2.2.1.2	Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling	21
3.2.2.1.3	Link met de bodem	23
3.2.2.2	Proefperceel 2	28
3.2.2.2.1	Bodemscan en ligging zones	28
3.2.2.2.2	Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling	29
3.2.2.2.3	Link met de bodem	31
3.2.2.3	Proefperceel 3	35
3.2.2.3.1	Bodemscan en ligging zones	35
3.2.2.3.2	Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling	37
3.2.2.3.3	Link met de bodem	39
3.2.2.4	Perceel 4	42
3.2.2.4.1	Bodemscan en ligging zones	42
3.2.2.4.2	Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling	43
3.2.2.4.3	Link met de bodem	44
3.3	Invloed interne variatie op wintertarwe (2021)	48

3.3.1	Weersomstandigheden 2021	48
3.3.2	Invloed van organische koolstofgehalte en elektrische geleidbaarheid op wintertarwe (perceel 3)	49
3.3.2.1	Gewaswaarnemingen	49
3.3.2.2	Link met de bodem	49
3.4	Invloed variabele toediening groencompost voor wintertarwe (perceel 1, 2 en 4)	51
3.4.1	Weersomstandigheden 2021	51
3.4.2	Gewaswaarnemingen	51
3.4.3	Link met de bodem	52
4	Conclusie	55
4.1	Precisielandbouwproces	55
4.2	Bodem- en landbouwkundig	56
4.2.1	OC en EC – aardappelen	56
4.2.2	OC en EC – Toedienen groencompost voor wintertarwe	57
5	Bibliografie	58

1 Context en doelstelling

1.1 Context

Sinds de jaren '90 is er een **globale daling van het organische stofgehalte** van de landbouwgrond in Vlaanderen. Ook op de Haspengouwse akkerbouwpercelen heeft dezelfde (dalende) trend zich voorgedaan. De gedeeltelijke vervanging van stalmest door drijfmest en de invoering van een Vlaams mestbeleid in 1996, waarbij er beperkingen werden gelegd op de meststofgift, is één van de mogelijke verklaringen hiervoor. De hoeveelheid organische meststof, die toegediend mag worden, is hierdoor immers afgenomen.

Met de hervorming van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) dat o.a. als doel heeft de landbouw in de Europese Unie te verduurzamen, kwam er reeds een grotere bewustwording naar het belang van organische stof in de bodem. De limietwaarden die werden opgelegd, zijn eerder aan de lage kant in vergelijking tot de streefwaarde van de Bodemkundige Dienst van België maar zorgde wel voor meer belangstelling.

Nochtans biedt een gunstig organische stofgehalte tal van voordelen, zowel voor de landbouwer (minder erosie, betere productie, ...) als voor het milieu (opslag van koolstof, minder nutriëntenverliezen, meer biodiversiteit, ...). Het organische stofgehalte van de bouwvoor is daarom één van de belangrijkste kwaliteitskenmerken voor landbouwgronden en bepalen mede de productiviteit van de bodem. Zowat alle dynamische bodemeigenschappen (chemisch, fysisch en biologisch) worden dan ook door het organische stofgehalte beïnvloed.

1.2 Doelstelling

Een goede **bodemkwaliteit** is één van de belangrijkste bouwstenen voor een productieve en duurzame landbouw. Bodemkwaliteit omvat zowel de chemische, fysische als biologische bodemeigenschappen. Twee belangrijke chemische bodemeigenschappen zijn o.a. het organisch koolstofgehalte en de zuurtegraad. **Precisielandbouw** biedt mogelijkheden om de variatie van deze eigenschappen binnen een perceel in kaart te brengen en hier een vervolgbewerking aan te koppelen.

Daarnaast zijn grote percelen, hellende percelen en samengevoegde percelen veel voorkomend in regio **Haspengouw**. Hierdoor kan er grote **variatie** aanwezig zijn binnen eenzelfde perceel en is het belangrijk dat hier op kleinere schaal aan kan worden gewerkt.

1.2.1 Demonstreren van het precisielandbouwproces (hoofddoelstelling)

In dit project werden **precisielandbouwtechnieken** gedemonstreerd aan akkerbouwers uit regio Haspengouw. Deze technieken waren specifiek gericht op het **op peil brengen van het organische koolstofgehalte**. In eerste instantie wordt er gekeken naar een precisielandbouwtechniek waarmee variatie in bodemeigenschappen in kaart gebracht kunnen worden. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de **Veris MSP3** bodemscanner. Vervolgens werd er een vervolgbewerking uitgevoerd met als doel de vastgestelde verschillen in organische stof binnen een perceel te verminderen. Dit gebeurde door de **plaatsspecifieke toediening van groencompost**.

Om na te gaan of er na de plaatsspecifieke toediening van groencompost nog verschillen waar te nemen zijn, werd er een derde precisielandbouwtechniek toegepast m.n. een **variabele opbrengstbepaling**.

1.2.2 Bodemkundig

1.2.2.1 Optimaliseren organisch koolstofgehalte (hoofddoelstelling)

Bodemorganische stof omvat de volledige niet-minerale fractie van de bodem afkomstig van organisch materiaal dat in de bodem werd afgebroken tot een onherkenbare materie (< 2 mm). Tijdens de afbraak wordt dit materiaal onherkenbaar en spreken we van organische stof (OS). De organische stof, die bij de omzetting van organisch materiaal gevormd is, bestaat uit vele duizenden verschillende complexe chemische-organische verbindingen. Koolstof vormt hier het belangrijkste bestanddeel.

Uit voorgaande onderzoeken is meer dan eens het nut van organische stof in de bodem gebleken. Het heeft dan ook invloed op vele **chemische bodemeigenschappen**. Zo komen er via de mineralisatie van organische stof gedurende heel het groeiseizoen nutriënten vrij voor het gewas. Deze mineralisatie verloopt het vlots in een warme, vochtige bodem en neemt daarmee ongeveer gelijk toe met de plantengroei in het voorjaar en piekt, bij voldoende vocht, in de zomer. Door het hoge adsorptievermogen is organische stof ook een goede kationenuitwisselaar. De kationen uitwisselingscapaciteit (CEC) vormt daarin een maat voor de hoeveelheid uitwisselbare kationen en hangt af van de bodemtextuur en de hoeveelheid bodemorganische stof. Zowel bodemdeeltjes als organische stof zijn negatief geladen en binden kationen (positief geladen deeltjes zoals K^+ , Mg^{2+} , ...) aan hun buitenoppervlak. Via hun worteluiteinden scheiden planten dan weer protonen (H^+) af die vervolgens de plaats van een kation innemen. Dit kation wordt daardoor beschikbaar voor de plant. Dit zorgt daarnaast voor een bufferend effect dat het grootst is bij een neutrale pH (Vlaamse overheid, 2014). Al deze processen die zich afspelen in de bodem maken een voldoende hoog organische stofgehalte belangrijk voor de vruchtbaarheid van de bodem.

Naast de chemische zijn er ook heel wat **fysische bodemeigenschappen** afhankelijk van de bodemorganische stof. Zo draagt deze bij aan de kruimelstructuur en aggregaatstabiliteit van de bodem. Een goede kruimelstructuur draagt bij aan de beschikbaarheid van nutriënten, is bevorderlijk voor de wortelgroei, verlaagt de slemp- en erosiegevoeligheid en zorgt voor een verminderde kans op bodemverdichting. Daarnaast vergroot organische stof het poriënvolume tussen de bodemdeeltjes, wat op zijn beurt bevorderlijk is voor het waterbergend vermogen en de infiltratiecapaciteit van de bodem. Deze laatste zullen enkel in belang toenemen vanwege de klimaatsverandering die leidt tot enerzijds steeds meer lange droge periodes en anderzijds tot meer intensieve regenbuien waarbij een goede waterhuishouding essentiëler is (Vlaamse Overheid, 2014). Het belang van een goed organische koolstofgehalte werd daarom gedemonstreerd in droogtegevoelige teelten, namelijk **aardappelen**, welke veelvuldig voorkomen in de betrokken regio. Bij droogtegevoelige teelten neemt de opbrengst en kwaliteit snel af onder droge omstandigheden door stress in het gewas.

Aanvullend zal de aanwezigheid van het organische stof ook voor de **biologische bodemeigenschappen** van belang zijn. Organisch materiaal bevordert namelijk de activiteit van het volledige bodemvoedselweb, dewelke instaan voor de omzettingen van het organisch materiaal naar bodemorganische stof. Organische stof voedt ook het bodemleven, dat op zijn beurt opnieuw bijdraagt aan de structuur, het poriënvolume, ... (Vandendriessche, 2017).

Het kwantificeren van de hoeveelheid organische stof die in een bodem aanwezig is, gebeurt a.d.h.v. een analyse op een bodemstaal. Het resultaat wordt uitgedrukt in het organische koolstofgehalte van een bodem (%C). Om het gehalte aan organische stof te bepalen, wordt uitgegaan van 58 % koolstof (variërend van 40 tot 70%) in organische stof (Tits et al., 2011).

Voor akkers op leembodems hanteert de Bodemkundige Dienst van België een **streefzone voor het organisch koolstofgehalte tussen 1,2 – 1,6 %**. Als het organisch koolstofgehalte beneden de streefzone ligt, kan o.a. organische bemesting aangeraden worden om dit te verhogen. Een hoger organische stofgehalte kan door een regelmatige toediening van organisch materiaal zelfs al op relatief korte termijn bekomen worden (enkele jaren). De mate waarin deze stijging gebeurt hangt daarbij sterk af van de kwaliteit van het toegediende materiaal. Organisch materiaal met een hogere stabiliteit zal dan ook voor een hogere stijging zorgen. Mestproducten als runderstalmest en groencompost zijn gekend als bijdragend aan het koolstofgehalte. Van stalmest zal bijvoorbeeld nog ongeveer 50% na 1 jaar in de grond aanwezig zijn. Voor stabiele compost is dit zelfs nog meer dan 80%. In dit project werd gewerkt met VLACO gecertificeerde groencompost.

1.2.2.2 *Beter begrip krijgen in de elektrische geleidbaarheid 'EC' (neveneffect)*

De elektrische geleidbaarheid (EC) van de bodem is een eigenschap die door vele factoren beïnvloed wordt. De meest bepalende factoren zijn het **kleigehalte** van de bodem, het vochtgehalte van de bodem en het percentage **organisch materiaal**. Kleideeltjes zijn negatief geladen en binden op hun beurt positief geladen ionen. Hierdoor wordt een ladingsdichtheid in de bodem gecreëerd, wat de elektrische geleidbaarheid van de bodem verhoogt. Ook een hoger gehalte aan water verhoogd de geleidbaarheid. Organisch materiaal bestaat uit negatief geladen humuszuren, welke eveneens de geleidbaarheid van de bodem verhogen.

Andere bepalende factoren zijn het **voorkomen van verdichting/verstorende** lagen (gasleiding, oude wegen, bouwafval, ...). Op verdichte plekken of op plekken met verstorende lagen worden vaak hoge pieken in de EC waargenomen.

Aangezien de EC door verschillende factoren beïnvloedt kan worden, wordt op de beschouwde proefpercelen a.d.h.v. bodemstalen nagegaan welke factor deze parameter het meest beïnvloedt. Tot op heden zijn nog geen landbouwkundige toepassingen o.b.v. de EC bekend. In verschillende onderzoeksprojecten wordt nog nagegaan welke toepassingen op basis van EC in praktijk een meerwaarde kunnen zijn.

1.2.2.3 Optimaliseren pH (nevendoelelstelling)

De pH wordt gedefinieerd als de zuurtegraad van de waterige bodemoplossing en wordt wiskundig opgetekend als $pH = -\log(H_3O^+)$ (Reubens et al., 2010). H_3O^+ -ionen zijn de zure ionen in de waterige bodemoplossing.

Voor leembodems hanteert de Bodemkundige Dienst van België een **pH-streefzone tussen 6,7 en 7,3**. Een pH binnen deze streefzone maakt het mogelijk dat fosfor, kalium, magnesium, zwavel en stikstof optimaal door het gewas uit de bodem opgenomen kunnen worden. Bij gronden met een te lage of te hoge pH worden bepaalde nutriënten minder goed opgenomen waardoor extra bemesten hier niet altijd zinvol is (Reubens et al., 2010).

Door natuurlijke processen en menselijke invloeden daalt de pH van landbouwbodems. Ca en Mg worden opgenomen door gewassen, Ca spoelt uit door neerslag en zure regen (SO_2) verzuurt de bodem. Ook biologische (afbraak)processen in de bodem hebben een verzurende werking. Bovendien werkt stikstofbemesting ook verzurend (Moermans, 2020).

Als de pH van het perceel beneden de streefzone ligt wordt een bekalking aangeraden. Onder andere de Bodemkundige Dienst van België levert specifieke bekalkingsadviezen o.b.v. bodemstaalnames. Hierbij wordt rekening gehouden met de gemeten pH, de grondsoort, het organisch koolstofgehalte, de teeltrotatie en de eventuele nawerking van vorige bekalkingen (Moermans, 2020). Als de pH van het perceel (nog) binnen de streefzone ligt, wordt, afhankelijk van de teeltrotatie, een onderhoudsbekalking aangeraden. Hierbij worden driejaarlijks 1.500 zuurbindende waarden/ha toegediend.

Het snelste effect van een bekalking wordt verkregen wanneer er gebruik gemaakt wordt van een **fijn kalkproduct** (groot aandeel in fractie < 0,15 mm (Moermans, 2020)) én de kalk **goed vermengd wordt met de bodem**. Het beste moment om kalk toe te dienen is het **najaar**. Voor de zaai van wintergerst wordt, in geval van een onderhoudsbekalking, geadviseerd de kalk toe te dienen op het ploegwerk (indien de omstandigheden dit toelaten). De kalk kan vervolgens ondergeëgd worden, ofwel worden ingewerkt door de rotoeg voor de zaaimachine. Indien een grotere hoeveelheid kalk toegediend wordt, wordt geadviseerd de helft toe te dienen voor het ploegen. Deze kalk wordt bij het ploegen ondergewerkt naar de diepere bodemlagen. De resterende bekalking kan vervolgens na het ploegen toegediend worden (Moermans, 2020).

2 Materiaal en methode

Binnen de regio Haspengouw werden begin 2020 4 percelen geselecteerd. Er werd gekozen voor hellende percelen en (recentelijk) samengevoegde percelen waarvan de betrokken landbouwers aangaven dat er variatie aanwezig was in het perceel. Op al deze percelen lag de focus op het demonstreren van het belang van een goed **organische koolstofgehalte** in een **droogtegevoelige teelt** namelijk aardappelen. Daarnaast werd er ook gekeken naar verschillen ten gevolge van de elektrische geleidbaarheid.

Tabel 1. Overzicht proefpercelen LEADER-project 'C-klimaat Haspengouw'. OC = organisch koolstofgehalte. EC = elektrische geleidbaarheid.

Nr.	Oppte (ha)	Locatie	Oogst 2019	Oogst 2020	Oogst 2021	Variatie bodemeigenschap
1	7,7	Kortesseem	Erwten	Aardappelen	Wintertarwe	OC, EC
2	3,7	Kortesseem	Wintertarwe	Aardappelen	Wintertarwe	OC, EC
3	9,0	Tongeren	Wintertarwe	Aardappelen	Wintertarwe	OC, EC
4	3,9	Tongeren	Wintergerst	Aardappelen	Wintertarwe	OC, EC

Ieder perceel werd in het eerste proefjaar (2020) gescand door de **Veris MSP3 bodemscan** van Loonwerken Aernouts (via Vantage Agrometius België). Op basis van het resultaat van de bodemscan werden er verschillende zones uitgezet. Voor het bepalen van de ligging van deze verschillende zones werd er gekeken naar variatie in organische koolstofgehalten en de elektrische geleidbaarheid. In deze zones werden tijdens het groeiseizoen 2020 de verschillen ten gevolge van de variatie in de betrokken bodemeigenschap opgevolgd in aardappelen.

Na de oogst van de aardappelen gebeurde er vervolgens, op basis van de taakkaarten die bekomen konden worden uit de bodemscan, op 3 percelen een **variabele toediening van groencompost**. De variabele toediening van groencompost werd uitgevoerd door Loonbedrijf Houten VOF (Eijsden, Nederland). Na het al dan niet spreiden van groencompost werd er op alle percelen wintertarwe ingezaaid voor het groeiseizoen 2020-2021. Op de 3 percelen waar compost werd toegediend, werd nagegaan of de variatie in de betrokken bodemeigenschap verminderde en wat de gevolgen waren voor de teelt. Op het perceel dat geen compost toegediend kreeg werd bekeken of de waargenomen variaties ook tot uiting kwamen in de wintertarwe.

Het volledige precisielandbouwproces wordt meer in detail besproken in sectie 3.1.

3 Proefresultaten

3.1 Precisielandbouwproces

3.1.1 Bepalen van de variatie in de bodem

Als eerste stap werd getracht de variatie in de bodem in kaart te brengen. Op basis van de variatie in organische koolstof binnen het perceel wordt een OC-kaart opgemaakt. Deze vormde de basis voor de aanmaak van een taakkaart waarmee het koolstofgehalte overal geoptimaliseerd kon worden door de variabele toediening van groencompost.



Figuur 1 Opbouw van de Veris MSP3 bodemscanner (Dillen et al., 2019)

In dit project gebeurde het in kaart brengen van de verschillende bodemeigenschappen m.b.v. de **Veris MSP3 bodemscan** (Figuur 1). Dit is een type 2 bodemscanner die volgende metingen/bepalingen uitvoert (Dillen, et al., 2019):

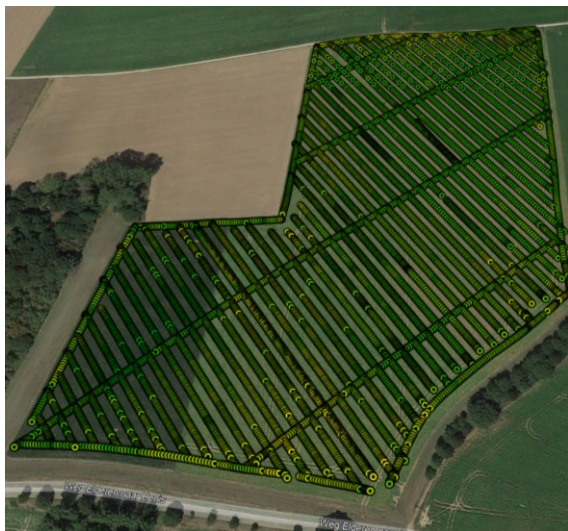
- Bepaling van de **zuurtegraad** (pH). Dit wordt met een pH-electrode op de scanner gemeten. Elke 10 seconden neemt een schep op de scanner al rijdend een staal uit de bodem en duwt dit tegen de pH-electrode die de meting registreert. Daarna wordt de electrode met water uit de waterbak op de scanner gespoeld en kan het volgende staal opgeschept worden. Afhankelijk van de rijsnelheid gebeurt er zodoende een meting om de 20 à 30 m.
- Bepaling van **organische koolstofgehalte** (OC-gehalte) m.b.v. een VIS/NIR-sensor (spectrometer) die op 3 tot 5 cm diepte door de bodem wordt getrokken. Elke seconde registreert deze sensor een meting. Het OC-gehalte wordt uitgedrukt in %.
- Bepaling van de **elektrische geleidbaarheid** (EC = electrical conductivity). De bepaling gebeurt zowel voor de zone 0-30 cm (bouwlaag) als voor de zone 0-90 cm (bodemlaag) en wordt uitgedrukt in mS/m (millisiemens/m). De kouters worden op een diepte van 4 tot 6 cm door de bodem getrokken. Één paar elektroden stuurt stroom door de bodem, de andere twee paar elektroden detecteren het verschil in voltage. Elke seconde wordt er zo een meting geregistreerd.
- Omdat op GPS gescand wordt, wordt eveneens een **hoogtekaart** van het perceel opgemaakt. Dit gebeurt met een RTK-GPS die werkt met een nauwkeurigheid van 0 – 3 cm.

