

GOEDBODEMBEHEER

# Bodems van de wereld

Een op de landbouwpraktijk gerichte benadering



Jan Bokhorst

## Intro

Vanuit de boer kijken naar de wijze hoe een bepaald bodemtype beheerd moet worden. Het lijkt nog nooit te zijn gedaan. Het volgende is een beknopte aanzet tot zoiets. Een verdere uitwerking is van belang.

Het zijn de boeren die de voedingsgewassen moeten verbouwen. Schaars is de literatuur waarbij vanuit de boerenblik naar bodems wordt gekeken, maar nog schaarser zijn pogingen vanuit samenhangen naar de problematiek te kijken. In hoofdstuk 3 en 4 een poging vanuit samenhangen te kijken. Het doel is dus niet om tot in detail per situatie een gedetailleerd overzicht te geven, het doel is veel meer aandacht te vragen voor een blikrichting, waarbij het hele bodemprofiel centraal staat en de maatregelen per bodemtype in een grotere samenhang staan en daardoor gericht kunnen worden toegepast.

*De bodemvruchtbaarheid staat in grote delen van de wereld onder druk:*

-**Verenigde Staten:** teelt van gewassen die weinig plantenresten achterlaten zoals mais en soja. Gewasresten van mais worden gebruikt voor dierenvoedsel en energiewinning

-**Noord-west Europa:** akkerbouw met steeds minder granen en grassen. Teelt van snijmais met te geringe organische stofaanvoer.

-**Oost-Europa:** dalende organische stofgehalten door te intensief gebruik.

-**Azie en ZuidAmerika:** kappen van regenwoud en teelt van soja die de bodem niet voldoende verzorgd. Slecht 15% van de palmolie wordt verantwoord geteeld.

-**Afrika:** te intensieve begrazing. Teelt van gewassen die de bodem niet voldoende onderhouden.

Bodems van de wereld, Jan Bokhorst

Versie juli 2017

[info@goedbodembeheer.nl](mailto:info@goedbodembeheer.nl)

[www.goedbodembeheer.nl](http://www.goedbodembeheer.nl)

## Inhoud

<a href="#"><u>1. Zeven belangrijke bodemtypen in beeld</u></a>	<b>4</b>
1.1. Sterk verweerde tropische bodems ( <b>Acrisol</b> )	5
1.2. Zandige bodems met weinig organische stof ( <b>Arenosol</b> )	7
1.3. Jonge rivier- en zeeafzettingen ( <b>Fluvisol</b> )	10
1.4. Bruine bodems met wat meer organische stof ( <b>Cambisol</b> )	14
1.5. Bodems met dikke laag met organische stof ( <b>Chernozem</b> )	17
1.6. Bodem met ingespoelde zure humus ( <b>Podzol</b> )	17
1.7. Veenbodems ( <b>Histosol</b> )	17
<a href="#"><u>2. Voorbeelden onderhoud en verbetering bodems</u></a>	<b>22</b>
2.1 Voorbeeld verbetering Acrisol	23
2.2 Voorbeelden verbetering Arenosol	24
2.3 Voorbeeld verbetering Fluvisol	32
2.4 Voorbeeld verbetering Cambisol	34
2.5 Voorbeeld verbetering Chernozems	37
2.6 Voorbeeld verbetering Podzol	40
2.7 Voorbeeld verbetering Histosol	44
<a href="#"><u>3. Indeling van de bodems in jong, midden en oud</u></a>	<b>48</b>
3.1. Jonge bodems	49
3.2. Midden bodems	49
3.3. Oude bodems	49
<a href="#"><u>4. Beheer bodems in de landbouw per groep, jong midden en oud</u></a>	<b>50</b>
<a href="#"><u>5. Literatuur</u></a>	<b>51</b>

## 1. Zeven belangrijke bodemtypen in beeld

In dit hoofdstuk worden zeven bodemtypen behandeld, die in de wereld het meest voorkomen of landbouwkundig gezien het meest relevant zijn. In dit overzicht staan ze op volgorde van jong naar oud:

- **Acrisol** (zie 3.1): sterk verweerde tropische bodems met ingespoelde klei, lage pH-waarden en slechte chemische eigenschappen (bijvoorbeeld fosfaatvastlegging);
- **Arenosol** (zie 3.2): zandige bodems met weinig profielontwikkeling, vaak stuifgevoelig;
- **Fluvisol** (zie 3.3): jonge bodems, afgezet door zee of rivier of in een meer, met weinig profielontwikkeling en een gelaagde opbouw, vaak kalkhoudend;
- **Cambisol** (zie 3.4): redelijke profielontwikkeling en een wat dikkere laag die organische stof bevat. Worden ook wel bruine bosgronden genoemd;
- **Chernozem** (zie 3.5): donkere bodems, rijk aan organische stof, die vaak in lössafzettingen voorkomen in een continentaal klimaat, heten ook wel zwarte aarden;
- **Podzol** (zie 3.6): bodems met een laag waar humus is ingespoeld onder een askleurige uitspoelingslaag;
- **Histosol** (zie 3.7): veenbodems, waar bij de bodemvorming opbouw van veel organisch materiaal heeft plaatsgevonden.

## 1.1. Acrisol

Het belangrijkste bodemtype van de vochtige tropen en subtropen is de Acrisol. Het komt voor in gebieden met een glooiend tot heuvelachtig reliëf. Acrisols zijn gevormd op zuur gesteente. Er is een miljard hectare Acrisol op de wereld. Hiervan is de helft (500 miljoen hectare) geschikt voor teelt op akkers.

In de wat vlakkere gebieden komen Acrisols veel voor naast de vergelijkbare Ferralsols, die zijn gevormd op basisch gesteente. Er is 700 miljoen hectare Ferralsol op de wereld, waarvan 300 miljoen hectare geschikt is voor teelt op akkers. De eveneens vergelijkbare Lixisols zijn erosiegevoelige gronden met kleuitspoeling. Hiervan is 435 miljoen hectare op de wereld, waarvan 150 miljoen hectare geschikt is voor teelt op akkers.

### Vorming

Acrisolen zijn gevormd uit zure gesteenten, zoals graniet. Onder bos en zijn ze onder natte omstandigheden sterk verweerd. Een deel van de Acrisols ligt in droge gebieden en stam nog uit een vochtiger periode lang geleden.

### Eigenschappen

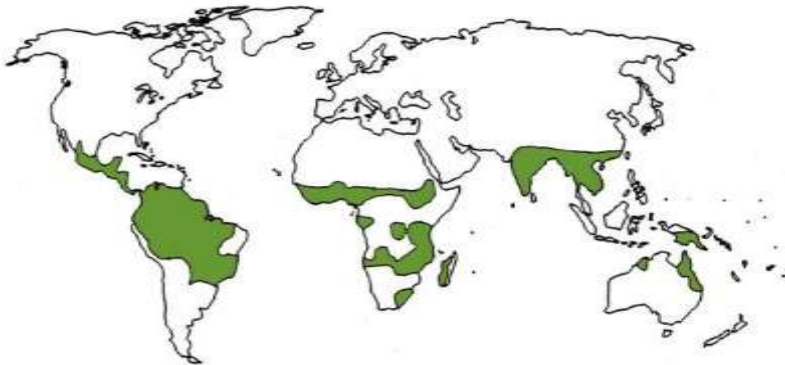
Het bodemprofiel van een Acrisol is homogeen van opbouw, dus er zijn geen duidelijke lagen. Het belangrijkste kleimineraal in deze grond is kaoliniet. In vergelijking met andere kleimineralen, kan kaoliniet minder vocht en voedingsstoffen vasthouden.

