



Belang van bodemorganische stof voor het waterbeheer

Deze Deltafact behandelt de rol van bodemorganische stof bij het vasthouden van water in de bodem (sponswerking), de mogelijkheden om het gehalte te beïnvloeden, nutriëntenbeschikbaarheid en wat dit betekent voor het waterbeheer.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE
4. SCHEMATISCHE WEERGAVE
5. WERKING
6. KOSTEN EN BATEN
7. RANDVOORWAARDEN EN KANSRIJKE LOCATIES
8. GOVERNANCE
9. PRAKTIJKERVARINGEN
10. KENNISLEEMTEN
11. OVERZICHT LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN
12. BRONNEN & LINKS
13. COLOFON
14. DISCLAIMER

1. Inleiding

Deze Deltafact behandelt de achtergronden van de werking van bodemorganische stof, de mogelijkheden om dit gehalte in de bodem te beïnvloeden op landbouwpercelen, wat het verhogen van het organische stofgehalte in de bodem betekent voor het waterbeheer en nutriëntenbeschikbaarheid, en de wetenschappelijke onderbouwing hiervan.

Er zijn bij ondernemers zorgen dat het organische stofgehalte van de Nederlandse landbouwgronden afneemt. Tijdreeksanalyses ([van den Akker, 2012](#) en [Eurofins Agro, 2017](#)) laten echter geen dalende of stijgende trends zien op landelijk niveau. Lokaal kan er wel sprake zijn van toe- of afname van het organische stofgehalte in de bodem, bijvoorbeeld als een grasland wordt omgezet tot bouwland en andersom ([Smit et al., 2007](#)). De samenstelling en kwaliteit van het aanwezige organische stof in de bodem verandert wel trendmatig ([Eurofins, 2017](#)).

Voldoende organische stof in de bodem is in de basis belangrijk voor water- en nutriëntenbeschikbaarheid, bewerkbaarheid, koolstofvastlegging, weerbaarheid tegen ziekten en plagen en gewasproductie. Het op peil houden en het, waar nodig, verhogen van het bodemorganische stofgehalte helpt het hoofd te bieden aan uitdagingen die gesteld worden aan intensief gebruikte landbouwgronden zoals het omgaan met extreme neerslag en droogte die vaker gaan voorkomen door klimaatverandering.

Het verhogen van het organische stofgehalte op landbouwpercelen is inmiddels ook beleidsmatig geland. Zo schrijft Minister Schouten (LNV) in haar visie over kringlooplandbouw: *"Een bodem die veel organische stof bevat, kan beter water opnemen en is beter bestand tegen droogte. Ook kan zo'n bodem meer stikstof en mineralen vasthouden, hij biedt een rijker bodemleven en draagt bij aan gezonde gewassen."* ([Schouten, 2018., p.22](#)). De Bodemstrategie van de [Technische Commissie Bodem \(2016\)](#) benoemt strategieën voor o.a. beheer van organische stof op landbouwpercelen. Ook in het concept-Klimaatakkoord ([Klimaatberaad, 2018](#)) staan verwijzingen naar het belang van meer organische stof in de bodem.

2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts

Onderwerpen: Droogteschade, Natschade, Bodemleven, Bodemstructuur, Bodemverdichting, Watertekort en zoetwatervoorziening, Waterkwaliteit, Waterberging

Deltafacts: [Bodem als buffer](#), [Onderwaterdrains](#), [Bodemvocht gestuurd beregenen](#), [Droogte stuurt functies](#), [Effecten klimaatverandering op landbouw](#)

