



**agroforestry
netwerk** Nederland

Handleiding

Bodemvoorbereiding voor Agroforestry

**Voor de aanplant van houtige gewassen
op verdichte landbouwbodems**



Introductie

Dit document is geschreven voor iedereen die met agroforestry aan de slag wil gaan en dus houtige gewassen wil aanplanten op bestaande landbouwgrond. Agroforestry in Nederland en Vlaanderen staat nog in de kinderschoenen als vorm van professionele landbouw, daarom is het belangrijk zoveel mogelijk kennis en ervaring te delen.

Eén van de meest voorkomende en meest onderschatte uitdagingen bij de aanplant van houtige gewassen op landbouwbodems is de vaak gebrekkige bodemgezondheid als vertrekpunt, waarvan specifiek de aanwezigheid van bodemverdichting. Helaas is bodemverdichting overal waar moderne landbouw wordt bedreven eerder regel dan uitzondering, en dit is problematisch voor de aanplant van houtig plantgoed. Een diep doorwortelbare bodem is van groot belang voor veel houtige gewassen, onder meer voor een stevige verankering, goede gezondheid en voldoende vermogen om water op te nemen, maar ook om competitie met het gewas en ondergroei te vermijden. De gevolgen van aanplanten op verdichte bodems hangen van veel factoren af, maar kunnen ernstig zijn en soms pas na vele jaren zichtbaar worden. Het belang hiervan wordt in de huidige praktijk dikwijls onderschat. Agroforestry is een lange termijn investering, waar de hoge opstartkosten ver voor de baten uitgaan. Daarom is een goede voorbereiding

van de bodem extra belangrijk. Als het houtige gewas eenmaal geplant is, kan je weinig meer doen zonder je gewas te beschadigen of vervangen.

Hier beschrijven we bondig en praktisch, op basis van zowel relevante theorie als ervaringen uit de praktijk, hoe je verdichting constateert en welke stappen je kunt nemen om dit op te lossen voorafgaand aan de aanplant van een houtig gewas.

Heb je al veel ervaring met verdichting, diepwoelen en/of groenbemesters? Lees dan de box: houtige versus eenjarige gewassen (pagina 3) en start bij Stappenplan voor bodemherstel (pagina 6). Ook voor de ervaren lezer kunnen hier nog nuttige tips in staan.

In de bijlages kan je meer gedetailleerde praktische handleidingen vinden voor (I) het bepalen van verdichting, (II) diepwoelen en (III) groenbemesters, bekijk deze goed als je verder de diepte in wilt.

Dit document is samengesteld door experts uit zowel de wetenschap als de Nederlandse praktijk, en sluit zo goed als mogelijk aan bij de huidige kennis en kunde in de Nederlandse en Vlaamse context. Heb je relevante praktijkervaring die deze handleiding verder kan aanvullen of verbeteren? We horen graag van je, neem contact op via de informatie op de achterzijde.

Wat is bodemverdichting?

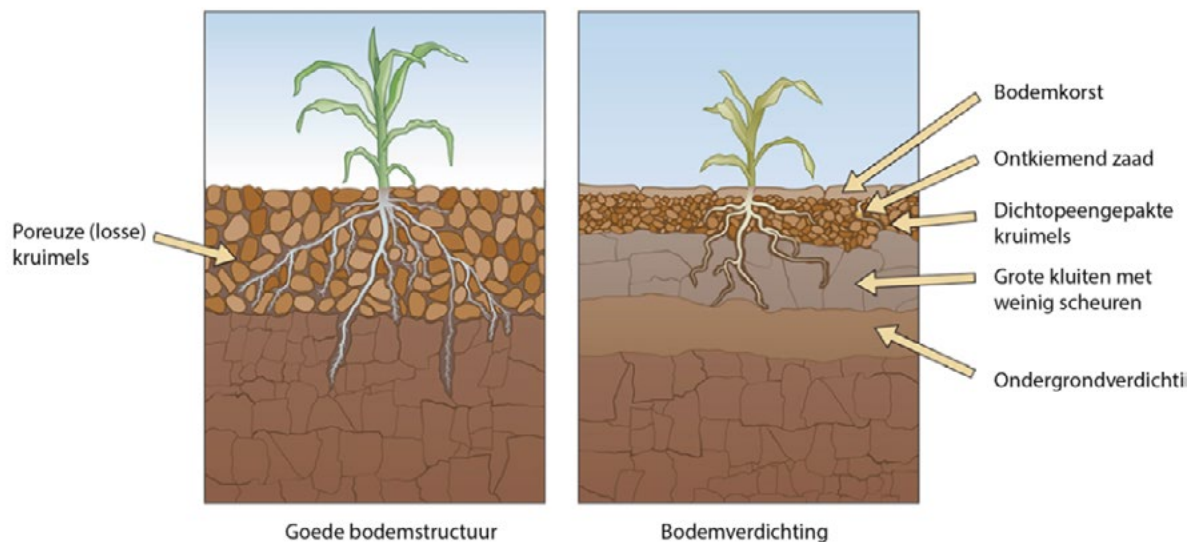
Bodemverdichting is een veelvoorkomend probleem in de moderne landbouw en ontstaat wanneer de bodem door zware machines, intensieve bewerking of beweiding door vee te sterk wordt samengedrukt. Vooral wanneer er veel vocht in de bodem zit, treedt er schade op, omdat de bodem dan makkelijker vervormt. Door het samendrukken verdwijnen poriën in de bodem, waardoor water en lucht moeilijker kunnen doordringen en wortels zich minder goed ontwikkelen of überhaupt niet meer door de laag heen kunnen groeien.

De gevoeligheid voor en gevolgen van bodemverdichting zijn sterk afhankelijk van onder meer de bodemtextuur (zand of klei), het organische stofgehalte en de aanwezigheid en kwaliteit van het bodemleven. Bodems met een hoger kleigehalte hebben kleinere poriën en zijn daarom gevoeliger voor verdichting. Tegelijkertijd kan het zwellen en krimpen van bodems met voldoende klei, als reactie op het vochtgehalte en vorst, een oppervlakkige verdichting weer deels verhelpen. Zandige bodems verdichten minder snel, omdat de grovere deeltjes moeilijker samen te drukken zijn. Maar als zandgrond eenmaal verdicht is, zeker in de diepere lagen, kan het zonder mechanische bewerking zeer lang duren voordat dit zich herstelt (Ampoorter et al. 2007, Zhang et al. 2024). Organische stof speelt tevens een belangrijke rol bij de gevoeligheid voor verdichting en de herstelsnelheid, want het maakt de bodem luchtiger en houdt vocht vast. Ten slotte kan een rijk en actief bodemleven helpen om het natuurlijke herstelvermogen te vergroten. Echter, het meeste organische stof en bodemleven bevindt zich in de toplaag (0-30cm) van de bodem, en hebben dus slechts beperkt invloed op het natuurlijk herstel van verdichting van diepere lagen.

De gevolgen van verdichting variëren ook met de seizoenen. In de zomer blokkeert een verdichte laag in de bodem de capillaire werking van kleideeltjes, waardoor vocht niet meer van diepere lagen omhoog gezogen wordt en het gewas volledig afhankelijk wordt van regen of beregening. In de winter blokkeert een verdichte laag juist het inzijgen van water in de bodem. Het water blijft bovenop de verdichte laag staan, en verdringt zo de lucht en zuurstof uit de bodem, waardoor wortels afsterven.

Bodemverdichting kan dus leiden tot een slechtere waterhuishouding, maar ook een verminderde opname van voedingsstoffen, groeiremming, en een verhoogde gevoeligheid voor ziektes en weersextremen. Dit kan als gevolg hebben dat houtige beplanting minder goed aanslaat, verminderde opbrengsten geeft, sneller uitvalt of makkelijker omwaait. Vrijwel alle landbouwgronden waar moderne landbouw wordt bedreven hebben in meer of mindere mate te maken met bodemverdichting, die vrijwel altijd de ondergrond treft. Dikwijls treft men verdichting aan vanaf 30cm cm diep, waar de schade niet meteen zichtbaar is, maar wel langdurig kan aanhouden (zie fig 1).

Verdichting is evenwel niet altijd het gevolg van moderne landbouw, maar kan ook van nature zijn ontstaan als gevolg van de geologie en/of hydrologie, zoals een keileemlaag in een gletsjervallei of verharding van een klei of ijzeroer-laag door een fluctuerende grondwaterstand. Het oplossen van deze verdichting is niet altijd zinvol, mogelijk of zelfs wenselijk, dus zorg ervoor dat je zeker weet of dit speelt op jouw bodem.



Figuur 1. Een illustratie van hoe bodemverdichting er uit ziet en wat voor effecten het heeft op de wortelgroei.