Aluminiumtoxiciteit komt veel voor op deze gronden. De vastlegging van fosfaat is een ander probleem.

Het belangrijkste kleimineraal in Acrisolen is kaoliniet. Dit heeft een aanzienlijk minder vochthoudend en voedingsstoffenvasthoudend vermogen dan andere kleimineralen.

Het bodemprofiel is homogeen van opbouw, er zijn geen duidelijke lagen.

Aluminiumtoxiciteit komt veel voor op deze gronden. Verder is fosfaatvastlegging een probleem.





*Landschap van een rode Acrisol in noordoost Thailand.*



*Bodemprofiel van een rode Acrisol in noordoost Thailand*

## 1.2. Arenosol

Arenosols zijn zandgronden die voorkomen in zeer koude tot zeer warme gebieden, zowel onder droge als natte omstandigheden. De bodems kunnen ontwikkeld zijn in recent afgezette zanden, in oudere verweerde zanden of in oud kwartsrijk materiaal. Ook de zandgronden van woestijnen en kusten behoren tot de Arenosols.

### Vorming

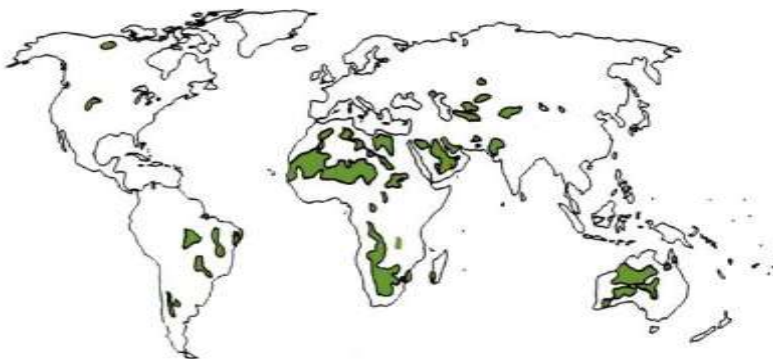
In droge en semi-droge gebieden is het zand vaak gebleekt: het organische koolstofgehalte is er erg laag (in het algemeen lager dan 0,4 procent). Een platige structuur en verslechte bovengrond komen voor.

### Eigenschappen

Een gebleekte bovenlaag heeft ongunstige eigenschappen voor landbouwkundig gebruik. Na neerslag kan de ondergrond hier droog blijven. Kieming van zaden wordt dan bemoeilijkt. Ook een platige structuur en verslemping belemmeren een goede kieming. In droge gebieden zijn grote gebieden daarom onbegroeid. Deze gronden zijn zeer gevoelig voor erosie.

### Landbouwkundig gebruik

In droge gebieden is extensieve veehouderij de belangrijkste vorm van landbouw. Bij irrigatie worden de gebruiksmogelijkheden ruimer. In gematigde gebieden is akker- en weidebouw mogelijk, vooral wanneer aanvullende irrigatie in droge perioden mogelijk is. Arenols in de vochtige tropen zijn zeer arm aan mineralen en zeer gevoelig voor erosie.





*Landschap in Brazilië op een Arenosol, locatie: Paraíba State, Mamanguape, 4km Z van Camaratuba River. Foto: ISRIC World Soil Information.*



De Kalahari woestijn in Namibië. Foto LUH.





*Bodemprofiel in de Kalahari woestijn. Foto LUH.*

### 1.3. Fluvisol

Fluvisols komen over de hele wereld voor in periodiek overstromde gebieden van alluviale vlaktes, rivierwaaiers, valleien en kwelders.

#### **Vorming**

Fluvisol verwijst naar het Latijnse woord voor rivier, maar Fluvisol sedimenten kunnen naast rivieren ook door meren en zeeën zijn afgezet. Fluvisols die gevormd zijn door rivieren, kunnen sterk in zwaarte variëren. Ze zijn gelaagd door verschillen in zwaarte en organische stofgehalte.

#### **Eigenschappen**

Fluvisols zijn jonge gronden met een geringe mate van bodemvorming. In het midden en lagere deel van rivieren afgezet zijn ze vaak grofzandig, in bassins afgezet veel zwaarder. Door stagnerend water of door overstromingen kunnen ze nat zijn. Hoger gelegen rivierterrassen zijn beter gedraineerd dan lagere delen. De meeste Fluvisols hebben roestvlekken door wisselingen in grondwaterstanden waarbij oxidatie en reductie elkaar afwisselen.

#### **Landbouwkundig gebruik**

Gebieden met Fluvisols zijn op grote schaal in gebruik voor de landbouw. De helft van de wereldbevolking leeft langs rivieren en kusten. Eenjarige gewassen, fruit en grasland komen voor. Bescherming tegen overstromen en drainage is gewoonlijk nodig. Sommige Fluvisols zijn extreem zuur en hebben hoge concentraties van toxisch aluminium. Vaak zijn ze evenwel kalkrijk en belemmert een sterke mineralisatie van organisch materiaal een goede humusopbouw. Koolstofrijke gewasresten van granen en grassen en koolstofrijke compost zijn essentieel voor een duurzame bodemvruchtbaarheid op deze basische gronden.





*Landschap fluvisol in West Canada. Foto Agpal*



*Bodemprofiel fluvisol in West Canada. Foto Agpal*

## 1.4. Cambisol

Cambisols zijn bruine gronden met beperkte bodemvorming. In Europa liggen ze voornamelijk tussen de bodems van de subtropen en die van de meer noordelijk gelegen Podzolgronden. Gemengd bos is de meest voorkomende natuurlijke vegetatie. In noordelijk gelegen gebieden komen Cambisols veel voor in rivierafzettingen en windafzettingen. In tropen en subtropen komen ze voor op hellingen maar ook in rivierafzettingen. De grootste aaneengesloten oppervlakte Cambisols ligt in de afzettingen van het Ganges-Brahmaputra rivierengebied. In totaal zijn er ongeveer 1,2 miljoen hectare Cambisols, waarvan ca 500 miljoen hectare geschikt zijn voor teelt op akkers.

### Vorming

Bij Cambisols heeft nog geen langdurige bodemvorming plaatsgevonden. Het moedermateriaal is matig tot licht verweerd. De organische stof is homogeen verdeeld over een redelijk dikke laag.

