

Bodemverdichting in beeld

Door: Jeroen Wolters student Agrotechniek en Management aan de
Aeres Hogeschool te Dronten, Stagiair precisielandbouw bij Agrifirm

Bodemverdichting in beeld

Dit rapport is geschreven door:

Jeroen Wolters

Opleiding: Agrotechniek en Management

Major: Bedrijfskunde en Agribusiness

Datum:

11 januari 2019

Afstudeerdocent:

Corné Kempenaar

Voorwoord

Voor u ligt het rapport: 'Bodemverdichting in beeld'. Dit onderzoek is uitgevoerd bij Agrifirm op de afdeling Research en development. Het rapport is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Agrotechniek en Management aan de Aeres Hogeschool te Dronten.

De onderzoeksvraag is ontstaan op basis van gesprekken met telers en collega's. Het rapport is geschreven voor agrarisch ondernemers en Agrifirm, waar ook het onderwerp van dit rapport naar voren is gekomen.

In het bijzonder wil ik de collega's van Agrifirm bedanken voor het meedenken en ondersteunen, om tot het uiteindelijke resultaat te komen. Daarnaast gaat mijn dank uit naar Bram Schilder, Geert Elzes en Fokko Prins, voor de goede hulp en ondersteuning. Tevens wil ik Corné Kempenaar bedanken voor de ondersteuning vanuit de Aeres Hogeschool.

Ik wens u allen veel leesplezier,

Jeroen Wolters

Mensingeweer, 11 januari 2019

Samenvatting

In dit rapport 'Bodemverdichting in beeld' is onderzocht of met data die te verzamelen zijn van percelen, te voorspellen of te constateren is waar bodemverdichting gaat plaatsvinden of heeft plaatsgevonden. Dit onderzoek is uitgevoerd omdat de mechanisatie van agrarische bedrijven steeds verder groeit en daarmee zwaarder wordt. Veel agrarisch ondernemers zijn zich niet bewust van de invloed die bodemverdichting heeft en wat de ondernemers aan bodemverdichting kunnen doen. Daarom is het van belang dat zij zich daar bewust van worden. Om die reden luidt de hoofdvraag van dit onderzoek: *Hoe is aan de hand van te verzamelen data van percelen te constateren en te voorspellen waar verschillende soorten van bodemverdichting kunnen optreden?*

Om een antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag, zijn penetrometingen vergeleken met de beschikbare data van de onderzochte percelen. Deze data zijn vergeleken door middel van een correlatiecoëfficiënt. Bij onvoldoende beschikbare data is gezocht naar relevante data in de literatuur. De data die zijn gebruikt, zijn afkomstig van de Verisscan en kaarten van de hoogte, organische stof en elektrische geleidbaarheid. Tevens zijn dronebeelden gebruikt in de vorm van biomassakaarten.

Veel data waren niet beschikbaar doordat de locatie van de penetrometingen niet overeenkwam met de locatie van de Verisscans. Uit de data die wel beschikbaar waren, kwamen geen significante resultaten. Uit de theorie is wel gebleken dat grond met een hoge concentratie aan organische stof minder gevoelig is voor structuurschade en bodemverdichting. Tevens zijn bij het analyseren van de biomassakaarten optische sporen gevonden die kunnen duiden op verdichting.

De hoofdvraag *Hoe is aan de hand van te verzamelen data van percelen te constateren en te voorspellen waar verschillende soorten van bodemverdichting kunnen optreden?* is niet direct te beantwoorden. Ook is niet direct te zeggen of bodemverdichting is opgetreden aan de hand van de verzamelde data van de onderzochte percelen. Wel lijkt het erop dat de sporen in de biomassakaarten door bodemverdichting zijn veroorzaakt. Verder blijkt dat de hoeveelheid organische stof in de bodem invloed heeft op de mate waarop een bodem kan verdichten.

Bij een vervolgonderzoek zou bij het verzamelen van de data rekening moeten worden gehouden met het tijdstip waarop de data zijn genomen, om externe factoren uit te sluiten.

Uit het onderzoek blijkt dat het goed mogelijk is om aan de hand van de organische stofkaarten het verkeer over de akker aan te passen aan het niveau van organische stof om verdichting te voorkomen.

Summary

This report, "Bodemverdichting in beeld," ("Soil compaction visible") examines whether it is possible to predict or to determine where soil is compacted or is sensitive for compaction. This research is conducted because mechanisation is expanding and becoming more prevalent on agricultural farms. Many farmers owners are unaware of the influence of soil compaction. Because of this, it is critical that they become aware of it. As such, the primary question address by this research is "How can the use of data from fields predict and capture where different types of soil compaction can occur?"

Penetrometer measurements are compared with data that was previously available from the fields. This data is compared through a correlation coefficient. Because it is not certain whether sufficiently complete data exists, a literature review has been conducted. The available data has been extracted from the Verisscan, including height, organic matter and electric conductivity maps. Furthermore, biomass maps from a drone are available.

Some data is not available, and the data captured from the Verisscan and the penetrometer logger come from different locations. From the data that is available, which has been compared with the penetrometer logs, no significant results are discovered. From the literature, it is clear that soil with a high rate of organic matter is less sensitive to soil compaction and structure damage. From the biomass maps, machine tracks are visible, which could be a sign of soil compaction.

The primary question, "How can the use of data from fields predict and capture where different types of soil compaction can occur?," is not directly answered. It is also not clear if soil compaction exists in the captured data. Symptoms are present on the biomass maps; the tractor tracks are clearly visible. The organic matter in the soil does surely influence the rate at which soil can be compacted.

In further research, it is clear that the data must come from the same period to exclude external factors.

This research clarifies that one can change the manner of driving over fields to reduce soil compaction based on the organic matter maps.

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Summary	4
1. Inleiding	7
1.1 Ontwikkeling bedrijf-en machinegrootte	7
1.2 Bodemverdichting	7
1.4 Bodemverdichting meten	7
1.5 Bodem en bedrijfsvoering	7
1.7 Verdichting in beeld brengen	8
1.8 Focus onderzoek	9
1.9 Doel van het onderzoek	9
2. Materiaal en methode	10
2.1 Materiaal	10
2.2 Methode	10
2.3 Doelgroep	11
2.4 Werkwijze	11
2.5 Statistische analyse	13
3. Resultaten	14
3.1 Wat is de correlatie tussen de EC 0-30 en de indringingsweerstand?	15
3.2 Wat is de correlatie tussen de EC 0-90 en de indringingsweerstand?	15
3.3 Wat is de correlatie tussen de hoogte van een perceel en de indringingsweerstand?	16
3.4 Wat is de correlatie tussen de organische stof en de indringingsweerstand?	17
3.5 Wat is de correlatie tussen de biomassa en de indringingsweerstand?	18
4. Discussie	20
4.1 EC 0-30 en EC 0-90	20
4.2 Hoogte	20
4.3 Organische stof	21
4.4 Biomassa	21
5. Conclusie en aanbevelingen	23

5.1 Aanbevelingen.....	24
Bibliografie	25

1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de aanleiding is voor dit onderzoek, welke deelvragen zijn gebruikt en op welke hoofdvraag een antwoord wordt gegeven. Ook de doelstelling en het belang van dit onderzoek komen aan bod.

