

# De Bodem Leeft



gecertificeerde  
NLT module  
voor havo



# Colofon



De module De bodem leeft is bestemd voor de lessen Natuur, Leven en Technologie (NLT). De module is op 24 april 2008 gecertificeerd door de Stuurgroep NLT voor gebruik op het havo in domein C (Bedreiging en behoud van de leefomgeving). Het certificeringsnummer van de module is 2014-012-HC.

De originele gecertificeerde module is in pdf-formaat downloadbaar via ► <http://www.betavak-nlt.nl>. Op deze website staat uitgelegd welke aanpassingen docenten aan de module mogen maken, voor gebruik in de les, zonder daardoor de certificering teniet te doen.

De module is gemaakt in opdracht van het Landelijk Ontwikkelpunt NLT.

Deze module is ontwikkeld door

- Baken Park Lyceum, Almere, José Mastenbroek
- Oostvaarderscollege, Almere, László Szalai

In samenwerking met

- Alterra Wageningen UR, Ir. Bas van Delft
- Wageningen UR, sectie Bodemkwaliteit, Dr. Ron de Goede
- Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Liesbet Dirven, Dr. Michiel Rutgers
- SME Advies, Ido de Haan, Christel Speijers

*Aangepaste versies van deze module mogen alleen verspreid worden, indien in dit colofon vermeld wordt dat het een aangepaste versie betreft, onder vermelding van de naam van de auteur van de wijzigingen.*

Voor de totstandkoming van deze module is gebruik gemaakt van het volgende materiaal:

- VWO-Campus
- Globe
- XLNT Talent

Materialen die leerlingen nodig hebben bij deze module zijn beschikbaar via het vaklokaal NLT:

► <http://www.digischool.nl/nlt>

VWO-campus



© 2008. Versie 1.0

Het auteursrecht op de module berust bij Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO). SLO is derhalve de rechthebbende zoals bedoeld in de hieronder vermelde creative commons licentie. De auteurs hebben bij de ontwikkeling van de module gebruik gemaakt van materiaal van derden en daarvoor toestemming verkregen. Bij het achterhalen en voldoen van de rechten op teksten, illustraties, enz. is de grootst mogelijke zorgvuldigheid betracht. Mochten er desondanks personen of instanties zijn die rechten menen te kunnen doen gelden op tekstgedeeltes, illustraties, enz. van een module, dan worden zij verzocht zich in verbinding te stellen met SLO.

De module is met zorg samengesteld en getest. Landelijk Ontwikkelpunt NLT, Stuurgroep NLT, SLO en auteurs aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor onjuistheden en/of onvolledigheden in de module. Ook aanvaarden Landelijk Ontwikkelpunt NLT, Stuurgroep NLT, SLO en auteurs geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, voortkomend uit (het gebruik van) deze module.

Voor deze module geldt een

Creative Commons Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk delen 3.0 Nederland Licentie

► <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/nl>

# Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	1
2 Structuur van de module.....	1
2.1 Volgorde van lezen en werken.....	3
2.2 Beoordeling module.....	4
2.3 Wat leer je? .....	4
2.4 Gegevens verwerking.....	7
3 Bodem.....	9
3.1 Inleiding.....	9
3.2 Functies van een gezonde bodem.....	10
3.3 Bodemecosysteem.....	10
3.4 Bodemorganismen.....	14
3.5 Biodiversiteit.....	17
3.6 Organische stof in de bodem.....	20
3.7 De bodem als opslagplaats of bron voor koolstofdioxide.....	22
3.8 Bodemgezondheid/ bodemmeetnet RIVM.....	26
3.9 Duurzaam telen.....	29
3.10 Werken aan duurzaam bodembeheer.....	30
4 Opdrachten.....	32
4.1 Buitenopdracht.....	32
4.2 Rode draad opdracht 1: gebrekcultures.....	33
4.3 Rode draad opdracht 2: Compostpower.....	36
4.4 Globe opdracht.....	39
4.5 Keuzeopdrachten.....	44
Bijlage 1 URL-Lijst.....	50



# 1 Inleiding

Deze module gaat over de **bodem**. Daaronder verstaan we niet alleen de grond onder onze voeten maar ook het leven in die grond. Een bodem is een samenleving tussen planten en echt enorm veel bodemleven: wormen, insecten, schimmels en bacteriën die allemaal in de bodem leven.

Het centrale thema van de module is duurzaam gebruik maken van de bodem. **Duurzaam** is een modewoord geworden en niemand weet precies wat het betekent. De betekenis die het hier heeft is:

De (gebruiks)waarde van de bodem moet behouden blijven.  
Na duurzaam gebruik is de bodem hetzelfde gebleven.

Duurzame landbouw maakt gebruik van de bodem op een manier die je duurzaam kunt noemen. Tegenover duurzame landbouw staat de zogenaamde **intensieve landbouw**. De intensieve landbouw probeert de productie zo groot mogelijk te houden. Er worden veel landbouwmachines, kunstmest, onkruidbestrijdingsmiddelen en insectenbestrijdingsmiddelen gebruikt. Van intensieve landbouw is sprake sinds de jaren zestig en zeventig. Door intensieve landbouw had men voldoende voedsel voor de sterk groeiende bevolking maar deze vorm van landbouw heeft ook nadelen. Het grondwater raakt vervuild met meststoffen zoals fosfaten en nitraten en bestrijdingsmiddelen. Door de overheid zijn daarom maatregelen genomen om het gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen aan banden te leggen.

## 1. Bron: de Nederlandse akkerbouwer

De auteurs van deze module willen Nederlandse akkerbouwers niet afschilderen als milieuvervuilers. Integendeel: we weten dat akkerbouwers juist veel alternatieven toepassen voor bestrijdingsmiddelen en kunstmest.

*“Allereerst vind ik het jammer dat er geen landbouwer (producent) zijn of haar verhaal kan vertellen in dit programma. Hierdoor wordt alles maar vanaf een kant belicht. Wij (ik ben zelf een akkerbouwer) strooien maar niet in de wilde weg met kunstmest, en gaan niet voor onze lol met de spuit het land in om zo een goedkoop mogelijk product voor de consument te krijgen. Wij maken steeds meer gebruik van bemesting met compost (groenafval van de consument) en*

*eigen plantenresten, en gebruiken wel degelijk een groenbemestings gewas om stikstof te binden.*

*Veel van het onkruid wordt mechanisch verwijderd, dmv schoffelen. En we rouleren de gewassen, zodat niet ieder jaar het zelfde gewas op de zelfde plaats staat om ziektes te voorkomen.*

*Ik vind het jammer dat wij als landbouwers veelal gezien worden als mestrijdende gifspuitende misdadigers”*

Dit is een reactie van een Nederlandse akkerbouwer op het programma: De toekomst van ons voedsel: landbouw of laboratorium? geplaatst op maandag 28 januari 2008 22:25 (te bekijken op ►[URL1](#))



## 2 Structuur van de module

Lees eerst dit hoofdstuk 2 goed door. Hierin staat de beoordeling, staat wat je leert en hoe je jullie gegevens op kan laten nemen in een Landelijk netwerk.

### 2.1 Volgorde van lezen en werken:

- De module start met een Buitenopdracht (§4.1).
- In twee groepen starten met twee verschillende rode draad opdrachten (§4.2 en §4.3).
- Doorwerken theorie door het maken van vragen, deze moeten individueel worden ingeleverd (§3.1 t/m §3.10). Bij een voldoende kun je verder met de opdrachten
- Bodem onderzoek op een locatie. Het onderzoek doe je door gebruik te maken van Globe protocollen: dit is veldwerk en gebeurt dus buiten. Je bepaalt met de gehele groep allerlei eigenschappen van een door jullie zelf uitgekozen bodem (§4.4)
- Globe opdrachten in het lab (§4.4) en Globeopdrachten resultaten bespreken plus het eventuele invoeren van gegevens. (§4.4)
- (Eventueel: keuzeopdrachten in groepjes (§4.5), dit hoor je van je docent)
- Afsluiting rode draad opdrachten planten met presentatie (§4.2 en §4.3).
- Jullie doen één van de twee rode draad opdrachten (§4.2 of §4.3) maar via een presentatie delen jullie de kennis met je medeleerlingen. Alle leerdoelen voor deze opdrachten moeten dus in de presentaties worden verwerkt
- De module wordt afgesloten met een eindtoets. Je moet anderen kunnen uitleggen wat er in een bodem gebeurt en waarom goed bodembeheer belangrijk is.
- Informatie over een experiment dat je niet hebt gedaan krijg je door de presentatie van de andere groep bij te wonen en het verslag te lezen van de andere groep.

## 2.2 Beoordeling module

Theorie lezen en opgaven maken van hoofdstuk 3 (individueel).....	30%
Verslag maken van de rode draad opdracht (§4.2 of §4.3) (groep).....	20%
Presentatie geven van rode draad opdracht (§4.2 of §4.3) (groep) .....	10%
Inzet (individueel) .....	10%
Eindtoets over hele module (individueel).....	30%



*Figuur 1. Bodemleven*

## 2.3 Wat leer je?

*De structuur van een bodem kunnen onderzoeken, beschrijven en verklaren*

- je moet kunnen aangeven welke lagen er aanwezig zijn in de bodem die je hebt onderzocht
- je moet kunnen uitleggen hoe de lagen die aanwezig zijn in de bodem die is onderzocht zijn ontstaan
- je moet kunnen tekenen hoe het bodemprofiel van de door jouw onderzochte bodem eruit ziet
- je moet kunnen bespreken wat het verband is tussen de structuur van een bodem en het organische stofgehalte van de bodem

- je moet kunnen aangeven wat het verband is tussen het bodemvochtgehalte en het organische stofgehalte van de bodem
- je moet een drietal lagen kunnen noemen die in andere bodems te vinden zijn
- je moet in een kaart kunnen opzoeken welke bodem bij een bepaald gebied hoort (►URL2)
- je moet de resultaten en bevindingen van een gemaakt bodemprofiel kunnen presenteren (Word).

***Bodemeigenschappen en bodemprocessen kunnen meten en beschrijven en het belang ervan aangeven voor het bodemgebruik***

- je moet drie van de belangrijkste plantenvoedende stoffen (nutriënten) kunnen noemen
- je moet het begrip stikstofmineralisatie kunnen beschrijven
- je moet het begrip bodemademhaling kunnen beschrijven
- je moet kunnen uitleggen wat het betekent voor het leven in een bodem wanneer een bodem een hoge of een lage bodemademhaling heeft
- je moet kunnen uitleggen wat de pH voor invloed heeft op het bodemleven
- je moet kunnen beschrijven hoe plantenwortels nutriënten opnemen
- je moet de methode voor het bepalen van het organische stofgehalte van de bodem kunnen beschrijven
- je moet de methode voor het bepalen van het bodemvochtgehalte van de bodem kunnen beschrijven
- je moet de methode voor het bepalen van de bodemademhaling van een bodem kunnen beschrijven
- je moet de methode voor het bepalen van de bodemmacrofauna kunnen beschrijven.

***Het bodemvoedselweb kunnen beschrijven en het nut aangeven van een grote diversiteit voor de bodemgezondheid***

- je moet de rol van planten in een bodem voedselweb kunnen beschrijven
- je moet de rol van bacteriën in een bodem voedselweb kunnen beschrijven
- je moet de rol van regenwormen in een bodem voedselweb kunnen beschrijven
- je moet kunnen beschrijven wat de voordelen zijn van een grote diversiteit in bodemleven.

### *De rol van de bodem in de koolstofkringloop en in het broeikaseffect*

- je moet kunnen aangeven wat het doel is van het Kyoto akkoord
- je moet drie manieren kunnen noemen om de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer te verminderen
- je moet de belangrijkste factoren kunnen noemen in de koolstofkringloop
- je moet kunnen aangeven wat het effect is (en de grootte van het effect) van een toename van het organische stofgehalte in de bodem op de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer.

### *Gebreksziekten van planten*

- je moet van twee gebreksziekten kunnen noemen wat de verschijnselen zijn die bij planten kunnen worden waargenomen
- je moet van twee belangrijke voedingsstoffen (nutriënten) voor planten kunnen aangeven wat hun rol is in een plant
- je moet aangeven hoe je kunt onderzoeken wat het effect is van het weglaten van essentiële voedingsstoffen op maïsplanten
- je moet de resultaten van een onderzoek (staafdiagram) naar het weglaten van essentiële voedingsstoffen op maïsplanten begrijpen en interpreteren.

### *Compostpower of organische stofgehalte van de bodem*

- je moet twee voordelen kunnen noemen van een hoog organische stofgehalte in de bodem
- je moet twee oorzaken kunnen noemen van het dalen van het organische stofgehalte in Nederlandse landbouwgronden
- je moet kunnen beschrijven hoe het toevoegen van compost kan leiden tot een verhoging van het ziekteverend zijn van een bodem.

### *Bodemonderzoek*

- je moet het belang van het regelmatig meten van bodem eigenschappen kunnen aangeven
- je moet een drietal beroepen kunnen noemen die veel met de bodem te maken hebben.

## 2.4 Gegevens verwerking

Het RIVM heeft een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB). Het bodemmeetnet heeft als doel de eigenschappen van Nederlandse bodems in kaart te brengen. Ook bodems van biologische (duurzame) akkerbouwers en melkveehouderijen worden gemeten. De metingen zijn bijvoorbeeld: Hoeveel regenwormen bevat de bodem? Hoeveel en welke bacteriën bevat de bodem? Hoe snel loopt water weg in de bodem? Door het doen van deze module leer je hoe je bodemonderzoek doet en je gaat zelf metingen doen.

Jullie verzamelde gegevens van de Globe opdracht (§4.4) kunnen worden toegevoegd aan het meetnet.  
Voorwaarde 1: jullie houden je aan de protocollen die bij deze module horen  
Voorwaarde 2: de metingen worden in triplo (drie maal) uitgevoerd. Dit vergroot de nauwkeurigheid van de gegevens.

Wanneer jullie school een Globe school is kunnen jullie de gegevens invoeren op de Globe site. Daar kun je ook jullie waarden vergelijken met andere.

De gegevens die je verkrijgt kunnen ingevoerd worden in het Globe meetnet. (Voor meer informatie, zie ►vaklokaal NLT, webbijlage\_1\_Globe.doc). Daarmee worden jouw gegevens beschikbaar voor het onderzoek van Alterra, Wageningen UR en RIVM. Jij levert daarmee een bijdrage aan wetenschappelijk onderzoek naar de bodemkwaliteit in Nederland!

Waarom wordt er wetenschappelijk onderzoek gedaan naar bodemverbetering?

Er zijn drie redenen:

**1. Het op peil blijven van organische stof in de bodem.**  
**Organische stof** zijn verbindingen met koolstof, in de bodem gaat het dan over verteerd materiaal afkomstig van planten. Denk aan compost of potgrond, dat is voornamelijk organische stof. Organische stof is onder andere gunstig voor de structuur van de bodem en het vermogen van de bodem om water vast te houden.

Met een betere structuur bedoelen we een lossere rullere structuur. Wortels van planten kunnen dan ongehinderd groeien. Wanneer er veel keiharde kluiten zijn gaat wortels vormen veel moeizamer.

Water vasthouden is gunstig omdat water voor planten onmisbaar is. Wanneer er van water een voorraadje in de grond zit hebben planten daar veel voordeel van.