### Eigenschappen

Omdat storende lagen meestal ontbreken en een wat dikkere organische-stof-houdende laag aanwezig is, zijn ze voor de landbouw redelijk tot goed te gebruiken. De meeste hebben een goede structuurstabiliteit, een goed watervasthoudend vermogen en goede mogelijkheden voor waterafvoer.

### Landbouwkundig gebruik

Het landbouwkundig gebruik is sterk afhankelijk van het klimaat. De Cambisols van de gematigde zone kunnen zeer productief zijn. Bij steile hellingen komen grasweiden en houtteelt vaak voor. In droge gebieden worden ze na irrigatie veel gebruikt voor akkerbouw en oliehoudende gewassen. In tropische gebieden zijn Cambisols (een midden bodem) wat rijker dan de Acrisols en Ferralsols (jonge bodems).





*Landschap cambisol in Maryland USA*



*Cambisol in Maryland USA.*

## 1.5. Chernozem

Chernozems zijn vruchtbare gronden die voornamelijk in lössgebieden gevormd zijn. Löss is een mengsel van fijne klei- en zanddeeltjes die door wind zijn aangevoerd. Het klimaat kenmerkt zich door koude winters en warme droge zomers. De grondwaterstanden zijn diep. De oppervlakte Chernozems en verwante gronden bedraagt 415 miljoen hectare, waarvan 200 miljoen hectare geschikt is voor teelt op akkers. Een strook ten zuiden van de Chernozems heeft een wat minder dikke en meer bruine bovengrond. Ze heten Kastanozems. Hiervan is 470 miljoen hectare, waarvan 100 miljoen hectare geschikt is voor akkerland.

### Vorming

De oorspronkelijke vegetatie van de gebieden met Chernozems bestaat voor een belangrijk deel uit grassen. Deze wortelen diep en na lange tijd ontstaat er een dikke donkere bovengrond die tot anderhalve meter dik kan zijn.

### Eigenschappen

De gronden zijn diep doorwortelbaar en humushoudend en kunnen in principe veel vocht vasthouden. Het organische stofgehalte is meestal boven de 5 procent en de zuurgraad (pH) is neutraal. De negatief geladen klei- en humusdeeltjes kunnen positief geladen mineralen binden. Dit zogenaamde 'adsorptiecomplex' is bij de Chernozems voor 95 procent bezet door calcium en magnesium. Het bodemleven heeft voor een sterke homogenisatie van het profiel gezorgd. Omdat in het gebied van Chernozems de zomers vaak droog zijn, is droogte toch een belangrijk probleem. De Kastanozems hebben een wat lager organische stofgehalte dan de Chernozems, meestal 2 tot 4 procent.

### Landbouwkundig gebruik

De hoge natuurlijke bodemvruchtbaarheid en de vlakke ligging geeft veel landbouwkundige mogelijkheden, vooral grootschalige akkerbouw. In droge gebieden wordt vaak irrigatie toegepast. De teelt van granen, vooral tarwe en gerst, domineert. In het warmere zuidelijke deel wordt ook veel maïs geteeld. Bodemdegradatie kan optreden bij eenzijdige teelt. Teelt van korrelmaïs, waarbij de oogstresten voor energiewinning worden gebruikt, is funest voor de bodem op wat langere termijn. Dit gebruik neemt in de VS nu sterk toe.





*Landschap op chernozen Rusland*



*Chernozem bij Heréd in Hongarije*



*Kastanozem Zuid Rusland*



## 1.6. Podzol

Podzolvorming is gebonden aan regenrijke gebieden in zone rondom de Noordpool, maar komt op extreem arme gronden ook voor in de tropen. Het zijn hoofdzakelijk naaldbomen die de vegetatie vormen. De bodemsoort is voornamelijk zand. Bij de Podzolen in de tropen wordt de vegetatie gevormd door boomsoorten met een ondiep wortelstelsel. In totaal zijn er in de noordelijke streken 485 miljoen hectare Podzol-gronden en in de tropen ongeveer 10 miljoen hectare.

### Vorming

De Podzolgronden die we in een kring rond de Noordpool vinden, waren aanvankelijk meestal gronden op een wat rijker materiaal. Door uitspoeling van mineralen zijn ze arm en zuur geworden. De vegetatie paste zich hierbij aan en er ontstond een zure humus die uitspoelde en in een wat diepere laag weer inspoelde. Bovenop de grond ligt in een natuurlijke situatie een strooisel-laag. Hieronder bevindt zich een lichtgekleurde uitspoelingshorizon (laag) die askleurig is. Daaronder een laag die zwart of bruin is door inspoeling van humus. Verder is er inspoeling van ijzer- en aluminiumoxiden.

### Eigenschappen

Podzolen zijn arm door uitspoeling van mineralen en hebben een sterk verdichte inspoelingslaag. Aluminium toxiciteit kan voorkomen.

### Landbouwkundig gebruik

Podzolgronden hebben beperkte mogelijkheden voor agrarisch gebruik. Ze hebben wel gebruiksmogelijkheden voor bosbouw en extensieve veehouderij.

De gebruiksmogelijkheden worden ruimer door ontwatering, bodembewerking tot ca 40 cm of meer, bekalken en aanvoer van meststoffen. Er zijn relatief veel meststoffen nodig en het gevaar van milieuschade door uitspoeling van nitraat en fosfaat is groot. Mechanisch losmaken van de ondergrond en teelt van bodemverzorgende gewassen is van belang. Granen, gras/klaver en dierlijke mest kunnen de eenzijdige oorspronkelijke humus compenseren.





*Berkenbos op podzol in Canada*



*Podzolprofiel onder berkenbos in Canada*

## 1.7. Histosol

Histosols zijn veengronden die vooral voorkomen in koude streken rond de Noordpool, maar ook in gematigde streken en in de tropen. In koude gebieden is het vooral veenmosveen. In gematigde streken vooral riet-zeggeveen en in de vochtige tropen mangrove- en moerasbosveen. De meeste veengronden liggen in het laagland, maar ook in bergachtige gebieden worden ze aangetroffen.

### **Vorming**

Een veengrond ontstaat doordat plantenresten traag worden afgebroken. De oorzaak kan zijn:

- lage temperatuur
- waterverzadiging van de grond
- extreem zure omstandigheden
- extreem mineraalarme omstandigheden
- hoog zoutgehalte
- toxische organische stof

### **Eigenschappen**

De plantenresten die het veen vormen komen in de bovengrond vaak in contact met zuurstof. Ze worden door het bodemleven omgezet in een wat genoemd wordt veraarde grond, waarin plantenresten niet meer als zodanig te herkennen zijn. Deze laag is potentieel goed doorwortelbaar voor landbouwgewassen. Omgezet organisch materiaal kan ook uitspoelen en op wisselende diepte een inspoelingslaag vormen.

### **Landbouwkundig gebruik**

Vanwege de slechte ontwatering zijn veengronden vaak moeilijk in cultuur te brengen. Wanneer in cultuur brengen wel lukt, kunnen ze zeer productief zijn. Veehouderij is een belangrijke gebruiksmogelijkheid. Fruitteelt is soms ook mogelijk. Uitdrogen en vervolgens verstuiven van het materiaal kan een probleem zijn. Verdichting en verdwijnen van het materiaal door mineralisatie kunnen ook een probleem zijn.

