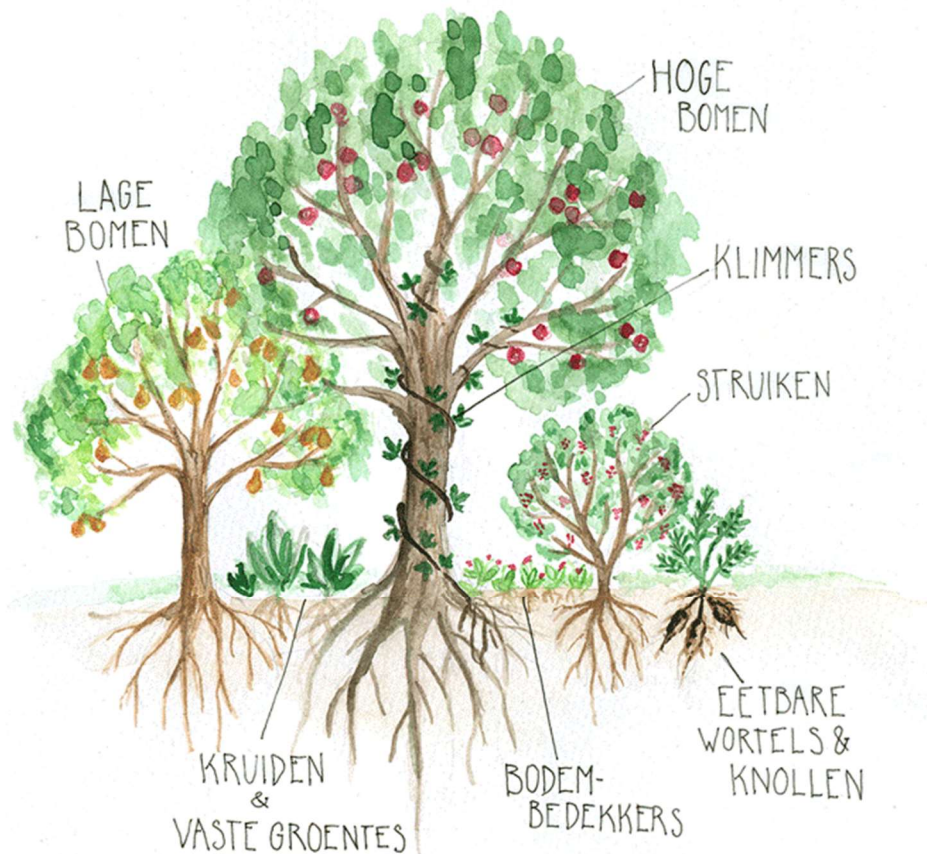


# Aanslaan planten in voedselbossen

*De rol van standplaatsfactoren bij het aanslaan van planten op een kleibodem en hoe deze benut kunnen worden bij het aanplantmoment.*



(Greutink, 2016)

Bachelor scriptie  
Datum: 7-6-2022

Naam: Priscilla Beemsterboer  
Studentnummer: 8717  
Opleiding: Milieukunde Deeltijd  
Begeleider: Leo Bentvelzen en Astrid Valent

## Colofon

**Titel:**

Aanslaan planten in voedselbossen: De rol van standplaatsfactoren bij het aanslaan van planten op kleibodem en hoe deze benut kunnen worden bij het aanplantmoment.

**Trefwoorden:**

Bodembeheer, standplaatsvoorkeuren, maatregelen, adviezen.

**Student/ auteur:**

Priscilla Beemsterboer, priscilla.beemsterboer@hvhl.nl/ priscillabeemsterboer@live.nl  
Studentnummer: 8713 milieukunde aan Van Hall Larenstein

**Opdrachtgever onderzoek:**

Jelle Fekkes, mail@fekkeslandschap.nl  
Landschapsarchitect, voedselbosbouwer en voedselboseducatie

**Begeleidende docenten:**

Leo Bentvelzen, leo.bentvelzen@hvhl.nl  
Docent Bodemkunde, onderzoeksmethodologie Milieutechnologie

Astrid Valent, astrid.valent@hvhl.nl  
Afstudeercoördinator Opleiding Milieukunde

Hogeschool Van Hall Larenstein  
Agora 1, 8934 CJ Leeuwarden  
www.hvhl.nl

**Datum:**

Assendelft, 7 juni 2022

**Afbeelding omslag:**

Vera Greutink, <https://stadstuinieren.nl/inspiratie/voedselbos-in-je-stadstuin/> (Greutink, 2016)

## Voorwoord

Hier is het dan!

Mijn onderzoek naar wat een voedselbosbouwer kan doen om, de 14 commercieel interessante, planten met verschillende standplaatsfactoreisen een zo goed mogelijke start te geven op kleigrond is klaar. Een onderzoek uitgevoerd in het kader van het afstuderen aan de opleiding Milieukunde-deeltijd aan de Hogeschool Van Hall-Larenstein in Leeuwarden. Het onderzoek is gedaan in opdracht van Fekkes Landschapsarchitectuur in Haarlem onder begeleiding van Jelle Fekkes (eigenaar) en de docenten van de Hogeschool Van Hall Larenstein in Leeuwarden: Leo Bentvelzen en Astrid Valent.

Met dit onderzoek hoop ik een positieve bijdrage te leveren aan de opkomst van voedselbossen. Als vegetariër is het mijn droom dat we delen van Nederland die nu nog vooral voor de zuivel- en vleesindustrie gebruikt worden, om te vormen naar voedselbossen en dat daarnaast de monocultuur binnen de akkerbouw meer gecombineerd wordt met voedselbossen. Geïnspireerd door boeken als “herstellende landbouw” van Mark Shepard en “Zaaien met toekomst” van Charles en Perrine Hervé-Gruyer en diverse modules op de opleiding besloot ik mijn onderzoek op het voedselbos te richten! Ik hoop de lezer te motiveren de positieve effecten van een voedselbos in te zien en te motiveren over te gaan tot het meer inzetten van voedselbossen.

Naast een zoektocht naar het voedselbos was dit onderzoek een zoektocht naar mezelf. *‘Hoe meer je weet, hoe meer je weet wat je niet weet!’* Het beperken tot mijn hoofdvraag terwijl ik door alle boeken juist geïnspireerd raakte om meer te onderzoeken bracht mij vaak in een onmogelijke spagaat en heeft er helaas voor gezorgd dat ik meerdere keren moest loslaten wat ik aan kennis had vergaard. Naast de ‘inspiratie tot meer’ was mijn dyslexie mijn grootste struikelblok dit onderzoek. Boeken lezen en samenvatten kost mij nu eenmaal meer moeite dan anderen. Ook Corona, thuisonderwijs en familieomstandigheden deden hun best het onderzoek te vertragen.

Maar ik ben trots, blij en opgelucht dat het uiteindelijk toch gelukt is!

Ik besef mij echter dat het nooit gelukt was zonder de hulp van velen! Dank aan alle geïnterviewden voor hun tijd en warme ontvangsten, Jelle voor je geduld, je werkplek en je groene bibliotheekwalhalla, Nancy voor het aanbrengen van structuur, het lezen van de teksten en hulp bij het beter formuleren, mijn beste vriendin Joyce voor het rotsvaste geloof in mij en als laatste een speciaal dank aan Maurice, Sofie en Robin! Dank voor alle keren dat jullie mij steunden, er waren, mijn gemopper moesten aanhoren, moesten accepteren dat ik moest studeren, mijn tranen moesten wegvegen maar bovenal dank dat jullie bij mij zijn!

Ik hoop dat dit rapport met plezier gelezen zal worden.

Priscilla Beemsterboer  
Assendelft, 7 juni 2022

## Samenvatting

Dit rapport is opgesteld in opdracht van Jelle Fekkes. De aanleiding is dat bij aanplant van een voedselbos in 2017 is gebleken dat planten verschillend aanslaan. Veel uitval of matige groei van bomen en planten kosten tijd en geld. Uit een eerder onderzoek van Yann Boulestreau uit 2016 zijn 14 economisch rendabele plantensoorten voor een voedselbos gekomen. In dit rapport is onderzoek gedaan naar wat een voedselbosbouwer kan doen om deze 14 soorten met verschillende standplaatsfactoreisen een zo goed mogelijke start te geven op kleigrond.

Om deze vraag zo goed mogelijk te beantwoorden is het onderzoek opgesplitst in een literatuuronderzoek en een inventarisatie onder gebruikers. Voor de inventarisatie zijn interviews gehouden met onder andere kwekers en (voedsel)bosbouwers die allen bekend zijn met het aanplanten in een kleibodem. Vervolgens is er een thematische analyse uitgevoerd van de gevonden data om tot aanbevelingen en conclusies te kunnen komen.

Voor het literatuuronderzoek is eerst gekeken naar welke eisen de 14 soorten stellen aan de standplaatsfactoren: vocht, voedselrijkdom, zuurgraad en zout en de klimaatfactoren licht en wind. Deze factoren blijken, volgens de Ellenberg-indicatieklassen, voor de meeste planten gelijkwaardig met lichte afwijkingen. Voor de standplaatsfactoren geldt: droge-vochtige tot vochtige bodems, (matig) voedselrijk, matig tot zwak zuur en niet zout verdragend. Voor de klimaatfactoren geldt: half licht/half schaduw en enige bescherming tegen de wind.

In een niet verdichtte bodem is plaats voor gasuitwisseling, bodemorganismen, wortels en mycorrhiza (Jansen, et al., 2018), dit is een voorwaarde om te kunnen voldoen aan de standplaatsfactoreisen. De gevonden methodes uit het literatuuronderzoek zijn daarom gericht op het opheffen van bodemverdichting. Dit betreft de methodes: dood hout, mycorrhiza toevoegen, mulchen, groenbemesters met veel bladmassa voor organische stof, strooiselverbeteraars aanplanten en wormen toevoegen. Bij kale bodem of extreem verdichte bodem kan grondbewerking nodig zijn waarna een groenbemester de bodem weer bedekt. Daarnaast werd duidelijk dat een goede kwaliteit van het plantmateriaal, het aanplanten zelf en de leeftijd van de plant van essentieel belang zijn bij het succes van een voedselbos.

Bij de inventarisatie werd duidelijk dat niet alle methodes gebruikt worden. Zo voegen geen van de 11 geïnterviewde experts wormen toe en wordt algemeen aangenomen dat door het gebruik van dood hout de mycorrhiza vorming al gestimuleerd wordt zodat dit niet apart toegevoegd hoeft te worden. Ook is het toevoegen van mycorrhiza op kleibodem nog niet voldoende bewezen. Over het belang van vrijwilligers waren alle geïnterviewden duidelijk; ondanks hun goede bedoelingen planten vrijwilligers niet altijd op de juiste manier wat ten koste gaat van de plant. Ook werden er methodes gespecificeerd zoals het planten van soedangras bij een kale bodem als groenbemester en het inzetten van boomstronken ter bevordering van de mycorrhiza.

De belangrijkste conclusie die getrokken kan worden is dat het gebruik/toevoegen van dood hout van essentieel belang voor een voedselbos op kleigrond is. Dood hout is voor meerdere doeleinden te gebruiken; mulchen, stimuleren bodemleven (waaronder mycorrhiza en wormen), bescherming tegen uitdroging en daarnaast om de successie te bevorderen. Ook is de conclusie te trekken dat omdat het inzetten van vrijwilligers vaak niet te vermijden is, het essentieel is dat deze vooraf en tijdens het aanplanten goed geïnstrueerd worden.

## Summary

This report was commissioned by Jelle Fekkes. The reason is that when planting a food forest in 2017, it turned out that plants take hold differently. Many failures or moderate growth of trees and plants cost time and money. An earlier study by Yann Boulestreau from 2016 revealed in 14 economically viable plant species for a food forest. In this report, research has been done into what a food forester can do to give these 14 species with different stand factor requirements the best possible start on clay soil.

To answer this question as well as possible, the research has been divided into a literature review and an inventory among users. For the inventory, interviews were held with, among others, growers and (food) foresters who are all familiar with planting in a clay soil. Subsequently, a thematic analysis of the data found was carried out to arrive at recommendations and conclusions.

For the literature review, we first looked at what requirements the 14 species place on the stand factors of moisture, nutrient richness, acidity and salt and the climate factors light and wind. According to the Ellenberg indication classes, these factors appear to be equivalent to slight deviations for most plants. The following applies to the location factors: dry-moist to moist soils, (moderately) nutrient-rich, moderately to weakly acidic and not tolerating salt. For the climate factors: half light/half shade and some protection from the wind.

In a non-compacted soil, there is room for gas exchange, soil organisms, roots and mycorrhiza (Jansen, et al., 2018), this is a condition for meeting the stand factor requirements. The methods found from the literature review are therefore aimed at eliminating soil compaction. This concerns the methods: adding dead wood, mycorrhiza, mulching, green manure with a lot of leaf mass for organic matter, planting litter improvers and adding worms. Bare soil or extremely compacted soil may require tillage, after which a green manure crop will cover the soil again. In addition, it became clear that a good quality of the planting material, the planting itself and the age of the plant are essential for the success of a food forest.

During the inventory it became clear that not all methods are used. For example, none of the 11 experts interviewed add worms and it is generally assumed that by using dead wood, mycorrhiza formation is already stimulated so that it does not have to be added separately. Also, the addition of mycorrhiza on clay soil has not yet been sufficiently proven. All interviewees were clear about the importance of volunteers; despite their good intentions, volunteers do not always plant in the right way which is to the detriment of the plant. Methods were also specified, such as planting Sudan grass on a bare soil as a green manure and using tree stumps to promote mycorrhiza.

The main conclusion that can be drawn is that the use/addition of dead wood is essential for a food forest on clay soil. Dead wood can be used for multiple purposes; mulching, stimulating soil life (including mycorrhiza and worms), protection against dehydration and in also promote succession. It can also be concluded that although the use of volunteers is almost unavoidable, it is essential to instruct them properly when planting the plant.

## Inhoudsopgave

1	Inleiding .....	8
1.1	Aanleiding.....	8
1.2	Probleemstelling.....	9
1.3	Doelstelling en onderzoeksvragen .....	9
1.4	Leeswijzer .....	10
2	Methodologie .....	11
2.1	Projectaanpak.....	11
2.2	Afbakening.....	11
2.3	Aanpak per deelvraag.....	11
3	Theoretisch kader.....	14
3.1	Definitie voedselbos .....	14
3.2	Successie.....	16
3.3	Kleibodem.....	17
3.4	Standplaatsfactoren .....	19
3.5	Humus .....	21
4	Standplaatsfactoren en klimaatfactoren.....	23
4.1	Standplaatsfactoren .....	23
4.2	Klimaatfactoren licht en wind .....	30
4.3	Samenvatting standplaatsfactoren en klimaatfactoren.....	33
5	Methoden om het aanslaan planten op kleibodem te bevorderen.....	34
5.1	Algemeen.....	34
5.2	Methodes in de literatuur .....	34
5.3	Overige maatregelen om het aanslaan van de planten te bevorderen .....	42
5.4	Samenvatting methoden om het aanslaan van planten op een kleibodem te bevorderen .	43
6	Ervaringen van de experts.....	44
6.1	Methodes ter bodemverbetering.....	44
6.2	Aanplanten boom.....	47
6.3	Standplaatsfactoren en klimaatfactoren.....	48
6.4	Nazorg .....	49
6.5	Samenvatting uitkomst interviews.....	49
7	Analyse van de theoretische kennis getoetst aan de praktijk.....	50
8	Conclusie, discussie en aanbeveling.....	53
8.1	Conclusie .....	53

8.2	Discussie .....	54
8.3	Aanbeveling.....	55
	Bibliografie .....	56
	Bijlagen .....	60

# 1 Inleiding

Carola Schouten, voormalig minister van Landbouw, Natuur en voedselkwaliteit, geeft in haar beleidsnota over kringlooplandbouw aan dat de aarde de last van de huidige manier van voedselproductie niet langer kan dragen. Klimaatvriendelijk werken is de nieuwe norm. De belangrijkste punten zijn minder CO<sub>2</sub> uitstoot, kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen, import van grondstoffen en basisproducten uit andere werelddelen. De bodem vormt hierbij letterlijk en figuurlijk de basis van kringlooplandbouw. Een goede bodem bevat veel organische stof, kan beter water opnemen, is beter bestand tegen droogte, heeft een rijker bodemleven en draagt bij aan gezonde gewassen. Landbouw en natuur staan nu vaak tegenover elkaar waardoor de bodemkwaliteit, waterbeheer en de biodiversiteit onder druk staan. Deze relatie moet organischer worden dan zij nu is. Natuur inclusieve landbouw als agroforestry en permacultuur worden als veelbelovende nieuwe initiatieven genoemd voor de plantaardige teelten (Rijksoverheid, 2018). Daarnaast heeft de voormalig minister in 2020 de bossenstrategie getekend wat inhoudt dat Nederland 37.000 hectare bos gaat aanplanten voor 2030 om de CO<sub>2</sub>-vastlegging in bos en bomen te versterken (Rijksoverheid, 2020).

Voedselbossen sluiten ook goed aan bij het deltaplan biodiversiteitsherstel (Samen voor biodiversiteit, 2019), waarin landbouw-, natuur- en onderzoekorganisaties samen biodiversiteitsverlies willen ombuigen naar herstel. Een voedselbos(rand) kan door de combinatie van natuur en landbouw letterlijk een verbinding vormen tussen de eenjarige gewassen van landbouw en de bossen. Ze hebben een belangrijke rol door onder andere het herstel van bodemleven, insecten- en vogelpopulaties en door het versterken van de verbinding van Natuurnetwerk Nederland (NNN). Uit het onderzoek bodemactiviteit en landgebruik (Baas, 2018) en het soortenrijkdomsonderzoek (Breidenbach, Dijkgraaf, Rooduijn, Nijpels-Cieremans, & Strijkstra, 2017) bij het voedselbos Ketelbroek in Groesbeek, Gelderland blijkt de biodiversiteit van het voedselbos net zo groot te zijn als het nabijgelegen beschermde natuurgebied De Bruuk. De voorkomende soorten (vogels, insecten en bodemleven) verschillen wel significant, wat een mooie aanvulling is op het vergroten van de biodiversiteit.

Daarnaast kunnen voedselbossen ook een belangrijke bijdrage leveren aan meerdere doelen van de zeventien Sustainable Development Goals (SDGNederland, sd) die door de Verenigde Naties zijn afgesproken in het Parijsakkoord (zie bijlage A).

## 1.1 Aanleiding

Dit onderzoek wordt verricht in opdracht van Jelle Fekkes, landschapsarchitect en daarnaast ook eigenaar van Landscape Foodscape, een bedrijf dat zich richt op voedselbossen en eetbare landschappen. Hij verzorgt advies, ontwerp, coaching en educatie aan bedrijven, particulieren, stichtingen en overheden. Daarnaast is hij eigenaar van voedselbos Kreilerwoud en partner van voedselbos Houtrak in Spaarnwoude. Beide voedselbossen bevinden zich op een kleibodem.

De opdrachtgever is in het voorjaar van 2017 begonnen met het planten van bomen en struiken in het te ontwikkelen voedselbos Houtrak in Spaarnwoude. Na aanplant van het voedselbos blijkt de beplanting wisselend te zijn aangeslagen. Te veel uitval van planten/ bomen of matige groei kost extra geld en tijd. Omdat voedselbossen in de huidige situatie nog niet gangbaar zijn in Nederland en pas na 5 jaar gaan opbrengen is vaak maar een beperkt budget aanwezig.

Uitval of slechte groei van planten/ bomen kan meerdere oorzaken hebben zoals warme en droge zomers, veel wind, maar ook een bodem die te compact is, te weinig beschikbare voedingsstoffen heeft of niet voldoet aan de juiste mate van bodemontwikkeling voor de betreffende plant (Den



Ouden, Muys, Mohren, & Verheyen, 2010). Daarnaast kunnen de standplaatsfactoren en de manier van aanplanten van de verschillende planten een belangrijke rol spelen.

## 1.2 Probleemstelling

Voedselbossen worden vaak aangelegd op voormalige weilanden of akkerbouwland. Bij het ontwerp van een voedselbos wordt rekening gehouden met gunstige standplaatsen voor bomen en heesters in volgroeide staat. De omstandigheden die op het moment van aanleg aanwezig zijn komen echter vaak niet overeen met eisen die de (voedselbos)planten stellen aan hun standplaats. Dit kan een reden zijn van uitval of slechte groei.

Voor voedselbossen die in de toekomst mogelijk ook op commerciële wijze worden gehouden is het belangrijk dat de beste startpositie voor het aanplanten van de (voedsel)planten/ bomen wordt onderzocht.

## 1.3 Doelstelling en onderzoeksvragen

Dit onderzoek richt zich op de condities (standplaatsfactoren) onder welke verschillende soorten planten het beste groeien op een kleibodem en welke bestaande methodes er te vinden zijn om de kleibodem dermate te bewerken dat de condities verbeterd worden voor de plant. Hierbij wordt gekeken naar de 14 commercieel interessantste planten die eerder onderzocht zijn door Yann Boulestreau (zie theoretisch kader). De keuze voor kleibodem komt doordat de twee voedselbossen waarop de opdrachtgever actief bezig is op kleibodems zijn gesitueerd. Omdat de bodem van akkerlandbouw bacteriedominant is en de bodem van een bos schimmeldominant is (Van der Dussen, 2003) wordt ook gekeken naar de transitie van akkerlandbodems naar bosbodems en welke bestaande methodes er zijn om dit proces te versnellen. Deze methodes dienen wel binnen de filosofie van permacultuur te vallen waarbij er minimaal aan bodembewerking gedaan wordt en er geen gebruik wordt gemaakt van biociden en kunstmest (Buiten & Waard, 2017). Om de start van het aanplanten van een voedselbos op kleibodem zo voorspoedig mogelijk te laten verlopen wordt een advies gegeven voor mogelijke aanplantmethodes.

Uit de doelstelling is de volgende hoofdvraag ontstaan:

*Wat kan een voedselbosbouwer doen om, de 14 commercieel interessante, planten met verschillende standplaatsfactoreisen een zo goed mogelijke start te geven op kleigrond*

Om antwoord te krijgen op de hoofdvraag zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- A)** Wat zijn de standplaats- en klimaatfactoren van de 14 geselecteerde planten en welke van deze zijn cruciaal op het moment van aanplanten en in volwassen staat?
- B)** Welke methoden zijn er om een kleibodem gebruiksklaar te maken voor het aanplanten van een (voedsel)bos?
- C)** Welke bestaande methoden worden er in de praktijk door ervaringsdeskundigen gebruikt om het aanslaan van planten te optimaliseren?
- D)** Welke keuzes kunnen bij de aanleg van een voedselbos op kleibodem gemaakt worden naar aanleiding van de gevonden theoretische kennis gekoppeld aan de ervaringen van de gebruikers?

## 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de gevolgde methodologie besproken die gebruikt is om de hierboven beschreven hoofd- en deelvragen te kunnen beantwoorden. Daarna wordt in hoofdstuk 3 eerst een stuk theoretisch kader beschreven met een verdieping van het begrip voedselbos, successie, kleibodem, standplaatsfactoren en humus zodat de resultaten van de deelvragen in hoofdstuk 4 en 5 beter begrepen worden. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de standplaatsfactoren van de 14 soorten beschreven. In hoofdstuk 5 de resultaten over hoe je de kleibodem kunt verbeteren voor aanplanten. Hoofdstuk 6 geeft de belangrijkste uitkomsten van de interviews met de ervaringsdeskundigen en hoofdstuk 7 geeft een analyse van hoofdstuk 4, 5 en 6. Als laatste worden in hoofdstuk 8 de resultaten bediscussieerd waarna de conclusie op de hoofdvraag volgt en hieruit de aanbevelingen voor eventuele vervolgonderzoeken beschreven worden.

## 2 Methodologie

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek per deelvraag toegelicht. Dat wordt gedaan aan de hand van de ondernomen stappen. Daarnaast wordt beschreven wat er in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten wordt, de afbakening. Tot slot wordt ingegaan op hoe de resultaten gebruikt zijn om tot adviezen te komen.

### 2.1 Projectaanpak

De onderzoeksvraag *“Wat kan een voedselbosbouwer doen om planten met verschillende standplaatsfactoren een zo goed mogelijke start te geven op kleigrond?”* is beantwoord door middel van kwalitatief onderzoek. Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan en zijn interviews gehouden. Naar aanleiding van het literatuuronderzoek en de interviews is gekeken of de gevonden informatie ook werkelijk gebruikt wordt en werkt. Door deze methoden te combineren is er een betrouwbaar onderzoek ontstaan, waarbij het probleem op deze manier vanaf verschillende kanten is geanalyseerd.

### 2.2 Afbakening

- Voedselbossen worden op verschillende bodemtypes opgezet. Vanwege de tijdslimiet en de daaropvolgende noodzakelijke beperking van deze afstudeeropdracht is ervoor gekozen om het onderzoek voor deze scriptie te beperken tot kleibodems. De opdrachtgever heeft een tweetal voedselbossen op kleigrond.
- Het betreft geen onderzoek van aanplant in een bestaand bos.
- De gezochte methodes vallen met name binnen de filosofie van permacultuur en voedselbossen (Buiten & Waard, 2017). Interviews hebben plaatsgevonden bij onder andere biologische kwekers en boomgaardeigenaren.
- Dit onderzoek richt zich op de 14 planten die geselecteerd zijn in het onderzoek van Yann Boulestreau (Boulestreau, 2016). Door de veelvuldigheid aan soorten die geplant kunnen worden en een standplaatsanalyse van al deze soorten te omvangrijk zou worden is gekozen voor een afbakening van deze 14 planten.
- In dit onderzoek is alleen gekeken naar de operationele factoren die van invloed kunnen zijn op de conditionele factoren vocht, voedselrijkdom, zuurgraad en saliniteit. Waarbij de conditionele factoren de standplaatsfactoren genoemd worden.