1.1 Ontwikkeling bedrijf-en machinegrootte

De laatste decennia is de vraag naar capaciteit van landbouwmachines bij agrarisch ondernemers in hoog tempo gestegen als gevolg van de groei van de bedrijven: er moet meer werk worden verricht in minder tijd. Dit heeft ertoe geleid dat agrarisch ondernemers grotere en zwaardere machines zijn gaan gebruiken, veelal uitgevoerd met vele opties (Mohsenimanesh & Ward, 2010). De grootte en het gewicht van de machines leiden tot bodembelasting en daarmee tot bodemverdichting (Hamza & Anderson, 2005). Bodemverdichting is het proces waarbij door compressie de bodem ineengedrukt wordt (Hamza & Anderson, 2005).

1.2 Bodemverdichting

Van bodemverdichting wordt gesproken wanneer de bodemdeeltjes dermate in elkaar zijn gedrukt dat hierdoor de wortelgroei wordt belemmerd (Reubens, Ruysschaert, D'Hose, & D'Haene, Eindrapport bodembreed Interreg, 2012). De bodemverdichting kan zichtbaar zijn aan bereiden sporen waar het gewas achterblijft in de groei, zoals te lezen is in het rapport 'Verdichting in het noorden' (Aequor, 2016).

Bodemverdichting richt niet in elk gebied evenveel schade aan. Zand, zavel, löss en klei ondervinden de meeste gevolgen van bodemverdichting (Cramer, 2011). Ook zijn niet alle gewassen even gevoelig voor deze verdichting (Arvidsson & Håkansson, 2014), (Sivarajan, M.Maharlooie, Bajwa, & Nowatzki, 2018). Ongeveer de helft van de bodem in Nederland is van nature gevoelig voor bodemverdichting (Houšková, 2008), wat kan leiden tot een opbrengstverlies van maximaal 20% (Håkansson I. , 2005).

1.4 Bodemverdichting meten

Verdichting is te constateren op meerdere manieren. Zo kan een ringmonster worden genomen. Hierbij wordt de bodem op verschillende diepten uitgestoken. Van de monsters wordt de droge bulkdichtheid bepaald (Essen & W.Harder, 2017). Ook is de indringingsweerstand van de bodem te meten. Hierbij wordt een pen de grond ingedrukt om de weerstand van de bodem te meten. Dit geeft een nauwkeurig beeld van hoe de verdichting zich in de diepte opbouwt, en brengt de storende lagen goed in beeld. Deze storende lagen zijn veelal een indicatie van verdichting (Reubens, Ruysschaert, D'Hose, & D'Haene, Overzicht van resultaten, inzichten en aanbevelingen, 2012).

1.5 Bodem en bedrijfsvoering

Dat de bodem een belangrijke rol speelt bij de teelt van gewassen, weten de agrarisch ondernemers (Knuivers, 2015). Om die reden zoeken zij mogelijkheden om de bodem te ontlasten, wat blijkt uit het mechanisatiebeleid (Nevens & Reheul, 2003). De agrarisch

ondernemers kopen tegenwoordig machines waar grotere wielen onder passen en rijden vaak met een lagere bandendruk (Beunk, 2017). Wat de ondernemers echter niet doen, is vastleggen in welke mate de bodem is verdicht en op welke locaties de bodemverdichting de grootste schade aanricht. Wanneer een boer het land betreedt met zijn machines, weet hij vaak niet wat de gevolgen hiervan zijn; meestal gaat dit dus op gevoel.

Aan de technologische ontwikkelingen is te zien dat precisielandbouw in opkomst is (Eastwood, Klerkx, & Nettle, 2016). Hierbij wordt veel informatie van een perceel verzameld. Zo worden Verisscans gedaan die de organische stof, de pH, de elektrische geleidbaarheid en de hoogte van een perceel in kaart brengen. De vraag rijst nu of deze informatie gebruikt kan worden om de bodemverdichting in beeld te brengen. Daarmee zijn de bodemeigenschappen direct te zien en kan worden uitgezocht of de bodemeigenschappen invloed hebben op de verdichting.

Door in beeld te brengen welke factoren bodemverdichting laten toenemen en welke niet, kan de boer eventueel besluiten om op een andere locatie te beginnen of om het land niet te betreden, waardoor de bodemverdichting te beperken is.

Door te achterhalen hoeveel van een perceel door bodemverdichting is aangetast, krijgen ondernemers inzicht in de gevolgen van bodemverdichting, zodat zij hun beleid kunnen aanpassen. Dit beleid zou kunnen zijn: op bredere banden rijden, lichtere machines gebruiken, het land minder betreden en langer wachten op een drogere bodem om verdichting te voorkomen. Inzicht in de gevolgen van bodemverdichting is te bereiken door te onderzoeken wat van invloed is op de bodemverdichting, zoals de organische stof, de mechanisatie, het verkeer over het land en dergelijke. Daarnaast is het interessant om te weten hoeveel last een perceel heeft van verdichting. Hiermee is eventueel vast te stellen wat de financiële gevolgen zijn van de verdichting.

1.7 Verdichting in beeld brengen

Handelingsvraagstuk

De laatste decennia dalen de opbrengsten van verschillende gewassen. Dit zou een gevolg kunnen zijn van de bodemverdichting (CBS, 2016). Op dit moment is nog niet bekend hoe de bodemverdichting in kaart kan worden gebracht en of deze kan worden voorspeld. Agrarisch ondernemers investeren de laatste jaren veel in precisielandbouw (Wal, Vullings, Zaneveld-Reijnders, & Bink, 2017); van veel percelen bestaan opbrengstkaarten, bodemkaarten, organische stofkaarten en dergelijke. De gegevens zijn veelal in kaart gebracht met de Verisscan, die de pH (zuurtegraad), OS (organische stof) en de EC (elektrische geleidbaarheid) vastlegt (WUR, 2017).

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt:

Hoe is aan de hand van te verzamelen data van percelen te constateren en te voorspellen waar verschillende soorten van bodemverdichting kunnen optreden?

Deze vraag is te beantwoorden door de beschikbare informatie van het perceel te vergelijken met de indringingsweerstand van het perceel.

Deelvragen:

- Wat is de correlatie tussen de EC 0-30 en de indringingsweerstand?
- Wat is de correlatie tussen de EC 0-90 en de indringingsweerstand?
- Wat is de correlatie tussen de hoogte van een perceel en de indringingsweerstand?
- Wat is de correlatie tussen de organische stof en de indringingsweerstand?
- Wat is de correlatie tussen de biomassa en de indringingsweerstand?

1.8 Focus onderzoek

Dit onderzoek richt zich hoofdzakelijk op het in kaart brengen van de bodemverdichting, waarbij gekeken is naar de eigenschappen van de bodem. Daarbij is het van belang om correlaties te vinden tussen de verdichting en de te meten fysische eigenschappen van de planten en de bodem. Daarvoor is in dit onderzoek gebruikgemaakt van de beschikbare biomassa-kaarten van een perceel. Deze data zijn geanalyseerd en vergeleken met de indringingsweerstand, die gemeten is met een penetrometer. In totaal zijn tien verschillende percelen onderzocht waarvan de indringingsweerstand en de biomassa-kaarten bekend zijn. Deze data zijn vervolgens vergeleken met CEC-, organischestof-, PH- en lutumkaarten.

