



INVLOED VAN BEWORTELING OP DE BODEMVERDICHTING

Inzet van kruiden en groenbemesters om
ondergrondverdichting te voorkomen en/of op te
heffen.

Evert Jan Molenaar
3021712@aeres.nl

In opdracht van:

Aeres Hogeschool Dronten
De Drieslag 4
8251 JZ
Dronten
088 020 6000

Student:

Evert Jan Molenaar
Scharrenburgersteeg 29a
6741 LS
Lunteren
3021712@aeres.nl
06 31 26 03 21

In samenwerking met:

LTO Noord
Zwartewaterallee 14
8031 DX
Zwolle
088 888 6666

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.



AERES
HOGESCHOOL
DRONTEN

Voorwoord

Dit afstudeerwerkstuk is geschreven in opdracht van de Aeres Hogeschool te Dronten. Voor het project 'wortels houden de bodem open' van LTO Noord is informatie verzameld om te onderzoeken of de beworteling van planten invloed kan hebben op verdichte lagen in de bodem. Het afstudeerwerkstuk is geschreven in het kader van afstuderen aan de opleiding Dier- en Veehouderij.

Bij de totstandkoming van dit afstudeerwerkstuk hebben meerdere personen een bijdrage geleverd. Daarom wil ik de volgende mensen bedanken. Ik wil Gera van Os bedanken voor het aanleveren van de opdracht en de benodigde begeleiding als afstudeerdocent. Verder wil ik Dirk Johan Feenstra bedanken voor het toelichten van de opdracht en de wekelijkse begeleiding. Van het rapport zijn twee versies gemaakt. In de versie die bestemd is voor publieke verspreiding, zijn de uitgeschreven gespreksverslagen in bijlage 5 verwijderd vanwege de privacywetgeving (AVG).

Ik wens u veel leesplezier toe.

Evert Jan Molenaar
4Dv

Lunteren, augustus 2021

Samenvatting

Uit onderzoek blijkt dat bijna de helft van de Nederlandse landbouwgronden last heeft van verdichting. Dit komt o.a. door de schaalvergroting die de landbouw heeft meegemaakt. Deze vergroting van capaciteit van landbouwmachines neemt een risico met zich mee. Grotere machines hebben een groter gewicht, waardoor het risico op verdichting in de ondergrond toeneemt. Uit onderzoek is gebleken dat verdichting van de bodem kan leiden tot een opbrengstverlies van 10 tot 40 procent. Verdichting is een gevolg van het berijden van de grond, als de draagkracht niet voldoende is. Verder zijn er vormen van natuurlijke verdichting. Bodemverdichting kan opgeheven worden door de grond te woelen. Deze maatregel blijkt niet doeltreffend en is vaak duur, waardoor er gekeken is naar een andere oplossing: het tegengaan van verdichting door middel van beworteling van gewassen.

In dit onderzoek zijn melkveehouders, akkerbouwers en onderzoekers geïnterviewd over praktijkkennis en ervaringen betreffend de beworteling van diepwortelende gewassen in relatie tot bodemverdichting. Het uiteindelijke doel van dit rapport is om boeren, loonwerkers en adviseurs handvatten te geven om bodemverdichting tegen te gaan op basis van ervaringen van andere boeren. Het is de bedoeling dat met behulp van deze informatie een checklist opgesteld wordt, die moet helpen om bepaalde keuzes te maken.

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat de geïnterviewden bevestigen wat er in de literatuur bekend is. De diepe beworteling van kruiden en groenbemesters hebben zeker een rol in het tegengaan van bodemverdichting. In grasland kan de beworteling van kruiden bodemverdichting voorkomen, maar ook opheffen. Een goed doorwortelde bodem is namelijk minder gevoelig voor verdichting en de wortels van kruiden zijn in staat om tot 60 centimeter diepte te wortelen.

Op maisland is het lastiger om bodemverdichting tegen te gaan door middel van een groenbemester. Op het moment van oogsten staat er vaak een matig ontwikkelde of geen groenbemester, waardoor de groenbemester de verdichting niet kan voorkomen. Daarnaast is het groeiseizoen van de groenbemester na de maisteelt te kort om bodemverdichting op te heffen. Het onderzaaien van een groenbemester in maisland is wellicht een optie, maar hier moet meer onderzoek naar gedaan worden.

Op bouwland is de beworteling van een groenbemester zeker deels in staat om bodemverdichting te voorkomen. Immers, waar een wortel zit, is de bodem minder gevoelig voor verdichting. De beworteling van groenbemesters is ook in staat om verdichte lagen op te heffen, echter is niet elke groenbemester hier geschikt voor en dit zal niet binnen een groeiseizoen lukken.

Uit de antwoorden van de geïnterviewden is informatie gehaald, wat interessant kan zijn om in de checklist te verwerken. De checklist is echter een bijproduct en hoort niet bij dit rapport.

De conclusie is daarom dat de beworteling van kruiden en groenbemesters een rol kan spelen in het tegengaan van ondergrondverdichting. De beworteling van kruiden en groenbemesters is in staat om diep te wortelen en door storende lagen heen te groeien. Verder maakt de beworteling van kruiden en groenbemesters de bodem weerbaarder voor verdichting.

Summary

Research has shown that almost fifty percent of the farmland in the Netherlands suffers from compaction. This is partly due to the increase in scale that agriculture has experienced. That is why companies use increasingly larger equipment to be able to continue grow profitable with rising land and labor costs and unchanged product prices. This increase in the capacity of agricultural machinery carries a risk. Larger machines have a greater weight, which increases the risk of compaction in the subsoil. Research has shown that soil compaction can lead to a yield loss of approximately 10 percent. Compaction is a result of driving over the field, if the bearing capacity is not sufficient. There are also forms of natural compaction. Consequences of soil compaction include yield loss. Furthermore, the soil is less able to absorb water, which means there is more run-off of nutrients. Soil compaction can be prevented by taking measures. Think of low tire pressure, controlled traffic farming, fertilizing with a drag hose system ensuring good drainage. Soil compaction can be removed by tilling the soil. This measure proves to be ineffective and is often expensive, so there has been looked for another solution: combatting compaction by rooting crops.

In this study, dairy farmers, arable farmers and researchers are interviewed about practical knowledge and experiences regarding the rooting of deep-rooted crops in relation to soil compaction. The ultimate goal of this report is to provide farmers, contractors and advisers with tools to combat soil compaction based on the experiences of other farmers. It is intended that a checklist is drawn up with the help of this information, which should help to make certain choices.

The results of the survey show that the interviewees confirm what is known in the literature. The deep rooting of herbs and green manure crops certainly plays a role in counteracting soil compaction. In grassland, the rooting of herbs can prevent soil compaction, but also eliminate it. A well-rooted soil is less sensitive to compaction and the roots of herbs are capable of rooting to a depth of 60 centimeters.

On maize land it is more difficult to prevent soil compaction by means of a green manure crop. At the time of harvesting, there is often a moderately developed or no green manure crop, which means that the green manure crop cannot prevent the compaction. In addition, the growing season of the green manure crop after maize cultivation is too short to eliminate soil compaction. Under-seeding a green manure crop on maize land may be an option, but more research needs to be done on this.

On arable land, the rooting of green manure crops is certainly partly able to prevent soil compaction. After all, where there is a root, the soil is less sensitive to compaction. The rooting of green manure crops is also capable of lifting compacted layers, but not every green manure is suitable for this, and this will not be possible within a growing season.

Information has been extracted from the answers of the interviewees, which may be interesting to include in the checklist. However, the checklist is a by-product and is not part of this report.

The conclusion is therefore that the rooting of herbs and green manures can play a role in counteracting subsoil compaction. The roots of herbs in grassland and green manure crops are able to root deeply and grow through disturbing layers. Furthermore, the rooting of herbs in grassland and green manure crops makes the soil more resistant to compaction.

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Summary	5
1. Inleiding	8
1.1 Ondergrondverdichting in Nederland	8
1.2 Oorzaken van bodemverdichting	10
1.3 Gevolgen van bodemverdichting	11
1.4 Voorkomen van bodemverdichting.....	12
1.5 Opheffen van bodemverdichting	14
1.6 Kruiden in de grasmat	15
1.7 Groenbemesters in de akker- en voederbouw.....	16
1.8 Doel- en vraagstelling	20
2. Materiaal en methode.....	21
2.1 Selectie ervaringsdeskundigen	21
2.2 Interviews	21
2.3 Data-analyse	22
2.4 Aanpak per deelvraag	22
3. Resultaten.....	24
3.1 Beworteling kruiden ter voorkomen van verdichting	26
3.2 Beworteling kruiden ter opheffen van verdichting	27
3.3 Beworteling van groenbemesters op maisland ter voorkomen van verdichting.....	31
3.4 Beworteling van groenbemesters op maisland ter opheffen van verdichting.....	31
3.5 Beworteling van groenbemesters op bouwland ter voorkomen van verdichting	34
3.6 Beworteling van groenbemesters op bouwland ter voorkomen van verdichting	35
3.7 Informatie verwerken in een checklist	36
4. Discussie	39
4.1 Reflectie op de onderzoeksmethode en uitvoering	39
4.2 Reflectie op de resultaten	39
5. Conclusie	43
5.1 Conclusie hoofdvraag en deelvragen	43
5.2 Aanbevelingen	45
Literatuurlijst	47
Bijlage 1: Interviewvragen melkveehouder.....	50
Bijlage 2: Interviewvragen akkerbouwer.....	52

Bijlage 3: interviewvragen onderzoeker kruidenrijk grasland.....	53
Bijlage 4: Interviewvragen onderzoeker groenbemesters	54

1. Inleiding

Bodemverdichting is één van de grote problemen waar de agrarische sector tegenaan loopt. Uit recent onderzoek van onder meer Wageningen Environmental Research (WEnR) en het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) is gebleken dat bijna de helft van de landbouwpercelen in Nederland te maken heeft met een zekere mate van bodemverdichting in de ondergrond (onder de bouwvoor) (Veelteelt.nl, 2015). Bedrijven worden groter, er moet steeds meer landwerk gedaan in een korter tijdsbestek. Dit komt door de schaalvergroting die de landbouw meegemaakt heeft (Sterke schaalvergroting in de landbouw sinds 1950, z.d.). Hierdoor gaan bedrijven steeds grotere machines gebruiken om rendabel te kunnen blijven telen bij stijgende grond- en arbeidskosten en gelijkblijvende prijzen voor producten. Deze vergroting van capaciteit van landbouwmachines neemt een risico met zich mee. Grotere machines hebben een groter gewicht, waardoor het risico op verdichting in de ondergrond toeneemt. Uit onderzoek van Wageningen UR is gebleken dat verdichting van de bodem kan leiden tot een opbrengstverlies van ongeveer 10 procent (Handboek Melkveehouderij, 2021). In hele droge jaren kan deze opbrengstderving oplopen tot 40 procent (De Lijster et al., 2016). Dit zijn grote risico's voor boeren en loonwerkers. Verdichting treedt vaak op bij een te zware belasting van de bodem, waarbij de draagkracht niet voldoende is. Draagkracht betekent de weerstand die de toplaag van de bodem kan bieden tegen uitgeoefende druk, zonder hierbij insporing of vervorming te ondergaan (Verantwoorde veehouderij.nl, 2019).

1.1 Ondergrondverdichting in Nederland

Verdichting is een afname van de totale en luchtgevulde porositeit door het ineendrukken van het bodemvolume. Hierdoor treedt vervorming van de bodemstructuur op, wat leidt tot een verstoring van de continuïteit van doorgaande poriën (Van den Akker, 2020).

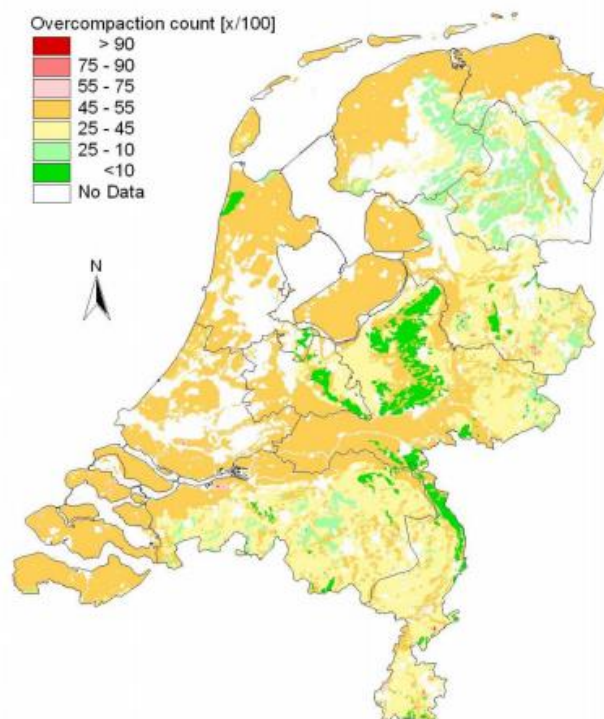
In de landbouw wordt onderscheid gemaakt tussen de bewerkte bouwvoor (ca. 10-30cm diep) en de onbewerkte ondergrond daaronder, respectievelijk de bovengrond en de ondergrond. De bovengrond onderscheidt zich van de ondergrond, door het hogere organische stofgehalte, veel meer worteling en bodemleven en een lossere structuur. Dit onderscheid is het beste zichtbaar bij landbouwgronden die jaarlijks worden geploegd of losgemaakt. Voor planten is de bovengrond van de bodem het belangrijkste. In de bovengrond zijn de meeste nutriënten aanwezig en wordt het meeste vocht onttrokken. De zuurstofvoorziening en vorming en uitwisseling van gas vindt voornamelijk plaats in de bovengrond. Andere taken van de bovengrond zijn het laten infiltreren van regendruppels en het regenwater vasthouden. Bij een grote neerslaghoeveelheid moet de bovengrond dit kunnen transporteren naar diepere bodemlagen zonder afstroming via de oppervlakte (Van den Akker, 2020).

Het is heel belangrijk dat een aantal wortels doorgroeien tot aan de ondergrond. Dit is noodzakelijk om in periodes van droogte de grond te exploiteren voor water, voedingsstoffen die uitgespoeld zijn in de bovengrond te onttrekken en om nieuwe poriën te vormen voor watertransport. Verder is de ondergrond belangrijk om water naar dieper gelegen bodemlagen te transporteren. Ondergrondverdichting heeft een negatief effect op zowel de infiltratiecapaciteit als de wortelingsdiepte (Van den Akker, 2020).

Direct onder de bouwvoor is de ploegzool te vinden, dit is de scheidingslaag tussen de bewerkte bovengrond en de onbewerkte ondergrond. Deze extra verdichte laag wordt vaak gevormd tijdens het ploegen, als een trekker met hoge wiellast door de open voor direct op de ondergrond rijdt en door versmering als gevolg van de ploegscharen. In deze situatie kan er naast verdichting door het berijden van een te natte grond ook sprake zijn van wielslip, wat een oppervlakkige verdichting van

de bereiden bovenlaag veroorzaakt. De ploegzool is moeilijker doordringbaar voor wortels, water en zuurstof dan de daaronder gelegen grond. Hierdoor wordt de functionering van de ondergrond beperkt. De ondergrond van bouwland wordt, in vergelijking met de bovengrond, niet jaarlijks losgemaakt. De reden hiervoor is dat de kosten hoog zijn, de omstandigheden zich er niet voor lenen en omdat het risico op negatieve effecten groot is. De verdichting van de grond is een doorlopend cumulatief proces; er is dus sprake van een geleidelijke verergering van de verdichting door de jaren heen. Op lange termijn zal dit resulteren in een homogene verdichte ondergrond. Verdichting van de ondergrond is zeker deels blijvend (Van den Akker, 2020).

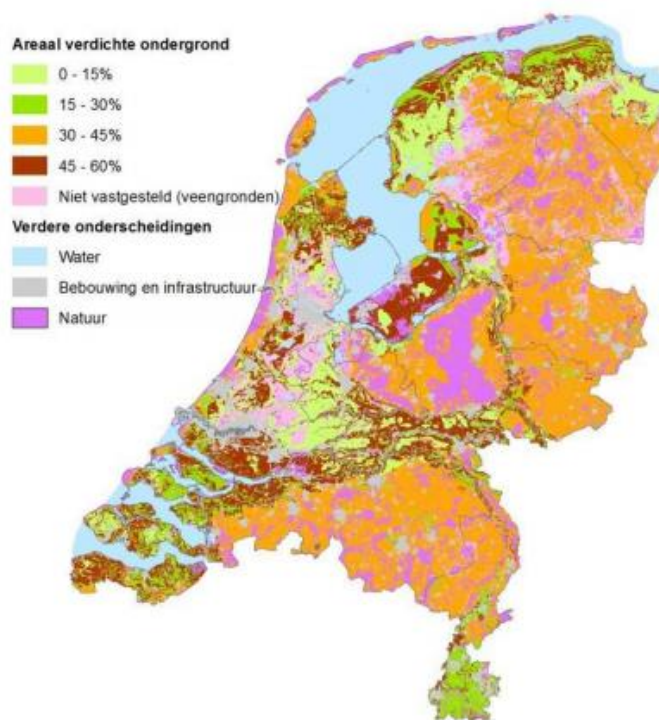
Er is nooit een goede inventarisatie geweest hoe groot de ernst van ondergrondverdichting is in Nederland. Er is in 2010 wel een analyse uitgevoerd van de dichtheidsgegevens uit het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) (Van den Akker & Hoogland, 2011) en een beperkte analyse op 128 punten in Nederland (Van den Akker et al., 2014). De resultaten hiervan zijn te vinden in figuur 1.1. Uit deze figuur is op te maken dat een groot deel van de Nederlandse ondergronden de limietwaarde voor toelaatbare dichtheden overschrijdt.



Figuur 1.1: Oververdichting van de ondergrond in 2010 gebaseerd op dichtheden uit het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) van 1960 – 2010. De term oververdichting in de figuur geeft aan dat de grond zo sterk verdicht is dat ernstige problemen met de indringingsweerstand, de luchthuishouding of doorlatendheid optreden. Het aantal ‘counts’ geeft aan in hoeveel locaties de ondergrond oververdicht is indien 100 locaties worden bemonsterd (Van den Akker & Hoogland, 2011).