Houtige versus eenjarige gewassen

In de huidige agrarische praktijk is verdichting geen nieuw thema, en diepwoelen is nu bijna overal onderdeel van de werkzaamheden. Maar de kennis over verdichting en diepwoelen komt vrijwel altijd uit de context van het verbouwen van éénjarige gewassen. In deze handleiding ligt de focus juist op de aanplant van houtige gewassen. Een belangrijk verschil hierin is de benodigde bewortelingsdiepte. Voor éénjarige gewassen is een bouwvoor van ca. 30cm veelal genoeg voor het verbouwen van een gezond en productief gewas. Bovendien kan je eventuele problemen eenvoudig oplossen na de oogst, want je kunt er na iedere teelt weer bij. De meeste houtige soorten, en zeker grote bomen, hebben daarentegen een dieper doorwortelbare bodem nodig om op lange termijn gezond en productief te blijven, en als ze eenmaal aangeplant zijn, kan je er weinig meer aan doen. Daarom is het cruciaal dat er vóór de aanplant de juiste maatregelen worden genomen met een langdurig effect. De minimale worteldiepte die nodig is, verschilt per soort en per bodemtype. Ook de grondwaterstand heeft er veel invloed op, meer dan bij eenjarige gewassen. Bij sterk fluctuerende grondwaterstanden op ondiepe gronden kunnen houtige gewassen veel stress ervaren, omdat wortels die zijn aangemaakt in een droog seizoen zullen weggroten in een nat seizoen, en vervolgens eerst terug moeten groeien bij droogte. Bij een stabiele grondwaterstand kunnen veel soorten zich wat makkelijker aanpassen aan ondiepere bodems, maar dit verschilt sterk per soort. In de regel kan je stellen dat een doorwortelbare en goed gedraineerde grond van minimaal 1 meter diep voor vrijwel ieder houtig gewas gunstig is (mits er ook voldoende vocht en voeding aanwezig is uiteraard).

Hoe meet je bodemverdichting?

Bodemverdichting kun je op verschillende manieren meten, afhankelijk van hoe precies je het wilt hebben. We bespreken hieronder kort de meest praktische methoden, op volgorde van minst naar meest nauwkeurig. Let hierbij op dat een gebrek aan visuele (1) of oppervlakkige structurele signalen (2) bodemverdichting van diepere lagen niet uitsluit, terwijl juist dit op lange termijn problematisch kan zijn voor een houtige aanplant.

1. Visuele signalen

- Plasvorming, slechte waterinfiltratie.
- Matige ontwikkeling van het gewas
- Typische spontane vegetatie zoals o.a. zuring, distel, paardenbloem

2. Spadeproef

- Steek een kluit uit van 20x20cm en minimaal 40cm diepte met een spade.
- Breek voorzichtig open en kijk naar structuur, doorworteling en scheuren: slechte doorworteling, een rottende geur of blauwe vlekken kunnen indicaties zijn
- Ook afbuigende wortels of gladde, harde vlakken kunnen wijzen op verdichting.

3. Bodemprofiel met grondboor

- Boor een nauwkeurig profiel tot ca. 1 meter diep.
- Grote weerstand en gladde harde kluiten wijzen op verdichting (zie fig. 2)
- Geeft meer detail: waar begint/eindigt de verdichting en hoe is de ondergrond? Tot waar komt het grondwater? Etc.

4. Profielkuil

- Graaf een kuil tot ca. 1 m diep, met minimaal één wand glad en recht afgestoken, zodat het verloop van het bodemprofiel goed zichtbaar is.
- Let goed op de opbouw, doorworteling, geur en kleur: zie of voel je verdichte lagen?
- Arbeidsintensief, maar simpel en geeft een vollediger beeld.

5. Penetrometer

- Staaf met conische punt en drukschaal, die aangeeft hoeveel kracht nodig is om de bodem in te dringen (zie fig 3a en b).
- Geeft per dieptelaag een exacte meting van de indringingsweerstand.
- Laat zien waar de verdichte laag begint, hoe dik die is en ook hoe sterk verdicht

Praktische tips

- De penetrometer geeft in het veld het snelste inzicht in de belangrijkste informatie: of er verdichting zit, waar die precies zit en hoe ernstig het is. Heb je deze niet beschikbaar, begin dan met een grondboor. Dit vraagt wel meer tijd en ervaring.
- Neem ruim voldoende meetpunten per perceel, minimaal 25: de bodem kan sterk variëren, ook de verdichting. Werk met een W patroon voor een goede spreiding.
- Een goede, nauwkeurige uitvoering en een correcte interpretatie vraagt ervaring. Ga er niet te snel overheen, maar schakel een expert in als je zeker wilt zijn van je zaak.
- Ga je zelf aan de slag? Lees dan goed bijlage I: praktische handleiding bodemverdichting bepalen.

Belangrijk: Een onnauwkeurige analyse kan leiden tot verkeerde maatregelen en het probleem juist groter maken.



Figuur 2. Een bodemprofiel met de grondboor, van ca. 1m diep. Te lezen van rechts (oppervlak) naar links (ondergrond). Vanaf 25cm diep is de verdichte laag duidelijk zichtbaar door de grote gladde en dichtgepakte kluiten.



Figuur 3a. Penetrometer



Figuur 3b. Wijzer en schaal in PSI en bar

Stappenplan voor bodemherstel

Voor een goede en duurzame ontwikkeling van houtige gewassen, juist ook voor dieper wortelende soorten of soorten gevoelig voor hoge vochtgehaltes zoals hoogstamfruit, walnoten en kastanjes, is het nodig om verdichte lagen te doorbreken. Ook waar het mee lijkt te vallen, kan je er beter vóór de aanplant mee aan de slag volgens onderstaand 4-stappenplan. Want als de bomen eenmaal in de grond staan, kan je er niet meer goed bij (zie box op pagina 11).

Stap 1. Grond voorbereiden

Voer eerst eventuele andere grondwerkzaamheden en bemesting uit die nodig / gewenst zijn, vóórdat je gaat diepwoelen:

- **Perceel vlak maken:** kilveren of egaliseren, zodat ongewenste hoogteverschillen verdwijnen.
- **Drainage verbeteren:** denk hierbij aan het graven of uitdiepen van greppels, of het aanleggen van wadis en wallen of rabatten om water af te voeren of tijdelijk te bergen in lagere delen. Drainagebuizen zijn voor een houtige aanplant op lange termijn vaak minder geschikt, omdat bomen hierin kunnen gaan wortelen.
- **Andere grondbewerkingen** waar zware machines voor nodig zijn, zoals bijv. infrastructuur, bebouwing, vijvers, etc.: voer deze eerst uit.
- Heb je **mineraaltekorten**? Doe een uitgebreide bodemtest (bijv. via Van Iersel, Eurofins, BDB) en vul tekorten na het grondwerk aan van bovenaf (bekalken, etc.).
- Is het aan te planten **perceel nog begroeid met gras**? Verwijder dan eerst mechanisch de grasmat, minimaal op alle aan te planten lijnen, stroken of vlakken. Bespreek met een expert wat de beste manier van werken is voor het perceel in kwestie (schijfeg, rotorkopeg, krukasspit, ploegen, etc.).

Belangrijk:

- Pas ná deze werkzaamheden ga je diepwoelen, anders rijdt je de bodem weer dicht of beschadigt je de doorbroken laag.
- Beslis vóór stap 2 of je wilt gaan voor een volveldse bewerking, of dat je je beperkt tot de aan te planten rijen / stroken. Wat het beste is voor jouw situatie, hangt onder meer af van de toestand van je bodem, het ontwerp (rijafstand, beoogde houtige gewassen en tussenteelt), het toekomstig beheer en beschikbare tijd en budget. Denk bij een volveldse bewerking goed na over hoe je gaat voorkomen dat de bodem tussen je rijen niet opnieuw verdicht, bijvoorbeeld door het gebruik van vaste rijpaden en/of niet-kerende grondbewerking.
- Eventuele bekabeling en irrigatie kan je beter pas aanleggen na het diepwoelen, zodat je niks stuk trekt.

Stap 2. Verdichte laag doorbreken

Hiervoor gebruiken we een diepwoeler. Die zijn er in allerlei soorten en maten. Voor een effectieve ingreep, is het belangrijk dat je werkt met het juiste type diepwoel, op de juiste werkdiepte, met het juiste vochtgehalte van de bodem, op het juiste moment:

- Gebruik een diepwoeler met **smalle / dunne woelpoten**, zodat je zo min mogelijk grond keert en vooral doorbreekt, die verder goed is aangepast aan jouw bodem en situatie. Zo hebben gevleugelde tanden weinig extra effect bij een lichte verdichting, terwijl ze wel veel extra trekkracht kosten (zie bijlage II voor meer detail).
- Stel **de juiste werkdiepte** van de tanden af op de ligging van de verdichte laag. Je wilt er nét onder gaan werken, zo'n 5cm onder de verstoorde laag. Dus bij een verdichte laag van bijv. tussen de 25 en 35cm, werk je op 35 a 40cm. Ga je te diep, dan heb je kans op nieuwe verdichting van onderaf. Te ondiep werken geeft geen effect.

- Werk alléén als de **grond voldoende droog** is.

Voor kleigrond geldt:

- Een natte kleibodem breekt niet goed open maar vervormt of versmeert en je rijdt hem meteen weer dicht. Bij zwaardere gronden is dit een groot risico, en je kan slechter eindigen dan je begon.
- Een kurkdroge bodem kost bij zware grond veel trekkracht, meer slijtage en werkt minder effectief, omdat je grote grove kluiten krijgt, en je de verdichting minder optilt maar vooral onregelmatig breekt. Dit geeft minder blijvende structuurverbetering. Het is niet optimaal, maar geeft wel minder schade dan op een te natte bodem werken.
- De bodem is droog genoeg wanneer hij breekt of scheurt maar niet smeert of vervormt. Dit kan je testen door wat grond op de vastgestelde werkdiepte (zie boven) uit te graven en in je handen te nemen; zit er nog glans in en/of is het nog kneedbaar? Dan is het nog te nat. Is het keihard en bros? Dan is het wat te droog (zie fig 4a-b).
- Dikwijls is voor zwaardere gronden de late zomer de beste tijd, wanneer de grond voldoende opgedroogde is, maar met regen in het vooruitzicht. Dan kun je eerst nog een hoofdteelt oogsten en daarna meteen een groenbemester inzaaien als nateelt.