### 2.3 Aanpak per deelvraag

- A) *Wat zijn de standplaats- en klimaatfactoren van de 14 geselecteerde planten en welke van deze factoren zijn cruciaal op het moment van aanplanten en in volwassen staat.*

Om de standplaats- en klimaatfactoren te onderzoeken is er in eerste plaats een literatuurstudie gedaan in de mediatheek van Van Hall Larenstein te Leeuwarden. De zoektermen bosbeheer en ecologie gaven veel informatie tot verdere literatuurstudie in boeken zoals: Landschapsecologie van D. van Dorp, Beheer van bosranden van KNNV, Bosecologie en bosbeheer van J. den Ouden, De aanleg van nieuwe bossen van P. Jansen en Bodemkunde van Kuijpers. Op basis van deze literatuur zijn de standplaatsfactoren vocht, voedselrijkdom, zuurgraad en saliniteit en de klimaatfactoren licht en wind theoretisch onderbouwd, zowel in zijn algemeenheid als in verhouding tot de kleibodem.

Voor de standplaatsfactoreisen in de verschillende stadia van de plant/ boom is gekeken op Greeni Global Search, pfaf.org (Plants for future), soortenbank.nl en floravannederland.nl. Hierbij is voor Greeni Global Search gebruik gemaakt van de volgende hoofdzoektermen: standplaatsfactoren met benoeming van één van de 14 geselecteerde planten/ bomen, en vervolgens op relevante nieuwe trefwoorden. Op deze zoektermen is ook in het Engels gezocht. Dit leverde niet het gewenste resultaat op waarna is besloten de deelvraag te beperken tot algemene standplaatsfactoreisen.

Voor het bepalen van de standplaatsfactoreisen per plant is gebruik gemaakt van het programma SynBioSys (Syntaxonomisch Biologisch Systeem). Vanuit dit programma zijn tabellen gemaakt op basis van de Ellenberg-methode. Deze methode beschrijft de abiotische standplaatsfactoren vocht, voedselrijkdom, zuurgraad en zout aan de hand van indicatieklassen. Daarnaast geeft de Ellenberg-methode ook een indicatieklasse voor de klimaatfactor licht. In de tabellen wordt met de rode lijnen aangegeven waarbinnen de waarde van de 14 soorten zich bevinden en de groene lijn geeft het gemiddelde aan van de waarde tussen de rode lijnen.

*B) Welke methoden zijn er om een kleibodem gebruiksklaar te maken voor het aanplanten van een voedselbos?*

Voor deze deelvraag werd gekeken naar methodes om een kleibodem gebruiksklaar te maken voor aanplanting. Hiervoor is er gekeken naar welke methoden de wetenschappelijke theorie aangeeft. Er is gekeken naar de eigenschappen van de kleibodem en welke invloed deze kunnen hebben op de standplaatsfactoren. Voor deze literatuurstudie is voornamelijk gebruik gemaakt van de boeken: bosecologie en bosbeheer (Den Ouden, et al., 2010) en praktijkboek Bosbeheer (Jansen, et al., 2018) gebruikt. Vervolgens is er gezocht op Greeni Global Search, kennisbank Groene Ruimte en als laatste op Google Scholar. Hierbij is gezocht op de hoofdzoektermen die ook gevonden zijn in de net genoemde boeken: dood hout, mulchen, mycorrhiza, strooiselverbeterende bomen, wormen en grondbewerking. Daarnaast is gezocht op klei, clay, bosaanplant klei, planten op klei en vervolgens op relevante nieuwe trefwoorden.

De verzamelde gegevens gaven een inzicht in welke methodes er volgens de theorie gebruikt kunnen worden om de bodem voor te bereiden.

*C) Welke bestaande methoden worden er gebruikt bij het aanplanten van bosbouw en fruit- en notenbomengarden om verschillende categorieën planten op gang te helpen?*

Met deze vraag is er inzicht verkregen in hoe de in de theorie gevonden methodes gebruikt worden in de praktijk en of er nog verdere methodes gebruikt worden om de (klei)bodem te verbeteren.

Hiervoor zijn interviews gehouden met ervaringsdeskundigen, hierna te noemen als experts. Als experts zijn er personen geïnterviewd die ervaring hebben met aanplanten van planten/ bomen in klei zoals Staatsbosbeheer, boomkwekerijen, voedselboscijneraren en andere deskundigen die te maken hebben met planten en bodemverbeteringen. Bij de selectie van de geïnterviewden werd uitgegaan van experts waarvan bekend is dat zij enige ervaring hebben met het gebruik van de uit de theorie gehaalde methodes. Met de gestelde vragen werd er kennis opgedaan over de in praktijk gebruikte methodes, het aanplanten en eventuele problemen. Hiermee kunnen er aanbevelingen worden gedaan aan de opdrachtgever.

Bij de interviews is gebruik gemaakt van het eigen netwerk en dat van de opdrachtgever. Hieruit is een sneeuwbaaleffect ontstaan voor verdere interviews. Omdat voedselbossen geen gebruik maken

van pesticiden en kunstmest (Buiten & Waard, 2017) is er alleen naar biologische en permacultuur bos en boomgaarden gekeken, daarnaast hadden eigenaren op kleibodem de voorkeur.

Voor deze interviews is vooraf een vragenlijst met semigestructureerde open vragen (bijlage B) opgesteld om te onderzoeken hoe zij de aanleg van bijvoorbeeld de boomgaard aangepakt hebben, wat hun ervaringen hiermee zijn, wat de conditie/ leeftijd van het aan te planten plantgoed is geweest. Aandachtspunten tijdens de interviews waren: de voorbereiding, het aanplantingsproces en de nazorg.

De interviews zijn na het beantwoorden van vraag B ingepland. Doordat er gekozen is voor de sneeuwbalmethode zijn er door middel van feedback van de geïnterviewde ook tijdens de periode dat de interviews gehouden werden nog nieuwe gesprekspartners benaderd en ingepland. Van de interviews is een verslag geschreven, waarna toestemming gevraagd is aan de geïnterviewde of het gebruikt mag worden. De gehouden interviews zijn in een apart document geheel uitgewerkt; *Verslag van interviews met gebruikers van bodem verbeterende methodes*, deze is op te vragen bij de auteur. De belangrijkste resultaten van de interviews worden in hoofdstuk 6 besproken en in bijlage B zijn in een tabel te zien wie er geïnterviewd is, wanneer en welke methodes de expert gebruikt.

Bij de interviews kwam naar voren dat er voor dezelfde methodes soms verschillende termen gebruikt worden door de geïnterviewden. Daar waar nodig zijn deze verschillende termen teruggebracht naar de in deze scriptie geldende terminologie. Tevens zijn er niet aan alle geïnterviewden dezelfde vragen gesteld daar gesprekken soms anders liepen en een andere interessante richting op gingen. Daar waar mogelijk is bij het verwerken van het gesprek gezocht naar antwoorden op de basisvragen.

Voor het verwerken van de antwoorden is gekozen voor een systeem met kleuren. Elke vraag had een kleur en in de betreffende interviews is per kleur gearceerd op welke vraag een opmerking betrekking heeft.

*D) Welke keuzes kunnen bij de aanleg van een voedselbos op kleibodem gemaakt worden naar aanleiding van de gevonden theoretische kennis gekoppeld aan de ervaringen van de gebruikers?*

Bij deze vraag is de theorie naast de praktijk gelegd om tot aanbevelingen te komen met betrekking tot het aanplanten van een voedselbos in kleigrond.

Er is hiervoor een thematische analyse gemaakt van zowel de kwalitatieve als de theoretische data beschreven in hoofdstuk 4,5 en 6. Er is geanalyseerd wat de overeenkomsten zijn tussen de theorie en de praktijk en wat de verschillen zijn. Zo zegt de theorie dat mycorrhiza en wormen een goede methode zijn en blijkt uit de praktijk dat deze methodes niet ingezet worden. De analyse wordt beschreven in hoofdstuk 7.

Naar aanleiding van de antwoorden voorkomend uit deze vraag is er uiteindelijk een conclusie gevormd over de hoofdvraag.

Voordat de verkregen resultaten op de hierboven beschreven methoden besproken worden zal er in het volgende hoofdstuk eerst uitgebreider ingegaan worden op de begrippen en gebruikte definities van voedselbossen, standplaatsfactoren en de kleibodem zodat de resultaten in hoofdstuk 4 en 5 in het juiste perspectief gelezen kunnen worden.

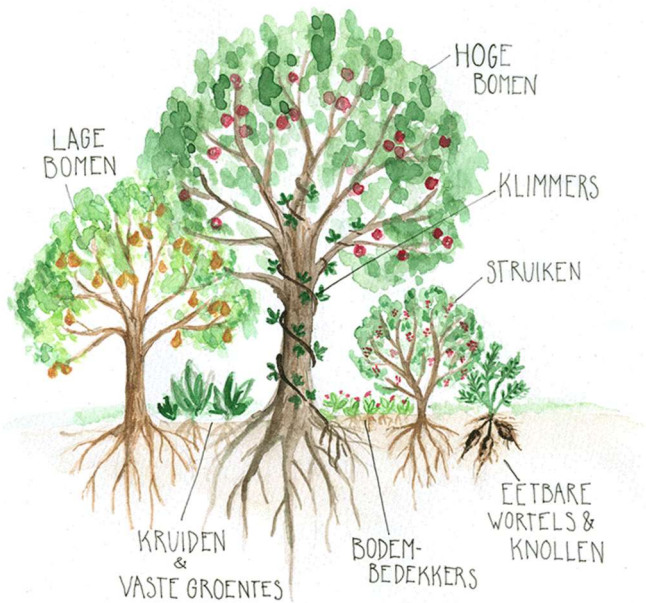
### 3 Theoretisch kader

In het theoretisch kader wordt de achtergrondinformatie gegeven welke relevant is voor het onderzoek. Als eerste wordt er een bredere uitleg gegeven over wat een voedselbos is en waarom voedselbossen belangrijk zijn. Daarnaast wordt ook het onderzoek van Yann Boulestreau kort beschreven omdat dit relevant is voor de te onderzoeken planten in dit onderzoek. Tenslotte worden de begrippen successie, kleibodem, standplaatsfactoren en humus toegelicht ter verduidelijking van de verkregen resultaten op de deelvragen.

#### 3.1 Definitie voedselbos

De definitie van een voedselbos is volgens de Stichting Voedselbosbouw Nederland: 'Een voedselbos is een vitaal ecosysteem dat door mensen is ontworpen naar het voorbeeld van een natuurlijk bos met het doel voedsel te produceren. Onderscheidende kenmerken van een voedselbos zijn: een vegetatielaag met hoge kruinbomen, minimaal drie andere vegetatielagen, een rijk bosbodemleven en een robuuste omvang. Een voedselbos herbergt een rijke, snel toenemende biodiversiteit'.

De verschillende vegetatielagen die mogelijk zijn worden in figuur 1 zichtbaar gemaakt.

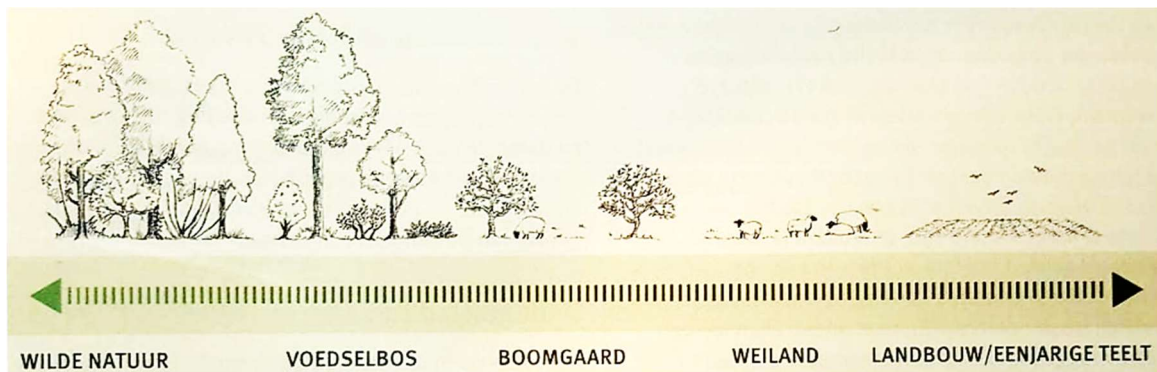


*Figuur 1 De 7 vegetatielagen van het voedselbos, soms worden oever- en waterplanten als 8<sup>ste</sup> laag en paddenstoelen en bodemschimmels als 9<sup>de</sup> laag er ook bijgeteld (Greutink, 2016).*

#### Waarom voedselbossen

Al in 2030 kunnen wereldwijde temperaturen 1,5 ° C boven pre-industriële niveaus stijgen als de huidige trends doorgaan. Bomen kunnen deze klimaatcrisis helpen bestrijden. Sinds de 19<sup>e</sup> eeuw is door mensen ongeveer 300 gigaton koolstof aan de atmosfeer toegevoegd. Twee derde hiervan kan worden vastgelegd door de aanplant van bijna 1 miljard hectare bos blijkt uit een recente analyse (Fox, 2019). Grootschalige voedselbossen op voormalige landbouwgronden kunnen hieraan een grote bijdrage leveren doordat koolstof wordt vastgelegd terwijl er ook nog voedsel wordt verbouwd (Nabuurs, Lokin, Hekhuis, Briel, & Kramer, 2018 ). Daarnaast draagt een voedselbos, vooral door het ontwerp met veel bosrandopbouw, bij aan de biodiversiteit (Stortelder, van Dort, Schaminée, & Smits, 1999) . Ook kan het fungeren als buffer tussen landbouw en de stikstofgevoelige natuurgebieden. In figuur 2 is te zien waar voedselbossen zich bevinden op de schaal van natuur naar

landbouw. Naast voedselproductie, CO<sub>2</sub> vastlegging en bijdrage aan de biodiversiteit kunnen voedselbossen een sociale, educatieve en recreatieve meerwaarde hebben.



Weerbaarder	Minder weerbaar
Hoge diversiteit	Lage diversiteit
Hoge verwevenheid	Lage verwevenheid
Weinig tot geen onderhoud	Veel onderhoud
Weinig/ minder dan nul broeikasgasuitstoot	Gemiddelde tot hoge broeikasgasuitstoot

Figuur 2 Voordelen voedselbos ten opzichte van eenjarige teelt (Crawford, 2018).

### Onderzoek economisch rendabel voedselbos

Yann Boulestreau heeft onderzoek gedaan naar een hectare voedselbos dat economisch rendabel kan zijn. Hierbij heeft hij gekeken naar de standplaatsfactoren van soorten, marktwaarde, ecologische waarde en oogstperiode. Hieruit kwamen 14 soorten om te verbouwen in een voedselbos, welke in onderstaande tabel genoemd worden.

Tabel 1 De 14 economische meest rendabele soorten.

	<b>Botanische/ Latijnse naam</b>	<b>Nederlands</b>
1	Actinidia arguta	Kiwibes
2	Allium Ursinum	Daslook
3	Aronia	Appelbes
4	Castanea spp.	Tamme kastanje
5	Corylus spp.	Hazelaar
6	Eleagnus umbellata	Herfstolijfwilg
7	Fragaria	Aardbei
8	Hippophae rhamnoides	Duindoorn
9	Juglans Regia	Gewone walnoot
10	Malus domestica	Appel
11	Prunus domestica	Pruim
12	Rheum spp.	Rabarber
13	Ribes rubrum	Aalbes
14	Sambucus canadensis	(Amerikaanse)vlier

In het ontwerp wordt rekening gehouden met de plantafstand bij maximale groei waarbij er nog ruimte is voor vervoer ertussen daarnaast betreft het rechte paden wat de toegang tot de planten vergemakkelijkt. Ook met de plek van de soorten is rekening gehouden, rabarber staat bijvoorbeeld onder de appel- of de walnotenboom. Rabarber wordt eerder geoogst waardoor deze de oogst van de appel en walnoot niet in de weg staat. De uitleg van de gekozen soorten zijn te vinden in het rapport van Yann Boulestreau (Boulestreau, 2016).

In Schijndel wordt 20 hectare voedselbos aangelegd naar ontwerp van Yann Boulestreau, waar door diverse wetenschappelijke partijen getoetst zal worden of dit inderdaad rendabel en werkbaar is. In de Houtrak is een stuk van 32x 43 meter op deze manier ingericht (ontwerp bijlage C).

### 3.2 Successie

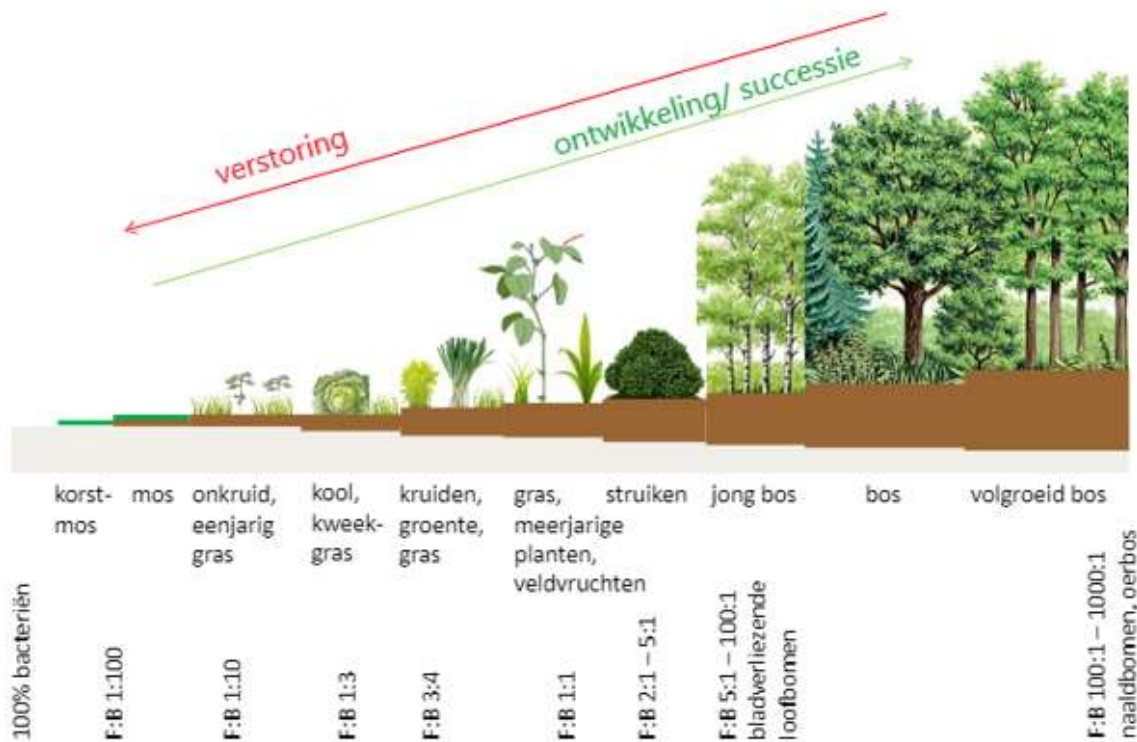
Successie is de manier waarop een bos zich vormt zonder ingrepen van de mens. Dit is een proces van vele jaren en hangt samen met de ontwikkeling van de bodem. De opbouw van nutriënten en koolstofvoorraden in het humusprofiel bepalen welke soorten planten er op een bepaald moment groeien en de aan- of afwezigheid van bacteriën en/of schimmels.

Onder natuurlijke omstandigheden doorloopt de ontwikkeling van een bos verschillende stadia. Ieder stadium bestaat uit bepaalde plantengemeenschappen die weer zorgen voor de juiste omstandigheden voor het volgende stadium (Den Ouden, et al., 2010). Uitgaande van een kale bodem is het eerste successiestadium de begroeiing met pioniersvegetatie. Dit zijn eenjarige planten die in grote aantallen en met weinig variatie voorkomen. Na één groeiseizoen zal de vegetatie veranderen naar een graslandvegetatie die uit grassen en meerjarige planten met diepe wortels bestaat. Deze graslandvegetatie wordt (na enkele jaren) verdrongen door ruigtekruiden vegetatie. Dit zijn hoog opschietende kruiden met sterk ontwikkelde wortels. De volgende successiefase is het ontwikkelen van struiken en bomen waardoor struweelvegetatie ontstaat. Eerst is dit lage begroeiing van lichtminnende struiken en bomen waarna het overgaat op een generatie bomen met duurzame lichte houtsoorten. Het laatste stadium van de successie, ook wel climaxvegetatie, bestaat uit veel verschillende soorten maar weinig individuen per soort. Hierin komen ook schaduw verdragende soorten voor (Reuver, 1993).

Successie uitgaande van een kale bodem wordt primaire successie genoemd. Er heeft zich nog geen bodemprofiel ontwikkeld en de eerste fase vindt plaats op vers moedermateriaal. Als er successie plaatsvindt op een al bestaand bodemprofiel wordt dit de secundaire successie genoemd. Een voorbeeld hiervan is successie op verlaten landbouwgrond, zoals bij een voedselbos vaak wordt gebruikt. Bij secundaire successie vindt er verstoring plaats van de aanwezige biomassa of humusprofiel waardoor er een verandering kan plaatsvinden van het microklimaat en/of de nutriëntenbeschikbaarheid. Het al aanwezige bodemprofiel is het belangrijkste onderscheid met primaire successie. Het bodemprofiel is al gedeeltelijk opgebouwd door vegetatie uit het verleden en heeft daardoor bepaalde eigenschappen die van invloed kunnen zijn op de verdere successie (Den Ouden, et al., 2010).

Naast de bovengrondse successie ontwikkeld ook de bodem en het bodemleven zich in ieder stadium. In het pioniersstadium bestaat het bodemleven vooral uit bacteriën en naarmate de successie vordert gaan schimmels meer overheersen in de bodem (figuur 3). Bacteriën verteren eenvoudige, stikstofrijke verbindingen (gras) en schimmels juist de meer complexere, koolstofrijke verbindingen (bladeren, twijgen) (Wildemeersch, 2016). Ook de opbouw van nutriënten en koolstofvoorraden veranderen in de loop van de tijd. Dit heeft vooral te maken met de opbouw van de humuslaag (Den Ouden, et al., 2010).





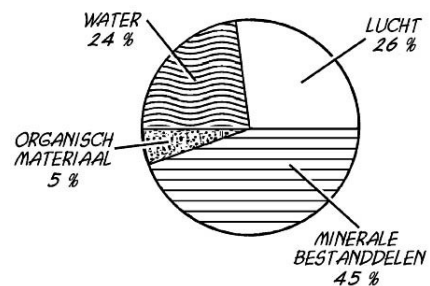
Figuur 3 De verschillende stadia van successie met de bijbehorende bacterie- (B) of schimmeldominantie (F) en het effect van verstoring op de successie (Albertsmeier, 2020)

### 3.3 Kleibodem

#### Algemeen bodem

De bodem bestaat uit vaste delen zoals klei, zand, grind, organische stof, neergeslagen zouten en uit poriën gevuld met lucht of water met daarin opgeloste zouten (figuur 4) (Kuipers, 1996)

De minerale bestanddelen van grond worden onderverdeeld in de zandfractie (deeltjes van 50-2000 µm), de siltfractie (deeltjes van 2-50 µm) en de lutumfractie (deeltjes <2 µm) (Kuipers, 1996).



Figuur 4 De bodemonderverdeling

Het type grond wordt bepaald naar aanleiding van de fractie die de meeste invloed heeft op de eigenschappen van de grond. Wanneer een grond meer dan 8% lutum bevat en voor de rest uit zand bestaat wordt het een zavel- of kleigrond genoemd (tabel 2).

Tabel 2 Indeling en benaming van gronden naar het lutumgehalte door de Stichting voor Bodemkartering (Kuipers, 1996)

% Lutum	Naam	
0-5	Kleiarm zand	Zandgrond
5-8	Kleiig zand	
8-12	Zeer lichte zavel	Zavelgrond
12-17,5	Matige lichte zavel	
17,5-25	Zware zavel	
25-35	Lichte klei	Kleigrond
>35	Zware klei	

## **Type Kleigrond**

Vrijwel alle kleigronden in Nederland zijn ontstaan door sedimentatie van overwegend fijne bodemdeeltjes. Dit gebeurde tijdens overstromingen met rivier of zeewater voor de bedijking. Daarnaast zijn er na de bedijking in West-Nederland nog onderwaterbodems drooggemalen (dit betreft meestal zeeklei). Dit geeft drie landschapstypen: het rivierengebied, zeekleigebied en de droogmakerijen (Den Ouden, et al., 2010).

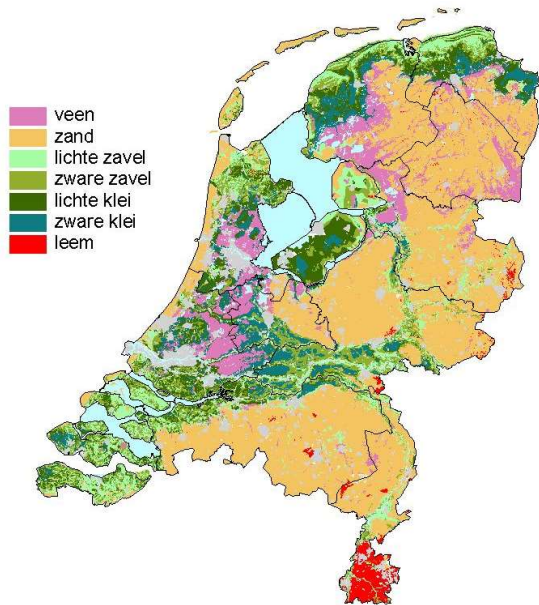
### *Zeeklei:*

Zeeklei ligt langs de Nederlandse kust en is ontstaan door overstroming van het land door de zee en is rijk aan kalk, fosfor, zwavel en natrium. Zeeklei is meestal grijs van kleur en bevat weinig organische stof. Het kan vrij veel vocht vasthouden en plakt in vochtige toestand (Kuipers, 1996). Vanwege de verschillende eigenschappen wordt er onderscheid gemaakt tussen oude en jonge zeekleigronden. Jonge zeekleigronden zijn drieduizend jaar of jonger, zijn kalkrijk en bevinden zich op de Waddeneilanden, de kop van Noord-Holland, het zuidwesten van Zuid-Holland en een deel van Zeeland. Deze gronden worden voornamelijk gebruikt voor de landbouw. Oude zeeklei is vier tot achtduizend jaar oud en door ontkalking kalkloos geworden. Oude zeekleigronden liggen meer landinwaarts en bevinden zich in noordelijk Friesland, Groningen en Zeeland en worden meestal als grasland gebruikt (Van Dorp, Canters, Kalkhoven, & Laan, 1999).