1.9 Doel van het onderzoek

De doelstelling is om met data van percelen van voorgaande jaren een voorspelling te doen over de bodemverdichting in een perceel. Aan de hand hiervan zou een beter advies te geven moeten zijn over de toestand van een akker en wanneer deze beter niet kan worden betreden. Ook zou het mogelijk moeten zijn om aan de hand van de bodemverdichting het land variabel te bewerken, wat resulteert in een lager brandstofverbruik.

Verwacht wordt dat er verbanden te vinden zijn tussen verdichting en de factoren die verdichting laten toenemen, mits het onderzoek goed wordt uitgevoerd. Wanneer bekend is welke verbanden dit zijn, is een advies te geven over de wijze waarop bodemverdichting kan worden beperkt of voorkomen.

2. Materiaal en methode

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het onderzoek is opgezet, en hoe de data zijn verzameld. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden van 15 juni tot en met 31 oktober 2018. De data zijn verzameld tussen juni 2016 tot mei 2017 in het noorden van Nederland. Daar liep de student stage en begeleidde hij studiegroepen Precisielandbouw van Agrifirm. De proeven vonden vooral plaats op de bedrijven van deze studiegroepen.

2.1 Materiaal

De variabelen die zijn onderzocht en gemeten, hingen samen met de onderzoeksperiode, waarin het volgende te meten is.

- indringingsweerstand (penetrologger);
- biomassa (van voorgaande jaren met een drone of satelliet gemeten);
- verkeer op het land (hoe vaak betreedt de boer zijn land en waar);
- weer (neerslag, temperatuur);
- werkwijze;
- gewas;
- organische stof (Verisscan);
- elektrische geleidbaarheid (Verisscan);
- hoogte (Verisscan of algemene hoogtekartaat Nederland);
- pH (Verisscan).

De indringingsweerstand is te meten met een penetrologger. Deze meet de weerstand waarmee een stalen pen de grond in dringt. Een moderne penetrologger is tevens in staat hierbij de locatie van het perceel vast te leggen met behulp van gps.

2.2 Methode

Een indringingsweerstand wordt niet per definitie veroorzaakt door bodemverdichting, omdat er altijd sprake is van een zekere mate van weerstand in de grond. Wel is aan de hand van een grafiek optisch te beoordelen of zich opmerkelijke vormen voordoen in de grafiek. Als geen storende lagen aanwezig zijn, zou de kracht gelijkmatig toe moeten nemen naarmate de pen dieper in de grond komt. Daarom is gekeken of in de penetrolog te zien is dat de waarde sterk toeneemt. Dit kan duiden op een storende laag, wat wijst op verdichting. Deze verdichting is vergeleken met de waarden van de variabelen die zijn genoemd in paragraaf 2.1. Zo is eventueel te verklaren welke factoren invloed hebben op de verdichting.

2.3 Doelgroep

Dit onderzoek vond plaats in het noorden van Nederland bij de studiegroepen Precisielandbouw van Agrifirm. Deze groepen focussen zich op het beter en gericht inzetten van gewasbeschermingsmiddelen (GBM's) en op het verhogen van de opbrengst van gewassen met behulp van het variabel doseren van compost en kalk aan de hand van biomassa-kaarten, opbrengstkaarten en bodemkaarten. Maar ook voor andere agrarisch gerelateerde bedrijven is dit onderzoek van belang. Te denken valt aan de mechanisatiesector en de machinebouw; deze sectoren kunnen aan de hand van dit onderzoek beoordelen waar ze lichtere machines moeten gebruiken of waar ze juist met zware machines kunnen rijden.

2.4 Werkwijze

De werkwijze van het onderzoek kent een logische volgorde. Eerst zijn de data verzameld. Deze zijn vervolgens geanalyseerd. Op basis van de analyse is een antwoord geformuleerd op de deelvragen, wat uiteindelijk heeft geleid tot een antwoord op de hoofdvraag.

Indringingsweerstand

De indringingsweerstand is verzameld in 13 percelen in Noord-Nederland. Deze weerstand is vergeleken met data die gratis beschikbaar zijn en met data die zijn verzameld met een Verisscan. Deze data zijn in dit onderzoek vergeleken met de indringingsweerstand, omdat het onderzoek zich hierop richt.

Verzamelen extra data

Om de indringingsweerstand te kunnen vergelijken, is het van belang om deze te vergelijken met meerdere andere data, om zo verbanden aan te kunnen tonen. De data die zijn verzameld, zijn:

- hoogtekaarten;
- bodemkaarten;
- Verisscans;
- dronebeelden;
- verkeersdata van trekkers.

Bij deze data is het van belang dat ze zo ruw (onbewerkt uit de machine) mogelijk zijn, om de vergelijking zo nauwkeurig mogelijk te houden. De data hoeven niet van 2018 te zijn, maar dienen wel representatief en relevant te zijn voor het leggen van de verbanden.

Verbanden leggen

Om relevante verbanden te kunnen leggen tussen de indringingsweerstand en de verzamelde data, is het van belang om de juiste methode toe te passen. Daarom is voor dit onderzoek besloten om deze verbanden met een correlatiecoëfficiënt te berekenen. Hiervoor zijn de

verzamelde data vergeleken met de indringingsweerstand, om zo de factoren te identificeren die verband houden met de bodemverdichting. Uit de verzamelde data is mogelijke ruis (zoals verkeerde metingen, verkeerde locatie) verwijderd.

Literatuur

Omdat niet van elk perceel volledige data beschikbaar zijn, is in de literatuur gezocht naar verbanden tussen de bodemverdichting en de factoren die te verzamelen zijn van een perceel. Daarmee is een beeld verkregen van of het mogelijk is om bodemverdichting te constateren aan de hand van data die te verzamelen zijn binnen het perceel.

Werkwijze deelvragen

De deelvragen zijn hieronder uitgewerkt; beschreven is hoe de vraag beantwoord kan worden en welke informatie hiervoor nodig is. Van belang voor de beantwoording van de deelvragen is dat de waarden die worden vergeleken, van dezelfde locatie komen. Dit is gedaan door de data in te laden in Qgis en daarbij de waarden af te lezen en deze te verwerken in een Excelbestand.

- Wat is de correlatie tussen de EC 0-30 en de indringingsweerstand?

De EC 0-30 is de elektrische geleidbaarheid van de bodem van 0 tot 30 cm. Deze data zijn verzameld met een Verisscan.

Gegevens over de indringingsweerstand zijn verzameld en in een Excelbestand opgenomen. Deze weerstand is met een correlatiecoëfficiënt vergeleken met de EC 0-30.

- Wat is de correlatie tussen de EC 0-90 en de indringingsweerstand?

De EC 0-90 is de elektrische geleidbaarheid van de bodem van 0 tot 90 cm. Deze data zijn verzameld met een Verisscan.

Gegevens over de indringingsweerstand zijn verzameld en in een Excelbestand opgenomen. Deze weerstand is met een correlatiecoëfficiënt vergeleken met de EC 0-90.

- Wat is de correlatie tussen de hoogte van een perceel en de indringingsweerstand?

De hoogte van een perceel is op verschillende manieren te verkrijgen, onder andere met de Verisscan, uit het gps-systeem van de trekker en op te zoeken op PDOK (publieke dienstverlening op de kaart). Het gemakkelijkste is om dit via PDOK te doen.

Gegevens over de indringingsweerstand zijn verzameld en in een Excelbestand opgenomen. Deze weerstand is met een correlatiecoëfficiënt vergeleken met de hoogte van het perceel.