Voor zandgrond geldt:

- Een te natte zandbodem zakt in en kan bij leemhoudend zand ook versmeren. Nat zand glijdt langs de tanden en geeft een slechte liftwerking: je tilt de bodem niet op, maar snijdt er vooral doorheen.
- Bij een kurkdroge lichte bodem is de grond te poederig en kunnen de voren meteen weer instorten. Eigenlijk krijg je hetzelfde probleem als bij te natte grond, het behoudt zijn structuur niet. Woelen bij te droge grond verstoort bovendien de bestaande

poriënstructuur en kan zelfs extra inklinking geven na regen.

- Je kunt bij zandgrond dus het beste op iets vochtigere bodems werken, zodat het nog voldoende samenhang heeft. Maak een profiel op de vastgestelde werkdiepte. Als de grond niet inzakt of instort, maar zijn opening behoudt, kan je verder. Neem een schep grond naar boven: als het uit elkaar valt in losse aggregaten en luchtig voelt, dan zit je goed. Als het blijft plakken en in elkaar ploft is het te nat. (zie fig 4c-d).
- De beste tijd is meestal als de bodem na een drogere periode net een goede bui heeft gekregen, dikwijls einde zomer / begin herfst.
- Een beetje vocht is dus wel nodig om de bodem bewerkbaar te houden, bij zware gronden komt dit wat nauwer en wil je eerder aan de droge kant zitten, terwijl bij lichte gronden er gerust iets meer vocht in mag zitten en je juist niet te droog wilt werken.
- De beste timing kan per bodemtype en weersomstandigheden sterk verschillen, dus houd je eigen bodem goed in de gaten en laat je bij twijfel adviseren. Diepwoelen is alleen nodig als verdichting aantoonbaar aanwezig is (zie bijlage I) en doe je vlak voor het zaaien van een diep wortelend gewas (zie bijlage III),
- Controleer tijdens het woelen af en toe de diepte van de verdichting, met een profielkuil of sleuf dwars op de werkrichting, en stel bij waar nodig. Je wilt net onder de verdichte laag blijven werken. Als de diepte van de verdichting varieert over je perceel, terwijl je werkdiepte constant blijft, kan je eindigen met sommige stukken waar netto weinig is gebeurd (te ondiep gewoeld) en andere stukken waar de verdichting van onderop is versterkt (te diep gewoeld, zie bijlage II).

Verder is nog belangrijk:

- Diepwoelen kost veel trekkracht, zeker met brede vleugels of meerdere poten, dus zorg voor voldoende pk's en houdt rekening met de brandstofkosten.
- Zorg voor een goede pootafstand, als vuistregel kan je voor smalle tanden 1 a 1.5 x de werkdiepte aanhouden en voor gevleugelde tanden 1.5 tot 2 x. Te wijd betekent dat je niet alles meepakt, te smal leidt tot overbewerking en extra brandstofkosten
- Diepwoelen is het meest effectief dwars op de normale rijrichting, maar dat kan alleen bij een vollelds aanpak en is niet voor elk perceel praktisch
- Diepwoelen, mits juist uitgevoerd, kan heel effectief zijn en blijvend verbetering geven, zeker in combinatie met de aanplant van diepwortelende groenbemesters en houtige beplanting. Maar als de oorzaak niet wordt weggenomen (zoals het gebruik van zware machines of overbegrazing), dan is de verdichting zo weer terug.
- Als je je werkdiepte hebt vastgesteld, houd dan nog rekening met:
 - Eventuele archeologische verwachtingswaarden en beperkingen die dat kan geven op de diepte dat je de bodem mag verstoren. Dit kan je hier vinden.
 - Eventuele natuurlijk verdichte bodemlagen zoals een (kei)leemlaag of ijzeroerlaag, waarvan je bij een doorbreking de hydrologie ernstig zou kunnen verstoren. Zorg ervoor dat je zeker weet dat dit niet speelt op de bodemdiepte waar je wilt gaan woelen.
 - Essentiële infrastructuur zoals gas- water en electriciteitsleidingen. Doe hiervoor een KLIC melding.
- Effectief diepwoelen vraagt vakmanschap en kan nauw komen. Een slechte uitvoering kan tot grotere problemen leiden dan waar je mee begon, zoals een aangedikte verdichting van onderaf bij te diep of versmering bij te nat woelen.
- Lees je goed in (zie tabel 1 met links en bijlage

II diepwoelen), bespreek vervolgens met je loonwerker en collega's wat er beschikbaar is en wat hun ervaringen zijn, en kies dan het juiste type diepwoeler en bepaal het juiste moment.

- Werk bij voorkeur met een ervaringskundige, die aantoonbare kennis heeft van diepwoelen op jouw bodemtype en bij voorkeur ook in jouw omgeving.



Figuur 4. A) Te droge kleigrond die keihard is en bros. B) Te vochtige kleigrond die nog kneedbaar is. C) Te droge zandgrond die poederig is en geen structuur behoudt. D) Te natte zandgrond die inzakt.

Stap 3. Bodem opnieuw bedekken

- Zaai zo snel mogelijk na het diepwoelen een groenbemester in, liefst vlak voordat er regen op komt is
- Vermijd gras in de aanplantstrook: dit concurreert te sterk met jonge bomen.
- Aanbevolen soorten en mengsels:
 - **Vlinderbloemigen** (zoals rode klaver, luzerne): bindt N en wortelt diep
 - **Granen** (rogge, gerst, tarwe, haver): snelle kieming en doorworteling, veel organische stof. Gebruik wintergranen zoals winterrogge bij zaaien in late zomer.
 - **Eénjarige penwortelaars** (tillage radish, bladrammenas) voor snelle doorworteling in de diepere lagen
 - **Tweejarige penwortelaars** (cichorei, wilde peen, teunisbloem, etc.) voor extra diepe beworteling die noodzakelijk is om woelen op diepere lagen te borgen en meer biomassa in het tweede jaar te geven.
- Vul eventueel aan met akkerbloemen (korenbloem, klaproos, boekweit, etc.) t.b.v. de biodiversiteit.
- Zie bijlage III groenbemesters voor houtige gewassen voor details en zaaiadviezen.

Belangrijk:

- Een snelle bodembedekking is cruciaal, want onbedekte grond slaat bij regen snel weer dicht.
- Het selecteren en samenstellen van de juiste groenbemester voor jouw situatie (bodem, agenda, omgeving, etc.) is wederom vakwerk. Lees bijlage III goed en laat je bij twijfel adviseren.

Praktische tips

- Zorg ervoor dat de getrokken voren altijd weer met een rol dichtgedrukt worden
- Minimaliseer het aantal gangen na het diepwoelen. Combineer bewerkingen dus zoveel als mogelijk (bijv. diepwoeler, eg en zaaimachine in één werkgang, zie fig. 5).
- Let dus goed op de timing:
 - De bodem moet droog genoeg zijn voor effectief woelen (zie boven).
 - Regen in de weken erna helpt juist bij snelle kieming en ontwikkeling van de groenbemester.
- Markeer de boomlijnen direct na het inzaaien (met GPS én zichtbare paaltjes). Dit maakt het maaien of onderwerken van de groenbemester en de aanplant daarna veel makkelijker.



Figuur 4: Het combineren van werktuigen om het aantal gangen te minimaliseren: hier vlnr een zaaimachine, een cultivator en een diepwoeler in één. Bron: Boerderij.nl nov 2015

Stap 4. Plant aan; handmatig of machinaal, en zaai eventueel in

Bij handmatige aanplant:

Voordelen:

- Je impact op de bodem zal relatief beperkt zijn (mits niet te nat)
- Je hoeft de groenbemester – volvelds of in de plantrij – dan niet per se van tevoren te maaien of onder te werken
- Je hoeft na het aanplanten en mulchen dan niet opnieuw te zaaien om de bodem bedekt te houden (maar het kan natuurlijk wel, naar wens)

Nadelen:

- Je moet wel voldoende handen beschikbaar hebben, want dit is veel werk!
- Is alleen realistisch bij kleinere maten (<10 cm stamomtrek)

Machinale aanplant:

Voordelen:

- Bespaart veel tijd en moeite
- Dikwijls laat een plantmachine de grond in de aanplantstrook zwart achter, dat biedt ruimte voor een permanente bodembedekker zoals witte klaver

Nadelen:

- Bij een late aanplant in febr-apri (zie bijlage III) kun je de strook vlak vóór het aanplanten mechanisch inzaaien, maar dit is niet altijd succesvol
- Mechanisch inzaaien in de plantrijen ná aanplant zal lastig te realiseren zijn, tenzij je custom mechanisatie beschikbaar hebt, zodat je bijv. kunt zaaien met een zwenkarm. Anders is handmatig inzaaien na aanplant nodig (zie bijv. bijlage III, fig IIb-midden) om ongecontroleerde groei van gras, wat de jonge aanplant zal benadelen, te voorkomen.
- Afhankelijk van welke machines je gebruikt, zal je de groenbemester moeten maaien of onderwerken (zie bijlage III). Chemisch beëindigen verdient niet de aanbeveling, want dit kan de jonge bomen ook negatief beïnvloeden
- Als je met zware (plant)machines werkt, kan je de bodem weer deels opnieuw verdichten, denk hier goed over na. Werk bijv. met vaste rijpaden.