Uit het onderzoek van Van den Akker en Hoogland (2011) volgde dat de dichtheid van de ondergrond geleidelijk aan toeneemt door de toenemende wiellasten. Rekening houdend met de trendmatige toename kon uit de dichtheden die in 1960 – 2010 de dichtheidstoestand in 2010 berekend worden. De conclusie hiervan was dat ongeveer vijftig procent van de oppervlakte aan meest vruchtbare landbouwgrond een te dichte ondergrond hadden (Van den Akker & Hoogland, 2011).

Naast de analyse van het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) heeft er een gelijksoortig onderzoek plaatsgevonden. De locaties van deze metingen zijn gekozen, rekening houdend dat de locaties evenredig naar de oppervlakte met een bepaalde risicoklasse op verdichting werden verdeeld. De provincies Gelderland, Brabant en Zeeland hebben extra veel locaties, omdat het project grotendeels door deze provincies gefinancierd werd. Uit de inventarisatie blijkt dat ruim 45 procent van de ondergronden oververdicht is. Voor de provincies Gelderland, Brabant en Zeeland zijn deze percentages respectievelijk 62%, 67% en 43%. Houdt er rekening mee dat het aantal locaties laag is, waardoor de betrouwbaarheidsmarges groot zijn. De resultaten van dit onderzoek bevestigen wel de conclusie uit de analyse van het BIS, waaruit bleek dat ongeveer 50 % van de ondergronden oververdicht is (Van den Akker et al., 2014). De resultaten van dit onderzoek zijn te vinden in figuur 1.2.



Figuur 1.2: Oververdichting ondergrond in 2014 gebaseerd op dichtheden gemeten op 128 punten in Nederland (Van den Akker et al., 2014).

1.2 Oorzaken van bodemverdichting

In de bodem komen tussen de vaste delen poriën voor. Poriën zijn belangrijk voor plantenwortels en voor transport van lucht en water door de bodem. De poriën in de bodem kunnen afnemen door verdichting. Deze verdichting ontstaat vaak als de bodem bereden wordt, als de omstandigheden niet gunstig zijn. Denk hierbij aan te natte omstandigheden, oftewel omstandigheden waarbij de draagkracht van de bodem niet voldoende is. Een droge grond is minder gevoelig voor verdichting dan een natte grond. Droge gronddeeltjes glijden minder makkelijk langs elkaar, waardoor de structuur steviger en de draagkracht groter is. Bij verdichting kunnen een heel aantal bodemeigenschappen niet meer goed functioneren. Denk hierbij aan water- en luchtdoorlatendheid, infiltratiecapaciteit, berging van water, bewortelbaarheid en zuurstofvoorziening door diffusie. De verdichting zorgt ervoor dat er een vermindering is van de productiviteit en biologische activiteit van de bodem. Verder treden er verliezen van nutriënten op en wordt circulaire landbouw slechter

mogelijk. De afgenomen infiltratiecapaciteit en doorlatendheid voor water zorgt voor een hoger risico op bodemerosie en verlies van voedingsstoffen als gevolg van afstroming en denitrificatie (Van den Akker, 2020). Naast verdichting door menselijk handelen (antropogene verdichting) kan ook natuurlijke verdichting voorkomen, door fijn materiaal in de bodem wat de poriën vult.

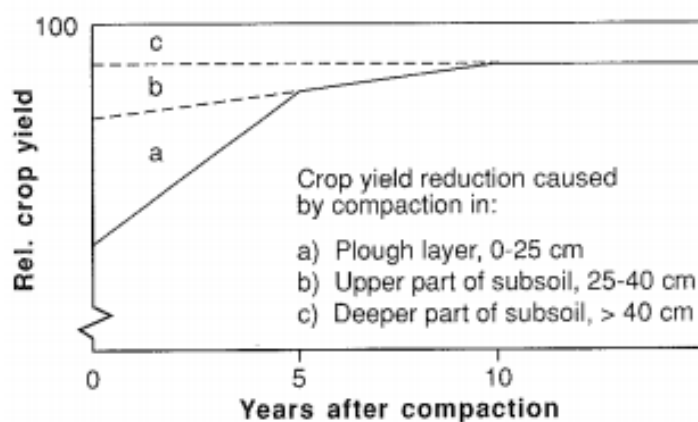
Geogene verdichtingen komen voort uit de geogene processen, ofwel de afzetting of stapeling van diverse grondlagen (bodemdata, z.d.). De volgorde van afzetting wordt bepaald door veel factoren waar het weer er een van is. Bijvoorbeeld dekzand dat met wind is afgezet of rivierafzettingen (sediment) die met het fluctueren van de stroomsnelheid van een rivier veranderen.

Pedogene verdichtingen zijn het gevolg van bodemvormende processen, zoals inklinking, rijping, uit- en inspoelen lutum, organische stof of mineralen. Dit proces heeft invloed op de textuur en de dichtheid van verschillende grondlagen.

Hydrogene verdichtingen zijn verdichtingen die ontstaan door aanwezigheid van water. Slemp is een verdichtend proces wat optreedt onder natte omstandigheden. Door het veranderen van de positie van deeltjes in de bodem, als gevolg van regen of capillaire opstijging, kunnen poriën verstopt raken. Lutum deeltjes kunnen tussen de zandkorrels komen waardoor een ondoordringbare laag ontstaat voor zowel water als plant (Bodem academie, z.d.)

1.3 Gevolgen van bodemverdichting

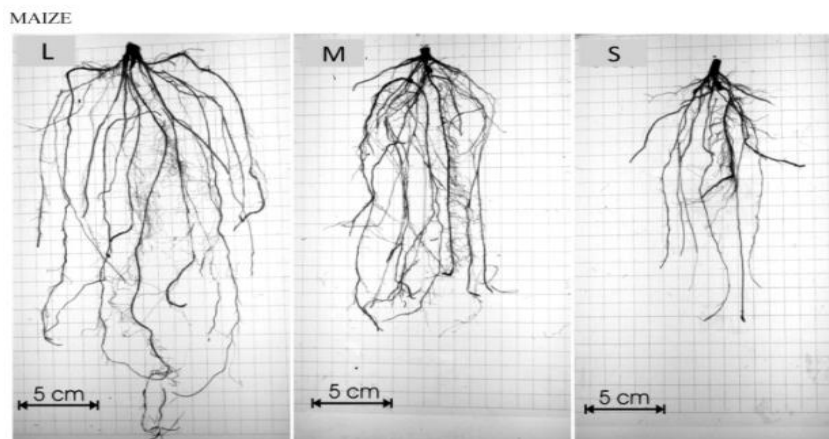
Bodemverdichting zorgt voor een verminderde opbrengst, en dit heeft een aantal oorzaken. Bodemverdichting heeft namelijk veel invloed op de ontwikkeling van een gewas. Bodemverdichting zorgt er namelijk voor dat de bodem harder is en minder zuurstof en poriën bevat, waardoor de wortel minder makkelijk kan groeien (Hargreaves et al., 2019). Hierdoor blijft de ontwikkeling van de plant achter. Door deze onderontwikkeling is de plant minder goed in staat om water en nutriënten uit de bodem op te nemen. Een ander bijkomend nadeel van bodemverdichting is dat de grond minder goed in staat is om water op te nemen, oftewel het waterbergende vermogen neemt af (Chen & Weil, 2011). Waterbergend vermogen is erg belangrijk, zeker nu er al een aantal droge jaren geweest zijn. Een goed waterbergend vermogen van de bodem kan ervoor zorgen dat er in tijden van droogte toch genoeg water beschikbaar is voor de plant om te kunnen groeien (De Lijster et al., 2016). Bij een verdichte ploegzool zal water slecht doorgelaten worden, waardoor de bouwvoor verzadigd raakt en het regenwater afstroomt. Deze afspoeling neemt nutriënten en soms ook gewasbeschermingsmiddelen en zware metalen mee. Dit komt de kwaliteit van het oppervlaktewater niet ten goede (Rozemeijer & Van der Velde, 2008).



Figuur 1.3: effecten van boven- en ondergrondverdichting op de oogstopbrengst. Geschematiseerd resultaat van een uitgebreide internationale reeks van veldproeven waarbij eenmalig een perceel

wiel-aan-wiel viermaal is bereiden met wiellasten van vijf ton. De jaren daarna is de bodem alleen bereiden met lage wiellasten om te kunnen bestuderen hoe het herstel van de bodem verloopt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de bovengrond (a), de ploegzool (b) en de diepere ondergrond (c) (Håkansson, 1994).

In figuur 1.3 zijn de gevolgen van bodemverdichting op de oogstopbrengst zichtbaar. Houdt er rekening mee dat de veldproeven in figuur 1.3 anders zijn uitgevoerd dan de praktijk. In de praktijk worden de gronden jaarlijks met zware lasten bereiden. Het herstel van de ploegzool zal daarom zeer beperkt zijn, zodat de opbrengstderving ongeveer 5% zal zijn. Uit een onderzoek van Wageningen UR, in samenwerking met het Institute of Sugar Beet Research, blijkt dat de wiellasten van een bietenrooier in 1990 al ruim 7,5 tot 10 ton bedragen (Hanse et al., 2011). Uit een proef, uitgevoerd door IRS in samenwerking met bandenfabrikant Michelin, blijkt dat de wiellasten bij volle bunker al snel op 10 ton uitkomen (Reindsen, 2020). De grenswaarde van de belasting van een bodem is niet in een getal uit te drukken, de draagkracht van de grond moet in verhouding staan tot de belasting. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de schade aan de bodem groter zal zijn dan in figuur 1.1 aangegeven is (Van den Akker, 2020). De verdichting heeft een grote invloed op de beworteling van een plant. De gevolgen op de beworteling zijn zichtbaar in figuur 1.4.



Figuur 1.4: Het gevolg van verdichting op de beworteling in een lage (L), matige (M), en hoge (S) verdichte ondergrond. Hierin is de afname van wortels in matige verdichting 27% en in hoge verdichting 20% (Grzesiak et al., 2013).

Uit onderzoek, uitgevoerd door North Central Soil Conservation Research Laboratory, is gebleken dat bij wiellasten van 9 ton een langetermijnafname van 6 % op de opbrengst van snijmaïs. In dit onderzoek heeft de ondergrond geen mogelijkheid om te herstellen, zodat de permanente ondergrondverdichting leidt tot een opbrengstderving van 10 %. Herstel van de ondergrond is lastig, een betere strategie is om te investeren in het voorkomen van verdichting (Voorhees, 2000).

1.4 Voorkomen van bodemverdichting

Bodemverdichting kan op een aantal manieren voorkomen worden. Deze maatregelen zijn gericht op het verminderen van de bodemdruk, het opheffen van plaatselijke bodemdruk en het voorkomen van bodembelasting bij ongunstige omstandigheden. Hieronder worden een aantal maatregelen beschreven die kunnen helpen om bodemverdichting te voorkomen.

Brede banden en rupsbanden

Een effectieve manier om de bodemdruk beter te verdelen over een groter oppervlakte is door bredere banden te gebruiken. Bredere banden hebben een groter oppervlakte contact met de bodem, hierdoor wordt de druk beter verdeeld. Dit zorgt ervoor dat de plaatselijke druk op de bodem afneemt.

Een rups kan een goede manier zijn om het gewicht van een machine over een groter oppervlak te verdelen. Een rupsband heeft namelijk meer contactoppervlakte met de bodem. Hierdoor wordt het gewicht beter verdeeld over de bodem, waardoor de druk per vierkante centimeter lager is (Handboek Bodem en bemesting). Het nadeel van rupsbanden is dat het een duur systeem is en een hoger gewicht met zich meebrengt. Daarnaast worden rupsbanden vaak ingezet onder natte omstandigheden, om te voorkomen dat de machine vastloopt. Onder degelijke omstandigheden geeft de zware belasting juist extra verdichting. Ook veroorzaken de tracks trillingen waarvan nog onbekend is wat het effect is op verdichting (Tönjes, 2019).

Bandenspanning

Een lagere bandenspanning kan ook beter de druk verdelen. Met een lagere bandenspanning wordt het contact oppervlakte van de band met de bodem groter. Een oplossing voor rijden over de weg en het veld met verschillende bandenspanningen is het gebruik van een drukwisselsysteem. Met dit systeem kan de bandendruk hoger gezet worden als de machine de weg op moet. Hiermee verbruikt de machine minder brandstof. De bandenspanning kan lager gezet worden als de machine het veld gaat betreden. Het oppervlakte contact met de bodem wordt hiermee groter, waardoor de druk op de bodem beter verdeeld wordt (Handboek Bodem en bemesting).

Vaste rijpadenteelt

Er kan als ondernemer gekozen worden voor een vast rijpadensysteem. Dit systeem is erop gericht dat een zo klein mogelijk gebied van het perceel bereden wordt. Er worden 'vaste' rijpaden gebruikt, waar steeds over dezelfde, smalle sporen gereden wordt. Het doel van dit systeem is om de bodemstructuur te besparen en verdichting van de bodem tegen te gaan, zodat een plant in ongestoorde grond kan groeien (Handboek Bodem en bemesting).

Bovenover ploegen

Ploegen gebeurt vaak in tijden wanneer het veld erg nat is (najaar, winter of het vroege voorjaar). De kans op bodemverdichting bij het ploegen wordt daardoor erg groot. Traditioneel wordt er tijdens het ploegen door de ploegvoor gereden, direct op de ondergrond. Op deze manier is er veel kans op verdichting in de ondergrond. Bovenover ploegen kan een andere optie zijn. Bij bovenover ploegen wordt er niet in de voor gereden, maar ernaast (zie figuur 1.5). Hierdoor kan de trekker op brede banden gezet worden en kan er gewerkt worden met lage bandenspanning (Handboek Bodem en bemesting).



*Figuur 1.5: Bovenover ploegen
(Tholhuijsen, 2017)*

Bemesting met sleepslangstelsel

Bemesten op grasland gebeurt vaak vroeg in het voorjaar, vaak onder nog te natte omstandigheden, wat de kans op bodemverdichting vergroot. Een mesttank neemt een groot gewicht met zich mee.

Sleepslangen kunnen hierbij de uitkomst zijn. Doordat er met minder kuub mest over het land wordt gereden, wordt de druk op de bodem ook vele malen kleiner (Wageningen UR, 2019). In figuur 1.6 is een trekker met sleepslangbemester weergegeven.



Figuur 1.6: Bemesten met een sleepslangstelsel (JTN Fotografie, z.d.)

Bouwplan

Intensieve bouwplannen, waarbij in het voorjaar vroeg gezaaid moet worden en in het najaar laat geoogst wordt, geven extra risico op structuurschade en bodemverdichting. Een extensiever bouwplan geeft de grond meer rust. Daarnaast is er meer mogelijkheid om na vroege gewassen een groenbemester te telen (Handboek Bodem en bemesting). Door het gebruik van diepwortelende gewassen is het mogelijk om de infiltratiecapaciteit van de bodem te verhogen. Op deze manier kan de bodem meer vocht opnemen en zal er minder water afspoelen. Verder onttrekken deze gewassen vocht in de bodem als er geen gewas groeit, zodat de bodem in het voorjaar eerder bereden kan worden. Het is in de literatuur niet bekend of diepwortelende gewassen bodemverdichting op kunnen heffen. Diepwortelende gewassen kunnen wel verdichting voorkomen door beworteling en aanvoer van organische stof (Haagsma et al., 2018).

Ontwatering

Een slechte ontwatering leidt tot een verhoogde kans op het ontstaan van bodemverdichting. Onder natte omstandigheden is er meer risico op bodemverdichting, doordat de draagkracht van de grond niet voldoende is (Handboek Bodem en Bemesting).

1.5 Opheffen van bodemverdichting

Bodemverdichting in de bovengrond kan effectief worden aangepakt door de grond te ploegen. Het nadeel hiervan is dat de natuurlijke bodemstructuur en een gedeelte van het bodemleven verloren gaat. Daarom wordt als alternatief niet-kerende groundbewerking (NKG) toegepast. Bij NKG wordt de bovengrond ondiep losgetrokken met woelers. Natuurlijke processen om de bodem te herstellen zijn onder andere vorst, uitdrogingskrimp en zwel (op kleigrond), beworteling en bodemleven. Vorst heeft alleen effect in de bovengrond. Uitdroging van de grond kan tot grotere dieptes effect hebben, zelfs als de ondergrond is verdicht. Het nadeel van zandgronden en gronden met lichte zavel is dat

deze gronden niet of zeer beperkt krimpen. Het herstelvermogen van deze gronden is dus erg beperkt (Van den Akker, 2020).

Een mogelijkheid om ondergrondverdichting op te heffen, is door de grond tot net onder de verdichte laag te woelen. Nadeel van deze maatregel is dat het relatief duur is (Van den Akker, 2020). Daarnaast valt de effectiviteit van woelen vaak tegen, omdat de nog bestaande poriën worden verstoord en de losgewoelde grond zeer gevoelig is voor herverdichting (Kooistra & Boersma, 2003). Het is daarom verstandig om na het woelen de ondergrond weer sterke en doorgaande poriën te geven door middel van diepwortelende gewassen en de grond ongeveer drie jaar met rust te laten (niet te belasten). Helaas is dit voor de meeste agrariërs economisch niet haalbaar. Zware belasting na het woelen kan tot ernstigere verdichting leiden dan voor het woelen het geval was. Daarnaast is het vaak nodig om periodiek te woelen, met bijkomende kosten en bezwaren (Van den Akker, 2020). Het is echter niet bekend of diepwortelende gewassen ook verdichting kunnen opheffen zonder dat de grond gewoeld wordt.

1.6 Kruiden in de grasmatten

Uit bovenstaande informatie blijkt dat bodemverdichting in de ondergrond opheffen of voorkomen vaak lastig is, of een kostbare maatregel is. Kruiden in het grasland kunnen wellicht helpen om bodemverdichting tegen te gaan. Uit onderzoek, gepubliceerd in *Ecology Letters*, is gebleken dat grasland met verschillende planten een betere bodemstructuur heeft en weerbaarder is voor zware neerslag, dan puur grasland (Gould et al., 2016). Dit komt vooral doordat de verschillende planten grove en fijne wortels hebben. Kruiden hebben een ander bewortelingspatroon dan grassen, namelijk veel fijne wortels. Sommige kruiden hebben een dikke penwortel, bijvoorbeeld cichorei, paardenbloem, pastinaak en luzerne. Er zijn ook kruiden met een grof wortelstelsel, met dikke wortels en weinig vertakkingen. Dit zijn bijvoorbeeld de smalle weegbree, de boterbloem en de witte klaver. Door het gebruik van kruiden wordt het bewortelingspatroon van de grasmatten breder, zodat er grovere poriën kunnen ontstaan en nutriënten en water uit diepere lagen opgenomen kunnen worden (Wagenaar et al., 2017). In figuur 1.7 is een kruidenrijke grasmatten te zien.