De bodemscan meet geen absolute waarden van pH en OC. Om van de parameters perceelskaarten te maken, moet er een kalibratie gebeuren van de VIS/NIR-sensor en de pH-electrode. Daarvoor worden er op 4 verschillende punten op het perceel een plaatsspecifiek bodemstaal genomen dat geanalyseerd wordt op o.a. de pH-KCL en het organisch koolstofgehalte (Dillen et al., 2019).

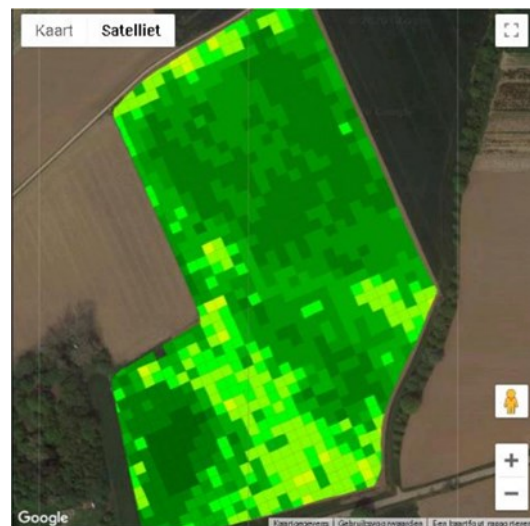


Figuur 2 Bodemscan werd genomen in evenwijdige lijnen die 10 meter uit elkaar liggen (proefperceel 4).

Het scannen gebeurt op rij-afstanden in evenwijdige lijnen die 10 m uit elkaar liggen. Voor kleine percelen (< 3ha) wordt dit vaak teruggebracht naar 5 m om de (mogelijke) variatie beter in beeld te brengen. De scan zelf levert een kaart met puntwaarnemingen op (Figuur 3). Na het scannen wordt een 'plotkaart' gemaakt van de beschikbare data, welke beschikbaar is voor de landbouwer (Figuur 4). Voor de bepaling van de bodemwaarden in de plots wordt het gemiddelde genomen van de puntwaarnemingen binnen het plot.



Figuur 3 Kaart met puntwaarnemingen van het organische koolstofgehalte van proefperceel 3.



Figuur 4 Plotkaart van het organische koolstofgehalte van proefperceel 3.

De grootte van de plots die weergegeven wordt, wordt afgestemd op de werkbreedte van het variabel toedienen van groencompost. Als de mestspreader een werkbreedte heeft van 8 m, wordt de plotgrootte 8 m x 8 m. Bij een werkbreedte van 12 m wordt de plotgrootte 12 m x 12 m. Als na het aanmaken van de kaarten nog gekozen wordt voor een machine met een andere werkbreedte, kunnen de taakkaarten nog hertekend worden.

Na het scannen krijgt de landbouwer een zeer overzichtelijk rapport met voor iedere beoordeelde parameter een kaart van de variatie binnen het perceel.

- Bodemkaart + locatie bodemstalen (uitgevoerd ter kalibratie van de relatieve kaarten)
- pH-kaart: gescand resultaat + evaluatie gescand resultaat t.o.v. BDB-streefzone voor pH
- OC-kaart: gescand resultaat
- EC-kaart: bouwvoor (0 – 30 cm) en bodemlaag (0-90 cm)
- Hoogtekaart
- Taakkaart voor het variabel toedienen van compost, dosissen uitgedrukt in ton/ha
- Taakkaart voor het variabel toedienen van kalk, zowel uitgedrukt in dosissen kalk/ha als dosissen z.b.w./ha

Als bijlage bij het rapport worden de 4 bouwlaaganalyses, die gebruikt werden voor de kalibratie van de relatieve kaarten, toegevoegd.

Het uitvoeren van de bodemscan, het verwerken van de data en het opstellen van de adviezen vereist de nodige expertise. Agrometius en de Bodemkundige Dienst van België spelen hierop in met een Veris dienstverlening waarbij zij het uitvoeren van de bodemscan, de dataverwerking en het opstellen van de adviezen voor de landbouwer regelen (Dillen et al., 2019).

Tijdens het scannen van de proefpercelen werden enkele (praktische) problemen/aandachtspunten vastgesteld:

- Omdat de scanner met verschillende instrumenten de bodem in moet dringen, mag deze niet te hard zijn.
- Voor het uitvoeren van de bodemscan moet de bodem voldoende opgedroogd zijn om er met een tractor over te rijden zonder insporing te veroorzaken.
- De sensor van de bodemscan is voorzien van een glazen plaat. Om deze niet te beschadigen is het belangrijk om op te letten met percelen die relatief veel steentjes bevatten.
- De tijd tussen bodemscan en het verkrijgen van het rapport en de taakkaarten ligt tussen de 3 en 6 weken. Wanneer het de bedoeling is om dadelijk te bekalken/compost toe te dienen is deze termijn soms te lang. Vandaar werd er gekozen om op deze percelen in het voorjaar van 2020 de scan uit te voeren en in het najaar, na de oogst van de aardappelen, variabel compost toe te dienen.
- Het scannen is kostelijk.

Sinds 2020 werden volgende prijzen gehanteerd. Er wordt standaard een basisprijs aangerekend van 450 EUR per perceel. De extra kost per gescande hectare bedraagt 85 EUR (Tabel 2).

Tabel 2 Prijslijst Veris MSP3 bodemscan zoals aangeboden door Vantage Agrometius België, juni 2020.

Areaal te scannen (ha)	Basisprijs (EUR)	Hectareprijs (EUR/ha)	Totaalprijs areaal (EUR)	Totaalprijs hectare (EUR/ha)
1	450	85	535	535
2	450	85	620	310
3	450	85	705	235
4	450	85	790	198
5	450	85	875	175
10	450	85	1.300	130
15	450	85	1.725	115
20	450	85	2.150	108

De gemiddelde perceelsoppervlakte van de opgevolgde percelen in dit project bedroeg 6,1 ha. Gerekend aan de prijzen uit Tabel 2, bedroeg de totale kostprijs voor het scannen van een perceel met deze oppervlakte 969 EUR of 159 EUR/ha.

Deze kost kan niet binnen het jaar terugverdiend worden. Gerekend aan opbrengsten van 250 EUR/ton wintertarwe en 140 EUR/ton voor aardappelen zou dit betekenen dat de meeropbrengst – enkel en alleen gerealiseerd door het scannen en variabel toedienen van groencompost – voor wintertarwe 0,6 ton/ha moet bedragen en 1,1 ton/ha voor aardappelen.

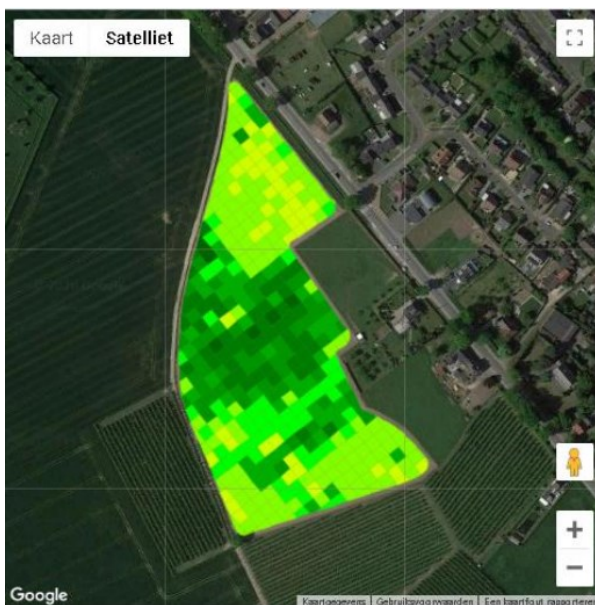
Een bodemscan moet dan ook meer worden beschouwd als een investering op lange termijn. De effecten van het optimaliseren van het organische stofgehalte (of de pH) zullen vooral op langere termijn renderen. Een perceel moet ook niet elk jaar gescand worden. Na de bodemscan kan er verschillende jaren worden gewerkt aan het optimaliseren van de bodemvruchtbaarheid.

3.1.2 Plaatsspecifieke toediening van groencompost

Natuurlijk is het wenselijk om ook een gevolg te geven aan de variaties die worden vastgelegd bij het nemen van een bodemscan, zeker wanneer deze de gewasopbrengst beïnvloeden. Wanneer deze toe te schrijven zijn aan schommelingen in het organische stofgehalte is (groen)compost een product dat zeer geschikt is om grotere hoeveelheden effectieve organische stof aan te brengen in de bodem. Vanwege zijn werkingscoëfficiënt van 15 % voor de aanwezige stikstof weegt het daarnaast maar beperkt door op de mestbalans.

De dosis wordt hierbij plaatsspecifiek op het perceel aangepast aan de gewenste aanvoer van organisch materiaal voor die specifieke plaats in het perceel. In voorliggend project werd deze dosis bepaald a.d.h.v. de waardes die gemeten werden door de bodemscan. Het advies werd gegoten in een taakkaart specifiek voor de toediening van groencompost (Figuur 5).

Voor de eigenlijke toediening is een mestspreader nodig die uitgerust is met een ISOBUS verbinding. De mestspreader staat zo in verbinding met een tractor voorzien van RTK-GPS die perfect de positie van de tractor met het werktuig op het perceel kan bepalen. De taakkaart (Figuur 6) die in deze GPS wordt ingelezen bevat vervolgens het plaatsspecifieke bemestingsadvies dat bekomen werd na het uitvoeren van de bodemscan. De gekende positie van de tractor in combinatie met het plaatsspecifieke advies van de taakkaart zorgt er zodoende voor dat de mestspreader de gewenste dosis compost afgeeft op de plaats waar de tractor zich op dat moment binnen het perceel bevindt.



Figuur 5 Taakkaart voor de plaatsspecifieke toediening van compost (proefperceel 2). Hoe donkerder de groene kleur, hoe hoger de geadviseerde dosis compost.



Figuur 6 Schermafbeelding van de taakkaart op de GPS in de tractor (proefperceel 2). De kleuren variëren van rood (lage dosis compost) tot groen (hoge dosis compost). De blauwe kleur geeft aan waar er reeds compost werd gestrooid.

Het plaatsspecifiek spreiden van de compost werd uitgevoerd door Loonbedrijf Houten VOF uit Eijsden (Nederland) (Figuur 7). Deze loonwerker werkte hiervoor samen met Vantage Agrometius België, de leverancier van de taakkaart.

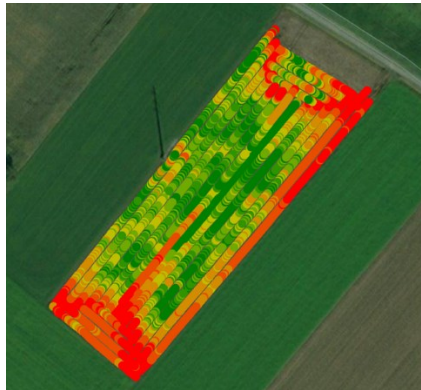


Figuur 7 Variabel spreiden van groencompost.

Voor de gebruikte groencompost werd 10 à 11 EUR/ton (incl. levering) betaald, afhankelijk van de ligging van het perceel. Dit was gecertificeerd groencompost. Ook het spreiden van de compost moet hierbij nog in rekening worden gebracht en is afhankelijk van de prijzen die de loonwerker hanteert. Momenteel zijn er nog niet veel loonwerkers die aan de slag kunnen met taakkaarten voor het variabel toedienen van groencompost. Als deze technieken in de toekomst meer ingang willen krijgen, moeten meer loonwerkers hiervoor uitgerust worden.

3.1.3 Bepalen van de variatie in opbrengst

Als laatste stap in het uitgevoerde proces werd de opbrengst van wintertarwe en aardappelen bepaald. Bij de oogst van de wintertarwe werd, waar mogelijk, een opbrengstkaart aangemaakt die de variatie in opbrengst over het volledige perceel toont (Figuur 8).



Figuur 8 Voorbeeld van een variabele opbrengstkaart.

Het maaibord van de maaidorser is ingedeeld in verschillende secties. Een sensor meet/voelt of een sectie gewas aansnijdt. Op deze manier weet de computer hoe breed de maaier maait. Om de x-aantal seconden wordt de opbrengst gemeten. Omdat ook de rijnsnelheid gekend is, kan berekend worden welke oppervlakte op die tijd gemaaid werd. In combinatie met de weging van het graan kan vervolgens de opbrengst bepaald worden. Als het maaibord niet ingedeeld zou zijn in secties, kunnen fouten gebeuren in de meting. Zo zou, indien het maaibord niet volledig gevuld is met graan, de opbrengst onderschat worden.

In wintergranen kan een dergelijke opbrengstkaart eenvoudig aangemaakt worden bij de oogst. Ook voor aardappelen is dit mogelijk maar zijn er slechts weinig loonwerkers die dit momenteel al kunnen aanbieden. De opbrengst van aardappelen is dan ook niet alleen van belang. Ook de sortering is in het geval van aardappelen een heel belangrijke kwaliteitsvereiste. Op de proefpercelen werden de aardappelen daarom in de gewenste plots manueel geoogst gevolgd door het bepalen van de sortering.

Ook deze data laag bevat veel informatie en wordt in de toekomst hopelijk samen met de andere datalagen geanalyseerd. Op dit moment bestaat een precisielandbouwtoepassing nog te vaak uit een actie voortvloeiend op een waarneming op één niveau (bodem, gewas of opbrengst).

De meerkost van het maken van een opbrengstkaart in wintergranen bedraagt ongeveer 25 EUR/ha (t.o.v. dorsen zonder de aanmaak van een opbrengstkaart). Deze meerkost is betaalbaar, zeker wanneer aangetoonde verschillen in opbrengst gebruikt kunnen worden in schadedossiers (vb. inschatting van opbrengstderving door het aanleggen van een leiding door het perceel).

De eventuele relaties tussen variaties in bodemeigenschappen – bepaald met de bodemscan – en variatie in de opbrengst worden besproken in hoofdstuk 3.2 en 3.3.

3.2 Invloed interne variatie op aardappelen (2020)

3.2.1 Weersomstandigheden 2020

Net zoals 2018 en 2019 werd 2020 gekenmerkt door een **bijzonder droog voorjaar**. 2020 ging van start met een **historisch lage grondwaterstand**. De nattere februarimaand zorgde er echter voor dat de voorjaarswerkzaamheden begin maart nog niet van start konden gaan. T.e.m. half maart regende het bovendien regelmatig, waardoor het tot de laatste week van maart duurde vooraleer de eerste percelen berijdbaar en bewerkbaar werden. Een vaak schrale O-NO-wind zorgde bovendien voor korstvorming op het ploegwerk.

Het droge weer hield sinds half maart aan. Daarenboven was het weer in april kurkdroog in combinatie met een overheersende schrale O-NO-wind. Het neerslagtotaal in Tongeren bedroeg slechts 11 L/m². De in maart nog te natte bodem droogde dan ook in een mum van tijd volledig uit. Door het droge en warme weer gingen de eerste landbouwers begin april van start met het poten van aardappelen. Gezien de diepere pootdiepte kenden de aardappelen, ondanks de droogte, wel een goede en homogene opkomst.

Begin mei klommen de temperaturen enkele dagen tot boven 20 °C. Vanaf 11 mei t.e.m. 16 mei daalden de dagtemperaturen vervolgens opnieuw tot onder 20 °C. Gedurende deze volledige week werden de nachten gekenmerkt door **grondvorst** tot -3 °C. Er werden waarnemingen gemeld van vroeg gepote aardappelen die bevroren waren. Ook in juni hield het droge weer nog aan. In Tongeren werd in totaal slechts 40 L neerslag/m² genoteerd. Dit maakte dat de aardappelen minder goed doorgroeide.

Net zoals het voorjaar verliep ook de zomer bijzonder droog. In juli en augustus samen viel in Tongeren slechts 96 L neerslag/m², waar dit in een 'normaal' jaar 153 L zou kunnen/moeten zijn (bron: KMI). Begin juli zorgde een regenperiode van een kleine week voor wat verademing voor de aardappelen maar van begin juli tot eind augustus kwam er nagenoeg geen regen meer.

Met de droogte van de zomer werden de aardappelpercelen sterk op de proef gesteld. Augustus werd gekenmerkt door droogte op enkele kleine buitjes na en de afrijping van de aardappelen kwam dan ook op veel percelen al snel op gang. Op 7 september 2020 bedroeg het opgebouwde neerslagtekort dan ook 245 L/m². De aardappelen groeiden daardoor nog maar beperkt aan. Bij droogtegevoelige variëteiten lag het loof er vaak al volledig afgerijpt bij. Door de droge omstandigheden tot half september verliep ook de afrijping op de andere percelen sneller dan normaal waardoor loofdoding op een heel aantal percelen niet vereist was.

3.2.2 Invloed van organische koolstofgehalte en elektrische geleidbaarheid op aardappelen

Om de invloed van het organische koolstofgehalte en de elektrische geleidbaarheid te kennen werden er 7 aardappelpercelen gescand. Het scannen gebeurde voor het poten van de aardappelen. De 4 percelen met de meeste variatie werden geselecteerd en verder opgevolgd, zowel door gewaswaarnemingen als opbrengstbepalingen. Maar ook de link met de fysische en chemische bodemeigenschappen werd bekeken. De resultaten van deze 4 proefpercelen worden hieronder verder besproken.

3.2.2.1 Proefperceel 1

Het eerste proefperceel is gelegen in Kortesseem. Het perceel is 7,7 ha groot en werd gekozen op basis van de ervaringen van de landbouwer die op dit perceel doorheen de jaren verschillen ervaarde. In 2020 werden op dit perceel aardappelen gepoot, m.n. het ras Fontane. De voortelt was erwten.

3.2.2.1.1 Bodemscan en ligging zones

Figuur 9 geeft de opgemaakte kaart voor organische koolstof weer. Hieruit is duidelijk af te leiden dat er grote verschillen zijn in het organische koolstofgehalte. Deze verschillen zijn over het hele perceel verspreid aanwezig.

Naast de variatie in organische koolstof bleken er ook grote verschillen in de elektrische geleidbaarheid (Figuur 10). Op vlak van de elektrische geleidbaarheid kon het perceel nagenoeg in 2 worden gedeeld. In het bovenste gedeelte van de figuur was de elektrische geleidbaarheid hoog terwijl dit op de rest van het perceel een heel stuk lager was.



Figuur 9 Proefperceel 1. Kaart met organische koolstofgehaltes.



Figuur 10 Proefperceel 1. Kaart met de EC bouwlaag.