Wat als je al aangeplant hebt?

Dit document is gericht op maatregelen die je kan nemen vóór de aanplant. Heb je al (deels) aangeplant en pas daarna verdichting geconstateerd? Veel suggesties zijn dan niet meer uitvoerbaar, je kunt immers niet diepwoelen daar waar het juist het meeste nodig is; pal onder de bomen. Afhankelijk van de leeftijd van je aanplant, de rijafstand, plantdichtheid en de ernst van de verdichting, zijn er echter alsnog wel mogelijkheden tot verbetering:

- Staat je aanplant niet langer dan 1 seizoen en is de rijafstand voldoende voor machinale bewerking? Dan kan je er zo vlak mogelijk langs werken aan weerszijden. Bepaal de afstand tot de stam op basis van de kluitbreedte zoals je het plantgoed aangeleverd kreeg, met een kleine marge (5 a 10cm) om wortelschade zoveel mogelijk te voorkomen. Als de plantafstanden en het plantverband in de rij het toelaten, kan je ook nog haaks op de rijrichting werken, dan kan je langs alle zijden de bodem los woelen.
- Staat je aanplant al meerdere seizoenen in het veld? Dan is een werkgang strak langs de aanplant niet aan te bevelen, dat kan meer schade aanrichten dan je probeert te voorkomen. Houdt de rijbreedte van de aanplantstroken intact zoals in het ontwerp, en woel alleen de teeltzone (de ruimte tussen de rijen). Een sterke groenbemester mix met veel penwortelaars (zie bijlage III) zou dan vervolgens nog wel ruimte kunnen maken voor diepere wortels onder de teeltzone. Let op, dit is alleen zinvol als de wortels vervolgens voldoende tijd krijgen om naar de losse ondergrond toe te groeien en zich goed te verankeren. Dit kan jaren duren, zodat betreding met zwaar materiaal en/of bodembewerking langs de aanplantstroken voorlopig niet mogelijk is. Vaste smalle rijpaden en niet-kerende bodembewerking zijn dan aan te bevelen.
- Wil of kan je überhaupt niet meer diepwoelen? Dan zijn sterkwortelende groenbemesters en pionierbomen zoals elzen of robinia je beste kans, maar die zullen pas op lange termijn verdichting kunnen verbeteren. Laat je nader adviseren over de beste keuzes op jouw bodem en plek.

Tabel 1. Links met bronnen en verdiepende publicaties over de thema's in dit document.

Titel	Thema	Jaar	Link
Preventie en herstel van bodemverdichting	Bodemverdichting	2024	https://edepot.wur.nl/673453
Bodemverdichting: ondergrond en bovengrond	Bodemverdichting	2012	https://edepot.wur.nl/637673
Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie	Bodemverdichting	2010	https://www.researchgate.net/publication/282730355_Bodembreed_Interreg_Bodemkwaliteit_en_landbouw_een_literatuurstudie
Dossier bodemgezondheid ILVO	Bodemgezondheid		https://ilvo.vlaanderen.be/nl/dossiers/bodemgezondheid
Effects of reduced tillage on (cash) crop yields, soil quality and other ecosystem services	Diepwoelen	2023	https://edepot.wur.nl/635821
Using Subsoiling To Reduce Soil Compaction (USDA Forest Service)	Diepwoelen	2008	https://www.fs.usda.gov/t-d/pubs/pdfpubs/pdf08342828/pdf-08342828dpi72.pdf
A guide to successful subsoiling	Diepwoelen	2015	https://cetab.bio/wp-content/uploads/2015/11/weill_2015_guide_to_successful_subsoiling_cetab.pdf
Aanplant van de bomen: van manueel tot machinaal	Aanplant	2026	https://www.agroforestryvlaanderen.be/nl/nieuws/aanplant-van-de-bomen-van-manueel-tot-machinaal
Aanleg en beheer van de strook onder de bomenrijen	Aanplant	2021	https://www.agroforestryvlaanderen.be/nl/nieuws/aanleg-en-beheer-van-de-strook-onder-de-bomenrijen
The effects of bio-subsoiling species on recovery of compacted subsoils: a literature review	Groenbemesters	2024	https://edepot.wur.nl/673624
Groenbemesters	Groenbemesters	2020	https://edepot.wur.nl/549699
Actualisatie kengetallen groenbemesters	Groenbemesters	2019	https://edepot.wur.nl/497019
Handboek Groenbemesters	Groenbemesters	2023	https://www.handboekgroenbemesters.nl
Groenbemester keuzewijzer	Groenbemesters		https://www.groenbemesterkeuzewijzer.nl/
Groenbemester mechanisch onderwerken	Groenbemesters	2024	https://agrarischwaterbeheer.nl/maatregel/groenbemesters-mechanisch-onderwerken/
Kennisloket Agroforestry	Agroforestry breed		https://www.agroforestryvlaanderen.be/nl/kennisloket
Kennisbank Agroforestry	Agroforestry breed		https://kennisbank.agroforestry-netwerk.nl/

Bijlage I: Praktische handleiding bodemverdichting bepalen

1. Grondboor

Een bodemprofiel gemaakt met een grondboor geeft inzicht in de opbouw, structuur en eventuele verdichting van je perceel. Met een eenvoudige grondboor kun je al veel.

Benodigheden

- Grondboor (zie fig I-a)
- Smartphone voor foto's en aantekeningen (of notitieblok)
- Evt. meetlint of stok met dieptemarkeringen

Stappenplan:

1. Kies de locatie

- Neem monsters op voldoende, representatieve plekken van het perceel.
- De juiste monsterdichtheid hangt af van hoe sterk de bodem varieert, bij een redelijk gelijkmatige bodem is 3-5 monsters per hectare voldoende
- Vermijd perceelranden, rijsporen van machines en ongebruikelijke plekken, want die geven geen gemiddeld beeld

2. Boor de grond uit

- Zet de boor recht op de bodem en draai hem stevig in de grond.
- Haal de boor rustig omhoog.
- Leg de grond netjes op volgorde op het zeil: boven van boven, onder van onder.
- Herhaal tot de gewenste diepte (meestal 60-100 cm).

3. Beschrijf het profiel

Let bij iedere laag op de volgende signalen die kunnen duiden op verdichting:

- Structuur: let op stugge kluiten die keihard aanvoelen (klei) of sterk samengepakt zand (dat in extreme gevallen als een cementlaag kan voelen)
- Ondervind je veel weerstand en moet je extra kracht geven om de boor dieper te krijgen?
- Tref je wortels aan, ook op diepere lagen? Weinig wortelgroei kan blijk geven van verdichting
- Roestplekken of een natte riekende laag kunnen duiden op staand water en gebrek aan zuurstof in de bodem (zie fig Ib). NB dit kan ook andere oorzaken hebben.
- Zijn er scheuren en poriën zichtbaar ook op de diepere lagen?

4. Leg vast en gebruik de informatie

- Maak foto's van de lagen, noteer begin en einddieptes en opvallende verschillen.
- Maak een kaartje waar je boringen hebt gedaan, voor een ruimtelijk overzicht

Tips

- Leg er een meetlint naast, dan kan je precies zien op welke diepte je bent gekomen
- Werk bij licht vochtige grond (niet kurkdroog of kletsnat).
- Voel vooral goed wat er gebeurt, tijdens het boren en ook in de grond die omhoog komt: dat werkt veel beter dan alleen kijken
- Vergelijk meerdere profielen op verschillende plekken, voor een betere dekking
- Combineer met een penetrometermeting voor een nauwkeuriger beeld.



Figuur Ia. Vier bodemprofielen gemaakt op bodems die allen in meer of mindere mate verdicht zijn. Bij een uitgelegd profiel is dit zeker op zandgrond lastig zichtbaar, maar het is wel duidelijk voelbaar. Van boven naar onder; zeeklei nat, zeeklei wat droger, zand nat, zand droog.



Fig 1b. Close-up met oranje roestplekken en onverteerd organisch materiaal zichtbaar, wat duidt op een gebrek aan zuurstof, bijvoorbeeld door staand water. Dit kan een indicatie kan zijn van verdichting in de ondergrond, maar het kan ook komen door een periodiek hoge grondwaterstand. Als je roest aantreft, boor dan dieper om de ondergrond te onderzoeken.