- Wat is de correlatie tussen de organische stof en de indringingsweerstand?

De organische stof van een perceel is verzameld met behulp van de Verisscan.

Gegevens over de indringingsweerstand zijn verzameld en in een Excelbestand opgenomen. Deze weerstand is met een correlatiecoëfficiënt vergeleken met de organische stof.

- Wat is de correlatie tussen de biomassa en de indringingsweerstand?

De biomassa is op twee manieren verzameld: via de satellietbeelden van Akkerweb en aan de hand van dronebeelden. Gegevens over de biomassa zijn het beste te verzamelen aan de hand van dronebeelden, maar deze waren niet altijd beschikbaar.

Gegevens over de indringingsweerstand zijn verzameld en in een Excelbestand opgenomen. Deze weerstand is met een correlatiecoëfficiënt vergeleken met de biomassa.

2.5 Statistische analyse

De resultaten zijn aan de hand van een correlatie tegen elkaar uitgezet om de relatie tussen de variabelen weer te geven. Dit is gedaan door de gegevens van de verschillende locaties gestructureerd op te stellen in kolommen. In Excel is aan de hand van deze kolommen een correlatiecoëfficiënt berekend met behulp van de formule: $=R.KWADRAAT(kolom\ 1;kolom2)$.

Tevens zijn de resultaten weergegeven in een spreidingsdiagram waarbij de verschillende waarden optisch te analyseren zijn en goed te zien is of er lijn zit in de verschillende uitgezette waarden.

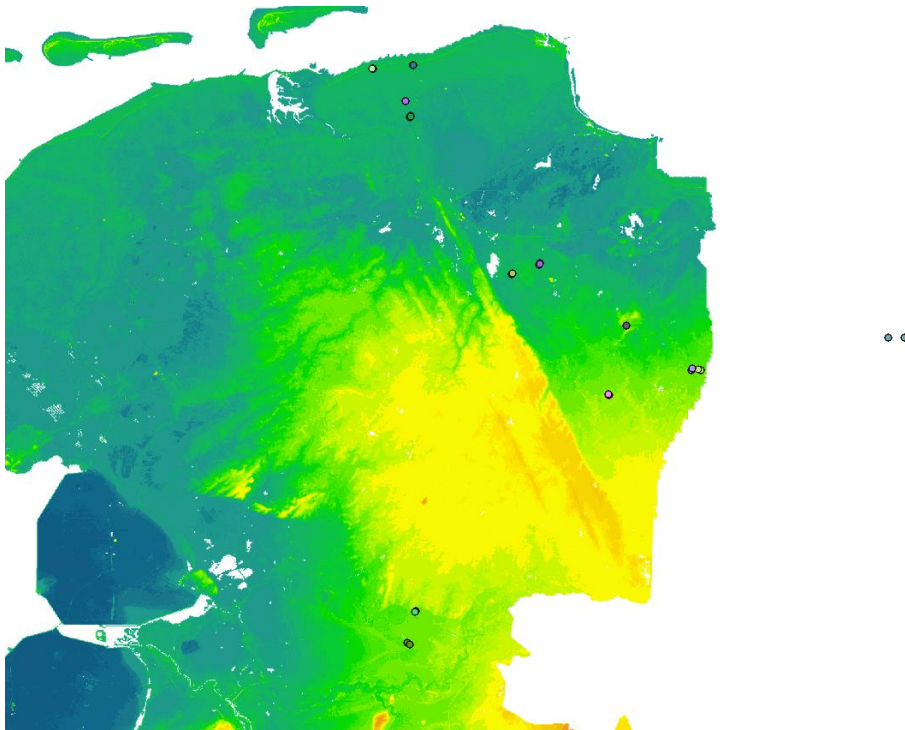
Aan de hand van de waarde van de correlatiecoëfficiënt is te bepalen of de verdichting overeenkomt met de EC, hoogte organische stof en de biomassa. Wanneer deze waarde 1 is dan is de verdichting volledig afhankelijk. Wanneer deze 0 is, is deze niet afhankelijk.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten per deelvraag uitgewerkt. Met behulp van de antwoorden op de deelvragen kan vervolgens de hoofdvraag worden beantwoord. De data die zijn vergeleken, zijn afkomstig van de Verisscan en van de penetrometingen die zijn uitgevoerd. De locaties hiervan zijn in Figuur 0-1 Locaties penetrometingen weergegeven.

Wat bij het verzamelen van de data opviel, is dat er veel verschillen zijn in de resolutie van de beelden. Ook zijn de beschikbare gegevens veelal niet op hetzelfde moment verzameld.

Omdat de bodemverdichting van 0 tot 80 cm loopt, is ervoor gekozen om deze te middelen. Gekozen is voor 10 tot 30 cm om zo de eventuele ploegzool vast te leggen, en voor 30 tot 70 cm om de diepere bodemverdichting vast te leggen. De bovenste 10 cm is niet meegenomen, omdat hierin de indringingsweerstand sterk verschilt afhankelijk van de mechanisatietechnieken die de bedrijven hebben gebruikt.



FIGUUR 0-1 LOCATIES PENETROMETINGEN

3.1 Wat is de correlatie tussen de EC 0-30 en de indringingsweerstand?

De elektrische geleidbaarheid (EC 0-30) is door de Verisscan opgenomen van meerdere percelen in Noord-Nederland. Omdat de penetrometingen op basis van de biomassa zijn gedaan, zijn van de percelen waarvan Verisscans zijn gedaan geen penetrometingen beschikbaar. Daarom is in de literatuur gezocht naar mogelijke correlaties tussen de elektrische geleidbaarheid en de indringingsweerstand.

In het onderzoek van Kowalczyk, Máslakowski en Tucholka (Kowalczyk, Ma, & Tucholka, 2014) is onderzoek gedaan naar de correlatie tussen elektrische geleidbaarheid en de mate van verdichting van de bodem. In dit onderzoek is naast de correlatie tussen verdichting en geleidbaarheid gekeken naar de externe factoren die invloed hebben op de geleidbaarheid van de bodem.

Uit het onderzoek blijkt dat het meten van de elektrische geleidbaarheid in de bodem potentie heeft om verdichting te kunnen constateren, tot op een bepaald niveau. Daarnaast bleek het niet eenvoudig om losse grond aan de hand van elektrische geleidbaarheid te onderscheiden van vaste grond, doordat er veel factoren zoals het vocht en zoutgehalte invloed hebben op de geleidbaarheid. Ook komt uit het rapport naar voren dat er met meerdere metingen op hetzelfde perceel meer te zeggen over een overeenkomst tussen de dichtheid van de bodem en de elektrische geleidbaarheid. Omdat bij het onderzoek de geleidbaarheid sterk varieerde doordat niet op een homogeen perceel is gemeten, was de geleidbaarheid van de bodem bij dit onderzoek niet direct toe te passen voor het vaststellen van de mate van verdichting.

3.2 Wat is de correlatie tussen de EC 0-90 en de indringingsweerstand?

De elektrische geleidbaarheid (EC 0-90) is door de Verisscan opgenomen van meerdere percelen in Noord-Nederland. Omdat de penetrometingen op basis van de biomassa zijn gedaan, zijn van de percelen waarvan Verisscans zijn gedaan geen penetrometingen beschikbaar. Daarom is in de literatuur gezocht naar mogelijke correlaties tussen de elektrische geleidbaarheid en de indringingsweerstand.