Op basis van de genomen bodemscan werden er 2 zones opgevolgd op het perceel. Voor het bepalen van de ligging van de zones werd er gekeken naar het organische koolstofgehalte én de elektrische geleidbaarheid. De ligging van de zones wordt visueel voorgesteld in Figuur 11. 'Zone 1' wordt gekenmerkt door een lage elektrische geleidbaarheid en een laag organisch koolstofgehalte. 'Zone 2' daarentegen heeft een zeer hoge elektrische geleidbaarheid en een hoog organisch koolstofgehalte. De specificaties die bij deze zones horen, worden weergegeven in de bijhorende tabel (Tabel 3).



Figuur 11 Ligging zones proefperceel 1.

Tabel 3 Proefperceel 1. Elektrische geleidbaarheid (EC) en organische koolstofgehalte (OC) in de verschillende zones.

Zone	EC (mS/m)	OC-gehalte (%)	Kenmerken
1	7,58 – 12,34	1,03 – 1,18	Lage EC en lage OC
2	23,71 – 26,28	1,73 – 1,88	Hoge EC en hoge OC

3.2.2.1.2 Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling

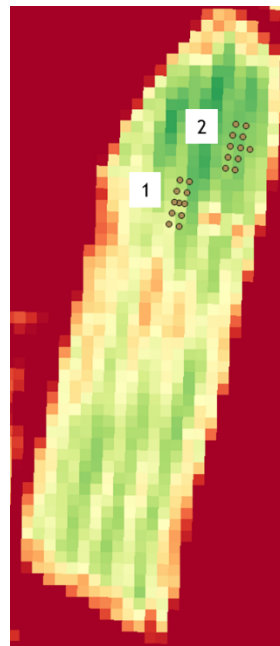
Gedurende het hele groeiseizoen van de aardappelen werden de verschillende zones opgevolgd. In de opkomstpercentages en het aantal stengels per plant konden er echter geen verschillen waargenomen worden. Hoewel er in bovenstaande geen verschillen waar te nemen waren, kwamen de variaties die werden vastgesteld door de bodemscan eveneens naar voren in satellietbeelden. De snelheid waarmee het gewas opkomt alsook het moment dat de afrijping ingang vindt, worden dan ook vaak bepaald door de vochtvoorziening en bodemtemperatuur. Beiden worden o.a. beïnvloedt door de EC en de OC.

Figuur 12 geeft een satellietbeeld van het perceel weer op 5 mei 2020, het moment dat de aardappelen opkomen. Hieruit is duidelijk af te leiden dat de aardappelen, gepoot in de zone met hoge EC-waarden, het traagst opkomen. Op dit perceel was de hogere EC te wijten aan vochtigere bodemomstandigheden. De bodem warmde hierdoor langzamer op waardoor de groei van de aardappelen hier geremd werd in vergelijking met de aardappelen gepoot op een bodem met een lagere EC.

Omgekeerd geldt dat, hoewel de aardappelen langzamer opkwamen in de nattere zone ('zone 2'), de aardappelen hier minder snel afrijpten tijdens het droge groeiseizoen van 2020. Op het satellietbeeld (Figuur 13), genomen op 8 augustus 2020, is dit duidelijk zichtbaar. Bij de lage EC waren de aardappelen op dat moment dan ook al ver afgerijpt en is de groenheid afgenomen. Dit in tegenstelling tot zone 2 die natter was waardoor de aardappelen langer konden doorgroeien.



Figuur 12 Proefperceel 1. Satellietbeeld genomen op 5 mei 2020.



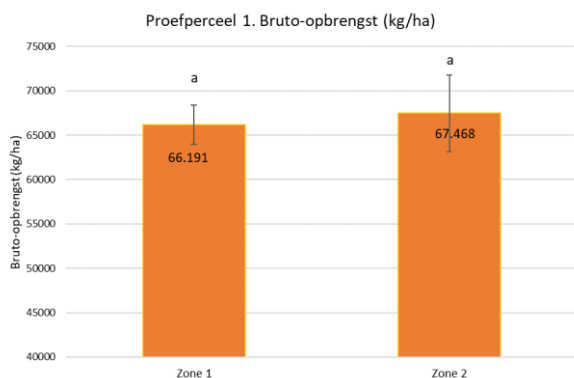
Figuur 13 Proefperceel 1. Satellietbeeld genomen op 8 augustus 2020.

Naast de gewasopvolging tijdens het groeiseizoen, werden er ook opbrengstbepalingen uitgevoerd op het einde van het groeiseizoen. De totale bruto-opbrengst alsook de sortering werd bepaald. Tabel 4 geeft de resultaten voor de 2 verschillende zones weer.

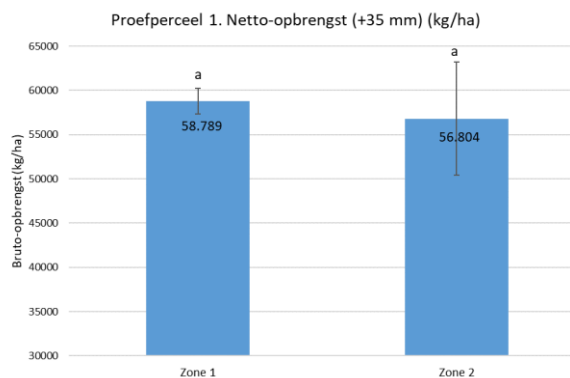
Tabel 4 Opbrengstbepaling en sortering proefperceel 1 bepaald op 29 september 2020.

Zone	Kenmerken	Bruto opbrengst (ton/ha)	Uitval (ton/ha)	Sortering (ton/ha)		
				+ 35 mm	+ 50 mm	+70 mm
1	OS - en EC -	66,2	6,9	58,8	48,2	12,3
2	OS + en EC +	67,5	9,6	56,8	40,0	9,3

Uit de resultaten van de proefoogst op 29 september 2020 blijkt dat, ondanks de verschillen in de bodem, er geen significante verschillen tussen zone 1 en zone 2 waren in de finale opbrengsten (Figuur 14). Zone 2 blijkt wel een iets fijnere sortering te hebben met eveneens een grotere hoeveelheid uitval. In zone 1 was er voornamelijk uitval onder de vorm van misvormde knollen, daar dit in zone 2 te wijten was aan gekloven knollen.



Figuur 14 Bruto-opbrengst proefperceel 1.

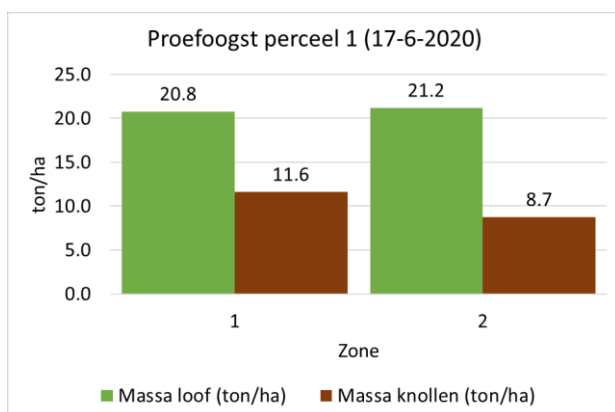


Figuur 15 Netto-opbrengst (+35 mm) proefperceel 1.

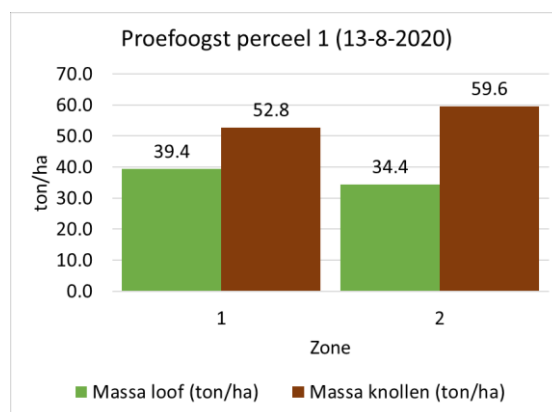
3.2.2.1.3 Link met de bodem

Tussentijdse proefoogsten

Tijdens het groeiseizoen werd op 2 momenten (17 juni en 13 augustus) een proefoogst uitgevoerd. Hier werd telkens de opbrengst (ton/ha) van de knollen en het loof bepaald. In juni (Figuur 16) was de knolopbrengst gemiddeld iets hoger in zone 1, waar ook een snellere opkomst werd waargenomen. In augustus was dit omgekeerd en was de knolopbrengst gemiddeld hoger in zone 2, waar de afrijping trager op gang kwam. In zone 1 was de massa loof gemiddeld wel iets hoger op dat moment. Omdat de proefoogsten niet in herhalingen werden uitgevoerd kon niet worden nagegaan of de waargenomen verschillen statistisch significant zijn.

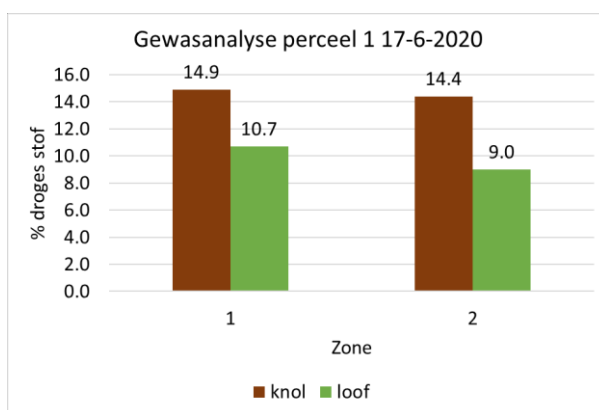


Figuur 16 Tussentijdse proefoogst proefperceel 1 op 17 juni 2020.

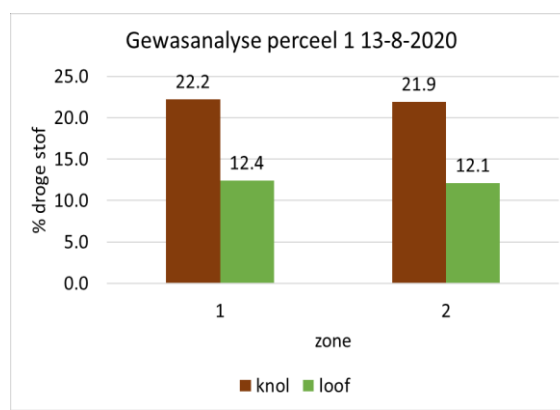


Figuur 17 Tussentijdse proefoogst proefperceel 1 op 13 augustus 2020.

Bij de tussentijdse proefoogsten werd ook het drogestofgehalte van de knollen en het loof bepaald (Figuur 18 en 19). Deze waren nagenoeg hetzelfde voor beide zones.



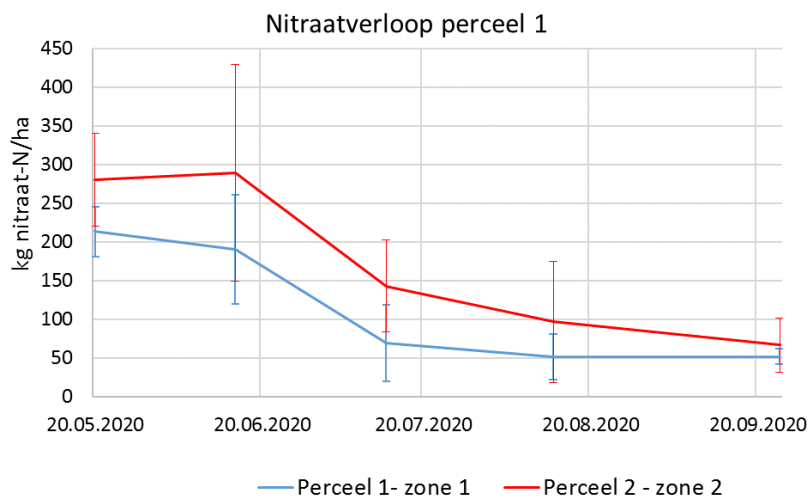
Figuur 18 Drogestofgehalte loof en knollen proefperceel 1 op 17 juni 2020.



Figuur 19 Drogestofgehalte loof en knollen proefperceel 1 op 13 augustus 2020.

Stikstofdynamiek

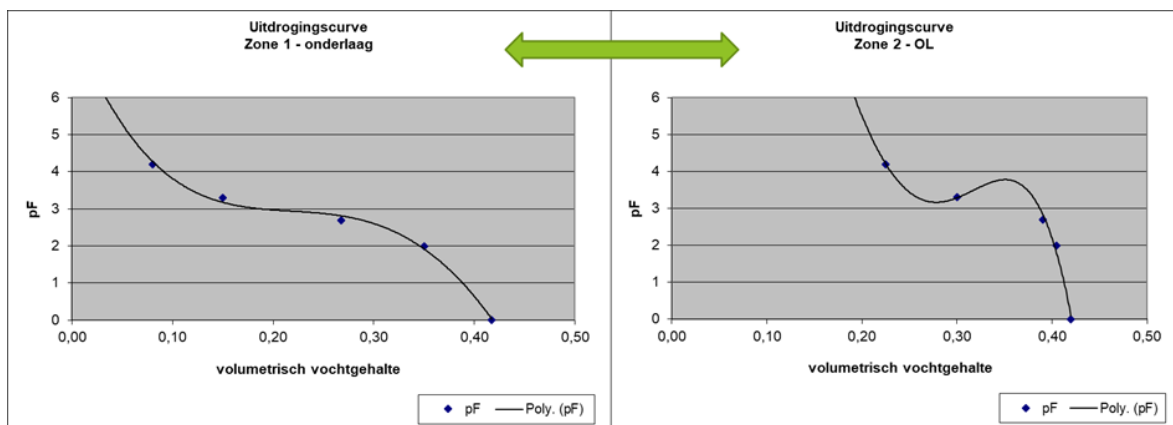
Op verschillende momenten tijdens het groeiseizoen werd het nitraatgehalte in de bodem bepaald in beide zones. Op de meeste tijdstippen werd de bodem bemonsterd tot 60 cm. Enkel bij de 2^{de} meting midden juni kon de bodem bemonsterd worden tot 90 cm en bij de laatste meting eind september kon de bodem maar bemonsterd worden tot 30 cm diep. Op de bodemstalen werd ook steeds het vochtgehalte gemeten. Deze resultaten worden verder besproken bij de bodemwaterbalans. Wat betreft het nitraatgehalte zien we dat er op de stalen een zeer grote variatie zit. Gemiddeld is het nitraatgehalte tijdens het groeiseizoen het hoogst in zone 2, wat kan worden verklaard door het hoger organisch koolstofgehalte en het hoger vochtgehalte wat bevorderend kon zijn voor de stikstof die vrijkwam via mineralisatie tijdens het droge groeiseizoen. Uit de metingen blijkt echter niet dat er in één van beide zones op een bepaald moment stikstof beperkend zou zijn geweest voor de groei.



Figuur 20 Nitraatgehalte in de bodem tijdens het groeiseizoen (kg nitraat-N/ha) bij proefperceel 1.

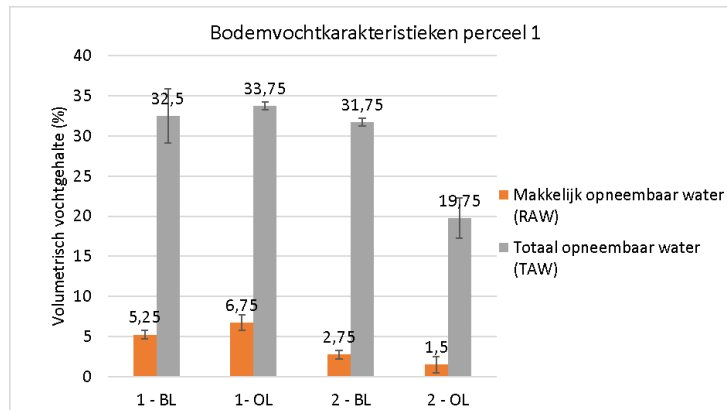
Bodemvochtkarakteristieken

In beide zones werden ook onverstoorte bodemstalen genomen van de bovenlaag (0-30 cm) en de onderlaag (30-60 cm) om de vochtretentiekaracteristiek na te gaan. Hierbij worden de onverstoorte bodemstalen verzadigd met water en wordt vervolgens een zuigspanning aangelegd en opgevolgd hoe snel het vochtgehalte in de bodem afneemt. Op die manier wordt een uitdrogingscurve opgesteld. Hiermee wordt gesimuleerd hoeveel water de bodem kan vasthouden en hoe snel hij dit zal vrijgeven in functie van de zuigspanning ten gevolge van de gewasverdamping door de aardappelen. Uit de resultaten bleek dat vooral voor de onderlaag de uitdrogingscurve verschillend was. In zone 2 nam het vochtgehalte bij een toenemende vochtspanning minder snel af. Hier kan het gewas dus minder gemakkelijk water uit de bodem onttrekken omdat een groot deel van het water heel sterk aan de bodem gebonden is.



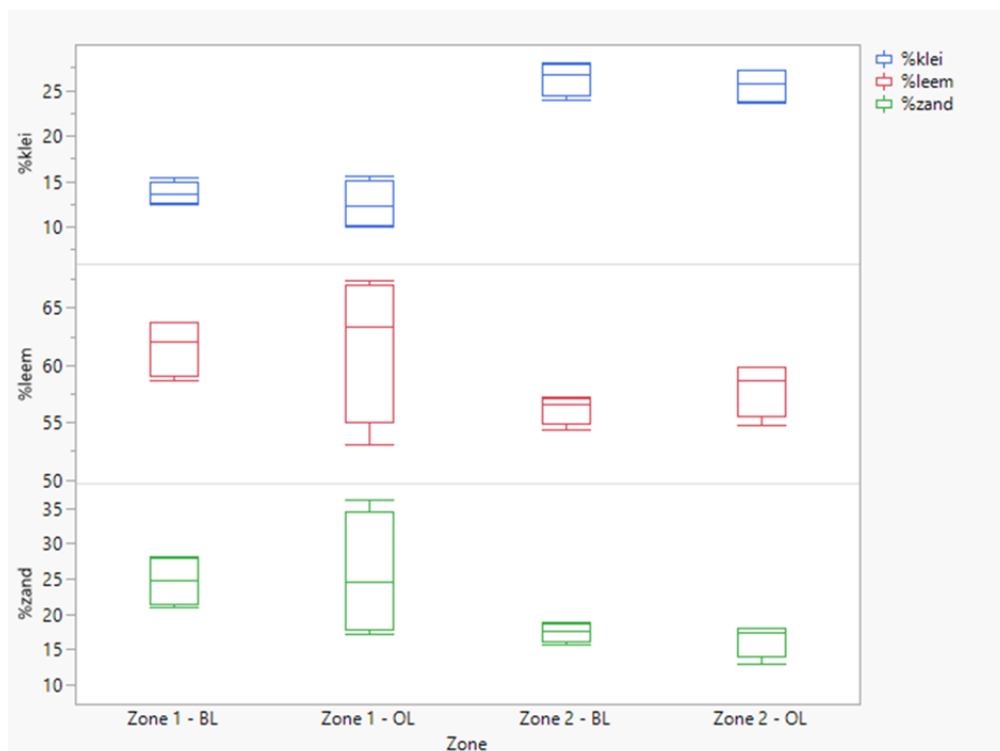
Figuur 21 Uitdrogingscurve van de onderlaag (OL, 30-60 cm) van zone 1 en 2 die het volumetrisch vochtgehalte (%) weergeeft in functie van de zuigspanning (pF).