2. Penetrometer

Een penetrometer is een apparaat waarmee je de indringingsweerstand van de bodem kan meten. Ze zijn er in meerdere soorten. Het meest gangbaar is de analoge penetrometer. Dit is een meetstaaf met een conische punt, die werkt op basis van de mechanische samendrukking van een gekalibreerde veer, met een analoge schaal die aangeeft hoeveel kracht nodig is om de staaf de bodem in te drukken (zie 1c). Je hebt ook een digitale variant, die de data meteen kan opslaan en uit kan zetten tegen de diepte (zie 1d). Een andere variant hiervan is de penetrograaf, die schrijft de weerstand op in relatie tot de diepte in een real-time grafiek. Dit is een wat ouder instrument dat wel nauwkeurig maar minder makkelijk werkt. En tot slot

is er nog de penetrologger, die werkt iets anders met een interne ultrasone sensor en is substantieel duurder (beiden niet afgebeeld). Voor het hier beoogde doel is een relatief simpele analoge penetrometer veelal voldoende om de gecompacteerd laag te kunnen opsporen en beschrijven.

Opbouw (zie fig 1d)

- Metalen staaf: meestal 60–100 cm lang.
- Kegelvormige punt: standaarddiameters zijn vaak 1 of 2 cm², afhankelijk van het type bodem.
- Druksensor of veer + schaal: meet de weerstand, meestal in MPa of kg/cm².
- Handvat: om gelijkmatig druk te zetten.

Gebruik in het veld

1. Zet de penetrometer verticaal op het bodemoppervlak.
2. Druk de staaf langzaam en gelijkmatig naar beneden (ongeveer 2 cm per seconde). Te snel duwen geeft foutieve, te hoge waarden.
3. Lees tegelijkertijd de weerstand af op de schaal. Bij digitale modellen wordt de waarde automatisch geregistreerd en soms ook dieptegelinkt. Bij sommige merken (bijv Imants) zit er elke 7.5cm een streepje, dan kan je ook de gemiddelde weerstand per bodemlaag waarnemen
4. Stop met meten zodra de weerstand boven de 7 MPa / 1000 PSI komt – dan kan je de conische punt en/of veer beschadigen en uit kalibratie halen, de metingen zijn dan niet meer betrouwbaar
5. Soms kom je een steen of ander hard voorwerp tegen, begin dan opnieuw vlak ernaast
6. Herhaal je meting sowieso enkele keren per monsterplek en bereken gemiddeldes

Belangrijk om te weten

- Bodemvocht: de meting is sterk afhankelijk van vocht. Een droge grond geeft hogere waarden, een natte grond lagere. Daarom is het best te meten bij normale veldvochtigheid (niet kurkdroog, niet verzadigd nat).
- Diepte: verdichte lagen zitten meestal op 15–40 cm, voor oude ploegzolen soms wel op 50cm, of zelfs meer als de grond gekilverd is
- Vergelijken: meet altijd op meerdere plekken verspreid over het perceel en leg de resultaten naast elkaar.

Interpretatie

Als vuistregel kan je onderstaande tabel aanhouden voor de interpretatie van de waardes, in verschillende eenheden gegeven afhankelijk van je model.

Met een penetrometer meet je dus niet alleen óf er verdichting is, maar ook waar (op welke diepte) en hoe erg. Hoe precies en handig je dit kan doen, verschilt per model. In de regel is een simpel analoog model zoals van het merk Imants of Redexim voldoende.

MPa	PSI	bar	kg/cm ²	Type
< 2	< 290	< 20	< 20,4	Geen probleem voor wortelgroei
2 – 3	290 – 435	20 – 30	20,4 – 30,6	Begin van belemmering
> 3	> 435	> 30	> 30,6	Sterke verdichting
> 5	> 725	> 50	> 51	Zeer sterke verdichting / praktisch ondoordringbaar



Figuur 1c. Links een analoge (Redexim), rechts een digitale penetrometer (Fieldscout).

Fig 1d. Een penetrometer en haar onderdelen (merk Imants)

Bijlage II Diepwoelen

Een diepwoeler is een werktuig dat verdichte lagen in de bodem (de zogenoemde ploegzool of verdichte ondergrond) doorbreekt. Hij werkt dieper dan een gewone ploeg of cultivator, vaak tussen de 25 en 60 cm, afhankelijk van de bouw en instelling.

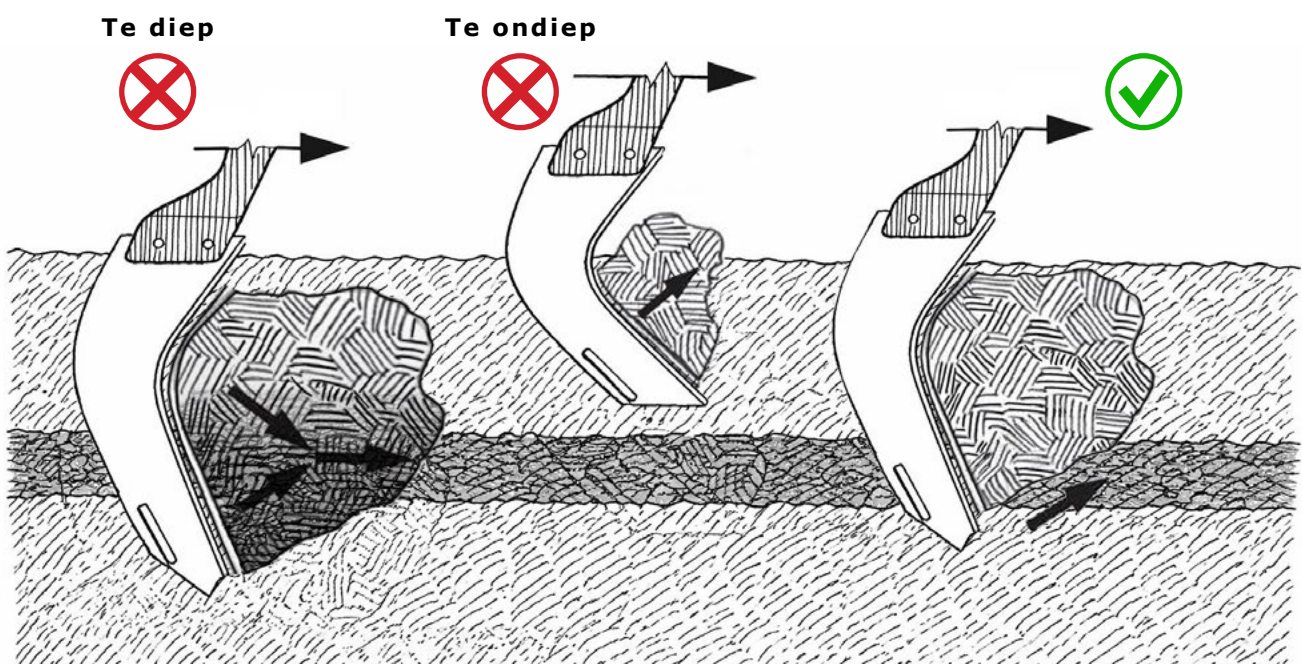
Doel en werking:

- Verdichting opheffen: wortels krijgen ruimte om dieper te groeien.
- Waterhuishouding verbeteren: regenwater kan beter infiltreren en afvoeren.
- Bodemleven activeren: meer zuurstof en doorwortelbare ruimte voor bodemorganismen.

De woelpoot dringt verticaal in de grond. Onderaan zit de beitel(punt), vaak aangevuld met vleugels die de grond optillen en daarmee openbreken (zie fig IIa en c). Cruciaal is dat de grond waar de verdichte laag zit losgetrokken wordt, te ondiep woelen is niet effectief, te diep woelen kan de verdichting juist erger maken door het aan te dikken van onderaf (zie figuur IIb). Een goed afgestelde diepwoeler werkt *nét* onder de verdichte laag, en maakt scheuren in de bodem zonder de bouwvoor te mengen of te keren. Dit kan dus onderdeel zijn van Niet-Kerende Bodembewerking (NKB).