### *Rivierenklei:*

Door overstroming van rivieren voor de bedijking is langs de rivierarmen rivierkleigrond ontstaan. Deze klei is bruiner van kleur en bevat meer organische stof. Langs de randen van de oude rivierarmen zijn de lichtere deeltjes afgezet waardoor stroomruggen zijn ontstaan. Dit zijn lichtere gronden waarop voornamelijk bouwlanden en boomgaarden aanwezig zijn. Verder van de rivierarmen vandaan zijn de zwaardere deeltjes afgezet omdat de stroomsnelheid daar het laagst was bij overstromingen, deze gebieden worden de kommen genoemd. De zeer zware gronden worden vrijwel altijd gebruikt als grasland (Kuipers, 1996). Eigenschappen van de rivierkleigronden, zoals voedselrijkdom en kalkgehalte hangen af van de plaats waar de rivier zich bevindt. Hierbij speelt met name de invloed van bovenstroomse gebieden een rol door bijvoorbeeld zuur water uit hoogveengebieden, waardoor het kalkgehalte in de kleiafzettingen van de Maas vroeger aanzienlijk lager was dan de Rijn (Van Dorp, et al., 1999).

Op de grondsoortenkaart van Nederland in figuur 5 is te zien waar de kleigronden zich bevinden (zie bijlage D voor A4 weergave).



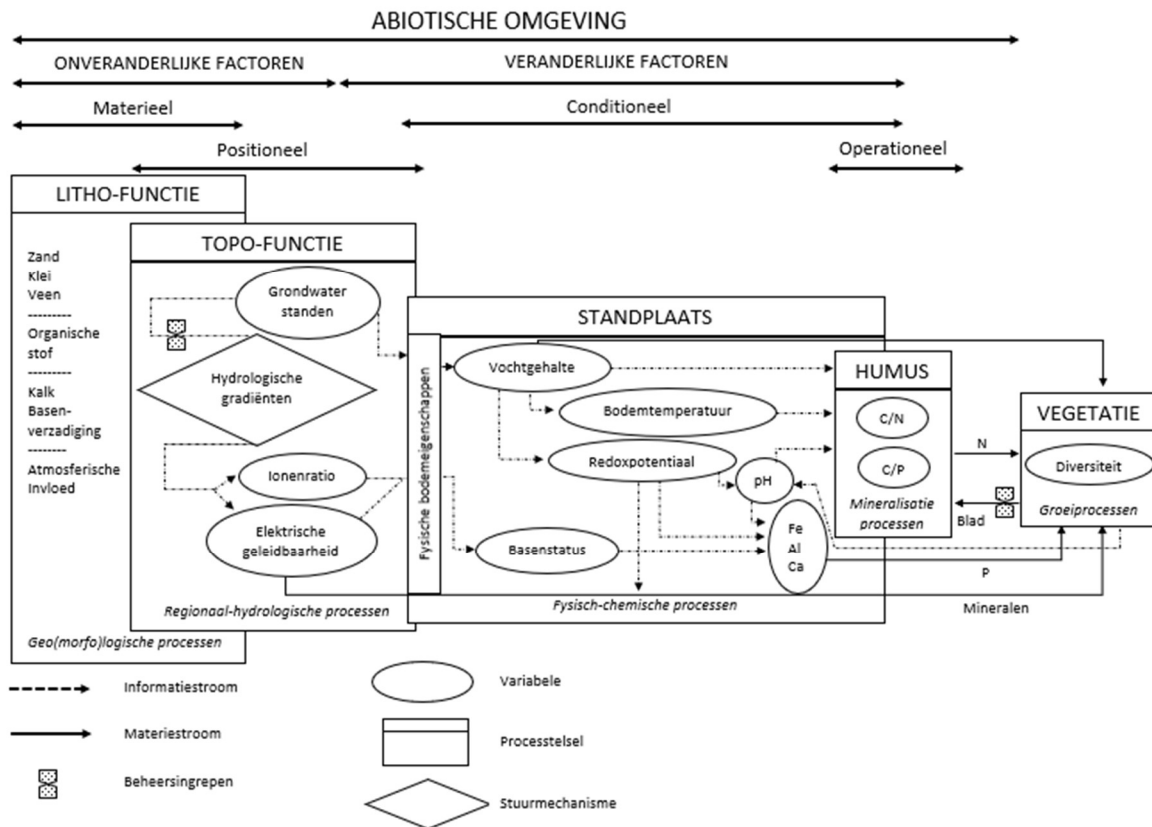
*Figuur 5 Grondsoortenkaart Nederland (WUR)*

## **Bossen op kleigrond**

Bossen op een kleigrond komen in Nederland in mindere mate voor omdat kleigrond van grote waarde is voor landbouw. De structuur van bossen op kleigrond is complex in vergelijking tot zandgronden. Ze worden gekenmerkt door duidelijke vegetatielagen, zoals hoge en lage bomen, struiken en een goed ontwikkelde kruid- en moslaag. Een ander belangrijk kenmerk van bossen op kleigrond is de hoge omzettingssnelheid van humus (Stortelder, et al., 1999). Factoren als hoogteligging, bodemtextuur en grondwaterregime hebben impact op de doorwortelbaarheid, de vochthuishouding en het bodemleven. Deze factoren hebben daardoor invloed op de verschillende aanwezige soorten in het bos. Het kalkverloop is minder van belang doordat er ook bij bodems waar alle vrije kalk verdwenen is nog een redelijk hoge bezetting van calcium is aan het bodemuitwisselingscomplex (Den Ouden, et al., 2010).

### **3.4 Standplaatsfactoren**

Het geheel van de (fysische) eisen die een plant stelt aan zijn omgeving worden standplaatsfactoren genoemd. Deze standplaatsfactoren zijn van belang bij de mate van voorkomen en ontwikkeling van de planten. Hoewel de eisen onder te verdelen zijn in vaste principes stelt niet elke plant dezelfde eisen aan zijn standplaats. Voor het bepalen van de standplaatsfactoren en de mate van invloed hierop wordt in dit onderzoek het hiërarchisch stelselmodel van Kemmers gebruikt (figuur 6) (Van Dorp, et al., 1999).



Figuur 6 Hiërarchisch stelselmodel (Kemmers, 1993).

In het hiërarchisch stelselmodel van Kemmers is te zien dat standplaatsfactoren verdeeld worden in operationele en conditionele factoren.

Conditionele factoren hebben betrekking op de saliniteit, vochttoestand, voedselrijkdom en zuurgraad van de grond. Deze factoren bepalen vrij direct de condities waaronder planten leven.

Operationele factoren zijn de factoren waarmee je de conditionele factoren kunt sturen. Je kunt daarbij denken aan bijvoorbeeld bodembedekking met verschillende soorten blad (humusontwikkeling). Deze operationele factoren worden op hun beurt weer beïnvloed door conditionerende factoren zoals kwel. In de praktijk blijkt het onderscheid tussen operationeel en conditioneel niet altijd duidelijk doordat er sprake is van heel veel verschillende factoren die elkaar beïnvloeden en door elkaar heen lopen. De begrippen operationeel en conditioneel moeten daarom als relatieve begrippen gezien worden, bedoelt als onderscheid tussen “meer direct” en “meer indirect”.

Operationele en conditionerende factoren worden ook weer beïnvloed door processen in ruimte en tijd. Deze processen kunnen positioneel (b.v. grondwaterstand) of materieel (b.v. klei) zijn, dit betreffen onveranderlijke processen. Met de atmosferische invloeden van wind en licht dient echter wel rekening te worden gehouden bij aanplant van bomen in een voedselbos. Naast de standplaatsfactoren worden deze daarom ook toegelicht in de resultaten.

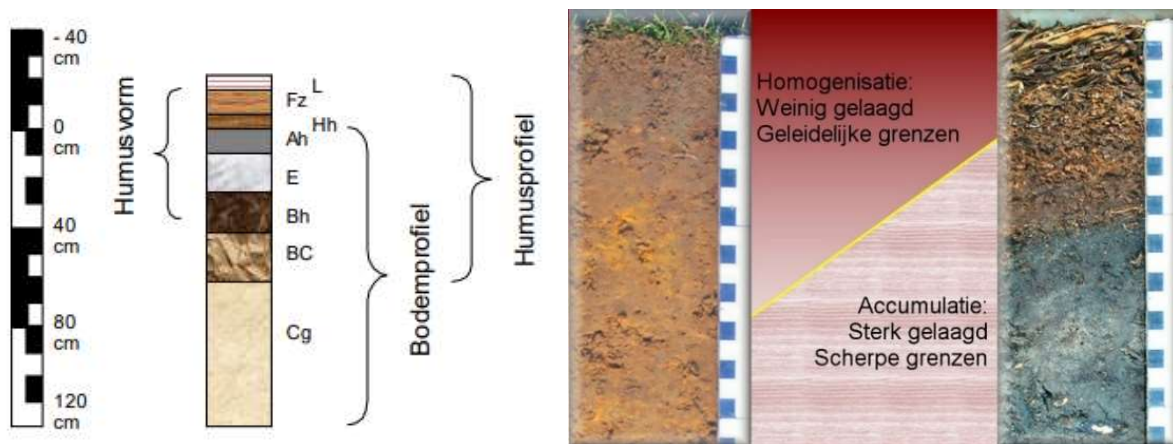
### 3.5 Humus

Aan een bodem waarop planten groeien wordt jaarlijks veel dood organisch materiaal toegevoegd, in de vorm van bijvoorbeeld bladeren of dode wortels.

Dit materiaal wordt afgebroken door bodemorganismen. Bodemorganismen zijn zowel zichtbare bodemdieren zoals mollen, slakken en regenwormen als onzichtbare bodemdieren zoals bacteriën en schimmels. Deze bodemorganismen leven op of in de bovenste laag van de grond en werken samen om het organisch materiaal steeds kleiner te maken. Uiteindelijk wordt het organisch materiaal zover afgebroken dat het weer beschikbaar komt als bouwstenen voor planten. Dit proces heet mineralisatie (Wagelmans & Roeloffzen, 2009).

Als het organisch materiaal zover is afgebroken dat de herkomst niet meer te herleiden is wordt dit humus genoemd. Het humusgehalte en de humusvorm in de bodem bepaalt voor een groot gedeelte de eigenschappen van de bodem. Humus vormt een soort gigantisch web dat de bodemdeeltjes bij elkaar houdt. Humus houdt veel water vast (tot twintig keer zijn eigen gewicht) en kan ook voedingsstoffen vasthouden (Wildemeersch, 2016). Op figuur 6 van Kemmers (pagina 20) is te zien dat humus de sturende (operationele) factor is op de (conditionele) standplaatsfactoren.

Het afgebroken organisch materiaal kan door de bodem worden opgenomen (homogenisatie) maar het kan zich ook ophopen (accumuleren) in de bodem. Bij het accumuleren ontstaan lagen met scherpe grenzen terwijl bij homogenisatie lagen ontstaan die geleidelijker in elkaar overgaan. Deze lagen worden horizonten genoemd en vormen samen het humusprofiel. Doordat het humusprofiel de balans beschrijft tussen aanvoer en afvoer van organische stof, kan dit veel informatie geven over het functioneren van het ecosysteem (figuur 7) (Delft, 2004).



Figuur 7 Het humusprofiel beschrijft alle organische stof houdende lagen en voor de humusvorm vergelijken we voorkomen en dikte van de horizonten tot 40 cm – mv (Delft, 2004).

Humus is onder te verdelen is verschillende categorieën op basis van bepaalde kenmerken (tabel 3). Er wordt onderscheid gemaakt in 3 humusvormen: mull, moder en mor. Daarnaast bestaan er ook nog subvormen maar deze worden hier niet beschreven.

Tabel 3 Kenmerken van humusvormen mull, moder en mor (Den Ouden, et al., 2010).

	Mull	Moder	Mor
Strooiselafbraak en mineralisatie	Snel	Vrij traag	Zeer traag
Afbraakorganismen	Bacteriën > schimmels	Bacteriën en schimmels	Schimmels
Regenwormen	Veel (o.a. diepgravend)	Weinig (enkel strooiselwormen)	Geen
Vermenging van humus met minerale bodem	Volledig	Gering	Niet
Gehalte aan makkelijk beschikbare kationen en N	Hoog	Vrij laag	Zeer laag
Zuurgraad (pH <sub>KCl</sub> ) van de A-horizont	Neutraal-zwak zuur (>5.0)	Matig zuur-zuur (5.5-4.0)	Sterk-Extreem zuur (<3.5)
Structuur fijne humus	o.a. humus-kleicomplexen	Moderbolletjes	Amorf
Stabiliteit fijne humus	Hoog	Matig, geringe uitspoeling	Geringe tot sterke uitspoeling

## 4 Standplaatsfactoren en klimaatfactoren

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de standplaatsfactoren vocht, voedselrijkdom, zuurgraad en saliniteit beschreven. Eerst volgt een algemene beschrijving, daarna is gekeken wat de eigenschappen van de kleibodem zijn in relatie tot de standplaatsfactoren. De standplaatsfactoren van de 14 plantsoorten van Yann Boulestreau worden getoond via een tabel van de Ellenberg-methode. Naast de standplaatsfactoren zijn ook de klimaatfactoren wind en licht beschreven omdat deze naast de standplaatsfactoren ook van grote invloed zijn en alhoewel deze niet te veranderen zijn, kunnen er wel maatregelen getroffen worden.

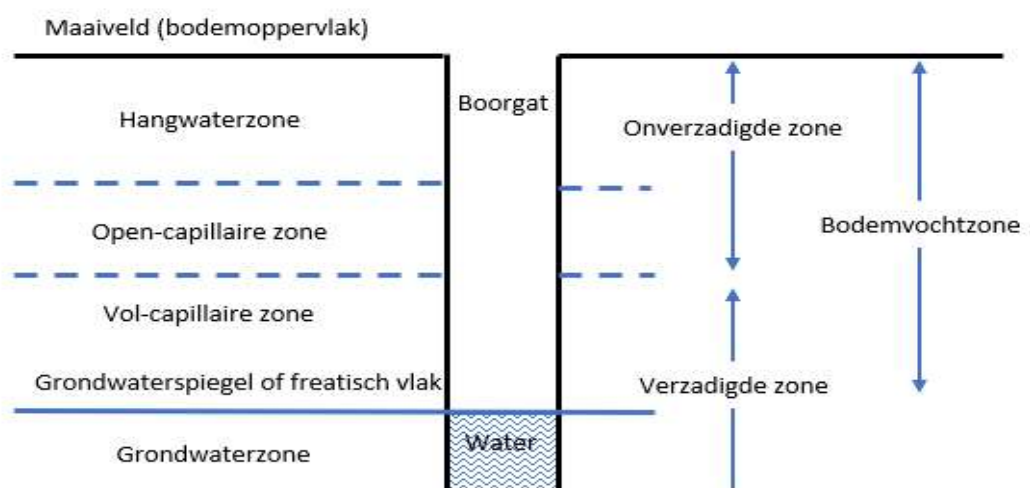
### 4.1 Standplaatsfactoren

#### Vochttoestand

Voor het groeien van de plant is een bepaalde hoeveelheid vocht nodig. Te veel water kan leiden tot een zuurstofgebrek in de wortelzone, waardoor groei wordt beperkt en vitaliteit afneemt. Een boom wortelt in principe niet onder grondwaterniveau, bij een hoge grondwaterstand zal de boom ook oppervlakkiger wortelen waardoor deze maar een ondiepe zone heeft om de noodzakelijke mineralen en spoorelementen te vinden en gevoeliger wordt voor windschade (Jansen P. , Boosten, Winterink, & Benthem, 2009).

Door een te lage grondwaterstand ontstaat verdroging. Hierdoor wordt de invloed van regenwater groter dan grondwater wat tot verzuring kan leiden. Daarnaast komt het zuurstof dieper in de bodem waardoor er meer organisch bodemmateriaal afbreekt wat ook verzuring en vermesting veroorzaakt. Als de bodem te droog wordt, kan de activiteit van bodemorganismen stilvallen en daarmee ook de strooiselafbraak waardoor een moder (Locher, De Bakker, & Steur, 1987) humustype wordt gevormd (Jansen, et al., 2018).

Het verloop van de grondwaterstand is dus direct van invloed op de beschikbaarheid van vocht voor de plant. Plantenwortels kunnen over grondwater beschikken door rechtstreekse opname uit de verzadigde zone en door capillair opstijgend grondwater in de onverzadigde zone. Daarnaast benutten planten vocht (neerslagoverschot) dat in de poriën van de wortelzone wordt vastgehouden, het hangwater. In infiltratiegebieden is het vocht aanbod in de wortelzone overwegend afhankelijk van het hangwater (zie figuur 8). Als de vochtvoorraad in de wortelzone uitgeput raakt, zijn planten voor hun groei afhankelijk van het water dat via capillaire opstijging wordt geleverd. De capillaire opstijging en hangwater is afhankelijk van de doorlatendheid, poriënverdeling van de bodem en het gehalte organische stof.



Figuur 8 Bodemwaterzones (Locher, De Bakker, & Steur, 1987).

De capillaire eigenschappen worden vaak aangeduid met de kritieke z-afstand. De z-afstand is de afstand tussen de onderkant van de wortelzone en de grondwaterspiegel waarbij een vochtspanning van pF 4,2 (verwelkingspunt) in de wortelzone een flux van 2 mm per dag nog mogelijk is. In tabel 4 is deze voor een aantal veel voorkomende grondsoorten weergegeven (Van Dorp, et al.,1999).

Tabel 4 Indicatie van de gemiddelde kritieke z-afstand in cm van een aantal grondsoorten (Boumans, 1998).

Grondsoort	Textuur, leem- of lutumfractie	Kritieke z-afstand in cm
Zand	Grof	50
	Matig grof, leemarm	70
	Matig fijn, zwak lenig	70
	Sterk lemig	110
	Zeer sterk lemig	130
Veen	Veen	50
Klei	Zwaar	25
	Matig zwaar	35
	Licht	65
Zavel	Zwaar	80
	Matig licht	100
	Zeer licht	120
Leem	Keileem	60
	Siltige leem (löss)	110
	Zandige leem (löss)	140

Naast het belang van de vochttoestand zelf is vocht ook belangrijk voor het transport en het vasthouden van nutriënten en heeft het daarmee invloed op de pH van de bodem.



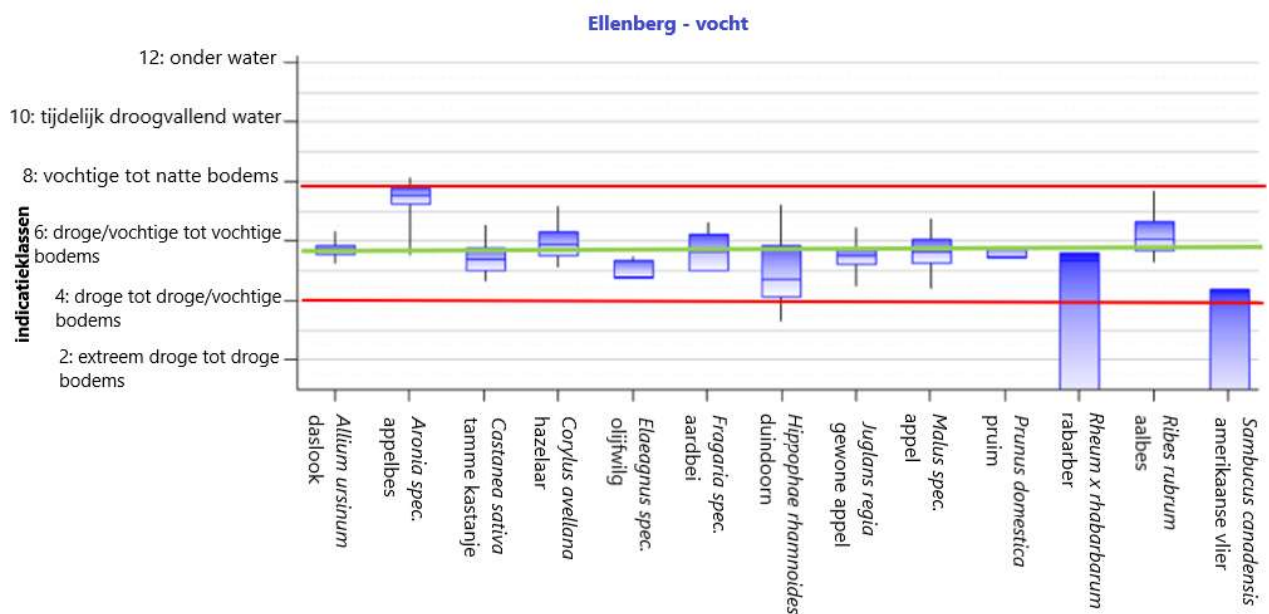
## Vochttoestand in relatie tot kleibodem

Klei is goed in staat om vocht te binden door osmotische krachten, adhesie en adsorptie. Dit vocht is echter maar voor ongeveer 50% beschikbaar voor de plant. Als er geen vocht meer beschikbaar is in de wortelzone, is de plant afhankelijk van capillaire opstijging van grondwater. De kritieke z-afstand is voor een kleibodem tussen de 25 en 65 cm (tabel 4). Dit houdt in dat de wortels in een kleibodem vocht naar boven kunnen trekken uit een diepte van maximaal 65 cm.

Door osmotische krachten kan een kleibodem vocht goed binden en raakt daardoor minder snel uitgedroogd dan bijvoorbeeld een zandbodem. De waterdoorlaatbaarheid van een kleibodem is vaak slecht. Als een kleibodem is uitgedroogd (scheuren in de bodem) zal het moeilijker zijn om deze weer van vocht te voorzien.

## Indicatieklassen Ellenberg

Bij de Ellenberg-methode worden verschillende indicatieklassen gebruikt voor het bepalen van de vochttoestand van een bodem. De indicatieklasse 'nat' komt voor op plaatsen waar de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) minder dan 25 cm onder het maaiveld is. Hierdoor treden langdurige perioden met lage zuurstofspanning op. Bij de indicatieklasse 'vochtig' is de GVG meer dan 25cm onder het maaiveld. Hier komen hooguit kortdurende perioden met zuurstoftekort en droogtestress voor, gemiddeld minder dan 32 dagen. De indicatieklasse 'droog' houdt in dat er in de zomer onvoldoende water beschikbaar is om in de verdampingsbehoefte van de plantengroei te voorzien. Hier komen gemiddeld meer dan 32 dagen voor met droogtestress (Runhaar, Van Landuyt, Groen, Weeda, & Verloove, 2004). In figuur 9 is de optimale indicatieklasse van de standplaatsfactor vocht van 13 van de 14 boomsoorten aangegeven. In bijlage



Figuur 9 Vochttoestand gegevens van 13 van de 14 soorten verkregen uit SynBioSys. In SynBioSys staan geen ecologische gegevens van de *Actinidia arguta* (kiwibes), voor de vochtstandplaats komt dit redelijk overeen met *Corylus avellana*. Van de *Malus domestica* zijn geen ecologische gegevens bekend, hiervoor is de *Malus spec.* gebruikt als alternatief. De rode lijnen geven aan waarbinnen de waarde zich bevindt en de groene lijn is het gemiddelde tussen de rode lijnen.

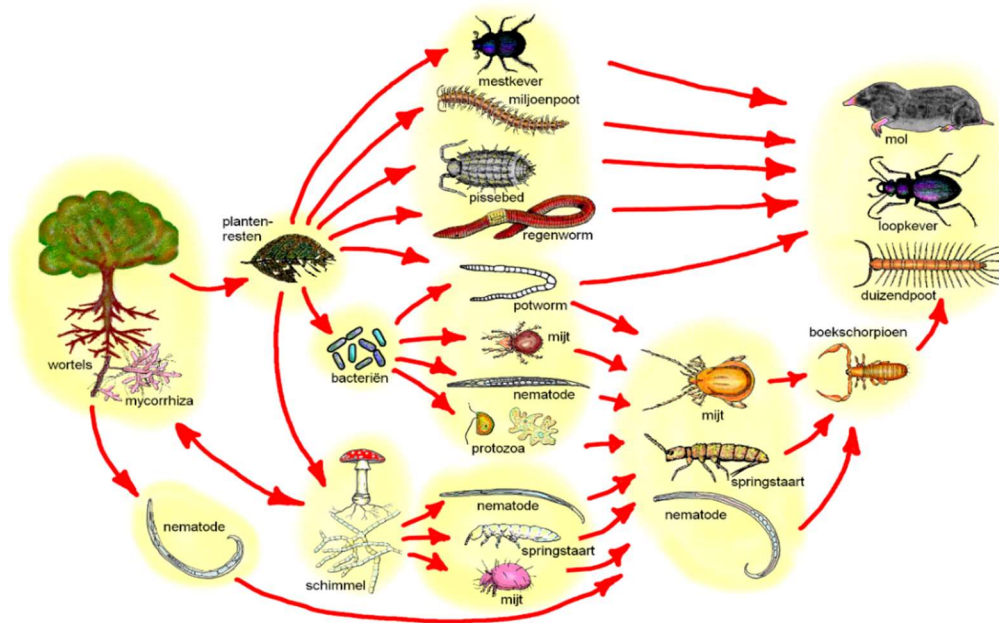
## Voedselrijkdom

Planten moeten voor een gezonde en voorspoedige ontwikkeling kunnen beschikken over een aantal voedingsstoffen, de minerale nutriënten. De belangrijkste macronutriënten zijn stikstof, fosfor, kalium, kalk, magnesium en zwavel. Naast deze primaire voedingsstoffen zijn kleine hoeveelheden micronutriënten noodzakelijk, zoals koper, zink, ijzer en mangaan (Jansen, et al.,2009).