Uit de vochtretentiecurve kunnen het gemakkelijk opneembaar water of “readily available water (RAW)” en het totaal opneembaar water of “total available water (TAW)” bepaald worden. Het gemakkelijk opneembaar water is het water dat uit de bodem kan worden opgenomen wanneer de zuigspanning toeneemt van pF 0 tot pF 2. Het totaal opneembaar water is het water dat uit de bodem kan worden opgenomen wanneer de zuigspanning toeneemt van pF 0 tot pF 4,2. In Figuur 21 is het gemakkelijk en totaal beschikbaar water van de bovenlaag en onderlaag weergegeven voor zone 1 en 2. Hieruit blijkt dat dit vooral in de onderlaag verschillend is, en in zone 2 zowel het gemakkelijk opneembaar als het totaal opneembaar water een stuk lager is dan in zone 1. Hier kan het gewas dus minder water opnemen uit de bodemlaag 30-60 cm dan in zone 1.



Figuur 22 Het gemakkelijk opneembaar water (RAW) en totaal opneembaar water (TAW) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en de onderlaag (OL, 30-60 cm) van proefperceel 1.

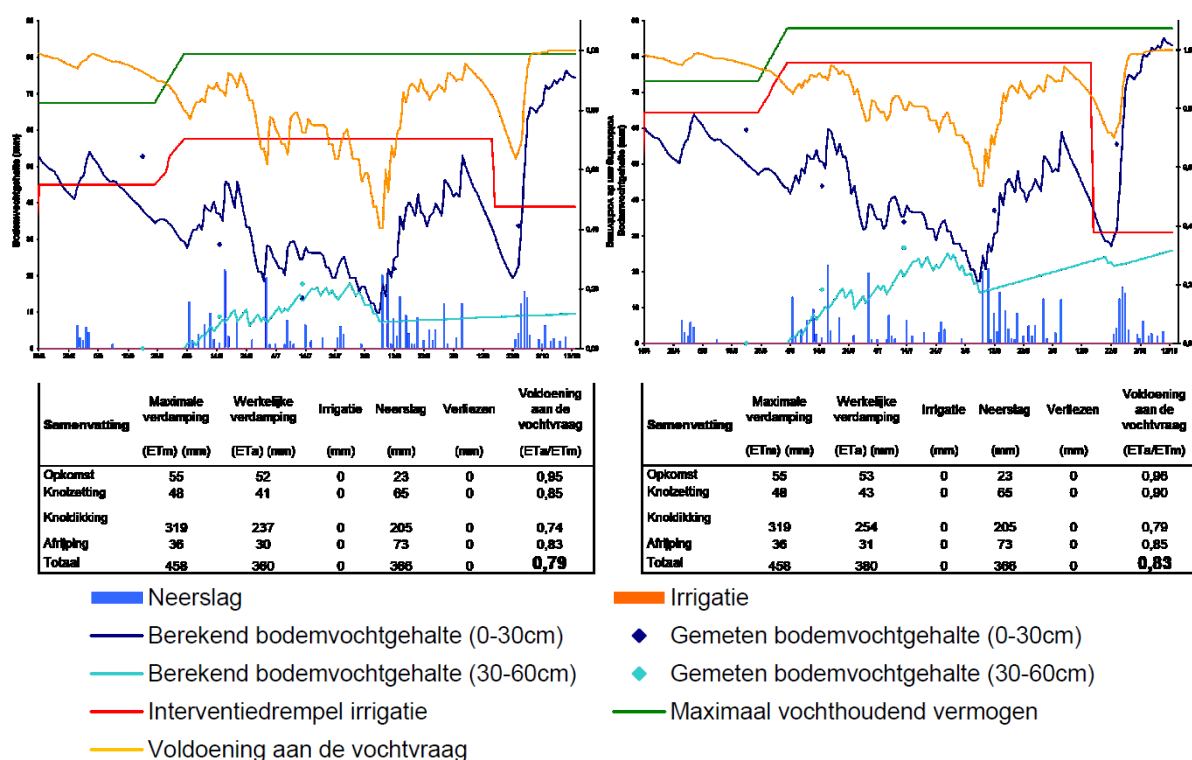
Voor de bovenlaag en onderlaag werd ook het klei-, leem- en zandgehalte bepaald in het laboratorium van de Bodemkundige Dienst van België (Figuur 23). Hieruit bleek dat het in zone 2 het kleigehalte in de bodem hoger was dan in zone 1, terwijl het leem- en zandgehalte lager was. Kleideeltjes kunnen het water in de bodem sterk binden, wat verklaart waarom zone 2 een kleiner aandeel gemakkelijk opneembaar water en totaal opneembaar water heeft. Het kleigehalte is in zone 2 zowel in de bovenlaag (0-30 cm) als in de onderlaag (30-60 cm) hoger. Uit de vochtretentiekarakteristiek blijkt dat vooral in de onderlaag dit gevolgen heeft voor het opneembaar water.



Figuur 23 Het klei-, leem- en zandgehalte (%) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en onderlaag (OL, 30 -60 cm) voor proefperceel 1.

Bodemwaterbalans

Voor beide zones werd ook een bodemwaterbalans opgesteld waarbij op basis van de vocht karakteristiek en vochtstalen tijdens het groeiseizoen wordt nagegaan in welke mate op elk moment wordt voldaan aan de vochtvraag van het gewas voor een maximale productie. Uit de balans bleek dat de voldoening van de vochtvraag tijdens het seizoen gelijkaardig was voor beide zones (Figuur 24). In zone 2 werden hogere absolute vochtgehalten gemeten maar hier ondervinden de aardappelen ook al bij een hoger vochtgehalte droogtestress omdat een deel van het water sterker aan de bodem gebonden is. Over het hele groeiseizoen samen was de voldoening aan de vochtvraag 79% voor zone 1 en 83% voor zone 2. Uit de bodem analyses blijkt dus dat in beide zones de voldoening aan de vochtvraag gelijkaardig was voor de aardappelen en zoals eerder vermeld dat er in beide zones steeds voldoende stikstof aanwezig was. Deze factoren verklaren de vergelijkbare opbrengst in beide zones, ondanks de verschillen in organische stofgehalte, textuur, vochtretentie karakteristiek en vochtgehalte.



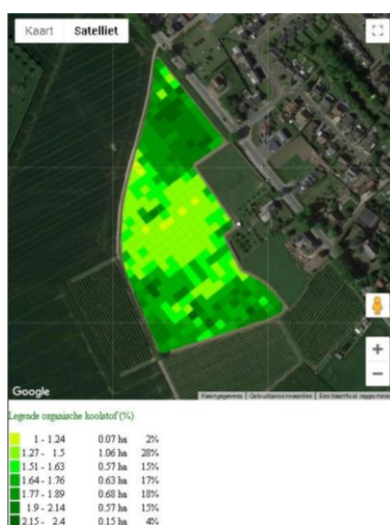
Figuur 24 Bodemvochtbalans van zone 1 en zone 2 van proefperceel 1. Deze geeft op basis van de gemeten vochtretentie karakteristiek en vochtgehalten de voldoening aan de vochtvraag weer.

3.2.2.2 Proefperceel 2

Proefperceel 2 was eveneens gelegen in Kortessems. Het perceel is 3,7 ha groot. Het is een samengevoegd perceel dat enkele jaren voordien opgedeeld was in verschillende kleinere percelen waarop verschillende teelten, waaronder grasland, fruitplantage, werden verbouwd. De verschillende teelten zorgden er eveneens voor dat de verschillende deelperceeltjes divers werden beheerd en zodoende dus ook tot verschillen in de bodem hebben kunnen leiden. In 2020 werden op dit perceel aardappelen gepoot, m.n. het ras Fontane. De voortteelt was wintertarwe.

3.2.2.2.1 Bodemscan en ligging zones

Onderstaande figuren geven de opgemaakte kaarten weer voor het organische koolstofgehalte (Figuur 25), de elektrische geleidbaarheid (Figuur 26) en de gescande pH-waarde t.o.v. de streefzone (Figuur 27). Dit perceel ondervindt grote interne variatie voor alle 3 deze parameters.



Figuur 25 Kaart met organische koolstofgehalte voor proefperceel 2.



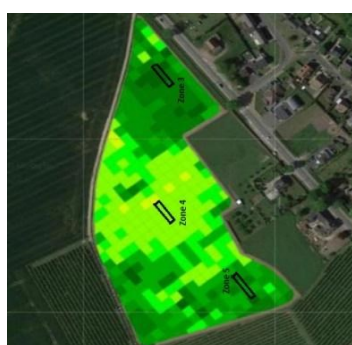
Figuur 26 Kaart met de EC bouwlaag voor proefperceel 2.



Figuur 27 Kaart met de gescande pH t.o.v. de streefzone voor proefperceel 2.

Op basis van de genomen bodemscan werden er op dit proefperceel 3 zones aangeduid. Voor het bepalen van de ligging van de zones werd er gekeken naar het organische koolstofgehalte en de elektrische geleidbaarheid. De pH is eveneens een belangrijke parameter naar de productiviteit in de bodem maar werd in dit project niet als selectiecriteria beschouwd.

De ligging van de zones wordt visueel voorgesteld in **Error! Reference source not found..** Zone 3 heeft een hoge elektrische geleidbaarheid en een hoog organisch koolstofgehalte. Zone 4 heeft een lage elektrische geleidbaarheid en een laag organisch koolstofgehalte. In Zone 5 is de elektrische geleidbaarheid laag en het organisch koolstofgehalte hoog. De specificaties die horen bij deze zones, worden weergegeven in de bijhorende tabel (**Error! Reference source not found.**).



Figuur 28 Ligging zones proefperceel 2.

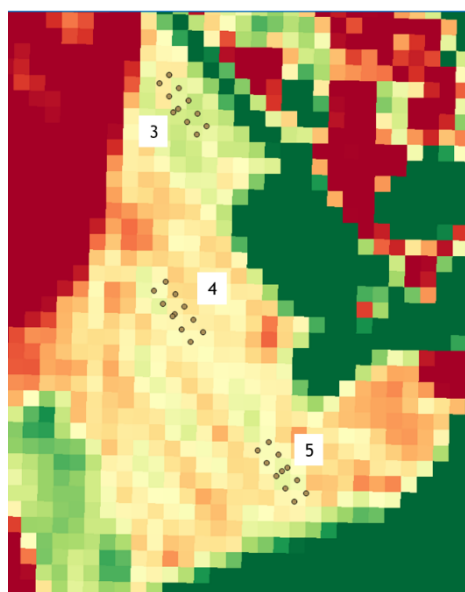
Tabel 5 Proefperceel 2. Elektrische geleidbaarheid (EC), pH en organische koolstofgehalte (OC) in de verschillende zones.

Zone	EC (mS/m)	pH	OC-gehalte (%)	Kenmerken
3	20,78 – 39,06	7,45 – 7,86	2,15 – 2,4	Hoge EC en hoge OC
4	10,96 – 13,76	6,84 – 7,00	1,0 – 1,24	Lage EC en lage OC
5	10,96 – 13,76	6,02 – 6,40	1,9 – 2,14	Lage EC en hoge OC

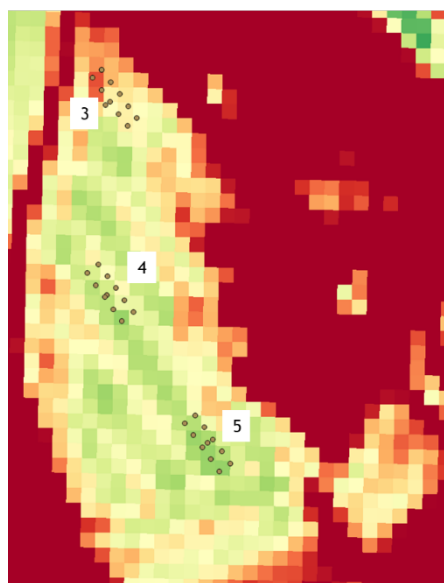
3.2.2.2.2 Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling

Ook op proefperceel 2 werd de gewasgroei opgevolgd gedurende het groeiseizoen van 2020 en dit in de 3 verschillende zones die werden aangeduid. Opnieuw kwam de invloed van de elektrische geleidbaarheid op de opkomstsnelheid van de aardappelen hieruit naar voren. Op het satellietbeeld (Figuur 29) van 5 mei 2020 dat de aardappelen blijkt in zone 3, dat gekenmerkt wordt door een hoge geleidbaarheid, sneller opkwamen. Op deze plaats is het satellietbeeld dan ook groener. Finaal bleek het opkomstpercentage tussen de verschillende zones niet van elkaar te verschillen. De variatie in de bodem had dus wel een invloed op de opkomstsnelheid maar niet het opkomstpercentage.

Later op het seizoen, wanneer de afrijping volop bezig is, zijn de verschillende zones minder goed te onderscheiden op het satellietbeeld. Het verschil in elektrische geleidbaarheid en het organische stofgehalte hadden dus weinig invloed op de afrijping op dit perceel.



Figuur 29 Proefperceel 2. Satellietbeeld genomen op 5 mei 2020.



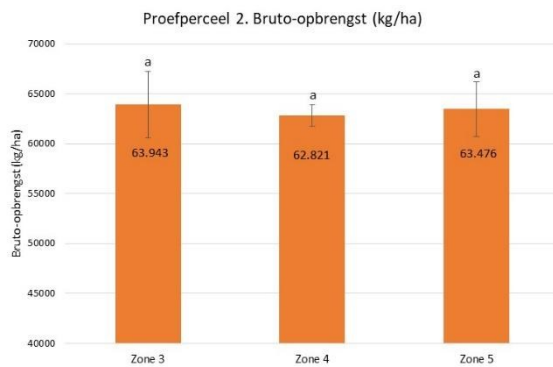
Figuur 30 Proefperceel 2. Satellietbeeld genomen op 8 augustus 2020.

Om na te gaan of de variatie in organische koolstofgehaltes en elektrische geleidbaarheid ook een invloed hebben op de finale opbrengst van de aardappelen, werden er op 29 september 2020 proefoogsten uitgevoerd. De bruto-opbrengst alsook de sortering werd voor de diverse zones bepaald. Deze cijfers zijn weergegeven in Tabel 6.

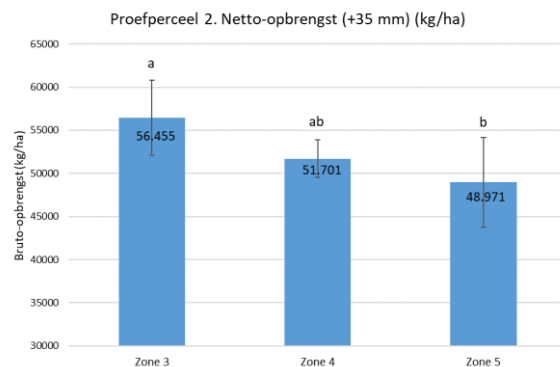
Tabel 6 Opbrengstbepaling en sortering proefperceel 2 bepaald op 29 september 2020.

Zone	Kenmerken	Bruto opbrengst (ton/ha)	Uitval (ton/ha)	Sortering (ton/ha)		
				+ 35 mm	+ 50 mm	+70 mm
3	OS + en EC +	63,9	6,8	56,5	39,6	7,1
4	OS - en EC -	62,8	10,5	51,7	33,9	3,6
5	OS + en EC -	63,5	13,9	49,0	34,7	4,5

In de bruto-opbrengst waren de verschillen eerder beperkt en was er geen sprake van significante verschillen (Figuur 31). Ook de netto-opbrengsten (+35 mm) werden onderworpen aan een statistische analyse. Hierbij bleek de opbrengst van zone 3 beduidend hoger dan de netto-opbrengst in zone 5 (Figuur 32). De hogere elektrische geleidbaarheid in zone 3, dat resulteerde in een snellere opkomst, maakt dat de netto-opbrengst positief werd beïnvloed. Zone 3 werd dan ook gekenmerkt door een lagere hoeveelheid uitval en een grovere sortering.



Figuur 31 Bruto-opbrengst proefperceel 2.



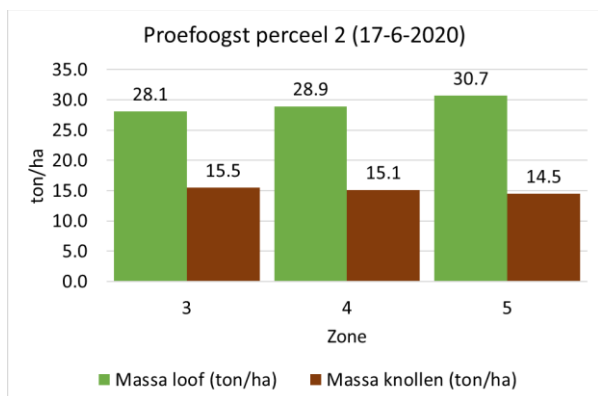
Figuur 32 Netto-opbrengst (+35 mm) proefperceel 2.

Opmerkelijk in de aardappelen afkomstig van zone 3 was de aanwezigheid van schurft. Schurft komt in aardappelen het vaakst voor wanneer de pH aan de hoge kant is. Dit blijkt uit het rapport van de bodemscan, meer bepaald de kaart die de gescande pH t.o.v. de streefzone weergeeft (Figuur 27), het geval te zijn voor zone 3 (pH 7,45 – 7,86).

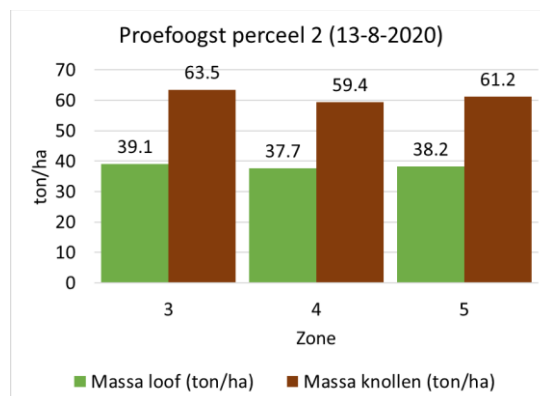
3.2.2.2.3 Link met de bodem

Tussentijdse proefoogsten

Ook bij proefperceel 2 werd tijdens het groeiseizoen op 2 momenten (17 juni en 13 augustus) een proefoogst uitgevoerd. Hier werd ook telkens de opbrengst (ton/ha) van de knollen en het loof bepaald. Zowel in juni als in augustus was de opbrengst gelijkaardig voor alle zones.

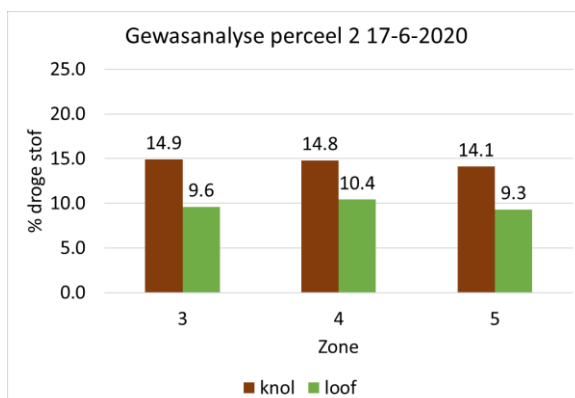


Figuur 33 Tussentijds proefoogst proefperceel 2 op 17 juni 2020.