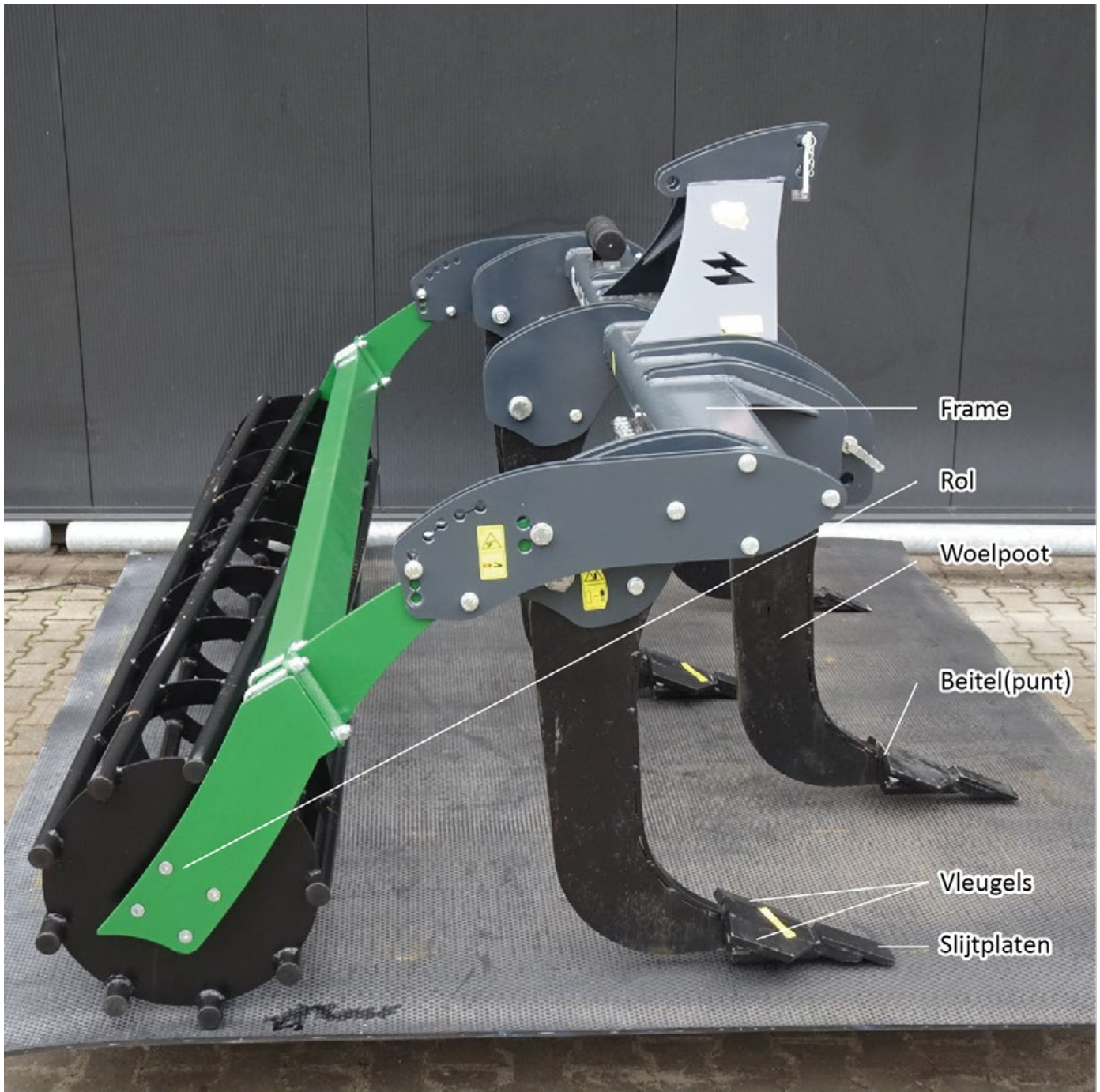
Figuur IIa. Illustratie van het principe en effect van diepwoelen



Figuur IIb. Te diep woelen (links) kan de compactie aandikken, te ondiep (midden) lost niks op. Precies onder de verdichting is het meest effectief (rechts). Vrij aangepast uit bron: CETAB 2015

Diepwoeler onderdelen

- Woelpoot: de werkende tand die in de grond gaat.
- Beitel (punt): Uiteinde van de woelpoot, dat de bodem open snijdt.
- Vleugels: zijwaartse verbredingen aan de beitel die de werkbreedte per tand vergroten
- Slijtplaten: bescherming van de poot, vangt de slijtage op en is vervangbaar.
- Frame + rol: bepalen de werkdiepte en stabiliteit, en de rol drukt de opengetrokken voren weer goed aan



Figuur IIc. Diepwoeler met alle onderdelen beschreven.

Diepwoeler types en hun kenmerken

Diepwoelers vind je in veel soorten en maten. We gaan hier kort in op de verschillende mogelijkheden, te beginnen met een omschrijving van de verschillende poottypes.

Diepwoelpoten (zie fig IIe):

1. Rechte poot

- Voordelen: eenvoudig ontwerp, lage aanschafkosten; effectief bij ondiepe verdichting.
- Nadelen: vraagt relatief veel trekkracht; neiging om te snijden i.p.v. de grond op te tillen, waardoor de verdichte laag minder doorbreekt.

2. Gebogen poot

- Voordelen: tilt de grond op, breekt verdichte lagen effectiever open; vraagt lagere trekkracht dan een rechte poot; geeft goede kruimelstructuur.
- Nadelen: de diepte instelling komt nauwer, anders geeft de poot teveel weerstand of zorgt voor onvoldoende breken.

3. Voorover hellende poot

- Voordelen: betere penetratie in harde grond en verlaagt het risico dat de tand naar achteren buigt.

- Nadelen: kan leiden tot meer verstoring/menging en is minder energie-efficiënt bij lichtere bodems.

4. Schuin geplaatste poot (Paraplow)

- Voordelen: verplaatst grond zijwaarts i.p.v. recht omhoog, dat geeft minder open scheuren aan de oppervlakte; kan werken in iets vochtigere omstandigheden; geschikt voor erosiegevoelige hellingen.
- Nadelen: vraagt specifieke machine-opstelling; minder effectief bij diepe, harde storende lagen.

Diepwoelbeitels/punten (zie fig. IIId):

a. Smalle punt

- Voordelen: lagere trekkracht, minder bodemverstoring; vooral geschikt voor lichte verdichting
- Nadelen: minder breed effect, en dus wat minder structuurverbetering.

b. Gevleugelde punt (winged point)

- Voordelen: tilt een bredere strook bodem omhoog; meer scheurvorming > betere losmaking en wortelpenetratie.
- Nadelen: hogere trekkracht; risico op scheuren in het oppervlak bij te ondiep ingezet



Figuur IIId. Twee verschillende beitelpunten. Links een nauwe en rechts een gevleugelde punt. Bron: CETAB, 2015.



Figuur IIe. Vier verschillende poottypes. Van linksboven naar rechtsonder: rechte poot, gebogen poot, voorover hellende poot, en een schuingeplaatste poot (slanted leg).

Bron: CETAB, 2015.

Bijlage III: Groenbemesters voor de aanplant van houtige gewassen

Groenbemesters zijn gewassen die niet primair voor productie worden geteeld, maar om de bodemkwaliteit te verbeteren en agronomische voordelen te bieden. Ze worden vaak na een hoofdteelt ingezaaid en dragen bij aan het vasthouden van voedingsstoffen, het verbeteren van de bodemstructuur en het onderdrukken van onkruid. Daarnaast kunnen sommige groenbemesters stikstof aan de bodem toevoegen. Door hun wortelstelsel en gewasbedekking helpen ze bodemverdichting en erosie tegen te gaan en de waterhuishouding van de bodem te stabiliseren. Groenbemesters vormen zo een snelle en praktische manier om de vruchtbaarheid en gezondheid van landbouwgrond te vergroten. Ze zijn ideaal als voorbereiding voor de aanplant van bomen, omdat ze de bodem snel kunnen bedekken en verbeteren en, mits goed uitgevoerd, de houtige gewassen ook direct voordelen kunnen geven (zie onder).

1. Doelen

Met groenbemesters kan je allerlei verschillende doelen behalen. Hier zijn we met name geïnteresseerd in de bodem voorbereiden op de aanplant van houtige gewassen. In onderstaande lijst vind je de belangrijkste doelen hiervoor, op volgorde van prioriteit.

- **Structuur & bewortelbaarheid:** een goed mengsel zorgt voor diepe penwortels en veel organische stof. Daarmee houd je de structuur luchtig, zorg je voor een betere waterhuishouding en voorkom je dat de bodem snel weer verdicht. In deze groeiomstandigheden zullen je houtige gewassen sneller aanslaan.
- **Onkruid en opslag onderdrukken:** een snelle bodembedekking zorgt voor een lage onkruiddruk en remt vergrassing. Gras is de belangrijkste concurrent van jonge bomen, meer dan andere kruiden, remming van gras is daarom een belangrijk doel.
- **Stikstof binden:** alle vlinderbloemige soorten in groenbemesters (klavers, luzerne, wikkas, erwten, etc) leggen stikstof vast die later ter beschikking

zal komen aan je houtige gewassen. Veel soorten hebben ook een diepe doorworteling.

- **Erosie/verdamping beperken:** een gesloten vezelrijke dekking (bijv. door granen) zorgt voor minimale verdamping van bodemvocht, buffert de bodemtemperatuur en voorkomt ook structuurbederf door neerslagextremen

2. Waar zaaien

Je kunt een vollelds inzaai doen, maar afhankelijk van de situatie kan zaaien in stroken beter zijn. Voor het werken in stroken zijn veel varianten mogelijk. We bespreken hier kort enkele mogelijkheden en hun voor- en nadelen.

Vollelds

Vollelds zaai is het makkelijkst te realiseren: je bent in één keer klaar, met een uniform effect (zie fig. IIIa). Maar als je al weet waar je onderhoudspaden komen, of je wilt de tussenliggende ruimte kort daarop nog voor een hoofdteelt benutten, dan kan het zonde van de ruimte, moeite en kosten zijn om alles uniform in te zaaien.

Voordelen:

- Eenvoudig realiseerbaar en uit te besteden
- Uniforme, snelle en volledige bodemopbouw (organische stof & stikstof)
- Effectieve onkruidonderdrukking
- Consistente erosiebescherming
- Uniform microklimaat



Figuur IIIa. Vollelds inzaai van graskruiden, in combinatie met tamme kastanjes. Bron: ILVO

Nadelen:

- Kan machinale toegang tijdelijk bemoeilijken
- Minder flexibiliteit
- Hogere aanlegkosten (meer m² voorbereiden, meer zaaigoed)
- Vaste structuren zoals logistieke paden, irrigatie, kabels/leidingen of wortels van nabij liggende bomen kunnen een belemmering vormen

Stroken

Bij zaaien in stroken maak je (minimaal) onderscheid tussen onderhouds- of teeltpaden en aanplantstroken. Tussen de stroken kan je uiteraard nog een hoofdteelt integreren (grasland of bouwgewas, zie fig. IIIb). De teeltpaden en aanplantstroken kan je naar wens elk inzaaien met een ander mengsel. We bespreken hier drie varianten.