Figuur 1.7: Een kruidenrijke grasmatten (LG Seeds, 2021).

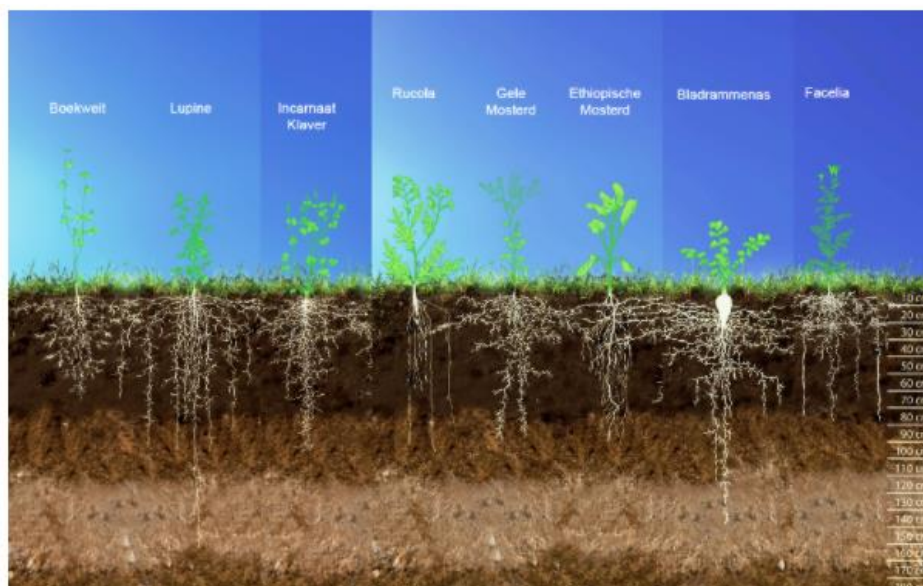
Kruiden hebben een genezende werking, kunnen diep wortelen en kunnen stikstof binden uit de lucht (Tozer et al., 2016). Meer informatie over veelgebruikte kruiden is beschikbaar in een publicatie van Louis Bolk Instituut: *Van gepeperd naar gekruid grasland – functionaliteit van kruiden in grasland*.

1.7 Groenbemesters in de akker- en voederbouw

Op bouwland kan ervoor gekozen worden om na een teelt of tijdens een teelt een groenbemester in te zaaien. Groenbemesters hebben in de landbouw verschillende doeleinden.

Beworteling en bodemstructuur en -verdichting

Ondergrondverdichting kan voorkomen worden door een groenbemester te telen. Een groenbemester kan de bodem openhouden door de beworteling en door de aanvoer van organische stof (Chen et al., 2014). Er kan bewust gekozen worden voor groenbemesters met een diepe beworteling (Haagsma et al, 2018). Er zijn heel veel verschillen tussen groenbemesters en bewortelingskarakteristieken. In figuur 1.8 is van een aantal groenbemesters de beworteling weergegeven. Er zijn oppervlakkige en intensief wortelende groenbemesters, zoals grassen. Deze groenbemesters houden de bodem goed vast. Er zijn ook diepwortelende groenbemesters. Deze groenbemesters bevorderen de infiltratiecapaciteit en kunnen verdichte lagen helpen voorkomen. Wortel- en bladresten hebben een positief effect op de doorlatendheid en structuurstabiliteit van de grond. Het wortelstelsel van een groenbemester kan de bodemdeeltjes goed bij elkaar houden, wanneer er niet dieper dan 15 centimeter wordt geploegd of wanneer er niet-kerende grondbewerking toegepast wordt. Op deze manier wordt verslemping voorkomen. Daarnaast verstuift een goed doorwortelde grond minder snel. In dit geval hebben groenbemesters die intensief wortelen in de bovengrond de voorkeur (Haagsma et al., 2018).



Figuur 1.8: Het verschil in beworteling van groenbemesters (Groenbemesters voor een betere bodemstructuur, z.d).

In tabel 1.1 zijn van een aantal veelvoorkomende groenbemesters de eigenschappen weergegeven die helpen om de structuur van de grond te beschermen of te verbeteren. Uit deze tabel is op te maken dat soedangras (sorghum) veruit het beste scoort op het gebied van beworteling. Voor zowel de diepte als de intensiteit wordt er excellent gescord. Gele mosterd heeft daarentegen een slechte score op het gebied van beworteling. Deze plant heeft voor zowel de diepte van de beworteling als de intensiteit een matige score. Mengsels van groenbemesters hebben als voordeel dat de ontwikkeling van de plantenwortels toeneemt, wanneer de planten met meerdere soorten groeien (Haagsma et al., 2018).

Tabel 1.1: Eigenschappen van groenbemesters van belang bij het beschermen of verbeteren van de structuur (Haagsma et al., 2018).

Groenbemester	grondbedekking en gewasmassa	vorstgevoeligheid	beworteling		structuur verbeteraar	erosie preventie
			diepte	intensiteit		
Bladrammenas	●	●	●	●	●	●
Gele mosterd	●	●	●	●	●	●
Bladkool	●	●	●	●	●	●
Zwaardherik	●	●	●	●	●	●
Ethiopische mosterd	●	●	●	●	●	●
Engels raai gras	●	●	●	●	●	●
Italiaans raai gras	●	●	●	●	●	●
Westerwolds raai gras	●	●	●	●	●	●
Rietzwenkgras	●	●	●	●	●	●
Winterrogge	●	●	●	●	●	●
Japanse haver	●	●	●	●	●	●
Soedangras	●	●	●	●	●	●
Triticale	●	●	●	●	●	●
Witte klaver	●	●	●	●	●	●
Rode klaver	●	●	●	●	●	●
Alexandrijnse klaver	●	●	●	●	●	●
Perzische klaver	●	●	●	●	●	●
Voederwikke	●	●	●	●	●	●
Incarnaat klaver	●	●	●	●	●	●
Afrikaantje	●	●	●	●	●	●
Facelia	●	●	●	●	●	●
Raketblad	●	●	●	●	●	●
Spurrie	●	●	●	●	●	●
	○ Slecht ● Matig ● Goed ● Zeer Goed ● Excellent	○ Niet ● Weinig ● Matig ● Gevoelig ● Zeer	○ Ondiep ● Vrij ondiep ● Vrij diep ● Diep ● Zeer diep	○ Slecht ● Matig ● Goed ● Zeer Goed ● Excellent	○ Slecht ● Matig ● Goed ● Zeer Goed ● Excellent	○ Slecht ● Matig ● Goed ● Zeer Goed ● Excellent

Behalve het effect van de doorworteling op de bodemstructuur, kunnen groenbemesters ook andere voordelen bieden:

Stikstofuitspoeling voorkomen

Voor het verminderen van de nitraatuitspoeling is de functie als vanggewas van belang (Commissie van Deskundigen Mestwet (CDM), 2017). Op zand- en lössgrond is het verplicht om na de maïsteelt een groenbemester te telen als vanggewas. Het vanggewas kan ook tijdens de groei van het gewas ingezaaid worden. Het vanggewas moet dan uiterlijk 1 oktober gezaaid zijn. Op deze manier kan het gewas voldoende stikstof uit de grond opnemen, die niet door de maïs gebruikt is (RVO, 2021). De effectiviteit van de groenbemester hangt in dit geval af van de hoeveelheid stikstof die opgenomen kan worden en de hoeveelheid stikstof die weer vrijkomt bij het volggewas. (Haagsma et al., 2018).

Stikstoffixatie

Vlinderbloemige groenbemesters spelen een grote rol als stikstofbron. De rhizobium-bacteriën van vlinderbloemigen zijn in staat om stikstof uit de lucht te binden. Deze stikstof kan dan vervolgens door de plant opgenomen worden door middel van symbiose. In figuur 1.9 zijn wortelknolletjes weergegeven, waarin de rhizobium-bacteriën in symbiose met de plant leven. Door de teelt van een vlinderbloemige groenbemester of door een vlinderbloemige in het groenbemestermengsel te betrekken kan er met een relatief lage stikstofgift toch een geslaagd gewas groeien. Vlinderbloemigen kunnen op deze manier bijdragen aan extra aanvoer van stikstof uit de lucht (Haagsma et al., 2018).



Figuur 1.9: Wortelknolletjes aan wortels (Carolus, z.d.)

Organische stof aanvoer

Groenbemesters zijn een belangrijke bron van organische stof. Organische stof speelt een belangrijke rol in de vruchtbaarheid van de bodem. Organische stof verbetert de structuur, verhoogt het waterbergend vermogen, verbetert de bewerkbaarheid en verhoogt de kationen omwisselcapaciteit. De kationen omwisselcapaciteit zorgt ervoor dat de bodem beter kalium, calcium en magnesium vast kan houden. De organische stof bevat belangrijke mineralen als stikstof, fosfor en zwavel die bij de afbraak vrijkomen. Daarnaast zorgt organische stof voor een weerbaardere bodem en wordt het bodemleven gestimuleerd. Elk jaar breekt er organische stof af en wordt er verse organische stof aangevoerd door gewas- en wortelresten, groenbemesters, organische mest en/of compost. De organische stof van de bodem die jaarlijks afgebroken wordt moet jaarlijks aangevuld worden om het organische stofgehalte op peil te houden (Haagsma et al, 2018).

De organische stof zorgt, naast de voordelen die hiervoor genoemd zijn, ook voor een betere structuur. Organische stof zorgt dat de minerale bodemdeeltjes op een luchtige manier bij elkaar gehouden worden. Dit heeft een aantal voordelen: De grond wordt minder slemp- en stuifgevoelig, betere verkruielbaarheid en bewerkbaarheid en er is een betere doorworteling mogelijk (Haagsma et al, 2018).

Voorkomen van erosie

Een bedekte bodem door een groeiende of al afgestorven groenbemester, kan samen met een goede doorworteling bovengrondse erosie voorkomen. Erosie komt voor in verschillende vormen. Op zand- en dalgronden is het mogelijk dat een deel van de bouwvoor verstuift in de winter of het voorjaar. Verschillende ziektes kunnen zich dan makkelijk verspreiden. Bij een bedekte bodem heeft de wind minder grip op de grond. Daarnaast kan het afspoelen van grond op glooiende percelen tegengegaan worden (Haagsma et al, 2018).

Doorlatendheid van de grond

Naast afspoelen en verstuiven is ook het verspoelen en verslempen van grond een vorm van erosie. Bij hevige regenval kan de grond zowel oppervlakkig als inwendig verslempen en verspoelen. Er ontstaat een dichte en harde laag die weinig water doorlaat en verdamping van de bouwvoor in het najaar tegengaat. Daarnaast kan er bij hevige regenval water op het land blijven staan. Een

groenbemester kan de grond beschermen tegen deze vorm van erosie. Dit komt vooral door de doorworteling van de grond. Fijne en intensieve beworteling (veelal grassen) houden de bouwvoor lang bij elkaar. Wortelkanalen van afgestorven wortels zorgen voor een verbetering van de waterafvoer. Ook ingewerkte blad- en wortelresten van een groenbemester beschermen de bodem tegen verspoeling en verslumping. Zelfs groenbemesters met weinig biomassa beschermen de grond beter dan onbeteelde grond (Haagsma et al, 2018).

Vochtverdamping/ vocht vasthouden

In Nederland is in de herfst vaak de hoeveelheid regen groter dan de hoeveelheid die verdampt. Klei- en zavelgronden worden in deze tijd vaak onder (te) natte omstandigheden geploegd. Hierdoor kan structuurbederf ontstaan. Door een groenbemester te telen kan er meer vocht verdampt worden. In het najaar kan dit helpen om onder drogere omstandigheden te ploegen. Dit kan ook in het voorjaar helpen om onder drogere omstandigheden te kunnen werken (Haagsma et al, 2018).

Weerbaarheid van de grond

Met de weerbaarheid wordt een grond bedoeld, die ondanks de aanwezigheid van ziektes en/of plagen het gewas minder tot geen schade lijdt. Hier zijn drie mogelijke oorzaken voor:

- Verbetering van de fysische en chemische bodemvruchtbaarheid in het algemeen leidt ertoe dat de opbrengst zodanig omhooggaat, dat er ondanks het percentage schade toch een hogere opbrengst per hectare gehaald wordt.
- Het bodemleven wordt gestimuleerd en hierdoor worden planten versterkt. De tolerantie van de plant wordt beter tegen ziekten en plagen. De mineralen en structuur van de grond hebben in dit geval minder invloed hierop.
- Er zijn in de bodem natuurlijke vijanden aanwezig, die de ziekten en plagen kunnen aanvallen. Deze natuurlijke vijanden worden gestimuleerd door de teelt van een groenbemester. Het besmettingsniveau van de ziekteverwekker kan op deze manier dalen (Haagsma et al, 2018).

Aaltjesbeheersing

Er zijn groenbemesters die aaltjes kunnen bestrijden of de overdracht van aaltjes door een virus kunnen beperken. Sommige groenbemesters hebben namelijk van nature een eigenschap dat de aaltjessoort zich niet op de plant kan voeden (niet-waardplant). De werking tegen aaltjes is erg specifiek. Het hangt af van de aaltjessoort en het type groenbemester (Haagsma et al, 2018).

Onkruidonderdrukking/ -ontwikkeling

Op (tijdelijk) onbeteeld land heeft onkruid een goede kans om zich te ontwikkelen. Groenbemesters kunnen deze onkruidpopulaties op twee manieren beïnvloeden. Groenbemesters kunnen op de ene manier competeren op het gebied van licht, water en nutriënten. Op de andere manier kunnen groenbemesters de zaailingen onderdrukken tijdens de groei of na het inwerken. Dit werkt het beste als de groenbemester een snelle begingroei heeft en een goede, langdurige grondbedekking heeft. Ook na het afsterven van de groenbemester, als de grond nog wordt bedekt door de gewasresten, wordt het onkruid onderdrukt. Het is belangrijk om rekening te houden met de ontwikkeling van de groenbemester. Bij een trage beginontwikkeling kan het gewas alsnog veronkruiden. Als dit onkruid in het zaad schiet, kan dit alsnog problemen geven bij het vervolggewas (Haagsma et al., 2018).

1.8 Doel- en vraagstelling

In de literatuur is veel bekend over de beworteling van verschillende kruiden en groenbemesters. Het is echter niet duidelijk in hoeverre de beworteling ook door storende lagen kan dringen en of het storende lagen kan voorkomen. Hier is meer wetenschappelijk onderzoek naar nodig. Echter, bij agrariërs die deze gewassen al jaren toepassen is wellicht ook veel kennis en praktijkervaring aanwezig. Deze ervaringskennis is niet of weinig vastgelegd in wetenschappelijke bronnen, maar wel relevant om te benutten in lopende praktijkprojecten rond het voorkomen en verhelpen van ondergrondverdichting. In voorliggend onderzoek zal de ervaringskennis van agrariërs centraal staan. Het uiteindelijke doel van dit rapport is om boeren, loonwerkers en adviseurs handvaten te geven om bodemverdichting tegen te gaan op basis van ervaringen van andere boeren. Het is de bedoeling dat met hulp van deze informatie een checklist opgesteld wordt, die moet helpen om bepaalde keuzes te maken.

Hoofdvraag: Hoe kunnen diepwortelende kruiden en groenbemesters helpen om bodemverdichting tegen te gaan?

Bij de formulering van de hoofdvraag is er bewust gekozen voor 'bodemverdichting tegengaan'. Deze term neemt namelijk zowel bodemverdichting *opheffen* als bodemverdichting *voorkomen* mee. Om tot beantwoording van de hoofdvraag te komen, zijn er een aantal deelvragen opgesteld. Bij de deelvragen wordt er onderscheid gemaakt tussen melkveehouders en akkerbouwers, omdat de gewaskeuze en wet- en regelgeving sterk verschillen per sector.

1. **Melkveehouderij, grasland**Hoe kan de beworteling van kruiden in grasland helpen om bodemverdichting te voorkomen?
2. Hoe kan de beworteling van kruiden in grasland helpen om bodemverdichting op te heffen?

Melkveehouderij, maisland:

3. Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting te voorkomen?
4. Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting op te heffen?

Akkerbouw:

5. Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland helpen om bodemverdichting te voorkomen?
6. Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland groenbemesters helpen om bodemverdichting op te heffen?

Algemeen:

7. Hoe kan de informatie verwerkt worden in een checklist voor beide sectoren?

De hypothese is als volgt: De ervaringskennis bij ondernemers is van meerwaarde op de literatuur. Boeren hebben veel relevante ervaringskennis over effect van beworteling op de bodemverdichting.

2. Materiaal en methode

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd. Om tot antwoord te komen op de hoofdvraag, is een kwalitatief onderzoek uitgevoerd. Informatie is verzameld door interviews af te nemen met ervaringsdeskundigen, op basis waarvan de deelvragen zijn beantwoord. De antwoorden op de deelvragen tezamen, hebben geleid tot een antwoord op de hoofdvraag.

2.1 Selectie ervaringsdeskundigen

Er wordt onderscheid gemaakt in twee type ervaringsdeskundigen waarbij interviews zijn afgenomen:

Boeren

De boeren die geïnterviewd zijn, zijn samen met de begeleider vanuit LTO Noord en de projectgroep van LTO geselecteerd. Deze namen zijn bewust gekozen, omdat deze boeren onderdeel zijn van het project 'wortels houden de bodem open'. Deze boeren zijn al heel bewust bezig met verdichting tegengaan in grasland, dan wel bouwland. Verder zijn er biologische akkerbouwers geselecteerd die veel ervaring hebben met de teelt van groenbemesters. Deze selectie is niet representatief. Deze boeren zijn namelijk al langer bewust bezig met bodembeheer. De insteek is dat deze boeren meer ervaringen hebben met beworteling en bodemverdichting dan de gemiddelde boer.

Onderzoekers:

De onderzoekers die geïnterviewd zijn, zijn werkzaam bij gerenommeerde onderzoeksinstituten en hebben aantoonbare ervaring met onderzoek aan kruidenrijk grasland en/of het gebruik van groenbemesters in de landbouw. Deze mensen beschikken over voldoende kennis om te helpen de deelvragen te beantwoorden. Onderzoeker 1 is werkzaam bij Wageningen Environmental Research (WEnR) en onderzoeker 2 is werkzaam bij Louis Bolk Instituut.