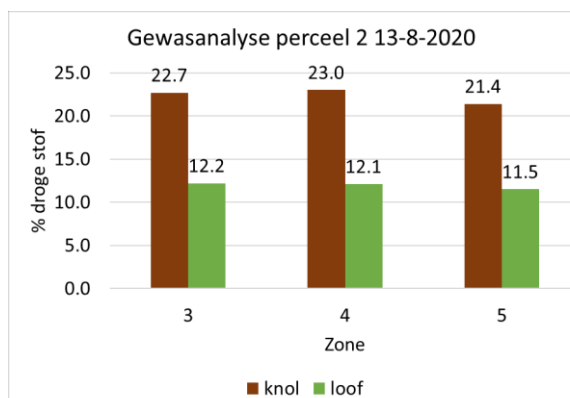


Figuur 34 Tussentijdse proefoogst proefperceel 2 op 13 augustus 2020.

Ook hier werd bij de tussentijdse proefoogsten het drogestofgehalte van de knollen en het loof bepaald (Figuur 35 en 36). Ook deze waren vergelijkbaar voor de drie zones.



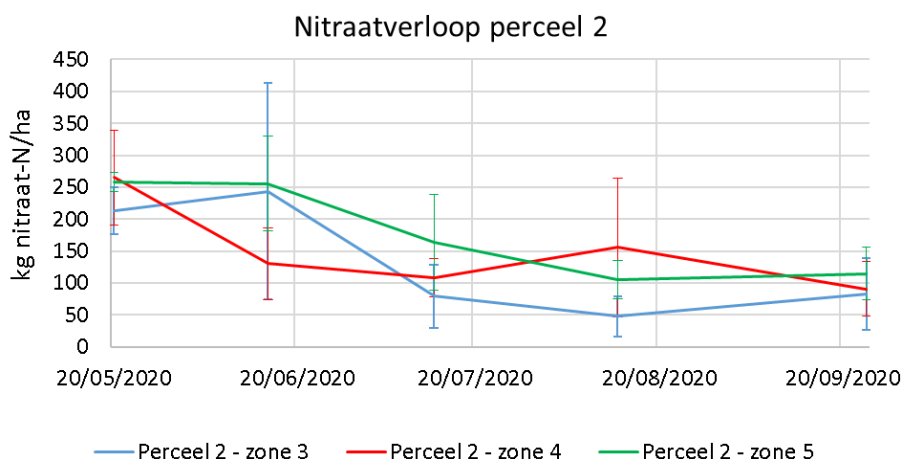
Figuur 35 Drogestofgehalte loof en knollen proefperceel 2 op 17 juni 2020.



Figuur 36 Drogestofgehalte loof en knollen proefperceel 2 op 13 augustus 2020.

Stikstofdynamiek

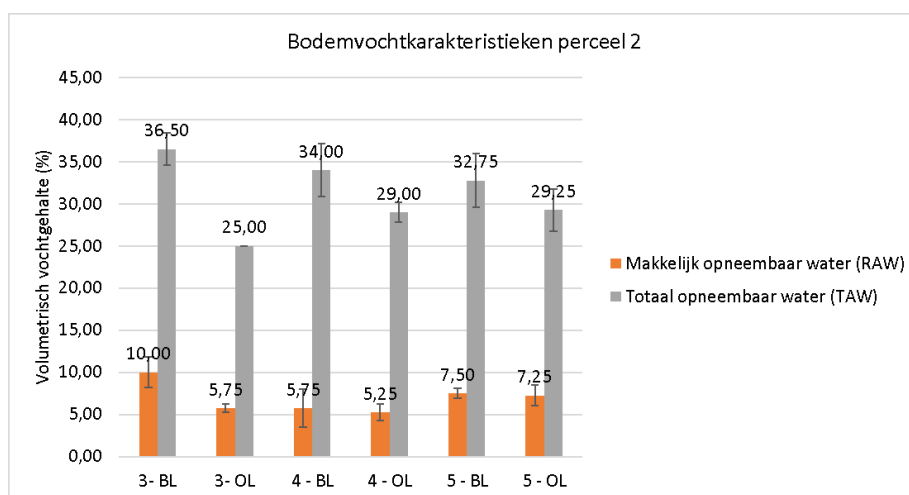
Ook bij het tweede proefperceel werd het nitraatgehalte in de bodem opgevolgd tijdens het groeiseizoen. Op de meeste tijdstippen werd de bodem bemonsterd tot 60 cm. Enkel bij de 2de meting midden juni werd de bodem bemonsterd tot 90 cm en bij de laatste meting eind september kon de bodem maar bemonsterd worden tot 30 cm diep. Alle metingen werden uitgevoerd in 4 herhalingen, die een vrij grote spreiding vertoonden. Er werd geen significant verschil in nitraatgehalte in de bodem teruggevonden tussen de 3 zones tijdens het groeiseizoen. De metingen tonen ook aan dat in geen van de zones het nitraatgehalte in de bodem op een bepaald moment limiterend was voor de gewasgroei.



Figuur 37 Nitraatgehalte in de bodem tijdens het groeiseizoen (kg nitraat-N/ha) bij proefperceel 2.

Bodemvochtkarakteristieken

Ook bij dit proefperceel werden in alle zones onverstoorte bodemstalen verzameld van de bovenlaag (0-30 cm) en onderlaag (30-60 cm) om de bodemvochtkarakteristieken te bepalen. Uit de uitdrogingscurves werd net zoals bij proefperceel 1 het gemakkelijk opneembaar water of “readily available water (RAW)” en het totaal opneembaar water of “total available water (TAW)” bepaald.



Figuur 38 Het gemakkelijk opneembaar water (RAW) en totaal opneembaar water (TAW) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en de onderlaag (OL, 30-60 cm) van proefperceel 2.

In Figuur 38 zien we dat in zone 3 de bovenlaag (0-30 cm) gemiddeld het meeste gemakkelijk en totaal opneembaar water heeft terwijl in de onderlaag hier het totaal opneembaar water lager is t.o.v. de andere zones.

Voor de bovenlaag en onderlaag werd ook het klei-, leem- en zandgehalte bepaald in het laboratorium van de Bodemkundige Dienst van België (Figuur 39). In de bovenlaag waren de verschillen in textuur tussen de verschillende zones beperkt. In de onderlaag vinden we in zone 3 gemiddeld een iets hoger kleigehalte terug, al is het verschil ook hier beperkt.



Figuur 39 Het klei-, leem- en zandgehalte (%) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en onderlaag (OL, 30-60 cm) voor proefperceel 2.

Bodemwaterbalans

Net als bij proefperceel 1 werd ook hier voor alle zones een bodemwaterbalans opgesteld waarbij op basis van de vocht karakteristiek en vochtstalen tijdens het groeiseizoen wordt nagegaan in welke mate op elk moment wordt voldaan aan de vochtvraag van het gewas voor een maximale productie. In Figuur 40 zijn de samenvattende tabellen weergegeven. Hieruit blijkt dat de voldoening aan de vochtvraag met 79%, 80% en 78% vergelijkbaar is voor alle drie de zones (Figuur 40).

Zone 3

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETa) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETa/ETm)
Opkomst	55	52	0	23	0	0,96
Knolzetting	48	41	0	65	0	0,85
Knoldikking	319	237	0	205	0	0,74
Afrijping	36	30	0	73	0	0,83
Totaal	458	360	0	366	0	0,79

Zone 4

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETa) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETa/ETm)
Opkomst	55	52	0	23	0	0,95
Knolzetting	48	42	0	65	0	0,86
Knoldikking	319	242	0	205	0	0,76
Afrijping	36	30	0	73	0	0,84
Totaal	458	366	0	366	0	0,80

Zone 5

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETa) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETa/ETm)
Opkomst	55	52	0	23	0	0,95
Knolzetting	48	40	0	65	0	0,83
Knoldikking	319	234	0	205	0	0,73
Afrijping	36	30	0	73	0	0,83
Totaal	458	356	0	366	0	0,78

Figuur 40 Samenvattende tabellen van de bodemvochtbalans voor zone 3, 4 en 5 van proefperceel 2. Deze geeft op basis van de gemeten vochtretentiekarakteristiek en vochtgehaltes de voldoening aan de vochtvraag weer.

3.2.2.3 Proefperceel 3

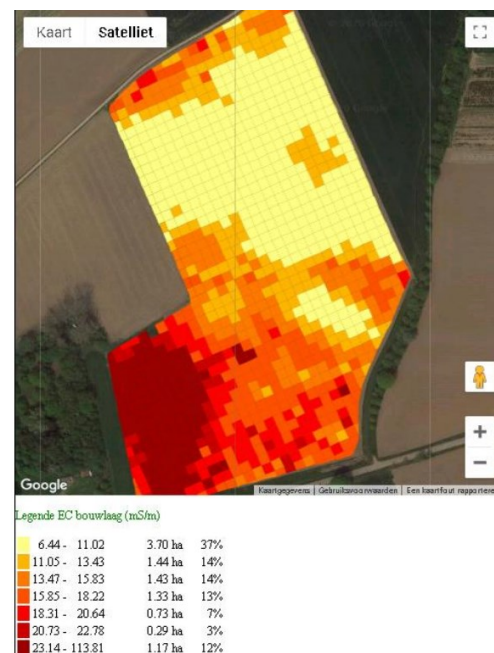
Het derde proefperceel was gelegen in Tongeren. Het perceel is 9 ha groot. De perceelsgrenzen zijn in het verleden gewijzigd ten gevolge van een ruilverkaveling. Bijkomend is het perceel hellend, waardoor er door uitspoeling/erosie eveneens interne variatie kon ontstaan. In 2020 werden op dit perceel aardappelen gepoot, m.n. het ras Innovator. Om de invloed van droogte t.g.v. variatie in de bodem na te gaan is innovator een zeer geschikt ras. Het ras is namelijk zeer gevoelig aan droogte en zet al vlug de afrijping in gang onder te droge omstandigheden. De voorkeur op dit perceel was wintertarwe.

3.2.2.3.1 Bodemscan en ligging zones

Ook op dit perceel werden grote verschillen in de organische koolstofgehaltenes (Figuur 41) en de elektrische geleidbaarheid (Figuur 42) waargenomen. Het organische stofgehalte is bovenaan en links onder het hoogst. In het midden loopt dit gehalte terug. Op het kaartje van de elektrische geleidbaarheid zien we dat de hoogste geleidbaarheid onderaan het perceel werd gemeten. Bovenaan het perceel lagen deze waarden een stuk lager.

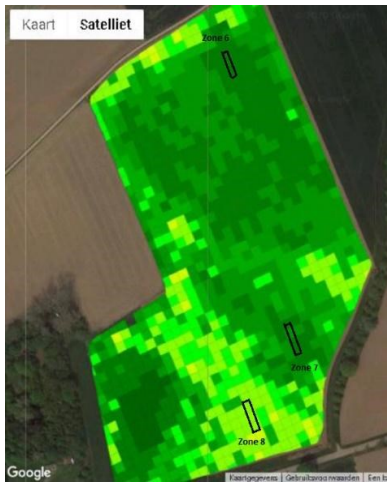


Figuur 41 Kaart met organische koolstofgehalte voor proefperceel 3.



Figuur 42 Kaart met de EC bouwlaag voor proefperceel 3.

Op basis van de genomen bodemscan werden er op dit proefperceel opnieuw 3 zones aangeduid. Hiervoor werd er gekeken naar het organische koolstofgehalte én de elektrische geleidbaarheid. De ligging van de zones wordt visueel voorgesteld in Figuur 43. Zone 6 heeft een lage elektrische geleidbaarheid en een hoog organisch koolstofgehalte. Zone 7 heeft een hoge elektrische geleidbaarheid en een hoog organisch koolstofgehalte. In zone 8 is de elektrische geleidbaarheid hoog en het organisch koolstofgehalte laag. De specificaties die horen bij deze zones, worden weergegeven in de bijhorende tabel (Tabel 7).



Figuur 43 Ligging zones proefperceel 3.

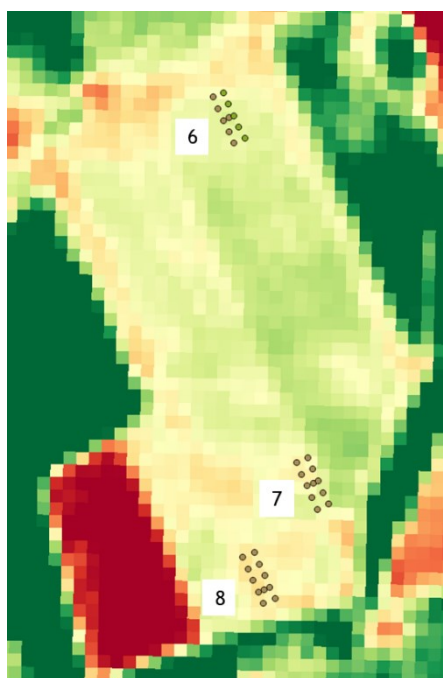
Tabel 7 Proefperceel 3. Elektrische geleidbaarheid (EC) organische koolstofgehalte (OC) in de verschillende zones.

Zone	EC (mS/m)	OC-gehalte (%)	Kenmerken
6	6,44 – 11,02	1,56 – 1,72	Lage EC en hoge OC
7	18,31 – 20,64	1,56 – 1,72	Hoge EC en hoge OC
8	20,73 – 22,78	0,82 – 0,98	Hoge EC en lage OC

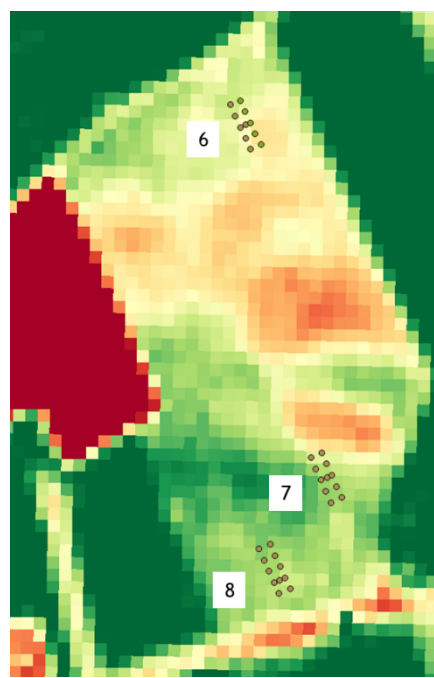
3.2.2.3.2 Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling

Aangezien ook op proefperceel 3 aandacht was voor variaties in de elektrische geleidbaarheid en het organische koolstofgehalte, werden op dit perceel eveneens naar invloeden van beide parameters op de gewasgroei en de opbrengst gekeken. Hier bleek opnieuw het aantal planten dat opkwam per opgevolgde zone geen verschil merkbaar. De snelheid waarmee de aardappelen opkwamen en ontwikkelde werd wel beïnvloed door de interne variaties die gemeten werden door de bodemscanner. In tegenstelling tot de voorgaande 2 proefpercelen, was het verschil in opkomstsnelheid op dit proefperceel eerder te wijten aan verschillen in organische stofgehalte. Wanneer het satellietbeeld van 5 mei 2020 (Figuur 44) langs de taakkaart van het organische koolstofgehalte wordt gelegd, is de kleur duidelijk groener daar waar ook het organische koolstofgehalte hoger is.

De snelheid van afrijpen wordt daarentegen voornamelijk beïnvloed door verschillen in elektrische geleidbaarheid. Het ras Innovator wordt gekenmerkt door zijn slechte droogtetolerantie. Op het proefperceel kwam dit raskenmerk onder de droge omstandigheden in 2020 duidelijk naar voor. Op de plaatsen binnen het perceel waar de elektrische geleidbaarheid het laagst was, bleek op 8 augustus (Figuur 45) de afrijping dan ook al vergevorderd.



Figuur 44 Proefperceel 3. Satellietbeeld 5 mei 2020.



Figuur 45 Proefperceel 3. Satellietbeeld 8 augustus 2020.

Verschillen in gewasgroei hebben vaak ook een invloed op de finale opbrengst. Ook dit werd nagegaan op dit perceel. De resultaten, zoals de bruto-opbrengst en de sortering, bekomen uit de proefoogst die werd uitgevoerd op 16 september 2020, staan weergegeven in Tabel 8.

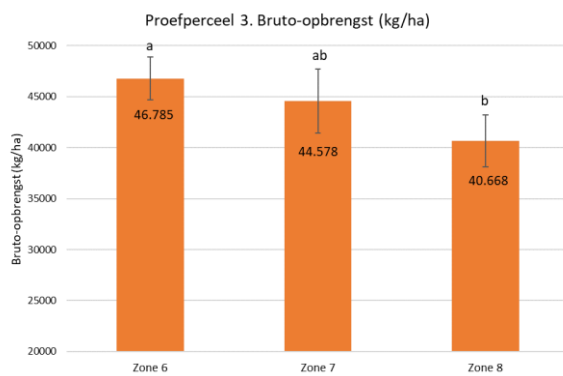
Tabel 8 Opbrengstbepaling en sortering proefperceel 3 bepaald op 16 september 2020.

Zone	Kenmerken	Bruto opbrengst (ton/ha)	Uitval (ton/ha)	Sortering (ton/ha)		
				+ 35 mm	+ 50 mm	+70 mm
6	OS + en EC -	46,8	9,3	37,2	25,2	2,5
7	OS + en EC +	44,6	15,0	29,1	16,6	0,8
8	OS - en EC +	40,7	13,5	26,9	17,6	1,1

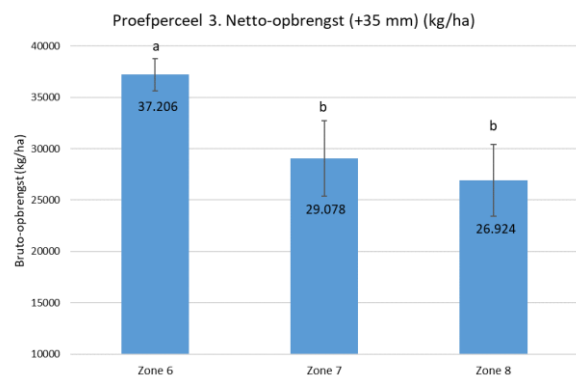
Allereerst bleken de opbrengsten duidelijk lager op dit proefperceel in vergelijking met de andere proefpercelen. De droogtegevoeligheid van Innovator in combinatie met de droge omstandigheden tijdens het groeiseizoen van 2020 hebben ervoor gezorgd dat het aantal groeidagen sterk werd gereduceerd. Op de andere percelen werd het ras Fontane gepoot dewelke minder gevoelig waren voor de extreme droogte.

Naast de verschillen met de andere proefpercelen, waren er ook duidelijke verschillen tussen de verschillende zones. De bruto-opbrengst bleek in zone 6 significant hoger dan de bruto-opbrengst van zone 8. Deze 2 zones vormden mekaars uitersten. De bruto-opbrengst van zone 7 lag tussen deze van zone 6 en zone 8 in en bleek niet significant met de andere zones te verschillen.