Figuur 10 De drager van de kringloop (Haas, 2019)

De voorraad aan nutriënten is afhankelijk van het gehalte en de aard van de organische stof, de grondsoort en de bemestingsintensiteit. Om beschikbaar te komen voor opname door de plant moet organisch materiaal omgezet worden naar anorganisch materiaal. De mate van omzetting van organisch materiaal wordt beïnvloed door de zuurstofhuishouding, de temperatuur en de zuurgraad van het bodemvocht. Hiermee worden ook de stikstof- en fosfaatverbindingen omgezet van organisch naar anorganisch en daarmee opneembaar voor de plant (Van Dorp, et al.,1999). Het bodemvoedselweb (figuur 10) zet het organische materiaal met hun voedselketen om in anorganisch materiaal (Van Eekeren, Philipsen, Bokhorst, & Ter Berg, 2019).



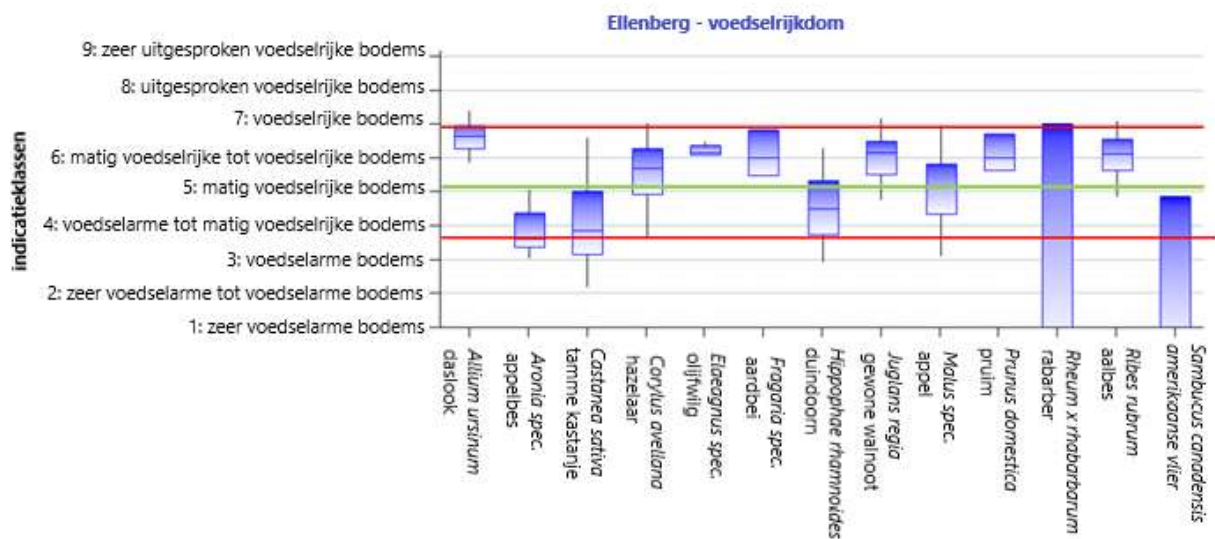
Figuur 11 Een bodemvoedselweb (illustratie: Ron de Goede, sectie Bodemkwaliteit, Wageningen UR)

## Voedselrijkdom in relatie tot de kleibodem

Kleimineralen zijn in staat ionen te binden, dit zijn met name kalium-, natrium-, aluminium-, calcium-, magnesium- en ijzerionen. Door goede binding aan het adsorptiecomplex en de geringe waterdoorlaatbaarheid van kleibodems spoelen voedingsstoffen minder snel uit dan bijvoorbeeld in zandgronden (Van Dorp, et al., 1999). Kleibodems zijn daardoor vaak van nature voedselrijk. Als de kleibodem is gebruikt als landbouwgrond zal de voedingstoestand door gebruik van bemesting vaak hoog zijn (Jansen, et al., 2009). Daarnaast hangt de mate van voedselrijkdom ook nog af van de hoeveelheid organische stof in de bodem. Door de voedselrijkdom hebben de meeste kleibodems een zeer actief bodemleven wat de hoge omzettingssnelheid van organische stof verklaart (Den Ouden, et al., 2010).

## Indicatieklassen Ellenberg

Voedselrijkdom wordt ingedeeld in de indicatieklassen voedselarm, matig voedselrijk en zeer voedselrijk. Voedselarme bodems zijn niet bemeste, mineraalarme standplaatsen met een lage productiviteit. Matig voedselrijke bodems zijn licht bemeste of van nature mineraalrijke standplaatsen met een vrij hoge productiviteit. Zeer voedselrijke bodems zijn zwaar bemeste standplaatsen of standplaatsen waar door afbraak van organisch materiaal veel mineralen vrijkomen. Ook dit zijn bodems met een hoge productiviteit (Runhaar, et al., 2004). In figuur 12 is de optimale indicatieklasse van de standplaatsfactor voedselrijkdom van 13 van de 14 boomsoorten aangegeven.



Figuur 12 Voedselrijkdom gegevens van 13 van de 14 soorten verkregen uit SynBioSys. In SynBioSys staan geen ecologische gegevens van de *Actinidia arguta* (kiwibes), voor de vochtstandplaats komt dit redelijk overeen met *Corylus avellana*. Van de *Malus domestica* zijn geen ecologische gegevens bekend, hiervoor is de *Malus spec.* gebruikt als alternatief. De rode lijnen geven aan waarbinnen de waarde zich bevindt en de groene lijn is het gemiddelde tussen de rode lijnen.

## Zuurgraad

De zuurgraad van de bodem wordt uitgedrukt in pH-waarde. De pH van de bodem loopt uiteen van ongeveer 3 op uitgeloopte gronden tot 7 à 8 op kalkrijke gronden (Jansen, et al., 2009). De meeste bomen en struiken hebben een voorkeur voor een bodem met een pH tussen de 5.5 en 7 (Crawford, 2018). Op voormalige landbouwgronden komen in het algemeen geen extreem lage pH-waarden voor. De bouwvoor heeft vaak een hogere pH-waarde dan de ondergrond, uit onderzoek blijkt dat na verloop van tijd de pH-waarde van de gehele bodem naar de pH-waarde van de ondergrond toegroeit (Jansen, et al., 2009).

De pH is van invloed op verschillende processen in de bodem. Het heeft invloed op de opnamemogelijkheden en de beschikbaarheid van voedingsstoffen (tabel 5), binding van toxische stoffen (zoals aluminium) en activiteit van bodemorganismen (Van Dorp, et al., 1999). Met name verzuring van de bodem kan problemen geven bij deze processen, zo kan aluminium bij een lage pH (<4) in oplossing gaan, wat toxisch kan werken voor de wortelgroei en wortelopname (Den Ouden, et al., 2010).

Tabel 5 Voedingstoffen (Crawford, 2018)

Nutriënten optimaal beschikbaar voor planten	Bij PH
Stikstof N	6.0-8.0
Kalium K	>6.0
Fosfaat P	6.5-7.5
Overige elementen	5.5-7.0

Neerslagwater is arm aan basische kationen en het is licht zuur door opgelost kooldioxide. Hierdoor en door nog enkele andere natuurlijke processen vindt in Nederland bodemverzuring plaats (Den Ouden, et al., 2010). Daarnaast vindt er verzuring plaats door uitstoot van verzurende stoffen door de landbouw, industrie en het verkeer, waardoor verzuring sneller gaat dan onder natuurlijke omstandigheden. Ontzurende maatregelen zijn beleidsmaatregelen in geval van de niet natuurlijke verzuring. De natuurlijke verzuring kan onder andere tegengegaan worden door het creëren van geleidelijke bosranden, soortenkeuze en het vermijden van de afvoer van biomassa (Jansen, et al., 2018).

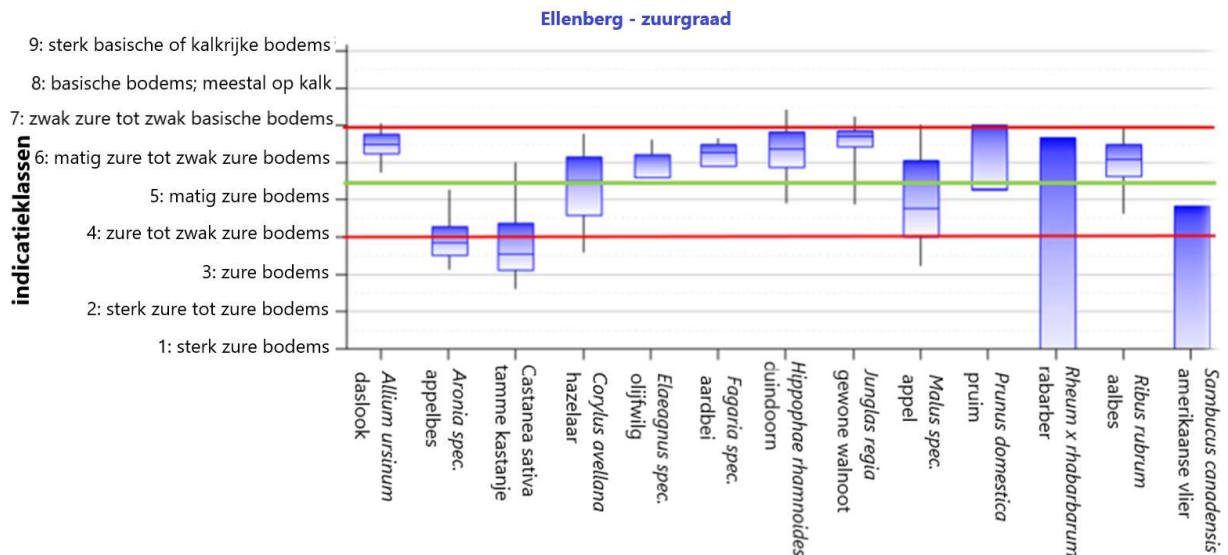
### Zuurgraad in relatie tot de kleibodem

De zuurgraad van de kleibodem heeft voornamelijk te maken met de hoeveelheid Calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ). Hoe ouder een kleibodem is hoe meer Calciumcarbonaat is uitgespoeld. In Nederland zijn de meeste kleigronden nog relatief jong en hebben daardoor een redelijk hoge pH. Een hoog percentage Calciumcarbonaat heeft een positief effect op de structuur van de kleibodem, daalt het percentage onder de 1% dan is dat ongunstig voor de structuur (Kuipers, 1996).

Zoals eerder beschreven bestaat klei voor een belangrijk deel uit kleimineralen, hieruit komen door verwerking voedingsstoffen vrij. Doordat kleideeltjes negatief geladen zijn en kationen aan zich bindt kan ook  $\text{H}^+$  gebonden worden wat klei een bufferend vermogen geeft (Den Ouden, et al., 2010).

## Ellenberg

De zuurgraad wordt ingedeeld in de indicatiefactoren zuur, zwak zuur en basisch. Zure gronden hebben een pH van minder dan 4,5, zwak zure gronden hebben een pH tussen de 4,5 en 6,5 en basische gronden hebben een pH van meer dan 6,5 (Runhaar, et al., 2004). In figuur 13 is de optimale indicatieklasse van de standplaatsfactor zuurgraad van 13 van de 14 boomsoorten aangegeven.



Figuur 13 Zuurgraad gegevens van 13 van de 14 soorten verkregen uit SynBioSys. In SynBioSys staan geen ecologische gegevens van de *Actinidia arguta* (kiwibes), voor de vochtstandplaats komt dit redelijk overeen met *Corylus avellana*. Van de *Malus domestica* zijn geen ecologische gegevens bekend, hiervoor is de *Malus spec.* gebruikt als alternatief. De rode lijnen geven aan waarbinnen de waarde zich bevindt en de groene lijn is het gemiddelde tussen de rode lijnen.

## Saliniteit

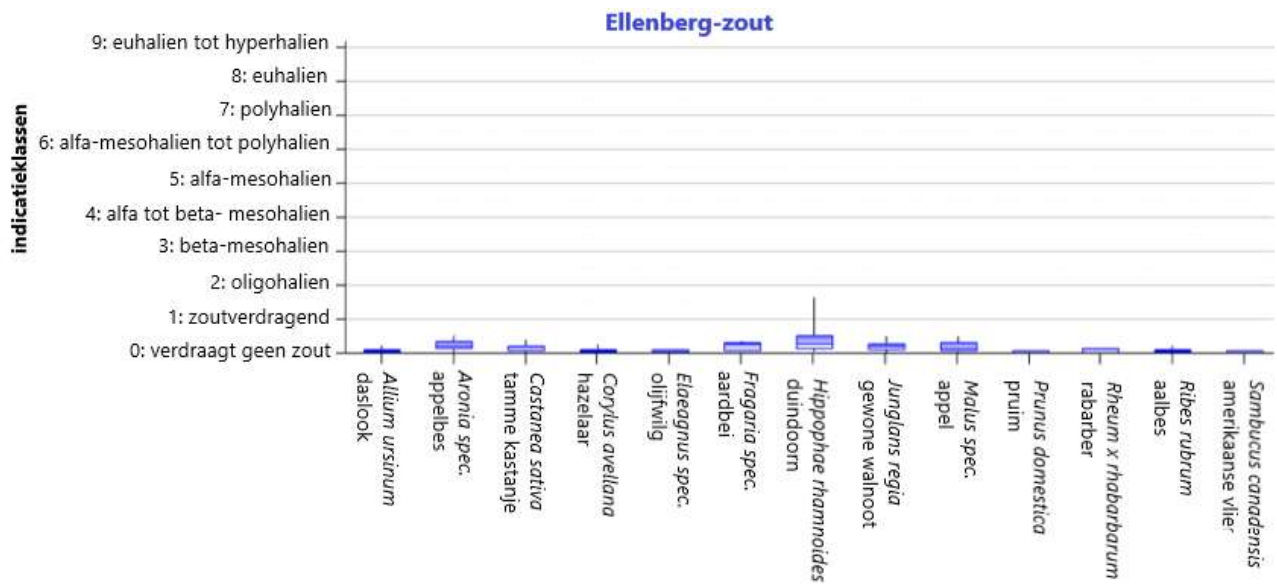
Onder saliniteit verstaan we het zoutgehalte van de grond. De meeste planten verdragen geen zout waardoor het een randvoorwaarde is dat het zoutgehalte in de bodem erg laag is.

### Zoutgehalte in relatie tot de kleibodem

Zeekleibodems zijn gevormd door zout zeewater maar dit zout is in de loop van de jaren door de neerslag uitgespoeld (Wesselingh, 2022). Een steeds vaker voorkomend probleem in Nederland is de verzilting. Dit kan externe verzilting zijn door indringend zeewater maar ook interne verzilting door zout of brak grondwater dat omhoogkomt. Oorzaken hiervan zijn het stijgen van de zeespiegel en de steeds langere periodes van droogte. De meeste gewassen hebben zoet water nodig om goed te kunnen groeien, met name het chloride in het zout leidt tot schade (leefomgeving, 2022).

## Ellenberg

Het zoutgehalte wordt ingedeeld in de indicatiefactoren hyperhalien, euhalien, polyhalien, alfa-mesohalien, beta-halien, oligohalien, zoutverdragend en geen zoutverdragend. Bij hyperhalien valt te denken aan planten als de zeekraal. Vooral bomen en fruitplanten zijn erg gevoelig voor teveel zout. In figuur 14 is de optimale indicatieklasse van de standplaatsfactor zoutgehalte van 13 van de 14 boomsoorten aangegeven.



Figuur 14 Saliniteit gegevens van 13 van de 14 soorten verkregen uit SynBioSys. In SynBioSys staan geen ecologische gegevens van de *Actinidia arguta* (kiwibes), voor de vochtstandplaats komt dit redelijk overeen met *Corylus avellana*. Van de *Malus domestica* zijn geen ecologische gegevens bekend, hiervoor is de *Malus spec.* gebruikt als alternatief.

## 4.2 Klimaatfactoren licht en wind

### Lichtbehoefte

Een belangrijke bron voor groei en ontwikkeling van planten is (zon)licht. Onder invloed van licht zetten planten kooldioxide en water om in koolhydraten en zuurstof (fotosynthese). Fotosynthese vindt plaats in de bladgroenkorrels (chloroplasten) die zich voornamelijk in de bladeren bevinden. Dit proces is de basis voor de aanmaak van biomassa en daarmee groei en ontwikkeling van de plant (Den Ouden, et al., 2010).

Hoeveel licht een plant nodig heeft om optimaal te kunnen groeien verschilt per soort. Om bloemen en vruchten te produceren is een hogere lichtintensiteit nodig. Schaduwplanten hebben minder licht nodig dan licht minnende planten.

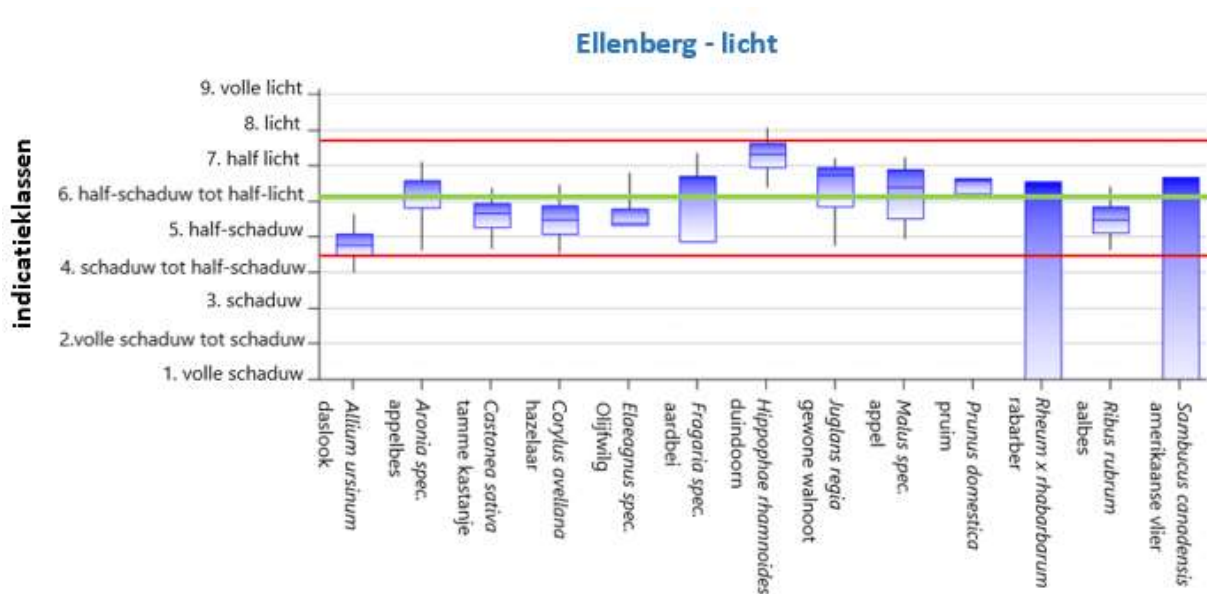
De mate van instraling van de zon hangt af van de geografische ligging, de periode van de dag en het jaar, de mate van bewolking en de hoeveelheid schaduw. Nederland bevindt zich op een noorderbreedte van ongeveer 52 graden. Op een noorder- en zuiderbreedte van meer dan 45 graden wordt de plantengroei gedurende 4 tot 6 maanden geremd door een tekort aan daglicht.

Lichtcondities kunnen in de loop van de tijd veranderen. Door de groei van planten ontstaat er meer schaduw op de grond. Als bomen dicht op elkaar groeien kan er een gesloten bladerdak ontstaan waardoor er weinig tot geen licht op de bodem terecht komt. Bij bladverliezende bomen vindt onder de boom wel groei plaats van andere planten in het voorjaar doordat het licht dan wel kan doordringen (Derks, 2008).



## Ellenberg

De lichtintensiteit wordt ingedeeld in de indicatiefactoren vol licht tot vol schaduw. In figuur 15 is de optimale indicatieklasse van de standplaatsfactor licht van 13 van de 14 boomsoorten aangegeven.



Figuur 15 Lichtbehoefte gegevens van 13 van de 14 soorten verkregen uit SynBioSys. In SynBioSys staan geen ecologische gegevens van de *Actinidia arguta* (kiwibes), voor de vochtstandplaats komt dit redelijk overeen met *Hippophae rhamnoides*. Van de *Malus domestica* zijn geen ecologische gegevens bekend, hiervoor is de *Malus spec.* gebruikt als alternatief. De rode lijnen geven aan waarbinnen de waarde zich bevindt en de groene lijn is het gemiddelde tussen de rode lijnen.

## Wind

Windkracht, het windsnelheidspatroon (gelijkmatige of variabele snelheden) en windrichting kunnen invloed hebben op de groeiwijze van planten. Daarnaast hebben planten (en bossen) op hun beurt ook weer invloed op de wind omdat zij een obstakel vormen waardoor er bijvoorbeeld in een bos of aan de lizijde van een bos minder wind is (Den Ouden, et al., 2010) (Jaffe, 1973).

Binnen groeigebieden kunnen ook klimaatverschillen optreden, dit worden microklimaten genoemd. Zo verschilt het microklimaat aan verschillende kanten van een heuvel, afhankelijk van oriëntatie ten opzichte van de zon en windrichting. Maar ook kleine hoogteverschillen kunnen al invloed hebben op het microklimaat. Koude lucht is zwaarder dan warme lucht en zakt bij windstil weer naar de laagste delen van het gebied. Hierdoor kan op die laagste delen sneller vorst aan de grond optreden. Op deze plekken kunnen beter minder gevoelige planten worden geplaatst (Jansen, et al., 2009).

De overheersende windrichting in Nederland komt uit het zuidwesten. Uit westelijke richting komen buiige stormwinden met variabele windsnelheden, meer gelijkmatige stormwinden komen eerder uit het oosten. Langs de kust kan (zoute) zeewind een nadelige invloed hebben op de groei van sommige boom- en struiksoorten (Den Ouden, et al., 2010).

Blootstelling aan wind heeft invloed op de groei van de boom, zo worden bladeren van bomen die regelmatig in de wind staan kleiner en steviger dan die van bomen die meer beschermd staan. Ook hebben bomen die meer worden blootgesteld aan wind vaak een minder snelle hoogtegroeï en groeien de kronen van de hoofdwindrichting af. Als de stam en het wortelstelsel regelmatig extra worden belast (door bijvoorbeeld wind), zal de boom reageren door deze plekken te verstevigen met de aanleg van reactiehout (thigmomorfogenese) (Jaffe, 1973).

Ellenberg heeft geen indicatiefactoren voor hoeveelheden wind en welke bomen daartegen bestand zijn. Het algemene effect van wind op het bos staat in tabel 6, afkomstig uit het boek bosecologie en bosbeheer. In Nederland waait het elk jaar wel een keer flink maar meestal in die mate dat het de boom eerder versterkt dan dat het schade aanricht (Mattheck, Teschner, & Schafer, 1997). Met de klimaatverandering die wordt voorspeld zal er in de toekomst een toename zijn van stormintensiteit en -frequentie. Vooral als de bodem waterverzadigd is, zoals klei- en leemhoudende bodems, worden wortels makkelijker uit de bodem getrokken (Den Ouden, et al., 2010).

Tabel 6 Overzicht van gradaties in stormwinden en het effect op het bos (Den Ouden, et al., 2010)

Windkracht (Beaufort)	Windsnelheid (km/u)	Benaming	Effecten op het bos
8	62-74	Stormachtig	Twijgbreuk
9	75-88	Storm	Takbreuk/kroonschade
10	89-102	Zware storm	Wortelbreuk/lichten/windworp
11	103-117	Zeer zware storm	Stambreuk/windworp
12	>117	Orkaan	Stambreuk (torsie)/massale windworp



### 4.3 Samenvatting standplaatsfactoren en klimaatfactoren

In tabel 7 is een samenvatting te zien van de indicatiefactoren van de standplaatsfactoren en de klimaatfactor licht. In deze tabel staan de standplaatsvoorkeuren voor de 14 plantensoorten van Yann Boulestreau, waarbij de +/- aangeeft dat de waarde van de betreffende standplaatsfactor het gemiddelde is (de groene lijn) en bij + richting de bovenste rode lijn gaat en bij – richting de onderste rode lijn. De klimaatfactor wind is niet meegenomen in deze tabel omdat hiervoor geen gegevens van Ellenberg zijn, wind heeft echter op alle planten dezelfde invloed.

Tabel 7 Standplaatsfactoren en klimaatfactor licht van de 14 plantsoorten n.a.v. de Ellenberg SynBioSys

<b>Botanische/ Latijnse naam</b>	<b>Nederlands</b>	<b>Vocht<sup>1</sup></b>	<b>Voedsel- rijkdom<sup>2</sup></b>	<b>Zuur- graad<sup>3</sup></b>	<b>Zout<sup>4</sup></b>	<b>Licht<sup>5</sup></b>
<i>Actinidia arguta</i>	Kiwibes	+/-	+	+/-	-	+
<i>Allium ursinum</i>	Daslook	+/-	+	+	-	-
<i>Aronia</i>	Appelbes	+	-	-	-	+/-
<i>Castanea spp.</i>	Tamme kastanje	+/-	-	-/-	-	+/-
<i>Corylus spp.</i>	Hazelaar	+/-	+	+/-	-	+/-
<i>Eleagnus umbellata</i>	Herfstolijfwilg	+/-	+	+/-	-	+/-
<i>Fragaria</i>	Aardbei	+/-	+	+/-	-	+/-
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Duindoorn	+/-	-	+/-	-	+
<i>Juglans Regia</i>	Gewone walnoot	+/-	+	+	-	+
<i>Malus domestica</i>	Appel	+/-	+/-	+/-	-	+/-
<i>Prunus domestica</i>	Pruim	+/-	+	+	-	+
<i>Rheum spp.</i>	Rabarber	+/-	+	+/-	-	+/-
<i>Ribes rubrum</i>	Aalbes	+/-	+	+/-	-	-
<i>Sambucus canadensis</i>	(Amerikaanse)Vlier	-	+/-	-	-	+/-

- + Vochtige tot natte bodems<sup>1</sup>/ matig voedselrijk tot voedselrijk<sup>2</sup>/ zwak zuur tot zwak basisch<sup>3</sup>/ half licht<sup>5</sup>
- +/- Droge-vochtige tot vochtige bodems<sup>1</sup>/ matig voedselrijk<sup>2</sup>/ matig zure tot zwak zuur<sup>3</sup>/ half schaduw tot half licht<sup>5</sup>
- Droge tot droge-vochtige bodems<sup>1</sup>/ voedselarm tot matig voedselrijk<sup>2</sup>/zure tot zwak zuur<sup>3</sup>/ verdraagt geen zout<sup>4</sup>/ half schaduw<sup>5</sup>

Samengevat hebben de kiwibes, hazelaar, herfstolijfwilg, aardbei en rabarber dezelfde standplaatsvoorkeuren. Dit zijn droge-vochtige tot vochtige bodems, (matig) voedselrijk, matig tot zwak zuur, half licht/half schaduw en niet zout verdragend.