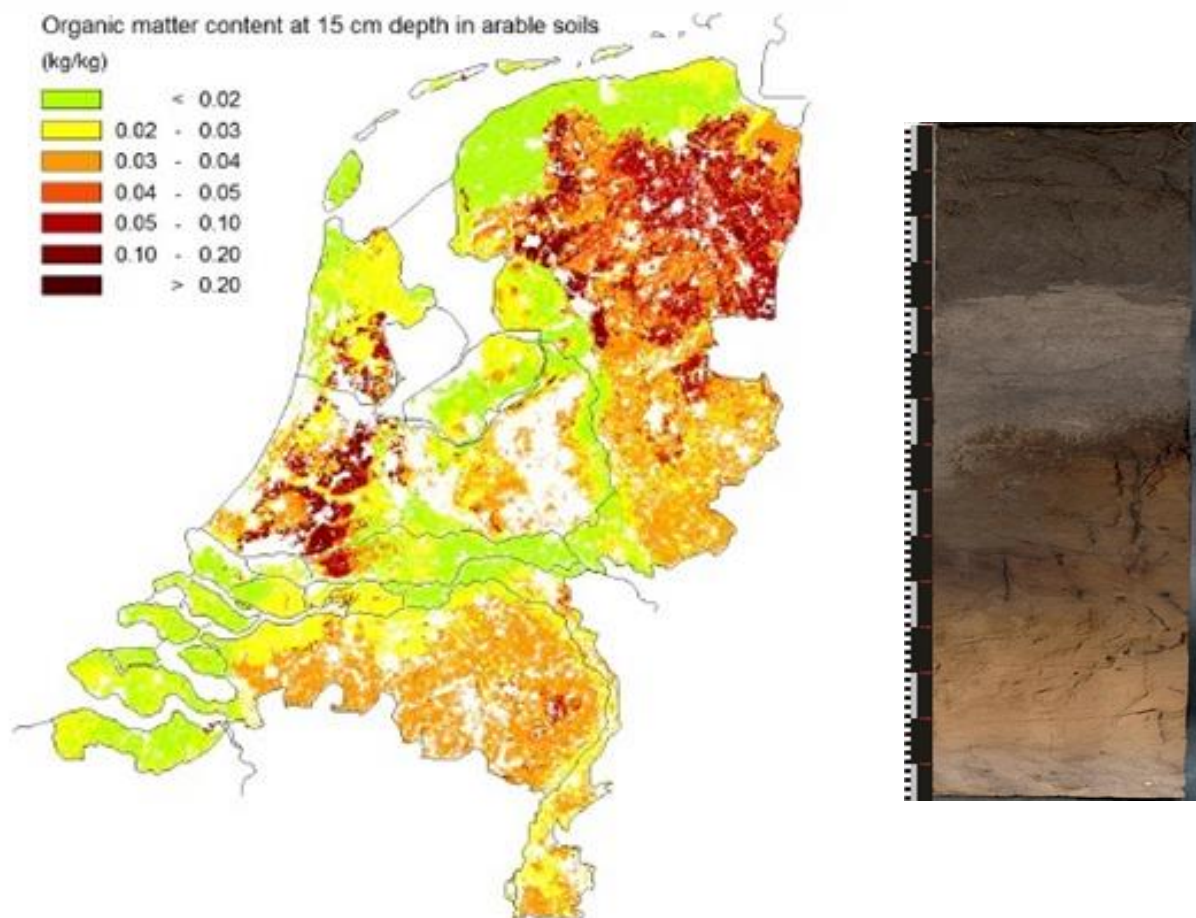
3. Strategie

Bodemorganische stof staat o.a. in de belangstelling als mogelijkheid om de waterhuishouding op perceelsniveau te verbeteren en op een hoger schaalniveau de effecten van klimaatverandering op het watersysteem te bufferen. Een gezonde bodem is in staat verschillende ecosysteemdiensten, gelieerd aan Vasthouden, Bergen, en Aanvoeren, te verlenen ([RIVM, 2014](#); [Bodem als buffer](#)). Vanuit deze gedachte kan het voor het waterbeheer van belang zijn dat agrariërs het organische stofgehalte van de bodem behouden of zelfs verhogen door aangepaste teeltsystemen en door de aanvoer van extra organisch materiaal. Hierbij is het voor de waterbeheerder altijd een belangrijke vraag wat deze maatregelen op gebiedsniveau betekenen voor de waterbeschikbaarheid in droge periodes, oppervlakkige afstroming in natte periodes en waterkwaliteit.