1. Aanplantstroken inzaaien met mengsel dat hoog opgroeit, teeltzones en onderhoudspaden inzaaien met laag mengsel en/of bedekt houden met gewasresten vorige teelt.

Voordelen:

- Teeltpaden eenvoudig vrij te houden of weer benutten als hoofdteelt
- Maaisel of stobbe kan worden benut als extra mulch in aanplantstroken
- Hoge groei van het mengsel zorgt voor directe wind, vorst- en hittebeschutting, natuurlijk plaagbeheer en maximaal organische stof
- Eventueel kostenbesparing op zaaigoed en brandstof (minder m²).

Nadelen:

- Minder m² benut voor maximale bodemverbetering met groenbemester (diepe doorworteling en organische stof).
- Specialistisch werk: nauwkeurige planning van zaaipatroon en timing. Kan wel direct gecombineerd worden met het uitzetten van de plantrijen.



Figuur IIIb. Groenbemester in aanplantstroken. Boven: alleen nog een groenbemester in de aanplantstrook, de teeltzone (alley) is alweer ingezet voor een hoofdteelt (var 1). Midden: op de aanplantstrook is een nieuw mengsel ingezaaid (zie ook markering), daarnaast is het restant van een oud (vollevelds) cultuurgewas nog zichtbaar (var 1). Onder: Korte gemaaide groenbemester in plantstrook, met daartussen een hoofdteelt (var 2).

Foto boven: Andy Dibben. Foto midden: Natuurlijk Berghof – FoodForestFactory. Foto onder: ILVO

- Onderhoud in aanplantstrook tijdelijk lastig door hoog gewas dat meer tijd nodig heeft voor beëindiging.

2. Aanplantstroken met kort, maaibaar of makkelijk te beëindigen mengsel, en onderhoudspaden of teeltzones (alleys) inzaaien met hoog mengsel.

Voordelen:

- Aanplantstroken beter toegankelijk voor onderhoud
- Groter aantal m² benut voor maximale bodemverbetering t.o.v. variant 1.
- Voorkomt slechte beluchting direct rondom stam in nat jaar en minder woelmuisdruk in droog jaar
- Hoog mengsel zorgt evengoed voor windbeschutting en natuurlijk plaagbeheer, maar dan op iets grotere afstand van bomen

Nadelen:

- Vraagt meer onderhoud om op de aanplantstrook de bedekking kort te houden
- Verhoogt risico op wortel- of stamschade (machineschade, hitteschade, vorstschade), hiervoor is aangepast materieel nodig
- Lastig uit te voeren: nauwkeurige planning van zaaipatroon en timing.
- Kan iets duurder uitvallen dan variant 1 (hogere kosten zaaigoed en onderhoud)
- Teeltpaden pas na beëindiging van het hoge gewas weer beschikbaar voor een hoofdteelt

Je kan de aanplantstroken ook onbedekt/zwart laten. Dit vraagt echter evengoed aangepast materieel (bijv. een schoffelmachine met inklapbaar mes), en is verder niet aan te raden, omdat de bodem dan snel weer in kwaliteit kan verlagen (minder bodemleven, grotere kans op erosie, verdichting, etc) en de onkruiddruk omhoog schiet.

3. Volleveldsinzaai met kort mengsel, stroken met hoog mengsel

Voordelen:

- Als de uitgangssituatie een kale akker is, kan een volleveldsinzaai zoals kruidenrijk grasland met klavers snel bedekking en verbetering geven.
- Het hoge mengsel in de rijen zorgt daar bovenop voor meer biomassa en diversiteit boven- en ondergronds en onderdrukking van gras in de bomenrij.
- Makkelijker uitvoerbaar dan apart zaaïen van de teeltzones én de stroken.

Nadelen:

- De kosten zijn hoger omdat je de stroken als het ware twee keer zaait.
- Onderhoud in aanplantstrook tijdelijk lastig.

4. Wanneer zaaïen

Voor een geslaagde groenbemesterteelt in combinatie met de aanplant van bomen of struiken in agroforestry is het zaaïmoment cruciaal. Je moet vooruit plannen en weten wanneer je klaar bent om de bomen te planten. Bomen kunnen in de regel het beste geplant worden óf in de herfst (nov-dec) of in het voorjaar (feb-april). Het beste moment hangt af van je bodem, het weer, de kans op vraatschade, je irrigatieplan en de eigen agenda.

• Najaarsaanplant: nov–dec jaar X

- Zaaï uiterlijk 1e helft september van hetzelfde jaar
- Eind augustus = betere vestiging, mits voldoende regen
- Evt. handmatig bijzaaïen in voorjaar X+1

• Voorjaarsaanplant: feb–apr jaar X+1

- Zaaï een overwinterende mix in aug–sept jaar X

- Late noodoptie (zaaien tot uiterlijk 1 okt)

- Kies een geschikt mengsel dat snel genoeg opkomt en met kou nog groeit, bijv. facelia (wel vorstgevoelig), rogge, radijs
- Verwacht minder biomassa, maar wel bodembedekking

5. Mengsel samenstellen

Het samenstellen van een mengsel voor groenbemesters vraagt om een duidelijke afweging van bodemtype, doel en omstandigheden. Elk gewas draagt andere eigenschappen bij: vlinderbloemigen zorgen voor stikstofbinding, granen bieden snelle bodembedekking en sterke wortels, terwijl sommige kruisbloemigen goed verdichting kunnen doorbreken.

Door soorten te combineren ontstaat er synergie: een mix kan zowel de bodem voeden, onkruid onderdrukken, biodiversiteit stimuleren als risico's spreiden bij extreme weersomstandigheden. Een hogere diversiteit in het mengsel stimuleert ook een rijker bovenleven. De juiste samenstelling hangt af van het zaaimoment, de bodem en het beoogde effect op de opvolgende teelt of boomaanplant. Zo wordt de groenbemester niet alleen een tijdelijke vulling van het perceel, maar een gerichte investering in bodemkwaliteit en systeemopbouw.

Je bodemsoort speelt een grote rol in het samenstellen van je groenbemester. Zorg ervoor dat je bij arme en droge bodems voldoende diepwortelende en stikstofbindende soorten mee mengt, bijv. Egyptische klaver (5-8 kg/ha), lupine (60-100 kg/ha), luzerne (10-20 kg/ha). Rogge en soedangras groeien ook goed op droge bodems.

Voor zware kleibodems die 's winters gevoelig zijn voor zuurstoftekort is het belangrijk in ieder geval voldoende wintergranen in te zaaien en dikke wortelvormers zoals radijs te beperken (kan gaan rotten). Raadpleeg een adviseur bij twijfel.

Voor meer details over soorten en hun eigenschappen, geschikte mengsels, zaai technieken en meer, verwijzen we naar de bronnen van Tabel 1 op pagina 12.

Enkele concrete mengsels, naar aanplantmoment

Hieronder volgen als voorbeeld enkele uitgewerkte opties, aan de hand van het gekozen aanplantmoment van de houtige gewassen. Let op, dit overzicht is geenszins compleet. Laat je bij twijfel altijd adviseren door een specialist.

Doseringen zijn in kg/ha (bij doorzaaien + 20-30%). Zaaidiepte tussen haakjes in cm.

- **Najaarsaanplant:** Mengsel voor snel effect nazomer.

Zaaien: mid aug – mid sep. Beëindigen: eind okt (vorst). Planten: nov-dec.

- Boekweit 40-60 (2-3 cm) – zeer snel, vorstgevoelig.
- Facelia 6-10 (0,5-1 cm) – fijne wortel, snel, bijen, vaak halfwinterhard.
- Tillage radish/daikon 3-5 (1,5-2 cm) – kan compactie verder doorbreken, vriest stuk
- Evt. incarnaat- of witte klaver 5-8 (0,5-1 cm) – N-binding, bodembedekking.

Het voordeel aan een dergelijke mix is dat deze grotendeels afsterft bij de eerste vorst. Er blijft dan nog klaver over, en zo heb je een overzichtelijke bedekking om in te planten en later om in te onderhouden (variant 2; zie "waar zaaien"). Het nadeel is dat de bedekking later in de winter laag kan worden, met meer onkruiddruk of vergrassing als gevolg.

- **Winter/voorjaarsaanplant:** Overwinterend dek
Zaaien: mid aug – mid sept. Beëindigen: maart.
Planten: eind maart – april.

- Winterrogge 70-100 (2-4 cm) – veel wortel & biomassa.

Let op: allelopathie > liefst 2 weken beëindigen vóór aanplant.

- Wikke 20-35 (3-4 cm) – N-binding, goed met rogge.
- Witte klaver 2-5 (0,5-1 cm) – doorzetter in rijpaden.



Figuur IIIc. Groenbemesters. Boven: rogge met wikke. Onder: facelia met boekweit en haver. Bron: INAGRO.

- Evt. Daikon 2–3 – sterft 's winters af en laat kanalen na.