## **2. Het behoud van biodiversiteit**

Een hoge *biodiversiteit* in de bodem betekent in het kort dat er heel veel verschillende soorten leven aanwezig zijn. Waarom is dit gunstig? In de bodem zit een afvalverwerkingsbedrijf. Plantenresten worden verteerd zodat ze weer gebruikt kunnen worden als voeding voor planten. Wanneer er nu weinig verschillende soorten aanwezig zijn en een van deze soorten wordt aangetast door een ziekte of een plaag dan zal het hele systeem daar veel hinder van hebben. Wanneer er veel verschillend leven aanwezig is dan zijn er andere organismen die de taak kunnen overnemen.

Een andere reden voor het behouden van biodiversiteit is meer giswerk. In de rioolwaterzuivering wordt al heel lang gebruik gemaakt van bacteriën die ons afval opeten waarna veel schoner water overblijft. Vooral bacteriën blijken te kunnen leven op plaatsen waarvan wij denken dat leven daar onmogelijk is. Er zijn zelfs bacteriën actief in grond die besmet is met radioactief afval. Wanneer wij de diversiteit in de bodem laten dalen dan kunnen we in de toekomst waarschijnlijk veel minder nieuwe afvalverwerkers ontdekken.

## **3. Het vastleggen van koolstofdioxide**

Organische stof die uit de bodem verdwijnt zal in de atmosfeer verschijnen als *koolstofdioxide*. Andersom zal meer organische stof in de bodem een vermindering van de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer opleveren. Koolstofdioxide is een belangrijk broeikasgas. Nederland heeft het Kyoto akkoord ondertekend waarin we de afspraak gemaakt hebben de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

**Nu begin je eerst aan de Buitenopdracht (§4.1).**

# 3 Bodem

Met hoofdstuk 3 mag je beginnen als je de Buitenopdracht §4.1 gedaan hebt, en als je in groepsverband een rode draad opdracht (§4.2 of §4.3) bent gestart.

Hoofdstuk 3 doe je individueel, het bestaat uit leesgedeelten en vragen. Lees de theorie en verwerk de vragen op papier. Soms heb je documenten uit ► vaklokaal NLT nodig, soms moet je websites raadplegen.

Voor de beoordeling van de module telt dit hoofdstuk in totaal 30% mee: Theorie lezen en opgaven maken van hoofdstuk 3(individueel) **30%**



Figuur 2 - Podzolbodem

## 3.1 Inleiding

Er is een groot verschil tussen grond en een bodem. De **grond** is een laag verweerd, los materiaal. Een **bodem** is wat de natuur en de tijd daarvan hebben gemaakt in de loop van de eeuwen. Verschillende lagen die allemaal andere eigenschappen hebben. Bovenin zit een laag die vaak veel **organische stof** bevat, de kleur daarvan is zwart. Organische stof bestaat uit verbindingen met daarin veel van het element koolstof. Het is daar terecht gekomen doordat er planten op hebben gegroeid die zijn afgestorven. Het bodemleven heeft dit afgebroken, van dit materiaal kan de volgende generatie planten groeien. Omdat in de loop van de tijd er veel regenwater door de grond is gesijpeld is er ook een laag waar stoffen uit vandaan zijn gespoeld, die vervolgens weer in een volgende laag terecht gekomen.

Een goed voorbeeld staat hiernaast in figuur 2: in de figuur staat een profiel van een bodem waarin je de verschillende lagen daarin goed kunt zien. Dit profiel is typisch voor een Podzolbodem. (Voor meer uitleg zie ► vaklokaal NLT, nlt2-h014\_bijlage\_5\_horizonten.doc)

### 1. Opdracht bodemprofiel

Maak voor het beantwoorden van deze vraag gebruik van ► URL1.

a. *Vaak wordt bij een beschrijving van een bodemprofiel gesproken over het moedermateriaal. Zoek de term op. Kun je aangeven waar dit in het profiel uit figuur 2 te vinden is?*

- b. *Wat bevindt zich de A horizont in een bodemprofiel?  
Waarom is deze horizont donker van kleur?*
- c. *Wat is kenmerkend voor een E horizont?*

## 3.2 Functies van een gezonde bodem

Kun je bodemkwaliteit wel een waarde geven? Het is namelijk afhankelijk van het bodemgebruik. Wanneer je maïs wilt verbouwen of een bos wilt aanleggen zijn de eisen aan de bodem heel verschillend. Er zijn echter wel een aantal zaken waaraan een gezonde bodem, dus met een goede bodemkwaliteit, moet voldoen.

Over het algemeen heeft een bodem de volgende functies:

- bodem als medium voor wortelgroei: verankering
- opslag van koolstof: de hoeveelheden organische stof die in bodems van verschillende ecosystemen zijn opgeslagen verschilt
- het waterregulerend vermogen (het vasthouden en het doorlaten van water)
- het opslaan en leveren van voedingsstoffen voor plant en dier (voor tuinen, groenvoorzieningen, en natuur)
- het zelfreinigend vermogen voor het opleveren van schoon grondwater
- vastlegging (adsorptie, neerslag) en afbraak van verontreinigende stoffen
- behoud van de soortenrijkdom (biodiversiteit) van bodemorganismen.

### 2. Vraag

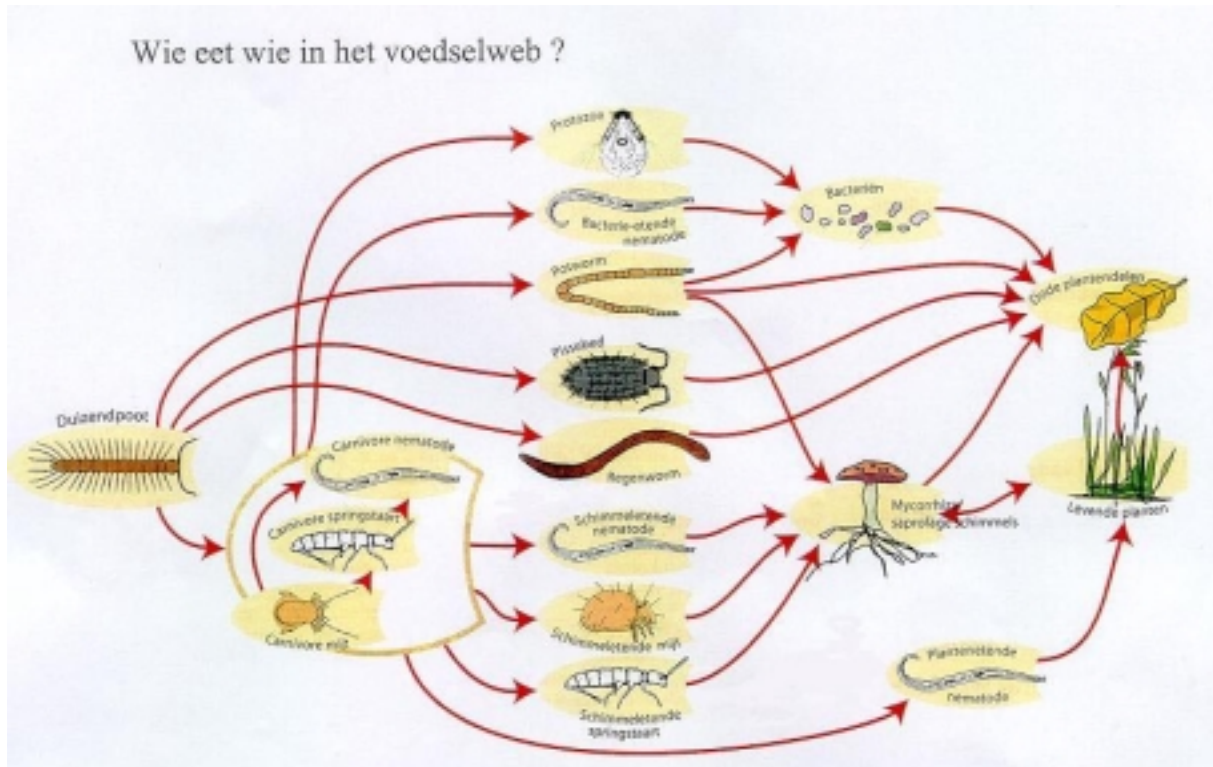
- a. *In de inleiding staat dat organische stof gunstig is voor de structuur en voor het watervasthoudend vermogen van een bodem. Organische stof die verdwijnt uit de bodem komt als koolstofdioxide in de atmosfeer. Kun je een derde ongunstig effect bedenken bij het verdwijnen van organische stof uit de bodem?*
- b. *Beredeneer wat het effect kan zijn van het goed of slecht water doorlaten van een bodem bij overstromingen door hevige regenval.*

## 3.3 Bodemecosysteem

De definitie van *ecosysteem* is een gemeenschap van levende wezens en de omgeving waarin ze leven. Iedere bodem bevat talloze soorten levende organismen, van bacteriën en schimmels tot veel meer ontwikkelde insecten en wormen.



Wanneer we in de bovenste laag van 25 cm van een bodem gaan kijken dan bevindt zich daar ongeveer 3000 kg aan bodemorganismen per hectare (10.000 m<sup>2</sup>). Alle bodemorganismen hebben invloed op elkaar, er ontstaat een web van onderlinge relaties dat we een ecosysteem noemen of een bodem voedselweb. Elk levend wezen maar ook de omgeving heeft een rol in het ecosysteem.



Figuur3. Schematische weergave van een bodemvoedselweb (overgenomen van R. de Goede WUR Bodemkwaliteit)

Alle aanwezige bodemorganismen hebben allemaal invloed op elkaar. Een voorbeeld is het verteren van dood materiaal, er zijn organismen die het startwerk doen en grotere stukken fijn maken zoals regenwormen. Vervolgens zijn er organismen die de resten tot steeds kleinere stukken verwerken en uiteindelijk breken bacteriën en schimmels de grotere moleculen die zijn ontstaan weer af tot kleinere. Planten nemen die weer op als voedingsstof. Planten vormen het voedsel van planteneters. Roofdieren eten de planteneters. Alle dode organismen, planten en dieren, vormen weer dood materiaal. In deze keten kunnen geen organismen ontbreken, de volgende in de reeks heeft de vorige nodig om te kunnen eten.

### **Rhizosfeer**

Het laagje rond plantenwortels, de **rhizosfeer**, is een belangrijke omgeving voor heel veel leven. De rhizosfeer heeft een veel hogere biologische activiteit en een andere chemische samenstelling van het bodemvocht dan de grond daarbuiten.



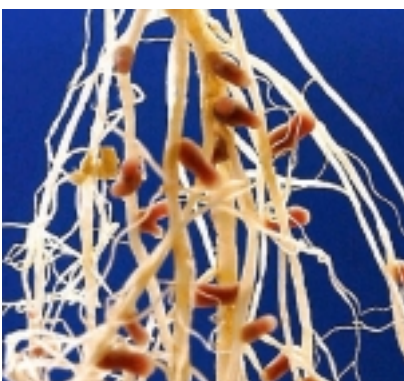
*Figuur 4. Rhizosfeer: hiermee bedoelt men het laagje grond rondom een willekeurige plantenwortel. (hier in het roze aangegeven) De rhizosfeer is enorm rijk aan allerlei bodemleven.*

Dit komt door:

- Het uitscheiden van stoffen door de wortels: **wortellexudaten**. Dit zijn verbindingen die door de wortel worden uitgescheiden. Wortellexudaten zijn een belangrijke voedingsbron voor micro-organismen zoals bacteriën en schimmels.
- De wortel neemt plantenvoedende stoffen op (vooral stikstof in de vorm van  $\text{NO}_3^-$ (aq) of  $\text{NH}_4^+$ (aq)). De totale lading van opgenomen ionen moet gelijk zijn, dit bereikt de plant door uitscheiding van  $\text{H}^+$  of  $\text{OH}^-$  ionen. (Wanneer er meer anionen dan kationen opgenomen zijn dan worden  $\text{OH}^-$  ionen uitgescheiden. Wanneer meer kationen dan anionen opgenomen zijn dan worden er  $\text{H}^+$  ionen uitgescheiden). Het gevolg is dat de zuurgraad (pH) in de rhizosfeer verandert. Bij opname van ammonium  $\text{NH}_4^+$ (aq) verzuurt de rhizosfeer, bij opname van nitraat  $\text{NO}_3^-$ (aq) wordt de rhizosfeer juist meer basisch. Door deze pH verandering verandert de beschikbaarheid van andere nutriënten en verontreinigingen. Dit komt door verschillen in oplosbaarheid bij verschillende pH. Een plant kan slechts stoffen die opgelost zijn in water opnemen. (meer uitleg over de invloed van pH en zuurgraad op de bodem op ►URL3).
- De plantenwortel neemt water op onafhankelijk van de opname van nutriënten. Opgenomen water vult de bodem weer aan. Hiermee komen ook nutriënten mee. Als de opname door de plant van een nutriënt lager is dan de aanvoersnelheid, treedt een ophoping rond de wortel op. Andersom: bij een opname die hoger is dan snelheid van aanvoer zal de concentratie rond de wortel lager zijn. Er is dan sprake van een **depletiezone** rond de wortel (een zone waarin de opgenomen stof uitgeput is geraakt). Dit treedt bijvoorbeeld bij fosfaat op, vrijwel alle zouten met dit ion lossen slecht op en er is dus in het bodemwater weinig van deze nutriënt aanwezig.
- De efficiëntie waarmee planten stoffen kunnen opnemen hangt sterk af van het wortelstelsel. Wanneer de aanvoer langzamer gaat dan de opnamesnelheid door de plant en er depletiezones ontstaan dan kunnen meer wortels worden gemaakt. Er worden dan voornamelijk wortelharen gevormd omdat dit voor de plant minder kostbaar is.

#### ***Invloed van de bodem op aanwezige organismen***

Eigenschappen van de bodem bepalen in grote mate welke organismen aanwezig zijn. Maar de organismen kunnen ook invloed hebben op de bodem en die zo veranderen. De samenstelling en functies van biologische gemeenschappen in de bodem worden beïnvloed door allerlei factoren zoals temperatuur, vochtigheidsgraad en zuurgraad maar ook



activiteiten zoals landbouw, bosbeheer en industriële vervuiling spelen een rol .

Dood organisch materiaal in de bodem is voedsel voor schimmels en bacteriën. Schimmels en bacteriën scheiden enzymen uit die voor de afbraak zorgen van verschillende soorten van de organische stof. Er is een verschil in samenstelling van deze afbrekende organismen bij verschillende zuurgraad van de bodem. In bodems met een neutrale pH zijn er meer bacteriën maar op zure bodems domineren schimmels het bodem voedselweb.

*Figuur 5. Wortelknolletjes van een vlinderbloemige plant. In deze wortelknolletjes is de rhizobium bacterie aanwezig die de plant van stikstof in een opneembare vorm voorziet.*

### **Symbiose**

De definitie van **symbiose** is: het samenleven van verschillende organismen die van elkaars aanwezigheid voordeel hebben.

Twee voorbeelden van symbiose in de bodem zijn: vlinderbloemigen en de rhizobium bacterie en mycorrhizaschimmels en planten.

### **Stikstofmineralisatie**

Stikstof is als element een belangrijke voedingsstof voor planten. In onze atmosfeer is veel stikstof (als  $N_2$ ) aanwezig. In  $N_2$  is het element stikstof echter in een vorm die planten niet kunnen gebruiken. Als nitraationen ( $NO_3^-$ ) en ammoniumionen ( $NH_4^+$ ) kan een plant stikstof opnemen en gebruiken als voeding. Het omzetten van stikstof uit de lucht wordt **stikstofmineralisatie** (of N binding) genoemd.