De mogelijkheden om tot een bruikbare landbouwgrond te komen liggen vooral in de gematigde zone. Interessant is dat organische stof meestal als essentieel voor een vruchtbare bodem wordt gezien. Bij veengronden is organische stof in overmaat aanwezig en vaak een probleem. Enerzijds vanwege de bewerkbaarheid, anderzijds vanwege de eigenschappen van de organische stof. Veengronden laten duidelijk zien hoe belangrijk de kwaliteit van de organische stof is voor een vruchtbare bodem. Aanvoer van organische stof met een hoger percentage aan verteerbaar stikstofrijk organisch materiaal is van groot belang om een veengrond, zowel in akkerbouw als grasland, productief te laten zijn. In de tropen wordt veel veen door branden ontgonnen. Na enkele jaren is de vruchtbaarheid verdwenen en wordt het land weer verlaten. De laatste decennia wordt veel veen gebruikt voor teelt van de oliepalm en verder ook voor de winning van houtpulp van acacia- en eucalyptussoorten. Tegen deze teelten zijn bezwaren in te brengen maar ze zijn minder desastreus voor het veen dan akkerbouw en gras met een goede ontwatering.



*Landschap op een histosol in Noord-Europa*



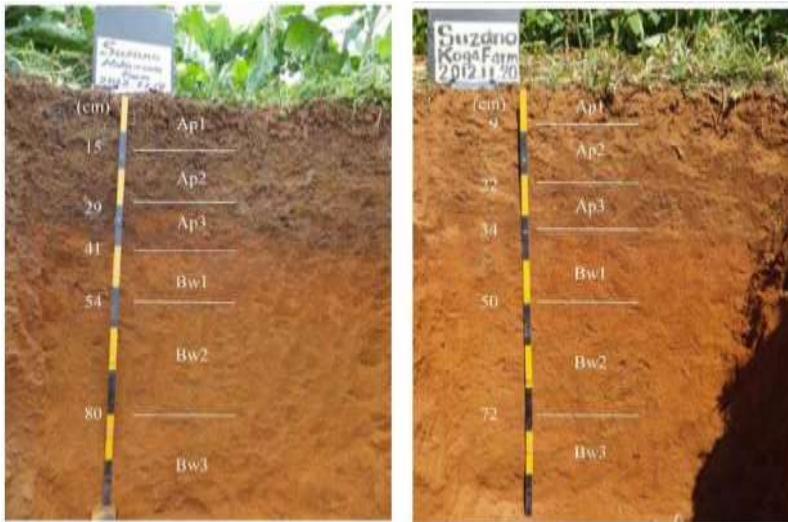
*Histosol in Noord Europa*

## 2. Voorbeelden onderhoud en verbetering bodems

In hoofdstuk 3 is per bodemtype aangegeven op welke wijze ieder type verbeterd of onderhouden kan worden. In dit hoofdstuk worden wat voorbeelden genoemd. Het gaat hierbij vooral om de wijze van werken aan te geven, niet om volledig te zijn. Het onderwerp is belangrijk genoeg om dit wel volledig te behandelen. Het is onthutsend dat dit helemaal niet kan. Er is te weinig informatie over. Er is te weinig informatie over een fundamenteel onderwerp als de optimale bodemverzorging voor de voedselproductie van de wereld. Hoe kan dat? Dat is geen makkelijke vraag. Een rol speelt zonder meer de wens om op een industriële manier de bemesting en bodembeheer op te pakken. Dit ging ten koste van een degelijke ontwikkeling van het begrip bodemkwaliteit en van onderzoek naar verzorging van de bodemkwaliteit. Kent u voorbeelden van goed beheer dan nemen wij die graag op in dit overzicht.

## 2.1 Voorbeeld verbetering Acrisol

### Een acrisol in Brazilië



*Links na toediening van compost met een hoog C/N quotient, rechts alleen minerale mest (foto H. Nakatsuka).*

In Suzano bij Sao Paulo werd gedurende 4,5 jaar aan tuinbouwgewassen met vooral kropsla en kool 15 maal voor ieder gewas 15 tot 20 ton chapignoncompost per ha gegeven. In 4,5 jaar 5014 g C per m<sup>2</sup> en 129 g N per m<sup>2</sup>. Het C/N quotient van de compost was 39. Het nitraat-N gehalte was steeds laag: 5,6 mg NO<sub>3</sub>-N per kg. 20 mg NO<sub>3</sub>-N per kg is gebruikelijk bij deze teelten. De opbrengsten waren 4 maal hoger dan het landelijk gemiddelde.

Na 4,5 jaar was de donkere bovengrond 29 cm dik, 7 cm dikker dan bij aanvang. Het totaal C-gehalte nam toe van 27,2 tot 76,6 mg per g grond in de A-horizont. De bulk density daalde van 0,90 naar 0,68 kg/l, wat aangeeft dat er meer lucht in de grond is gekomen. Het C/N quotient van de organische stof steeg van 13,3 naar 16,4. Het gehalte aan adenosinetrifosfaat, een maat voor de bacterieactiviteit, steeg van 0,029 naar 0,346 nmol per g grond.

Bovenstaand is een van de voorbeelden van de gunstige invloed van koolstofrijke compost op acrisols. Het is op een acrisol vaak niet nodig om de ondergrond los te maken, die is van nature redelijk los. Verder valt op dat door gebruik van koolstofrijke compost de stikstofvoorziening ruim is. Dit zal komen door de hoge mineralisatiesnelheid. Ook dat hoort bij kalkrijke jonge bodems of jonge bodems in een warm en vochtig klimaat. (Oda e.a., 2014)



## 2.2 Voorbeelden verbetering Arenosol

De meest problematische bodems om te verbeteren zijn de arenosols. Zand met heel weinig organische stof is moeilijk te verbeteren. Toch zijn er aandachtspunten. De Zai methode en de Allan Savory methode hebben op veel plaatsen hun waarde bewezen.