2.2 Interviews

Er zijn semigestructureerde interviews afgenomen. De verschillende vragen en onderwerpen zijn besproken en er is meebewogen in de antwoorden van de geïnterviewde. De vragen zijn dus niet in een vaste volgorde gesteld, wat ook een kenmerk is voor een semigestructureerd interview.

De vragen die gesteld zijn bij de interviews met melkveehouders, akkerbouwers en onderzoekers, zijn in conceptvorm weergegeven in bijlage 1 t/m 4. Deze vragenlijsten zijn slechts opgesteld als richtlijn voor het gesprek. De gesprekken zullen in de praktijk anders verlopen.

De interviews zijn met toestemming van de akkerbouwer/veehouder/onderzoeker opgenomen met behulp van een voice-recorder. Hierdoor kon de interviewer zich volledig richten op het gesprek en het stellen van de juiste vragen. Vervolgens zijn de interviews letterlijk uitgetypt. Door deze manier van werken zijn de uitspraken van de akkerbouwer/veehouder/onderzoeker letterlijk vastgelegd. De gespreksverslagen zijn ter goedkeuring/correctie toegestuurd aan de betrokkenen. De uitgewerkte verslagen zijn vertrouwelijk behandeld. De resultaten zijn geanonimiseerd beschreven en citaten zijn alleen met toestemming gebruikt. Uit deze interviews zijn ervaringen gehaald, die hebben geleid tot de antwoorden op de deelvragen.

2.3 Data-analyse

Om een conclusie te kunnen trekken uit de interviews is een goede data-analyse noodzakelijk. De opnames zijn daarom allereerst getranscribeerd (Bell, Bryman, & Harley, 2019). Dit is gedaan door de audiobestanden af te spelen en ondertussen de tekst uit te typen. Na de omzetting van de audiobestanden is het transcript nog handmatig aangepast om typfouten eruit te halen. Vervolgens zijn de namen van de respondenten omgezet naar anonieme namen, bijvoorbeeld: “melkveehouder 1”. De volgende stap van kwalitatieve data-analyse is het coderen van de transcripten. Het coderen van interviews kent een aantal stappen (Tubbing, 2019):

1. Open coderen: hierbij worden er labels geplaatst aan gedeeltes van het transcript. Op deze manier worden dezelfde onderwerpen of argumenten bij elkaar geplaatst. Dit is gedaan door per deelvraag verschillende kleuren te gebruiken.
2. Selectief coderen: hierbij worden de verschillende codes geanalyseerd en worden er verbanden gelegd tussen de codes. Hier worden de conclusies over de verschillende codes getrokken. Dit vormt de input voor het hoofdstuk resultaten en conclusies.

De transcripten van de onderzoekers zijn ook gecodeerd. Allereerst zijn tijdens het selectief coderen verbanden gelegd tussen de antwoorden van de verschillende melkveehouders en de antwoorden van de verschillende akkerbouwers. Vervolgens zijn de antwoorden van melkveehouders en akkerbouwers vergeleken met de antwoorden van de onderzoekers en is er gekeken naar de verbanden, verschillen en aanvullingen.

Op de verschillende deelvragen is in het hoofdstuk resultaten antwoord gegeven. Dit antwoord is gevormd op basis van het uitgevoerde kwalitatieve onderzoek. De manier van dataverzameling en data-analyse is voor de verschillende deelvragen gelijk.

2.4 Aanpak per deelvraag

In deze paragraaf is beschreven hoe er tot een antwoord op de deelvragen gekomen is.

Grasland:

1. Hoe kan de beworteling van kruiden in grasland helpen om bodemverdichting te voorkomen?
2. Hoe kan de beworteling van kruiden in grasland helpen om bodemverdichting op te heffen?

Voor deze deelvragen zijn vier melkveehouders geïnterviewd, waarvan alle vier ervaring hebben met kruidenrijk grasland. Verder zijn er voor deze deelvragen een tweetal onderzoekers geïnterviewd. Op deze manier zijn er voldoende ervaringen verzameld om een goed antwoord op de deelvragen te geven.

Maisland:

3. Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting te voorkomen?
4. Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting op te heffen?

Voor deze deelvragen zijn drie melkveehouders geïnterviewd. Dit komt doordat een melkveehouder geen mais teelt, en dus geen groenbemester zaait. Daarnaast is er een onderzoeker geïnterviewd over de deelvragen. Op deze manier zijn er voldoende ervaringen verzameld om een goed antwoord op de deelvragen te geven.

Akkerbouw:

5. Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland helpen om bodemverdichting te voorkomen?
6. Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland groenbemesters helpen om bodemverdichting op te heffen?

Voor deze deelvragen zijn vier akkerbouwers geïnterviewd, die bewust een groenbemester zaaien voor een betere bodem. Naast de vier akkerbouwers, is er een onderzoeker geïnterviewd, die voldoende kennis van groenbemesters heeft. Op deze manier zijn er voldoende ervaringen verzameld om een goed antwoord op de deelvragen te geven.

Algemeen:

7. Hoe kan de informatie verwerkt worden in een checklist?

Deze deelvraag is beantwoord door bij elk interview te vragen wat de boer of onderzoeker belangrijk vindt om terug te zien in een checklist. Deze informatie zal naderhand bekeken worden samen met de begeleider vanuit LTO Noord. Hieruit zal blijken welke informatie nuttig is om te verwerken in de checklist, aangevuld met informatie uit de literatuur. De checklist is nog niet geschreven in dit rapport, dit is een bijproduct. Wel zijn er aanbevelingen gedaan over het opstellen van de checklist op basis van de verzamelde informatie.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van het onderzoek beschreven. De resultaten zijn tot stand gekomen door het interviewen van melkveehouders, akkerbouwers en onderzoekers. De gekozen melkveehouders, akkerbouwers en onderzoekers zijn al eerder beschreven in hoofdstuk 2.1, in dit hoofdstuk is verder ook de gebruikte methodologie te vinden. Er is gekozen voor het interviewen van deze boeren en onderzoekers, omdat ze allemaal een directe relatie hebben met kruidenrijk grasland en groenbemesters.

De deelvragen zijn in dezelfde volgorde beschreven als in het hoofdstuk 2 beschreven is. De resultaten zullen per boer of onderzoeker te allen tijde anoniem vermeld worden. De resultaten zullen feitelijk en zonder waardeoordeel gegeven worden en in de discussie worden bediscussieerd.

Resultaten deelvragen

In de volgende alinea's worden de resultaten per deelvraag weergegeven. De antwoorden zijn per respondent uniek, dus de resultaten zullen per respondent weergegeven worden. Er is getracht om de resultaten zo efficiënt mogelijk weer te geven in een tabel. Deze tabellen zullen vervolgens per geïnterviewde toegelicht worden.

Tabel 3.1: Kernboodschap uit de interviews m.b.t. deelvraag 1 en 2.

Deelvraag	Melkveehouder 1 (Zandgrond)	Melkveehouder 2 (Kleigrond)	Melkveehouder 3 (Zand/kleigrond)	Melkveehouder 4 (Zandgrond)	Onderzoeker 1	Onderzoeker 2
1. Bodemverdichting in grasland voorkomen door beworteling kruiden	Na woelen inzaaien met een kruidenrijk gewas helpt om bodemverdichting te voorkomen. De beworteling maakt de grond weerbaarder voor verdichting.	Bodemverdichting kan zeker deels voorkomen worden door de beworteling van kruiden. De beworteling van kruiden zorgt ervoor dat de grond weerbaarder is tegen hoge wiellasten.	Door de diepe en intensieve beworteling van kruiden is de ondergrond minder makkelijk te verdichten. Overal waar wortels in de bodem zitten is de bodem minder makkelijk te verdichten.	Om verdichting te voorkomen, moet het bodemleven goed zijn. De beworteling van kruiden stimuleert het bodemleven. De beworteling van kruiden zorgt er daarnaast voor dat de grond weerbaarder wordt voor verdichting.		Waar een wortel in de grond zit, kan de bodem niet verdichten. De beworteling zorgt ervoor dat de bodem zeker deels openblijft. Verdichting kan op deze manier deels voorkomen worden.
2. Bodemverdichting in grasland opheffen door beworteling kruiden	Bodemverdichting kan opgeheven worden door de beworteling van kruiden, mits er tijd genoeg voor is. Om een ernstige verdichting op te heffen moet de grond eerst machinaal losgetrokken worden. De diepe beworteling van kruiden heeft veel tijd nodig om storende lagen op te heffen.	Verdichting kan opgeheven worden, mits de verdichting niet te erg is. Bij een erge ploegzool is het beter om de grond eerst te woelen en vervolgens een diepwortelend gewas in te zaaien. Bij een kleine verdichte laag is de beworteling van kruiden in staat om erdoorheen te groeien.	In een profielkuil gezien dat de beworteling van kruiden terug te zien was op 60 centimeter diepte. Dit betekent dat de wortels van kruiden in staat zijn om door storende lagen heen te groeien.	Kruiden met een dikke penwortel zijn in staat om een verdichte laag op te heffen. Deze wortels teruggezien op 60 centimeter diepte, terwijl er een verdichte laag zat in het perceel op 50 centimeter diepte. De beworteling zorgt verder voor een lossere bodem.	Op zandgrond moeilijk, op kleigrond kan verdichting opgeheven worden. Kleigrond heeft een groot herstellend vermogen, doordat klei kan krimpen. Het is wel belangrijk om daadwerkelijk kruiden te kiezen die diep kunnen wortelen.	Met proeven gezien dat de penwortels van sommige kruiden in staat zijn om tot 60 centimeter diepte te groeien. In dit geval kunnen de wortels dus door storende lagen heen groeien. Het is wel zo dat een verdichting in zandgrond moeilijker oplosbaar is dan een verdichting in kleigrond.

3.1 Beworteling kruiden ter voorkomen van verdichting

“Hoe kan de beworteling van kruiden in grasland helpen om bodemverdichting te voorkomen?” Om deze deelvraag te kunnen beantwoorden zijn er interviews uitgevoerd met een viertal melkveehouders die ervaring hebben met kruidenrijk grasland en met een onderzoeker die gespecialiseerd is in kruidenrijk grasland. In tabel 3.1 zijn de resultaten samenvattend weergegeven.

Geïnterviewde melkveehouder 1: Uit het interview met melkveehouder 1 (bijlage 5a) blijkt dat bodemverdichting deels voorkomen kan worden door middel van de beworteling van kruiden. Zeker na het woelen van de grond, kan bodemverdichting voorkomen worden door de inzaai van een kruidenrijk mengsel. Dit komt volgens de melkveehouder door de variatie van de beworteling. Er zit in een kruidenmengsel bijvoorbeeld cichorei, een plant die een hele lange penwortel heeft en dus diep kan wortelen. Deze diepe beworteling zorgt ervoor dat de bodem veel losser blijft. Dit heeft als positief effect dat de rest van de planten ook dieper kunnen wortelen. De grond wordt door de beworteling vitaler en kan beter tegen een stootje. Op die manier kan de beworteling van kruiden helpen om bodemverdichting te voorkomen. Het is wel zo dat er allen op het land gereden moet worden wanneer de draagkracht voldoende is. De beworteling van kruiden zal bodemverdichting niet geheel kunnen voorkomen als het land onder natte omstandigheden bewerkt wordt. In figuur 3.1 is het kruidenrijke grasland van de melkveehouder weergegeven.



Figuur 3.1: Kruidenrijk grasland (Molenaar, 2021)

Geïnterviewde melkveehouder 2: Uit het interview met melkveehouder 2 (bijlage 5b) blijkt dat bodemverdichting zeker deels voorkomen kan worden door de beworteling van kruiden. Waar de wortels van kruiden in de bodem zitten, is de bodem minder makkelijk te verdichten. Hoe dieper de wortels van de kruiden in de bodem kunnen doorgroeien, des te beter werkt het voorkomen van bodemverdichting. Er moet wel rekening gehouden worden met de draagkracht van het perceel. Bodemverdichting komt immers tot stand als het land bereiden wordt onder te natte omstandigheden. Kruiden hebben een grote variëteit in beworteling, waardoor er meer nadruk ligt op het gene wat er in de bodem gebeurt. Dit maakt de bodem weerbaarder voor weersextremen en is de bodem beter bestand tegen de hoge wiellasten van tegenwoordig. In figuur 3.2 is het kruidenrijke grasland van melkveehouder 2 weergegeven.



Figuur 3.2: Kruidenrijk grasland (Molenaar, 2021)

Geïnterviewde melkveehouder 3: Uit het interview met melkveehouder 3 (bijlage 5c) blijkt dat de bodem beter bestand is tegen verdichting door de beworteling van kruiden. Door de diepe en intensieve beworteling is de bodem minder makkelijk te verdichten. Overal waar wortels in de bodem zitten, is de bodem beter bestand tegen verdichting. De wortels zorgen ervoor dat de bodem

losgemaakt wordt en maken ruimte voor het bodemleven. De wortels zorgen ervoor dat er zuurstof in de bodem kan stromen, zodat het bodemleven vitaler wordt. Maar er moet ook rekening worden gehouden met andere factoren. De bodem moet niet met zwaar materiaal bereiden worden en de werkzaamheden moeten alleen uitgevoerd worden als de omstandigheden goed zijn.

Geïnterviewde melkveehouder 4: Uit het interview met melkveehouder 4 (bijlage 5d) blijkt dat de beworteling van kruiden ervoor zorgt dat de bodem minder gevoelig is voor verdichting. De kruiden zorgen ervoor dat de beworteling in de bodem beter is, waardoor de bodem beter bestand is tegen verdichting. Het is wel zo dat de kruiden in de rijsporen een stootje krijgen. Verder geeft de melkveehouder aan dat het belangrijk is dat het bodemleven goed moet zijn om verdichting te kunnen voorkomen. De beworteling van kruiden kan het bodemleven stimuleren.

Geïnterviewde onderzoeker 2: Uit het interview met onderzoeker 2 (bijlage 5j) blijkt dat bodemverdichting deels voorkomen kan worden door de beworteling van kruiden. Volgens de onderzoeker helpt het om de klap op te vangen, wanneer er zware machines over de bodem rijden. Als de bodem bij zware belasting een goede beworteling heeft, zal er minder verdichting zijn dan bij geen beworteling. Waar een wortel zit, kan de grond niet verdichten. De wortel houdt de bodem dan nog een beetje open. Verder denkt de onderzoeker dat de verdichting het beste voorkomen kan worden door de bodem niet te zwaar te belasten en door in het voorjaar geduldig te zijn met het bewerken van het land.

Analyse deelvraag 1

Uit de antwoorden van de respondenten blijkt dat de beworteling van kruiden zeker voor een deel de verdichting van de bodem kan voorkomen. Dit komt door de diepe en intensieve beworteling. Waar een wortel zit, kan de bodem niet verdichten. Echter, niet alle kruiden zijn hiervoor geschikt. Het zijn vooral de kruiden met penwortels die diep in de bodem kunnen wortelen en daarmee deels bodemverdichting voorkomen.

3.2 Beworteling kruiden ter opheffen van verdichting

“Hoe kan de beworteling van kruiden helpen om bodemverdichting op te heffen?” Om een antwoord te krijgen op deelvraag 2 zijn dezelfde interviewmomenten gebruikt als bij deelvraag 1. Verder is er een interview van een andere onderzoeker meegenomen in de resultaten. In tabel 3.1 zijn de resultaten samenvattend weergegeven. In tabel 3.1 zijn de resultaten samenvattend weergegeven.

Geïnterviewde melkveehouder 1: Volgens melkveehouder 1 (bijlage 5a) is het moeilijk om bodemverdichting op te heffen door middel van de beworteling van kruiden. Dit heeft de melkveehouder zelf ervaren bij het graven van een profielkuil. In de bodem was een storende laag te zien, hier kon de beworteling van de kruiden niet door heen groeien. Het heeft veel tijd nodig om dit voor elkaar te kunnen krijgen. Hoe dieper de wortel gaat, hoe verder de grond loskomt. Als advies wordt gezegd dat het beter is om de storende laag eerst machinaal op te heffen en dan pas het diepwortelende gewas in te zaaien. De melkveehouder ervaart dat een storende laag vaak te hard is om doorbroken te kunnen worden door beworteling. De melkveehouder denkt wel dat de kruiden dieper kunnen wortelen dan gras. Met een beetje geluk groeien de wortels van het gras dan mee de diepte in. De poriën die de kruiden vormen, kunnen in deze situatie helpen om de wortels van het gras te stimuleren om ook de diepte op te zoeken.

Geïnterviewde melkveehouder 2: Melkveehouder 2 (bijlage 5b) denkt dat de beworteling van kruiden in staat is om de bodemverdichting op te heffen. Dit komt doordat de beworteling van kruiden een grote variëteit kent. Er zijn namelijk penwortels, maar ook wortels die meer in de bovengrond blijven. De penwortels zijn erg sterk en kunnen heel diep komen. Als de verdichting niet

te erg is, zijn de penwortels in staat om door de storende laag heen te groeien. Dit is geconcludeerd na het graven van een profielkuil. De penwortel van cichorei en rode klaver was toen te vinden op 28 à 29 centimeter. Beide planten hebben een penwortel, die ervoor zorgt dat de bodem met elkaar verbonden is, doordat de penwortel door verschillende lagen heen kan groeien. Volgens de melkveehouder is kruidenrijk grasland heel geschikt na de maïsteelt. De kruiden zijn dan in staat om de bodem los te maken, mits er geen ploegzool is. De kans van slagen is groter als er eerst gewoeld wordt. Op deze manier heeft de beworteling meer kans om door de storende lagen heen te groeien. Het is daarnaast belangrijk om geduldig te zijn, de bodem moet het werk doen.

Geïnterviewde melkveehouder 3: Volgens melkveehouder 3 (bijlage 5c) is de beworteling van kruiden zeer geschikt om storende lagen op te heffen. Na overleg met de leverancier is besloten om een perceel met verdichting in te zaaien met een kruidenrijk mengsel. Na vier jaar is een profielkuil gegraven. In de kuil was te zien dat de wortels van kruiden doorgroeid waren tot 60 centimeter diepte. Dit betekent dat de penwortels van de kruiden door de ploegzool heen gegroeid zijn. Het heeft alleen even tijd nodig, dit lukt niet na een jaar. Verder merkt de melkveehouder op dat de bodem veel losser is door de beworteling van de kruiden. Dit heeft als voordeel dat water makkelijker de bodem in kan trekken. Hierdoor is er minder afspoeling en gaan er minder nutriënten verloren.