**Vlinderbloemigen**, bijvoorbeeld klaver, lathyrus, erwten en bonen kunnen een samenwerking aangaan met de **rhizobium bacterie**. De plant laat de bacterie toe in wortelknolletjes. Van de plant krijgt de bacterie suikers, in ruil waarvoor hij stikstof in een bruikbare vorm afgeeft. Het gevolg van deze samenwerking (of symbiose) is dat vlinderbloemigen op stikstofarme grond goed kunnen groeien, omdat zij als het ware over hun eigen stikstofbron beschikken.



*Figuur 6. Mycorrhizaschimmeldraden bij een plantenwortel. De schimmeldraden zijn talrijker dan de wortels en veel kleiner.*

### **Mycorrhizaschimmels**

De **mycorrhizaschimmel** vormt een fijn netwerk van schimmeldraden bij de plantenwortel. De plant levert suikers aan de schimmel terwijl de mycorrhizaschimmel organisch materiaal in de grond afbreekt zodat voedingsstoffen vrijkomen voor de plant. Bovendien zijn de schimmeldraden ook extra wortels voor de plant. Door de vele vertakkingen van de schimmeldraden is er een veel groter contactoppervlak en de plant wordt beter voorzien van water, mineralen en soms ook eiwitten.

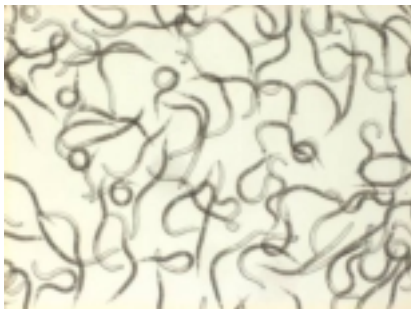
### 3. Vraag

- a. *Welke organismen zijn schimmeleeters in het bodemvoedselweb?*
- b. *Zullen er veel bacteriëneters voorkomen in zure grond? Welk profijt hebben planten van de symbiose met de rhizobium bacterie?*
- a. *Wat is de rol van bacteriën en schimmels in het bodemvoedselweb?*

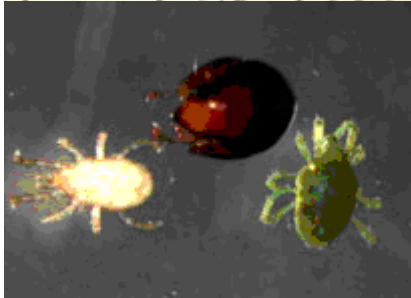
## 3.4 Bodemorganismen

Voor het maken van opdracht 4 heb je de volgende drie documenten uit ► vaklokaal NLT nodig:

- [webbijlage\\_2\\_Lesbrief\\_Bacterien\\_Maken\\_Zwavel\\_1\\_.pdf](#)
- [webbijlage\\_3\\_Poster\\_goede\\_bodem\\_boert\\_beter.pdf](#)
- [webbijlage\\_4\\_Praktijkkompas.pdf](#)



*Figuur 7. Aaltjes of nematoden: kleine wormachtige organismen die in de waterfilm rond bodemdeeltjes leven.*



*Figuur 8. Mijten: geleedpotigen, verwant aan spinnen, met vier paar poten. Mijten leven van schimmels, eten plantendelen, nematoden, springstaarten en andere mijten.*



*Figuur 9. Springstaarten: insecten met drie paar poten. Springstaarten leven meestal van schimmels.*



*Figuur 10. Regenwormen: wormvormige organismen die vooral in bodems met een relatief hoge pH voorkomen. In zure bodems zijn ze zeldzamer. Door hun graverij dragen regenwormen bij tot een goede beluchting van de bodem (ook verbeteren ze de structuur van de bodem door het vormen van aggregaten).*



*Figuur 11. Potwormen zijn zeer dun en meestal wit. Zij zijn nauw verwant aan regenwormen en voeden zich ook direct met organisch afval. Over het algemeen zijn ze beter bestand tegen zure en tijdelijk zuurstofloze omstandigheden dan regenwormen.*

Voor meer afbeeldingen van bodemdieren kun je kijken naar het filmpje dat gemaakt is bij het fragment van het radioprogramma *vroege vogels*. Ron de Goede van Wageningen Universiteit doet daarin bodemonderzoek en vertelt over bodemdieren en hun rol in de bodem. (download van ► vaklokaal NLT, fragment\_vroege\_vogels\_Ron.wmv)

Bodemdieren spelen een belangrijke rol bij de bodemvorming, ook breken zij organisch materiaal af.

- De bovenlaag noemt men de **strooisellaag**, een snelle afbraak daarvan is gunstig; hierdoor komt plantaardig materiaal snel weer beschikbaar voor nieuwe opname door plantenwortels.
- Het mengen van de bodem is eveneens een belangrijke taak van het bodemleven. Hierdoor is het vrijkomende voedsel op meer plaatsen beschikbaar.
- Verkleinen van het strooisel: als het kleiner is breken volgende organismen het weer verder af.
- Bodemdieren kunnen bijvoorbeeld een gunstig effect hebben op het samenklonteren van bodemdeeltjes, ze vormen zogenaamde **aggregaten**. Door deze aggregaten wordt de structuur van de grond beter.
- Klei-humuscomplexen: deze zorgen eveneens voor een betere structuur van de grond.



Snelle afbraak strooisel	Menging	Verkleinen van strooisel	Bodemstructuur (aggregaten)	Vorming klei-humuscomplexen
<b>Diep gravende regenwormen</b>				
JA	Belangrijk	Belangrijk	JA	JA
<b>Bodemwoelende regenwormen</b>				
Nee	Ja	Nee	JA macroaggregaten	JA
<b>Strooiselwormen</b>				
Nee	Nee	JA	Nee	Nee
<b>Potwormen</b>				
Nee	Nee/Ja soorten die in de bodem leven wel	gedeeltelijk: vorming blad skeletten	Nee/Ja microaggregaten	Nee
<b>Mijten en springstaarten</b>				
Nee	Nee	Ja	Nee	Nee
<b>Schimmels</b>				
Soms plaatselijk	Nee	Nee	Nee	indirect
<b>Bacteriën</b>				
Nee	Nee	Nee	JA	JA

Figuur 12. Invloed van bodemorganismen op de bodemstructuur en de organische stofkringloop (overgenomen van Jabiol, et al., 1995)

#### 4. Opdracht

##### 4.1 Vroege Vogels

Kijk naar de video: Vroege Vogels Ron (dit is een fragment van het programma Vroege Vogels waarin Ron de Goede Bodemonderzoek doet in aanwezigheid van een microfoon begeleid door illustraties van bodemdieren) en beantwoord de volgende vragen:

- Waarom zie je in de winter weinig wormen?
- Weinig mollen betekent weinig regenwormen. Waarom is dat?
- Er wordt wel eens gezegd dat er in een weiland waar koeien grazen evenveel koeien onder de grond zitten. Wat wordt daarmee bedoeld?

- d. Als een regenworm bleek van kleur is waar leeft deze worm dan voornamelijk?
- e. Waarom is de kop van een pendelaar rood gekleurd?
- f. Wat is de bijdrage van pendelaars aan de bodemkwaliteit? Geef een uitgebreid antwoord
- g. Hoeveel regenwormen zitten er in een bodem per vierkante meter in een goed ontwikkeld grasland? Waar in Europa komen regenwormen van 60 cm voor?

#### **4.2 Goede bodem boert beter**

Op de poster 'Goede bodem boert beter' staat onder 'Kijk eens in de grond. Bodemkwaliteit is ook met het blote oog te zien': Beoordelen van de bodemkwaliteit kan door middel van analyses in een laboratorium maar ook met het blote oog! Een profielkuil van een meter diep brengt de verschillende bodemlagen in beeld. Zo kunt u de bewortelingsdiepte en verticaal kruipende wormen zien. Minder bewerkelijk is het uitsteken van een 30 x 30 cm<sup>2</sup> plag van 25 cm diep. Tel eens alle wormen per plag (richtlijn 15-25) en schat de dikte van de actieve kruimellaag (richtlijn 10-15 cm).

- a. Aan de hoeveelheid regenwormen die aanwezig zijn is kennelijk te zien of een bodem gezond is. Kun je dit verklaren?
- b. Wanneer er 25 regenwormen in de plag zitten, hoeveel zitten er dan in een vierkante meter? Komt dit overeen met de minstens 200 die Ron de Goede noemde?
- b. Wat wordt bedoeld met de actieve kruimellaag?

#### **4.3 Praktijkkompas**

Lees de bijlage 'Praktijkkompas' en beantwoord de volgende vragen:

- a. Wat is het verschil tussen microfauna en microflora?
- b. Waar komen bacteriën in de bodem voornamelijk voor?
- c. Schimmels dragen bij aan de vorming van aggregaten, wat zijn dit en waarom is dit vormen van aggregaten gunstig?

## **3.5 Biodiversiteit**

In 1992 is het Verdrag inzake de Biologische Diversiteit (Engelse afkorting: CBD) opgesteld op de "Earth Summit" in Rio de Janeiro. 180 landen hebben zich aangesloten bij de doelstellingen van de conferentie waaronder Nederland en de Europese Unie. Het doel van de Conventie is het behoud van de biologische diversiteit, het duurzame gebruik van de bestanddelen daarvan (hier geldt hetzelfde voor duurzaam als eerder werd gesteld: bij duurzaam gebruik blijft de biodiversiteit onveranderd)

Verder zijn er voorzieningen voor fondsen en technologische bijstand voor ontwikkelingslanden zodat deze kunnen voldoen aan de verplichtingen van het Verdrag

Kort weergegeven zijn er drie belangrijke punten:

- behoud van biodiversiteit
- duurzaam gebruik van de bestanddelen
- eerlijke verdeling van de baten.

#### ***Wat is biodiversiteit?***

De definitie van Biodiversiteit zoals omschreven in het Biodiversiteitsverdrag (Rio, 1992) is:

'Biological diversity means the variability among living organisms from all sources, including, inter alia, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species and of ecosystems.'

***Biodiversiteit*** is een samentrekking van de woorden biologische en diversiteit. Er zijn verschillende definities opgesteld: Het heeft te maken met soortenrijkdom in de zin van: meer soorten geeft een hogere biodiversiteit. Maar is ook een onderscheid gemaakt tussen oorspronkelijke soorten en nieuwkomers. Nieuwkomers die de plaats innemen van een van onze eigen soorten betekent een afname van biodiversiteit ook al is het aantal soorten hetzelfde gebleven. Ook zijn de aantalverhoudingen waarin de soorten voorkomen belangrijk. In die zin dat er niet een groot aantal van de ene soort is en maar enkele individuen van een andere soort.





Figuur 13. Biodiversiteit onder de grond

***Waarom is biodiversiteit belangrijk?:***

Hieronder staan een aantal meningen, in de vragen daarna ga je zelf uitzoeken waarom biodiversiteit belangrijk wordt gevonden.

- Een ecosysteem met meer diversiteit is gunstig: In het vorige stuk werd al uitgelegd dat een ecosysteem met veel verschillende organismen (hoge biodiversiteit) makkelijker een veranderde omstandigheid aankan. Een organisme dat uit een voedselketen wegvalt wordt gemakkelijk ingenomen door een ander organisme.
- De grond als afvalverwerkingsbedrijf: Er worden steeds meer bacteriën ontdekt die grond of afvalwater beter kunnen reinigen dan wij. In de rioolwaterzuivering wordt al heel lang gebruik gemaakt van bacteriën die ons afval opeten waarna veel schoner water overblijft. Er zijn zelfs bacteriën actief in grond besmet met radioactief afval. Wanneer wij door ons handelen de diversiteit in de bodem kleiner maken dan kunnen we in de toekomst veel minder nieuwe afvalverwerkers ontdekken.
- Plagen kunnen minder snel ontstaan bij een hoge biodiversiteit. Deze worden in toom gehouden door andere organismen.

## 5. Opdracht

### 5.1 Natuur en biodiversiteit

*In de wet is geregeld dat het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) de regering onafhankelijk kan adviseren bij nationale besluitvorming over milieu- en natuurvraagstukken. Dit in nauwe samenwerking met de andere onafhankelijke Nederlandse planbureaus en met andere onderzoeksinstituten. (zie verder de website van het MNP: ► URL4) Bezoek de website van het MNP en open het dossier biodiversiteit (► URL5) en ga naar "vragen en antwoorden". Beschrijf aan de hand van de vragen en de antwoorden die daar staan waarom biodiversiteit belangrijk gevonden wordt. (Doe dit in 20-30 woorden)*

### 5.2 Milieu en Natuurcompendium

Gebruik om de volgende vragen te beantwoorden het Milieu en Natuurcompendium (► URL6).

- Hoeveel plantensoorten telt Nederland?
- Hoeveel diersoorten telt Nederland?
- Wat betekent het voor een dier- of plantensoort wanneer het op een Rode Lijst staat? (hint: zoek op rode lijsten op de website)
- Hoeveel procent van de vlindersoorten zijn verdwenen uit Nederland sinds 1950? (hint zoek op bedreigde soorten op de website).

### 5.3 Biologische bodemsanering

*Bekijk het schooltv filmpje over biologische bodemsanering. Breng het verminderen van biodiversiteit in verband met dit filmpje (20-30 woorden)*

## 3.6 Organische stof in de bodem

**Organische stof** bestaat uit verbindingen met daarin veel van het element koolstof. Hoe komt organische stof (organisch koolstof) in de bodem? Planten nemen koolstofdioxide op uit de lucht en leggen dit vast in hun weefsel. Na het afsterven van planten komt dit als organische stof in de bodem terecht. Dit geldt ook voor organische mest, waarbij het vee eerst de planten gedeeltelijk heeft verteerd.

Het bewerken van landbouwgrond maakt dat de hoeveelheid koolstof afneemt, vooral diep ploegen heeft een nadelig effect. Door het losmaken van de grond wordt de biologische afbraak van organische stof versneld.

