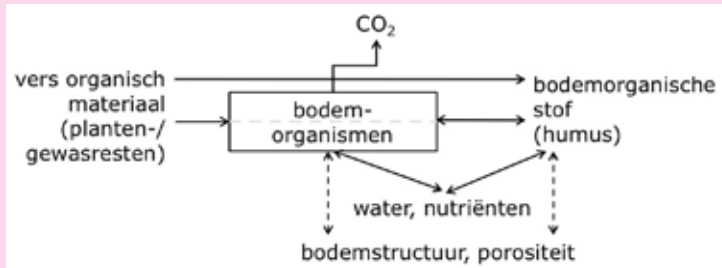


De vele gezichten van de regenworm

Gezichten? Regenwormen hebben toch geen gezicht? Laat staan dat ze kunnen kijken. Je kunt niet eens zien wat de voorkant of de achterkant is... Toch wel: als je een regenworm laat kruipen, zie je vanzelf wat de voorkant is en krijgen ze toch een gezicht. Bacteriën, schimmels, protozoën en aaltjes zijn veel talrijker, maar die kun je met het blote oog niet zien, geen gezicht dus. Pissebedden, mieren, slakken, miljoenpoten, duizendpoten, spinnen en kevers kun je wél zien en daardoor genieten die meer bekendheid. Maar regenwormen zijn toch wel het meest bekend bij leerlingen en het grote publiek. Ze hebben een goede naam: wie regenwormen in de tuin heeft, heeft 'goede grond'. Dat is één gezicht van de regenworm. Maar ze hebben er meer. Om dat te begrijpen, kijken we eerst naar onderstaande figuur in de tekstbox:



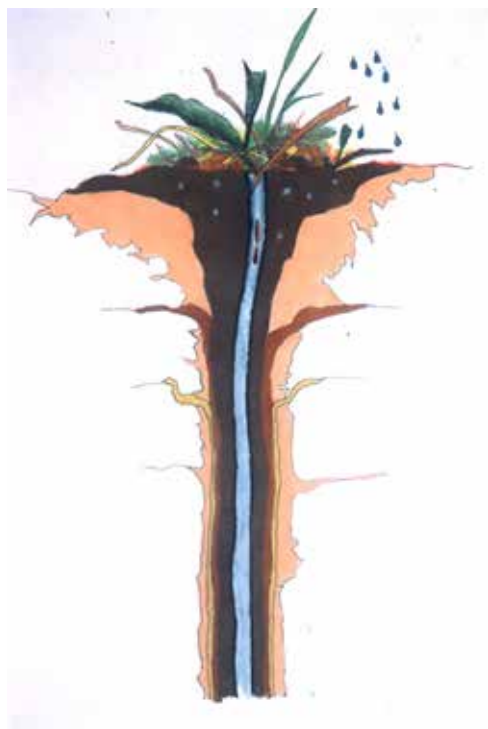
De centrale rol van bodemorganismen in de dynamiek van organische stof en de daarmee samenhangende bodemeigenschappen. Plantaardige resten worden voor een klein deel rechtstreeks aan de bodemorganische stof toegevoegd, maar grotendeels geconsumeerd door bodemorganismen, die deze afbreken tot CO₂, water en nutriënten (mineralen) of toevoegen aan de bodemorganische stof als excretieproducten. Water en nutriënten worden ook opgenomen uit de bodem (nutriënten alleen door micro-organismen). De bodemorganische stof wordt meermaals geconsumeerd door bodemorganismen (vandaar de ↔). Water en nutriënten kunnen geadsorbeerd zijn aan, en ook weer afgestaan worden door de bodemorganische stof. Bodemstructuur en porositeit worden beïnvloed door, en beïnvloeden zowel de bodemorganismen als de bodemorganische stof.

Vers organisch materiaal kan dood zijn (plantaardige en dierlijke resten) of levend: wortels en hun uitscheidingsproducten. Deels wordt het verse organische materiaal rechtstreeks toegevoegd aan de organische stofvoorraad in de bodem, maar het grootste deel wordt eerst 'verwerkt' door bodemorganismen. De meest 'onaanzienlijke' verzetten het meeste werk: de bacteriën (inclusief archaea) en schimmels. Ze zetten organische verbindingen om, uiteindelijk in CO₂, water en nutriënten. Bacteriën en schimmels worden zelf ook gegeten, vooral door protozoën, aaltjes, mijten, springstaarten en potwormen. Toch lopen in het bodemvoedselweb niet alle pijlen via de bacteriën en schimmels: de regenwormen en pissebedden consumeren het dode organische materiaal rechtstreeks. Ze hebben echter voorkeur voor resten die al zijn gekoloniseerd door bacteriën en schimmels, want die vormen een makkelijker te verteren voedingsbron dan het uitgangsmateriaal. Alle soorten regenwormen maken nutriënten vrij uit organisch materiaal (mineraliseren), maar verder doen niet alle regenwormen hetzelfde.