Geïnterviewde melkveehouder 4: Volgens melkveehouder 4 (bijlage 5d) is de beworteling van kruiden in staat om erg diep te wortelen. Dit is geconcludeerd na het graven van een profielkuil. De wortels van sommige kruiden waren op 60 centimeter diepte te zien. De penwortels van kruiden zijn volgens de melkveehouder in staat om storende lagen op te heffen. Het heeft wel tijd nodig, het lukt niet na twee of drie jaar. De beworteling van de kruiden helpt om de bodem los te krijgen. Zo zag de melkveehouder in de profielkuil dat de grond op 30 centimeter diepte nog vochtig was. De beworteling van kruiden zorgt ervoor dat er poriën gevormd worden en dat water makkelijker de grond in kan stromen. Hierdoor vindt minder afspoeling van nutriënten plaats.

Geïnterviewde onderzoeker 1: Volgens onderzoeker 1 (bijlage 5i) is het opheffen van bodemverdichting met de beworteling van kruiden lastig op zandgronden. Op kleigronden moet het zeker lukken, omdat kleigronden van zichzelf als een groot herstellend vermogen hebben. Er moet dan wel een kruidenmengsel gezaaid worden, die in staat is om diep te wortelen. Er zijn bijvoorbeeld klavers die heel diep kunnen wortelen, maar ook nog andere planten die dit kunnen.

Geïnterviewde onderzoeker 2: De penwortels van kruiden maken ruimte in de bodem, zodat er makkelijker water en zuurstof in kan stromen, aldus onderzoeker 2 (bijlage 5j). Op deze manier worden andere wortels ook gestimuleerd om dieper te wortelen. De beworteling van kruiden is volgens de onderzoeker in staat om verdichting op te heffen. Dit komt door de verschillende wortelsystemen van de kruiden. In kruidenmengsels zit bijvoorbeeld cichorei en rode klaver, planten met een penwortel. Er zijn ook kruiden met een intensieve beworteling in de bovengrond. De verschillende wortelsystemen maken het sterk. De kruiden met een penwortel zullen diep de bodem in groeien en kunnen dan storende lagen tegenkomen. De kruiden zijn in staat om hier doorheen te groeien, mits de laag niet te hard en te dik is. Met proeven is waargenomen dat de kruiden tot zeker 60 centimeter diepte kunnen groeien. Het is volgens de onderzoeker wel afhankelijk per grondsoort. De verdichting in zandgrond is moeilijker oplosbaar dan kleigrond. Dit komt doordat kleigrond in staat is om te krimpen onder droge omstandigheden. Als de klei scheurt, hebben de wortels erg veel kans om de diepte in te groeien in de bodem.

Analyse deelvraag 2

Uit de antwoorden van de respondenten blijkt dat de meningen verschillen over het kunnen opheffen van bodemverdichting door middel van de beworteling van kruiden. Er zijn een aantal kruiden met penwortel die in staat zijn om tot grote diepte door te groeien. Deze kruiden kunnen door storende lagen heen groeien.

Tabel 3.2: Kernboodschap uit de interviews m.b.t. deelvraag 3 en 4.

Deelvraag	Melkveehouder 1 (Zandgrond)	Melkveehouder 2 (Kleigrond)	Melkveehouder 3 (Zand/kleigrond)	Melkveehouder 4 (Zandgrond)	Onderzoeker 1	Onderzoeker 2
3. Bodemverdichting in maisland voorkomen door beworteling groenbemester.	Bodemverdichting kan niet voorkomen worden door de beworteling van een groenbemester. Onderzaai van groenbemester zorgt dat bodemverdichting deels voorkomen wordt.	Een verdichting kan niet worden voorkomen door de beworteling van een groenbemester. Er staat namelijk geen groenbemester op het moment dat de mais groeit en op het moment dat de mais geoogst wordt.	De verdichting van de grond komt vaak tot stand tijdens de oogst. Op dit moment staat er geen groenbemester. De verdichting kan dus niet voorkomen worden door middel van de beworteling van groenbemesters.		Verdichting voorkomen lukt niet door een groenbemester, de effecten ervan beperken wel. Overal waar wortels in de bodem zitten, is de grond minder makkelijk te verdichten.	
4. Bodemverdichting in maisland opheffen door beworteling groenbemester.	Beworteling van een groenbemester is niet sterk genoeg om door storende lagen heen te groeien. Het is te laat om een goede groenbemester te zaaien en de groenbemester heeft niet genoeg tijd om genoeg te kunnen ontwikkelen.	Opheffen lukt niet door de beworteling van een groenbemester. De groenbemester heeft niet genoeg tijd om te kunnen ontwikkelen in het najaar en wordt vroeg in het voorjaar weer vernietigd.	Een te kort groeiseizoen maakt dit niet mogelijk. De groenbemester kan niet genoeg ontwikkelen om door storende lagen heen te groeien.		De bodem moet gestimuleerd worden om te herstellen door het gebruik van een groenbemester. Het is belangrijk om een groenbemester te kiezen die diep kan wortelen. Verder moet de groenbemester genoeg tijd krijgen om zich te kunnen ontwikkelen.	

3.3 Beworteling van groenbemesters op maisland ter voorkomen van verdichting

“Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting te voorkomen?” Om een antwoord te krijgen op deelvraag drie zijn melkveehouder 1 t/m 3 en onderzoeker 1 geïnterviewd. Melkveehouder 4 teelt geen mais. In tabel 3.2 zijn de resultaten samenvattend weergegeven.

Geïnterviewde melkveehouder 1: Melkveehouder 1 (bijlage 5a) is van mening dat een groenbemester na maisteelt niet in staat is om een bodemverdichting te voorkomen. Het is beter om tijdens de oogst het land niet onder vochtige omstandigheden te betreden. Er staat bij deze melkveehouder een groenbemester als onderzaai. De melkveehouder kiest voor rietzwenkgras, omdat dit een plant is die diep kan wortelen. Voorkomen van bodemverdichting gaat niet lukken door deze groenbemester, maar het is wel een stapje in de goede richting. De groenbemester voegt namelijk organische stof toe aan de bodem. Door deze toevoeging van organische stof is de bodem steeds beter in staat om als een soort spons te gaan werken. Dit houdt in dat de grond veerkrachtiger wordt en dus beter tegen een stootje kan. Maar het volledig voorkomen van bodemverdichting zal door het telen van deze groenbemester niet lukken.

Geïnterviewde melkveehouder 2: Melkveehouder 2 (bijlage 5b) is het hiermee eens. Deze melkveehouder heeft kleigrond, dus is niet verplicht om een groenbemester in te zaaien tijdens of na de maisteelt. Maar dat heeft volgens de melkveehouder ook geen nut. Tijdens het oogsten van de mais staat er geen groenbemester, en dit is vaak het moment dat er verdichting op kan treden. Tijdens de oogst wordt er namelijk met zwaar materiaal over het land gereden. Dit zware materiaal zorgt voor spoorvorming, wat de melkveehouder terugziet in zijn land, waardoor de bodem verdicht raakt.

Geïnterviewde melkveehouder 3: Volgens melkveehouder 3 (bijlage 5c) vindt ook dat de beworteling van groenbemesters op maisland geen bodemverdichting kan voorkomen. De verdichting wordt vooral tijdens de oogst veroorzaakt. Dit ervaart de melkveehouder door spoorvorming in het land. Misschien dat de wortels van maïs een gedeelte van de belasting op kunnen vangen, maar die staan natuurlijk niet volvelds. Het zou misschien gedeeltelijk mogelijk zijn als er groenbemester in de vorm van onderzaai toegepast zal worden. Er kan dan een klein gewas ontwikkelen, wat wellicht een gedeelte van de belasting op kan vangen en zo een deel van de verdichting kan voorkomen. Het is uiteindelijk beter om met lichte machines te werken.

Geïnterviewde onderzoeker 1: Onderzoeker 1 (bijlage 5i) zegt dat de beworteling van een groenbemester niet kan voorkomen dat er verdichting optreedt. De beworteling van een groenbemester kan wel zorgen dat de effecten beperkt worden. Een goed doorwortelde bodem is immers minder gevoelig voor verdichting.

Analyse deelvraag 3

De melkveehouders hebben geen ervaring met het voorkomen van bodemverdichting door middel van de beworteling van groenbemesters. De melkveehouders zeggen dat er op het moment van oogsten geen groenbemester staat, dus kan de beworteling van de groenbemester niets doen.

3.4 Beworteling van groenbemesters op maisland ter opheffen van verdichting

“Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting op te heffen?” Om een antwoord op deelvraag 4 te krijgen, zijn melkveehouder 1 t/m 3 en onderzoeker 1 geïnterviewd. In tabel 3.2 zijn de resultaten samenvattend weergegeven.

Geïnterviewde melkveehouder 1: Melkveehouder 1 (bijlage 5a) ervaart dat de beworteling van een groenbemester in maisland bodemverdichting deels op kan heffen. Er is echter beperkte tijd om door storende lagen heen te groeien. Na de maïsoogst is het vaak te laat om een goede groenbemester te kunnen zaaien. De groenbemester heeft niet genoeg tijd om zich te kunnen ontwikkelen. De melkveehouder zaait rietzwengras in en merkt wel dat de beworteling die ontwikkeld wordt, de bodem goed open kan maken.

Geïnterviewde melkveehouder 2: Volgens melkveehouder 2 (bijlage 5b) kan de beworteling van een groenbemester verdichting opheffen na de maïsteelt, mits de groenbemester lang genoeg blijft staan. De groenbemester wordt namelijk in het najaar ingezaaid. In het najaar is er niet veel licht meer, dus de groenbemester heeft veel tijd nodig om zich te ontwikkelen. De wortels worden weliswaar gevormd, maar hebben geen tijd om zich genoeg te ontwikkelen. In het voorjaar wordt de groenbemester namelijk alweer vroeg vernietigd, om vervolgens de nieuwe mais in te zaaien. De melkveehouder denkt dat de groenbemester niet genoeg tijd heeft om door storende lagen heen te groeien.

Geïnterviewde melkveehouder 3: Melkveehouder 3 (bijlage 5c) denkt dat de groenbemester de bodemstructuur van de grond kan verbeteren. Dit kan de melkveehouder merken aan de bewerkbaarheid in het voorjaar, die stukken beter is. Maar het groeiseizoen is volgens de melkveehouder te kort om door storende lagen heen te kunnen groeien. Eind september wordt de groenbemester ingezaaid en in het voorjaar rond eind maart weer vernietigd. De groenbemester kan zich in deze tijd niet ver genoeg ontwikkelen om door storende lagen heen te kunnen groeien. Wellicht kan dit op kleigrond wel. Klei zwelt en krimpt namelijk. Door het krimpen van de klei, ontstaan er scheuren, waardoor de verdichte laag als het ware losscheurt. Een groenbemester heeft op dat moment een goede kans om door te groeien in de scheuren en de bodem open te houden.

Geïnterviewde onderzoeker 1: Onderzoeker 1 (bijlage 5i) zegt dat er best wel agressieve wortelende groenbemesters zijn. Het probleem is dat het na de maïsoogst te laat is om een diepwortelende groenbemester te zaaien. Een groenbemester heeft geen kans meer om zich goed te ontwikkelen. De onderzoeker geeft aan dat Japanse haver misschien nog wat zou kunnen doen. Het gaat er verder om dat de groenbemester de winter kan overleven. Als de groenbemester bij een milde winter door kan groeien, zou het kunnen lukken om door storende lagen heen te groeien. Er zit wel ontwikkeling in, dat groenbemesters beter tegen koude temperaturen kunnen. Het ligt dus aan de winter, als de winter zacht is, heeft de groenbemester een kans om door storende lagen heen te groeien.

Analyse deelvraag 4

Uit de antwoorden van de respondenten blijkt dat de beworteling van groenbemesters bijna niet in staat is om door storende lagen heen te groeien. Als argument wordt gegeven dat het na de maïsteelt erg laat in het seizoen is, dus de groenbemester heeft geen goede kans om zich te ontwikkelen. De groenbemester wordt in het voorjaar ook al vroeg vernietigd. Misschien kan de beworteling van een groenbemester bodemverdichting opheffen als de groenbemester genoeg tijd heeft om te ontwikkelen, maar hier hebben de melkveehouders geen ervaring mee.

Tabel 3.3: Kernboodschap uit de interviews m.b.t. deelvraag 5 en 6.

Deelvraag	Akkerbouwer 1 (Kleigrond)	Akkerbouwer 2 (Kleigrond)	Akkerbouwer 3 (Zandgrond)	Akkerbouwer 4 (Kleigrond)	Onderzoeker 1
5. Bodemverdichting in bouwland voorkomen door de beworteling van een groenbemester	De wortels van diepwortelende groenbemesters voorkomen verdichting. Diepwortelende groenbemesters trekken de bodem droog, waardoor de bodem gaat scheuren. Hiermee wordt verdichting voorkomen.	Groenbemesters kunnen geen verdichting voorkomen. Verdichting treedt namelijk vaak op tijdens de oogst, en op dat moment staat er geen groenbemester op het land.	De beworteling van groenbemesters is in staat om verdichting te voorkomen. Als de beworteling in de grond in stand gehouden wordt, kan de grond minder makkelijk verdichten.	De beworteling van een groenbemester helpt om verdichting te voorkomen. Echter moet er rekening gehouden worden met meerdere factoren om verdichting geheel te voorkomen.	Voornamelijk de effecten beperken van de verdichting. Wordt een bodem verdicht terwijl er geen wortels zitten, dan is deze verdichting veel moeilijker op te heffen.
6. Bodemverdichting in bouwland opheffen door de beworteling van een groenbemester	Diepwortelende groenbemesters zijn in staat om verdichting op te heffen. Dit hoeft niet per sé een diepwortelende groenbemester te zijn, dit kan ook een volwaardig gewas zijn. De wortels van luzerne groeien bijvoorbeeld door tot 60 centimeter diepte.	Groenbemesters zijn in staat om door storende lagen heen te groeien. Hoe langer de groenbemester de tijd heeft, hoe beter dit lukt. Diepwortelende groenbemesters hebben genoeg kracht om door storende lagen heen te groeien. Groenbemesters met penwortels in een mengsel met intensief wortelende groenbemesters werken goed.	De beworteling van groenbemesters kan de storende laag beïnvloeden. Het is belangrijk dat de ontwateringstoestand goed is, onder natte omstandigheden groeit de groenbemester niet. Mengsels van planten met penwortels en diepwortelende planten werken goed.	Verdichting kan opgeheven worden door de beworteling van een groenbemester. Het duurt alleen wel een aantal jaar voordat het effect heeft. Op kleigrond is dit makkelijker, want onder droge omstandigheden scheurt de grond vanzelf open. Groenbemesters met penwortels in combinatie met diepwortelende groenbemesters zijn het meest geschikt.	Verdichting kan opgeheven worden door beworteling, het heeft echter veel tijd nodig. Vooral op kleigronden is het mogelijk. Verder is het belangrijk om een diepwortelende groenbemester te kiezen.

3.5 Beworteling van groenbemesters op bouwland ter voorkomen van verdichting

“Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland helpen om bodemverdichting te voorkomen?” Om een antwoord op deelvraag 5 te krijgen, zijn vier akkerbouwers met veel ervaring op het gebied van groenbemesters geïnterviewd en is een onderzoeker geïnterviewd die gespecialiseerd is in bodemverdichting. In tabel 3.3 zijn de resultaten samenvattend weergegeven.

Geïnterviewde akkerbouwer 1: Volgens akkerbouwer 1 (bijlage 5e) helpt een groenbemester heel erg goed om de structuur van een perceel te verbeteren. Daarnaast zorgt de groenbemester voor toevoer van organische stof en voor stimulering van het bodemleven. De akkerbouwer vindt groenbemesters belangrijk, maar geeft aan dat er ook een gewoon gewas gezaaid kan worden wat diep kan wortelen. Zo zaait de akkerbouwer luzerne in als onderzaai in tarwe. De luzerne helpt in deze situatie om bodemverdichting te voorkomen. De akkerbouwer heeft kleigrond, en kleigrond gaat scheuren als het droog is, door het krimpeffect. De luzerne trekt de bodem droog, en de bodem begint te scheuren. Door het scheuren krijgt de bodem een goede doorlaatbaarheid en hebben planten veel kans om een goede beworteling te ontwikkelen.

Geïnterviewde akkerbouwer 2: Akkerbouwer 2 (bijlage 5f) heeft een andere mening, namelijk dat de beworteling van een groenbemester niet in staat is om een bodemverdichting te voorkomen. De akkerbouwer geeft aan dat dit komt door het feit dat er geen groenbemester op het land staat, wanneer de verdichting optreedt. Het voorkomen van bodemverdichting kan volgens de akkerbouwer alleen door maatregelen te treffen die bodemverdichting voorkomen. Het is het beste om niet onder natte omstandigheden te werken en om niet met te zware machines het land op te gaan. Na het opheffen van de storende laag door een diepe bewerking uit te voeren, zou bodemverdichting wel deels voorkomen kunnen worden door de beworteling van een groenbemester. De wortels van de groenbemester kunnen namelijk de ruimte benutten, die is ontstaan door het lostrekken. De grond is namelijk erg gevoelig om herverdicht te worden, als er gewoeld is. Er wordt door het woelen veel zuurstof in de grond gebracht. Bewerken onder natte omstandigheden zal ervoor zorgen dat de grond herverdicht. De beworteling van een groenbemester met een diepe beworteling kan dit deels voorkomen.

Geïnterviewde akkerbouwer 3: Akkerbouwer 3 (bijlage 5g) geeft aan dat de groenbemesters in staat zijn om de structuur van de grond te verbeteren. Structuur krijgt de grond door goede voeding. Goede voeding krijgt de grond door suikeruitwisseling. Groenbemesters kunnen hier een belangrijke taak in vervullen. Door de beworteling in de bodem in stand te houden, kan verdichting voorkomen worden. Waar een wortel in de bodem zit, kan de bodem niet verdichten. Op het moment dat er wortels in de grond zitten, zijn er ook schimmels en bacteriën die de poriën opvullen. Nieuwe wortels maken dankbaar gebruik van oude wortelkanalen. Er wordt weleens gezegd dat de wortels van groenbemesters geen werking hebben tijdens de oogst, maar dat ligt volgens de akkerbouwer aan het gewas wat geteeld wordt. Het is per gewas afhankelijk hoe groot het risico op verdichting is tijdens de oogst. Hoe meer er met zware machines gewerkt wordt, hoe groter het risico op verdichting is.