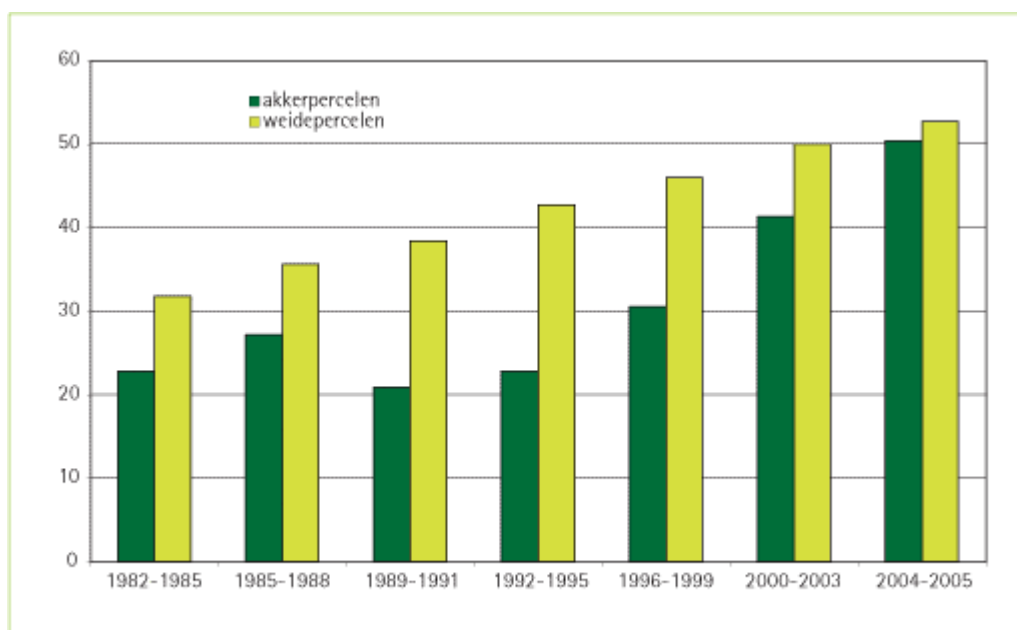
Een hoger koolstofgehalte is gunstig voor de structuur van de bodem, het gemak waarmee het te bewerken is neemt dan toe. Maar ook is het gunstig voor de aanwezigheid van veel en divers



*Figuur 14. Sjalotten in grond die rijk aan organische stof is. Dit is te zien aan de donkere kleur die de grond heeft.*

bodemleven. Organische stof is voedsel voor het bodemleven en tevens essentieel voor de structuur en het opslaan van voedingsstoffen voor planten. Meer organische stof betekent meer bodemleven en gravers zoals regenwormen zijn eveneens erg belangrijk voor de structuur van de bodem. Structuur is belangrijk omdat plantenwortels daardoor makkelijker kunnen groeien waardoor ze beter voedsel kunnen opnemen en daardoor sneller kunnen groeien.

Duurzaam bodembeheer streeft onder andere naar het op peil houden van de hoeveelheid organische stof in landbouwbodems. Uit allerlei onderzoeken blijkt dat de hoeveelheid organische stof in landbouwgrond en grasland gestaag afneemt. Hierdoor neemt de kwaliteit van deze bodems af.



Bron: Vanden Auweele et al., 2004 en MIRA-T 2005

*Figuur 15. De evolutie van het koolstofpercentage in de Vlaamse akker- en weilanden vertoont een duidelijk dalende tendens tussen 1982 en 2005 met steeds meer percelen die **beneden de optimale toestand** (streefzone) komen te liggen. In akkerland steeg het aantal percelen onder de streefzone van 23 tot 50% en in weiland tot 32 tot 53%*

Onderzoekers op testpercelen zijn bezig modellen te ontwikkelen om het organische stofgehalte van de bodem op peil te houden. Het blijkt dat wanneer een landbouwgrond een tijd grasland is dat de organische stof in de bodem veel toeneemt. In de figuur hierboven kun je ook zien dat het organische stofgehalte hoger is bij weilanden. Kennelijk is er meer leven in de bodem tussen de vele wortels van het gras (zie §3.3: rhizosfeer voor het waarom).

Maatregelen om het organische stof op peil te houden/te verhogen:

1. verlagen van de afbraaksnelheid

- minder grondbewerking
- minder diepe grondbewerking.

2. verhogen van de aanvoer.

- achterlaten van gewasresten
- aanvoeren van stro, compost of organische mest
- het gebruiken van groenbemesters.

6. Vraag

*a. Grondbewerking past men meestal toe wanneer de structuur van de grond slecht is en men voor het zaaien een rulle grond wil hebben zodat de jonge planten goed kunnen wortelen. Waarom is dit voor de structuur op de lange termijn geen goed idee?*

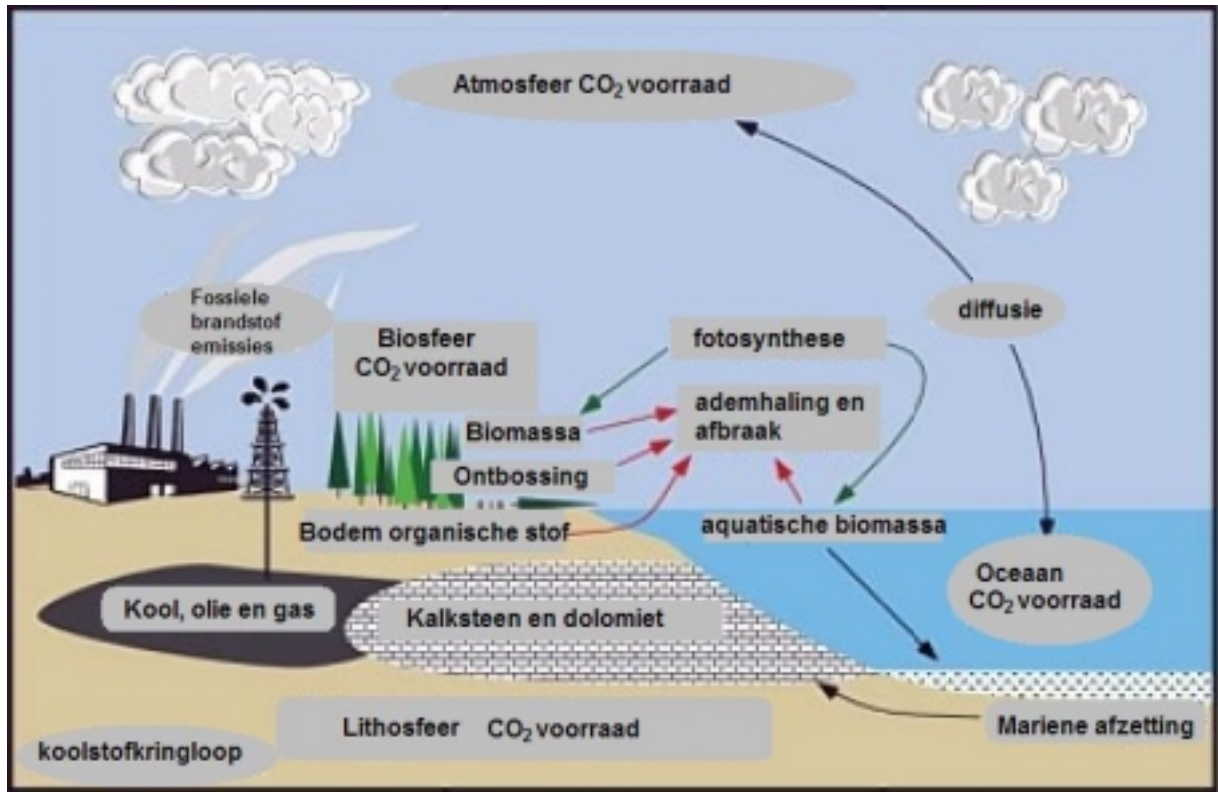
*b. Organische stof is voedsel voor bodemorganismen van bacteriën tot regenwormen. Meer organische stof betekent meer leven in de grond. Leg uit waarom dit tot een betere structuur van de grond zal leiden.*

## 3.7 De bodem als opslagplaats of bron voor koolstofdioxide

Bij het beantwoorden van de vragen heb je het volgende document uit ► vaklokaal NLT nodig:

- [webbijlage\\_5\\_koolstofmanagement\\_het\\_ingenieursblad\\_3\\_2001.pdf](#)

Bij de opwarming van de aarde door het **broeikaseffect** speelt koolstofdioxide een grote rol. Door het verbranden van fossiele brandstoffen (olie, gas, kolen) wordt koolstof die miljoenen jaren geleden door planten uit de atmosfeer is gehaald weer als koolstofdioxide uitgestoten. Ook de organische stofkringloop in de bodem heeft invloed op de hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer.



Figuur 16. Koolstofkringloop

Activiteit van het bodemleven leidt tot afbraak van organische stof zodat koolstofdioxide vrijkomt in de atmosfeer. Als er in een bodem meer organische stof wordt opgenomen dan er wordt afgebroken zeggen we dat koolstofdioxide wordt opgeslagen, als er meer wordt afgebroken spreken we van de bodem als bron van koolstofdioxide.

Hoeveel koolstof bevatten bodems in Nederland en kunnen we het gehalte aan koolstof eenvoudig verhogen? Oftewel: Zijn er mogelijkheden tot koolstofdioxide reductie in de atmosfeer door verhoging van het gehalte aan organische stof in de bodem?

Nederland heeft het zogenaamde Kyoto akkoord ondertekend waardoor wij ons te houden hebben aan de afspraak onze koolstofdioxide uitstoot te verminderen. Organische stof verlies uit landbouwgrond leidt echter tot een hogere koolstofdioxide uitstoot. Wetenschappers zijn nog druk aan het rekenen om te weten te komen hoeveel er aan koolstofdioxide vastgelegd wordt en vrijkomt uit onze bodem. We hebben een groot oppervlak aan landbouwgrond en dus bestaat de mogelijkheid een grote hoeveelheid koolstofdioxide vast te leggen in deze grond.

Soort bedrijf en soort grond	% organische stof	
	0-10 cm	30-50 cm
"extensieve" melkveehouderij	9,13	4,67
"intensieve" melkveehouderij	5,17	2,89
veehouderij met intensieve tak	5,52	3,28
bos op zand	6,40	
akkerbouw op zand	11,86	8,68
melkveehouderij op veen	6,03	29,30
akkerbouw op zeeklei	2,39	2,00
melkveehouderij op rivierklei	9,13	2,91
melkveehouderij op zeeklei	6,22	1,93
volle gronds groenteteelt	3,30	1,75
bloembollenteelt	1,65	1,33

Figuur 17. Organische stof percentages van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: resultaten van de eerste ronde. Afkomstig uit rapport nr. 714801031 vanaf pagina 64. <http://www.RIVM.nl>

## Bronnen bij opdracht 7

Broeikaseffect: ► URL7-9  
 Koolstofkringloop: ► URL10  
 Kyoto protocol: ► URL11-12  
 Landbouwgrond: ► URL13-14  
 Broeikasgasemissies: ► URL15  
 Organische stof: ► URL16-20  
 Veengrond: ► URL21

## 7. Opdracht

*Nederlandse landbouwgronden verliezen steeds meer koolstof. Dit komt onder andere door intensieve bodembewerking en door een betere drainage. In deze opdracht ga je uitzoeken wat het effect hiervan is op de netto hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer. Beantwoord de vragen aan de hand van de bronnen: (suggestie: werk in groepjes, verdeel de achtergrondvragen van 7.1 in het groepje. Doe de berekeningsvragen 7.2. en 7.3. samen met je groepje. Bespreek de uitkomsten van de groepjes voor 7.1., 7.2. en 7.3. vervolgens klassikaal)*

### 7.1 Achtergrondvragen

- Hoe kan koolstofdioxide uit de atmosfeer in de bodem terecht komen?*
- Fossiele brandstoffen bevatten koolstof. Hoe zijn (lang geleden) deze fossiele brandstoffen ontstaan?*
- Wanneer er wordt gesproken over het broeikaseffect dan is dat vaak in negatieve zin. Is het broeikaseffect alleen maar ongunstig?*
- Hoeveel koolstofdioxide reductie wil Nederland bereiken volgens het Kyoto protocol?*
- Wat is de jaarlijkse koolstofdioxide uitstoot van Nederland ten gevolge van de landbouw en wat is de bron van deze koolstofdioxide ?*
- Koolstofdioxide is niet het enige broeikasgas, wat zijn de andere broeikasgassen?*
- Noem (minstens 3) maatregelen die de koolstofvoorraad in landbouwgrond doen toenemen.*
- In Nederland verdwijnt steeds meer veengrond. Leg uit waarom dit gebeurt.*
- Geef een schatting van de hoeveelheid koolstofdioxide die daardoor in de atmosfeer terecht komt.*





Figuur 18. Het broeikas effect op een andere manier bekeken

### 7.2 Berekening koolstofdioxide en organische stof

Bereken de hoeveelheid koolstofdioxide in kilogram die uit de atmosfeer verdwijnt wanneer het percentage organische stof in landbouwbodems met 1% toeneemt.

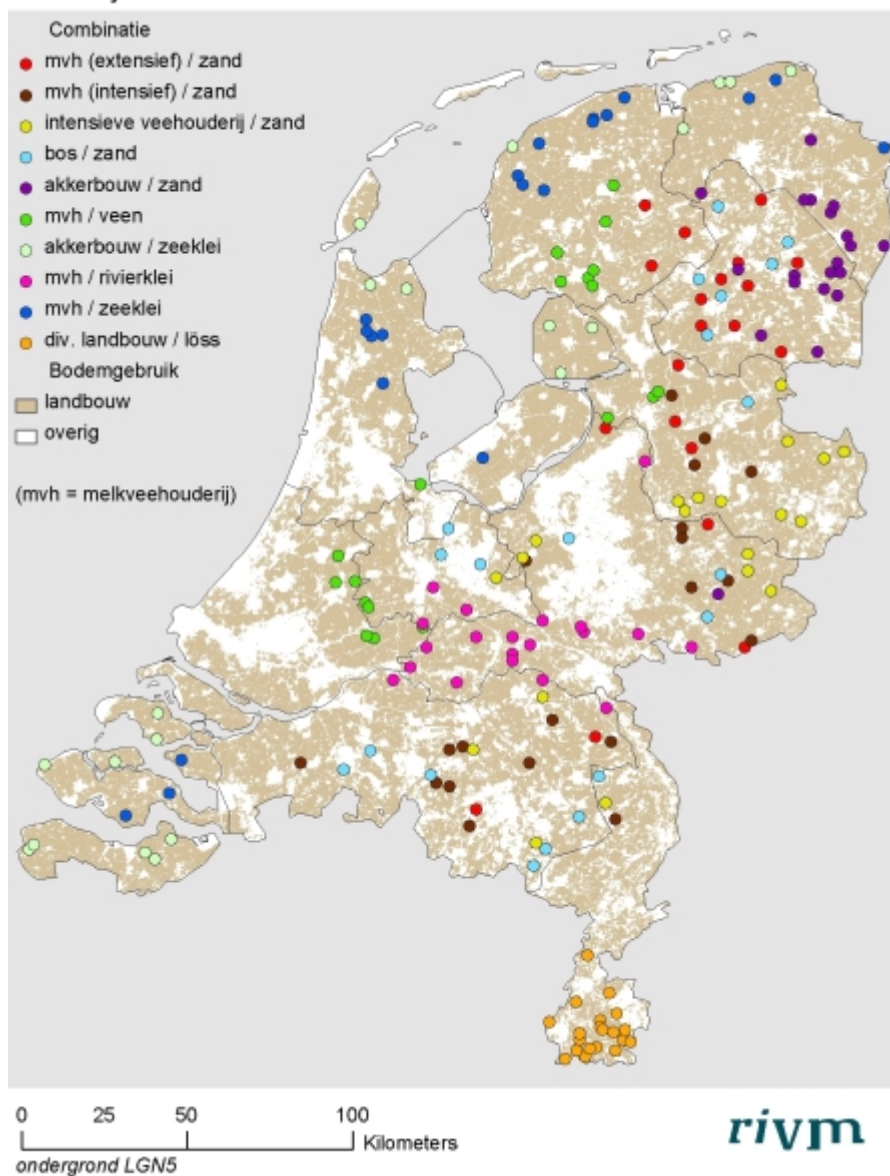
- a. Zoek het aantal hectare landbouwgrond op dat Nederland telt (neem de meest recente cijfers maar voor deze berekening mogen het ook cijfers van 2000 en hoger zijn):
- b. Neem aan dat er tot ongeveer 30 cm diep een toename van 1% aan organische stof zal zijn. Bereken het volume aan landbouwgrond dat 1% in organische stofgehalte toeneemt (let er op dat je alle eenheden eerst omrekent naar meters, een hectare = 10.000 m<sup>2</sup>).
- c. Bereken hoeveel kilo landbouwgrond dit is. Grond heeft in de regel een dichtheid van 1.100 kg/m<sup>3</sup>.
- d. Neem hier 1% van en je hebt de hoeveelheid organische stof die extra wordt vastgelegd in de bodem.
- e. Ruwweg de helft daarvan is koolstof dus deel dit door twee en je hebt de extra vastgelegde hoeveelheid koolstof in de bodem.
- f. Vermenigvuldig dit getal met 3,67 en je hebt de hoeveelheid koolstofdioxide in kilogram die uit de atmosfeer is verdwenen door de toename van het percentage organische stof in landbouwbodems met 1% (voor diegenen die vertrouwd zijn met molberekeningen: delen door het molgewicht van C en vermenigvuldigen met het molgewicht van koolstofdioxide)
- g. Overall staan de hoeveelheden koolstofdioxide in Mton, reken de waarde om naar die eenheid (de M betekent 10<sup>6</sup> of miljoen) en een ton is 1000kg, een Mton is dus een miljard kg).