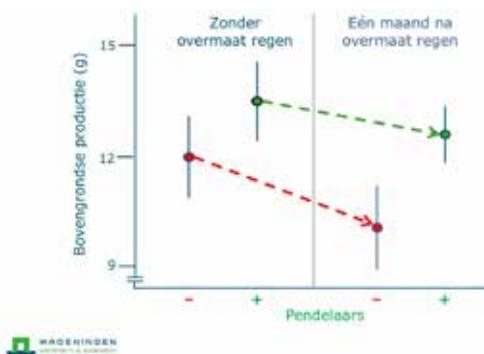
Regenwormen zijn niet alleen belangrijk voor de afbraak vanwege de selectie en voorvertering van organisch materiaal, maar vooral ook doordat hun darm als het ware een afvalverwerkingscentrale is; het geselecteerde materiaal wordt in kleine stukjes naar binnen gewerkt, waardoor het een hoge oppervlakte/inhoud verhouding krijgt, ideaal voor massale kolonisatie door bacteriën met wie ze in symbiose leven. Die vinden in de darm een nóg beter afgeschermd omgeving dan in de regenwormgang, zodat het materiaal veel sneller kan worden afgebroken dan buiten de dieren zou zijn gebeurd. De darmflora van regenwormen is deels ook verschillend van de micro-organismen 'buitenshuis'.

De invloed van gangen van regenwormen reikt verder dan de (versnelde) vertering van organisch materiaal. Eén zo'n effect is verhoogde waterdoorlatendheid van de bodem. Een ander effect blijkt uit een meta-analyse van een groot aantal verschillende regenwormstudies: de aantallen en biomassa van regenwormen zijn positief gerelateerd aan de biomassa productie van planten (hoe meer wormen, hoe hoger de opbrengst).

Maar het is niet al goud wat er blinkt. Weliswaar werkt het organische materiaal dat door regenwormen de grond ingewerkt wordt als een spons, maar bij regen na droogte kan het water óók versneld infiltreren en of het gewas er dan nog iets aan heeft, hangt af van de diepte van worteling op dat moment. En regenwormen bevorderen niet alleen de productie van planten, maar ook van de broeikasgassen CO₂ en N₂O. Vooral dat laatste (lachgas) is een punt van zorg, want N₂O is per molecuul bijna 300x zo sterk als CO₂ in termen van het broeikas effect. Het N₂O-effect is overigens beperkt tot landbouw waarbij veel stikstofkunstmest wordt gebruikt die het nitraat levert. Daaruit wordt bij lage zuurstofspanning (zoals in de darm van regenwormen) N₂O gevormd. Het N₂O



Pendelaar-gang met bijeengezocht organisch materiaal dat als voedsel naar binnen getrokken wordt. Tevens aangegeven: preferentiële infiltratie van regenwater door gang. Bron: North Appalachian Experimental Watershed, USDA-Agricultural Research Service, Coshocton, Ohio, USA.



De aanwezigheid van pendelaars matigt het negatieve effect van overmaat regenval op plantaardige productie door het afvoeren van overtollig water in hun gangen. g = gram per ingegraven cilinder. Naar: Andriuzzi et al. (2015).

kan versneld de oppervlakte bereiken via wormengangen, waardoor de kans dat het verder wordt gedenitrificeerd tot het onschadelijke stikstofgas (N₂) kleiner is dan bij afwezigheid van verticale gangen. In de gangbare landbouw kan het nadelige effect worden beperkt door niet te bemesten voor maximale opbrengst, maar voor optimale stikstofbenutting door het gewas. En in de biologische landbouw, waar geen kunstmest wordt toegepast, doet dit probleem zich nauwelijks voor.