Geïnterviewde akkerbouwer 4: Volgens akkerbouwer 4 (bijlage 5h) is het mogelijk om bodemverdichting te voorkomen door middel van de beworteling van groenbemesters. De akkerbouwer geeft wel aan dat het een combinatie van factoren is. Ook al is de beworteling van de bodem op orde, door zware lasten kan de bodem alsnog verdicht raken. De akkerbouwer hoopt dat de bodem door middel van groenbemesters opgehouden kan worden.

Geïnterviewde onderzoeker 1: Onderzoeker 1 (bijlage 5i) stelt dat bodemverdichting niet voorkomen kan worden door de beworteling van groenbemesters, maar dat de effecten van de verdichting wel beperkt kunnen worden. Verdichting komt tot stand door zwaar materiaal, door de

mens. Het maakt veel uit, of er veel of geen beworteling in, op het moment dat de bodem verdicht raakt. Verder heeft het organische stofgehalte en het lutumpercentage veel invloed op het voorkomen van de verdichting. Het volledig voorkomen van verdichting kan bijna niet. Wanneer er op het moment van verdichting wortels aanwezig zijn in de bodem, dan zorgen dat wortels dat er nieuwe poriën gevormd worden. De grond wordt weliswaar dichter, maar de structuur van de wortels zit nu wel in de bodem. Dat geeft meer mogelijkheden op herstel.

Analyse deelvraag 5

Uit de antwoorden van de respondenten blijkt dat het erg afhankelijk is van de groenbemester die gezaaid wordt, of verdichting voorkomen kan worden. De respondenten hebben er allemaal een verschillende mening over. Vooral groenbemesters met een diepe beworteling kunnen bodemverdichting deels voorkomen.

3.6 Beworteling van groenbemesters op bouwland ter voorkomen van verdichting

“Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland helpen om bodemverdichting op te heffen?” Om een antwoord op deze deelvraag te krijgen, zijn dezelfde interviewmomenten gebruikt als bij deelvraag 5. In tabel 3.3 zijn de resultaten samenvattend weergegeven.

Geïnterviewde akkerbouwer 1: Akkerbouwer 1 (bijlage 5e) is ervan overtuigd dat een groenbemester in staat is om een storende laag in de bodem op te heffen. Het is dan wel noodzakelijk dat de groenbemester lang genoeg op het land blijft staan. De akkerbouwer vindt dat je het dan geen groenbemester meer kunt noemen, want in dit geval is het een gewas. “Waarom zou je een groenbemester telen als je ook gewassen kunt telen die hetzelfde voor elkaar kunnen krijgen?” De akkerbouwer gebruikt gewassen die een diepe beworteling hebben, zoals luzerne. Het is volgens de akkerbouwer erg belangrijk om de wortel lang genoeg de tijd te geven om goed te kunnen ontwikkelen en de bodem los te maken. Luzerne is in staat om 60 centimeter diep te groeien. Wanneer de wortel uit de grond getrokken wordt, zit er echt een gaatje. De akkerbouwer heeft luzerne drie jaar laten staan en kwam tot de conclusie dat de wortels echt zo diep kunnen groeien. Rode klaver werkt ook erg goed, maar gaat minder diep dan luzerne. De penwortel van rode klaver kan doorgroeien tot 30 à 35 centimeter.

Geïnterviewde akkerbouwer 2: Akkerbouwer 2 (bijlage 5f) stelt dat groenbemesters een belangrijke taak hebben met het opheffen van bodemverdichting. Hoe langer de groenbemesters staan, hoe beter ze in staat zijn om door storende lagen heen te groeien. Dit lukt niet na elke teelt. Bij uien is het eigenlijk al te laat in het seizoen, maar na een graanteelt is het goed mogelijk. Er moet dan wel een groenbemester gezaaid worden met een intensieve beworteling. Er zijn volgens de akkerbouwer genoeg groenbemesters die sterk genoeg zijn om door een storende laag heen te groeien. Vooral de gras- en graanachtige zijn hiertoe in staat.

Geïnterviewde akkerbouwer 3: Volgens akkerbouwer 3 (bijlage 5g) lossen groenbemesters geen storende lagen op. Storende lagen worden gevormd omdat er geen groenbemester staat. Het is wel mogelijk om een storende laag te beïnvloeden door middel van de beworteling van een groenbemester. Planten zijn als enige in staat om een storende laag volledig op te heffen. Bij het opheffen moet eerst gekeken worden waarom er een storende laag gevormd is. Een storende laag wordt vaak gevormd als de ontwatering niet goed is. Te natte omstandigheden zorgen ervoor dat de wortels slecht willen groeien, en dit resulteert in een storende laag. Groenbemesters zaaien is goed, maar als de groenbemester onder water staat, stopt het plantje met groeien.

Geïnterviewde akkerbouwer 4: Akkerbouwer 4 (bijlage 5h) denkt dat de beworteling van een groenbemester in staat is om door een storende laag heen te groeien. Het kost wel tijd, het lukt niet na een jaar. Bij jaarlijkse teelt van een groenbemester, is de groenbemester na een aantal jaar in

staat om door de storende laag heen te groeien. Als de grond uitdroogt en vervolgens krimpt, ontstaan er scheuren in de grond. Soms worden de scheuren zo groot, dat er bij wijze van een fiets in gestald kan worden. Op zo'n moment komt de scheur ook in diepere lagen. Door die scheuren kunnen de wortels van de groenbemester makkelijk de grond in groeien en de diepte opzoeken. Op die manier kan de beworteling van een groenbemester zeker helpen om de verdichting op te lossen. Het is echter wel zo dat er sneller schade wordt aangericht aan de bodem, dan dat er hersteld kan worden.

Geïnterviewde onderzoeker 1: Volgens onderzoeker 1 (bijlage 5i) denkt dat het herstel van de bodem makkelijker te doen is in de bovengrond, dan in de ondergrond. In de bovengrond is veel organische stof en organische stof, waardoor het herstelvermogen groter is. In de ondergrond is dit allebei beperkter aanwezig, waardoor het herstelvermogen van de grond ook minder is. In sommige gevallen is er helemaal geen herstel in de ondergrond. Dat is een groot probleem, want in dit geval wordt het elk jaar slechter. "Het is een constante strijd tussen de mens die de bodem verziekt en de natuur (wortels en bodemleven) die de bodem weer losmaakt." Om een verdichting op te heffen, moet de bodem gestimuleerd worden om te kunnen herstellen. Het herstellen kan gestimuleerd worden door beworteling, organische stof en door een goed bodemleven. Sommige gronden hebben een hoog herstellend vermogen, doordat de grond kan krimpen, waardoor de bodem scheurt. Wortels kunnen in de bodem goed groeien in de scheuren. Een verdichting kan volgens de onderzoeker opgeheven worden door middel van een diepe beworteling van een groenbemester.

Analyse deelvraag 6

Uit de antwoorden van de respondenten blijkt dat de beworteling van een groenbemester in ieder geval in staat is om een storende laag in de bodem te beïnvloeden. In veel gevallen is de beworteling ook in staat om een storende laag op te heffen, dit heeft echter wel tijd nodig. Er moet niet gedacht worden dat een storende laag na één jaar opgeheven is.

3.7 Informatie verwerken in een checklist

"Hoe kan de informatie verwerkt worden in een checklist?" Deze vraag is voorgelegd aan alle geïnterviewden. De melkveehouders, akkerbouwers en onderzoekers hebben allemaal een bijdrage geleverd aan het antwoord op deze deelvraag.

Geïnterviewde melkveehouder 1: Volgens melkveehouder 1 (bijlage 5a) moet in de checklist verwerkt worden dat het erg belangrijk is om na de maisteelt een goede groenbemester te zaaien, die in staat is om de bodem los te maken. Het is erg weersafhankelijk of de groenbemester een goede kans van slagen heeft. Er moet eerst goed gekeken worden hoe erg de verdichting is. Als de grond heel erg verdicht is, is het beter om eerst te woelen en dan pas een diepwortelende groenbemester in te zaaien. Op grasland kan de bodemverdichting opgeheven worden door een diepwortelend gewas, maar dit duurt een aantal jaren.

Geïnterviewde melkveehouder 2: Melkveehouder 2 (bijlage 5b) vindt dat er eerst in de bodem gekeken moet worden hoe ernstig de verdichting is. Bodemverdichting kan het beste voorkomen worden door een gewas te zaaien, wat op termijn meer toevoegt aan de bodem en het bodemleven. De focus heeft heel lang gelegen op opbrengst, maar het is veel belangrijker dat de focus ligt op hetgeen onder de grond gebeurt.

Geïnterviewde melkveehouder 3: Melkveehouder 3 (bijlage 5c) denkt dat het erg belangrijk is om voor gewassen te gaan die diep kunnen wortelen. Er wordt nu vooral gekozen voor oppervlakkig wortelende gewassen, maar in de toekomst moet de focus meer liggen op diepwortelende

gewassen. Dit kan mede door te kiezen voor kruidenrijke mengsels, waarin planten zitten met een penwortel.

Geïnterviewde melkveehouder 4: Melkveehouder 4 (bijlage 5d) is van mening dat er eerst gekeken moet worden wat er in de bodem afspeelt. Bij storende lagen kiezen voor een diepwortelend gewas. De beworteling van de planten moet de storende lagen opheffen, niet de woelpoot. Geduldig zijn in het voorjaar is ook erg belangrijk, de bodem mag alleen bereiden worden als de draagkracht het toelaat.

Geïnterviewde akkerbouwer 1: Volgens akkerbouwer 1 (bijlage 5e) is het belangrijk om in het voorjaar erg geduldig te zijn met het betreden van het veld. Verder moet er gekozen worden voor gewassen met een kort groeiseizoen. Deze gewassen kunnen laat gezaaid worden en vroeg geoogst worden. Na het woelen moet er gekozen worden voor een diepwortelend gewas om herverdichting te voorkomen. Verder is het belangrijk om gewassen te zaaien die de taak van groenbemester op zich kunnen nemen, zoals luzerne.

Geïnterviewde akkerbouwer 2: Akkerbouwer 2 (bijlage 5f) geeft aan dat het erg belangrijk is om voor de goede momenten te gaan met het uitvoeren van bewerkingen op het land. Bodemverdichting kan tegengegaan worden door een extensief bouwplan met veel granen. Granen wortelen diep en kunnen vroeg geoogst worden. Na deze teelt is er genoeg tijd voor een succesvolle groenbemester. Zaai als groenbemester een mengsel van grasachtige en vlinderbloemigen. Dit mengsel wortelt goed en zorgt voor stikstofopbouw in de grond.

Geïnterviewde akkerbouwer 3: Akkerbouwer 3 (bijlage 5g) vindt dat er een bewuste keuze in groenbemesters gemaakt moet worden. Probeer bladrammenas en Japanse haver te vermijden. Dit lijken fantastische groenbemesters, maar ze doen niets in de grond. Deze groenbemesters hebben een dikke penwortel, maar bijna geen zijwortels. Het is beter om voor klavers, wikke of rogge te gaan. Verder is het belangrijk om altijd een groenbemester te telen, ook al is de bodem maar bedekt. Kies voor een groenbemester die diep kan wortelen. Het gaat erom wat er onder de grond gebeurt, wat bovenop groeit is minder belangrijk.

Geïnterviewde akkerbouwer 4: Volgens akkerbouwer 4 (bijlage 5h) is het belangrijk om gewassen te kiezen met een kort groeiseizoen. Verder moeten er gewassen gekozen worden met een diepe beworteling. Daarnaast is het belangrijk om veel granen in het bouwplan te betrekken en de grond rust te gunnen.

Geïnterviewde onderzoeker 1: Onderzoeker 1 (bijlage 5i) is van mening dat het heel belangrijk is om bodemverdichting te voorkomen. Dit kan door gewassen te kiezen die diep wortelen en organische stof toevoegen aan de grond. Op deze manier wordt het herstellend vermogen van de grond gestimuleerd. Toevoeging van organische stof zorgt ervoor dat de grond veerkrachtiger wordt, trekt bodemleven aan en zorgt ervoor dat de indringingsweerstand lager is.

Geïnterviewde onderzoeker 2: Volgens onderzoeker 2 (bijlage 5j) moet er nagegaan worden hoe ernstig de verdichting is op het perceel. Een ernstige verdichting zal eerst opgelost moeten worden door de grond te woelen. Een matig verdichte grond kan volgens de onderzoeker losgemaakt worden door een diepwortelend gewas in te zaaien.

Analyse deelvraag 7

Uit de antwoorden van de respondenten blijkt dat het belangrijk is om een extensief bouwplan te hebben om bodemverdichting tegen te gaan. Er moet gebruik gemaakt worden van hoofdteelten met een kort groeiseizoen, zodat er laat gezaaid kan worden en vroeg geoogst kan worden. Na de

oogst is er dan nog voldoende tijd om een diepwortelende groenbemester te zaaien. Granen en grasachtige zijn hier heel geschikt voor. Voor het tegengaan van bodemverdichting, is het belangrijk om te kijken wat er in de grond afspeelt.

4. Discussie

In dit hoofdstuk worden de gekozen aanpak van het onderzoek en de resultaten kritisch bekeken en bediscussieerd. De resultaten zullen per deelvraag en in dezelfde volgorde als de vorige hoofdstukken behandeld worden.

4.1 Reflectie op de onderzoeksmethode en uitvoering

De gebruikte onderzoeksmethode is de juiste methode geweest voor het behalen van de onderzoeksdoelen. De resultaten van het onderzoek hebben niet tot nieuwe inzichten geleid en hebben bevestigd wat er in de literatuur te vinden is op het gebied van de invloed van diepwortelende groenbemesters en kruiden op ondergrondverdichting. Voor het onderzoek is er gebruik gemaakt van interviews. Er zijn tien interviews gehouden voor het verzamelen van de ervaringen door het gebrek aan tijd. Het is dus niet zeker of deze ervaringen voor elke boer of onderzoeker gelden. Er zijn vier melkveehouders, vier akkerbouwers en twee onderzoekers geïnterviewd. De melkveehouders, akkerbouwers en onderzoekers zijn gekozen door de sterke relatie met het onderwerp. Het kan dus zijn dat andere boeren zich totaal niet kunnen vinden in de ervaringen en meningen. De melkveehouders zijn geselecteerd op het gebruik van kruidenrijk grasland en hebben deelgenomen aan een project van LTO Noord. Voor de akkerbouwers is er gekozen voor drie biologische akkerbouwers en een gangbare akkerbouwer. Een biologische akkerbouwer gaat heel anders om met de bodem, dan een gangbare akkerbouwer. Hierdoor kan het dus zijn dat de ervaringen heel anders zijn dan bij gangbare akkerbouwers. Deze keuze is bewust gemaakt, omdat de geïnterviewde akkerbouwers zich veel bezighouden met de bodem. Er was tijdens het voeren van de interviews nogal wat onduidelijkheid over wat een checklist precies inhoudt. Het was beter geweest als de boeren en onderzoekers een checklist hadden kunnen zien zodat het voor iedereen duidelijk was wat een checklist precies is.

Het onderzoek is gebaseerd op ervaringen van boeren en onderzoekers op het gebied van het tegengaan van bodemverdichting door diepwortelende gewassen. De gegeven antwoorden zijn niet altijd goed onderbouwd. De meningen en ervaringen zijn nogal verdeeld over het onderwerp. Zo geeft de ene melkveehouder aan dat bodemverdichting niet opgeheven kan worden door groenbemesters, terwijl een akkerbouwer zegt dat dit wel kan. Om een goede groenbemester te kunnen telen, is het van belang dat er een bewuste keuze gemaakt wordt voor het hoofdgewas. Als er een vroeg ras wordt gezaaid van een gewas met een kort groeiseizoen, is er voldoende tijd om een goede groenbemester te telen. Dit is echter niet mogelijk met elk gewas, en is afhankelijk van de keten. Dit gewas kan vroeg geoogst worden, onder droge omstandigheden. De groenbemester kan vervolgens ingezaaid worden en profiteren van de bodemtemperatuur. Dit heeft als voordeel dat de beworteling beter ontwikkeld, en de plant meer biomassa genereert. Dit resulteert in meer organische stof als de groenbemester ondergewerkt wordt. Dit zorgt voor een stimulering van het bodemleven. Dit komt door een aantal redenen, die per deelvraag behandeld zullen worden.

4.2 Reflectie op de resultaten

Uit de resultaten blijkt dat er verschillende ervaringen zijn met het gebruik van diepwortelende gewassen om bodemverdichting tegen te gaan. De resultaten zullen per deelvraag bediscussieerd worden.

Deelvraag 1: Bodemverdichting voorkomen door beworteling van kruiden in grasland

De beworteling van kruiden in grasland kan een belangrijke taak hebben om bodemverdichting te helpen voorkomen. Het is echter niet duidelijk of bodemverdichting geheel voorkomen kan worden door de beworteling van kruiden. De melkveehouders en onderzoekers geven aan dat sommige

wortels van kruiden diep de grond in kunnen gaan. Uit de ervaringen blijkt namelijk dat de penwortels van sommige kruiden terug te vinden waren op 60 centimeter diepte. Maar of deze wortels daadwerkelijk bodemverdichting voorkomen is niet duidelijk. Uit de antwoorden van de respondenten blijkt dat er nog maar weinig ervaring is op dit gebied. Het is niet duidelijk of de beworteling van kruiden bodemverdichting kan voorkomen als er bijvoorbeeld onder natte omstandigheden gewerkt wordt. Een melkveehouder gaf aan dat de kruiden in de rijsporen gemakkelijk schade krijgen. Het was echter niet duidelijk of dit door verdichting komt, want dit had de melkveehouder verder niet onderzocht. Er is meer onderzoek nodig om te bepalen of de beworteling van kruiden in grasland bodemverdichting kan voorkomen. De uitkomst van deze deelvraag klopt met de literatuur en is dus slechts een bevestiging. Er zijn geen nieuwe inzichten gewonnen op dit gebied.

Deelvraag 2: Bodemverdichting opheffen door beworteling van kruiden in grasland

De beworteling van kruiden in grasland is in staat om bodemverdichting deels op te heffen. Dit is echter afhankelijk van de mate van verdichting. Uit het onderzoek komt niet voort of de beworteling van kruiden door elke verdichte laag heen kan groeien. Er wordt gezegd dat de beworteling van kruiden door een matige verdichting kan groeien, maar de meningen zijn nogal verdeelt over wat een matige verdichting is. Niet alle kruiden zijn in staat om verdichting op te heffen. Het zijn vooral de kruiden met penwortels, die erg diep kunnen wortelen. Het is per grondsoort verschillend of het opheffen van bodemverdichting lukt door de beworteling van kruiden. Kleigronden hebben een groter herstellend vermogen dan zandgronden, waardoor een ondergrondverdichting makkelijker opgeheven kan worden. Kleigronden scheuren namelijk bij uitdroging, wat ervoor zorgt dat de verdichting al deels opgeheven wordt door het scheuren. Dit is op zandgronden niet of nauwelijks het geval. Het is dus erg grondsoortafhankelijk hoe effectief de beworteling van kruiden storende lagen in de bodem kan opheffen.