### 7.3 Kyoto afspraak

De afgesproken vermindering van de koolstofdioxide uitstoot van Nederland is 12 Mton. Aan hoeveel procent van de Kyoto afspraak kan worden voldaan met een toename van de hoeveelheid organische stof in de bodem met 1 %?

## 3.8 Bodemgezondheid/ bodemmeetnet RIVM

### Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit



Figuur 19. Meetlocaties van de tweede meetcyclus (1999 - 2003)





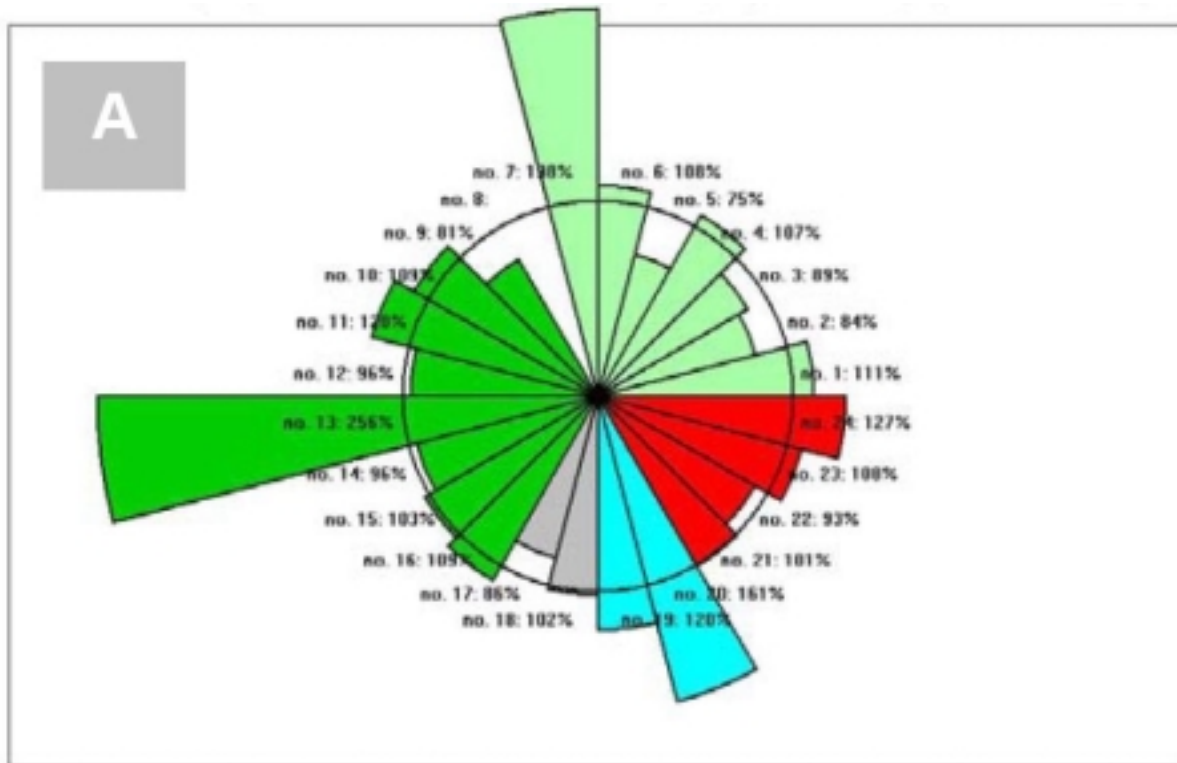
Figuur 20. Meten van de bodemademhaling

Op plaatsen die deel uitmaken van het bodemmeetnet, worden regelmatig metingen gedaan. Dit bodemmeetnet moet uiteindelijk een overzicht geven van de veranderingen in bodemkwaliteit in Nederland. Met het meetnet wil men het volgende te weten komen:

- Wat is nu het effect van verschillend bodembeheer? Dus bijvoorbeeld intensieve veehouderij versus biologische bedrijven (de laatste worden meestal aangeduid met extensieve landbouw).
- Wat is de fysische, chemische en biologische toestand van de bodem op bepaalde locaties?
- Hoe kun je de kwaliteit van een bepaalde bodem het beste bepalen?

Hiermee kun je eigenlijk alle bodemleven tegelijk meten. Ook onder de grond heeft leven zuurstof nodig en ademt het koolstofdioxide uit. Wanneer we de hoeveelheid koolstofdioxide meten die uit de grond komt kunnen we dus meten hoeveel leven er onder de grond aanwezig is. Een afgesloten korte buis wordt over de grond gezet. Na een bepaalde tijd wordt gemeten hoeveel koolstofdioxide verzameld is in deze ruimte. Meer bodemleven betekent meer koolstofdioxide uitstoot van de grond. Uiteraard moet wel de begroeiing worden weggeknipt omdat we alleen willen weten wat er onder de grond aan koolstofdioxide wordt geproduceerd.

Elk van de metingen apart geeft niet meer dan een aanwijzing dat de bodem gezond is. Vergelijk het maar met de temperatuur van je lichaam. Wanneer je geen koorts hebt wil dit niet altijd zeggen dat je gezond bent. Wetenschappers zijn geïnteresseerd in een combinatie van deze metingen omdat dit een volledig beeld geeft van de bodem en de gezondheid van de bodem. Om al deze factoren samen zichtbaar te maken is de *amoebe-grafiek* geschikt. Op de achtergrond staat een referentie (de cirkel) zodat meteen duidelijk is wat het verschil is tussen de bodem en een bodem die als "normaal" wordt beschouwd.



Figuur 21a. Amoebe.

De cirkel geeft de niveaus aan die werden gemeten op een aantal biologische bedrijven (deze werden op 100% gesteld). De waarden worden in taartpunten weergegeven. De taartpunten geven elk de gemiddelde waarde van metingen in de bodem weer (zoals in de Bobi-database per 15 oktober 2005). Gemiddelde voor melkveehouderijen (81 bedrijven) op zand ten opzichte van duurzame melkveehouderijen (6 locaties) (overgenomen van RIVM rapport 607604007 M. Rutgers et al.) Opvallend is de waarde van no. 13 (de regenwormen dichtheid) deze is 256% van de waarde van een biologisch bedrijf.

No. 1	Bacteriële biomassa	no. 13	Regenwormendichtheid
no. 2	Bacteriële activiteit	no. 14	Regenwormendiversiteit
no. 3	Bacteriële diversiteit	no. 15	Micro-arthropoden dichtheid
no. 4	Potentiële C-mineralisatie	no. 16	Micro-arthropoden diversiteit
no. 5	Potentiële N-mineralisatie	no. 17	Allometric (M,N) regression
no. 6	Biolog helling	no. 18	Biodiversiteit (integraal)
no. 7	Biolog omzettingcapaciteit	no. 19	Aandeel grasland
no. 8	Schimmel biomassa	no. 20	Veebezetting
no. 9	Nematodendichtheid	no. 21	Zuurgraad
no. 10	Nematodendiversiteit	no. 22	Organische stof
no. 11	Potwormendichtheid	no. 23	Wateroplosbaar P (Pw)
no. 12	Potwormendiversiteit	no. 24	Extraheerbaar P (Pal)

Figuur 21b. Verklaring nummers in amoebegrafiek

## 3.9 Duurzaam telen

Bij het beantwoorden van de vragen heb je het volgende document uit ► vaklokaal NLT nodig:

[webbijlage\\_6\\_Bemesten\\_binnen\\_nieuwe\\_wetgeving\\_kan.pdf](#)

Het Nederlandse bodembeleid streeft naar duurzame bescherming van 95% van de daar voorkomende soorten organismen. Dit gaat over natuurgebieden maar ook over landbouwgronden! Met het oog op de toekomst van mens en milieu wil men zo duurzaam mogelijk gebruik maken van de bodem. Duurzaam heeft hier weer de betekenis dat na gebruik van de bodem de samenstelling daarvan hetzelfde blijft. Reguliere telers en veehouders hielden met (kunst)mest en gewasbeschermingsmiddelen de productie op peil. Omdat echter door het gebruik van veel mest er veel voedingsstoffen zoals nitraat en fosfaat in het oppervlaktewater terecht kwam heeft de overheid maatregelen genomen om dit te beperken. Er kwam een nieuw mestbeleid en elke landbouwer/veehouder moet bijhouden hoeveel hij aan fosfaat en nitraat aan de bodem toevoegt. Gebruikt hij teveel dan moet hij bijbetalen. De regelgeving is er op gericht om de uitspoeling van nitraat en fosfaat naar het grondwater en oppervlaktewater zodanig te verlagen dat het milieu minder schade oploopt. De concentratie van nitraat in grondwater, met name het drinkwater, moet voldoen aan de kwaliteit zoals die is geregeld in de Europese Nitraatrichtlijn. De normen voor de toelaatbare uitspoeling van meststoffen naar het milieu worden steeds strenger. Door deze beperkende maatregelen van het mest- en mineralenbeleid is verandering gekomen in de manier van telen, de belangstelling voor bodemkwaliteit en duurzaam bodembeheer is toegenomen. Een goede bodem kan de productie op peil te houden. De overheid stimuleert deze trend en er zijn daarom diverse subsidieprogramma's om telers te stimuleren meer duurzaam te gaan telen. Een belangrijke is Telen met toekomst: Telen met toekomst is een praktijknetwerk en is vooral gericht op verbreding van kennis over duurzame landbouw. Groepen bedrijven worden samengebracht en ontwikkelen samen meer duurzame manieren om te telen. Het doel is het meer toepassen van duurzame gewasbescherming en bemesting (bijvoorbeeld compostering) in de brede praktijk.



Figuur 22. Telen met toekomst

### 8. Opdracht

*Met ingang van januari 2006 is er een nieuw mestbeleid ingevoerd. In de bijlage: "bemesten binnen nieuwe wetgeving kan" staat beschreven wat dit betekent voor een boomkweker. Beantwoord na het lezen van dit artikel de volgende vragen:*

- h. Wat is BOOM?*
- i. Welke problemen ondervindt Louis van den Broek met het nieuwe mestbeleid?*
- j. Wat is zijn oplossing?*
- k. Mag (schone) compost onbeperkt worden toegepast?*

## 3.10 Werken aan duurzaam bodembeheer

Bij het beantwoorden van de vragen heb je het volgende document uit ►vaklokaal NLT nodig:

[webbijlage\\_14\\_studiemogelijkheden.doc](#)

Wanneer je kiest voor een toekomst in bodembeheer zijn er diverse werkplekken.

- Adviseurs die telers en veehouders helpen om hun weg te vinden in de diverse regelgevingen van de overheid. Denk hierbij onder andere aan het mineralenbeleid.
- Adviseurs die telers en veehouders helpen met de diverse subsidies die er al zijn of nog komen om duurzaam bodembeheer te stimuleren.
- Milieuadviseurs met specialisatie bodembeheer.
- Mensen die veldwerk verrichten ten behoeve van bodemonderzoek.
- Ambtenaren met verstand van zaken om de wetgeving toe te passen.
- Ingenieurs die wetenschappelijke kennis kunnen omzetten naar de praktijk: bijvoorbeeld metingen ontwikkelen om bodemkwaliteit te kunnen meten.
- Ingenieursbureaus hebben medewerkers nodig om projecten op het gebied van bodembeheer te begeleiden en te initialiseren.
- En uiteraard telers en veehouders.

Voor een aantal recente voorbeelden van vacatures die te maken hebben met bodembeheer kun je kijken op ►URL22. Dit is een site waarop je vacatures kunt vinden in de landbouw, voeding, natuur, groene ruimte en milieu. De site is van KLV Professional Match. KLV Professional Match is ontstaan uit een gezamenlijk initiatief van de Koninklijke Landbouwkundige Vereniging, Wageningen Universiteit en Researchcentrum(WUR) en Start.

### 9. Opdracht

- a. Zoek een vacature waarbij kennis van duurzaam bodembeheer noodzakelijk is. Je kunt hiervoor uiteraard de diverse vacaturesites bezoeken naast de genoemde site van het KLV (► URL22).*

*b. Wanneer je de vacatures hebt gevonden ga dan in webbijlage 14 'studiemogelijkheden' kijken of je een bijpassende opleiding kunt vinden. De belangrijkste hogescholen staan hierin genoemd. Er zijn echter ook nog diverse studies voor milieuadviseur en technoloog bij andere hogescholen.*

# 4 Opdrachten

Iedereen start met Buitenopdracht 4.1

## 4.1 Buitenopdracht

Om deze module te starten ga je naar buiten gewoon eens kijken. Neem mee:

- het boek *Bodemsignalen* (ISBN 90-75280-94-7)
- een schep
- een loep
- een potje waarin je bodemdieren kun doen om ze te bekijken.

Beantwoord de volgende vragen in groepjes:

- a. Wat is het voor materiaal waar het gras op groeit? Zand, leem, zavel of klei? Kijk in hoofdstuk 2 van "Bodemsignalen" voor een beschrijving van deze grondsoorten.
- b. Wat is de structuur van de grond? Dus: zijn het keiharde kluiten of is het los? Wanneer jullie een paadje of een stuk waar op gereden is tegenkomen kun je daar eens gaan kijken naar de structuur: komen plantenwortels daar even diep?
- c. Zie je bodemdiertjes? Weet je hier ook de namen van? Zijn er gangen te zien van regenwormen? Kijk eens of je kunt zien hoe plantenwortels deze gangen gebruiken.
- d. Steek een plag van 30 x 30 x 30 cm uit en tel het aantal regenwormen hierin. Een gezonde bodem zou er 15-20 moeten hebben. Kijk ook eens naar de dikte van de laag waar de bodem vrij los is, een gezonde bodem zou zo'n laag van 10 tot 15 cm moeten hebben.
- e. Beantwoord samen de vraag: Is deze bodem gezond?

Je gaat nu kiezen tussen rode draad opdracht 1 of 2. Deze opdracht doe je in een groepje. Jullie maken hierover een verslag en geven een presentatie aan alle leerlingen.