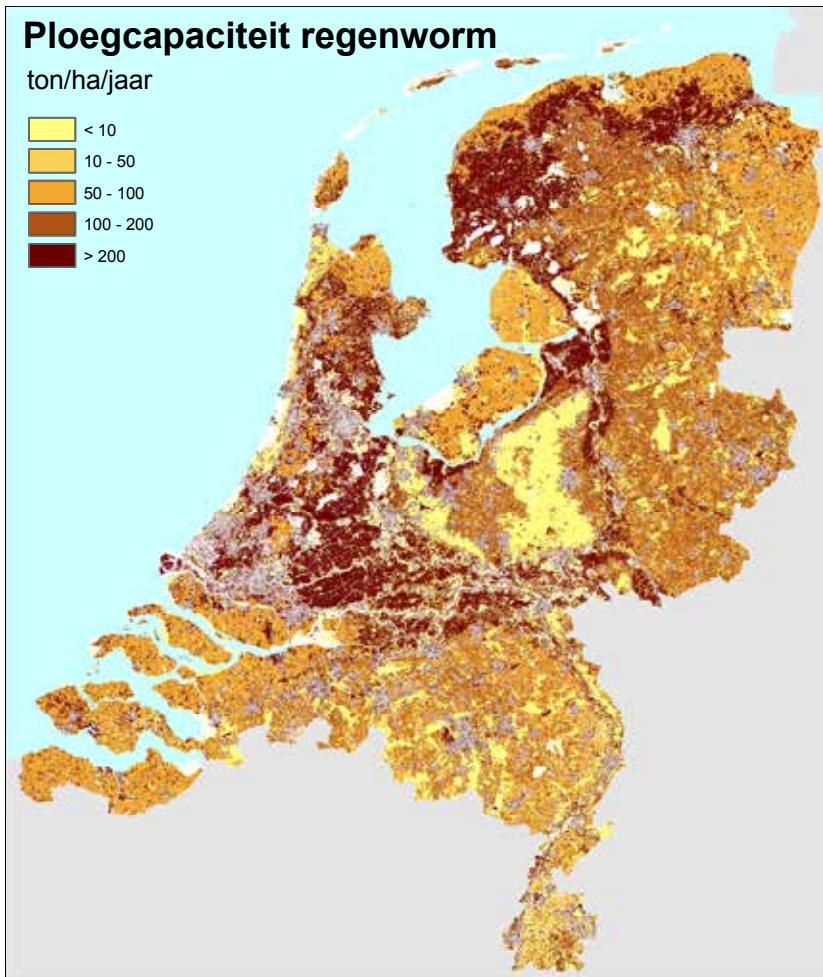
Regenwormen hebben een enorm verspreidingsgebied. Ze komen overal voor in de tropen en de gematigde streken waar het klimaat niet te droog, het bodemtype niet te zanderig en de pH van de grond niet te laag is. Daarop is één uitzondering: uit grote delen van Noord-Amerika (Canada en het noorden van de Verenigde Staten) zijn de regenwormen verdwenen gedurende de voorlaatste ijstijd. Als gevolg daarvan hebben de bossen daar een veel dikkere strooisellaag dan bij ons, waarop zich een specifieke flora heeft ontwikkeld. Het gaat hier om loof- en gemengd bos dat zich uitstrekt over enkele miljoenen km².

Sinds de Europeanen in de 18^e eeuw Amerika koloniseerden, zijn Europese regenwormen aan een opmars bezig. Deze is versneld waar sportvissers hun aas hebben achtergelaten en waar de wielen van bosbouwmachines regenwormen transporteerden. De gevolgen zijn ingrijpend, met name daar waar alle ecologische groepen aanwezig zijn: de organische bovenlaag verandert in rap tempo van een mor- in een mull-structuur vergelijkbaar met die in veel Europese bossen, en de dikte van de strooisellaag neemt af. Tal van bodemorganismen verdwijnen. Dat geldt ook voor veel plantensoorten die deel uitmaken van de karakteristieke flora die zich in afwezigheid van de Europese wormen had ontwikkeld.



Plantengemeenschap aan de basis van bomen vòòr en na invasie van Europese regenwormen in een door suikeressdoorn gedomineerd bos in Chippewa National Forest, Minnesota, USA. Bron: Frelich et al. (2006)

Darwin heeft in zijn laatste boek uit 1881 regenwormen *nature's plough* genoemd. In de *mainstream* landbouw heeft de ploeg de rol van regenwormen overgenomen. Door ploegen worden organische resten de grond in gewerkt en wordt de bovengrond losser gemaakt. Tegelijkertijd worden regenwormen, met name de strooiseleTERS en pendelaars, ernstig beperkt doordat gewasresten van de oppervlakte verdwijnen en gangen verstoord worden. Tegenwoordig worden in de akkerbouw allerlei vormen van gereduceerde grondbewerking toegepast om redenen van erosiebestrijding en besparing op tijd en kosten van materieel en brandstof. Daarmee worden in principe de regenwormen als *nature's plough* in ere hersteld. Overeenkomstig de verwachting profiteren vooral de strooiseleTERS en pendelaars van minder intensieve grondbewerking.