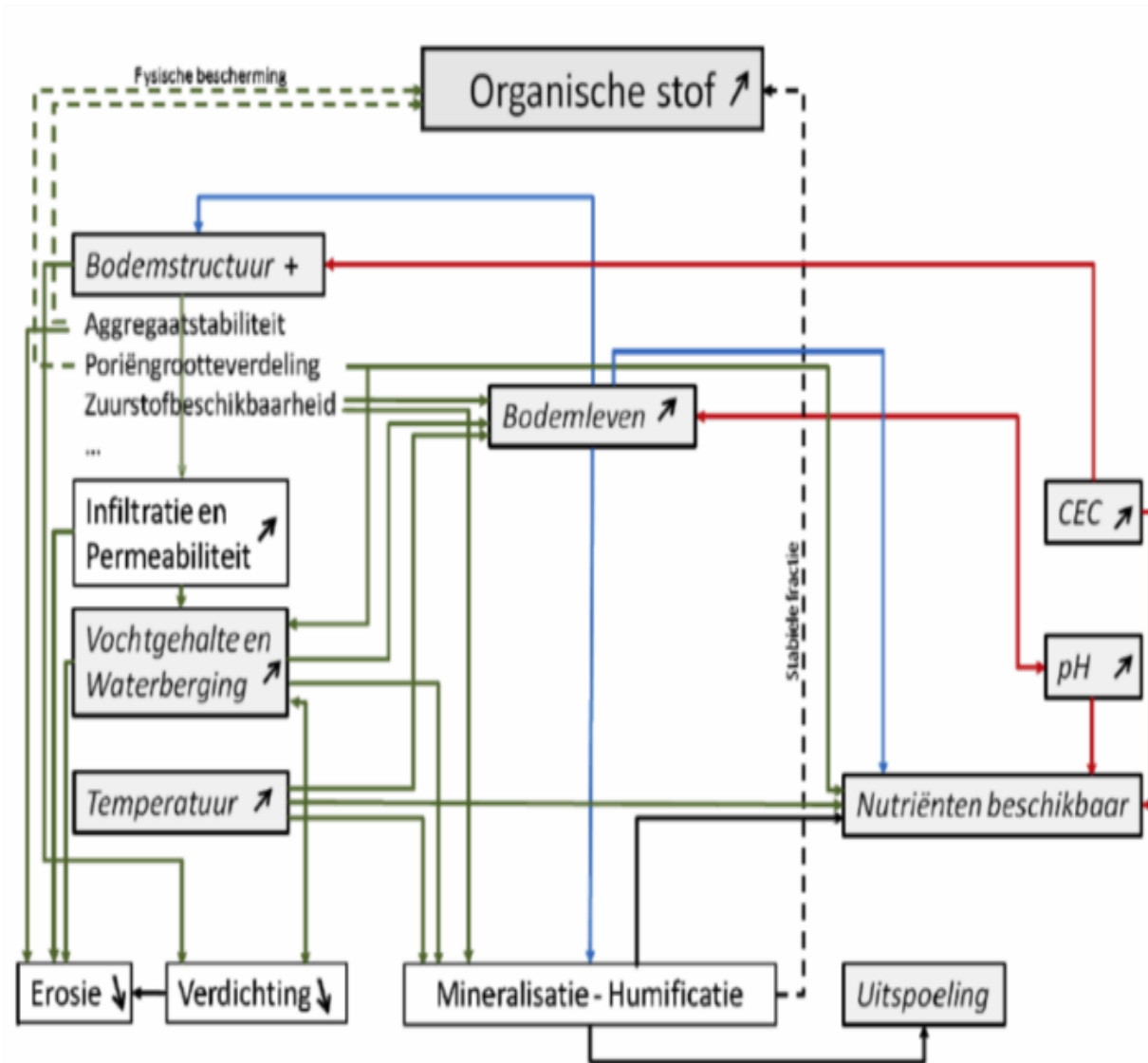
4. Schematische weergave

Figuur 1 toont het organische stofgehalte in Nederlandse bovengronden en helpt om gebieden te identificeren die kwetsbaar zijn wat betreft hun waterbeschikbaarheid.