Voor de beoordeling van de module telt de rode draad opdracht in totaal 30% mee:

- |  |            |
|--|------------|
| Verslag rode draad opdracht (§4.2 of §4.3) (groep)     | <b>20%</b> |
| Presentatie rode draad opdracht (§4.2 of §4.3) (groep) | <b>10%</b> |

## 4.2 Rode draad opdracht 1: gebrekcultures

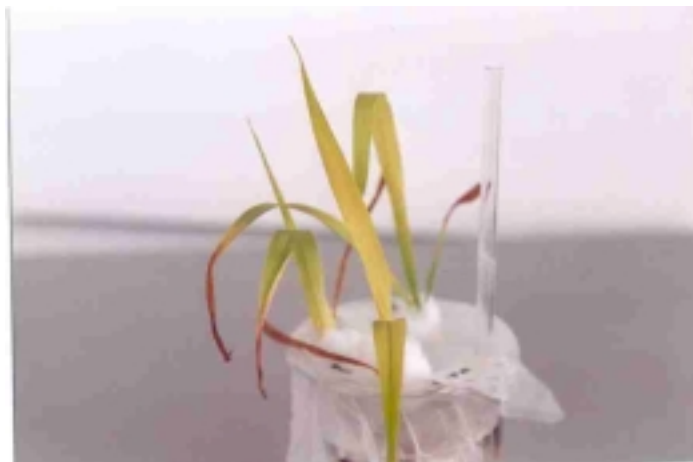
Dit is een onderzoek naar de noodzaak van bepaalde stoffen voor een goede plantengroei.

We laten in deze opdracht maïsplanten groeien op een volledig voedingsmedium ontwikkeld door Julius Sachs (1832-1897).

Julius Sachs stelde een oplossing samen waarin planten even goed groeien als in vruchtbare aarde.

De reden voor het ontwikkelen van zo'n oplossing was de volgende: hij wilde onderzoeken hoe een plant groeit wanneer telkens een van deze stoffen wordt weggelaten. Dit geeft informatie over hoe de weggelaten stof door de plant wordt gebruikt. In een voedingsmedium waarin een van de stoffen is weggelaten zal de groei van de plant gebreken vertonen.

Een voorbeeld: zonder ijzerzouten krijgt de plant al gauw een bleekgele kleur. Kennelijk kan de plant de groene kleur niet maken wanneer het geen ijzer krijgt.



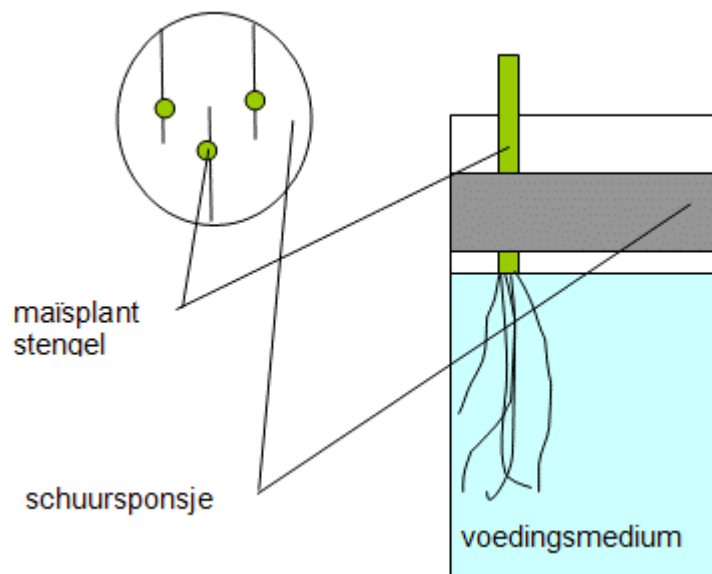
*Figuur 23. Maïsplantjes in ijzervrij voedingsmedium*

Je doet deze opdracht in een groepje van 4 - 5 personen. Je maakt met jouw groepje een reeks van zeven verschillende voedingsmedia.

- l. Bestudeer de informatie in webbijlage\_7\_voedingsmedia\_Julius\_Sachs op ► vaklokaal NLT en bereken hoeveel gram jullie van elk vervangend zout nodig hebt als er een element weggelaten wordt uit het volledige voedingsmedium. **Wanneer je beheersing van de scheikunde niet voldoende is dan kun je een voorschrift krijgen voor het bereiden van elk voedingsmedium.** Zorg ervoor dat alle media in voldoende hoeveelheid gemaakt worden (een liter is voldoende)
- m. Maak opstellingen om maïsplantjes in een vloeistof te laten groeien. Neem smalle hoge (250 mL) bekgelazen (of drinkglazen). Knip een schuursponsje op maat zodat het

klemvast zit in de bovenkant van het bekeerglas. Maak een aantal sneden in het sponsje waar je de planten in kunt klemmen. Neem per bekeerglas drie maïsplantjes. Zo hebben jullie nog meetwaarden als er een plantje dood mocht gaan. (zie figuur 23)

- n. Zet maïsplantjes in de bekeerglazen en noteer met een waternaste stift welke plant nummer 1, 2 of 3 is. Zet op het glas met een waternaste stift welk voedingsmedium erin zit. Meet vervolgens je plantjes (vanaf het sponsje tot de top van de bladeren) en noteer dit op het waarnemingsblad 'Gebrekcultures'. Dit werkblad wordt uitgedeeld door je docent.



*Figuur 23. Maïsplantjes in voedingsmedium. (let op: de bovenkant van het plantje zit niet in de tekening maar wel in de opstelling, dus niet het plantje afhakken!)*

- o. Gebruik het werkblad 'Gebrekcultures'
- Maak een schema voor het verzorgen van de planten, In dit schema staat:
- Een logboek zodat jullie weet wie wanneer gemeten heeft en hoe lang dat duurde.
  - Een tijdschema voor het controleren van de planten: wanneer gaan jullie de lengte van de plantjes meten? Vergeet niet te noteren hoe lang de plantjes waren bij de start van je experiment.
  - Waar en welke waarnemingen noteren jullie (denk aan de wortels van de planten), maak regelmatig foto's.
  - Vul regelmatig het waterniveau aan met gedestilleerd water, doe dit eenmaal per week en meer wanneer het warm weer is.



- Ook wortels hebben zuurstof nodig, blaas lucht door de oplossingen doe dit tweemaal per week. Doorblazen met een rietje is voldoende.
  - Het vervangen van de voedingsmedia eenmaal in de veertien dagen, dit omdat de plant voedingsstoffen opneemt.
- p. Laat jullie plan controleren en bespreek het met de docent. Jullie zijn samen verantwoordelijk voor het verzorgen van je planten. Als de planten verdrogen hebben jullie niets. Opdrachten a t/m d moeten voldoende beoordeeld zijn voordat jullie verder kunt gaan met het experiment.
- q. Voer gedurende 5 weken (langer mag ook) jullie metingen uit.

***Afronden experiment:***

- Verwerk de gegevens, trek een conclusie en schrijf met elkaar een verslag in Word. Dit verslag moet het volgende bevatten (zie ook ► werkinstructie onderzoeksverslag in de NLT Toolbox):
  - Inleiding met informatie over gebreksziekten van planten.
  - Korte beschrijving van het experiment.
  - Tabellen met resultaten van het experiment met lengte en groei van de maïsplanten in de verschillende voedingsmedia tegen de tijd.
  - Staafdiagram (Excel) van de lengte en de groei van maïsplanten in verschillende voedingsmedia.
  - Beschrijving van het resultaat aan het einde van je experiment: hoe ziet het wortelstelsel van de planten eruit?, zijn de bladeren verkleurd? Foto's zijn hierbij erg nuttig.
  - Conclusie: vermeld hierin welke voedingsstof volgens jouw waarnemingen het belangrijkste is voor de groei, probeer eveneens de verschillende wortelstelsels van de planten te verklaren (fosfaatgebrek!).
  - Logboek.
- Maak een PowerPoint (met de inhoud van het verslag) en geef een presentatie aan de gehele groep. Gebruik hiervoor
  - werkinstructie presenteren - algemeen en
  - werkinstructie powerpointpresentatie in de NLT Toolbox.

## 4.3 Rode draad opdracht 2: Compostpower

Het doel van dit experiment is de schimmelgroei-remmende kracht van verschillende grond/compostsamenstellingen bepalen. We gaan daarom wortelplantjes kweken op aarde gemengd met compost. Daarna gaan we een schimmel toevoegen (*Rhizoctonia solani*) die maakt dat jonge kiemplantjes omvallen en doodgaan.

In compost bevinden zich (als het goede compost is) veel schimmels en bacteriën, veel bodemleven dus. Dit bodemleven kan de plant beschermen tegen ziekteverwekkers doordat het de ziekteverwekkende schimmel bijvoorbeeld opeet.

Dit experiment is van Wageningen Universiteit, de volledige proefbeschrijving kun je vinden op ►URL23 of download het van ►vaklokaal NLT, [webbijlage\\_8\\_compostpower\\_handleiding\\_leerling\\_1\\_.pdf](#)

### ***Puntsgewijze opzet experiment:***

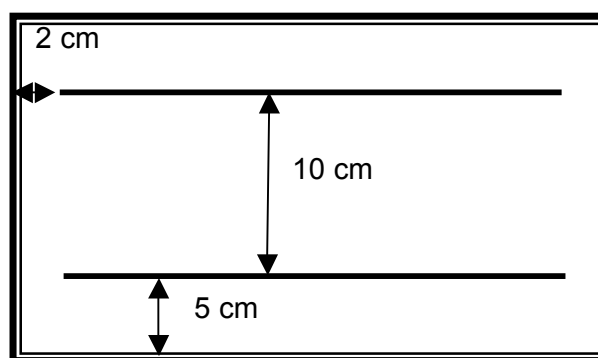
- Bestudeer de volledige proefbeschrijving en verdeel de verschillende bakjes over een aantal groepjes.
- Meng compost en aarde in de gewenste hoeveelheden. Denk erom dat jullie voor de controle aarde niet hele donkere nemen omdat er in zo'n grond juist al veel organische stof aanwezig is.
- Doe de aarde in verschillende bakken. Noteer met een watervaste stift in welke bak wat zit.
- **Bestudeer goed hoe je de worteltjes moet zaaien en ga dan pas verder.** Zaai worteltjes in rijen volgens figuur 25
- Maak een schema voor het verzorgen van de planten, In dit schema staat:
  - Een logboek zodat je weet wie wanneer gemeten heeft en hoe lang dat duurde.
  - Een tijdschema voor het controleren en verzorgen van de planten: in het begin moet er worden opgelet of er al plantjes opkomen. Ook moet de bak vochtig worden gehouden met een plantenspuit. Later moet er steeds worden gecontroleerd hoeveel plantjes zijn omgevallen.
  - Waar en welke waarnemingen gaan jullie noteren, denk aan het maken van foto's.
  - Let op dat de bakken vochtig blijven
- Laat jullie plan controleren en bespreek het met de docent. Jullie zijn samen verantwoordelijk voor het verzorgen van je planten. Als je de planten laat verdrogen is je onderzoek mislukt en heb je niets.
- Voer gedurende 5 weken (langer mag uiteraard ook) je metingen uit.

**Wanneer je dit voorschrift volgt krijg je:**

- drie bakjes met alleen de grond (controle)
- drie bakjes met mengsel met weinig compost
- drie bakjes met mengsel met veel compost.
- Indien je twee soorten compost gebruikt:
- drie bakjes met alleen de grond (controle)
- drie bakjes met mengsel met veel compost van soort A
- drie bakjes met mengsel met veel compost van soort B.

Wanneer je met een voldoende grote groep bent (10-15) kun je dit experiment over twee groepen verdelen en ze allebei doen.

In de bakjes worden in de lengterichting twee rijen worteltjes gezaaid met een tussenruimte van tien cm en op vijf cm van de rand van het bakje. Ze worden steeds in groepjes van ongeveer tien zaadjes gezaaid. De afstand tussen de groepjes is ongeveer twee cm. Het eerste groepje worteltjes zaai je op twee cm van de bovenkant van de bak en ongeveer een halve cm diep.



*Figuur 25. Zaaien van de wortelzaadjes*

De bakken moeten op een lichte plek staan, bijvoorbeeld in het raamkozijn en ze moeten regelmatig water krijgen met de plantenspuit.

Zodra de eerste plantjes opkomen wordt de schimmel er bij gedaan. We begraven een stukje Agar met schimmel (ongeveer 0,5 cm diep) tegen de voorste plantjes in de rij. (De schimmel *Rhizoctonia solani* is verkrijgbaar via Wageningen Universiteit profielwerkstuk vraagbaak, minstens 3 weken van tevoren aanvragen i.v.m. opkweken.) De stukjes moeten allemaal even groot zijn. Vervolgens moet je de omgeving vochtig maken (en vochtig houden). Hierdoor kan de schimmel goed groeien.

Gebruik werkblad 'Compostpower' te downloaden van het ► vaklokaal NLT.

Na een week kan de eerste meting worden uitgevoerd. Je meet vanaf de plaats waar je de schimmel hebt geplaatst tot waar het laatste groepje plantjes is omgevallen. Meet daarna tweemaal per week de omgevallen plantjes. Noteer de waarden overzichtelijk in een tabel. De laatste meting vindt plaats als in één van de bakken de schimmel het laatste groepje plantjes heeft bereikt. In figuur 26 is een voorbeeld te zien van dit experiment.

Uit de waarnemingen kan de snelheid van de schimmelaantasting worden bepaald in cm per dag. Door de

snelheid van aantasting voor de verschillende mengsels te vergelijken kan een uitspraak worden gedaan over het ziekteremmend effect van de verschillende soorten of concentraties compost.



*Figuur 26. Voorbeeld van een proef met drie verschillende compostmengsels. Linksonder staat de controle (CO1). Daarin is de schimmel duidelijk het verst gevorderd. Het compostmengsel rechtsonder is het meest ziekterwend (C71).*

#### **Afronden experiment:**

Verwerk de gegevens, trek een conclusie en schrijf met elkaar een verslag in Word. Dit verslag moet het volgende bevatten (zie ook ► werkinstructie onderzoeksverslag in de NLT Toolbox):

- Inleiding met informatie over het nut van een hoger organisch koolstofgehalte van de grond en informatie over rhizoctonia solani.
- Korte beschrijving van het experiment.
- Tabellen met resultaten van het experiment met aantal cm omgevallen wortelplantjes tegen de tijd.
- Diagrammen (Excel) met aantal cm omgevallen wortelplantjes tegen de tijd.
- Beschrijving van het resultaat aan het einde van je experiment: met foto's.

- **Conclusie:** vermeld hierin in welke bakken volgens jullie waarnemingen de schimmelgroei het snelst ging. Bespreek ook waarom jullie resultaten zo zijn, of ze afwijken etc.
- **Logboek.**

Maak een PowerPoint (met de inhoud van het Word verslag) en geef een presentatie aan de gehele groep. Gebruik hiervoor ► werkinstructie presenteren - algemeen en ► werkinstructie powerpointpresentatie in de NLT Toolbox.

## 4.4 Globe opdracht

Eerst lees je individueel de theorie en maak je de opgaven van hoofdstuk 3 (Bodem). Daarna begin je aan Globe opdracht 4.4

Voor deze opdracht moet je een bodem uitzoeken die je met de gehele groep wilt onderzoeken. Neem, indien nodig, contact op met de eigenaar. Neem een bodem die niet erg verstoord is zoals een bouwterrein. Je kunt de schooltuin nemen of een park, een stuk natuur, een weiland, een bos of een stuk landbouwgrond in de buurt.

Wanneer jullie groep erg groot is en jullie meerdere locaties willen onderzoeken neem dan een aantal verschillende.