Een overwinterend dek geeft langere bedekking, wat gunstig is om onkruiddruk en vergrassing tegen te gaan. Rogge is een uitstekend wintergewas vanwege de grote hoeveel organische stof, maar heeft wel een licht allelopatisch effect. Daarom voor de zekerheid de teelt op tijd beëindigen vóórdat er aangeplant wordt.

- **Aanplant jaar erop:** maximale bedekking en organische stof

Zaaïen: mei. Beëindigen: oktober (vorst). Planten: nov-dec

- Sorghum-Sudangras 25–35 (2–3 cm) – gigantische wortelmasse, breekt evt. resterende verdichting op in zomer. Zeer droogte resistent (berekening veelal niet nodig).
- Sterft af bij eerste vorst.

6. Hoe zaaïen

Een goede start van de groenbemester begint bij een goede zaaïtechniek. Hieronder volgen enkele concrete aanbevelingen:

- **Vals zaaïbed:** laat eerst onkruid kiemen (1–2 weken), schoffel/eg
- **Zaaïen:** bij voorkeur met een inzaaimachine (egaliseren, zaaïen en aandrukken). Let op dat de menging goed blijft. Breedwerpig kan, maar altijd aanrollen / licht eggen.
- **Zaaïdiepte:**
 - kleine zaden 0,5–1 cm
 - granen/erwtten/wikke 2–4 cm
 - boekweit 2–3 cm
 - radijs 1,5–2 cm.
- **Rijafstand:** 12,5–15 cm (drill) of breedwerpig met 100% overlappende dekking.
- **Water:** 10–15 mm na zaaïen, zeker bij droog weer en op droogtegevoelige percelen.
- **Onkruid:** bij te dichte onkruiddruk: lichte maaibeurt op 15–20 cm hoogte, vóór doorschieten.
- **Voeding:** alleen mini-startgift waar nodig (doe een bodemanalyse of schakel een adviseur in), bij voorkeur met vaste mest

7. Beëindiging

Als je de aanplantstroken en/of teeltpaden op een zeker punt schoon of kort bedekt wilt hebben (bijvoorbeeld om handig aan te kunnen planten), zal je een keuze moeten maken met betrekking tot beëindiging van de groenbemester. We maken opnieuw onderscheid tussen de aanplantstrook en de teelt / onderhoudspaden.

Aanplantstrook

Het beëindigen van je groenbemester op de aanplantstrook kan het beste op natuurlijk wijze, door vorst. Als je de strook toch machinaal moet betreden, werk dan met zo licht mogelijke machines, anders kan de bodem snel weer verdichten. Bij aanplant met een

plantmachine is één keer maaïen van tevoren meestal voldoende, mits er niet teveel gras in staat (dan is de schijfeg of spitmachine misschien nodig om de zode los te krijgen).

Teeltzone | onderhoudspad

Hier kan je uiteraard kiezen voor een volgteelt, en afhankelijk daarvan kies je het moment en de methode van beëindiging. Maar ook hier geldt, als je met zware machines gaat bewerken, is je bodem opnieuw snel verdicht, en daar zullen je houtige gewassen op lange termijn ook last van krijgen. Je kan hier later altijd opnieuw diepwoelen, maar dit kost veel tijd en brandstof. Het beste is dus om hier vóór de aanplant al goed over na te denken.

Het juiste tijdstip is cruciaal: te vroeg beëindigen beperkt de biomassa-opbrengst, te laat kan leiden tot hergroei of concurrentie met een eventuele volgteelt. Door de groenbemester naar wens tijdig en zorgvuldig af te zetten, wordt de bodem gevoed en voorbereid op de volgende stap in de teelt.

Hieronder volgt een korte uiteenzetting van mechanische methodes en bij welke soorten mengsels ze effectief zijn. Dit geeft een eerste beeld, maar is niet compleet. Chemische beëindiging bevelen we niet aan, onder meer vanwege nadelige effecten op het bodemleven en bespreken we hier verder niet.

Methodes:

- **Vorstdoding:** boekweit, sorghum/soedangras, radijs > laat staan tot ze afvriezen; ruim evt. resten in plantstrook.
- **Maaïen + laten liggen als mulch:** 2–3 weken vóór aanplant. Goed voor facelia/klavers; rogge bij deze methode beter vermijden (kan hergroeien)
- **Klepelen:** snel, daarna eventueel lichte inwerking (2–5 cm) voor snellere mineralisatie, maar laten liggen kan ook gunstig zijn als bodembedekking
- **Rollen/krimpen:** werkt enkel goed bij rogge in bloei (anthese). Plant houtige gewassen 1–2 weken erna, handmatig of met scherpe snijschijven in de plantstrook.
- **Begrazing:** schapen of ander kleinvee kan stroken schoonvreten; stop min. 3 weken vóór aanplant

om schade/voetverdichting te voorkomen. Liefst als gefaseerde of strookbegrazing en onder droge omstandigheden, anders is er ook risico op een verdichte toplaag.

- **Bij machinale aanplant** met een plantmachine gebeurt het inwerken vanzelf

Mechanisch onderwerken van groenbemesters:

- De video van onderstaande link geeft een heldere demonstratie weer van verschillende technieken om groenbemesters mechanisch onder te werken. Voor een schriftelijk overzicht, zie tabel IIIa. <https://www.youtube.com/watch?v=vcSel5mzruQ>

Verdere tips:

- Na inwerken: houd 2–3 weken aan vóór aanplant (zodat N op tijd kan vrijkomen)
- Bij mulchen op het oppervlak: 0–7 dagen is meestal OK, mits plantgaten/lijnen schoon en scherp gesneden zijn (geen gewasresten erin).
- Leg extra mulch (stro, houtsnippers, etc) pas neer na het planten, niet ervóór. Breng aan ruim buiten de stamvoet, >5 cm dik, bovenop eventuele gewasresten. Zo voorkom je N immobilisatie in het plantgat.
- Laat wikke/rogge niet in zaad gaan als je geen nieuwe ronde wilt.

Techniek	Type bewerking	Machines	Voordelen	Nadelen
Maaien	Voorbewerking	Klepelmaaier fronthef, frees met klepermaaier	Versnelt vertering, voorkomt zaadvorming	Gewasresten in plant/ zaaivoor, hoger brand- stofverbruik
Rollen/ kneuzen	Voorbewerking	Cambridgerol, roller-crimper, messenroller, greencutter	Hoge capaciteit, gewasresten niet in natte compacte massa	Beperkt tot lichtere gronden
Schijven- eggen	Hoofdbewerking	Aangepast voor groenbemester, combi met aand- rukrol	Onderhoudsvriendelijk, weinig versleping hoge capaciteit, kan licht inwerken, ook voor stoppelbewerking	Legt gewas grover weg
Ploegen	Hoofdbewerking	Diverse uitvoeringen	Opheffen storende laag, effectief	Risico inkuileffect (compacte zure laag), verstoring bodemleven
Cultivatoren	Hoofdbewerking	Schijvencultivator, stoppelcultivator	Hoge capaciteit, onder- houdsvrij, ook aanpak onkruid	Wortels niet afgesneden, land minder vlak voor zaaiklaar
Frezen	Hoofdbewerking	Diverse uitvoeringen	Snelle vertering, goede verkleining, eventueel oppervlakkige bewerking	Lage capaciteit, hoog brandstofverbruik, intensieve bewerking van de grond, kans op verslamping
Niet-kerend	Hoofdbewerking	Kopeg met eco- ploeg, rotorkopeg	Snelle vertering, opper- vlakgebewerking mogelijk, kan zaaibed klaarleggen (kopeg met ecoploeg)	Lage capaciteit

Tabel IIIa. Overzicht van technieken om groenbemesters mechanisch onder te werken.

Auteur	Bastiaan Rooduijn (AFN Zuid-Holland, Coöperatie Ondergrond)
Met medewerking van	Bert Reubens (ILVO), Stefan Nieuwenhuijsen (SoilGecko), Erik Rietjes (FoodForestFactory), Evert Prins (Louis Bolk Instituut) & Huib Snee (Boom- en groenadviseur)
Mede mogelijk gemaakt door	Deze handleiding is mede mogelijk gemaakt door de Provincie Zuid-Holland en Rotterdam De Boer Op! Rotterdam De Boer Op! is een brede beweging van boeren, natuurbeschermers, ondernemers en andere organisaties in het landbouw- en voedselsysteem en wordt mede mogelijk gemaakt door de Nationale Postcode Loterij. Samen werken we aan meer biodiversiteit in het Rotterdamse ommeland, eerlijk geproduceerd eten én een goede boterham voor groene boeren. Zo stimuleert Rotterdam De Boer Op! ook de ontwikkeling van agroforestry. Partnerorganisaties zijn onder meer: Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Greenchoice, Verstegen Spices & Sauces, Picnic, Rabobank, Stichting Voedselbosbouw NL en Coöperatie Ondergrond. Met steun van Rotterdam de boer op! zijn inmiddels twaalf projecten gerealiseerd op het Rotterdams platteland. Meer weten? Kijk op rotterdamdeboerop.nl .
Vormgeving	Bram Wendel (AFN Utrecht)
Foto's	Bastiaan Rooduijn, Bert Reubens, Erik Rietjes of anders vermeld
Contact	bastiaan@ondergrond.eu
Datum	juli 2026