In het onderzoek van Kowalczyk, Máslakowski en Tucholka (Kowalczyk, Ma, & Tucholka, 2014) is onderzoek gedaan naar de correlatie tussen elektrische geleidbaarheid en de mate van verdichting. In dit onderzoek is naast de correlatie tussen verdichting en geleidbaarheid gekeken naar de externe factoren die invloed hebben op de geleidbaarheid van de bodem.

Uit het onderzoek blijkt dat het meten van de elektrische geleidbaarheid in de bodem potentie heeft om verdichting te kunnen constateren, tot op een bepaald niveau. Daarnaast bleek het niet eenvoudig om losse grond aan de hand van elektrische geleidbaarheid te onderscheiden van

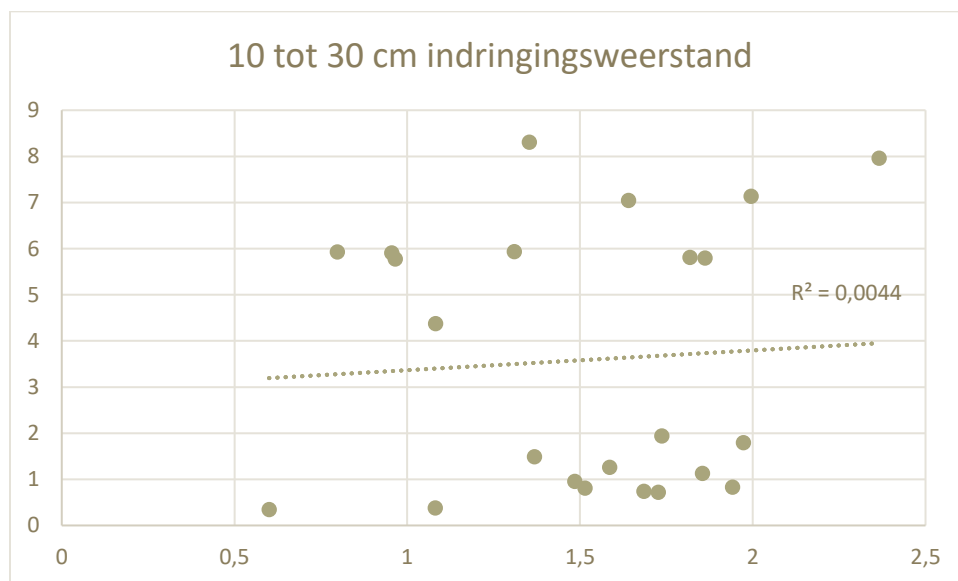
vaste grond, doordat er veel factoren zoals het vocht en zoutgehalte invloed hebben op de geleidbaarheid. Ook komt uit het rapport naar voren dat er met meerdere metingen op hetzelfde perceel meer te zeggen over een overeenkomst tussen de dichtheid van de bodem en de elektrische geleidbaarheid. Omdat bij het onderzoek de geleidbaarheid sterk varieerde doordat niet op een homogeen perceel is gemeten, was de geleidbaarheid van de bodem bij dit onderzoek niet direct toe te passen voor het vaststellen van de mate van verdichting.

3.3 Wat is de correlatie tussen de hoogte van een perceel en de indringingsweerstand?

De hoogtes van de percelen zijn opgezocht met behulp van PDOK-gegevens in Qgis. Deze zijn verwerkt in het datapakket en vervolgens vergeleken met de indringingsweerstand. Omdat van elk perceel twee metingen beschikbaar zijn, is het niet mogelijk om een verband te vinden binnen het perceel daarom is gekeken naar de verschillen tussen de verschillende percelen.

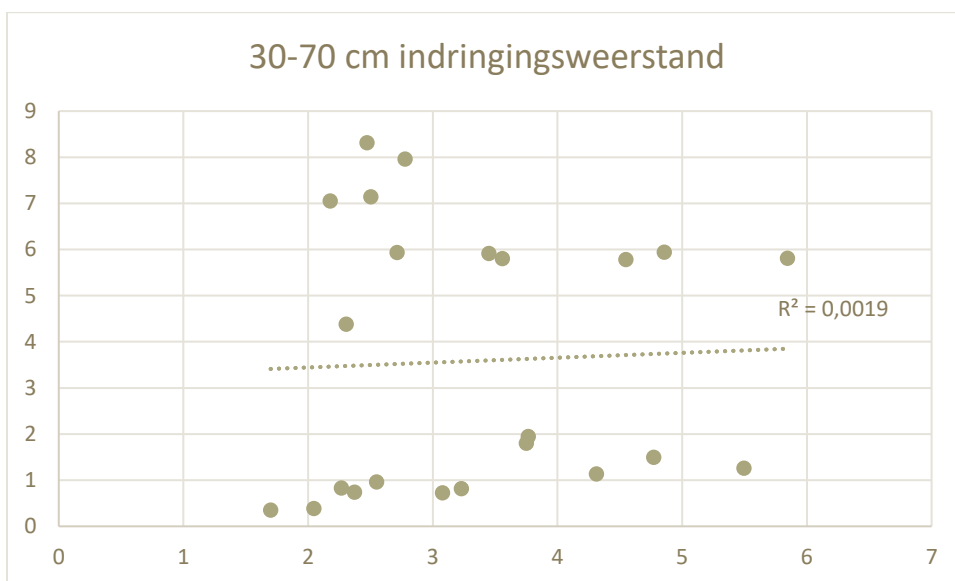
De verschillen zijn weergegeven in Tabel 1 Correlatie indringingsweerstand en hoogte tussen percelen om zo ook de spreiding van de verschillende waarden te kunnen analyseren. In de tabel is de horizontale as de indringingsweerstand en de verticale as de hoogte van het perceel volgens Normaal Amsterdams Peil. Met een correlatiecoëfficiënt van 0,0044 is de verdichting niet afhankelijk van de hoogte van het perceel.

TABEL 1 CORRELATIE INDRINGINGSWEERSTAND EN HOOGTE TUSSEN PERCELEN



De correlaties van de diepere verdichting zijn weergegeven in Tabel 2 Correlatie indringingsweerstand en hoogte tussen percelen. In de tabel is de horizontale as de indringingsweerstand en de verticale as de hoogte van het perceel volgens Normaal Amsterdams Peil. Met een correlatiecoëfficiënt van 0.0019 is de verdichting niet afhankelijk van de hoogte van het perceel.

TABEL 2 CORRELATIE INDRINGINGSWEERSTAND EN HOOGTE TUSSEN PERCELEN



Uit de correlatiecoëfficiënt blijkt dat de resultaten niet significant zijn. Wel is in de tabel te zien dat de percelen sterk in hoogte verschillen, omdat de percelen onderling zijn vergeleken. Ook zijn duidelijke lijnen te herkennen die licht oplopen. Dit is vooral te zien bij de lagere gronden. Op grond hiervan is niet direct te zeggen dat de verdichting toeneemt bij hogere percelen, maar het zou hier wel op kunnen duiden

3.4 Wat is de correlatie tussen de organische stof en de indringingsweerstand?

De organische stof is door de Verisscan opgenomen van meerdere percelen in Noord-Nederland. Omdat de penetrometingen op basis van de biomassa zijn gedaan, zijn van de percelen waarvan Verisscans zijn gedaan geen penetrometingen beschikbaar. Daarom is in de literatuur gezocht naar mogelijke correlaties tussen de organische stof en de indringingsweerstand.