Deelvraag 3: Bodemverdichting voorkomen door beworteling van gras of groenbemesters op maisland

Bodemverdichting voorkomen op maisland door het gebruik van gras of een groenbemester is niet mogelijk. Het argument hiervoor is dat er geen groenbemester staat, op het moment dat er bodemverdichting optreedt. Er wordt aangegeven dat op het moment van de oogst, het risico op verdichting het grootst is. Op dit moment wordt er met zwaar materiaal over het land gereden en worden er vele tonnen mais vervoerd. Tegenwoordig wordt er ook onderzaai toegepast in mais. Dit is op zandgrond verplicht, als het product niet voor 1 oktober geoogst is. Onderzaai is eigenlijk een groenbemester zaaien onder de mais. Dit is wellicht een optie om het risico op verdichting te beperken. De groenbemester heeft genoeg tijd om te ontwikkelen en de kans bestaat dat er dan een mooie groenbemester staat op het moment van de oogst. Er was slechts één melkveehouder met ervaring met onderzaai in de mais. Deze melkveehouder stelde dat de groenbemester niet in staat is om bodemverdichting volledig te voorkomen. Dit was slechts één melkveehouder, en maar één soort groenbemester, namelijk rietzwenkgras. Uit dit onderzoek is niet bekend geworden of een andere soort groenbemester er wel voor kan zorgen om verdichting te voorkomen. Er is te weinig bekend over de werking van groenbemesters op storende lagen na de maisteelt, hier moet meer onderzoek naar gedaan worden.

Deelvraag 4: Bodemverdichting opheffen door beworteling van gras of groenbemesters op maisland

Uit de resultaten is op te maken dat het lastig is om bodemverdichting op maisland op te heffen door het gebruik van gras en groenbemesters. Als argument wordt gegeven dat het groeiseizoen van de groenbemester te kort is om zich genoeg te kunnen ontwikkelen. Het is na deze teelt moeilijk om een groenbemester te zaaien die diep kan wortelen. Bijkomend is dat de groenbemester vroeg in het voorjaar weer vernietigd wordt. De groenbemester heeft dus niet voldoende tijd om zich te kunnen

ontwikkelen en door een storende laag heen te groeien. Niet alle groenbemesters zijn geschikt om door storende lagen heen te groeien, het is belangrijk om te kiezen voor een agressief diepwortelende groenbemester. Het is echter niet duidelijk geworden of een groenbemester na de maisteelt in staat is om bodemverdichting op te heffen, als deze groenbemester langer blijft staan. Er wordt aangegeven dat hier geen tijd voor is, maar of het mogelijk zou zijn als er wel tijd voor is, is niet duidelijk geworden. Bodemverdichting is namelijk een probleem wat door de jaren heen toeneemt. Het hoeft dus ook niet binnen een jaar opgelost te worden, dit mag gerust een aantal jaren duren. De ondervraagden hebben te weinig ervaring op dit gebied, hier moet meer onderzoek naar gedaan worden. In de literatuur is beschreven dat het mogelijk is om een storende laag op te heffen door diepe beworteling, het resultaat van deze deelvraag is dus deels een bevestiging en heeft geen nieuwe inzichten geleverd.

Deelvraag 5: Bodemverdichting voorkomen door beworteling van groenbemesters op bouwland

Door het gebruik van groenbemesters op bouwland kunnen de effecten van bodemverdichting deels voorkomen worden. Waar beworteling in de bodem is, is verdichting beperkter. De wortels zorgen voor poriën, die door andere wortels benut kunnen worden om te groeien. Het is belangrijk om de beworteling in de bodem in stand te houden om verdichting te beperken. De akkerbouwers hebben vast niet elke groenbemester geprobeerd die er bestaat, dus hier kan moeilijk een oordeel over gegeven worden. Wellicht zijn hier niet de juiste vragen voor gesteld. Op het moment dat de verdichting optreedt, staat er geen groenbemester op het land. Dit is vaak op het moment dat er geoogst wordt. Tijdens de oogst wordt er vaak met zwaar materiaal gewerkt. Het is dus effectiever om maatregelen te treffen aan de machines om de verdichting te beperken. Het verlagen van de bandenspanning kan volgens onderzoek leiden tot een vermindering van insporing van 19 tot 35 procent (D'Hose et al., 2017).

Deelvraag 6: Bodemverdichting opheffen door beworteling van groenbemesters op bouwland

Het opheffen van bodemverdichting door het gebruik van een groenbemester is niet in elke situatie haalbaar. Het is erg afhankelijk van het herstellende vermogen van de grond. Kleigronden zullen zichzelf makkelijker herstellen dan zandgronden. Het is bovendien helemaal niet duidelijk hoe de groenbemesters van de akkerbouwers zich ontwikkeld hebben. Het kan zijn dat de groenbemesters zich de afgelopen jaren maar matig ontwikkeld hebben, en dus ook niet in staat waren om verdichting op te heffen. Een ander discussiepunt is de keuze in groenbemester. Er werden door de akkerbouwers veel verschillende groenbemesters geteeld. De ene akkerbouwer had goede ervaringen met bladrammenas, terwijl een andere akkerbouwer dit een waardeloze plant vond. In het Handboek Groenbemesters staat bladrammenas beschreven als een groenbemester met een diepe beworteling. Deze beworteling is niet intensief, het is slechts een penwortel. Er wordt door een akkerbouwer gesproken over een diepwortelend hoofdgewas wat de rol van een groenbemester op zich kan nemen. Er is echter weinig bekend over de rol van de beworteling van een hoofdgewas op storende lagen in de bodem. Hier is meer onderzoek naar nodig.

Deelvraag 7: Verwerken van de informatie in een checklist

De opbouw van de beoogde checklist stond nog niet vast, waardoor het voor de ondernemers lastig was om aan te geven welke aspecten relevant zijn. Hierdoor kunnen de gegeven antwoorden mogelijk niet allemaal bruikbaar zijn. Uit de antwoorden is op te maken dat het vooral belangrijk is om de bodemverdichting te voorkomen, dit kan door middel van de beworteling van een groenbemester of kruidenrijk grasland. Deze ervaringen zijn echter niet eenduidig voor alle sectoren en grondsoorten. In combinatie met het feit dat de geïnterviewde ondernemers binnen een specifieke regio waren geselecteerd (Friesland, Groningen en Flevoland), is het aannemelijk dat de uitkomsten en ervaringen wellicht niet representatief zijn voor heel Nederland. Hieronder staan de genoemde onderwerpen die de geïnterviewden graag terug zouden zien in een checklist.

Genoemde onderwerpen met betrekking tot de checklist:

- Zaai een mengsel als groenbemester, geen eenzijdige groenbemesters met veel massa, zoals bladrammenas en Japanse haver. Kies voor groenbemesters met een goede beworteling, zoals klavers en wikke. Zaai een groenbemester die werkt onder de grond, niet boven de grond.
- Bij erge verdichting eerst de grond woelen, daarna een diepwortelend gewas inzaaien om de grond open te houden. Altijd een groenbemester zaaien na de maisteelt, die in staat is om diep te wortelen. Belangrijk om een hoofdgewas of ras te zaaien wat vroeg afrijpt, zodat de wortels van een groenbemester voldoende tijd hebben in het najaar om te ontwikkelen in de grond.
- In kaart brengen hoe ernstig de verdichting is. Focus van het gewas moet meer liggen op wat er in de bodem gebeurt, dan wat er boven de bodem gebeurt.
- Kies in grasland voor een kruidenrijk gewas met penwortels en diepwortelende planten, die de bodem los kunnen maken.
- Hoofdgewassen zaaien die vroeg in het najaar geoogst kunnen worden. Zorg voor een extensief bouwplan, dus veel vruchtwisseling en korte groeiseizoenen. Na een kort groeiseizoen heeft een diepwortelende groenbemester voldoende tijd om te ontwikkelen. Zaai dus een diepwortelend gewas, zoals luzerne, die de bodem droog kan trekken. Bij droogte zullen de storende lagen openscheuren en geen barrière meer vormen voor zuurstof en water.
- Zorg voor een extensief bouwplan met veel granen. Granen wortelen diep en kunnen vroeg geoogst worden. Na de graanoogst is er voldoende tijd om een goede groenbemester te zaaien. Zaai als groenbemester een mengsel van grasachtige en vlinderbloemigen, deze plantsoorten kunnen elkaar versterken in de grond. Bovendien is er bij een mengsel altijd wel een soort die onder de omstandigheden goed kiemt en groeit.

5. Conclusie

Bodemverdichting is één van de grote problemen waar de agrarische sector tegenaan loopt. Uit onderzoek van Wageningen Environmental Research (WEnR) is gebleken dat bijna de helft van de landbouwgronden in Nederland verdicht is. Verdichting treedt vaak op bij een zware belasting van de bodem, waarbij de draagkracht niet voldoende is. Een combinatie van maatregelen is nodig om ondergrondverdichting te voorkomen en/of op te heffen. Deze maatregelen blijken vaak niet doeltreffend of zijn erg duur. Het effect van de maatregelen is sterk afhankelijk van de omstandigheden, zoals onder andere de grondsoort, het bouwplan, de rassenkeuze, het machinepark et cetera. Wellicht kan de beworteling van diepwortelende gewassen, zoals kruiden en groenbemesters, een rol bedragen leveren aan het tegengaan van bodemverdichting. In de literatuur is op basis van onderzoek al veel bekend over het effect van diepwortelende gewassen op de bodem, maar veel ook niet. Niet alle situaties zijn onderzocht. Wellicht bieden de ervaringen van boeren extra informatie die relevant is bij het opstellen van een checklist. Om dit te onderzoeken, zijn melkveehouders, akkerbouwers en onderzoekers geïnterviewd over praktijkkennis en ervaringen betreffende de beworteling van diepwortelende gewassen in relatie tot bodemverdichting. Het uiteindelijke doel van dit rapport is om boeren, loonwerkers en adviseurs handvaten te geven om bodemverdichting tegen te gaan op basis van ervaringen van andere boeren. Het is de bedoeling dat met behulp van deze informatie een checklist opgesteld wordt, die moet helpen om bepaalde keuzes te maken.

5.1 Conclusie hoofdvraag en deelvragen

De hoofdvraag luidt als volgt: “Hoe kunnen diepwortelende groenbemesters en kruiden helpen om bodemverdichting tegen te gaan?” Om tot beantwoording van de hoofdvraag te komen, zijn er een aantal deelvragen opgesteld. Bij de deelvragen wordt er onderscheid gemaakt tussen melkveehouders en akkerbouwers, omdat er verschillen zijn in landgebruik. Daarnaast is onderscheid gemaakt in effecten op voorkómen en opheffen van bodemverdichting.

5.1.1 Conclusie deelvraag 1

“Hoe kan de beworteling van kruiden in grasland helpen om bodemverdichting te voorkomen?” Uit de interviews blijkt dat een goed doorwortelde bodem minder gevoelig is voor verdichting. Geconstateerd is dat kruiden dieper wortelen dan gras. Meerwaarde van de kruiden ligt dus op de diepere grondlagen.

5.1.2 Conclusie deelvraag 2

“Hoe kan de beworteling van kruiden helpen om bodemverdichting op te heffen?” Kruiden zijn zeker in staat om diep te wortelen, blijkt uit de profielkuilen bij twee melkveehouders. In de profielkuilen was te zien dat de penwortels van sommige kruiden in staat zijn om tot 60 centimeter diepte te wortelen. Deze penwortels kunnen door storende lagen heen groeien, mits de verdichte laag niet te dik en te dicht is. Doorbreken van de verdichte lagen gaat op klei gaat makkelijker dan op zand, door het grotere herstellende vermogen van klei. Klei kan zwellen en krimpen. De scheuren die hierbij ontstaan vergemakkelijken de beworteling.

5.1.3 Conclusie deelvraag 3

“Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting te voorkomen?” Uit de interviews blijkt dat het *niet* mogelijk is om bodemverdichting te voorkomen door middel van de beworteling van een groenbemester. Dit komt door het feit dat er geen groenbemester staat tijdens het oogsten van de mais. Het oogstmoment is vaak het moment waarop de verdichting optreedt, vanwege de belasting onder natte omstandigheden laat in het najaar.

5.1.4 Conclusie deelvraag 4

“Hoe kan de beworteling van gras en groenbemesters in maisland helpen om bodemverdichting op te heffen?” Uit de interviews blijkt dat bodemverdichting **niet** opgeheven kan worden door het inzaaien van een groenbemester na de maisteelt. De reden hiervoor is dat het groeiseizoen van de groenbemesters te kort is. De beworteling heeft niet genoeg tijd om te ontwikkelen en kan dus niet door een storende laag heen groeien.

5.1.5 Conclusie deelvraag 5

“Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland helpen om bodemverdichting te voorkomen?” Uit de interviews blijkt dat bodemverdichting **deels** voorkomen kan worden door de beworteling van een groenbemester. Door de beworteling van de bodem te blijven stimuleren, is het mogelijk om bodemverdichting te voorkomen. Immers, waar een wortel zit, kan de bodem niet verdichten. De beworteling van een groenbemester kan dus deels helpen om bodemverdichting te voorkomen. Met name in het voorjaar zal dit helpen om de bodemverdichting te voorkomen.

5.1.6 Conclusie deelvraag 6

“Hoe kan de beworteling van groenbemesters op bouwland helpen om bodemverdichting op te heffen?” Uit de interviews blijkt dat de beworteling van sommige groenbemesters in staat is om een verdichte laag op te heffen. Dit lukt echter niet binnen een groeiseizoen van een groenbemester. Voor een optimale beworteling is het belangrijk om de groenbemester zo vroeg mogelijk in te zaaien. Hiermee kan in het bouwplan en bij de rassenkeuze rekening gehouden worden. Een diepwortelende groenbemester is in staat om door een storende laag heen te groeien. Op kleigrond lukt dit beter dan op zandgrond. Kleigronden kunnen namelijk scheuren onder droge omstandigheden. Deze scheuren vergemakkelijken de beworteling.

5.1.7 Conclusie deelvraag 7

“Hoe kan de informatie verwerkt worden in een checklist?” De checklist is erop gericht om bodemverdichting tegen te gaan, onder andere door middel van gewaskeuze van kruiden en groenbemesters. Uit de interviews blijkt dat het belangrijk is om hoofdgewassen te telen met een kort groeiseizoen. Op deze manier hoeft het land niet vroeg bereiden te worden in het voorjaar en een vroeg-rijpend gewas kan vroeg in het najaar geoogst worden onder relatief droge omstandigheden, waarmee de kans op het ontstaan van bodemverdichting als gevolg van oogstwerkzaamheden wordt verkleind. Na de oogst van het hoofdgewas is er voldoende tijd om een diepwortelende groenbemester te telen. Verder zijn er uit de interviews een aantal aspecten naar voren gekomen, die relevant zijn voor de bijdrage van kruiden en groenbemesters voor tegengaan van bodemverdichting. Dit zijn aspecten zoals: mate van verdichting, eerst woelen of direct een diepwortelende groenbemester inzaaien en de effectiviteit van de beworteling van kruiden op het voorkomen of opheffen van verdichting. Deze aspecten kunnen het beste verwerkt worden in een checklist.

5.1.8 Conclusie hoofdvraag

“Hoe kunnen diepwortelende kruiden en groenbemesters helpen om bodemverdichting tegen te gaan?” De boeren en onderzoekers bevestigen wat er in de literatuur staat. Er is in de interviews weinig tot geen nieuwe informatie naar voren gekomen op basis van praktijkervaringen. De informatie van de ondernemers verschilt nauwelijks met wat er reeds is aangetoond door onderzoek. Diepwortelende kruiden en groenbemesters kunnen bijdragen aan zowel het voorkomen als het opheffen van bodemverdichting in de ondergrond. De effectiviteit hiervan hangt af van meerdere factoren, onder andere grondsoort, zaaitijdstip en groeiperiode van de groenbemester, mate van belasting/ bodemverdichting et cetera.

Uit de ervaringen blijkt dat het **mogelijk** is om door de beworteling van kruiden bodemverdichting te voorkomen en bodemverdichting op te heffen. De penwortels van kruiden zijn in staat om door storende lagen heen groeien. Door de beworteling wordt bodemverdichting deels voorkomen in de ondergrond, want waar een diepe wortel zit kan geen verdichting optreden.

Op maisland blijkt dit lastiger, daar heeft de beworteling van groenbemesters **geen mogelijkheid** om de verdichting op te heffen. Verder kan bodemverdichting niet voorkomen worden, want op het moment dat de verdichting optreedt, staat er geen of nauwelijks een groenbemester.

Dit komt door het lange groeiseizoen van mais. Het groeiseizoen van de groenbemester is te kort voor een goede ontwikkeling van het wortelstelsel. Door deze matige ontwikkeling is er geen mogelijkheid om door storende lagen heen te groeien. Een diepwortelende groenbemester is hier wel toe in staat, maar dan zou de groenbemester een aantal jaar moeten blijven staan. Dit is niet mogelijk, want de groenbemester wordt in het voorjaar vroeg vernietigd om het perceel opnieuw in te kunnen zaaien met mais.

Op bouwland is het zeker **deels** mogelijk om door middel van de beworteling van een groenbemester verdichting tegen te gaan. Bodemverdichting kan deels voorkomen worden door een goed doorwortelde bodem. Waar een wortel in de bodem zit, kan geen verdichting optreden. Bodemverdichting kan ook opgeheven worden door de beworteling van een diepwortelende groenbemester. Dit lukt echter niet binnen de korte groeiperiode tussen twee hoofdteelten.

Diepwortelende gewassen kunnen helpen om bodemverdichting tegen te gaan, het ligt er echter aan wanneer de gewassen geteeld worden. De grondsoort heeft hier geen invloed op. De beworteling van kruiden is in staat om bodemverdichting te voorkomen en op te heffen. Dit lukt echter niet binnen een groeiseizoen, hiervoor is een langere periode nodig. Diepwortelende groenbemesters zijn in staat om door storende lagen heen te groeien, mits het groeiseizoen van de groenbemester lang genoeg is. Het voorkomen van bodemverdichting is deels mogelijk door de beworteling van diepwortelende groenbemesters. Een goed doorwortelde bodem is beter weerbaar tegen verdichting. Gezien de groeiperiode van de groenbemesters (in de winter) zal dit vooral effectief zijn in het voorjaar.