In de netto-opbrengsten werden de verschillen tussen de zones wel significant. Zone 6 behaalde de hoogste opbrengsten in de sortering +35 mm en had, met een netto-opbrengst die ruim 8 ton/ha hoger lag, significant hogere opbrengsten dan zone 7 en 8. Dit verschil werd voornamelijk bepaald door het lager aandeel uitval in zone 6. De verschillen tussen zone 7 en 8 waren onvoldoende groot om beduidend te zijn. In de netto-opbrengsten is het de combinatie van een hoger organisch koolstofgehalte en een lagere elektrische geleidbaarheid die de beste gewasopbrengst behaalde.



Figuur 46 Bruto-opbrengst proefperceel 3.

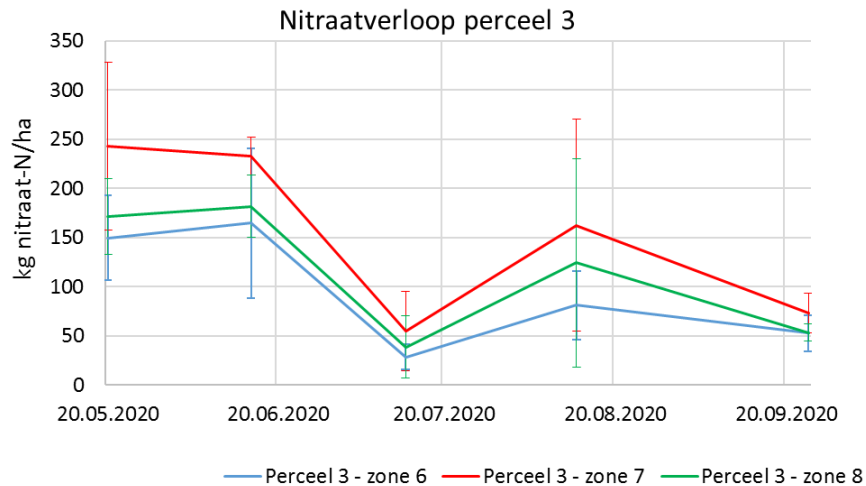


Figuur 47 Netto-opbrengst (+35 mm) proefperceel 3.

3.2.2.3.3 Link met de bodem

Stikstofdynamiek

Het nitraatgehalte dat tijdens het groeiseizoen in de bodem werd gemeten bij proefperceel 3 is weergegeven in Figuur 48. Dit werd op de meeste tijdstippen gemeten in de bodemlaag 0-60 cm. Enkel half juni werden de bodemlaag 0-90 cm bemonsterd en bij de laatste staalname in augustus de bodemlaag 0-30 cm (dieper was niet mogelijk omwille van de droogte).

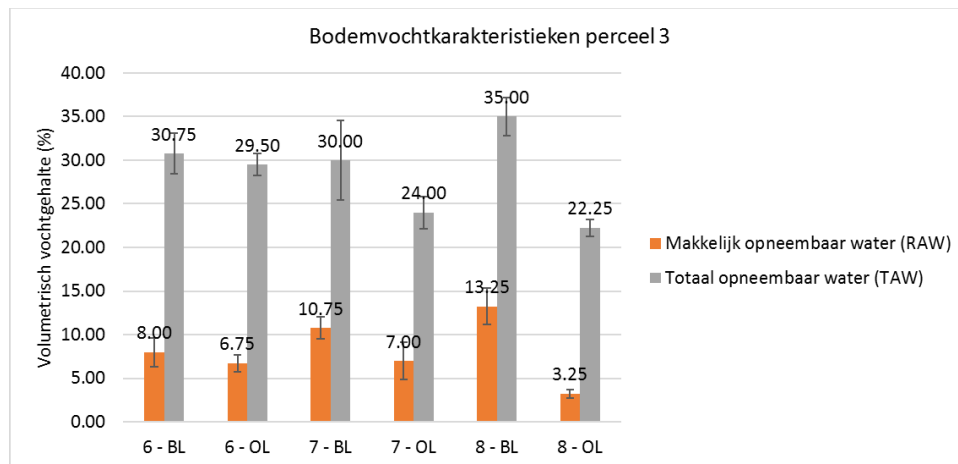


Figuur 48 Nitraatgehalte in de bodem tijdens het groeiseizoen (kg nitraat-N/ha) bij proefperceel 3.

We zien dat het nitraatgehalte in de bodem tijdens het groeiseizoen niet significant verschillend was in de verschillende zones en de variatie op de metingen zeer groot was. De resultaten wijzen er ook op dat stikstof tijdens het groeiseizoen in geen enkele zone de beperkte factor is geweest.

Bodemvochtkarakteristieken

Ook bij proefperceel 3 werden in alle zones onverstoorte bodemstalen verzameld van de bovenlaag (0-30 cm) en onderlaag (30-60 cm) om de bodemvochtkarakteristieken te bepalen. Uit de uitdrogingscurves werd net zoals bij proefperceel 1 het gemakkelijk opneembaar water of “readily available water (RAW)” en het totaal opneembaar water of “total available water (TAW)” bepaald.



Figuur 49 Het gemakkelijk opneembaar water (RAW) en totaal opneembaar water (TAW) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en de onderlaag (OL, 30-60 cm) van proefperceel 3.

In Figuur 49 zien we dat de verschillen tussen zone 6, 7 en 8, rekening houdend met de variatie, eerder beperkt zijn. In zone 6, waar de hoogste opbrengst werd gemeten, is het totaal opneembaar water in de onderlaag gemiddeld wel wat hoger dan in de andere twee zones. In zone 8, waar de laagste opbrengst werd gemeten, is het gemakkelijk opneembaar water in de onderlaag gemiddeld ook het laagst.

Voor de bovenlaag en onderlaag werd het klei-, leem- en zandgehalte bepaald in het laboratorium van de Bodemkundige Dienst van België (Figuur 53). Hieruit blijkt dat zone 6 gemiddeld een wat lager kleigehalte en hoger leemgehalte heeft. Zone 8 heeft gemiddeld het hoogste kleigehalte in de boven- en onderlaag.



Figuur 50 Het klei-, leem- en zandgehalte (%) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en onderlaag (OL, 30-60 cm) voor proefperceel 3.

Bodemwaterbalans

Net als voor de andere proefpercelen werd ook bij proefperceel 3 voor alle zones een bodemwaterbalans opgesteld waarbij op basis van de vochtkarakteristiek en vochtstalen tijdens het groeiseizoen wordt nagegaan in welke mate op elk moment wordt voldaan aan de vochtvraag van het gewas voor een maximale productie. In Figuur 51 zijn de samenvattende tabellen weergegeven. Hieruit blijkt dat de voldoening aan de vochtvraag iets hoger is in zone 6 (67%) dan in zone 7 (62%) en zone 8 (63%). De voldoening aan de vochtvraag is bij proefperceel 3 wel duidelijk lager dan bij de ander proefpercelen waar deze rond de 80% schommelde. In de zone 6, waar het meest werd voldaan aan de vochtvraag, werd ook de hoogste opbrengst waargenomen.

Zone 6

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETA) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETA/ETm)
Opkomst	52	50	0	17	0	0,97
Knozzetting	48	36	0	57	0	0,76
Knozdikking	243	151	0	91	0	0,62
Afrijping	67	38	0	39	0	0,57
Totaal	410	276	0	205	0	0,67

Zone 7

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETA) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETA/ETm)
Opkomst	52	48	0	17	0	0,93
Knozzetting	48	30	0	57	0	0,62
Knozdikking	243	137	0	91	0	0,56
Afrijping	67	39	0	39	0	0,57
Totaal	410	254	0	205	0	0,62

Zone 8

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETA) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETA/ETm)
Opkomst	52	49	0	17	0	0,94
Knozzetting	48	30	0	57	0	0,62
Knozdikking	243	143	0	91	0	0,59
Afrijping	67	39	0	39	0	0,58
Totaal	410	260	0	205	0	0,63

Figuur 51 Samenvattende tabellen van de bodemvochtbalans van zone 6, 7 en 8 van proefperceel 3. Deze geeft op basis van de gemeten vochtretentiekarakteristiek en vochtgehaltes de voldoening aan de vochtvraag weer.

3.2.2.4 Perceel 4

Proefperceel 4 is eveneens gelegen in Tongeren. Het perceel is 3,9 ha groot en hellend. In 2020 werden op dit perceel aardappelen (ras Fontane) gepoot. De voorteelt op dit perceel was wintergerst.

3.2.2.4.1 Bodemscan en ligging zones

De verschillen in het organische koolstofgehalte (Figuur 52) zijn op dit perceel minder uitgesproken aanwezig. Enkel links onderaan liggen deze waardes lager. In de elektrische geleidbaarheid zijn er wel grote verschillen aanwezig (Figuur 53) met bovenaan het perceel hoge EC-waardes en onderaan lage EC-waardes. Dit perceel werd dan ook voornamelijk gekozen vanwege de grote interne variatie in elektrische geleidbaarheid.

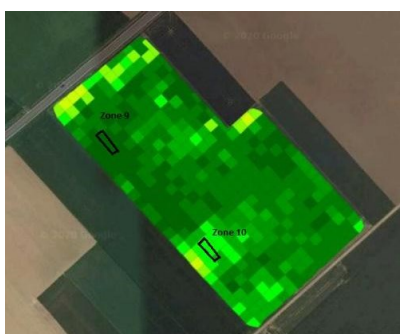


Figuur 52 Kaart met organische koolstofgehalte voor proefperceel 4.



Figuur 53 Kaart met de EC bouwlaag voor proefperceel 4.

Op dit proefperceel werden er, naar aanleiding van de kaarten die voortvloeiden uit de bodemscan, 2 zones aangeduid. Zoals eerder vernoemd vormde het verschil in elektrische geleidbaarheid de belangrijkste parameter maar ook het verschil in organische koolstof werd mee opgenomen. De ligging van de zones wordt visueel voorgesteld in Figuur 54. Zone 9 heeft een hoge elektrische geleidbaarheid en een hoog organisch koolstofgehalte. Zone 10 heeft een lage elektrische geleidbaarheid en een laag organisch koolstofgehalte. De specificaties die horen bij deze zones, worden weergegeven in de bijhorende tabel (Tabel 9).



Figuur 54 Ligging zones proefperceel 4.

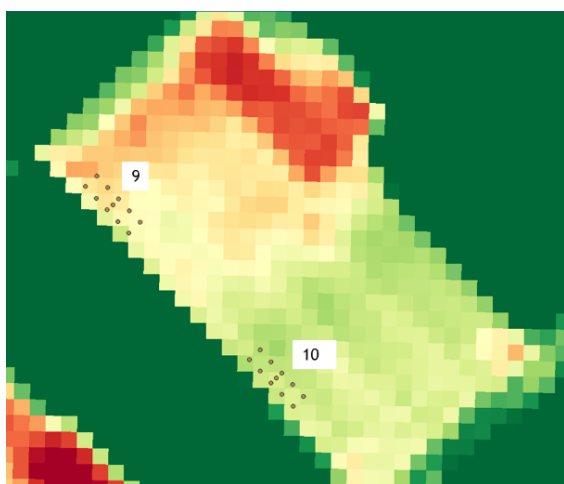
Tabel 9 Proefperceel 4. Elektrische geleidbaarheid (EC) en organische koolstofgehalte in de verschillende zones.

Zone	EC (mS/m)	OC-gehalte (%)	Kenmerken
9	18,67 – 28,51	1,29 – 1,39	Hoge EC en hoge OC
10	7,85 – 11,41	0,93 – 1,02	Lage EC en lage OC

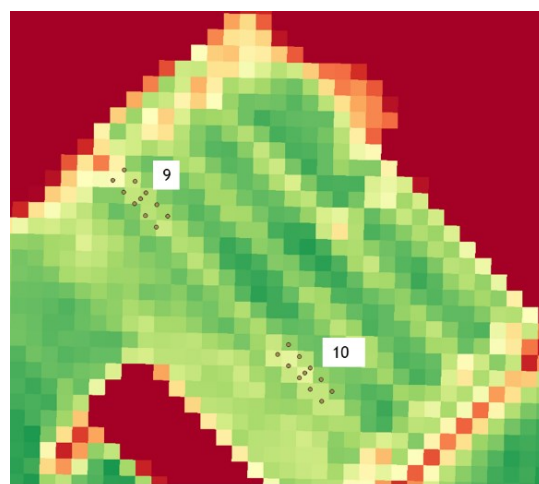
3.2.2.4.2 Gewaswaarnemingen en opbrengstbepaling

Het laatste proefperceel werd voornamelijk gekozen vanwege de grote verschillen in de elektrische geleidbaarheid. Opnieuw is, net zoals op proefperceel 1 en 2, voornamelijk de elektrische geleidbaarheid bepalend geweest voor de gewasgroei op dit perceel. Het belang van een organisch koolstofgehalte binnen de streefzone bleek ook hier weinig tot uiting te komen.

Het verschil in elektrische geleidbaarheid blijkt vooral in de opkomstfase van zeer groot belang. Het hogere EC-gehalte was op dit perceel vooral te wijten aan de zwaardere bodemtextuur. De zone met hoge EC-waarden warmde in het voorjaar dan ook langzamer op wat gevolgen had op de opkomstsnelheid. Het voorziene plantenaantal werd op dit perceel behaald maar de groeisnelheid van het gewas was duidelijk hoger in zone 10 waar de EC lager was en de bodem dus sneller opwarmde. Dit blijkt duidelijk uit Figuur 55. Op de afrijping blijkt de elektrische geleidbaarheid op dit perceel dan weer minder invloed te hebben (Figuur 56).



Figuur 55 Satellietbeeld genomen op 5 mei 2020 van proefperceel 4.



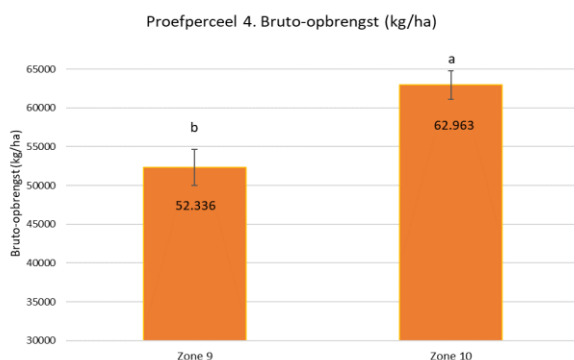
Figuur 56 Satellietbeeld genomen op 8 augustus 2020 van proefperceel 4.

Opnieuw werden er ook op dit perceel manuele proefoogsten genomen waarop vervolgens de totale bruto-opbrengst en sortering werd bepaald. Deze cijfers zijn terug te vinden in onderstaande tabel.

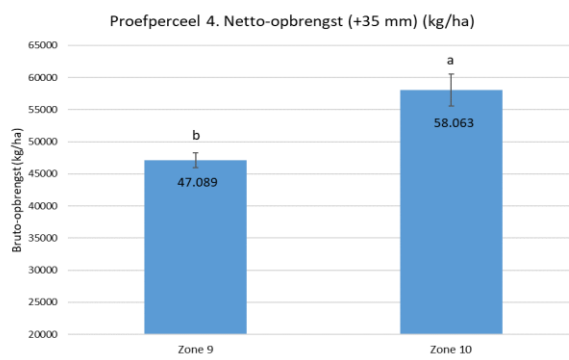
Tabel 10 Opbrengstbepaling en sortering proefperceel 4 bepaald op 29 september 2020.

Zone	Kenmerken	Bruto opbrengst (ton/ha)	Uitval (ton/ha)	Sortering (ton/ha)		
				+ 35 mm	+ 50 mm	+70 mm
9	OS + en EC +	52,3	4,5	47,1	37,5	13,8
10	OS - en EC -	63,0	4,4	58,1	42,2	6,3

De snelle groei die de aardappelen in zone 10 kenden door de lagere EC kwam op dit perceel ook in de opbrengstcijfers heel duidelijk naar voor. De bodem warmde hier sneller op waardoor de aardappelen in zone 10 al een belangrijke voorsprong hadden op de aardappelen in zone 9 (hoge EC en hoge OS). Dit resulteerde in een beduidend hogere bruto-opbrengst van maar liefst 10 ton/ha in zone 10 (Figuur 57). Dit significante verschil bleef ook in de netto-opbrengst behouden (Figuur 58). Anderzijds bleek de sortering voor zone 9, ondanks de lagere opbrengst, wel grover wat in het geval van frietaardappelen eveneens een belangrijk kwaliteitseigenschap is. De opbrengst in de sortering +70 mm bleek zelfs hoger in zone 9 dan zone 10.



Figuur 57 Bruto-opbrengst proefperceel 4.

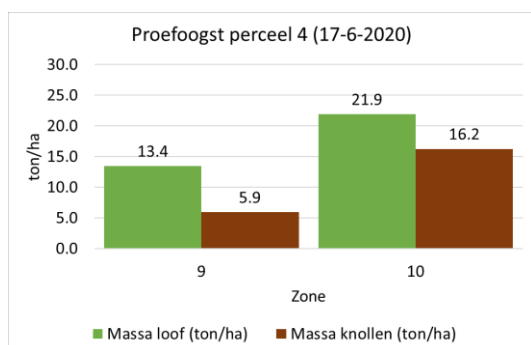


Figuur 58 Netto-opbrengst (+35 mm) proefperceel 4.

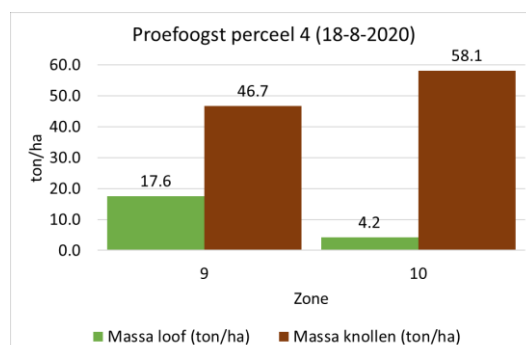
3.2.2.4.3 [Link met de bodem](#)

Tussentijdse proefoogsten

Bij proefperceel 4 werd tijdens het groeiseizoen een tussentijdse proefoogst uitgevoerd op 17 juni en 18 augustus. Telkens werd de opbrengst (ton/ha) van de knollen en het loof bepaald (Figuur 59 en 60). In juni was de massa loof en knollen duidelijk hoger in zone 10, waar de EC lager was en de opkomst sneller verliep. Uit de proefoogst in augustus blijkt dat dit verschil in groeisnelheid tussen beide zones niet meer kon worden ingehaald en in zone 10 de knolopbrengst hoger is. In zone 9 is er in augustus wel nog meer loof aanwezig en tussen de proefoogst in augustus en de finale oogst in september is er hier ook nog een iets hogere toename in massa knollen, maar het verschil blijft groot.

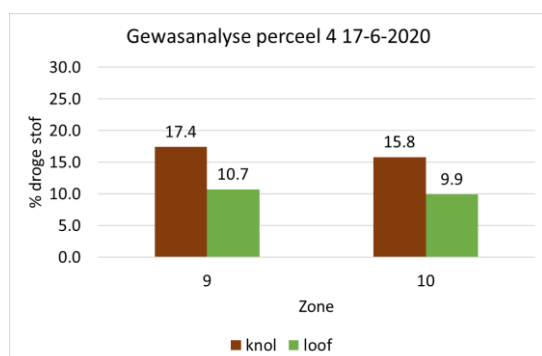


Figuur 59 Tussentijdse proefoogst proefperceel 4 op 17 juni 2020.