In het rapport 'Organic matter in the agricultural soils of Tasmania, Australia – A review' (Cotching, 2017) is onderzoek gedaan naar de organische stof in de bodem van Tasmanië. In het rapport staat beschreven dat een hoge mate van biomassa een voordeel vormt voor productieve en duurzame landbouw, doordat het een buffer vormt tegen veranderingen in de

bodemstructuur, veroorzaakt door moderne agrarische bewerkingen inclusief verdichting en grondbewerkingen.

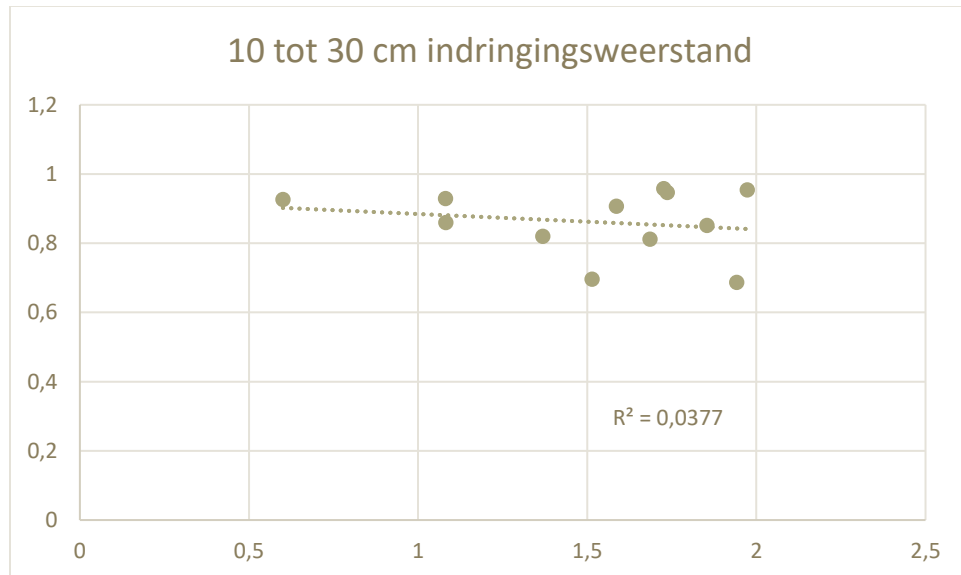
Volgens het rapport heeft de organische stof voordelige invloed tegen het verdichten van de bodem. Bij meer organische stof treed minder verdichting op.

3.5 Wat is de correlatie tussen de biomassa en de indringingsweerstand?

Van meerdere percelen waar ook de penetrometingen zijn gedaan, zijn tevens kaarten van de biomassa (NDVI) gemaakt aan de hand van dronebeelden. Deze waarden zijn in Qgis opgezocht aan de hand van de locaties die de penetrologger heeft vastgelegd.

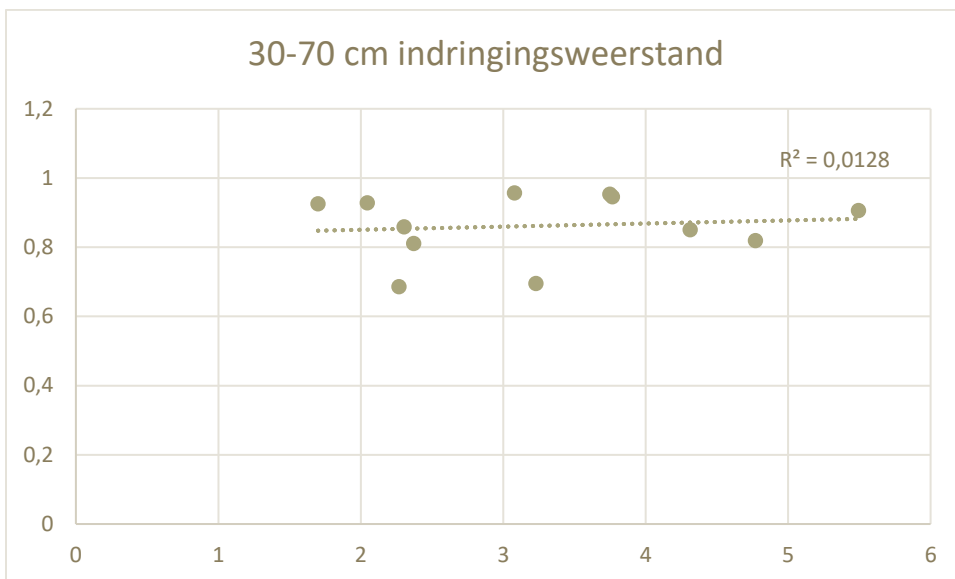
In Tabel 3 Correlatie indringingsweerstand en biomassa is de indringingsweerstand van 10 tot 30 cm weergegeven. Hierin is te zien hoe de indringingsweerstand zich verhoudt ten opzichte van de biomassa. Hierbij is de verticale as de NDVI en de horizontale as de indringingsweerstand. Met een correlatiecoëfficiënt van 0.0377 is de biomassa niet afhankelijk van de indringingsweerstand.

TABEL 3 CORRELATIE INDRINGINGSWEERSTAND EN BIOMASSA



In Tabel 4 Correlatie indringingsweerstand en biomassa is de indringingsweerstand weergegeven van 30 tot 70 cm. Hierin is te zien hoe de indringingsweerstand zich ten opzichte van de biomassa verhoudt. Hierbij is de verticale as de NDVI en de horizontale as de indringingsweerstand. Met een correlatiecoëfficiënt van 0.0128 is de biomassa niet afhankelijk van de indringingsweerstand.

TABEL 4 CORRELATIE INDRINGINGSWEERSTAND EN BIOMASSA



Naast het vergelijken van de indringingsweerstand met de biomassa is ook de biomassakaart optisch geanalyseerd. In de kaart zijn duidelijk sporen in de bewerkingsrichting van het perceel te herkennen die kunnen duiden op bodemverdichting.

4. Discussie

Het doel van dit onderzoek is om na te gaan of het mogelijk is om bodemverdichting te voorspellen aan de hand van gegevens die te verzamelen zijn van percelen. Dit om agrariërs bewust te maken van hoeveel bodemverdichting op treed binnen de akkers van het boerenbedrijf, zodat zij hun bedrijfsvoering en mechanisatiestrategie hierop kunnen aanpassen. In dit hoofdstuk wordt per deelvraag ingegaan op de theorie en de resultaten van het onderzoek. Daarnaast wordt gereflecteerd op de methode van het onderzoek.

4.1 EC 0-30 en EC 0-90

Van de percelen waar de biomassa en de penetrometingen zijn vastgelegd, is de elektrische geleidbaarheid niet vastgelegd. Om die reden kon de elektrische geleidbaarheid niet worden vergeleken met een correlatiecoëfficiënt. Om toch een conclusie te kunnen trekken, is in de literatuur gezocht naar informatie over het onderwerp.