De gewone walnoot en de pruim staan liever iets minder zuur en hebben de voorkeur voor wat meer licht. De daslook staat ook liever iets minder zuur maar verdraagt juist minder licht. De appel heeft de voorkeur voor een iets minder voedselrijke bodem en de aalbes heeft ook de voorkeur voor een plaats met halfschaduw.

De appelbes, tamme kastanje en duindoorn hebben de voorkeur voor een wat voedselarmere bodem en de appelbes en tamme kastanje daarnaast ook voor een zure bodem.

De vlierbes is de enige soort die voorkeur heeft voor droge tot vochtig droge bodem, daarnaast houdt deze soort ook van wat zuurdere bodems.

## 5 Methoden om het aanslaan planten op kleibodem te bevorderen

In dit hoofdstuk worden methoden om de het aanslaan van planten te bevorderen beschreven. Veel van deze methoden zijn gericht op het verbeteren van de bodem in verschillende opzichten. Een gezonde, vitale bodem is vanzelfsprekend de beste basis voor het aanslaan van planten.

### 5.1 Algemeen

Los van alle methoden die er bestaan om een kleibodem te verbeteren is het eerst van belang om te weten hoe de huidige staat van de bodem en de aanwezige strooisellaag is. Om deze te achterhalen kan een bodemonderzoek uitgevoerd worden waarbij de fysische en chemische eigenschappen van de bodem worden onderzocht. Naast bodemonderzoek kan de actuele vegetatie veel tonen over de staat van de bodem. De aanwezige planten zeggen iets over de voedingstoestand en de basenhuishouding van de bodem. De distel geeft bijvoorbeeld aan dat de bodem verdicht is en ook pitrus en waterpeper staan vaak op zuurstofarme/ verdichte bodem (Jansen, et al., 2018).

Het voormalige gebruik van de kleigrond kan ook informatie geven over de toestand van de bodem. Voormalig agrarische grond is vaak bewerkt met zware machines waardoor deze bodems verdicht en vervormd zijn. Dit heeft een negatieve invloed op gasuitwisseling, doorwortelbaarheid, bodemorganismen, wortels en mycorrhiza (Jansen, et al., 2018).

Om aan de standplaatseisen van de 14 plantsoorten te voldoen is het belangrijk om een rulle losse bodem te hebben waar vocht met voedingsstoffen vrij in kunnen bewegen en de wortels van de planten makkelijk in kunnen groeien. Om dit te realiseren zijn verschillende mogelijkheden gevonden in de literatuur. Deze methoden staan hieronder beschreven.

### 5.2 Methodes in de literatuur

#### Dood hout

De mens kan de successiereeks van de kale fase naar aftakelingsfase nauwelijks versnellen. Wel kan één aspect van de aftakelingsfase nagebootst worden door dood hout te creëren (Jansen, et al., 2009). In een natuurlijk bos komt veel dood hout voor in verschillende vormen en verteringsstadia. Vormen van dood hout zijn liggende of staande dode bomen, afgevalen takken en schors en dode wortelstelsels. In levende bomen komt dood hout voor in de vorm van dode takken, dode stamdelen en boomholtes. Dit dode hout is belangrijk voor de biodiversiteit in een bos (figuur 16). Ten minste een derde van de totale soortenrijkdom in een bos is afhankelijk van dood hout voor zijn overleven (Jansen, et al., 2018). Doordat het dode hout in verschillende verteringsstadia voorkomen zijn ze voor veel verschillende bosorganismen een goede voedingsbron. De condities van het dode hout door de verteringsstadia verandert steeds waardoor er ook een duidelijke successie van organismen optreedt. Naarmate hout verder verteert neemt het ook meer vocht op en vestigen zich steeds meer afbrekende en hout bewonende organismen in het hout. De stikstofconcentratie in het dode hout neemt hierdoor toe.



Figuur 16 Het laten liggen van zoveel mogelijk dood hout draagt ook bij aan een forse verhoging van biodiversiteit in bossen (Helmer, 2021)

Deze toename in vochtgehalte en stikstofgehalte is weer een goede voedingsbodem voor veel plantensoorten. Voor de biodiversiteit is het belangrijk dat er dood hout voorkomt in verschillende verteringsstadia. Hoe snel dood hout verteert hangt af van verschillende factoren, waaronder boomsoort, omvang en luchtvochtigheid (Den Ouden, et al., 2010). In tabel 8 staat een overzicht van verschillende boomsoorten met een indicatie van de verteringstijd.

Tabel 8 Verteringsnelheden van liggend hout met een diameter van meer dan 10 cm voor verschillende boomsoorten in Nederlandse bosreservaten. De verteringstijd is uitgedrukt als het aantal jaren dat nodig is om 90% van het volume te verteren (Den Ouden, et al., 2010).

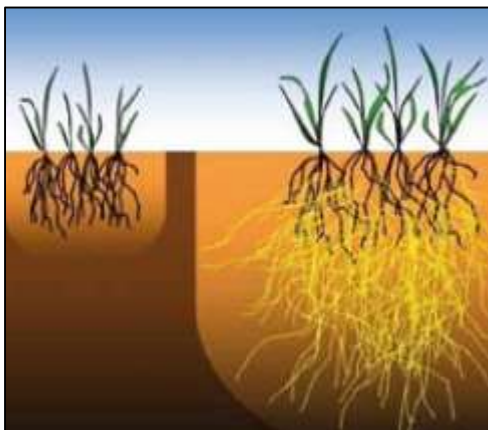
Verteringsnelheid	Boomsoorten	Verteringstijd (j)
Snel	Beuk, wilg	10 tot 50
Matig	Douglas, berk, fijnspar, haagbeuk, lijsterbes, Amerikaanse vogelkers	15 tot <100
Langzaam	Els, grove den	25 tot >100
Zeer langzaam	Linde, eik	25 tot >150

In Nederlandse bosreservaten is bijna de helft van de waargenomen paddenstoelsoorten aan hout gebonden, de meeste houtpaddenstoelen leven van dood hout. Naar schatting is een kwart tot de helft van alle bos gerelateerde geleedpotigen afhankelijk van dood hout. Zij groeien op dood hout of gebruiken het als beschutting- of overwinteringsplek, als voedselbron of zijn predatoren van geleedpotige die op of in het hout leven (Den Ouden, et al., 2010).

Om een kleibodem gebruiksklaar te maken voor het aanplanten van een voedselbos kan het inbrengen van dood hout een toegevoegde waarde hebben. De opbouw van de hoeveelheid dood hout en de verdeling van verschillende verteringsstadia is mede afhankelijk van de uitgangssituatie. Veel voedselbossen worden aangeplant op voormalige landbouwgrond, hierbij is het aannemelijk dat er geen of weinig dood hout en bomen aanwezig zijn. Hier kan bijvoorbeeld dood hout worden toegevoegd in de vorm van stammen of snoeiafval uit de buurt van het voedselbos. Er zijn nog veel onduidelijkheden over de beste manier om dood hout te creëren in een voedselbos. Of het beter is om veel dood hout bij elkaar te leggen of dit regelmatig te verdelen over een groter oppervlak wordt nog onderzoek naar gedaan (Den Ouden, et al., 2010). In omringende landen wordt 30-40 m3 dood hout per ha. aanbevolen. Naast het aanvoeren van dood hout kunnen er voor dood hout in de toekomst ook snelgroeiende bomen geplant worden zoals berk, populier en wilg. Deze bomen worden snel dik en sterven relatief vroeg af door ouderdom, kunnen geringd worden voor staand dood hout of jaarlijks gesnoeid worden. Bij jaarlijks snoeien draagt de afbraak van boomstrooisel en snoeihout in belangrijke mate bij aan het behoud van de bodemvruchtbaarheid.

### Mycorrhizale schimmels

Zoals in hoofdstuk 3 al is beschreven is in de pioniersfase van de successie een bodem voornamelijk bacteriedominant en naarmate de successie vordert gaan schimmels meer overheersen. Schimmels zijn van groot belang voor planten in verband met opnamecapaciteit van voedingsstoffen en water. Zij kunnen de opnamecapaciteit wel 60x vergroten (Baar & Ozinga, 2007).



*Figuur 17 De schimmeldraden groeien vanuit de plantwortels verder door in de grond en vergroten de opnamecapaciteit voor water en daardoor voedingsstoffen (Külling & Weissenhorn, 2015).*

Mycorrhiza (Grieks voor schimmel-wortel) komen in ieder bos voor. Er bestaan verschillende typen mycorrhizaschimmels waarvan de meest voorkomende de ecto- en de ectendomycorrhizaschimmel, de arbusculaire, ericoïde, arbutoïde en de monotropoïde mycorrhizaschimmel zijn. Elk type schimmel heeft een andere functie en onderzoek heeft aangetoond dat verschillende boomsoorten samenleven met verschillende mycorrhizaschimmels (Baar & Ozinga, 2007). Een groot deel van het jaar zitten de schimmels onder de grond en in de nazomer of in de herfst vormen sommige soorten (veelal eetbare) paddenstoelen (vruchtlichamen). De mycorrhizale schimmels hebben een samenlevingsvorm (mutualistische symbiose) met wortels van planten. Meer dan 90% van alle plantensoorten leeft met deze schimmels samen en er is geen enkele boomsoort die geen gebruik

maakt van deze symbiose (Külling & Weissenhorn, 2015). De plant en de schimmel profiteren van elkaars eigenschappen. De fijne schimmeldraden (hyfen) van de schimmels kunnen voedingsstoffen en water goed opnemen uit de microporiën van de bodem en delen deze met de plant die daar met zijn wortels niet bij kan. Daarnaast produceren schimmels enzymen en organische zuren waardoor belangrijke voedingsstoffen uit bodem mineralen opneembaar worden gemaakt voor de plant. Met name fosfor speelt hierbij een grote rol maar ook stikstof, kalium, magnesium, ijzer en overige belangrijke voedingselementen worden beter opgenomen door de plant. De plant levert op zijn beurt weer glucose aan de schimmel (Rispen, 2020). Door de uitgebreide vertakkingen van schimmeldraden (mycelium) kunnen mycorrhiza's voedingsstoffen uit de verdere omgeving aanvoeren en ook planten met elkaar verbinden. Hierdoor kunnen planten van elkaar profiteren en

ontstaat er een sterker bosecosysteem. Deze mycorrhizanetwerken tussen verschillende planten zijn ook heel belangrijk in de kiemingsfase omdat de plant dan nog een klein wortelgestel heeft en weinig reservestoffen. Voor veel plantensoorten is dit de meest kritische levensfase. Als het de kiemplant lukt om snel deel te nemen aan het mycorrhizanetwerk, dan vergroot dit de kans op overleving sterk (Baar & Ozinga, 2007).

Een tekort aan mycorrhiza schimmels komt onder andere voor op braak liggende of bewerkte gronden en bij bodemverdichting. Dit is vaak het geval op gronden waar voedselbossen worden aangelegd. Bij een gebrek aan de schimmels verliest de bodem een belangrijk deel van zijn vruchtbaarheid. Bij aanplant krijgen de planten hierdoor niet voldoende fosfaat binnen en zullen minder goed of niet aanslaan.

Bij aanplant kunnen mycorrhizaschimmels actief worden toegevoegd om groei in de eerste jaren te bevorderen en uitval te verkleinen. Dit kan door het toevoegen van ectomycorrhizaschimmels die passen bij een specifieke boomsoort of door specifieke mycorrhizaschimmels als preparaten toe te voegen. De schimmels kunnen worden toegevoegd door deze te injecteren bij de wortels direct na aanplant of door de kluit onder te dompelen in een mycorrhizaoplossing voor aanplant.

Met name pioniersplanten uit de kruisbloem-, ganzenvoet- en resedafamilie blijken niet samen te werken met mycorrhiza (Baar & Ozinga, 2007). Bij een grote aanwezigheid van deze soorten kan de conclusie worden getrokken dat er weinig mycorrhizaschimmels aanwezig zijn in de bodem. Het actief toevoegen van schimmels kan dan zinvol zijn. Als er al veel mycorrhizaschimmels aanwezig zijn of wanneer de bodem zeer voedselrijk is lijkt het toevoegen van schimmels niet zinvol. Bij een voedselrijke bodem is met name fosfaat voldoende aanwezig in een voor planten opneembare vorm waardoor een samenwerking met schimmels geen directe voordelen heeft voor de plant (Vleeschouwers, 2020).

In de loop van de tijd ontstaat er vanzelf een schimmelrijkere bodem. Mycorrhizaschimmels vormen kolonies rondom de wortels van de plant waardoor nutriënten goed kunnen worden opgenomen en de boom beter bestand is tegen ziektes. Extra toevoegen van mycorrhizaschimmels in dit stadium is niet zinvol.

## Mulchen

Bosbodems worden van nature bedekt door bladeren die in de herfst van de bomen vallen. Hiermee voorziet de boom de bodem, via afbraak door bodemorganismen, van voeding die de boom zelf gedurende het jaar weer op kan nemen. Deze natuurlijke bosbodem heeft daarnaast nog andere functies. Het zorgt ervoor dat de temperatuur van de bodem gematigder is, zo warmt het op hete dagen niet extreem op en zal vorst minder goed doordringen in de bodem. Ook bevat de bodem veel organisch materiaal wat het bodemleven stimuleert. Het bodemleven zorgt op zijn beurt weer voor een luchtigere bodem waardoor voeding, lucht en vocht beter kunnen binnendringen. Doordat de bodem luchtiger is en bedekt zal deze tijdens flinke regenbuien niet dichtslaan. Daarnaast wordt ook het waterbergend vermogen van de bodem groter. Mulchen is een methode om al deze functies te creëren op een kale, onbedekte bodem, zoals voormalige landbouwgrond. Hierbij wordt de bodem handmatig bedekt met een laag van enkele centimeters organisch materiaal zoals herfstbladeren, grasmaaisel, houtsnippers of compost.



## Mulchen in een voedselbos

Bij de aanleg van een voedselbos kan mulchen worden toegepast om bomen en struiken een betere kans te geven om aan te slaan vanwege de eerdergenoemde voordelen. Daarnaast zorgt de mulchlaag voor een mechanische barrière, die ervoor zorgt dat de ontwikkeling van in de bodem aanwezige (licht)kiemers verhinderd wordt. Vaak wordt ervoor gekozen alleen te mulchen rondom de plant en in verband met het intensieve karakter alleen bij de aanplant. In de loop van de tijd zal de bodem steeds meer worden bedekt met een natuurlijke mulchlaag van de bladeren van de bomen en struiken en eventueel met eigen gekozen bodembedekkers.

Als mulchmateriaal kan bij hoveniers of de gemeente gevraagd worden naar groenafval (bijvoorbeeld bermmaaisel), bokashi en compost. Mulchen kan ook door de bestaande vegetatie te maaien met een speciale maaimachine die de vegetatie extra fijn versnipperd en te laten liggen (Beerling, 2016). De mulchlaag moet tenminste een paar centimeter dik zijn maar niet te hoog tegen de boomstam gestapeld omdat dit schimmelziektes kan veroorzaken. Daarnaast is met name bij aanplant in kruidenrijk grasland het advies om minimaal 1 meter rondom de plant te mulchen (Crawford, 2018).

## Mulchmatten

In plaats van losse mulch kunnen ook ronde mulchmatten gebruikt worden (figuur 18). Er zijn diverse afbreekbare mulchmatten op de markt gemaakt van kokos, hennep of andere vezels. De mulchmatten breken in 3 á 4 jaar volledig af en worden daarbij voeding voor het bodemleven. De matten hebben dezelfde voordelen als gewone mulch maar gaan langer mee en zijn direct over bestaande begroeiing te leggen. Het voordeel hiervan is dat zij de bodem langer bedekken en dat de mulch niet wordt opengelegd door bijvoorbeeld vogels.



Figuur 18 Voorbeeld van ronde mulchmat (StedelijkGroen, 2021).

## C/N verhouding

Voor de snelheid van het verteren van het mulchmateriaal is de verhouding tussen de aanwezige koolstof (C) en stikstof (N) van belang. In Tabel 9 worden een aantal mulchmaterialen weergegeven met de C/N verhouding. Een lage C/N verhouding verteert snel. Hoe hoger de C/N verhouding hoe langer de opname door het bodemleven duurt. Voor akkerbouw is een lage C/N verhouding gewenst in verband met het volggewas (Leeuwen-Haagsma, et al., 2019). In de bosbouw is juist een hogere C/N verhouding gewenst (Wildemeersch, 2016), hierdoor blijft de mulch ook langer aanwezig en worden de voedingstoffen langzamer vrijgegeven.

Tabel 9 C/N verhouding van diverse mulchmaterialen (Blindeman, 2020).

Mulchmateriaal	C/N verhouding
Cacaodoppen	16
Gazongras	17-20
Groencompost	20
Hennepvezel	87-156
Herfstblad	40
Stro	80-100
Stropellets	80-85
Vers snoeihout	50-150

## Bodem verbeterende zaadmengsels/ bodembedekkers/ groenbemester

Groenbemesting is het telen van bepaalde planten om de bodem te verbeteren. Het verbeteren van de bodem door een groenbemester gebeurt op verschillende manieren en iedere groenbemester heeft bepaalde eigenschappen. Veel groenbemers zijn diepwortelend waardoor zij voedingsstoffen naar boven kunnen halen en de structuur van de bodem verbeteren. Een groenbemester voegt ook organische stof en stikstof toe aan de bodem doordat na de groei de groenbemester afsterft, wordt ondergeploegd of gemulcht. Het wortelstelsel is hierbij een groot gedeelte van de organische stof. Organische stof is zoals al eerder genoemd belangrijk voor een gezonde bodem. Het zorgt voor een betere bodemstructuur, vochtvoorziening, mineralenhuishouding en is belangrijk voor het bodemleven (Leeuwen-Haagsma, et al., 2019). Groenbemers kunnen ook optreden als vanggewassen voor het vastleggen van voedingsstoffen zodat deze niet uitspoelen. Daarnaast zijn groenbemers vaak snelgroeiende planten en daarmee een goede concurrentie voor ongewenste gewassen (onkruid). Door groenbemers te planten wordt de bodem ook beschermd tegen ongunstige weersinvloeden, zoals verslemping, verstuiving, uitspoeling en erosie.

### Groenbemers in voedselbossen

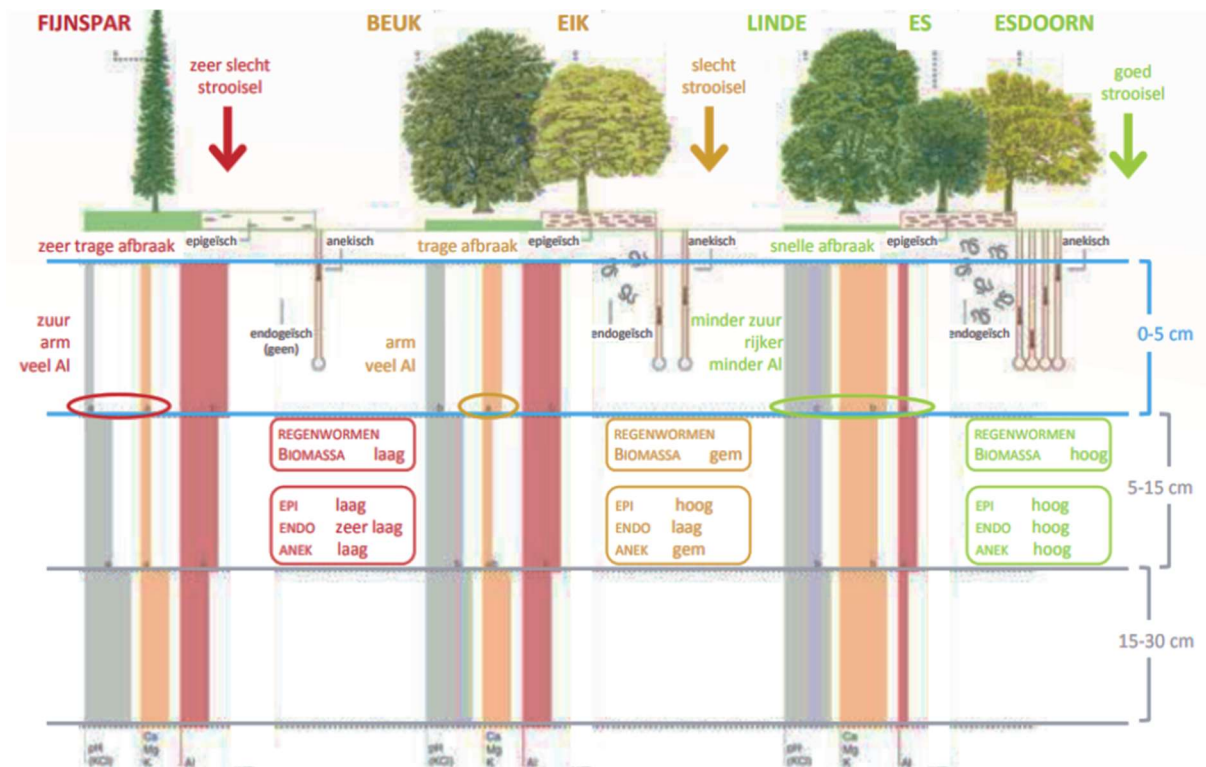
Voedselbossen worden veelal aangelegd op voormalige landbouwgrond. Deze grond is vaak verdicht door het bewerken met zware machine en het berijden onder natte omstandigheden. Een verdichte bodem zorgt voor een verstoring in de water- en luchthuishouding en is niet goed doordringbaar voor wortels van planten. De wortels van de groenbemers zorgen voor wortelgangen die beluchting geven aan de bodem, zorgen voor waterafvoer en maken de bodem minder verdicht. Ook wordt door de toevoeging van organische stof de structuur verbeterd waardoor nieuwe planten beter kunnen wortelen.

Doordat verschillende groenbemers verschillende eigenschappen hebben wordt vaak een mengsel toegepast. Daarnaast maken planten ook meer wortels als zij met meerdere soorten samengroeien. Ook worden bij nieuw aan te planten percelen vaak meerjarige groenbemers gepland om te voorkomen dat het perceel wordt overwoekerd met ongewenste gewassen. Door gebruik te maken van inheemse groenbemers wordt meer bijgedragen aan de biodiversiteit en is het beter voor de lokale insecten (Bucharova, et al., 2016).

Een overzicht met veel gebruikte groenbemers staat in een tabel in bijlage F, waarin onder andere de eigenschappen beworteling, biomassa, structuurverbeteraar van de groenbemers benoemd worden.

## Bodem verbeterende bomen/ struiken

Naast de bovenstaande groenbemers, die vooral vooraf en tijdens aanplanten gebruikt kunnen worden en na aanplanten voedselbos niet meer, zijn er ook bomen die je als vaste groenbemers kunt zien en die een blijvende invloed op het organische stof en de humus hebben. De aanplant van de juiste bomen heeft een positief effect op de bodem (Den Ouden, et al., 2010). Zij bevatten een nutriëntenrijk en goed verteerbaar strooisel, wat verzuring en verarming tegengaat en de bodemvruchtbaarheid en stabiele humus verhoogt. Een goede strooiselkwaliteit zorgt voor een betere samenstelling van de bodemfauna (figuur 19).



Figuur 19 Schematische weergave van het boomsoorteffect op de bodem en op wormpopulaties op basis van het common garden experiment in Denemarken. De bodemchemische eigenschappen staan aangegeven met balken: pH-KCL in grijs; de opgetelde concentratie aan basische kationen (calcium, magnesium en kalium) in oranje; de aluminiumconcentratie in rood. De kleine letters a, b en c geven de verschillen tussen de boomsoorten aan per bodemdiepte. De strooiselopbouw wordt weergegeven door de groene balk onder de boomsoorten. EPI is epigeïsche, ENDO endogeïsche en ANEK anekische regenwormen. Illustratie: Klaas van der Moortel (Schelfhout, et al., 2014).

Goede bodemverbeteraars zijn es, esdoorn, iep, hazelaar, populier en linde, zij bevorderen het ontstaan van een milde mull humusvorm. Bomen met slecht afbreekbaar strooisel zijn eik, tamme kastanje, beuk en naaldboomsoorten, deze zorgen voor strooiselophoping, verzuring en verarming, dit bevordert de ontwikkeling van de meer zure mor-moderhumus (Hommel, De Waal, Muys, Den Ouden, & Spek, 2007).

Met name lindebomen zijn goede groenbemesters, zij hebben mineraalrijke bladeren en een zeer goede strooiselkwaliteit. De mineraalrijke bladeren zorgen voor een natuurlijke bemesting en bekalken van de bodem (Hommel, et al., 2007). Een voordeel van de linde is dat deze goed bestand is tegen wind (Jansen, et al., 2009) en diepwortelend is (Den Ouden, et al., 2010). Bodemverdichting kan bij aanplant problemen geven bij het aanslaan van de linde en hij staat bij voorkeur niet te nat (grondwatertrap hoger dan III) (Hommel, et al., 2007).