5.2 Aanbevelingen

Uit het onderzoek vloeien diverse aanbevelingen voort voor verder onderzoeken voor de checklist van LTO-Noord.

Onderzoek aanbevelingen

Uit het onderzoek komen de volgende aanbevelingen voort van zaken die verder uitgezocht moeten worden:

- Wat is de invloed van onderzaai van groenbemesters op het voorkomen van bodemverdichting tijdens of na de teelt?
- Wat is het effect van de beworteling van kruiden op storende lagen in de bodem?
- Wat is het effect van diepwortelende hoofdgewassen op storende lagen?

Aanbevelingen voor de checklist

Uit het onderzoek komen de volgende aandachtspunten die in de checklist kunnen worden opgenomen:

1. Keuze tussen grasland of maisland/bouwland
2. Herkennen van de bodemverdichting. Dit kan herkend worden door plasvorming, verschillen in stand van gewassen, verminderde wortelgroei, scherpblokkigheid in structuur, grijs/grauw in zandgrond en door een natte toplaag en droge ondergrond.

3. Inventarisatie van de mate van verdichting (matig, groot of ernstig). Verdichting kan gemeten worden door een penetrometer of door een simpele prikstok.
4. Bij geen verdichting (voorkomen): Inzaaien met een kruidenrijk gewas of een diepwortelende groenbemester. Handboek groenbemesters raadplegen voor geschikte groenbemesters.
5. Bij matige verdichting: Inzaaien met een diepwortelende groenbemester of kruiden. Grond een aantal jaar rust gunnen door gewassen te kiezen die vroeg afrijpen. Belangrijk om handboek groenbemesters te raadplegen voor de keuze van groenbemester. Niet iedere groenbemester is in staat om diep en intensief te wortelen. Belangrijk om extra aandacht te geven aan het voorkomen van meer verdichting.
6. Bij ernstige verdichting: Grond eerst woelen. Vervolgens inzaaien met een diepwortelende groenbemester of inzaaien met kruiden. Raadpleeg Handboek Groenbemesters voor de juiste groenbemester. Vervolgens hoofdgewassen zaaien met een kort groeiseizoen. Bij een hoofdgewas met een kort groeiseizoen kan een groenbemester na de teelt goed ontwikkelen.

Literatuurlijst

Bell, E., Bryman, A., Harley, B. (2019). *Business research methods*. Geraadpleegd op 3 mei 2021, van https://books.google.nl/books?hl=nl&lr=&id=J9J2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=business+research+methods&ots=GM9BhhcSIQ&sig=76RehMSJFgszMnLf4_eC7aR_Yas&redir_esc=y#v=onepage&q=business%20research%20methods&f=false

Bodem academie. (z.d.). Verslemping. Geraadpleegd op 1 mei 2021, van <http://bodemacademie.nl/bodemkwaliteit/bodemverstoring/verslemping/>

Bodemdata. (z.d.). <http://maps.bodemdata.nl/bodemdatanl/bginfo/extinfo.jsp?conceptid=1>

Bodemverdichting Noord-Nederland. (z.d.). LTO Noord. Geraadpleegd op 1 mei 2021, van <https://www.ltonoord.nl/belangenbehartiging/water-en-bodem-in-balans/bodemverdichting-noord-nederland>

Brus, D. J. & Van den Akker, J. (2018). *How serious a problem is subsoil compaction in the Netherlands? A survey based on probability sampling*, Soil & Tillage Research, 4, 37–45, <https://doi.org/10.5194/soil-4-37-2018>

Carolus, E. (z.d.). *Natuurinformatie - Evolutie van de samenwerking tussen vlinderbloemigen en rhizobiumbacteriën*. Natuurinformatie. Geraadpleegd op 6 mei 2021, van <http://www.natuurinformatie.nl/ndb.mcp/natuurdatabase.nl/i001139.html>

CBAV (2016, 10). *Effecten van grondbewerking op structuur*. Opgehaald van handboek bemesting: <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Grondbe-werking-en-berijding/Effecten-van-grondbewerking-op-structuur.htm>

CBAV (2016,10). *Opheffen/tegengaan van ondergrondverdichting*. Opgehaald van handboek bemesting: <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Grondbe-werking-en-berijding/Opheffentegengaan-van-ondergrondverdichting.htm>

Chen, G., Weil, R. R., & Hill, R. L. (2014). *Effects of compaction and cover crops on soil least limiting water range and air permeability*. Soil and Tillage Research, 136, 61-69, <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.09.004>

Chen, G., & Weil, R. R. (2011). *Root growth and yield of maize as affected by soil compaction and cover crops*. Soil and Tillage Research, 117, 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.08.001>

Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM). (2017). *CDM-Advies 'Groenbemesters'*. https://www.wur.nl/upload_mm/c/8/1/6b63d919-1690-4f07-981a-07b3b6a3e7f1_1705577_Oene%20Oenema%20bijlage%201.pdf

De Lijster, E., Van der Akker, J., Visser, A., Allema, B., Van der Wal, A., & Dijkman, W. (2016). *Waarderen van bodemwatermaatregelen*. CLM Onderzoek en advies. <https://edepot.wur.nl/406465>

D'Hose, T., Ren, L., Cornelis, W., & Ruysschaert, G. (2017). *Effect van bandenspanning en bodemvochtgehalte op bodemverdichting en gewasgroei* (Nr. 230). Instituut voor Landbouw-,

Visserij- en Voedingsonderzoek.

https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/migration/public/Mediatheek/Mededelingen/230_bodemverdichting.pdf

Graslandkruiden. (z.d.). LG Seeds. Geraadpleegd op 13 april 2021, van

<https://www.lgseeds.nl/graslandkruiden>

Groenbemesters voor een betere bodemstructuur. (z.d.). Limagrain. Geraadpleegd op 12 april 2021,

van <https://www.lgseeds.nl/news/post/groenbemesters-voor-een-betere-bodemstructuur/>

Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Hura, T., Marcińska, I., & Rzebka, A. (2013). *Changes in root system structure, leaf water potential and gas exchange of maize and triticale seedlings affected by soil compaction*. Environmental and Experimental Botany, 88, 2-10,

<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.01.010>

Haagsma, W., Hoek, H., & Molendijk, L. (2018). *Handboek groenbemesters*. Wageningen University.

<https://www.handboekgroenbemesters.nl/nl/handboekgroenbemesters.htm>

Håkansson, I., Voorhees, W.B., Elonen, P., Raghavan, G.S.V., Van Wijk, A.L.M., Rasmussen, K. Riley, H., (1987). *Effect of high-axle load traffic on subsoil compaction and crop yield in humid regions with annual freezing*. Soil & Tillage Research. 10, 259-268

Hanse, B., G.D. Vermeulen, F.G.J. Tijink, H.J. Koch, B. Märlander. (2011). *Analysis of soil characteristics, soil management and sugar yield on top and averagely managed farms growing sugar beet (Beta vulgaris L.) in the Netherlands*. Soil & Tillage Research 117, 61-68

Hargreaves, P. R., Baker, K. L., Graceson, A., Bonnett, S., Ball, B. C., & Cloy, J. M. (2019). *Soil compaction effects on grassland silage yields and soil structure under different levels of compaction over three years*. European Journal of Agronomy, 109, 125916,

<https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125916>

Helft landbouwgrond heeft te maken met verdichting. (2015, 30 april). Geraadpleegd op 25 april 2021, van Veeteelt.nl.

<https://veeteelt.nl/nieuws/helft-landbouwgrond-heeft-te-maken-met-verdichting>

JTN Fotografie (z.d.) *Sleepslang bemesten met Jansen Wijhe*. Geraadpleegd op 6 mei 2021, van

<https://jtnfotografie.wordpress.com/2016/02/26/sleepslang-bemesten-met-jansen-wijhe/>

McCarthy, K. M., McAloon, C. G., Lynch, M. B., Pierce, K. M., & Mulligan, F. J. (2020). *Herb species inclusion in grazing swards for dairy cows—A systematic review and meta-analysis*. Journal of Dairy Science, 103, 1416-1430, <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17078>

Reindsen, H. (2020, Februari 13). *Bietenrooier verdeelt tonnen niet gelijk over de wielen*. Opgehaald van Nieuwe Oogst: <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/02/13/bietenrooier-verdeelt-tonnen-niet-gelijk-over-de-wielen>

Rozemeijer, J., & Van der Velde, Y. (2008). *Oppervlakkige afstroming ook van belang in het vlakke Nederland*. H2O, 19, 2-3. <https://edepot.wur.nl/65714>

RVO (2021, april). *Vanggewas na maïs*. Rijksoverheid voor Ondernemend Nederland.

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mest/vanggewas-na-mais>

Sanguisorba minor - Kleine pimpernel , Sorbenkruid , Bloedkruid. (z.d.). De Tuinen van Appeltern. Geraadpleegd op 1 mei 2021, van

https://appeltern.nl/nl/tuinadvies/plantenencyclopedie/sanguisorba_minor_kleine_pimpernel_sorbenkruid_bloedkruid

Sterke schaalvergroting in de landbouw sinds 1950. (z.d.). CBS. Geraadpleegd op 30 april 2021, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/09/sterke-schaalvergroting-in-de-landbouw-sinds-1950>

Tholhuijsen, L. (2017, 27 november). *Bovenover ploegen: de voor- en nadelen*. Groenten & Fruit. <https://www.gfactueel.nl/Vollegroond/Achtergrond/2017/11/Bovenover-ploegen-de-voor--en-nadelen-215631E/>

Tönjes, J. (2019, 24 juli). *Topbodem > “Geen rupsen gebruiken met doel later van het land te zijn” | Akkerwijzer.nl - Nieuws en kennis voor de akkerbouwers*. Akkerwijzer. <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/125236-geen-rupsen-gebruiken-met-doel-later-van-het-land-te-zijn/>

Tozer, K. N., Barker, G. M., Cameron, C. A., Wilson, D., & Loick, N. (2016). Effects of including forage herbs in grass–legume mixtures on persistence of intensively managed pastures sampled across three age categories and five regions. *New Zealand journal of agricultural research*, 59, issue 3, 250-269, <https://doi.org/10.1080/00288233.2016.1188831>

Tubbing, L. (2019, 14 oktober). *Hoe interviews te coderen*. <https://deafstudeerconsultant.nl/hoe-interviews-te-coderen/>

Van den Akker, J. (2020). *Bodemverdichting: ondergrond en bovengrond - fact finding paper voor de Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur (RLI) voor het advies Vitale Bodem*. Wageningen Universiteit.

Van den Akker, J., de Groot, W., Pleijter, M., Brus, D., Hack- Ten Broecke, M., Schlebes, L., & de Vries, F. (2014). *Bodemverdichting kwetsbare gebieden – Opleveringsnotitie veldwerk Fase 2*. Alterra Wageningen UR, Wageningen: Alterra-notitie JvdA2014.

Van den Akker, J., & Hoogland, T. (2011). *Comparison of risk assessment methods to determine the subsoil compaction risk of agricultural soils in The Netherlands*. *Soil and Tillage Research*, 114, issue 2, 146-154, <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.04.002>

Wagenaar, J. P., de Wit, J., Hospers-Brands, M., Cuijpers, W., & van Eekeren, N. (2017). *Van gepeperd naar gekruid grasland - functionaliteit van kruiden in grasland*. Louis Bolk Instituut. <http://www.louisbolk.org/downloads/3258.pdf>

Wageningen UR. (2019, 15 april). *Bodemverdichting op maisland: beter voorkomen dan herstellen*. verantwoordveehouderij.nl. <https://www.verantwoordveehouderij.nl/show/Bodemverdichting-op-maisland-beter-voorkomen-dan-herstellen-hm>

Bijlage 1: Interviewvragen melkveehouder

Eerst een korte introductie: wie ben ik, wat doe ik, waar gaat het over, voor wie, waar gaat mijn onderzoek over, hoe pak ik het aan en wat ga ik met de gegevens doen.

1. Waar is uw bedrijf gelegen?
2. Wat is uw bedrijfsomvang (aantal koeien/hectares)?
3. Hoeveel grasland heeft u?
4. Hoeveel maisland heeft u?
5. Welke grondsoort(en) heeft u?
6. Wie voert op uw bedrijf het landwerk uit?
 - Zelf of loonwerker?
7. Denkt u dat u last heeft van verdichting op uw grasland? Specifieke percelen?
8. Denkt u dat u verdichting heeft op uw maisland/bouwland?
9. Waaraan kunt u dit merken? Zowel bij wel of geen verschil
 - Opbrengst?
 - Plasvorming?
 - Draagkracht?
10. Hoe heeft u dit gemeten?
11. Vindt u bodemverdichting een belangrijk aspect?
 - Waarom?
12. Welke maatregelen treft u om bodemverdichting te voorkomen?
13. Indien loonwerker: Welke maatregelen treft de loonwerker om bodemverdichting te voorkomen?
14. Kunt u merken dat de maatregelen nut hebben?
15. Kunnen diepwortelende gewassen helpen om storende lagen op te heffen?
16. Heeft u ervaring met kruiden doorzaaien in een grasmat?
17. Wat weet u van de beworteling van de kruiden in de grasmat?
18. Hoe komt u aan die kennis?
19. Hebben kruiden in de graszode een betere beworteling?
20. Kunnen kruiden dieper wortelen dan gras?
21. Welk effect heeft de beworteling op de bodem? (uw ervaring)
22. Kunnen storende lagen opgeheven worden door middel van diepe beworteling?

23. Wat gebruikt u na de mais (nazaai/onderzaai) als groenbemester?
24. Waarom gebruikt u groenbemesters?
25. Zou u groenbemesters gebruiken, als dit niet verplicht werd?
26. Welke voordelen ondervindt u van groenbemesters?
27. Welke nadelen ondervindt u van groenbemesters?
28. Op welke manier zaait u de groenbemester?
29. Worden er werkgangen gecombineerd tijdens het zaaien?
30. Welke groenbemester gebruikt u?
31. Waarom wordt deze keuze gemaakt?
32. Kunnen groenbemesters zorgen voor een betere structuur van de grond?
33. Waaraan merkt u dat?
34. Wat wilt u terugzien in een beslisboom? Gewaskeuze in relatie tot bodemverdichting.

35. Wat zijn de voor- en nadelen van kruiden in grasland?
36. Wat is de voederwaarde van kruidenrijk gras?
37. Hoe wordt kruidenrijk grasland toegepast in uw bedrijfsvoering?
38. Wat is de reden van het kruidenrijk grasland?
39. Wat zou een acceptabel areaal kruidenrijk grasland zijn?
40. Kunnen kruiden beter tegen droogte?

Bijlage 2: Interviewvragen akkerbouwer

Eerst een korte introductie: wie ben ik, wat doe ik, waar gaat het over, voor wie, waar gaat mijn onderzoek over, hoe pak ik het aan en wat ga ik met de gegevens doen.

1. Waar is uw bedrijf gelegen?
2. Wat is uw bedrijfsomvang?
3. Welke gewassen teelt u?
4. Welke grondsoort heeft u?
5. Wie voert het landwerk uit?
6. Heeft u last van bodemverdichting?
7. Waaraan kunt u dat merken?
8. Hoe heeft u dit gemeten?
9. Wat vindt u hiervan?
10. Zou u dit willen veranderen?
11. Wordt hier rekening mee gehouden tijdens werkzaamheden?
12. Hoe wordt de keuze hierin gemaakt?
13. Heeft u ervaring met groenbemesters?
14. Na welke teelt gebruikt u groenbemesters?
15. Waarom gebruikt u groenbemesters?
16. Welke groenbemesters zaait u in?
17. Hoe wordt de keuze voor een groenbemester gemaakt?
18. Wat is uw ervaring met betrekking tot groenbemesters en storende lagen?
19. Zijn er bepaalde groenbemesters die diep kunnen wortelen?
20. Welke zijn dit?
21. Kunnen groenbemesters de structuur van de grond verbeteren?
22. Waaraan merkt u dit?
23. Wat zijn de belangrijkste keuzes voor het kiezen groenbemesters?
24. Waarom bepaalde percelen wel/niet?
25. Denkt u dat groenbemesters verdichting in de ondergrond kunnen voorkomen?
26. Waarom denkt u dat?
27. Wat zou u terug willen zien in een beslisboom?

Bijlage 3: interviewvragen onderzoeker kruidenrijk grasland

Eerst een korte introductie: wie ben ik, wat doe ik, waar gaat het over, voor wie, waar gaat mijn onderzoek over, hoe pak ik het aan en wat ga ik met de gegevens doen.

1. Welke kruiden komen vaak voor in kruidenrijk grasland?
2. Welke bewortelingspatronen hebben kruiden?
3. Kunnen de wortels van kruiden door een storende laag groeien?
4. Kunnen de wortels van kruiden voorkomen dat er storende lagen ontstaan?
5. Welke keuzes zijn belangrijk voor het overwegen van overstap naar kruidenrijk grasland?
6. Kunnen kruiden op elke grondsoort groeien?
7. Kunnen kruiden voedingsstoffen onttrekken uit de ondergrond?
8. Hoe kan de keuze voor kruidenrijk grasland het beste in een beslisboom verwerkt worden?

Bijlage 4: Interviewvragen onderzoeker groenbemesters

Eerst een korte introductie: wie ben ik, wat doe ik, waar gaat het over, voor wie, waar gaat mijn onderzoek over, hoe pak ik het aan en wat ga ik met de gegevens doen.

1. Waarom worden groenbemesters ingezet in de landbouw?
2. Wat is het effect van groenbemesters op storende lagen?
3. Kunnen groenbemesters bodemverdichting in de ondergrond voorkomen?
4. Welke groenbemesters zijn hier het meest geschikt voor?
5. Zijn er groenbemesters die storende lagen op kunnen heffen?
6. Welke zijn dit?
7. Is dit afhankelijk van de grondsoort?
8. Waarom?
9. In welke grondsoort kan een groenbemester het makkelijkste bodemverdichting voorkomen?
10. In welke grondsoort kan een groenbemester het makkelijkste bodemverdichting opheffen?
11. Hoe kan de keuze voor een groenbemester het beste verwerkt worden in een beslisboom?