Figuur 2 toont de vele bodeminteracties gerelateerd aan organische stof.



Figuur 1. Organisch stofgehalte op een diepte van 15 cm in Nederlandse akkerbouw gronden ([Van den Berg et al., 2017](#)) en het profiel van een laarpodzolgrond (bron: ISRIC) waarbij de donkere bovengrond wijst op de aanwezigheid van organische stof.



Figuur 2. Schematische voorstelling van bodeminteracties gerelateerd aan organische stof; blauwe lijnen: effect van bodemleven; groene pijlen: bodem fysische effecten; rode lijnen: bodem chemische effecten; zwarte lijnen: effecten van bodemprocessen. Onderbroken lijnen: wisselwerking met organische stof. Bron: [Reubens et al., 2010](#).

5. Werking

Organische stof, nutriëntenbeschikbaarheid en bodemstructuur

De invloed van de hoeveelheid organische stof in de bodem op de nutriëntenhuishouding is complex. Een verhoging van het organische stofgehalte zorgt voor een sterkere binding van nutriënten in de bodem door een hogere bindingscapaciteit (CEC). Bij afbraak van organische stof komen nutriënten vrij waardoor met een lagere bemesting kan worden volstaan. Indien echter nutriënten vrijkomen in een periode waarin het gewas deze niet opneemt, kan een hoger organische stofgehalte ook leiden tot grotere nutriëntenverliezen naar grond- en

oppervlaktewater. Kleibodems hebben over het algemeen een goede natuurlijke bodemvruchtbaarheid. Zandgronden zijn voor de nutriëntenlevering sterk afhankelijk van organische stof. In deze gronden wordt de beschikbaarheid van nutriënten in belangrijke mate bepaald door interacties van het bodemleven met de organische stof in de bodem.

Organische (rest)materialen die aan de bodem worden toegediend zijn afkomstig van plantresten (plantenresten, compost, bokashi) of zijn van dierlijke afkomst (dierlijke mest). Deze bevatten daarmee ook nutriënten (bijv. N, P, K). Bij afbraak van deze organische materialen zullen deze nutriënten beschikbaar komen in de bodem. Wanneer in het bemestingsplan geen rekening wordt gehouden met deze extra aanvoer van nutriënten dan is er sprake van een nutriëntenoverschot. Dit overschot kan aan het eind van het groeiseizoen in het daarop volgende winterseizoen (uitspoelseizoen) naar het grondwater uitspoelen (bijv. nitraatuitspoeling). Dit is experimenteel waargenomen in een tweetal pilot-proeven in *Lumbricus* met insectensubstraat en compost (de Weert *et al.*, 2020) en bokashi van bermmaaisel (Heinen, 2020, bijlage 1). Het volgt ook uit modelsimulaties met SWAP-WOFOST met een eenvoudige N-module (Kroes *et al.*, 2017; Groenendijk *et al.*, 2017) zoals beschreven in Heinen *et al.* (2020). De extra beschikbare nutriënten bij toediening uit organische materialen moet derhalve in rekening gebracht worden in het bemestingsplan.

Er bestaat een duidelijke samenhang tussen het organische stofgehalte en de bodemstructuur ([Faber *et al.*, 2011](#)). Naarmate er meer organische stof aanwezig is, zal de bodemstructuur beter zijn. Een goede bodemstructuur is essentieel voor draagkracht, infiltratiecapaciteit, beperking van de slempgevoeligheid, verminderde kans op bodemverdichting, verminderde gevoeligheid voor bodemziektes en verhoogde gewasopbrengst.