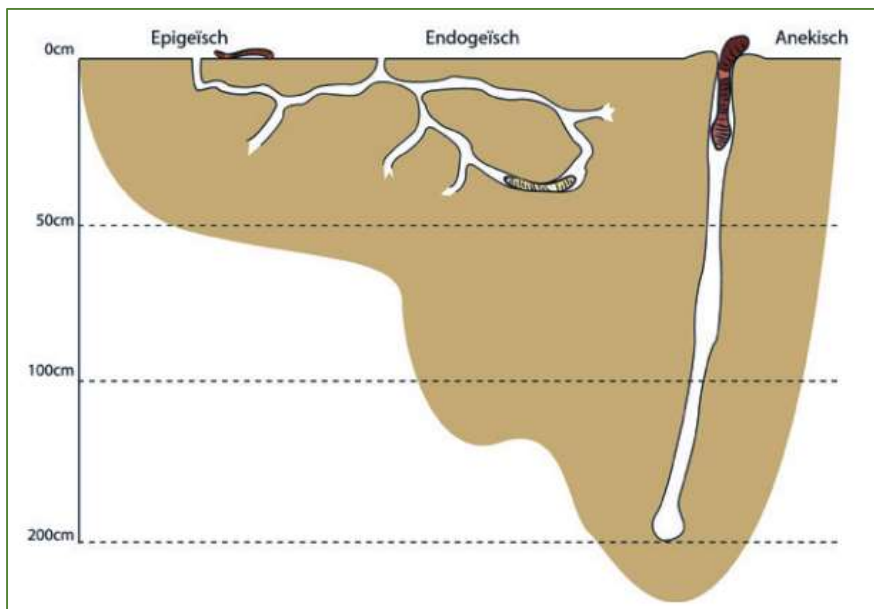
Stikstofbindende planten zijn ook van belang voor de kwaliteit van de strooisellaag. Deze bomen werken samen met *Rhizobium*-bacteriën die de stikstof uit de atmosfeer omzetten in ammonium voor de plant. De plant geeft op zijn beurt weer suikers aan de bacteriën. Bij het verliezen van het blad wordt hiermee opneembaar stikstof verspreid. Stikstofbindende planten behoren tot de vlinderbloemigen of leguminosa, voorbeelden hiervan zijn de acacia, els, erwtenstruik, judasboom, olijfwilg, duindoorn en wasgagel. Geadviseerd wordt om per 500m<sup>2</sup> minimaal 1 stikstofbindende plant te hebben staan of 10 tot 30 procent van het totale bladerdak om een bos zelfvoorzienend te maken (Crawford, 2018).



## Wormen

De basis voor een gezonde bodem is een gezond bodemleven. De aanwezigheid van regenwormen is hierin van groot belang. Regenwormen zorgen voor het snel afbreken van de strooisellaag en het vermengen van de gevormde humus met de minerale bodem (Hommel, et al., 2007). Daarnaast hebben zij ook een positieve invloed op de bodemstructuur. Door het graven in de bodem kan meer zuurstof doordringen waardoor organisch materiaal beter wordt afgebroken (Delft, 2004). Het stimuleren van activiteiten van regenwormen kan bijdragen aan het sneller herstellen van verdichte kleibodems (Jansen, et al., 2018).

Regenwormen hebben een voorkeur voor niet te zure bodems met een hoog vochtgehalte. Op basis van hun graafgedrag kunnen regenwormen verdeeld worden in drie ecologische groepen, de strooiselbewoners (epigeïsch), de diepgravers (anekisch) en de bodemwoelers (endogeïsch) (Krediet, 2019)(figuur 20). Bij een pH lager dan 4.5 verdwijnen de diepgravende en bodemwoelende regenwormen (Den Ouden, et al., 2010).



Figuur 20 Regenwormen zijn ingedeeld naar hun levenswijze in 3 ecologische groepen; epigeïsch (de strooiselbewoners), endogeïsch (bodemwoelers) en anekisch (diepgravers), (Schelfhout, et al., 2014)

De epigeïsche regenwormen leven in de strooisellaag, ze eten plantenresten en organische mest. Ze maken de toplaag los maar maken weinig permanente gangen. De endogeïsche regenwormen leven in de bovenste 40cm van de bodem en komen in principe niet bovengronds. Ze vormen een netwerk van horizontale gangen in de bouwvoor. In hun darmkanaal wordt organische stof gebonden aan klei waardoor er stabiele humus ontstaat. De laatste groep, de anekische regenwormen leven van plantenresten en organische mest aan de oppervlakte en trekken dit mee in verticale gangen van tot wel 2 meter diep. Door deze regenwormen wordt de strooisellaag sneller afgebroken en dragen zij bij aan een goede waterinfiltratie (Zanen M., 2013). De aanwezigheid van pendelaars kan de waterinfiltratie verdubbelen en plantenwortels gebruiken de gangen om tot diepere lagen te komen. Hierdoor kunnen het beschikbare water en de nutriënten beter benut worden (Eekeren, Bokhorst, Deru, & Wit, 2014).

## Grondbewerking

Grondbewerking van de bovenste 20-30cm van de grond wordt toegepast voor een lossere structuur van de bodem waardoor bomen beter kunnen wortelen en om de concurrentie van aanwezige vegetatie te verminderen. Grondbewerking van de diepere ondergrond wordt toegepast om het bodemprofiel te verbeteren door bijvoorbeeld storende lagen te doorbreken (Jansen, et al., 2009).

Bewerking van de grond kan met verschillende methoden worden gedaan. Het bewerken met een ploeg heeft bijvoorbeeld als voordeel dat de aanwezige vegetatie goed wordt ondergewerkt, dit is met een frees minder het geval. Het bewerken met een frees geeft echter weer een mooie kruimelige structuur. Hoe intensiever de bodem wordt bewerkt, hoe meer verstoring er plaatsvindt in het bodemleven. Daarnaast kan door bewerking van de bodem de capillaire opstijging van het grondwater worden verstoord waardoor verdroging in de wortelzone kan optreden (Jansen, et al., 2009). Bij het bewerken van de bodem met een cultivator blijft de bodemstructuur beter intact en herstelt de capillaire werking sneller.

Naast het geheel bewerken van de bodem kan ook lokaal worden bewerkt voor bijvoorbeeld het planten van een boom. Dit kan met een plantgatwoeler of een plantgatenboor die de bodem loswoelt tot een diepte van 60 cm. Op kleibodems kan het door deze methode gebeuren dat de randen worden dichtgesmeerd met als gevolg dat de wortels niet goed kunnen doordringen tot de rest van de bodem. Volgens Jansen is bij zowel grasland als bouwland op kleigrond bewerking van de bovengrond vrijwel altijd noodzakelijk om de beplanting te laten slagen (Jansen, et al., 2018).

Naast de verstoring van het bodemleven heeft bewerking als mogelijk nadeel dat de aanwezige kruidlaag wordt vernield, boomwortels beschadigen, bodemlagen door elkaar worden gewoeld en een verhoogde mineralisatie waardoor mogelijk uitspoeling plaatsvindt (Van Eekeren, et al., 2019). Daarnaast wordt de successie teruggezet. In geval van aanleg voedselbossen zal eventuele bodembewerking eenmalig zijn.

### 5.3 Overige maatregelen om het aanslaan van de planten te bevorderen

Eerdergenoemde maatregelen zijn allemaal gericht op het optimaliseren van de bodem en de strooisellaag. Dit is ter bevordering van het aanslaan na het aanplanten. De keuze van het plantmateriaal, het tijdstip van planten en de manier van aanplanten heeft ook invloed op het aanslaan.

#### **Plantmateriaal**

De kwaliteit van het aangekocht plantmateriaal heeft veel invloed om de kans van aanslaan van de plant. Belangrijk voor de kwaliteit is dat de planten op de kwekerij voldoende standruimte hebben gehad. Dit komt tot uiting in de dikte van de wortelhals. Er bestaan wettelijke NEN-normen waaraan wordt voldaan als de wortelhals bij een bepaalde lengte ook een bijbehorende dikte heeft (Oosterbaan, 2000). Bij de kweek is het ook van belang om de boom een aantal keer te verplaatsen, waarbij de wortels worden afgekapt. Hierdoor ontwikkelt zich een vol wortelstelsel wat de kans van aanslaan vergroot. Om voldoende kwalitatief goed plantmateriaal te hebben wordt het geadviseerd om dit tijdig bij de kweker te bestellen (Jansen, et al., 2009). Bij het vervoer moet de plant beschermd zijn tegen uitdrogen en temperaturen boven de 15 graden moeten worden voorkomen om het uitlopen van plantmateriaal te voorkomen.

Vaak wordt gebruik gemaakt van plantmateriaal van twee jaar oud. Eénjarig materiaal is klein en er is dan het risico dat het wordt overgroeid en onderdrukt door kruiden. Bij ouder plantmateriaal is de plantschok vaak groter en treedt er meer uitval op (Jansen, et al., 2009).

Inheems plantmateriaal is over het algemeen beter aangepast aan het Nederlandse klimaat, deze planten hebben daardoor een grotere kans van aanslaan.

### **Tijdstip van aanplanten**

Het beste tijdstip om te planten is tussen eind oktober en begin april als het niet vriest. Loofbomen slaan beter aan als zij in het najaar worden geplant omdat er dan nog haarwortels worden gevormd, in de winter is dit niet het geval. De meeste soorten hebben tussen ongeveer half maart en begin april een piek in hun wortelgroei, het is aan te raden om voor deze tijd te planten. Hoe later in het voorjaar wordt geplant, hoe groter de kans op uitval, mede door de grotere kans op droogte (Jansen, et al., 2009).

Als het niet mogelijk is het plantmateriaal direct aan te planten, moet het worden ingekuuld om uitdroging te voorkomen.

### **Handmatig planten op kleigrond**

Zoals eerder al is genoemd is het belangrijk om de plant niet te planten tijdens een vorstperiode. De manier van planten is óók van belang voor het aanslaan van de boom. Daarvoor is het nodig om te weten op welke diepte de plant heeft gestaan bij de kweker, het advies is om de plant goed rechtop te planten en op dezelfde diepte als bij de kweker. Handmatig planten gebeurt vaak door een stuk grond uit te steken met een minimale diepte van 30 cm en deze grond na het planten weer verkruid terug te brengen rondom de plant. Met name bij kleigrond is het van belang om de grond goed te verkruiden voor het terugbrengen omdat anders het risico bestaat dat het wortelstelsel van de plant wordt samengedrukt. Met een plantmachine kan de grond niet goed worden teruggebracht waardoor wortels uitdrogen. Na het planten moet de grond rondom de plant licht worden aangetrapt om goed contact te bevorderen tussen de wortels van de plant en de grond (Jansen, et al., 2009).

## **5.4 Samenvatting methoden om het aanslaan van planten op een kleibodem te bevorderen**

In dit hoofdstuk is gekeken naar de methoden die te gebruiken zijn voor het gebruiksklaar maken van de kleibodem voor de voedselbosplanten. Als eerste is van belang om te weten hoe de huidige staat van de bodem en de aanwezige strooisellaag is door middel van een bodemonderzoek. De gevonden methoden zijn met name gericht op het opheffen van de bodemverdichting, dit is belangrijk voor de gasuitwisseling, doorwortelbaarheid, bodemorganismen, wortels en mycorrhiza (Jansen, et al., 2018).

Om de bodem rul te maken zijn de volgende methodes gevonden: dood hout, mycorrhiza toevoegen, mulchen, groenbemesters met veel bladmassa voor organische stof en strooiselverbetersaars aanplanten en wormen toevoegen. Bij kale bodem of extreem verdichte bodem kan grondbewerking nodig zijn waarna een groenbemester de bodem weer bedekt. Daarnaast is plantmateriaal, planttijdstip en plantmethode van invloed op het aanslaan van de plant.

Of deze methodes in de praktijk dezelfde essentie hebben, wordt onderzocht in het volgende hoofdstuk.

## 6 Ervaringen van de experts

In dit hoofdstuk volgt een analyse van de verzamelde data naar aanleiding van de afgenomen interviews. Aan de hand van de interviewvragen wordt de data van de afgenomen interviews gestructureerd naar een antwoord op de deelvraag: Welke methoden worden er door ervaringsdeskundigen gebruikt om het aanslaan van planten te optimaliseren?

### 6.1 Methodes ter bodemverbetering

Alle experts is gevraagd welke, voor dit onderzoek in de theorie gevonden, methodes ter bodemverbetering ingezet werden.

#### **Bodemonderzoek**

Vier van de ondervraagde experts geeft aan eerst bodemonderzoek te laten doen. Als reden wordt hiervoor gegeven dat de expert: een nulmeting wilde; zelf een bodemonderzoeksbedrijf bezat en wilde weten wat de structuur van de grond was.

Redenen om geen bodemonderzoek te laten uitvoeren zijn: veel is via logisch nadenken terug te redeneren; was het stuk grond bijvoorbeeld eerst in gebruik als akkerland of grasland, dan zitten er genoeg voedingsstoffen in voor een boom en wat is het verleden van het stuk grond topografisch gezien. Navraag bij de vorige eigenaren over het gebruik en kijken naar buurgebieden wordt ook als reden gezien om geen bodemonderzoek uit te laten voeren.

Aan 2 experts is niet gevraagd of er vooraf bodemonderzoek uitgevoerd is omdat dit niet van toepassing was.

#### **Mulchen**

Acht van de ondervraagde experts gaf aan te mulchen. Als gebruikte mulch worden de volgende materialen genoemd: houtsnippers, bladcompost, maaisel, landbouwplastic, paardenmest met stro, snoeihout en dreg uit de sloot.

#### **Mulchen met dood hout**

Van de acht experts die mulchen gaven allen aan voornamelijk te mulchen met dood hout in de vorm van houtsnippers en snoeihout (figuur 21). Als belangrijkste reden om dood hout te gebruiken als mulch, wordt door de meeste experts aangegeven dat het de bodem voedt en beschermt tegen uitdroging in de zomer en te veel vocht in de winter, klei verdicht heel snel zodra het niet bedekt is. Ook geven de experts aan het mulchen te gebruiken om de jonge fruitboom te beschermen tegen gras. De ervaring is dat het een mooie bossige grond geeft (waar dan o.a. daslook in geplant kan worden). Wat verder van belang is dat bij het planten van planten in pot de houtsnippers ervoor zorgen dat de klei het water niet uit de potgrond trekt bij droogte. Als laatste voordeel van het gebruik van dood hout wordt gesteld dat het dode hout verteerd wordt door schimmels. Hierdoor ontstaat er een schimmeldominantie die nodig



*Figuur 21 Mulchen met houtsnippers, welke op deze foto al half verteerd zijn. Voedselbos Haarzuilens, eigen foto.*

is voor het bodemleven. Als reden om geen dood hout toe te voegen werd aangegeven dat dit van buitenaf moet komen omdat expert het niet zelf heeft.

### **Toevoegen mycorrhiza**

Geen van de ondervraagde experts was een voorstander van het zelf toevoegen van mycorrhiza. De voornaamste reden is dat er al gebruik gemaakt wordt van dood hout. Door vertering van dit hout wordt een gunstig klimaat gecreëerd voor mycorrhiza. Een van de experts gaf aan daar vooral stukken boomstammen van Berk voor te gebruiken omdat boomstammen meerdere soorten schimmels geven (figuur 22). Een andere reden om geen mycorrhiza te gebruiken is een financiële. De experts moeten keuzes maken bij het uitgeven van hun budget; het toevoegen van mycorrhiza heeft daarbij geen prioriteit. Ook wordt genoemd dat mycorrhiza bij plant in pot vaak al aan de plantwortel zit.



*Figuur 22 Toevoegen berkenstam om schimmels te stimuleren. Boomkwekerij Jodereforestry, eigen foto.*

Als laatste wordt door 1 expert als reden aangegeven om geen mycorrhiza toe te voegen omdat mycorrhiza vooral opgekweekt wordt in potten zand met een plant erin. De cultuur die zich dan opbouwt is daardoor vooral geschikt is voor zandgrond en niet voor kleigrond.

### **Groenbemesters**

Vier van de ondervraagde experts benoemde gericht groenbemesters in te zetten als grondverbeteraar. Daarnaast bleek tijdens de gesprekken meerdere experts evengoed groenbemesters te gebruiken. Gebruikte groenbemesters zijn:

- Diep wortelende zadenmengel
- Kruidenmengsels
- Smeerwortel
- Klaver
- Pastinaak
- Hondsdraf

Over het gebruik van grassen verschillen de experts van mening. Ze vinden elkaar wel in de gedachte dat gras vooral voor jonge bomen een concurrent kan zijn voor de vochthuishouding.

Een van de experts gaf aan soedangras (graansoort) te gebruiken. Soedangras zorgt ervoor dat de grond van een bacteriedominantmilieu naar een schimmeldominantmilieu raakt. Het soedangras heeft een grote wortel waardoor er veel fotosynthese plaatsvindt en er veel voeding naar het bodemleven gaat. Dit is belangrijk omdat bomen veel biomassa nodig hebben. Daarnaast hebben de reuze grassen heel veel haarwortels die in de kleine poriën van de kleigrond kunnen komen en zo lucht geven en bijdrage aan een lossere structuur. Het graan (soedangras) sterft in de winter af. Als je in de stoppel vervolgens bomen plant geeft dat een goede start.

Voornaamste reden voor het gebruik van groenbemesters is het verbeteren van de verdichte bodem, beschutting geven aan de geplante planten en bedekken van de kale bodem. Als reden om het niet te doen wordt door een expert aangegeven dat het een vochtig microklimaat creëert dat slakken aantrekt.

### **Strooisel verbeterende bomen**

Alle ondervraagden werken met een windhaag met vooral elzen en wilgen omdat deze snel groeien en vaak gratis zijn (wilgenstaken). Ook tussen de fruit- en notenbomen zelf wordt ingezet op deze ondersteunende bomen (bijvoorbeeld elzen als beschutting bij notenbomen omdat elzen aan de onderkant ook mooi dicht zijn). Deze bomen zijn tevens strooisel verbeterend.

Drie van de experts benoemt bij deze vraag elzen geplant te hebben voor de stikstofverbindingen en wilgen voor de waterdrainage. Ook werden de lindeboom, inheemse hazelaars, olijfwilg en de duindoorn genoemd voor bodemverbetering en biodiversiteit.

### **Wormen**

De meeste experts gaan ervanuit dat wormen toevoegen in Nederland niet nodig is omdat er meestal wel een populatie wormen aanwezig is. Een expert geeft aan paardenmest met stro toe te voegen omdat dit onder andere veel wormen aantrekt. Een andere expert geeft aan dat het toevoegen van wormen, samen met toevoegen van organisch materiaal een positief effect kunnen hebben op de bodem.

### **Grondbewerking**

Vier van de elf experts geeft aan wel aan grondbewerking te doen, waarvan 3 niet kerende grondbewerking en 1 expert (bij 1 perceel) ook kerende grondbewerking, in verband met te zware klei om in te planten. Een expert geeft aan dat dit nodig is in verband met de grote van het project, een geeft aan dat dit nodig is voor het zaaien van de groenbemester, voor de overige 2 geldt dat met overige verbetermaatregelen het proces te lang duurt om er financieel genoeg uit te kunnen halen.



## Iets anders

Een van de ondervraagde experts geeft aan na het planten, bij potplanten, een paar scheppen zand erop te leggen (figuur 23). Het idee is dat klei harder aan water trekt dan potgrond, dus als je potgrond in de klei zet dreigt dat uit te drogen en het zorgt ervoor dat de potgrond zich beter met de klei mengt en het zand in de kieren valt als deze ontstaan. Daarnaast schijnen muizen ook meer van potgrond te houden waardoor het zand daar een beetje tegen helpt.

Twee andere experts gebruiken compost in de plantgaten zodat de planten beter kunnen wortelen en gaan ervanuit dat de zaaimengsels in de toekomst zorgen dat de klei om de plant heen losser wordt zodat de plant goed door kan wortelen in de omliggende klei. Een andere expert geeft juist aan dat er van toevoegingen in het plantgat veel te veel verwacht wordt.



*Figuur 23 Geplant met een schep zand in voedselbos Haarzuilens, eigen foto.*

## Geen

Vier van de ondervraagde experts geven aan geen grond verbeterende methodes te gebruiken. Voor drie van hen is dat omdat zij de visie hebben dat klei geen verbetermethode nodig heeft. Als planten niet aanslaan heeft dat volgens hen andere oorzaken bij klei (wind, onkruiddruk, geen juiste onderstam, plantomstandigheden, perceeleigenschappen en methodiek aanplant, eerste snoei direct na aanplant). Een van de experts geeft de grootte van het project aan om niet aan verbetermethodes te doen.

## 6.2 Aanplanten boom

Meer dan de helft van de experts benadrukt dat het goed losmaken van de klei van essentieel belang is bij het planten. Zij geven aan dat er geen hompen klei meer mogen zijn en de grond goed verkruid moet zijn zodat de wortels goed verspreid kunnen worden en in hun natuurlijke vorm kunnen zitten. Naast het losmaken van de klei zegt een van de experts liever geen grondboor te gebruiken, als de grond te nat is smeer je met een grondboor de klei dicht wat een extra blokkade voor de wortel kan vormen. Drie van de ondervraagde experts benadrukt de grond na het planten niet aan te stampen. De plant mag niet te diep maar ook niet te hoog gepland worden.

Alle experts zijn het erover eens dat gras een vochtconcurrent voor met name jonge planten is. Over het wel of niet weghalen van gras bij beplanting zijn de meningen vervolgens weer verschillend. Een aantal plant gewoon in het gras met de gedachte dat het gras toch snel weer terug groeit en een aantal (3) haalt eerst het gras weg voordat de bomen gepland worden en ligt het omgekeerd terug.

Geadviseerd wordt te werken met plantmateriaal dat 2 jaar is, bij oudere fruitbomen zijn daarnaast anders ook boompalen nodig. 5 experts geven aan dat de kwaliteit van het plantmateriaal heel

belangrijk is. Daarnaast geeft 1 expert aan, dat het de voorkeur heeft, dat het plantmateriaal dat je koopt van kleigrond komt als je op klei wilt planten (anders cultuurschok).

Over het wel of niet gebruiken van compost in/ op het plantgat verschillen de experts van mening.

Over het gebruik van vrijwilligers zijn alle experts unaniem. Alhoewel ontzettend blij met het bestaan van vrijwilligers heeft het niet altijd een positief effect. Het planten van bomen en planten is zeer nauwkeurig werk en het planten in klei is vrij zwaar. Omdat het zo zwaar is, kunnen de vrijwilligers niet altijd meer diep genoeg graven in de klei en wordt de klei niet fijn genoeg gemaakt (genoemd door vier experts) waardoor er gaten tussen de hompen klei zitten. Het is dus zaak dat als je met vrijwilligers werkt deze heel goed te begeleiden; ga voor kwaliteit in planten in plaats van kwantiteit in planten (genoemd door zes van de experts).

Als laatste benoemt een van de experts dat met de hand planten de voorkeur boven mechanisch planten heeft.

### 6.3 Standplaatsfactoren en klimaatfactoren

Op de vraag of er rekening wordt gehouden met de standplaatsfactoren en zo ja hoe geven slechts 2 experts aan geen rekening te houden met de standplaatsfactoren. 4 experts hebben het geprobeerd door het graven van poelen en het maken van dijken om de standplaatsfactoren te beïnvloeden. Ook wordt er door 3 experts goed gekeken naar de vegetatie. Wat wil deze plant? Schaduw, vocht, luwte?

Vrijwel alle experts (10) geven aan de buitenkanten te beschermen tegen de wind. Negen van de tien experts doet dit door het plaatsen van Elzen, berken en wilgen. (de schietwilg is bij twee experts niet populair vanwege zijn explosieve groei). Een expert heeft een hekwerk gemaakt van wilgentakken met daartussen meidoorn en andere soorten bomen (onder andere wilde mispel, gele kornoelje beuk en eik) niet per se pioniers bomen maar wel interessante mycorrhiza vormende bomen die dichte bosschages geven (figuur 24).

Sommige experts geven aan eerst de windsingel te plaatsen; andere zijn het daar niet mee eens omdat daar veel tijd mee verloren gaat.

Twee van de experts geven aan dat het bos het zelf zou moeten kunnen en dat het plaatsen van een windhaag niet per definitie wenselijk is. De boom moet zelf windvast worden door middel van wortels en snoei.



*Figuur 24 Wilgenhekwerk als toekomstige windbescherming. Voedselbos Haarzuilens, eigen foto*



## 6.4 Nazorg

Op de vraag of er gedaan wordt aan nazorg blijken zeven van de ondervraagde experts te doen aan nazorg. Een van de experts geeft als reden om niet aan nazorg te doen dat hij van tevoren goed nagedacht heeft over het beplantingsschema. Zo heeft hij smeewortel gepland als bodemverbeteraar en hondsdraf en aardbeien als bodembedekkers.

Vijf van de ondervraagde experts geeft aan vooral de jonge beplanting het eerste jaar water te geven bij hele droge zomers. Vier experts blijven mulchen in de jaren na de aanplant met bijvoorbeeld maaisel. Een van de experts doet aan onkruidbeheersing.

Op de vraag of er na aanplanting nog andere problemen zijn zoals bijvoorbeeld plaagdieren geeft slechts 4 van de 11 experts geeft aan niet tegen specifieke problemen aan te lopen. Van de 7 ondervraagden die aangeven wel problemen te hebben gehad was dat in 6 gevallen van ongedierte. Genoemde werden spinselmot, woelmuis, woelrat, peren-ringworm, herten (allen 1 keer genoemd), muizen (drie gevallen), slakken (2 gevallen) en hazen (3 gevallen). Als tip werd door een expert aangegeven nestkasten en neerstrijkegelegenheid voor roofvogels te faciliteren. Een andere expert had hier echter minder positieve ervaringen mee daar de torenvalken liever op de kale akkers naast het voedselbos gingen jagen. Om hazenvraat tegen te gaan gebruiken de 3 experts boombeschermers (figuur 25).