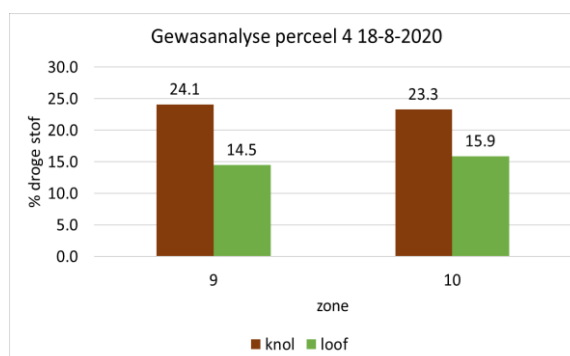


Figuur 60 Tussentijdse proefoogst proefperceel 4 op 13 augustus 2020.

Het drogestofgehalte van het loof en de knollen (Figuur 61 en 62) was bij beide proefoogsten gelijkaardig voor de twee zones.



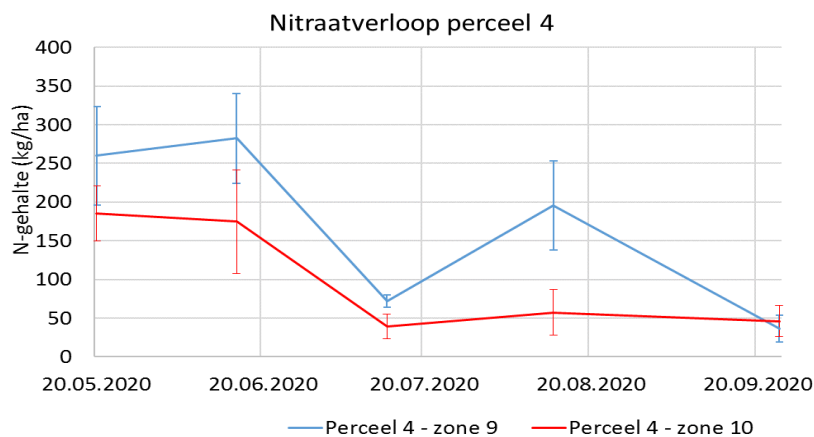
Figuur 61 Drogestofgehalte loof en knollen proefperceel 4 op 17 juni 2020.



Figuur 62 Drogestofgehalte loof en knollen proefperceel 4 op 13 augustus 2020.

Stikstofdynamiek

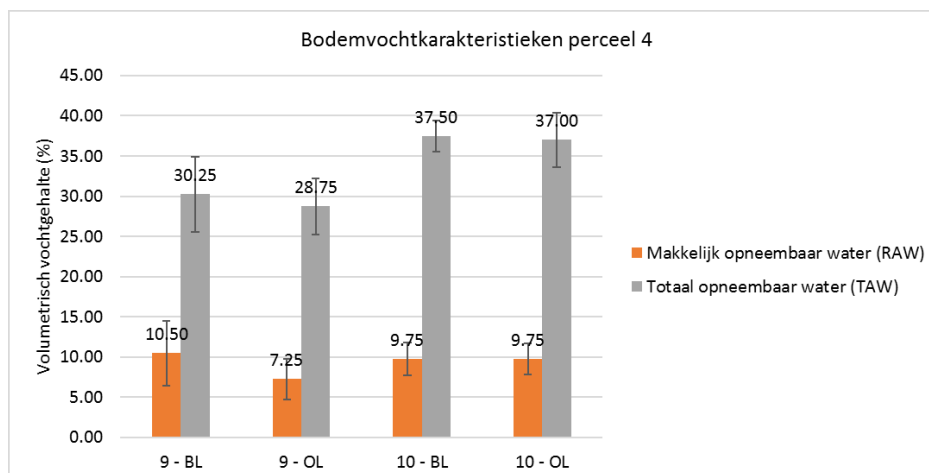
De evolutie van het nitraatgehalte in de bodem tijdens het groeiseizoen is weergegeven in figuur 64. Op de meeste tijdstippen werd de bodem bemonsterd tot 60 cm. Enkel bij de 2de meting midden juni werd de bodem bemonsterd worden tot 90 cm en bij de laatste meting eind september kon de bodem maar bemonsterd worden tot 30 cm diep. Alle metingen werden uitgevoerd in 4 herhalingen, die een vrij grote spreiding vertoonden. Gemiddeld was het nitraatgehalte op de meeste tijdstippen hoger in zone 9. Dit kan het gevolg zijn van een lagere opname in deze zone, waar de massa loof en knollen lager was. Anderzijds kan het eerder opwarmen van de bodem in deze zone, die de initiële gewasgroei hier bevorderde, ook een positief effect gehad hebben op de stikstof die vrijkwam via mineralisatie, aangezien het nitraatgehalte in de bodem al vroeg in het seizoen hoger is in zone 9 (wanneer de opname nog beperkt is).



Figuur 63 Nitraatgehalte in de bodem tijdens het groeiseizoen (kg nitraat-N/ha) bij proefperceel 4.

Bodemvochtkarakteristieken

Ook bij proefperceel 4 werden in alle zones onverstoorte bodemstalen verzameld van de bovenlaag (0-30 cm) en onderlaag (30-60 cm) om de bodemvochtkarakteristieken te bepalen. Uit de uitdrogingscurves werd net zoals bij proefperceel 1 het gemakkelijk opneembaar water of “readily available water (RAW)” en het totaal opneembaar water of “total available water (TAW)” bepaald.



Figuur 64 Het gemakkelijk opneembaar water (RAW) en totaal opneembaar water (TAW) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en de onderlaag (OL, 30-60 cm) van proefperceel 4.

In Figuur 64 zien we bij proefperceel 4 vooral een groot verschil in totaal opneembaar water tussen de zones. Dit is zowel in de bovenlaag (0-30 cm) als in de onderlaag (30-60 cm) een stuk lager in zone 9. In Figuur 65 zien we dat in zone 9 het kleigehalte een heel stuk hoger is dan in zone 10, dit zowel in de boven- als onderlaag. Door het hoger kleigehalte is er een groter deel water sterker aan de bodem gebonden waardoor er minder water beschikbaar is voor het gewas. Dit verklaart ook de lagere opbrengst in zone 9.



Figuur 65 Het klei-, leem- en zandgehalte (%) van de bovenlaag (BL, 0-30 cm) en onderlaag (OL, 30-60 cm) voor proefperceel 4.

Bodemwaterbalans

Net als bij de andere proefpercelen werd ook hier voor alle zones een bodemwaterbalans opgesteld waarbij op basis van de vocht karakteristiek en vochtstalen tijdens het groeiseizoen wordt nagegaan in welke mate op elk moment wordt voldaan aan de vochtvraag van het gewas voor een maximale productie. In Figuur 66 zijn de samenvattende tabellen weergegeven. Hieruit blijkt dat de voldoening van de vochtvraag lager is in zone 9 (63%) dan in zone 10 (72%), wat ook in lijn ligt met de gemeten opbrengstverschillen.

Zone 9

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETa) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETa/ETm)
Opkomst	56	45	0	26	0	0.80
Knolzetting	65	58	0	57	0	0.88
Knoldikking	297	156	0	149	0	0.53
Afrijping	16	16	0	47	0	0.99
Totaal	435	275	0	279	0	0.63

Zone 10

Samenvatting	Maximale verdamping (ETm) (mm)	Werkelijke verdamping (ETa) (mm)	Irrigatie (mm)	Neerslag (mm)	Verliezen (mm)	Voldoening aan de vochtvraag (ETa/ETm)
Opkomst	56	51	0	26	0	0.91
Knolzetting	65	60	0	57	0	0.93
Knoldikking	297	185	0	149	0	0.62
Afrijping	16	16	0	47	0	0.96
Totaal	435	312	0	279	0	0.72

Figuur 66 Samenvattende tabellen van de bodemvochtbalans van zone 9 en 10 van proefperceel 4. Deze geeft op basis van de gemeten vochtretentiekarakteristieken en vochtgehaltes de voldoening aan de vochtvraag weer.

3.3 Invloed interne variatie op wintertarwe (2021)

3.3.1 Weersomstandigheden 2021

2021 startte met een natte en eerder sombere januarimaand. Buiten enkele nachten met nachtvorst was januari geen strenge wintermaand. Koning winter deed zijn intrede begin februari. Tussen 7 en 14 februari vroomde het elke dag en werden ook 4 ijsdagen opgetekend. Half februari vertoonden heel wat percelen wintergraan dan ook vorstschade. De vorstschade kwam tot uiting in het paars kleuren van de bladeren en het geelkleuren van de bladtoppen. In de periode januari – februari viel in Tongeren in totaal 164 L neerslag/m².

Vanaf half februari bleef het droog, gevolgd door een nieuwe regenperiode die aan zou houden tot half maart. April was met een gemiddelde temperatuur van slechts 6,5 °C en een overheersende noorderwind een weinig groeizame maand. Een plotse duik in de temperaturen, met zelfs hevige sneeuwval tot gevolg. Medio april werden 's nachts nog vriestemperaturen tot – 2 °C waargenomen.

Dit koude weer speelde de wintergranen parten. Ze vertoonden een groeiachterstand in vergelijking met afgelopen jaren. De wintergerst vertoonde een groeiachterstand van 2 – 3 weken: de vroegste rassen kwamen pas half mei in aar. Bij de wintertarwe leek de groeiachterstand iets beperkter, de vroegste rassen kwamen in de eerste week van juni in aar.

Gepaard met de lagere temperaturen bleef de ziektedruk in de granen goed onder controle, ondanks een nattere maand mei. Het duurde dan ook tot eind mei, bij regenachtig weer en temperaturen boven 20 °C, vooraleer de ziektedruk toe begon te nemen.

Samengevat bleek het voorjaar van 2021 regelmatig nat, maar wel koud. Voornamelijk het koude weer zorgde in vele gewassen voor een trage groei, maar anderzijds ook voor een lagere ziektedruk. De regelmatige neerslag maakte dan weer dat de droogteproblematiek voor het eerst in jaren minder speelde.

Vanaf juni klommen de gemiddelde dagtemperaturen eindelijk boven de 15°C. Wat volgde was echter niet de zomer die we gewend waren van de laatste jaren.

Eind juni viel er in Tongeren maar liefst 164 liter regen per m² op 5 dagen. Voor de vele tarwe die op dat moment in zijn zwaarste fase van aarvulling zat betekende dit de slag met de hamer. Heel wat tarwepercelen vertoonden tekenen van legering. En alsof dat nog niet genoeg was viel er tussen 13 en 15 juli nog eens 102 liter regen per m², percelen die eind juni nog niet gelegeerd waren kregen het dus nog eens hard te verduren waardoor er weer een deel van de granen bogen onder de zware regenval.

Wat volgde was een zomer waarbij we de tarwe “uit het veld zouden moeten stelen” zoals dat vaak gezegd wordt. Een kwakkelzomer zorgde ervoor dat de oogstbare momenten zich beperkte tot een 15-tal dagen in de gehele zomer. Door de zware legering en de regenval waren er veel opbrengstverliezen, lage hectolitergewichten en ook sommige percelen vertoonden al schot. Zomer 2021 gaat dus de geschiedenisboeken in als een rampjaar voor de granen.

3.3.2 Invloed van organische koolstofgehalte en elektrische geleidbaarheid op wintertarwe (perceel 3)

Op proefperceel 3 was het niet mogelijk om plaatsspecifiek groencompost te spreiden o.b.v. de variatie die gemeten werd door de bodemscanner. De aardappelen konden niet tijdig gerooid worden om nog binnen het wettelijke uitrijtermijnen de groencompost aan te wenden. Gezien de volgteelt wintertarwe behoorde het spreiden van groencompost in het voorjaar ook niet tot de optie. Aangezien het geweten is dat niet alle teelten even gevoelig zijn aan droogte en variaties in de bodem, werd op dit perceel ook de wintertarwe opgevolgd in dezelfde zones als in de aardappelen.

3.3.2.1 Gewaswaarnemingen

Op dit perceel werd het ras Gleam uitgezaaid op 13 november 2020. Naast het opkomstpercentage werd ook de aardichtheid en de legering beoordeeld. Voor de legering werd er een score gegeven tussen 1 en 9, met 1 volledig gelegerd en 9 niet gelegerd. De opkomst werd voor uitstoelen bepaald. De aardichtheid en legering werden kort voor de oogst bepaald.

Tabel 11 Proefperceel 3. Opkomstpercentage (in %), aardichtheid (aren/m²) en legering (cijfer van 1 tot 9, 1 = volledig gelegerd, 9 = niet gelegerd).

Zone	Kenmerken	C-gehalte	Opkomst (%)	Aardichtheid (aren /m ²)	Legering (1-9)
6	OS + en EC -	1,56 – 1,72	80	613	5
7	OS + en EC +	1,56 – 1,72	84	631	2
8	OS - en EC +	0,82 – 0,98	82	625	7

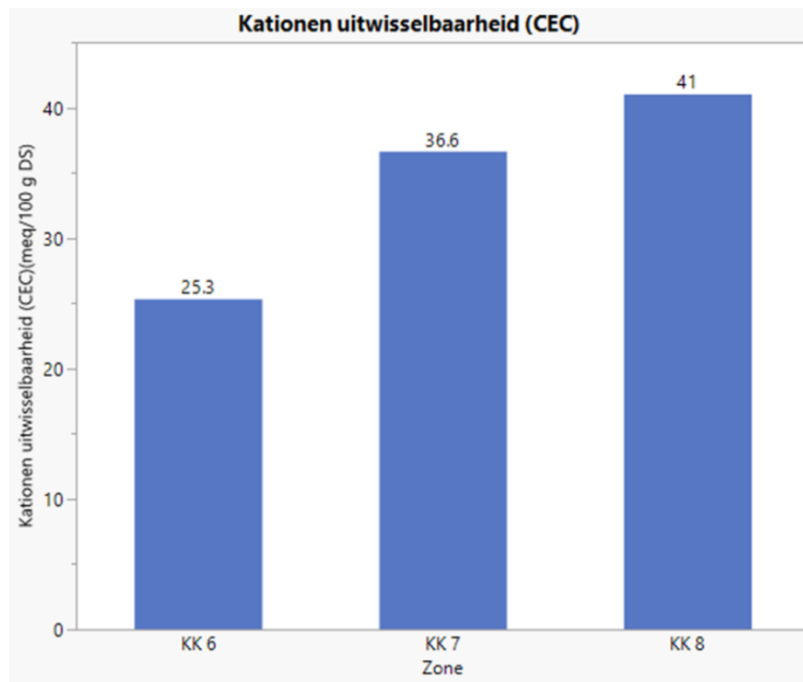
Uit bovenstaande tabel blijkt dat verschillen in de bodem t.g.v. van de variatie in de bodem minder tot uiting komt in wintertarwe. De verschillen tussen de zones zijn aanwezig maar onvoldoende groot om significant te zijn. 2021 was eveneens allesbehalve dan droog, waardoor ook de invloed van voldoende hoge organische koolstofgehaltes op de droogteresistentie niet aanbod kwam.

Finaal zou er een variabele opbrengstbepaling uitgevoerd worden, echter maakte de moeizame oogst in de zomer van 2021 dat alle oogstmachines maximaal werden ingezet. De beperkte beschikbaarheid van maaidorser, voorzien om een variabele opbrengstbepaling uit te voeren, maakte het niet mogelijk om op dit perceel een variabele opbrengstkaart te genereren. Bijkomend was een groot deel van het perceel in meer of mindere mate gelegerd wat een goede opbrengstbepaling zou bemoeilijken en de kaart minder betrouwbaar zou maken.

3.3.2.2 Link met de bodem

Aangezien tarwe veel minder droogtegevoelig is dan aardappelen, werd de voldoening aan de vochtvraag in het groeiseizoen van 2021 niet opgevolgd. Achteraf bleek 2021 ook een relatief nat jaar waar geen droogtestress in tarwe wordt verwacht. Bijkomend aan de metingen die werden uitgevoerd in 2020 werd in 2021 de bodem nog bemonsterd ter bepaling van de “cation exchange capacity” (CEC) of kationenuitwisselingscapaciteit. Dit is het aantal negatieve ladingen dat beschikbaar is op klei en humusdeeltjes om positief geladen ionen vast te houden. Een hogere CEC betekent dus dat er een hogere capaciteit is om nutriënten (positief geladen deeltjes) vast te houden.

In figuur 68 is de CEC voor de verschillende zones bij proefperceel 3 weergegeven. Hier zien we dat de CEC het laagst is in zone 6, wat ook de zone is met de laagste EC en het laagste kleigehalte. In zone 8, de zone met de hoogste EC en het hoogste kleigehalte, is de CEC ook het hoogst. Bij proef perceel 3 lijkt dus vooral het verschil in EC en kleigehalte de CEC te bepalen en niet zozeer het organisch koolstofgehalte (wat hoger is in zone 6 en 7).



Figuur 67 Kationenuitwisselingscapaciteit (CEC; meq/100 g droge stof) van zone 6, 7 en 8 bij proefperceel 3.

3.4 Invloed variabele toediening groencompost voor wintertarwe (perceel 1, 2 en 4)

Op de proefpercelen 1, 2 en 4 werd er wel variabel compost toegediend. Dit gebeurde steeds na de oogst van de aardappelen en voor het inzaaien van de wintertarwe. Op proefperceel 1 en 2 werd er gemiddeld 30 ton/ha groencompost toegediend. Voor perceel 4 bedroeg dit gemiddeld 10 ton/ha.

Op alle percelen werd er gekozen voor het ras Gleam.

3.4.1 Weersomstandigheden 2021

Zie 3.3.1 Weersomstandigheden 2021

3.4.2 Gewaswaarnemingen

In onderstaande tabel worden de waarnemingen voor de 3 percelen samengevat. Naast een beoordeling van de legering kort voor de oogst, werd ook de opkomst en de aardichtheid bepaald.

Tabel 11 Proefperceel 1, 2 en 4. Opkomstpercentage (in %), aardichtheid (aren/m²) en legering (cijfer van 1 tot 9, 1 = volledig gelegd, 9 = niet gelegd).

Perceel	Zone	Kenmerken	C-gehalte	Opkomst (%)	Aardichtheid (aren /m ²)	Legering (1-9)
1	1	OS - en EC -	1,03 – 1,18	82	498	7
	2	OS + en EC +	1,73 – 1,88	71	549	8
2	3	OS - en EC +	2,15 – 2,40	79	451	2
	4	OS - en EC -	1,00 – 1,24	87	461	5
	5	OS + en EC -	1,90 – 2,14	77	434	4
4	9	OS + en EC +	1,29 – 1,39	76	606	4
	10	OS - en EC-	0,82 – 0,92	85	637	2

Hieruit blijkt dat de combinaties van een lagere elektrische geleidbaarheid en laag organische koolstofgehalte meestal overeenkomen met iets hoger opkomstpercentages, vooral op perceel 1 en 4 liggen de opkomstpercentages respectievelijk 11% en 9% hoger bij een lagere EC en OS. Ook op perceel 2 blijkt dat wanneer het organische koolstofgehalte en de elektrische geleidbaarheid laag (zone 4) is, de hoogste opkomstpercentages behaald werden. Bij een lage OC en hoge EC (zone 3) is de opkomst 8% lager, bij een hoge OS en lage EC (zone 5) is dit 10% lager.