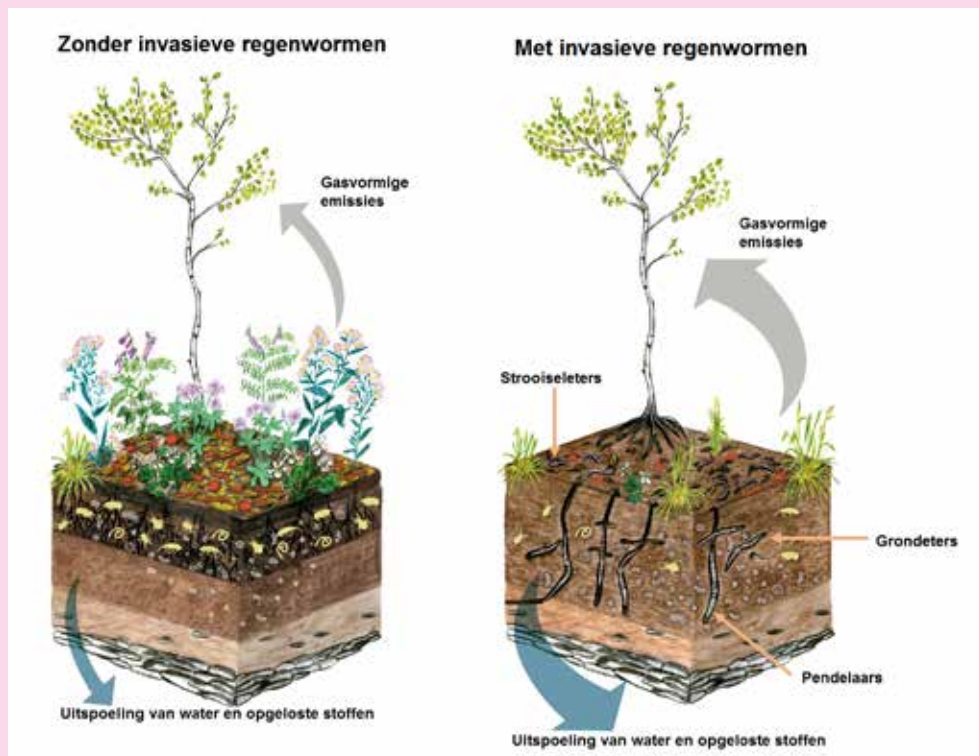
Het RIVM heeft berekend hoeveel grond door regenwormen wordt omgezet.
(Rutgers & Dirven-van Breemen, 2012).

Regenwormen als *nature's plough* hebben een enorm potentieel in de grondbewerking. De dichtheid aan regenwormen wordt vertaald naar de hoeveelheid grond die ze, letterlijk, omzetten. Die is groter op klei- en zavelgronden dan op zandgronden en groter op grasland dan op bouwland. In een gezond grasland passeren alle bodemdeeltjes uit de vruchtbare bodemlaag het spijsverteringskanaal van de wormen in 5 tot 15 jaar, met als resultaat een vruchtbare zwarte bodem met een gezonde structuur (Rutgers & Dirven-van Breemen, 2012).

De vele gezichten van de regenworm laten zich niet vertalen in goed of slecht. Wetenschappelijk gezien zijn dat ook geen bruikbare termen. De wormen volgen hun natuur waarbij ze in zoveel mogelijk nageslacht investeren. De diensten die ze bewijzen (*ecosystem services*) of juist niet (*ecosystem disservices*), bestaan alleen in het hoofd van de mens, maar die kunnen we natuurlijk wel bevorderen, respectievelijk tegengaan in de zoektocht naar natuurherstel, duurzame landbouw en het verbeteren van de broeikasgasbalans van de bodem.

Ecosystem engineers

Ecologen zijn gewend te denken in termen van voedselrelaties in een voedselweb die worden beïnvloed door het abiotische milieu. Van het omgekeerde, beïnvloeding van het abiotische milieu dòòr organismen, zijn we ons minder bewust. Regenwormen zijn *ecosystem engineers*, een term die eigenlijk niet uit het Engels te vertalen is. *Ecosystem engineers* zijn organismen die fysieke ruimte creëren waarin andere organismen leven en waarvan constructen een langere levensduur hebben dan de makers zelf. Dat geldt zeker voor regenwormen. Hun gangen vormen een beschermde omgeving, niet alleen voor de bacteriën en schimmels die het organisch materiaal incuberen dat de wormen de grond in werken, maar ook voor protozoën, aaltjes, mijten en springstaarten die hun gangen bewonen. De uitwerpselen van regenwormen vormen hotspots van microbiële activiteit. Na uitdroging blijven ze in stand als aggregaten die de bodem de kruimelstructuur bezorgen die bevorderlijk is voor de plantengroei. Ook vormen hun gangen voorkeursroutes voor plantenwortels. In alle gevallen voor een ruimschoots langere tijd dan de wormen aanwezig zijn. Met regenwormen vergelijkbare voorbeelden van bodembewonende *ecosystem engineers* zijn termieten en mieren. Ook bevers, konijnen, bomen en olifanten zijn *ecosystem engineers*.



Invasieve regenwormen reduceren de diversiteit aan planten en bodemfauna, homogeniseren de toplaag van het bodemprofiel en bevorderen de gasuitwisseling en de infiltratie van water en opgeloste stoffen. Naar Ferlian et al. (2017).



De bodem wordt grondig onderzocht.