*Figuur 25 Boombeschermer bij voedselbos Benthuizen. Priscilla Beemsterboer 16 april 2022*

## 6.5 Samenvatting uitkomst interviews

Zeven van de elf experts passen een vorm van bodemverbetering toe. Hiervoor hebben 4 experts een bodemonderzoek laten uitvoeren, de andere experts doen zelf onderzoek. Veel experts gebruiken mulch als bodemverbeteraar. Veelal wordt daar dood hout voor gebruikt vanwege de voordelige eigenschappen hiervan. Vrijwel alle experts maken gebruik van groenbemesters en strooisel verbeterende planten. Mycorrhiza wordt door geen van de experts gebruikt en dat geldt ook voor het toevoegen van wormen. Over het bewerken van de bodem voor aanplanten zijn de meningen verdeeld. Redenen om het wel te doen hebben voornamelijk te maken met het versnellen van de aanleg van het voedselbos. Naast de in de theorie gevonden methodes om de bodem te verbeteren is door enkele experts aangegeven dat zij zand of compost toevoegen bij het aanplanten. Met standplaatsfactoren wordt door vrijwel alle experts rekening gehouden. Hierbij wordt gekeken naar wat de plant nodig heeft en dit wordt zo mogelijk gecreëerd. Windbescherming aan de buitenzijden van percelen wordt op verschillende manieren toegepast.

Voor het aanplanten van bomen op een kleibodem geven de experts aan dat dit het beste handmatig gedaan kan worden en vooral met kennis van zaken. Indien er gebruik gemaakt wordt van vrijwilligers is het zeer belangrijk om een goed aanplantinstructie te geven.

Nazorg wordt toegepast in de vorm van mulchen, beregenen en beschermingsmaatregelen tegen vraat.

## 7 Analyse van de theoretische kennis getoetst aan de praktijk

In dit hoofdstuk wordt een thematische analyse uitgevoerd waarbij de uitkomsten uit de literatuur getoetst worden aan de ervaringen van de experts.

### **Bodemonderzoek**

Om de planten een zo goed mogelijke start te kunnen geven is het van belang dat de voedselbosbouwer van tevoren goed in kaart brengt welke eisen er aan de standplaatsfactoren gesteld worden door de betreffende planten voor het voedselbos (en de specifieke kleigrond). Een goed beeld van de startsituatie is daarbij essentieel voor het slagen van het voedselbos. De in de literatuur gevonden methoden geeft aan dat een voedselbosbouwer door middel van een bodemonderzoek in kaart kan brengen wat de grond nog nodig heeft om de geselecteerde planten een zo goed mogelijke start te kunnen geven.

Vijf van de elf geïnterviewde experts geven aan geen bodemonderzoek uit te voeren maar dat ze ervan uitgaan dat door logisch redeneren er een hoop informatie over de bodem vergaard kan worden. Bijvoorbeeld: de geschiedenis van het land met betrekking tot akkerbouw of grasland, geografisch verleden en kijken naar buurgebieden.

### **Bodem voorbereiden**

Doordat de te gebruiken grond voor een voedselbos in de meeste gevallen agrarische grond is geweest is het essentieel dat de bodem eerst goed rul en los wordt gemaakt. Een rulle losse bodem is een bodem waar vocht met voedingsstoffen vrij kan bewegen waardoor de wortels van de planten makkelijker kunnen groeien. Om de bodem richting een rulle en losse staat te bevorderen zijn in de theorie een aantal methodes gevonden waarvoor gekozen kan worden: toevoegen van dood hout, stimuleren van mycorrhiza schimmels, mulchen, gebruik van bodem verbeterende planten, strooisel verbeterende bomen, gebruik van wormen en als laatste grondbewerking.

In de praktijk worden niet alle bovenstaande methodes ingezet. Zo wees het praktijkonderzoek uit dat het actief inzetten van wormen en mycorrhiza niet gebruikt wordt omdat de betrokken experts van het actief inzetten geen effectiviteit verwachten en sommige de kosten van het gebruik van met name mycorrhiza te hoog vinden. Daarnaast blijken in de praktijk methodes voor meerdere doelen gebruikt te worden, zoals mulchen met doodhout wat ook gebruikt wordt om de mycorrhiza ontwikkeling en het bodemleven (waaronder wormen) te stimuleren. De experts geven aan dat zij bossige grond onder de mulchlaag van houtsnippers en snoeiafval zien ontstaan.

Een van de experts leert ons dat als groenbemester het beste soedangras ingezet kan worden. Omdat soedangras door zijn grote wortels de bodem vanzelf ruller maakt, veel organische stof levert en dat soedangras de omzetting van bacteriedominant naar schimmeldominant versneld.

De voedselbosbouwer kan tot slot een aantal methodes inzetten om standplaats factoren te beïnvloeden, leert de theorie. Zo is in bijvoorbeeld het gebruikte hiërarchisch stelselmodel van Kemmers te zien dat door blad en dood hout het humusprofiel te beïnvloeden is. Dit is ook van invloed geweest op de gevonden methodes om de bodem te verbeteren. De experts leren ons verder dat verdere beïnvloedingen van de standplaats- en klimaatfactoren kunnen zijn: dijken creëren voor de beplanting die van een minder vochtige bodem houdt, windhagen plaatsen om de wind tegen te

houden, deze windhagen zijn bij de experts vaak gevuld met bomen die in de theorie onder strooisel verbeterende bomen vallen en bv Elsen in de buurt van notenbomen plaatsen ter beschutting.

Uit de interviews kwam verder naar voren dat het wel of niet kiezen voor grondbewerking vaak voortkwam uit de noodzaak om bestaande startsituaties en gewenste resultaten te willen versnellen. Voor de geïnterviewde kwekers was meer noodzaak tot snel handelen doordat men dan spreekt over een verdienmodel dan voor de bevroegde voedselboswachters zonder winstoogmerk, waar men meer tijd heeft om een visie na te streven.

### **Plantmoment**

Het literatuuronderzoek van methoden om het aanslaan van planten op kleibodem te bevorderen leert ons verder dat de kwaliteit van het aangekochte plantmateriaal veel invloed heeft op de kans van aanslaan van de betreffende plant (Jansen, et al., 2009). Dit wordt bevestigd door de experts, hierbij zou het volgens sommige experts ook de voorkeur hebben om de planten van een kweker op kleigrond af te nemen zodat er minder kans op een plantschok is. Zij geven verder, net als de theorie, aan dat het beste plantmateriaal ongeveer twee jaar oud is. Ook geven ze aan dat de plant op klei in het begin lijkt stil te staan, maar na ongeveer 2 jaar dan opeens een groeispuurt maakt.

Het beste tijdstip om te planten is tussen eind oktober en begin maart, hierna vindt in maart en april de belangrijkste piek in wortelontwikkeling plaats en is er ook grotere kans op droogte (Jansen, et al., 2009). Deze plantmomenten zien we ook terug bij de meeste experts. De ervaring leert ook dat je naar de plant zelf moet kijken. Loofbomen kun je bijvoorbeeld het beste in het najaar planten terwijl meer warmte-minnende planten beter in het voorjaar geplant kunnen worden.

Naast bovenstaande voorwaarden voor het plantmateriaal/plantmoment blijkt zowel uit de theorie als in de praktijk dat het bij kleigrond het allerbelangrijkste is *hoe* de plant geplant wordt. De theorie leert ons dat het belangrijk is dat de plant op dezelfde hoogte staat als bij de kweker. Ook moet de bodem goed verkruid worden zodat de wortels niet samengedrukt worden bij het terugbrengen in het plantgat. Na het aanplanten moet de grond rondom de plant licht aangetrapt worden om het contact te bevorderen tussen de plant en de grond (Jansen, et al., 2009). Alle experts benadrukken het belang van goed planten. Ze volgen hierbij allemaal de theorie. Aanvulling vanuit de experts is dat het aanplanten in praktijk niet altijd volgens de beschreven theorie verloopt. Dit komt doordat men vaak werkt met vrijwilligers. Daar de klei zware grond is, wordt het gat door vrijwilligers niet altijd diep genoeg gegraven en de klei niet fijn genoeg gemaakt. De experts geven aan dat het niet goed aanplanten kan leiden tot uitval.

Het werken met vrijwilligers vraagt daardoor heel veel begeleiding.

*“een boom moet 50 tot 500 jaar mee, dat is serieus werk”*

*Kees van der Vaart,  
Staatsbosbeheer*

## **Nazorg**

Uit de interviews kwam naar voren dat het in sommige gevallen belangrijk is om aan nazorg te doen. In de theorie is gevonden dat slechts het grondwaterpeil goed in de gaten gehouden moet worden in verband met de capillaire stijging maar in de praktijk blijkt dat het voor het behoud van de geplante fruit- en notenbomen tijdens het eerst plantjaar zeer gewenst is om bij droge jaren water te geven. Dit wordt gedaan omdat deze bomen duurder zijn dan bosplantsoen en uitval in deze gevallen tot grote verliezen leidt. Pionier bomen zijn beter tegen de droogte bestand. Ook mulchen wordt genoemd als een vorm van nazorg die essentieel is.

## 8 Conclusie, discussie en aanbeveling

### 8.1 Conclusie

In dit onderzoek is een antwoord gezocht op de vraag: *'Wat kan een voedselbosbouwer doen om, de 14 commercieel interessante, planten met verschillende standplaatsfactoreisen een zo goed mogelijke start te geven op kleigrond?'* Hiervoor is een kwalitatief onderzoek uitgevoerd waarbij in theorie en praktijk gezocht is naar mogelijkheden om de aangetroffen omstandigheden aan te kunnen passen aan de standplaatsfactoren van de betreffende planten.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat een voedselbosbouwer verschillende methodes kan toepassen om de 14 commercieel interessante planten een zo goed mogelijke start te geven op kleigrond. Als eerste moet de kleigrond geanalyseerd worden door middel van een bodemonderzoek. Hoe dit precies gebeurt (door externe deskundige, zelfstandig, fysisch of chemisch) is afhankelijk van de beginsituatie en de al aanwezige voorkennis over de grond.

Het is duidelijk geworden dat de Nederlandse kleibodem voldoende voedingsstoffen bevat en goed vocht vasthoudt, ook beschikt het over het algemeen over de juiste pH. Het is daarnaast belangrijk dat de kleibodem niet te veel uitdroogt omdat de capillaire stijging max 65 cm bedraagt. Als het grondwaterpeil lager is dan 65 cm onder het wortelniveau, kunnen de planten geen vocht meer opnemen en is extra water geven essentieel. Doordat de kleibodems in het verleden veelal gebruikt zijn als agrarische grond, en deze daardoor verdicht is door het gebruik van machines, ligt de focus bij kleigrond op het creëren van een rulle, losse bodem. Een rulle, losse bodem zorgt voor een optimale groei van de wortels en het vervoeren van de voedingsstoffen. Het toevoegen van dood hout is een veelgebruikte en positieve methode om de bodem rul en los te maken. Deze methode geeft verder een positieve stimulans aan de overgang van een bacteriedominante bodem naar een schimmeldominante bodem en stimuleert het bodemleven. Ook kan dood hout ingezet worden om de bodem te beschermen tegen uitdroging en (ongewenste) grasontwikkeling te vertragen.

Het dode hout kan (op den duur) verkregen worden uit het eigen voedselbos door snelgroeende bomen te planten als berk, populier en wilg. Dood hout kan bestaan uit snoeiafval maar ook door stammen neer te leggen. De aanbeveling is om 30-40m<sup>3</sup> dood hout per ha. aan te houden.

Het is aan te raden de hierboven besproken snelgroeiers in te zetten als windhaag. De wind blijkt één van de grootste factoren te zijn die bepalend is voor het wel of niet aanslaan van planten op een kleibodem.

Daarnaast is aangetoond dat het zaaien van soedangras een positieve werking heeft op de bodem, omdat het Soedangras diepwortelend is en net als dood hout een stimulans is voor een overgang naar een schimmeldominante bodem. Na afsterving geeft het soedangras een dikke mulchlaag om in te planten.

Alhoewel het planten van plantmateriaal bij elke grondsoort zorg verdiend is het bij kleigrond essentieel om bepaalde voorwaarden voor ogen te houden. Zo is het aan te bevelen dat de plant opgekweekt is in kleigrond, het plantmateriaal niet te jong/oud is (2 jaar is optimaal) en de plant op de juiste manier gepland wordt. Doordat de kleigrond hard is, is het planten zwaar werk. Om toch tot optimale planting te komen wordt daarom aangeraden niet met vrijwilligers te werken of deze gericht te begeleiden.

## 8.2 Discussie

In deze paragraaf wordt de betekenis van het onderzoeksresultaat bediscussieerd.

Om de validiteit van dit onderzoek te borgen is er gekozen voor theorie gekoppeld aan praktijk (interviews). Hieruit blijkt dat de ervaringen uit de praktijk soms anders zijn dan de gevonden theorie uit de literatuur. Zo kan dood hout bijvoorbeeld ingezet worden om de successie te bevorderen, maar ook om te mulchen, stimuleren van een wormenhuishouding en het op zich nemen van mycorrhiza terwijl dit niet zo in de literatuur genoemd wordt.

### Literatuuronderzoek

Ten tijde van dit onderzoek zijn er nog weinig afgeronde wetenschappelijke artikelen over voedselbossen in Nederland. Er bestaan wel meerdere voedselbosboeken zoals praktisch handboek voedselbossen van Martin Crawford (Crawford, 2018), maar hierin wordt meestal geen bronvermelding gedaan waardoor de wetenschappelijke onderbouwing ontbreekt. Hierin komt nu wel verandering en er worden steeds meer wetenschappelijke onderzoeken gedaan naar voedselbossen en gegevens verzameld door o.a. de WUR en het Louis Bolk instituut. Voor dit onderzoek is daarom vooral gekeken naar welke wetenschappelijke informatie in de bosecologie ook van toepassing kan zijn in voedselbossen. Veel van deze literatuur is gebaseerd op bossen waarin een andere soortensamenstelling aanwezig is dan in een voedselbos, het is daarom moeilijk met volledige zekerheid te zeggen hoe de plantsoort zich ontwikkelt in een voedselbos. Daarnaast heeft dit onderzoek zich gericht op natuurlijke manier van aanplanten/ permacultuur hierdoor zijn boeren/ kwekers enz., die het op een reguliere manier doen, uitgesloten voor interviews en voor literatuurstudie. Hier kan echter wel belangrijke informatie te vinden zijn die nu gemist is.

### Standplaatsfactoren

In dit rapport is uitgegaan van de 14 soorten van Yann Boulestreau. Kijkend naar de resultaten komt het er vooral op neer dat de bodem ruller gemaakt moet worden. Het ruller maken van de bodem heeft een positief effect op de doorwortelbaarheid, vocht, zuurstof beschikbaarheid, voedingsstoffen en de pH. Dit geldt voor de 14 soorten van Yann Boulestreau maar is natuurlijk ook van belang voor andere plantensoorten. Als de bodem goed voorbereid wordt dan is daarna vooral de wind en schaduw gevoeligheid van belang voor het aanslaan van de planten.

Voor deelvraag A zou eigenlijk informatie gezocht worden voor standplaatsfactoren van de jonge plant en in volwassen staat, hier zijn echter geen gegevens over gevonden waardoor dit onderzoek zich beperkt heeft tot de algemene standplaatsfactoren ongeacht leeftijdsfase van de plant.

Van de *Actinidia arguta* zijn geen ecologische gegevens beschikbaar in SynBioSys en geen alternatief. In de figuren is per standplaatsfactor aangegeven met welk soort de *Actinidia arguta* vergelijkbaar is. De kiwi wijkt daarin niet af van de andere soorten en zit tussen de aangegeven rode lijnen.

Van de *Malus domestica* zijn ook geen gegevens beschikbaar in SynBioSys, hiervoor is de *Malus spec.* als alternatief gebruikt. Appels worden sowieso op onderstammen geënt en dit is vaak wel van een gewone appelboom.

*Allium ursinum*/ daslook, rabarber en aardbei zul je niet meteen in je beginstadium aanplanten, tenzij je aan grondbewerking hebt gedaan. Kiwibes wordt ook pas geplant als er hogere bomen zijn om tegenaan te planten.

## Interviews

Het onderzoek telt 11 representatieve interviews waardoor er een goed beeld van de experts is ontstaan. Al waren de antwoorden niet consistent waardoor er op sommige gebieden geen conclusies te trekken zijn. Verder bleek dat het interviewen een groeiproces was. Hoe meer interviews er gedaan werden, hoe gericht de vragen gesteld konden worden. Ook was er sprake van een sneeuwbaaleffect; doordat geïnterviewden weer andere mensen met expertise kenden, was het mogelijk het aantal interviews uit te breiden.

### 8.3 Aanbeveling

Uit het onderzoeken kunnen een aantal aanbevelingen worden gedaan. Zo wordt het aangeraden een werkwijze te beschrijven waarmee vrijwilligers goed aan de slag kunnen bij het aanplanten. Ook het doorberekenen van de diverse maatregelen is belangrijk.

Er blijven echter ook nog vragen open staan. Bij vervolgonderzoek is het interessant om te kijken naar bijvoorbeeld andere bodemsoorten en of de positieve effecten van de maatregelen ook te verwachten zijn op een zand of veenbodem.

Daarnaast heeft dit onderzoek zich gericht op een natuurlijke manier van aanplanten/ permacultuur hierdoor zijn boeren/ kwekers enz. die het op een reguliere manier doen, uitgesloten voor de interviews en literatuurstudie. Hier kan echter wel belangrijke informatie te vinden zijn die nu gemist is. Het is daarom interessant voor een eventuele vervolgstudie deze groep mee te nemen.



## Bibliografie

- Albertsmeier, B. (2020, april). *Bodemvoedselweb, bodem en plant. Birgit Albertsmeier, Rijke Bodem Informatie van Elaine Ingham*. Opgehaald van DocPlayer.nl: <https://docplayer.nl/194399423-Bodemvoedselweb-bodem-en-plant-birgit-albertsmeier-rijke-bodem-informatie-van-elaine-ingham.html>
- Alterra, W. (2006). *Grondsoortenkaart*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/nl/show/Grondsoortenkaart.htm>
- Baar, J., & Ozinga, W. (2007). *Mycorrhizaschimmels, sleutelfactor voor duurzame landbouw en natuur*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Baas, W. R. (2018). *Bodemactiviteit en landgebruik*. Velp.
- Beerling, W. (2016, april). Vaste planten mulchen. *Tuin en Park Techniek*, 6-7. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/379672>
- Blindeman, L. (2020, mei 19). *Onkruidbeheersing door mulchen*. Opgehaald van Wageningen University & Research groenekennis; Informatie voor professionals in voedsel en groen: <https://library.wur.nl/WebQuery/groenekennis/2295239>
- Boulestreau, Y. (2016). *Design and performance evaluation of a 1 Ha productive food forest model*. Boulestreau, Yann.
- Boumans, J. (1998). *Grondwater als leidraad voor oppervlaktewater. Een op het grondwater geörienteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen*. Utrecht/Den Haag: Unie van Waterschappen.
- Breidenbach, J., Dijkgraaf, E., Rooduijn, B., Nijpels-Cieremans, R., & Strijkstra, A. (2017). Voedselbossen van belang voor biodiversiteit. *De Levend Natuur*, 90-93.
- Buiter, M., & De Waard, F. (2017, januari 18). *Ontwerp, aanleg en beheer van voedselbossen*. Opgehaald van voedselbosbouw: <https://www.voedselbosbouw.org/artikelen>
- Crawford, M. (2018). *Praktisch handboek voedselbossen*. Workum: Schildpad boeken.
- De Haas, M. (2019, mei 17). *Symposium duurzaam bodembeheer*. Leeuwarden, Friesland: Hogeschool Van Hall Larenstein.
- Delft, B. (2004). *Veldgids humusvormen: Beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen*. Opgehaald van WUR: [https://www.wur.nl/upload\\_mm/9/c/4/08f59dd6-8167-468c-aed7-bd0b9d7e0425\\_Veldgids%20Humusvormen%201.03.pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/9/c/4/08f59dd6-8167-468c-aed7-bd0b9d7e0425_Veldgids%20Humusvormen%201.03.pdf)
- Den Ouden, J., Muys, B., Mohren, F., & Verheyen, K. (2010). *Bosecologie en bosbeheer*. Leuven / Den Haag: Acco.
- Derkx, M. (2008, april). *Het gebruik en de mogelijkheden van licht bij de teelt van boomkwekerijgewassen*. Lisse: Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. . Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/285410>

- Fox, A. (2019, juli 4). *Adding 1 billion hectares of forest could help check global warming*. Opgehaald van Science: <https://www.sciencemag.org/news/2019/07/adding-1-billion-hectares-forest-could-help-check-global-warming>
- Green Deal. (2018, 07 16). *Voedselbossen Samenvatting Green Deal 219*. Opgehaald van Green Deal: <https://www.greendeals.nl/sites/default/files/downloads/GD219-dealtekst-Voedselbossen.pdf>
- Greutink, V. (2016, 05). *voedselbos in je achtertuin*. Opgehaald van stadstuinieren: <https://stadstuinieren.nl/inspiratie/voedselbos-in-je-stadstuin/>
- Hommel, P., De Waal, R., Muys, B., Den Ouden, J., & Spek, T. (2007). *Terug naar het lindewoud; strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Jaffe, M. (1973). Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation. *Planta*(114), 143-157.
- Jansen, P., Boosten, M., Cassaert, M., Cornelis, J., Thomassen, E., & Winnock, M. (2018). *Praktijkboek Bosbeheer*. Wageningen: Stichting Probos.
- Jansen, P., Boosten, M., Winterink, A., & Van Benthem, M. (2009). *De aanleg van nieuwe bossen*. Utrecht: Matrijs uitgeverij.
- Kemmers, R. (1993). *Ecohydrologie. Concepten en methoden van een interdisciplinair vakgebied*. Wageningen: Technisch document 8. DLO-Staring Centrum.
- Koopman, G. (2015). *Dictaat LLG140VN Abiotiek Integraal Natuur- en Landschapsplan*. Leeuwarden: Hogeschool Van Hall Larenstein.
- Krediet, A. (2019). *De Nederlandse regenwormen*. 's Graveland: Jeugdbondsuitgeverij.
- Kuipers, S. (1996). *Bodemkunde*. Houten: Wolters-Noordhoff B.V.
- Külling, C., & Weissenhorn, I. (2015). *Geef je boom een partner voor het leven*. Opgehaald van Boomzorg: <https://edepot.wur.nl/109904>
- leefomgeving, I. (2022, januari 3). *verzilting*. Opgehaald van Informatiepunt leefomgeving: <https://iplo.nl/thema/water/beheer-watersysteem/verzilting/>
- Leeuwen-Haagsma, W. v., Hoek, H., Molendijk, L., Mommer, L., Ulen, J., Kroonen-Backbier, B., & Groot, G. d. (2019). *Handboek groenbemers 2019*. Wageningen: Wageningen University & Research. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/552965>
- Locher, W., De Bakker, H., & Steur, G. (1987). *Bodemkunde van Nederland: leer- en handboek op hogeronderwijsniveau*. De Bosch: Malmberg B.V. Opgehaald van <https://library.wur.nl/WebQuery/edepot/330160>
- LTO-Nederland. (2021). *GLB Pilot sectorale bouwstenen: Akkerbouw op kleigronden*. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Opgehaald van <https://www.glbuitdepraktijk.nl/wp-content/uploads/2021/03/Sectorrapportage-GLB2023-Akkerbouw-op-Kleigronden-DEF.pdf>
- Mattheck, C., Teschner, M., & Schafer, J. (1997). Mechanical control of root growth: A computer simulation. *Journal of Theoretical Biology*(184), 261-269.

- Nabuurs, G., Lokin, V., Hekhuis, H., Briel, J. v., & Kramer, K. (2018 ). *Klimaat-slim bosbeheer: Klimaatreeks deel 1. Vakblad Natuur Bos Landschap (148)*, 14-17.
- Oosterbaan, A. (2000). *Boeren met bomen*. Wageningen: Alterra.
- Reuver, P. (1993). *Tussen beplantingsplan en eindbeeld*. Arnhem: IPC groene ruimte.
- Rijksoverheid. (2018, September). *Visie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit/documenten/beleidsnota-s/2018/09/08/visie-landbouw-natuur-en-voedsel-waardevol-en-verbonden>
- Rijksoverheid. (2020, november 18). *uitwerking ambities en doelen landelijke bossenstrategie en beleidsagenda 2030*. Opgehaald van Rijksoverheid: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/11/18/uitwerking-ambities-en-doelen-landelijke-bossenstrategie-en-beleidsagenda-2030>
- Rispens, S. (2020, april 13). *Iedere boom zou met mycorrhiza-schimmels geplant moeten worden*. Opgehaald van Boomzorg: <https://www.boomzorg.nl/article/32749/iedere-boom-zou-met-mycorrhiza-schimmels-geplant-moeten-worden>
- Runhaar, J., Van Landuyt, W., Groen, C., Weeda, E., & Verloove, F. (2004). Herziening van de indeling in ecologische soortengroepen voor Nederland en Vlaanderen. *Gorteria*(30-1), 12-26. Opgehaald van <http://natuurtijdschriften.nl>: <http://natuurtijdschriften.nl/record/537331>
- Samen voor biodiversiteit. (2019, juni). *Samen biodiversiteitsverlies ombuigen naar biodiversiteitsherstel*. Opgehaald van Samen voor biodiversiteit: <https://www.samenvoorbiodiversiteit.nl/>
- Schelfhout, S., De Schrijver, A., Van Nevel, L., Vesterdal, L., Mertens, J., & Verheyen, K. (2014). Boomsoorten, bodemvruchtbaarheid en regenwormen: een intrigerend netwerk van interacties. *Bosrevue*(48), 11-15. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/448398>
- SDGNederland. (sd). *Alles wat je moet weten over de SDGs*. Opgehaald van SDG Nederland: <https://www.sdgnederland.nl/>
- StedelijkGroen. (2021). *Hennep mulchschijf bio mulchmat*. Opgehaald van Stedelijk Groen: <https://www.stedelijkgroen.com/product/hennep-mulchschijf-bio-mulchmat/>
- Stortelder, A., van Dort, K., Schaminée, J., & Smits, N. (1999). *Beheer van bosranden, Van scherpe grens naar soortenrijk gradiënt*. Utrecht: Stichting Uitgeverij KNNV.
- Van der Dussen, B. (2003, januari-februari). Van groenafval tot het bruine goud. *Dynamisch perspectief*, p. 7.
- Van Dorp, D., Canters, K., Kalkhoven, J., & Laan, P. (1999). *Landschapsecologie: natuur en Indschap in een veranderende samenleving*. Amsterdam: Boom.
- Van Eekeren, N., Bokhorst, J., Deru, J., & De Wit, J. (2014). *Regenwormen op het melkveebedrijf; handreiking voor het herkennen, benutten en managen*. Driebergen: Louis Bolk Instituut. Opgehaald van <http://www.louisbolk.org/downloads/2849.pdf>
- Van Eekeren, N., Philipsen, B., Bokhorst, J., & Ter Berg, C. (2019). *Bodemsignalen Grasland; Praktijkgids voor bodemmanagement op melkveebedrijven*. Zutphen: Roodbont Publishers B.V.