De opdrachten die je gebruikt heten protocollen omdat het voorschriften zijn waar je je goed aan moet houden omdat je zo hetzelfde doet als alle andere leerlingen op andere scholen zodat je resultaten krijgt die vergelijkbaar zijn en niet afhankelijk zijn van hoe jij het hebt uitgevoerd. Om betrouwbare gegevens te krijgen moet je ook deze protocollen drie maal uitvoeren zodat je toevallige meetfouten kunt uitsluiten.

Je doet op dit terrein volgende opdrachten (protocollen). Deze staan op ► vaklokaal NLT:

- 1a Beschrijving meetlocatie
- 1b Profielbeschrijving
- 2a Bodemvochtgehalte en bodemorganische stof
- 2b BodempH meting
- 4ab Macrofauna-bemonstering - hoofdgroepen
- 4c Macrofauna regenwormen
- 5 Bodemrespiratie

De basisprotocollen doe je voor een deel op de locatie die je hebt uitgezocht als veldwerk en voor een deel hier op school in een lablokaal.

### *Veldwerkles:*

waarbij in het veld bodemmetingen worden verricht en bodemmonsters worden genomen voor de basisprotocollen. De protocollen geven stap voor stap aan wat er in het veld en in het laboratorium moet gebeuren. Lees ze dus goed door en maak alles af wat in het veld moet gebeuren.

### *Laboratoriumles:*

Het uitvoeren van laboratoriumproeven aan de hand van de bodemmetingen en bodemmonsters van de basisprotocollen. Deze stappen staan beschreven in de protocollen (zie basis protocollen)

Wanneer je deze opdracht met je groep hebt afgerond heb je een basis set gegevens verzameld voor de Globe bodemonderzoekers voor een bepaalde bodem. Vervolgens kun je deze gegevens opsturen naar de bodemwetenschappers maar ook kun je ze onderling met elkaar bespreken.

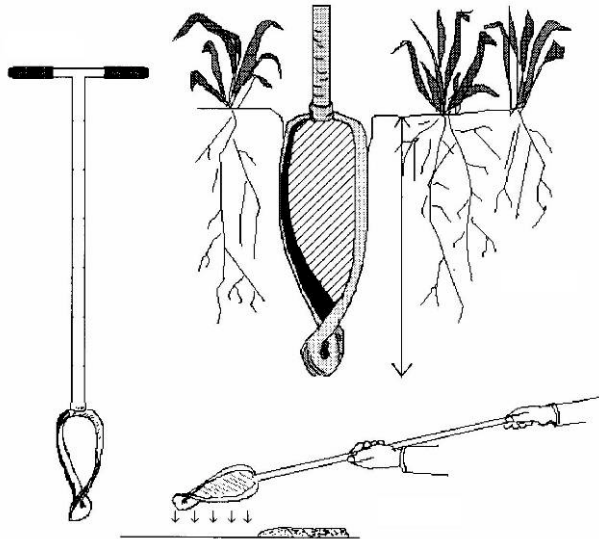
LET ER OP DAT ALLE PROTOCOLLEN DRIEMAAL MOETEN WORDEN GEDAAN

De protocollen die worden gebruikt zijn erg uitgebreid. Volg de aanwijzingen nauwgezet op want dan kunnen jouw gegevens worden gebruikt door anderen. Je kunt het saai vinden om precies te doen wat beschreven staat maar het is de enige manier om er zeker van te zijn dat jouw meetwaarden vergeleken kunnen worden met die van welke andere scholier waar dan ook in het land. Hieronder staan de opdrachten uit de protocollen kort beschreven.

Van je docent krijg je de volledige protocollen of je kan ze downloaden van ► vaklokaal NLT.

### *Protocol 1a Beschrijving meetlocatie*

In dit protocol verzamel je relevante informatie over de meetlocatie. Dit is van groot belang voor de interpretatie (het kunnen begrijpen) van de meetgegevens en vergelijking met gegevens van andere locaties. Dit protocol bestaat uit twee delen: een voorbereiding in de klas en een deel in het veld. Het verzamelen van relevante informatie over de meetlocatie. Dit is van groot belang voor de interpretatie van de meetgegevens en vergelijking met gegevens van andere locaties. Je gebruikt een GPS om de exacte coördinaten van de meetplek te vinden of je gebruikt een kaart. Op ► URL24 of op een bodemkaart zoek je relevante informatie over de te onderzoeken plek op. Tot welke hoofdklasse behoort de bodem? Wat is de begroeiing? Is het vlak of glooiend? etc.



Figuur 27. Grondboor

#### **Protocol 1b Profielbeschrijving**

Je maakt met een grondboor een gat in de grond, de grond die je eruit haalt leg je achter elkaar zodat een profiel ontstaat van de bodem. Let hierbij op de verschillende bodemhorizonten in het bodemprofiel.

#### **Protocol 2a Bodemvochtgehalte en bodemorganische stof**

Dit protocol bestaat weer uit twee delen: een in het veld en een gedeelte in het laboratorium. De bepalingen van organische stof en bodemvocht zijn gecombineerd omdat ze aan dezelfde monsters gedaan kunnen worden. Voor de organische stofbepaling moet het monster toch gedroogd worden. Met iets meer werk stellen we dan gelijk het vochtgehalte vast. De bepalingen gaan in twee stappen. Eerst bepalen we de hoeveelheid bodemvocht door het water te verdampen. In de tweede stap bepalen we het organische stofgehalte door de organische stof te verbranden.

#### **Protocol 2b BodempH meting**

Met een pH meter bepaal je drie maal de pH per bodem horizont. Dit is een opdracht die in het laboratorium met gedroogde grond moet gebeuren.

#### **Protocol 4a, b en c Macrofaunabemonstering.**

##### **deel a veldbemonstering**

Het verzamelen van grote bodemdieren per bodemlaag, zodanig dat het aantal dieren per vierkante meter berekend kan worden. De bodemlagen die worden onderscheiden zijn de strooisellaag, de laag 0-5 cm, de laag 5-20 cm en de laag >20cm diep. Je meet drie keer op de locatie in de buurt van waar je de bodemprofielen hebt onderzocht.



### **deel b en c determineren op hoofdgroepen**

Het tellen en op naam brengen van de verzamelde bodemmacrofauna op hoofdgroepen. Het berekenen van de bodemmacrofaunadichtheid per m<sup>2</sup>. Je gebruikt een zogenaamde determineersleutel om verschillende hoofdgroepen van bodem macrofauna te onderscheiden. De belangrijkste zijn de miljoenpoten, de duizendpoten en de regenwormen.

### **Protocol 5 Bodemrespiratie (bodemademhaling)**

*Bepaling van de biologische activiteit in de bodem doormiddel van het meten van het door het bodemleven uitgescheiden koolzuur. De koolzuurproductie wordt gemeten aan een grond waarin niet geroerd of geschept is of waaraan voeding voor bacteriën aan toegevoegd is.*

*Drie keer uitvoeren in de buurt van waar je de bodemmacrofauna hebt bestudeerd.*

## **Afronden Globe opdracht**

Wanneer jullie school een Globe school is kunnen jullie de gegevens invoeren op de Globe site. Daar kun je ook jullie waarden vergelijken met andere. (Wanneer jullie school geen Globe school is kun je jouw waarden niet vergelijken met andere). Leg de gegevens van jullie bodemonderzoek ook eens naast deze gemiddelde waarden:

### **Bodemvochtgehalte en bodemorganische stof**

Er is een verband tussen deze waarden: Is de hoeveelheid organische stof hoog? Dan kan het bodemvochtgehalte ook hoger zijn. Er verdampt echter ook water dus de waarde voor het bodemvochtgehalte kan lager zijn dan maximaal. Wanneer het echter net geregend heeft dan kun je jouw waarden vergelijken met de gehalten aan beschikbaar vocht per grondsoort. Bij zware klei bedraagt deze zo'n 12%, bij een lichte zavel is deze circa 25% en in zand is deze weer vergelijkbaar met zware klei (rond 12%). In veen is het beschikbare vocht zeer gunstig, namelijk circa 54%.

De indeling in figuur 28 wordt gebruikt bij de bepaalde organische stof percentages:

Indeling organische stofklassen:	Percentage organische stof	
	Zandgrond	Kleigrond
Humusarm	0% - 2,5%	0% - 4,0%
Matig humeus	2,5% - 5,0%	4,0% - 7,5%
Zeer humeus	5,0% - 8,0%	7,5% - 12,5%
Humusrijk	8,0% - 15,5%	12,5% - 13,0%

*Figuur 28. Indeling organische stof percentages*

### ***Bodem structuur***

Wanneer het bodemorganische stofgehalte hoog was: was de structuur van de grond daarmee in overeenstemming? Goede structuur: kruimelig in plaats van veel kluiten.

### ***Bodem pH***

Een juiste pH-waarde ligt voor een bodem tussen de 6.2. en de 6.8 voor zandgrond en voor een kleigrond rondom pH 7. Een grond met een pH 6 is 10 maal zuurder dan een grond met een pH 7.

Een actief bodemleven verbetert de vruchtbaarheid van een bodem. Het microbiële bodemleven, zoals de stikstofbindende en nitraatvormende bacteriën, begint pas bij een pH 5,9 met een optimum tussen pH 6,4 - 7,4.

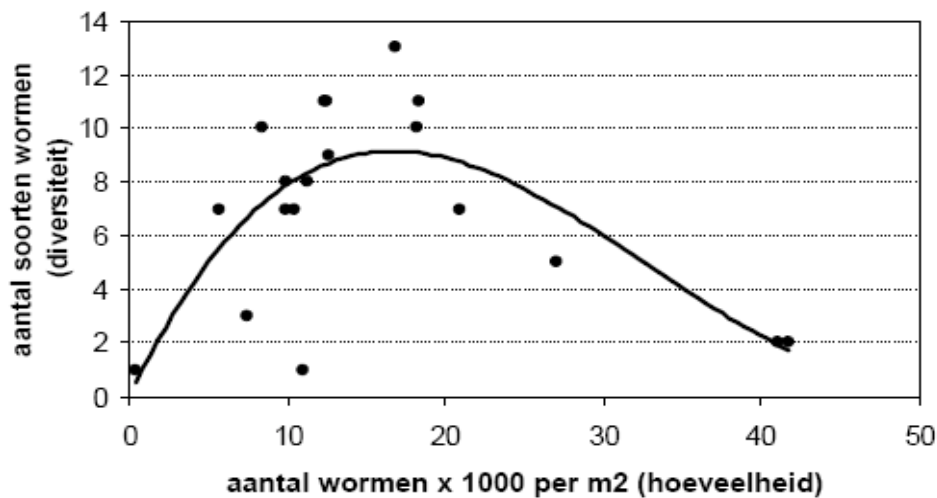
### ***Bodemmacrofauna***

Uit: Wormen als maat voor bodemleven en bodemvruchtbaarheid van het Louis Bolk Instituut ([www.louisbolk.org/downloads/1551.pdf](http://www.louisbolk.org/downloads/1551.pdf)) :

#### 2. Bron: Wormenonderzoek in Engeland

In een meer dan 100 jaar oude bemestingsproef in permanent grasland in Rothamstead en Cockle Park (Engeland) is wat fundamenteeler gekeken naar wormen. Uit de metingen blijkt een duidelijk verband tussen het aantal wormen per m<sup>2</sup> (kwantiteit) en het aantal soorten wormen (diversiteit). Het verband laat een optimum zien (figuur 29). Onder extreme omstandigheden neemt de soortensamenstelling sterk af (zowel links als rechts in de grafiek).

Eenzelfde optimum is overigens ook bekend in de relatie tussen diversiteit aan plantensoorten en droge stofproductie per ha. Veldjes met meer dan acht soorten wormen laten zelden hoge wormaantallen zien. Het aantal soorten neemt toe bij een stijgende pH. Onder erg zure omstandigheden (pH lager dan 3,8) worden weinig soorten (minder dan 3) gevonden. In sommige gevallen gaat dit gepaard met zeer lage aantallen per m<sup>2</sup> (links) in andere gevallen met zeer hoge aantallen per m<sup>2</sup> van 1 of enkele soorten wormen.



Figuur 29. Relatie tussen aantal wormen per ha<sup>-1</sup> en het aantal soorten wormen per proefveld (diversiteit)

### Bodemrespiratie

kg CO <sub>2</sub> -C per ha per dag	Koolzuurproductie
0	Beoordeling biologische activiteit
0	Geen
< 11	Zeer laag
11-18	Matig Laag
19-36	Gemiddeld
37-72	Goed
>72	Ongewoon hoog

Figuur 30. Beoordeling van de koolzuurproductie voor Amerikaanse landbouwgronden (naar Woods End Research, 1997; USDA, 1999.)

#### Verder kun je de volgende zaken onderling bespreken:

- Waren er veel afwijkingen tussen de resultaten en weet je ook waarom? Er kan in een bodem ook een slecht stuk voorkomen waar de omstandigheden net wat ongunstiger zijn. Wanneer een van je metingen in dit slechte stuk valt dan krijg je een afwijking naar beneden
- Je weet nu veel meer dan tijdens de introductieopdracht: is deze bodem gezond volgens jullie? Bodemademhaling, bodem organische stof etc

## 4.5 Keuzeopdrachten

### Protocollen Globe

- 2c Bodemdichtheid
- 2d Poriënvolume/deeltjesdichtheid
- 2e Bodemvruchtbaarheid
- 3 Waterinfiltratie
- 4d Macrofauna veelpotige dieren

### Keuzeopdracht 1: bodembacteriën

Je kent bacteriën waarschijnlijk voornamelijk als boosdoeners. Er zijn echter meer goede dan slechte bacteriën. Er is bijvoorbeeld een vitamine die je niet hoeft in te nemen: vitamine K wordt gemaakt door bacteriën in je darmen. Alleen aan zuigelingen wordt de vitamine toegediend want zij hebben deze bacteriën nog niet.

In de grond zijn eveneens miljoenen goede bacteriën aanwezig. De kringloop van stikstof is een belangrijke taak van bacteriën. Planten hebben stikstof nodig om te groeien. Deze stikstof kunnen ze niet uit de lucht halen. De belangrijkste manier waarop stikstof voor planten beschikbaar komt is de stikstofvastlegging door bacteriën zoals onder andere Spirulina. Afval in het milieu, voornamelijk door de mens geproduceerd, wordt door bacteriën afgebroken.

In de grond bevinden zich onder andere bodembacteriën die het enzym amylase produceren. Amylase breekt zetmeelmoleculen (lange ketens van aan elkaar gekoppelde glucosemoleculen) af tot losse glucosemoleculen. Met het experiment 'Verterende bodembacteriën' van VWO campus Wageningen Universiteit op ► vaklokaal NLT (webbijlage\_9\_verterende\_bodembacterien\_handleiding\_leerling\_1\_.pdf) kun je deze bacteriën aantonen. Voor dit experiment worden voedingsbodems waarin zich zetmeel bevindt, geënt met grondmonsters. Op deze platen zal een amylase producerende bacterie zich kunnen voortplanten. Dit zal resulteren in een afname van de hoeveelheid zetmeel op de plaatsen waar de amylase producerende bacterie zich bevindt. Jood is een indicator voor zetmeel. In deze proef zal met behulp van jood worden aangetoond waar zetmeel is afgebroken.