### Aandachtspunten:



*Voorkom overbegrazing door geiten*



*Bij meer dan 300 mm regen zijn er meer mogelijkheden; Uienteelt in Senegal*



*Irrigatie*



*Barrières tegen erosie*





*Gebruik sprinklers; teelt suikerbiet in Natal*



*Intercropping*



*Meer water vastgehouden door konijnenmest*

### **Voorbeeld 1 verbetering arenosols: De Zaï methode in West Afrika**

Bij de Zai methode worden kleine kuiltjes gemaakt waarin een handvol gecomposteerde mest wordt gebracht. Deze mest wordt afgedekt en vervolgens wordt er in gezaaid of geplant. Op de mest, vooral als die vochtig is, komen termieten af die stabiele verticale gangen maken. Door deze gangen kan regen wat dieper de grond in gaan. Door deze regen zijn de gangen ook vochtig en kunnen de termieten daar schimmels als voer in kweken. De methode in beeld:



*Een kuiltje van 20 cm diep*



*Verzamelde gecomposteerde mest*



*Een handvol mest in het kuiltje*



*Gezaaide sorghum*



*De volwassen planten*

Bekijk [hier](#) een film over de methode

### **Voorbeeld 2 verbetering arenosols: de Allan Savory methode**

De methode van Allan Savory heeft als uitgangspunt het gericht inzetten van kuddes van runderen of ander vee bij de begrazing van gras. De methode sluit aan bij de natuurlijke leefwijze van kuddedieren en de natuurlijke vegetatie en wordt daarom ook wel de holistische methode genoemd. Dieren zijn bij deze methode een belangrijke voedselbron en daarom is er kritiek op deze methode. De kritiek is niet terecht in die gebieden waar er zonder deze methode alleen maar woestijn zou zijn en dat zijn omvangrijke. De methode wordt nu op ca.15 miljoen ha toegepast. Vooral in Afrika, Verenigde Staten en Zuid-Amerika. De methode voldoet het best in een gebied met een korte regenperiode en een lange droge periode. Meer over de methode in de TED voordracht van Allan Savory [hier](#). In het volgende het verhaal van Allan Savory in het kort:



*Vroeger begroeid, nu door overbegrazing ongeschikt voor landbouw*



*Korstvorming na regen is een groot probleem*



*Wanneer het gras afsterft komt er een dichte laag dood gras op de grond te liggen die verdere groei tegengaat. Branden worden dan veel toegepast*



*Het teleurstellende resultaat na branden*



*Beter is het om op het juiste moment grazend vee in te zetten*



*Zo ziet het er uit na grazen. De mest die er ligt is belangrijk voor het vervolg*



*Na begrazing nieuw gras en geen dichte laag dood gras*



Jomada in de Verenigde staten in 1961



*Dezelfde plek in 2002, nadat het vee was verdwenen*



*In Afrika: voor de begraasmethode*



*Na de begraasmethode*



*Voor de begraasmethode*



*Na de begraasmethode*



*Voor en na*

### 2.3 Voorbeeld verbetering Fluvisol

Een project met opvallende resultaten is de verbetering van de gronden op het loessplateau in Oost-China. Oorspronkelijk waren de gronden bebost, maar door erosie zijn grote gebieden kaal komen te liggen en horen ze deels tot de fluvisols. Vooral door de films van John D. Liu heeft de methode van erosiebestrijding veel aandacht gekregen. De methode in beeld:



De Amerikaanse filmer John D. Liu



*De aanleg van terrassen*



De terrasaanleg is klaar





Op dezelfde plek: een groene wereld



Het loessplateau van Oost-China

Bekijk [hier](#) de film

## 2.4 Voorbeeld verbetering Cambisol

### Cambisol in Ethiopië

De cambisolen bij Wondo Genet in Ethiopië zijn vergelijkbaar met de phaeozems (windafzettingen) en andosolen (vulkanische afzettingen) in dit gebied. Het zijn bodems die tot meer dan 40 cm diepte organische stof bevatten en redelijk doorwortelbaar zijn.



*Cambisol, Ethiopië*



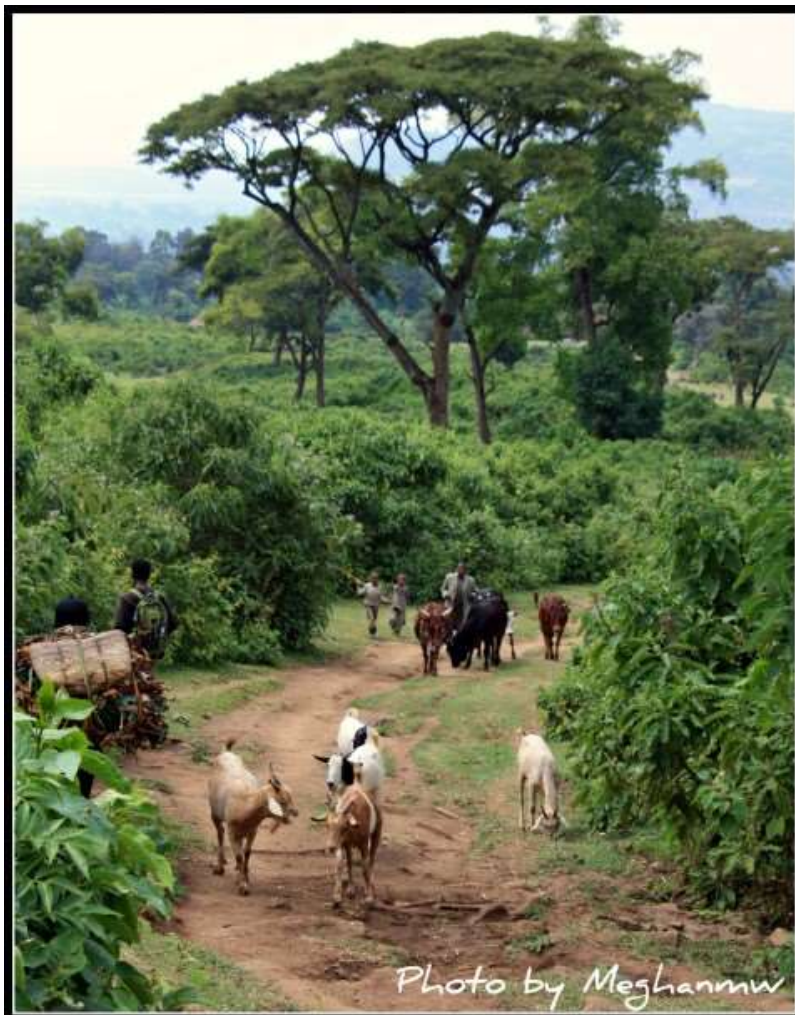
De landbouw in dit gebied bestaat uit bedrijven die gemiddeld 0,5 ha groot zijn. Verbouwd worden voornamelijk suikerbiet, groenten, ensen en khat. Per bedrijf zijn er gemiddeld 2 koeien die elders op niet bewerkt land worden geweid. Ze krijgen ook suikerbietenafval als

voedsel. De mest van de koeien wordt zoveel mogelijk verzameld en gemengd met divers plantaardig afval voor bemesting gebruikt. Op deze wijze wordt de bodemvruchtbaarheid verzorgd.

De landbouw vindt plaats in een gebied dat 30 jaar geleden nog bos was. Het organische stofgehalte in het bos in de laag 0-10 cm was ca. 18%. In het landbouwgedeelte is dat nu ca. 10%. De zwaarte bedraagt 20-30% lutum, de pH-water is ca 6.

De laatste jaren neemt de teelt van khat (*Catha edulis*) sterk toe. De struiken van deze plant leveren weinig organische stof en het organische stofgehalte van de grond is hier gedaald tot ca. 7% en zal volgens modelberekeningen uiteindelijk dalen tot 1,4% (Bokhorst, 2012).