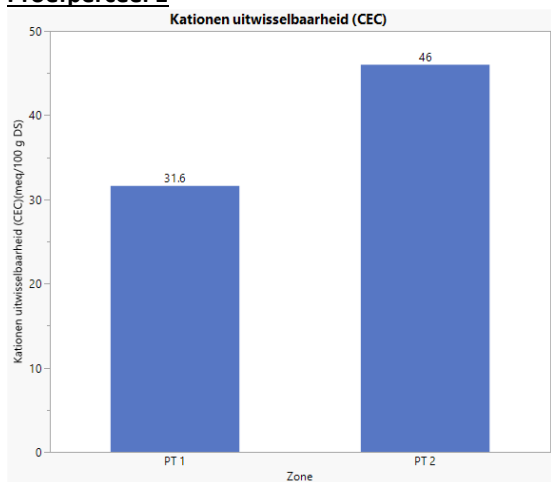
De aardichtheid is verschillend tussen de percelen maar ook binnen eenzelfde perceel komen er diverse trends naar voor. In perceel 2 zijn de verschillen tussen de zones het kleinst met zone 5 (hoge OS en lage EC) het minste aantal aren/m². Voor perceel 1 geldt dat een hogere EC in combinatie met een hogere OS leidt tot een hoger aantal aren per m². Het omgekeerde geldt voor perceel 4. Daar leidt een lagere OS en lage EC tot een hoger aantal aren per m².

Tot slot werd ook de legering beoordeeld op deze percelen. De verschillen die hier uit blijken zijn echter eerder toe te schrijven aan de ligging van de zone binnen het perceel dan aan de variatie in de ondergrond.

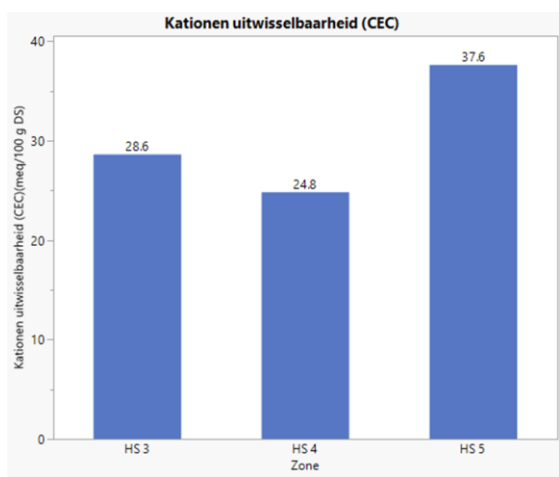
3.4.3 Link met de bodem

Net zoals bij proefperceel 3 werd bij proefperceel 1, 2 en 4 de kationenuitwisselingscapaciteit of CEC gemeten in de verschillende zones. Deze zijn weergegeven in figuur 69.

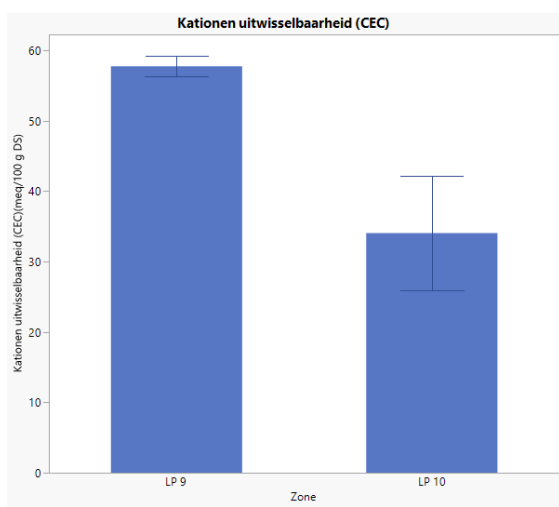
Proefperceel 1



Proefperceel 2



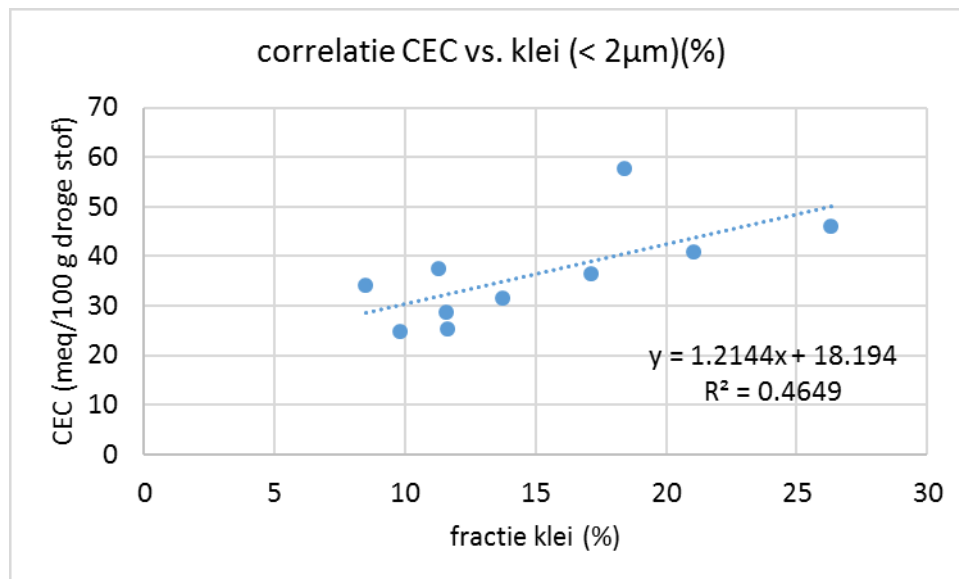
Proefperceel 4



Figuur 68 Kationenuitwisselingscapaciteit (CEC; meq/100 g droge stof) van de verschillende zones bij proefperceel 1, 2 en 4.

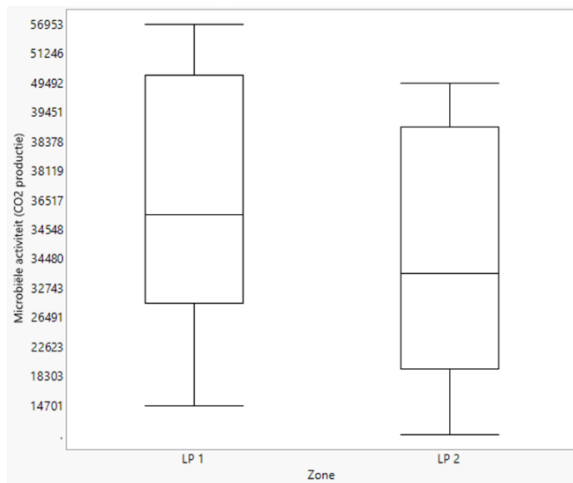
Bij proefperceel 1 werd een hogere CEC gemeten in zone 2, waar ook de EC, het organisch koolstofgehalte en het kleigehalte hoger waren. Bij proefperceel 4 was de CEC ook hoger in de zone met de hogere EC, organisch koolstofgehalte en kleigehalte (zone 9). Bij proefperceel 2 werd de hoogste CEC gemeten in zone 5. Hier is de link met de EC minder duidelijk aangezien zone 5 de hoogste CEC heeft terwijl de EC hier lager is. Het verschil in textuur en kleigehalte was hier ook wel beperkt in de verschillende zones waardoor het verschil in organisch koolstofgehalte hier meer mee lijkt te spelen.

Over alle percelen heen bekeken is er wel een duidelijke correlatie tussen de CEC en het kleigehalte dat werd gemeten (Figuur 69).

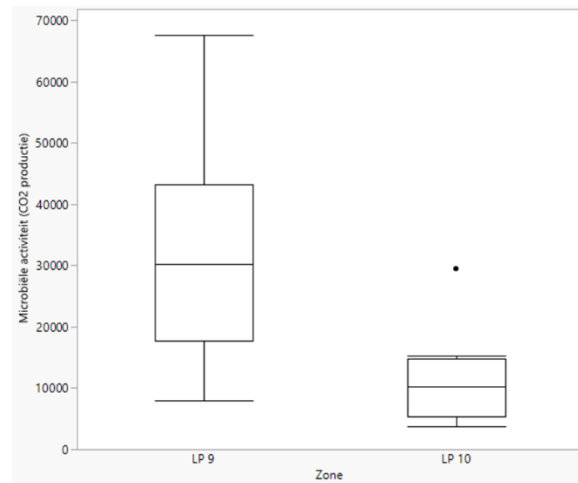


Figuur 69 Correlatie tussen de kationenuitwisselingscapaciteit (CEC; meq/100 g droge stof) en het kleigehalte (%) van de verschillende zones in de 4 proefpercelen.

Bij proefperceel 1 en proefperceel 4 werd op 5 mei 2021 ook nog de CO₂-uitstoot van de bodem gemeten met behulp van een gasopvangkamer. Bij de mineralisatie van organische stof door het bodemleven komt CO₂ vrij. Door de uitstoot van CO₂ te meten, ken je de afbraak van organische stof in de bodem en/of kan je de activiteit van het bodemleven in kaart brengen. De lucht die tussen de bodem en de atmosfeer wordt uitgewisseld, wordt opgevangen in een gasopvangkamer. De concentratie en flux van CO₂ worden gemeten aan de hand van de absorptie van infraroodlicht. De gasopvangkamer laat toe om onder veldomstandigheden te meten. De metingen werden steeds uitgevoerd in 4 herhalingen. De resultaten voor proefperceel 1 en 4 zijn weergegeven in Figuur 70 en 71.



Figuur 70 CO₂-uitstoot ($\mu\text{mol/mol/s}$) van de bodem op 5 mei in zone 1 en 2 bij proefperceel 1.



Figuur 71 CO₂-uitstoot ($\mu\text{mol/mol/s}$) van de bodem op 5 mei in zone 9 en 10 bij proefperceel 4.

Bij proefperceel 1 werd er geen significant verschil in CO₂-uitstoot gemeten tussen de verschillende zones. Bij proefperceel 4 was de CO₂-uitstoot wel significant hoger in zone 9, waar ook de EC en het organisch koolstofgehalte hoger waren.

4 Conclusie

In het LEADERproject 'C-klimaat Haspengouw' (code HAS19/GG/LEA/03) werden **precisielandbouwtechnieken** ter verbetering van het **organische koolstofgehalte** in Haspengouwse leembodems gedemonstreerd. De technieken werden gedemonstreerd op 4 Haspengouwse percelen met variatie in **organische koolstofgehaltes** en waarop er een **droogtegevoelige teelt** werd verbouwd. Het project liep van 1 november 2019 t.e.m. 30 april 2022.

Al deze percelen volgden voor teeltseizoen 2020 – 2021 de rotatie **aardappelen-wintertarwe**. Ter optimalisatie van het organische koolstofgehalte werd de variabele toediening van groencompost gedemonstreerd.

4.1 Precisielandbouwproces

Op ieder perceel werd gestart met het uitvoeren van een bodemscan (Veris MSP3, Vantage Agrometius België). Dit scannen gebeurde eind maart voor het poten van de aardappelen. Het scannen verliep vlot, echter dient er wel aandacht te zijn voor het juiste moment van scannen. De bodem moet voldoende draagkracht hebben om er, zonder insporing, over te rijden met een tractor. Anderzijds mag de bodem ook niet te hard zijn om voldoende contact te maken met de bodem en de mechanische onderdelen van de bodemscanner goed de grond in te krijgen.

Door de Veris dienstverlening van Agrometius en de Bodemkundige Dienst van België wordt het verkrijgen van de taakkaarten voor de landbouwer vergemakkelijkt. In dit project ging de aandacht in het bijzonder naar het organische koolstofgehalte van de bodem. De vervolgbewerking was hierdoor duidelijk vooropgesteld. Echter is het niet voor alle waargenomen parameters duidelijk hoe men deze kan verbeteren. De elektrische geleidbaarheid is bijvoorbeeld een parameter die door verschillende factoren (bodemtextuur, organische stof, vochtgehalte, ...) wordt beïnvloed. Op dit moment is ook de kostprijs van het scannen nog hoog, wat het niet mogelijk maakt om het scannen op één seizoen terug te verdienen (Tabel 2). Een bodemscan moet dan ook worden beschouwd als een investering op langere termijn.

Op basis van deze scan werden taakkaarten voor een variabele toediening van groencompost opgemaakt. De toediening van groencompost gebeurde na de oogst van de aardappelen en voor het inzaaien van de wintertarwe. Doordat de eigenlijke toepassing van groencompost o.b.v. de taakkaart pas voorzien was voor na de oogst van de aardappelen, was er voldoende tijd tussen het nemen van de bodemscan en de plaatsspecifieke toepassing. Indien beide toch kort op elkaar volgen dient er rekening gehouden te worden met een wachttijd van 3 – 6 weken. Momenteel zijn er nog weinig loonwerkers uitgerust om deze plaatsspecifieke toediening uit te voeren. Wanneer precisielandbouw meer intrede vindt in de gangbare landbouw zullen ook loonwerkers hun machinepark hieraan aanpassen.

Tijdens het groeiseizoen werd de gewasontwikkeling opgevolgd m.b.v. satellietbeelden (groenheid van het gewas). De bodemvariatie (OC en EC) waren hierin duidelijk terug te vinden. Zeker de gewasontwikkeling van de aardappelen, die tijdens het groeiseizoen van 2020 te kampen hadden met extreme droogte, werd duidelijk beïnvloedt door de interne variaties in de bodem. De invloed van de EC en de OC was hierdoor uitgesproken aanwezig.

Op het einde van de teelt werd de opbrengst bepaald. In de granen gebeurde dit door het aanmaken van opbrengstkaarten door maaidorsers. Dit proces is reeds ingeburgerd. Echter door de moeizame oogstomstandigheden in de zomer van 2021 dienden alle maaidorsers ten volle worden ingezet en was er weinig flexibiliteit. Het beperkte aantal maaidorsers die momenteel beschikken over de mogelijkheid om opbrengstkaarten te genereren bleek hierin een knelpunt.

Tijdens het project werden data uit verschillende datalagen verzameld (bodem, gewas, opbrengst). Wegens het ontbreken van een platform om al deze data met elkaar te linken, worden bepaalde correlaties mogelijks over het hoofd gezien. Naar de toekomst toe is het noodzakelijk dat dergelijke dataverwerkingsplatformen ontwikkeld worden.

4.2 Bodem- en landbouwkundig

4.2.1 OC en EC – aardappelen

Aardappelen zijn door hun beperkt en ondiep wortelstelsel zeer droogtegevoelig. Om het belang van een goede vochtvoorziening alsook de gevolgen die variaties in de bodem, met name variatie in elektrische geleidbaarheid (EC) en organische koolstofgehaltes (OC), aan te tonen zijn zij zeer geschikt. 2020, het groeiseizoen dat er op de 4 proefpercelen aardappelen geteeld werden, bleek bijkomend ook een uitzonderlijk droog jaar. Een combinatie van al deze factoren maakte dat er enkele belangrijke conclusies te trekken vielen over de invloed van de variaties in de bodem op de aardappelen.

In voorliggend project resulteerde een lagere EC vaak in een snellere opkomst (perceel 1 en 4). De lichtere bodemtextuur (lagere kleifractie), zorgt voor een snellere opwarming van de bodem waardoor de aardappelen sneller opkwamen. Desondanks toont perceel 3 ook aan dat het organische stofgehalte een invloed kan hebben op de opkomstsnelheid. Daar waar het organische stofgehalte op het perceel het hoogst was bleek de opkomst dan ook sneller te verlopen.

Anderzijds komt het verschil in EC, en in mindere mate de OC, ook tot uiting op het einde van het seizoen tijdens de afrijpingsfase. Zo kan een lage EC voor een snellere afrijping zorgen onder droge groeiomstandigheden zoals deze van 2020. Satellietbeelden van perceel 1 en 3 gaven dit duidelijk weer.

De variaties in de bodem uitten zich dus duidelijk in de gewasstand en dan met name op het begin en naar het einde van het groeiseizoen. De mate waarin dit zich uit zijn daarnaast niet alleen afhankelijk van de bodem maar kan eveneens versterkt worden door het ras dat werd gepoot. Rassen met een slechte droogtetolerantie, zoals Innovator, zullen hun afrijping sneller in gang zetten onder droge omstandigheden. Op die manier bleek naast de EC en in iets mindere mate de OC, ook het ras bepalend voor het aantal groeidagen, zeker bij droogte.

Naast de snelheid van opkomst en afrijping blijkt voornamelijk de voldoening aan de vochtvraag tijdens het groeiseizoen een bepalende factor voor de finale opbrengst. Wanneer binnen eenzelfde perceel alle zones gelijkaardig aan de vochtvraag werd voldaan blijken ook de opbrengst geen significante verschillen te zijn. Dit geldt vnl. voor perceel 1 en 2. Perceel 3 en 4 zijn de verschillen zowel in de bruto als in de netto-opbrengst significant. De zones met de laagste EC behaalden op beide percelen telkens de hoogste opbrengsten. De bodemwaterbalansen toonden eveneens aan dat in deze zones het meest aan de vochtvraag werd voldaan. De invloed van het organische koolstofgehalte bleek ook hier veel minder van belang.

4.2.2 OC en EC – Toedienen groencompost voor wintertarwe

Bij de proefpercelen werd gewerkt aan het optimaliseren van het organische stofgehalte binnen het perceel, rekening houdend met de aanwezige variatie. Het verhogen van het organische stofgehalte is echter een werk van meerdere jaren zodat het effect van het toedienen van de compost op de proefvelden nog niet kon worden geëvalueerd. Andere langetermijnproeven hebben reeds de voordelen van het verhogen van het organische stofgehalte aangetoond. Binnen dit project was het de bedoeling om aan landbouwers te tonen hoe hier met precisielandbouwtechnieken op een plaatsspecifieke manier aan kon worden gewerkt. Verder bleek de EC gemeten met de bodemscan in de regio Tongeren vooral gelinkt aan de bodemstructuur en het bodemvochtgehalte. Verschillen in EC leidde bij de meeste percelen ook tot een verschillende voldoening aan de vochtvraag wat zich vertaalde in verschillen in opbrengst. Bij gronden waar beregend wordt kan dit belangrijke info zijn om te weten waar het het meest rendeert om te beregenen in geval van waterschaarste. Ook andere manieren om in te spelen op verschillen in EC (bv. variëren van de pootafstand, aangepaste gipstoepassing voor het verbeteren van de structuur bij zwaardere gronden,...) worden momenteel nog verder onderzocht.

5 Bibliografie

Dillen, J. et al. (2019). SMART-Bodem: De mogelijkheden van precisielandbouw voor een optimaal bodembeheer. Bodemkundige Dienst van België.

Moermans, S. (2020). Het belang van de bodem-pH en hoe deze te verbeteren. Brochure bezoekdag demoplatform boomkwekerij, 29 juni 2016.

Tits, M et al. (2011). Organische stof: de essentie van bodemkwaliteit. Heverlee: Bodemkundige Dienst van België.

Vandervelpen, D., Demeyer, S. (2016). Plaatsspecifiek bodemadvies m.b.v. de Veris scan. Beschikbaar op: <https://docplayer.nl/44923314-Plaatsspecifiek-bodemadvies-m-b-v-de-veris-scan-davy-vandervelpen-steven-demeyer.html>

Vlaamse Overheid (2014). Organische stof in de bodem: sleutel tot bodemvruchtbaarheid. Departement Leefmilieu, natuur en energie, Brussel.