Maak een kort verslag van deze opdracht: dit moet de volgende punten behandelen:

- inleiding met hierin: de functie van bacteriën in het bodemvoedsel web, de gemiddelde hoeveelheid bacteriën per kilogram grond in een bodem
- methode met een korte beschrijving van het experiment
- de resultaten (met foto's) van het experiment
- een conclusie met je bevindingen.

### Keuzeopdracht 2: invloed van plantenwortels op de zuurgraad van de bodem

De bodem heeft een grote invloed op de vegetatie. Omgekeerd gebeurt het echter ook: een plant beïnvloedt de bodem. Een

plant heeft door zijn wortelstelsel invloed op de zuurgraad van de bodem. Je kunt dit bijvoorbeeld zien bij planten die op beton of steen leven en met hun zuur het materiaal aantasten. Ook bij successie (zoek deze term op in een biologieboek!) kan de verandering van de zuurgraad door planten een belangrijke rol spelen. Bij verandering van de zuurgraad van de bodem verandert ook de oplosbaarheid van toxische stoffen. De pH heeft invloed op de beschikbaarheid van nutriënten, de opname van nutriënten door de plant, en de activiteit van micro-organismen. Het is dus belangrijk om de pH op een goede waarde te houden gedurende het groeiseizoen. Bacteriën hebben het overwicht in de grond bij pH's groter dan 5,5 terwijl schimmels meer actief zijn bij een pH kleiner dan 5,5.

***Opdrachten bij dit experiment:***

- a. Doe het practicum 'Zure wortels' van VWO campus Wageningen Universiteit. Je vindt deze in het ► vaklokaal NLT (webbijlage\_10\_zurewortels\_handleiding\_leerling.doc). Hierin boots je de rhizosfeer (het wortelmilieu) van de bodem na met behulp van een agarplaat. Op deze manier kun je de invloed van het wortelstelsel op de bodem pH aantonen.
- b. Maak met je groep een posterpresentatie van het experiment 'Zure wortels'. Geef een verklaring voor de waarnemingen. Deze presentatie moet het volgende bevatten:
  - Experimentbeschrijving (kort!).
  - Foto's van de resultaten.
  - Antwoord op de vraag: bij welke stikstofbron zijn er meer nieuwe wortels te zien? Wat zal hiervan de oorzaak zijn?.
  - Antwoord op de vraag: Wat is het verschil tussen de vorm van het wortelstelsel bij de verschillende stikstofbronnen?
  - Antwoord op de vraag: Is het nuttig om sommige bodems te ontzuren door bijvoorbeeld kalktoevoeging?
  - Conclusie: verwerk hierin je antwoorden bij vragen 1 t/m 3 van het practicum.

**Keuzeopdracht 3: interview met een landbouwer/veehouder over duurzame landbouw**

Voor een interview met een veehouder/landbouwer over duurzame landbouw moet je zelf uiteraard een goed idee hebben van wat je verstaat onder duurzaam grondgebruik. Lees daarom eerst eens wat de toenmalige Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, drs. P.L.B.A. van Geel hierover schrijft in de Beleidsbrief Bodem uit 2003. Een stuk van de samenvatting staat in bron 3

### 3. Bron: samenvatting Beleidsbrief Bodem uit 2003

*Het is nodig een volgende stap te zetten in de vernieuwing van het bodembeleid om te bevorderen dat onze samenleving duurzamer met de bodem omgaat en om inconsistenties en onvolkomenheden in het huidige bodembeleid en de regelgeving weg te nemen.*

*In lijn met het hoofdlijnenakkoord van het kabinet wordt een aantal beleidsvernieuwingen doorgevoerd:*

- Bodembeleid gaat zich richten op een bewuster en meer duurzaam gebruik van de bodem. De (gebruiks)waarde van de bodem moet behouden blijven. De gebruiker van de bodem heeft het recht de bodem te benutten maar ook de plicht zorgvuldig met de bodem om te gaan en met belangen van derden. Maatschappelijke partijen krijgen in hun rol als gebruiker van de bodem meer eigen verantwoordelijkheid. Decentrale overheden moeten bij ruimtelijke ordening, inrichting en beheer bewuster met de toestand van de bodem omgaan en beslissingen over het gebruik van bovengrondse en ondergrondse ruimte baseren op een beoordeling van de effecten van bodemgebruik. Duurzaam bodemgebruik wordt bevorderd bij ruimtelijke ordening en -inrichting, in de landbouw, het natuurbeheer en het waterbeheer.
- De (gebruiks) waarde van de bodem heeft een economische, sociale en een ecologische dimensie. Het ecologisch functioneren zal worden beoordeeld op basis van chemische, fysische en biologische parameters. De bodem wordt niet langer beschouwd als een statisch compartiment maar als een dynamisch ecosysteem. Het vermogen van de bodem om nu en in de toekomst zo goed mogelijk maatschappelijke diensten te leveren is vertrekpunt.

Lees verder de Beleidsbrief Bodem punt 3: Maak bodemgebruik duurzamer (► [URL25](#) of download van ► [vaklokaal NLT, webbijlage\\_11\\_beleidsbrief\\_bodem\\_dec2003\\_1\\_.pdf](#)) Je kunt uiteraard ook nog andere bronnen gebruiken om een idee van duurzaam bodemgebruik te verkrijgen.

Wanneer jullie eenmaal een goed idee hebben van duurzaam bodemgebruik schrijf je dit kort op en bespreek je het met je docent. Daarna kun je verder gaan met vragen voor je interview bedenken.

Laat de vragenlijst beoordelen door je docent.

Maak een afspraak met een veehouder/landbouwer voor een interview. Presenteer de gegevens van je interview als een artikel voor in een tijdschrift, gebruik jouw eigen idee van duurzaam gebruik van de bodem als inleiding.



#### 4. Bron: project

Het praktijknetwerk Telen met toekomst verenigt groepen praktijkbedrijven, afnemers, toeleveranciers, intermediairen, maatschappelijke organisaties en overheid rond de ontwikkeling en implementatie van meer duurzame (ecologisch en economisch) productiesystemen in de plantaardige sectoren. Er zijn 31 praktijknetwerken (waarvan 5 in de bollenteelt), verspreid over heel Nederland. De kern van elk praktijknetwerk bestaat uit een studiegroep van ondernemers, met daaromheen de bedrijven en organisaties die een direct belang hebben bij de agrarische bedrijfsvoering. Het accent ligt op de thema's gewasbescherming en bemesting. Het project wordt uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en DLV Adviesgroep en gefinancierd door de ministeries van LNV en VROM.

Informatie: Stefanie de Kool (0252-462113) of [www.telenmettoekomst.nl](http://www.telenmettoekomst.nl)

#### Keuzeopdracht 4: duurzame landbouw

Kijk op ►URL26 en kies een project uit van Telen Met Toekomst of neem een ander project voor duurzame landbouw.

- Beschrijf het duurzame van het project. Wat is het doel? Hoe wil men dat gaan bereiken?
- Maak voor je groepsgenoten een presentatie (in Power Point) van het project dat je hebt gekozen. Gebruik hiervoor ►werkinstructie powerpointpresentatie in de NLT Toolbox

#### Keuzeopdracht 5: het weiland ecosysteem

Het weiland is het studieobject. Activiteiten zijn: inventarisatie van de diversiteit aan organismen, bestuderen van interacties tussen planten en dieren, bestuderen van aanpassingen aan vraat, bestuderen van de afbraak van organisch materiaal en het maken van een schema van de voedselkringloop in een weiland.

Gebruik ►URL27

Dit document kun je ook downloaden van ►vaklokaal NLT, webbjlage\_12\_de\_wei\_een\_ecosysteem\_handleiding\_leerling\_1\_.pdf.

#### Keuzeopdracht 6: bodemleven en humusprofielen

In een eiken- of dennenbos op droge zandgrond ligt meestal veel meer strooisel (bladeren en naalden) dan in een populierenbos op kleigrond.

Bestudeer het hoofdstuk 'Inleiding' van de Veldgids Humusvormen (staat ook in het ►vaklokaal NLT) (►URL28) en beantwoord de volgende vragen:

- Wat denk je dat het verschil is in bodemleven tussen beide groeiplaatsen en hoe kun je dat verklaren?
- Welke levensvormen verwacht je in beide bodems?
- Wat is de invloed van zuurgraad?
- Wat is de invloed van bodemvruchtbaarheid?
- Wat is de invloed van vocht?
- Hoe komt het dat er een verschil is in de hoeveelheid strooisel?
- Waar is het populierenblad gebleven?
- Wat gebeurt er met het strooisel op de arme zandgrond?
- Wat betekent dat voor de beschikbaarheid aan voedingstoffen voor de planten?
- Wat zal op de zandgrond de belangrijkste bron van voedingstoffen zijn, het strooisel of het zand?
- Wat zal op de kleigrond de belangrijkste bron van voedingstoffen zijn, het strooisel of de klei?
- Wat betekent een dikke strooisellaag voor de beschikbaarheid van voedingstoffen voor de planten?

Deze opdracht moet in principe op basis van de beschikbare literatuur uitgevoerd kunnen worden, maar kan verdiept worden door een bezoek te brengen aan enkele bossen op verschillende bodems en daar eventueel een aantal van de protocollen uit te voeren (profielbeschrijving, bepaling zuurgraad, bemonstering macrofauna).

## 5 Bijlage 1 URL-Lijst

URL1	Tegenlicht <a href="http://www.vpro.nl/programma/tegenlicht/afleveringen/38243331/">http://www.vpro.nl/programma/tegenlicht/afleveringen/38243331/</a> De toekomst van ons voedsel: landbouw of laboratorium?
URL2	Site met actuele bodemgegevens <a href="http://www.bodemdata.nl">http://www.bodemdata.nl</a> >kijk onder naslag
URL3	Informatiebulletin, kennisoverdracht invulling begrip duurzame landbouw <a href="http://www.agriton.nl/agriph.html#P">http://www.agriton.nl/agriph.html#P</a>
URL4	Site van Milieu en Natuur Planbureau (MNP) <a href="http://www.mnp.nl">http://www.mnp.nl</a>
URL5	MNP, dossier 'Natuur en biodiversiteit' <a href="http://www.mnp.nl/nl/dossiers/biodiversiteit/index.html">http://www.mnp.nl/nl/dossiers/biodiversiteit/index.html</a> >ga naar 'vragen en antwoorden'
URL6	Natuur en MilieuCompendium <a href="http://www.milieuennatuurcompendium.nl/">http://www.milieuennatuurcompendium.nl/</a> Milieu en natuur in cijfers
URL7	Site van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) <a href="http://www.knmi.nl/klimaatverandering_en_broeikaseffect/">http://www.knmi.nl/klimaatverandering_en_broeikaseffect/</a> Klimaatverandering en broeikaseffect
URL8	Milieucentraal, alles over energie en milieu in het dagelijks leven <a href="http://www.milieucentraal.nl/pagina?onderwerp=Broeikaseffect#Het%20broeikaseffect">http://www.milieucentraal.nl/pagina?onderwerp=Broeikaseffect#Het%20broeikaseffect</a> Broeikaseffect
URL9	Kennislink <a href="http://www.kennislink.nl/web/show?id=6030">http://www.kennislink.nl/web/show?id=6030</a> Broeikaseffect en de landbouw
URL10	Wikipedia, de vrije encyclopedie <a href="http://nl.wikipedia.org/wiki/Koolstofkringloop">http://nl.wikipedia.org/wiki/Koolstofkringloop</a> Koolstofkringloop
URL11	Site van Milieu en Natuur Planbureau (MNP) <a href="http://www.mnp.nl/nl/publicaties/2005/De_Kleine_vraagbaak_Kyoto-protocol.html">http://www.mnp.nl/nl/publicaties/2005/De_Kleine_vraagbaak_Kyoto-protocol.html</a> De kleine vraagbaak van het Kyoto Protocol
URL12	Het Ingenieursblad 3/2001 <a href="http://www.kviv.be/Publicaties/KOOLSTOFMANAGEMENT1.pdf">http://www.kviv.be/Publicaties/KOOLSTOFMANAGEMENT1.pdf</a>

- Koolstofmanagement: doorbraak voor de klimaatsimpasse
- URL13** Vlaams informatiecentrum over Land- en Tuinbouw  
<http://www.vilt.be/feitenencijfers/landbouwenmilieu.html>
- URL14** Landbouwrapport 2005  
 Agri Holland  
<http://www.agriholland.nl/dossiers/landbouwgrond/>
- URL15** Dossier landbouwgrond  
 Site van Milieu en Natuur Planbureau (MNP)  
<http://www.mnp.nl/mnc/i-nl-0168.html>  
 Broeikasgasemissies in Nederland per sector, 1990-2006
- URL16** Het Ingenieursblad 3/2001  
<http://www.kviv.be/Publicaties/KOOLSTOFMANAGEMENT1.pdf>  
 Koolstofmanagement: doorbraak voor de klimaatsimpasse  
 >zie het kopje landbouwgrond
- URL17** PraktijkKompas Rundvee, februari 2004  
[http://www.nmi-agro.nl/\\_public/artikel/bodemkwaliteit\\_PK.pdf](http://www.nmi-agro.nl/_public/artikel/bodemkwaliteit_PK.pdf)  
 Bodemkwaliteit
- URL18** Op eenderde bouwland gebrek aan humus  
[http://www.nmi-agro.nl/\\_public/artikel/humus\\_O.pdf](http://www.nmi-agro.nl/_public/artikel/humus_O.pdf)
- URL19** Goede bodem boert beter  
[http://www.nmi-agro.nl/\\_PUBLIC/project/Bodemkwaliteit/Poster.pdf](http://www.nmi-agro.nl/_PUBLIC/project/Bodemkwaliteit/Poster.pdf)
- URL20** Milieu Planbureau, Bilthoven, Nederland  
<http://www2.alterra.wur.nl/Webdocs/PDFFiles/Alterrapporten/AlterraRapport1126.pdf>  
 Organische stof: onbekend of onbemind?
- URL21** Alterra Wageningen UR  
<http://www.alterra.wur.nl/NL/onderzoek/Werkveld+Bodem/LD/VEE/>  
 Veengebieden
- URL22** KLV Professional Match  
<http://welkom.professional-match.nl/>
- URL23** Wageningen Universiteit  
[www.vwo-campus.net/downloads/compostpower\\_handleiding\\_leerling.pdf](http://www.vwo-campus.net/downloads/compostpower_handleiding_leerling.pdf)
- URL24** Compostpower!  
 Site met actuele bodemgegevens  
<http://www.bodemdata.nl>

- URL25** Ministerie van Vrom  
[www.vrom.nl/get.asp?file=Docs/bodem/beleidsbrief\\_bodem\\_dec2003.pdf](http://www.vrom.nl/get.asp?file=Docs/bodem/beleidsbrief_bodem_dec2003.pdf)  
[Beleidsbrief Bodem](#)
- URL26** Telen met toekomst  
[www.telenmettoekomst.nl](http://www.telenmettoekomst.nl)
- URL27** Wageningen Universiteit  
[http://www.vwo-campus.net/downloads/de\\_wei\\_een\\_ecosysteem\\_handleiding\\_leerling.pdf](http://www.vwo-campus.net/downloads/de_wei_een_ecosysteem_handleiding_leerling.pdf)  
De wei... een ecosysteem? Interacties tussen plant en dier in een ecosysteem.
- URL28** Veldgids Humusvormen  
<http://www2.alterra.wur.nl/internet/webdocs/Internet/Bodem/Veldgids%20Humusvormen.pdf>