Khat kan de bodemvruchtbaarheid dus niet onderhouden. De teelt van de suikerbiet, groenten en ensset berust nu deels op levering van voedingsstoffen door mineralisatie van de boshumus. Ook bij deze combinatie van teelten zal in de toekomst teelt van meer bodemverzorgende gewassen en vlinderbloemigen nodig zijn. De combinatie van mest met organisch materiaal van gewassen is op zich een prima werkwijze om op een cambisol de bodemvruchtbaarheid te onderhouden. Het zijn gronden die geen specifieke eenzijdigheden kennen en een normaal bodembeheer is hier voldoende.



*Koeien worden dagelijks verplaatst van het weidegebied naar de boerderij, waar de mest wordt verzameld.*



*Nederzetting met akkers.*

### **Literatuur**

Bokhorst, K. 2012. Soil organic matter dynamics under khat cultivation in Wondo Genet, Ethiopia. BSc Thesis Wageningen University.

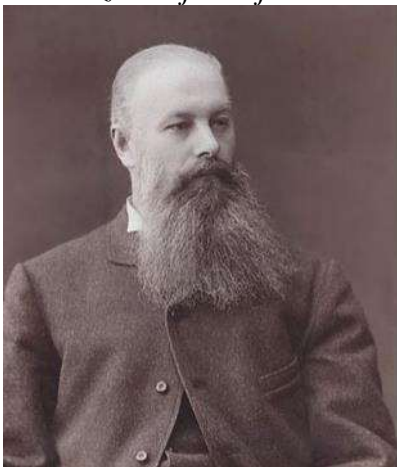
## 2.5 Voorbeeld verbetering Chernozems in Moldavië



*Chernozem in Moldavië*



*Chernozem bij Talajtan in Moldavië*



*Docuceaev, 1846-1903. Grondlegger van de bodemkunde.*

Moldavië bestaat voor 80% uit chernozems. Het was een chernozem profiel van de Balti steppe in noordoost Moldavië waarmee Docuceaev in 1870 de bodemkunde voor het eerst aandacht gaf. Het bodemprofiel werd gepresenteerd als de beste bodem van de wereld en tentoongesteld in onder meer Chicago en Parijs.

Chernozems hebben een lange geschiedenis. Ze hebben een dikke organische stofhoudende laag. Die laag is heel geleidelijk opgebouwd, ca 0,15 mm per jaar (Isetkii, 2013). Na in gebruik name voor de landbouw gaat het organische stofgehalte omlaag. De door Docuceaev onderzochte grond had in 1877 een organische stofgehalte van 5,7% in de laag 0-60 cm, in 1960 3,7 en in 2007 na 47 jaar intensieve landbouw 3,2%. Het probleem van achteruitgang van de bodemvruchtbaarheid is al lang geleden opgemerkt en op chernozems is veel meerjarig onderzoek gedaan naar verval en behoud van bodemvruchtbaarheid.

Bijvoorbeeld:

#### **Invloed gewas** (Boinceaux in Lal, 2015)

1962 Start experiment: 79 Mg organische stof per ha

2009 47 jaar wintertarwe: 73 Mg organische stof per ha

2009 47 jaar korrelmais: 67 Mg organische stof per ha

#### **Invloed ploegen** (Dent (2013))

##### *Ploegen*

1977 62,0 Mg organische stof per ha

1990 60,7 ,,

##### *Niet kerende grondbewerking*

1977 64,3 Mg organische stof per ha

1990 63,5 ,,

#### **Bodemleven en wikke** (Domsch, 1963)

##### *Geen wikke*

Invertebraten

48-55

lumbricus soorten

26-38

##### *Wikke in 2009 en 2010 (onderzoek in 2012)*

Invertebraten

72-78

lumbricus soorten

43-68

De microbiële biomassa werd door wikke 1,5 keer zo hoog.

### **Overzicht maatregelen**

Boinceaux (in Lal e.a. 2015) geeft een overzicht over maatregelen die van belang zijn:

- Een meer diverse vruchtopvolging
- Niet kerende grondbewerking
- organische mest
- beperken irrigatie
- vlinderbloemigen en grassen

### **Literatuur**

Leah, T en N. Leah. 2011. Intensive agriculture influence on quality of typical chernozem from Moldava. Scientific Papers, UASVM Bucharest, Series A, Vol. LIV.

Lal, R. and B.A. Stewart ed. 2015. Soil management of smallholder agriculture. Taylor & Francis, Boca Raton VS

Lisetskii, T.F.N., P.V. Goleusov, O.A. Chepelev, 2013, he Development of Chernozems on the Dniester–Prut Interfluve. Eurasian Soil Science, Vol. 46, No. 5, pp. 491–504. Pleiades Publishing.

Dent, D.L. ed. 2013. Primary soil tillage in the crop-rotation for main field crops in Moldava, Boaghii, I.V. and Bulat, L.

## 2.6 Voorbeeld verbetering Podzol

Een mooi voorbeeld van beheer van podzolgronden zijn de veenkoloniale gronden in Nederland.



*Akkerbouw op veenkoloniale grond bij Sappemeer*

Deze zandgronden bestaan uit een donkere bovenlaag, vaak rond de 40 cm dikte, boven een ondergrond met humusinspoeling.



*Het bodemprofiel*



## Problemen bij veenkoloniale gronden

### 1. Verstuiven



### 2. Verdichte bodemstructuur



### 3. Humus met slechte eigenschappen



### 4. Verdichte ondergrond



### Oplossingen

De problemen bij deze gronden zijn deels ontstaan door het vele gebruik van chilisalpeter in het verleden. De bodemkwaliteit is hierdoor sterk achteruitgegaan. Wat nu van belang is:

#### **Aanvoer van organische stof die het bodemleven voedt.**

Groencompost is dan minder wenselijk, GFT-compost is gunstiger.

### **Losmaken van de ondergrond**

Een kuil graven en de beworteling beoordelen moet een standaardhandeling zijn om tot een goed bodembeheer te komen. Periodiek woelen zal vaak nodig zijn. Daarna een diepwortelend gewas inzaaien om het dichtzakken te voorkomen. Indien passend in de vruchtopvolging is een grasklaver met veel rode klaver een mooie combinatie. Tarwe wortelt wel diep, maar de wortels zijn vaak niet krachtig genoeg om de onderlaag voldoende te doorwortelen. Ook de penwortel van gele mosterd of bladrammenas wordt vaak overschat. Tevens wortelen deze beide zeer extensief met dunne en tere wortels die niet echt de bodemstructuur kunnen onderhouden.

### **Bodembewerking**

Vroeger werd er alleen geploegd op veenkoloniale gronde.. Tegenwoordig zijn het vooral de spitmachine en de vaste tandcultivator. In Koopmans e.a. 2015 worden de voordelen van de verschillende methoden op een rij gezet:

Ploeg: gunstig voor bodemstructuur en voorkomen slomp

Spitmachine: gunstig voor vlakligging

Vaste tandcultivator: gunstig voor behoud van vocht in de bodem, weinig arbeid, lage kosten en veel capaciteit

### **Niet-kerende grondbewerking**

Door minder te bewerken en in de winter de grond bedekt te houden zou een aanzienlijk betere bodemstructuur kunnen ontstaan. De gedachten gaan dan direct richting niet-kerende grondbewerking. Toch is dit voor de veenkoloniën geen oplossing. De eenzijdige smerende humus maakt dat de grond te sterk verdicht en er geen goede beworteling meer mogelijk is. Bedrijven die het desondanks wel lukt zijn er nog niet.