In het rapport 'Determination of the correlation between the electrical resistivity of non-cohesive soils and the degree of compaction' is onderzocht of er een correlatie is tussen de elektrische geleidbaarheid en de mate van verdichting in een perceel. Uit het onderzoek komt naar voren dat er veel factoren zijn die invloed hebben op de geleidbaarheid van de bodem, zoals het zoutgehalte en het vochtgehalte. Daarnaast blijkt uit het onderzoek dat het niet direct mogelijk is om bodemverdichting vast te stellen aan de hand van de elektrische geleidbaarheid. Wel komt uit het onderzoek naar voren dat met meerdere metingen na elkaar meer informatie is vast te leggen om conclusies uit te trekken.

Om conclusies te kunnen trekken over de EC 0-30 en EC 0-90 van de Verisscan, moeten ook het vochtgehalte en het zoutgehalte van het perceel worden meegenomen. Wanneer dit te doen is, is het mogelijk om de EC 0-30 en EC 0-90 te scheiden in verschillende factoren. Hieraan kunnen de geleidbaarheid van het zoutgehalte en het watergehalte worden gekoppeld en is er beter een beeld te vormen van de daadwerkelijke toestand van de bodem en eventueel de samenstelling van de grond. Aan de hand van de samenstelling van de grond is sneller te voorspellen waar verdichting plaats gaat vinden, omdat hier al meerdere onderzoeken naar gedaan zijn.

4.2 Hoogte

De hoogte van de verschillende percelen in Noord-Nederland zijn vergeleken met de indringingsweerstand. Dit is gedaan met een correlatiecoëfficiënt.

Uit de correlatiecoëfficiënt blijkt dat de resultaten niet significant zijn. Wel is in de tabel te zien dat de percelen sterk in hoogte verschillen, dit is omdat de percelen onderling zijn vergeleken. Ook zijn duidelijke lijnen te herkennen die licht oplopen. Dit is vooral te zien bij de lagere gronden. Op grond hiervan is niet direct te zeggen dat de verdichting toeneemt bij hogere percelen, maar het zou hier wel op kunnen duiden.

Omdat de samenstelling van de bodem niet is meegenomen in de tabel, is niet direct te zeggen dat de verdichting toeneemt bij hogere gronden. Het zou beter zijn om de hoge en lage percelen te scheiden om de verschillende grondsoorten uit te sluiten. Verder zijn het tijdstip van meten van de indringingsweerstand en de vochttoestand van de bodem niet vastgelegd. Dit zou een vertekend beeld kunnen geven.

Er is niet een direct verband te trekken uit de hoogte van het perceel en de indringingsweerstand, al zijn in de tabel twee lijnen te onderscheiden die hier indirect op kunnen duiden. Van belang hierbij is om goed in beeld te hebben welke locatie welke grondsoort heeft, om dezelfde grondsoorten te kunnen vergelijken. Klei en zandgronden hebben een verschillende indringingsweerstand. En omdat er op zand en kleigronden is gemeten is het te verklaren dat de zandgronden die meer richting het oosten zijn gemeten hoger liggen als de kleigronden.

4.3 Organische stof

Omdat de Verisscans niet op dezelfde locaties zijn gedaan als de percelen waarvan biomassakaarten beschikbaar zijn, is hier geen correlatieanalyse op gedaan. Daarom is gekeken naar wat in de literatuur te vinden is over de relatie tussen de organische stof en de indringingsweerstand.

Uit het rapport 'Organic matter in the agricultural soils of Tasmania, Australia – A review' (Cotching, 2017) is gebleken dat organische stof als buffer werkt tegen bodemverdichting en structuurschade. Is er meer organische stof in de bodem aanwezig dan is de kans op verdichting en structuurschade kleiner. Wanneer de indringingsweerstand op de percelen van de Verisscans was vastgelegd, dan zou het aannemelijk zijn dat de verdichting met de organische stof overeenkomt. Om hier een duidelijk beeld van te kunnen krijgen, zouden de metingen wel op hetzelfde tijdstip moeten worden gemeten. omdat meerdere factoren een vertekend beeld kunnen geven op de indringingsweerstand.

Op basis van de gegevens uit het voornoemde rapport is wel te stellen dat een perceel met een hoge mate aan organische stof minder gevoelig is voor verdichting. Veel ondernemers verhogen de laatste jaren op gevoel de biomassa in de percelen voor een betere bodemstructuur, door organische mest en groenbemesters te gebruiken. Het blijkt dat het gevoel van de agrarisch ondernemers klopt (Meijering, 2017).

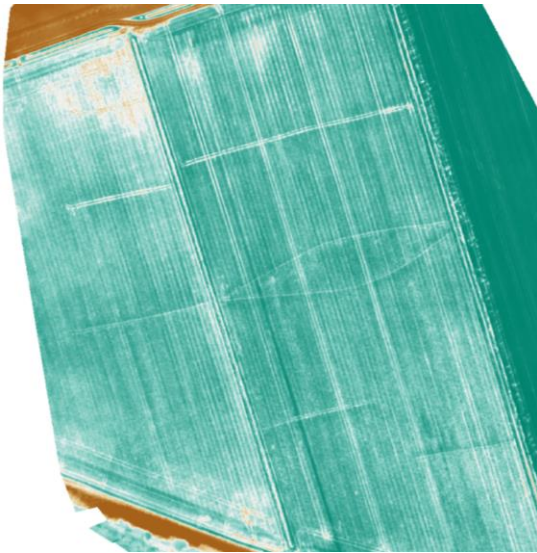
4.4 Biomassa

Aan de hand van de biomassa die is vastgelegd met behulp van een drone, is de locatie vastgelegd waar het gewas het beste groeit en waar het gewas het slechtste groeit. Op deze locaties zijn de penetrometingen gedaan en is de indringingsweerstand vastgelegd.

De gegevens zijn met een correlatiecoëfficiënt met elkaar vergeleken. Hieruit kwam naar voren dat de correlatie niet significant is, noch bij de indringingsweerstand van 10 tot 30 cm, noch bij de indringingsweerstand van 30 tot 70 cm.

Omdat de bodem en de grondsoort niet zijn meegenomen, kan het zijn dat dit invloed heeft gehad op de correlatie. Hetzelfde geldt voor het feit dat het niet zeker is dat met dezelfde gewassen is gemeten en dat de metingen op hetzelfde tijdstip zijn gedaan.

In Figuur 0-1 Bodemverdichting is een biomassakaart van een perceel in Noord West Groningen weergegeven. Hierbij is het donkergroene waar het gewas een hogere biomassa heeft en het lichtere groen waar de biomassa lager is. Er is duidelijk te zien dat in of bij de sporen de biomassa lager is. Omdat dit gewas al in de groei is zijn de spuitsporen de laatste tijd alleen betreden, dit zijn de lichtere sporen die te zien zijn op de kaart. De overige lijnen zijn al tijden niet betreden maar zijn wel veel lichte lijnen te zien in de bewerkingsrichting. Omdat is gemeten op de slechtste en de beste locatie van het perceel zijn de penetrometingen van dit perceel niet te herleiden aan de biomassa. Echter, een perceel hoeft niet slecht te zijn door verdichting of goed door geen verdichting.



FIGUUR 0-1 BODEMVERDICHTING

Wanneer te bewijzen is dat de sporen die te zien zijn op de kaart veroorzaakt zijn door een bodem met een hogere indringingsweerstand, is aan de hand van biomassakaarten te bewijzen waar verdichting plaatsvindt binnen een perceel. Wanneer dit ook op andere percelen met vergelijkbare gewassen op hetzelfde tijdstip wordt vastgelegd, dan is ook iets te zeggen over welke percelen en daarmee welke grondsoorten gevoeliger zijn voor verdichting.