- Vleeschouwers, B. (2020). Dossier Mycorrhiza. *Boer & Tuinder*, 6.
- Wagelmans, M., & Roeloffzen, A. (2009). *Bodemecologie-wat is het en wat kun je ermee?* Gouda: Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem.
- Wesselingh, F. (. (2022, januari 3). *Zeekleilandschap*. Opgehaald van Geologie van Nederland: <https://www.geologievannederland.nl/landschap/landschappen/zeekleilandschap>
- Wildemeersch, J. (2016). *Appel, peer en meer. Fruitbomen in je tuin*. Berchem: Velt VZW.
- WUR. (sd). *Grondsoortenkaart*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/nl/show/Grondsoortenkaart.htm>
- WUR. (sd). *Kaarten Grondwaterdynamiek*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/environmental-research/faciliteiten-tools/software-en-modellen/grondwaterdynamiek/kaarten-grondwaterdynamiek.htm>
- Zanen, M. (2013, december). *Herkenningskaart Regenwormen*. Opgehaald van Louis Bolk instituut: <https://edepot.wur.nl/292718>
- Zanen, M., Bokhorst, J., Ter Berg, C., & Koopmans, C. (2008). *Strategieën voor duurzaam bodemmanagement; ervaringen uit de biologische landbouw*. Driebergen: Louis Bolk Instituut.

## Bijlagen

Bijlage A: Sustainable development goals.....	i
Bijlage B: Interview vragen en geïnterviewden.....	ii
Bijlage C: Ontwerp Yann Boulestreau .....	iv
Bijlage D: Grondsoortenkaart Nederland 2006.....	v
Bijlage E: Grondwatertrappen Nederland .....	vi
Bijlage F: Mogelijke keuzes groenbemesters .....	vii

## Bijlage A: Sustainable development goals

Tabel A1 Voedselbossen dragen bij aan de volgende duurzame ontwikkeling doelen zoals afgesproken in Parijs 2015 (SDGNederland, sd).

 <p><b>2. Geen honger</b></p>	<p>2.4 Tegen 2030 duurzame voedselproductiesystemen garanderen en veerkrachtige landbouwpraktijken implementeren die de productiviteit en de productie kunnen verhogen, die helpen bij het in standhouden van ecosystemen, die de aanpassingscapaciteit verhogen in de strijd tegen klimaatverandering, extreme weersomstandigheden, droogte, overstromingen en andere rampen en die op een progressieve manier de kwaliteit van het land en de bodem verbeteren.</p>
 <p><b>12. Verantwoorde consumptie en productie</b></p>	<p>12.1 Het 10-jarig Programmakader inzake Duurzame Consumptie- en Productiepatronen implementeren, waarbij alle landen actie ondernemen, en waarbij de ontwikkelde landen de leiding nemen, rekening houdend met de ontwikkeling en de mogelijkheden van de ontwikkelingslanden.</p> <p>12.2 Tegen 2030 het duurzame beheer en het efficiënte gebruik van natuurlijke hulpbronnen realiseren.</p>
 <p><b>13. Klimaatactie</b></p>	<p>13.1 De veerkracht en het aanpassingsvermogen versterken van met klimaat in verband te brengen gevaren en natuurrampen in alle landen.</p>
 <p><b>15. Leven op het land</b></p>	<p>15.2 Tegen 2020 de implementatie bevorderen van het duurzaam beheer van alle soorten bossen, de ontbossing een halt toeroepen, verloederde bossen herstellen en op duurzame manier bebossing en herbebossing mondiaal opvoeren.</p> <p>15.3 Tegen 2030 de woestijnvorming tegengaan, aangetast land en gedegradeerde bodem herstellen, ook land dat wordt aangetast door woestijnvorming, droogte en overstromingen, en streven naar een wereld die qua landdegradatie neutraal is.</p>
	<p>15.a Financiële hulpbronnen mobiliseren en aanzienlijk verhogen vanuit allerlei bronnen om de biodiversiteit en de ecosystemen te vrijwaren en op duurzame wijze te gebruiken.</p>

## Bijlage B: Interview vragen en geïnterviewden

---

### *Interviewvragen maatregelen (klei)bodem verbeteren voor/tijdens aanplant:*

*Wat kan een voedselbosbouwer doen om 14 planten met verschillende standplaatsvoorkeuren een zo goed mogelijke start te geven op kleigrond?" Voor dit onderzoek heb ik in de literatuur meerdere oplossingen gevonden en die wil ik graag toetsen met praktijkervaringen d.m.v. interviews. De gevonden oplossingen (of een combinatie daarvan) zijn doodhout toevoegen (successie), mycorrhiza toevoegen, mulchen, groenbemester/zaadmengsels, strooisel verbeterende bomen (b.v. linde), wormen en grondbewerking (i.v.m. verdichting en/of aanwezigheid dichte grasmat).*

---

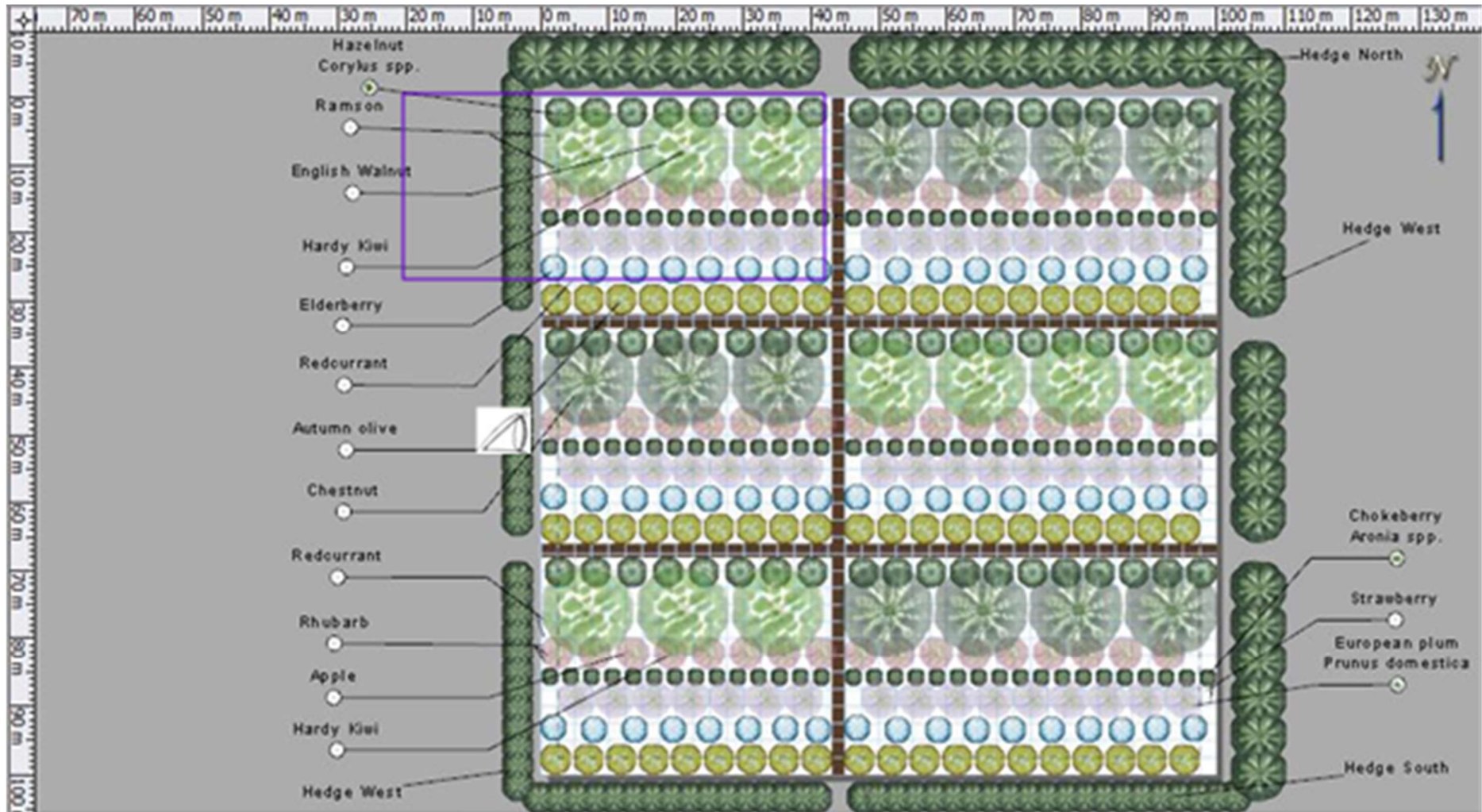
1. Wat is uw achtergrond?
2. Waar heeft u ervaring mee op het gebied van aanplanten van planten/ bomen?
3. Wat is het bodemtype? Klei, veen of zand? (I.v.m. het onderzoek voorkeur voor kleibodem)
4. Is er vooraf een systeemanalyse of bodemonderzoek gedaan van het gebied?
5. Hoe oud is de fruit- of notenboomgaard/ voedselbos/ plantenkwekerij?
6. Welke verbetermaatregel van de kleibodem is er voor het aanplanten genomen en hoe is deze toegepast? Als er geen verbetermaatregelen genomen zijn graag aangeven waarom niet.
7. Kunt u stap voor stap beschrijven hoe u een boom aanplant en of u speciale maatregelen neemt om de boom een betere start te geven?
8. Is er bij de aanleg rekening gehouden met standplaatsfactoren: voedselrijkdom, vochttoestand, zuurgraad van de grond(pH) en saliniteit?
9. Welke nazorg wordt er geleverd en hoe lang? (b.v. bemesting, mulchen, mychorrhiza....)
10. Als u het opnieuw mocht doen zou u het dan op dezelfde manier aanleggen? Wat zou u anders doen?
11. Tegen welke problemen loopt u aan qua bodem, planten, opbrengst planten en plaagdieren?
12. Hoe wordt er beschermt tegen wind, welke bomen/ struiken worden gebruikt en waarom?
13. Hoe wordt er omgegaan met droogte of juist met te veel neerslag of een te hoge grondwaterstand?
14. Zijn er speciaal bomen geplant ter verbetering van de bodem, strooiselkwaliteit en humusprofiel? Dus niet als voedselboom/ struik.
15. Heeft u nog eigen opmerkingen of tips waarom u iets wel of juist niet gedaan?
16. Welke boomgaard, voedselbos of aangelegd bos, raadt u aan om te bezoeken en wie te interviewen?



Tabel B1 Overzicht van de geïnterviewde ervaringsdeskundigen, functie en welke maatregelen ze treffen.

Expert	Datum	Geïnterviewden	Medium	Maatregelen
1	28-06-21	Kees van der Vaart, Staatsbosbeheer	Teams	Dood hout, mulchen, water geven bij droogte, windbescherming, goed plant materiaal, goeie uitleg vrijwilligers, niet kerende grondbewerking
2	02-07-21	Marjolein Themmen, voedselbos De Groene Oase	Op locatie	Dood hout, mulchen, bodem verbeterende bomen, windbescherming, goed plantmateriaal
3	13-07-21	Bastiaan Rooduijn, eigenaar Natvise, projectleider monitoringsprogramma voedselbossen	Telefonisch	Dood hout, mulchen, water geven bij droogte, strooisel verbeterende bomen, windbescherming
4	23-08-21	René Jochems, adviesbedrijf Groeibalans	Teams	Bodemonderzoek, dood hout, mulchen, water geven bij droogte, groenbemesters, groencompost, niet kerende grondbewerking, goed plantmateriaal
5	20-10-21	Liesbeth van Bommel, voedselbos Benthuizen	Telefonisch	Dood hout, mulchen, strooisel verbeterende bomen,
6	21-10-21	Johan Smits, biologische boomkwekerij Stadsbomerij.nl	Op locatie	Dood hout, groenbemesters, strooisel verbeterende bomen, windhaag, grondbewerking
7	25-10-21	Marien Abspoel, stichting Paradijsvogeltje Voedselbos	Telefonisch	Dood hout, water geven bij droogte, zaadmengsel voor bodembedekking, strooisel verbeterende bomen, windbescherming, bij fruitbomen paal erbij, compost in plantgat,
8	28-10-21	Jade Koop, biologische boomkweker en boomadviseur Jade Reforestery	Op locatie	Dood hout, mycorrhiza, bodem verbeterende zaadmengsels, paardenmest met stro voor wormen, grondbewerking,
9	15-12-21	Frans Janssen, Hoogstam hovenier	Email	Mulchen, palen, snoeien, goed plantmateriaal
10	20-12-21	Jan Degenaar, voedselbos Haarzuilens	Op locatie	Dood hout, mulchen, zaadmengsel voor bodembedekking en windbescherming, strooisel verbeterende bomen, windbescherming,
11	21-12-21	Remco Valk, TFI Vitaler groen	Teams	Wormen, organische stof toevoegen, beluchting,

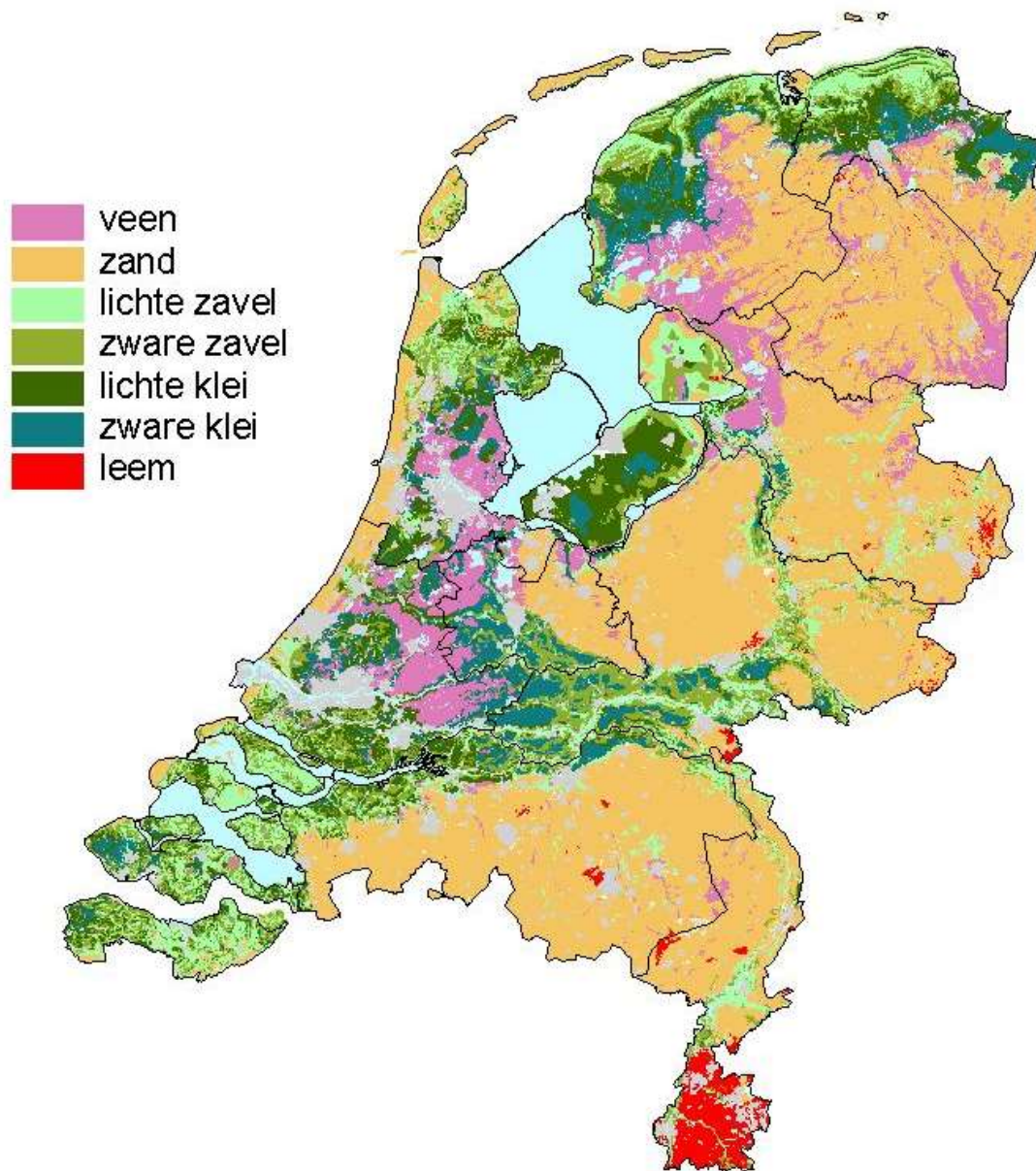
## Bijlage C: Ontwerp Yann Boulestreau



Figuur C1 Ontwerp van het volgroeide bos (50 jaar oud) volgens Yann Boulestreau (Boulestreau, 2016).

## Bijlage D: Grondsoortenkaart Nederland 2006

Om te kunnen zien waar de kleibodems in Nederland zich bevinden en hoe deze zich verhouden tot de grondwatertrappenkaart uit bijlage E voor een indicatie van de vochttoestand.

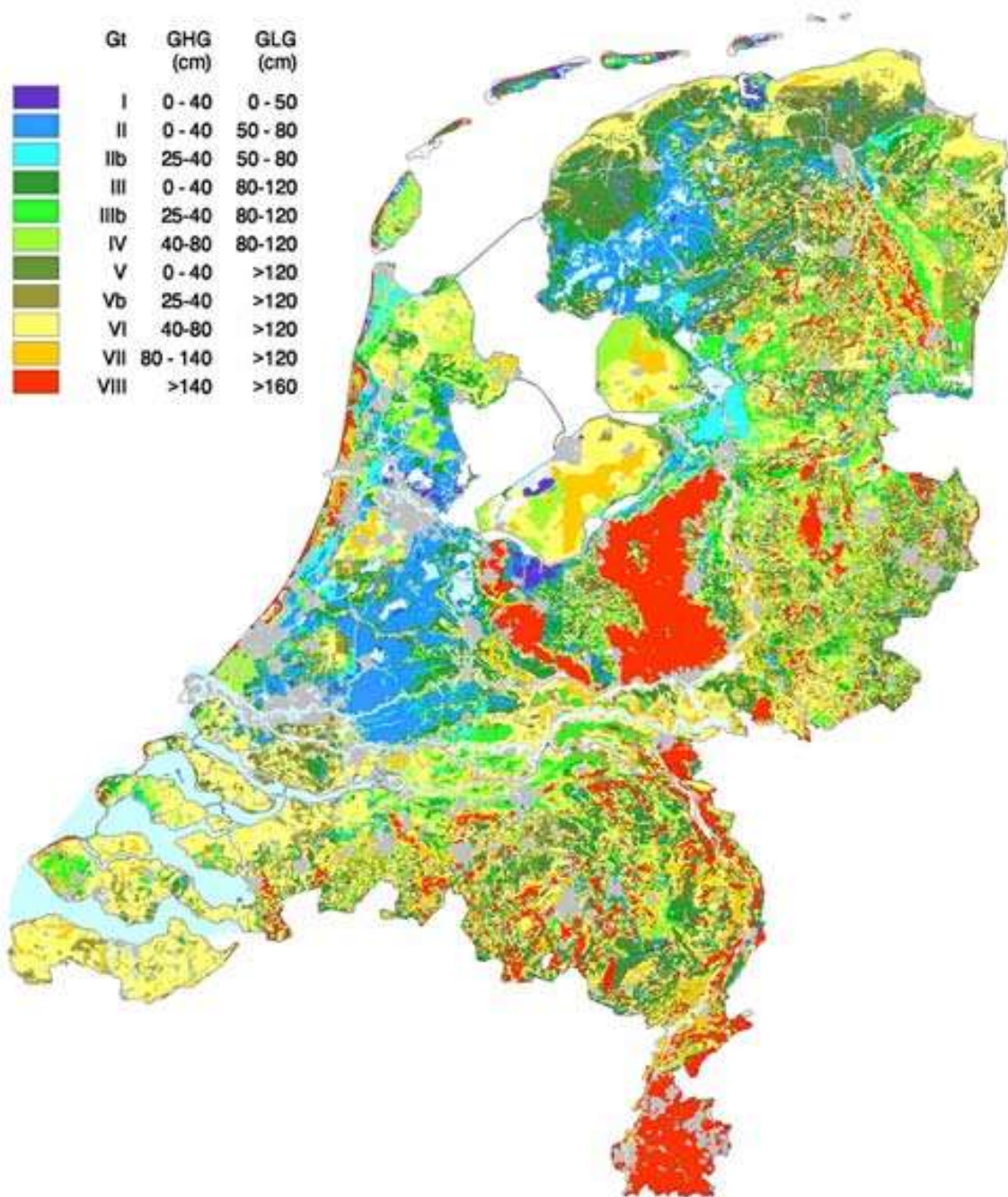


Figuur D1 Grondsoortenkaart 2006 (Alterra, 2006).



## Bijlage E: Grondwatertrappen Nederland

Het grondwaterstandsverloop wordt gekarakteriseerd met de Gemiddeld hoogste (GHG), de gemiddelde voorjaars- (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) GHG's en GLG's worden gecombineerd tot zogeheten grondwatertrappen (Gt's), die op kaarten worden weergegeven (Locher, De Bakker, & Steur, 1987).



Figuur E1 Grondwatertrappen Nederland, schaal 1: 50.000 (WUR, sd)

## Bijlage F: Mogelijke keuzes groenbemesters

Tabel F1 Eigenschappen van groenbemesters van belang bij het beschermen of verbeteren van de structuur (Leeuwen-Haagsma, et al., 2019)

Groenbemester	grondbedekking en gewasmasa	vorstgevoeligheid	beworteling		structuur verbeteraar	erosie preventie
			diepte	intensiteit		
Bladrammenas	●	●	●	●	●	●
Gele mosterd	●	●	●	●	●	●
Bladkool	●	●	●	●	●	●
Zwaardherik	●	●	●	●	●	●
Ethiopische mosterd	●	●	●	●	●	●
Engels raaigras	●	●	●	●	●	●
Italiaans raaigras	●	●	●	●	●	●
Westerwolds raaigras	●	●	●	●	●	●
Rietzwenkgras	●	●	●	●	●	●
Winterrogge	●	●	●	●	●	●
Japanse haver	●	●	●	●	●	●
Soedangras	●	●	●	●	●	●
Triticale	●	●	●	●	●	●
Witte klaver	●	●	●	●	●	●
Rode klaver	●	●	●	●	●	●
Alexandrijnse klaver	●	●	●	●	●	●
Perzische klaver	●	●	●	●	●	●
Voederwikke	●	●	●	●	●	●
Incarnaat klaver	●	●	●	●	●	●
Afrikaantje	●	●	●	●	●	●
Fatelia	●	●	●	●	●	●
Raketblad	●	●	●	●	●	●
Spurne	●	●	●	●	●	●
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Slecht</li> <li>◐ Matig</li> <li>◑ Goed</li> <li>◒ Zeer Goed</li> <li>● Excellent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Niet</li> <li>◐ Weinig</li> <li>◑ Matig</li> <li>◒ Gevoelig</li> <li>● Zeer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ondiep</li> <li>◐ Vrij ondiep</li> <li>◑ Vrij diep</li> <li>◒ Diep</li> <li>● Zeer diep</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Slecht</li> <li>◐ Matig</li> <li>◑ Goed</li> <li>◒ Zeer Goed</li> <li>● Excellent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Slecht</li> <li>◐ Matig</li> <li>◑ Goed</li> <li>◒ Zeer Goed</li> <li>● Excellent</li> </ul>	

Tabel F2 Droge stof productie en effectieve organische stof (Leeuwen-Haagsma, et al., 2019)

Groenbemester	d.s.productie gewas (kg/ha)			EOS (kg/ha)
	boven-gronds	onder-gronds	totaal	
Bledrammenas	3100	800	3900	875
Gele mosterd	3100	800	3900	875
Bledkool	3000	1000	4000	850
Zwaardherik	2000			535
Ethiopische mosterd	4000			
Engels raaigras	2200	2000	4200	1150
Italiaans raaigras	2500	1700	4200	1100
Westerwolds raaigras	2400	1700	4100	1050
Rietzwenkgras	2000	2000	4000	1050
Winterrogge <sup>1</sup>	1000	600	1600	850
Japanse haver <sup>1</sup>	1600			850
Soedangras	10000			
Triticale				
Witte klaver	2000	1300	3300	850
Rode klaver	2700	1600	4300	1100
Alexandrijnse klaver	2200	600	2800	600
Perzische klaver	2600	800	3400	800
Voederwikke	2500	500	3000	650
Incarnaat klaver	2700	1600	4300	1100
Afrikaantje	6000			1050
Facelia	2300	700	3000	650
Raketblad	5000	500	5500	850
Spurrie	2600	300	2900	650

<sup>1</sup>winterrogge en Japanse haver bij late inzaai Lege vakjes: geen gegevens beschikbaar.

---

*HET PLANTEN VAN EEN BOOM,*

*is een daad van geloof in de aarde,  
een daad van vertrouwen in de toekomst,  
een daad van naastenliefde voor toekomstige generaties,  
die van zijn vruchten zullen genieten,  
wanneer wij er niet meer zijn.*

*Louis Mercier, Franse schrijver en politicus (1740-1814)*

---