### **Drainage**

De hoogste grondwaterstanden mogen niet boven de 60 cm onder het maaiveld komen. Wanneer dit niet zo is moet gedraineerd worden. Wanneer de grond redelijk doorlatend is kan sleufloos gedraineerd worden. Bij aanwezigheid van dichte fijnzandige, lemige of veenlagen moeten de drains met een kettinggraver gelegd worden. Bij sterk verdichte grond moet de drainsleuf opgevuld worden met drainagezand. Het is belangrijk onder droge omstandigheden te draineren en direct een diepwortelende groenbemester in te zaaien. De omstandigheden kunnen zo ongunstig zijn door grondsoort of hoge slotwaterstanden dat het nodig is de percelen bol te leggen, greppels te graven of moldrainage toe te passen.

### **Vochtvoorziening**

Organische stof en een diepere doorwortelbaarheid zijn essentieel voor een goede vochtvoorziening. Vochtttekort blijft op zandgronden vrijwel altijd een probleem. Het is gunstig om in het voorjaar te ploegen of niet te ploegen. Gebruik altijd de vorenpakker. In de zomer de grondwaterstand verhogen tot ca 80 cm is wenselijk wanneer dat mogelijk is.

Lees meer in: Koopmans, e.a., 2015. Bodemscan zand- en dalgronden. Louis Bolk Instituut 2015-013 LbP

## 2.7 Voorbeeld verbetering Histosol

In het westen van Nederland is er een lange historie over het omgaan met veengronden. Veengronden bestaan bijna puur uit organische stof en organische stof wordt algemeen als gunstig gezien en hier zouden dus geen problemen moeten zijn. De veengronden laten evenwel twee dingen duidelijk zien. Er moet ook niet teveel organische stof zijn en het gaat niet alleen om de hoeveelheid, maar vooral ook om de kwaliteit van de organische stof.



*Landschap veengrond in Zuid-Holland*

### Problemen bij veengronden

**1. Draagkracht.** Bij begrazing door vee treedt snel vertrapping op. Na ploegen, bijvoorbeeld bij maisteelt, kunnen er grote problemen zijn bij de oogst.



*Na de oogst van mais*

**2. Irrversibele indroging.** Na sterke indroging in de zomer neemt de bodem zeer moeilijk weer vocht op.

**3. Slechte bodemstructuur.** Vee en machines verdichten de bodem.

**4. Lage levering van voedingsstoffen.** Het gaat dan om minder goede kwaliteit van organische stof en vooral om de voedingsstoffen stikstof, fosfor en sporenelementen.

### Eigenschappen van een veengrond



*Drie lagen van een veengrond*

In bovenstaande figuur zijn zichtbaar een bovengrond die kruimelig is, waar geen oorspronkelijk veen meer in te herkennen is en die goed doorwortelbaar is en via een overgangslaag een ondergrond zonder lucht, geen beworteling en plantenresten die het veen vormden en als zodanig nog te herkennen zijn.



*Goede bovengrond*



*Slechte bovengrond*



*Ondergrond*

## Verbetering van een veengrond

Al 500 jaar ligt de aandacht bij het beheer van veengronden op de aanvoer van organisch materiaal dat het bodemleven voedt. Dat gebeurde door toemaak, een mengsel van stalmest, slootbagger en stadsafval. Dat werd langs een sloot gecomposteerd.



*Toemaak langs een sloot*

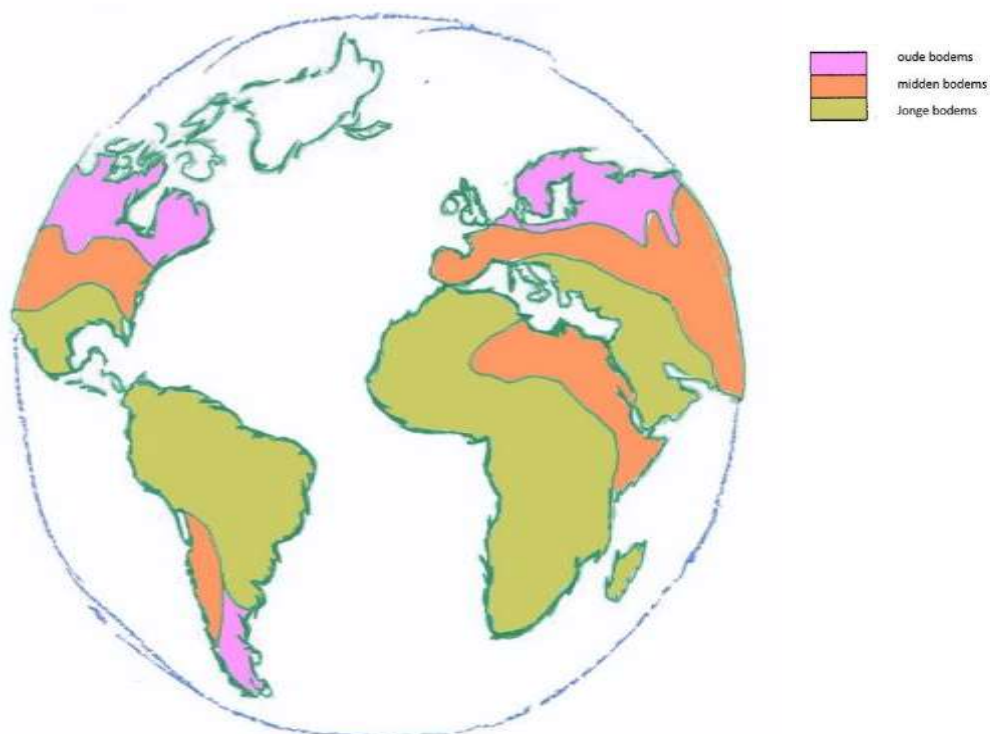
De oude toemaakmethode is geen optie meer, maar bijvoorbeeld gebruik van GFT-compost en aanvullen met dierlijke mest is een belangrijke bijdrage aan de voeding van het bodemleven.

Andere maatregelen zijn een goede ontwatering (met gevaar voor verdwijnen van het veen door mineralisatie), wateraanvoer in de zomer met onderwaterdrains, achterwege laten van maisteelt en vooral zeer kritisch zijn bij berijden en beweiden.