5. Conclusie en aanbevelingen

Dit onderzoek gaat over het vaststellen van bodemverdichting aan de hand van data die in de loop van een seizoen zijn verzameld. De hoofdvraag van het onderzoek luidt: *Hoe is aan de hand van te verzamelen data van percelen te constateren en te voorspellen waar verschillende soorten van bodemverdichting kunnen optreden?* Tijdens het onderzoek is gekeken naar de verschillende kaarten die van de percelen bekend zijn. Deze zijn vergeleken met de indringingsweerstand van diezelfde percelen. Van de factoren die niet waren vastgelegd op die percelen, is in de literatuur gezocht naar de antwoorden. De hoofdvraag is beantwoord met behulp van de antwoorden op de deelvragen. In dit hoofdstuk wordt eerst antwoord gegeven op de deelvragen en vervolgens op de hoofdvraag van dit onderzoek.

Op basis van de literatuur kan worden geconcludeerd dat het vinden van een correlatie tussen de elektrische geleidbaarheid en de bodemdichtheid niet mogelijk is met de methode die in het onderzoek is gebruikt. Daarom is er met de EC 0-30 en EC 0-90 van de Verisscan ook nog niet te bepalen of er bodemverdichting is opgetreden of gaat optreden.

De derde deelvraag betreft de correlatie tussen de hoogte van een perceel en de indringingsweerstand. Uit het onderzoek is gebleken dat er op de manier zoals het onderzoek is uitgevoerd geen correlatie is te vinden tussen de hoogte en de indringingsweerstand van percelen.

Met de vierde deelvraag is gezocht naar een correlatie tussen de organische stof en de indringingsweerstand. Uit de literatuur is gebleken dat een bodem met meer organische stof minder gevoelig is voor bodemverdichting en structuurschade dan een bodem met minder organische stof.

Met de laatste deelvraag is ingegaan op de correlatie tussen de biomassa en de indringingsweerstand. Er zijn in het onderzoek geen significante correlaties gevonden tussen de indringingsweerstand van de bodem en de biomassa van het perceel. Bij het optisch analyseren van de biomassakaarten zijn wel trekker sporen te onderscheiden waar de biomassa minder is wat duidt op verdichting.

Hoofdvraag

Met de antwoorden op de deelvragen is de hoofdvraag: *Hoe is aan de hand van te verzamelen data van percelen te constateren en voorspellen waar verschillende soorten van bodemverdichting op kunnen treden?* te beantwoorden.

Het is niet direct te zeggen of bodemverdichting is opgetreden met behulp van de data die verzameld zijn over percelen. Wel lijkt het erop dat de sporen op de biomassakaarten door bodemverdichting zijn veroorzaakt. Ook de hoeveelheid organische stof heeft invloed op de mate waarin een bodem kan verdichten.

5.1 Aanbevelingen

Met de conclusie van dit rapport zijn vervolgstappen te zetten. Allereerst kan een perceel worden geanalyseerd waarvan de biomassakaarten compleet zijn. Wanneer deze kaarten zijn geanalyseerd, moet aan de hand van sporen gekeken worden naar plekken waar minder biomassa is. Vervolgens moet worden gemeten op deze plekken, en op de plekken waar de biomassa op niveau is. Hieruit zou een verband moeten kunnen worden vastgesteld tussen de biomassa en de indringingsweerstand: hoe hoger de indringingsweerstand hoe minder biomassa.

Verder is uit dit rapport gebleken dat een bodem met meer biomassa minder gevoelig is voor structuurschade en verdichting. Wanneer de biomassa van een perceel bekend is, kan dus gekeken worden waar de mechanisatie het beste kan rijden voor de afvoer van producten of het toevoeren van meststoffen.

Voor een vervolgonderzoek is het ten slotte van belang dat bij een vergelijking van percelen metingen op eenzelfde moment plaatvinden en met hetzelfde gewas. Dit om externe factoren die invloed kunnen hebben op de uitslag uit te sluiten.

Bibliografie

Aequor. (2016). *Verdichting in het noorden*.

Arvidsson, J., & Håkansson, I. (2014). *Response of different crops to soil compaction Short-term effects in Swedish field experiments*. Uppsala, Sweden.

Beunk, H. (2017). Agritechnica 2017: VF-banden naar 0,6 bar. *Landbouwmechanisatie*.

CBS. (2016). *Minder aardappelen per hectare*. CBS.

Cotching, W. E. (2017). *Organic matter in the agricultural soils of Tasmania, Australia - A review*. Tasmania.

Cramer, J. (2011). *Advies Bodemverdichting*. Den Haag: TCB.

Eastwood, C., Klerkx, L., & Nettle, R. (2016). *Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion: Case studies of the implementation and adaption of precision farming technologies*.

Essen, E. v., & W. Harder. (2017). *Verkennd onderzoek naar bodemverdichting*.

Håkansson. (2005). *Machinery-induced compaction of arable soils: Incidence- consequences - countermeasures*. . Swedish University of Agricultural Sciences.

Håkansson, I. (2005). *Compaction of arable soils*. Swedish University of Agricultural Sciences.

Hamza, M., & Anderson, W. (2005). *Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions*. Elsevier.

Houšková, B. (2008). *The natural susceptibility of soils to compaction*. European commission.

Knuivers, M. (2015). Bodemvruchtbaarheid holt achteruit. *Boerderij*.

Kowalczyk, S., Ma, M. M., & Tucholka, P. (2014). *Determination of the correlation between the electrical resistivity of non-cohesive soils and the degree of compaction*. Warsaw.

Lestariningsih, I. D., & Widiyanto, K. H. (2018). *Assessing soil compaction with two different methods of soil bulk density measurements in oil palm plantation soil*.

Meijering, L. (2017). Zo verhoog je het gehalte organische stof. *Boerderij*.

Mohsenimanesh, A., & Ward, S. M. (2010). *Estimation of a three-dimensional tyre footprint using dynamic soil-tyre contact pressures*.

Nevens, F., & Reheul, D. (2003). *The consequences of wheel-induced soil compaction and subsoiling for silage maize on a sandy loam soil in Belgium*. Gent, Belgium.

Pham, X., & Stack, M. (2017). *How data analytics is transforming agriculture*. Kansas.

- Reubens, B., Ruysschaert, G., D'Hose, T., & D'Haene, K. (2012). *Eindrapport bodembreed Interreg*. ILVO.
- Reubens, B., Ruysschaert, G., D'Hose, T., & D'Haene, K. (2012). *Overzicht van resultaten, inzichten en aanbevelingen*.
- Sivarajan, S., M.Maharlooei, Bajwa, S., & Nowatzki, J. (2018). *Impact of soil compaction due to wheel traffic on corn and soybean growth, development and yield*.
- Wal, I. T., Vullings, D. I., Zaneveld-Reijnders, I. J., & Bink, D. R. (2017). *Doorontwikkeling van de precisielandbouw in Nederland*. Wageningen.
- WUR. (2017, Maart 1). *Verisscan: Nieuwe stap in optimalisatie bodemkwaliteit*. Opgehaald van Wageningen university & research: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Verisscan-Nieuwe-stap-in-optimalisatie-bodemkwaliteit.htm>