Zie verder ook [www.louisbolk.org/downloads/2904.pdf](http://www.louisbolk.org/downloads/2904.pdf)

### 3. Indeling van de bodems in jong, midden en oud

Bodems ontstaan doordat er planten op verweerd gesteente groeien. Klimatologische omstandigheden hebben veel invloed op de aard van de processen die hierbij in de loop van de tijd optreden. Omdat het uitgangsgesteente, de vegetatie, de temperatuur en de watersituatie overal op de wereld anders zijn, ontstaan overal op de wereld andere bodems. De laatste zestig jaar is er veel aandacht besteed aan een wetenschappelijk gefundeerde naamgeving van de bodems. Deze naamgeving is evenwel een richting ingegaan die het moeilijker maakt om de naam te koppelen aan bijpassend bodembeheer door de landbouw. Een indeling van bodems in jong, midden en oud maakt de koppeling van bodemtype aan landbouwkundige maatregelen beter mogelijk, zoals een duurzaam beheer van de fosfaathuishouding en goed koolstofbeheer dat bijdraagt aan zowel de bodemvruchtbaarheid als aan vermindering van het klimaatprobleem. In onderstaande figuur is weergegeven waar deze drie groepen bodems zich, bij benadering, in de wereld bevinden. In de volgende hoofdstukken wordt duidelijk hoe de bodemtypes met hun wetenschappelijke benaming in deze leeftijds-indeling kunnen worden ingepast en wat dit oplevert.



*'Globale' indeling van de wereld in gebieden met eenzelfde basisprincipe voor onderhoud en verbetering van de bodemvruchtbaarheid. Deze indeling is een benadering. Binnen een groep komen ook bodems met afwijkende eigenschappen voor. In de tropen kan bij zeer arm zand bijvoorbeeld een oude Podzol ontstaan en bij de polen kunnen zeer humusarme rivierafzettingen met jonge bodems voorkomen. Binnen iedere, op de kaart aangegeven, groep zijn er dus ook bodems uit andere groepen aanwezig.*



### 3.1. Jonge bodems

Verweerd gesteente vormt de basis van een bodem. Hierop groeien planten en zo komt er organische stof in de bodem. Wanneer er weinig organische stof is, blijven de minerale delen (het verweerde gesteente) de eigenschappen bepalen. Een laag gehalte aan organische stof komt voor bij bodems die nog niet zo lang begroeid zijn, zoals bij rivier- en zeeafzettingen, maar ook bij bodems in de tropen, omdat een vochtig klimaat en een hoge temperatuur een snelle afbraak van organische stof veroorzaakt. Ook droogte of kou kunnen de reden zijn dat er geen vorming van organische stof optreedt. Gronden met weinig organische stof en weinig afvoer van mineralen door bodemvormende processen, noemen we jonge bodems. Dit is dus een kwalitatieve indeling. Een jonge bodem kan, zoals in de tropen, ook heel oud zijn. Jong betekent hier dat het proces van bodemontwikkeling door opbouw van organische stof (nog) niet op gang is gekomen.

### 3.2. Midden bodems

Bij gunstige klimatologische omstandigheden komt er door activiteit van het bodemleven steeds meer organische stof in de bodem, zowel in de bovenlaag als dieper. De organische stof kan zich ook aan klei gaan binden. Op de bruine gronden (zie 3.4) treffen we van nature gemengd bos aan en bij de Chernozems (zie 3.5) steppeachtige vegetaties. Deze gronden noemen we midden bodems. Ze zijn bij uitstek geschikt voor landbouw.

### 3.3. Oude bodems

Bij een neerslagoverschot kunnen bodems onder een vegetatie steeds zuurder en armer worden, doordat voedingsstoffen uitspoelen. Ook kan er instabiele zwarte organische stof uit de bovenlaag verdwijnen en op een bepaalde diepte weer inspoelen, zodat een inspoelingslaag ontstaat. Er ontstaan dan Podzolgronden. Deze diepere laag kan verdichten waardoor er zeer natte omstandigheden ontstaan en veenvorming optreedt. Maar ook door uitsluitend natte omstandigheden en kou kan er veenvorming optreden. Zo ontstaan oude bodems.

## 4. Beheer bodems in de landbouw per groep

Landbouwkundig gezien geeft de indeling in jong, midden en oud interessante perspectieven. Veel bodems hebben specifieke tekortkomingen waar een boer constant aan moet werken. Deels om op korte termijn, deels om op lange termijn, een goede groei van de gewassen te krijgen

In onderstaand schema, waarin zeven belangrijke bodems zijn ondergebracht, staan enkele voorbeelden van landbouwkundige maatregelen die bij de verschillende bodemtypes van belang zijn. De genoemde bodems worden in hoofdstuk 3 nader beschreven.

	<b>Jong</b>	<b>Midden</b>	<b>Oud</b>
<b>Bodem-classificatie</b>	Acrisol Arenosol Fluvisol	Cambisol Chernozem	Podzol Histosol
<b>Organische stof</b>	Werken aan opbouw organische stof	Normaal beheer van organische stof	Werken aan de kwaliteit van de organische stof
<b>Koolstof/stikstof-verhouding</b>	Koolstofrijke organische stof toevoeren	Organische stof aanvoeren met koolstof en stikstof in een goede verhouding	Stikstofrijke organische stof toevoeren
<b>Fosfaat-beheer</b>	Vorming van een actief bodemleven en opbouw van organisch gebonden fosfaat nastreven. Gebruik van compost kan hierbij helpen.	Via een goed beheer van organische stof (granen, grassen en vlinderbloemigen in de vruchtwisseling) vindt voldoende opbouw van organisch gebonden fosfaat plaats.	Bijzondere maatregelen zijn beperkt nodig. Fosfor wordt nauwelijks vastgelegd aan calcium-, ijzer- of aluminiumrijke mineralen.
<b>Bodem-bewerking</b>	Door lage organische stofgehalten is er kans op verdichting. Mechanisch losmaken van de grond kan nodig zijn. Bij voldoende doorwortelde grond kan losmaken ook negatief werken.	Van nature goed doorwortelbaar. Alleen losmaken bij verdichting.	Mechanisch losmaken is vaak nodig. Na losmaken diep wortelende gewassen inzaaien.

## 5. Literatuur

Soil Signals, 2015. [www.roodbont.nl](http://www.roodbont.nl)

Bokhorst, J.G. 2014. Bodem onder het Landschap. [www.roodbont.nl](http://www.roodbont.nl)

Bunning, S. and F. Davis, ed., 2012. Global Soil Partnership. International technical workshop. 5/7 de. 2012. FAO, Rome, Italy.

Driessen. P. e.a., 2001. WSrr Lecture notes on the major soils of the world. FAO, Rome.

Eekeren, N. van. e.a., 2013. Goede bodem op veen boert beter. Louis Bolk Instituut Driebergen.

Koopmans, C., e.a., 2015. Bodemscan zand- en dalgronden. Louis Bolk Instituut 2015-013 LbP

Oda, M. e.a., 2014. Application of high carbon/nitrogen material enhanced the formation of the soil a horizon and nitrogen fixation in an tropical agricultural field. Agricultural sciences, 5, 1172-1181.

Het basisboek voor de bodems van de wereld is Soil Signals. Te verkrijgen bij [www.roodbont.nl](http://www.roodbont.nl) en andere boekverkopers . Informatie over bodemtypen, bodemeigenschappen en bodembeheer.