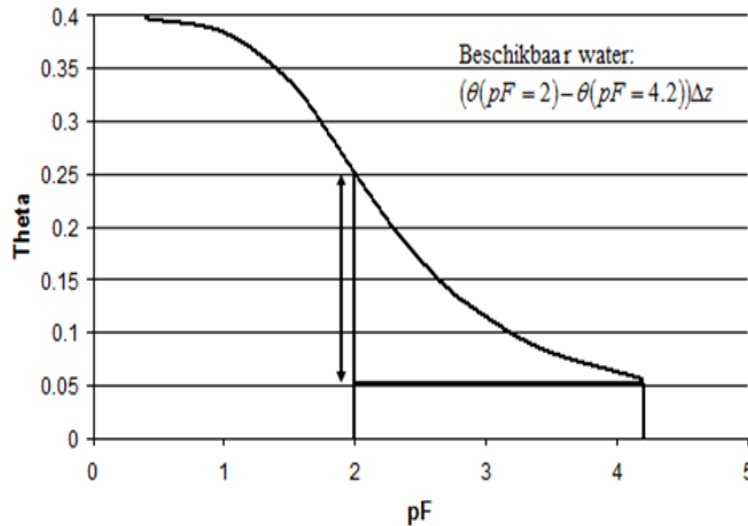
Organische stof en waterbeschikbaarheid

De invloed van de hoeveelheid organische stof op de waterbeschikbaarheid kan direct of indirect verlopen.

Direct effect op waterretentie

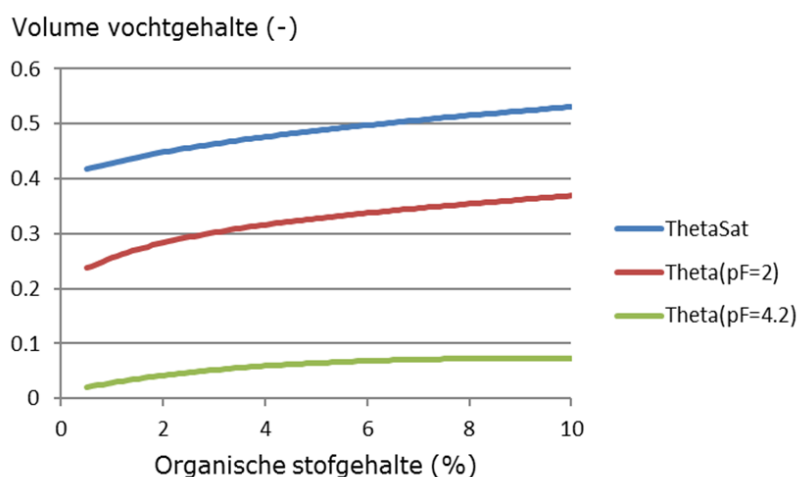
Een direct effect is de invloed van organische stof op de waterretentie. Hierbij wordt de waterbeschikbaarheid van de bodem berekend door de hoeveelheid beschikbaar

water tussen veldcapaciteit bij $pF = 2$ en verwelkingspunt bij $pF = 4.2$ te vermenigvuldigen met de dikte van de wortelzone Δz zoals aangegeven in figuur 3. Met behulp van de informatie over zandgronden in de Staringreeks ([Wösten et al.](#),



Figuur 3. Waterretentiekarakteristiek die het verband aangeeft tussen de drukhoogte (pF waarde) en het bijbehorende vochtgehalte (θ).

[2001; de variant met continue vertaalfuncties](#)) is de relatie berekend tussen het organische stofgehalte en het vochtgehalte bij verzadiging, bij $pF 2$ (veldcapaciteit) en bij $pF 4.2$ (verwelkingspunt). Figuur 4 toont het resultaat van de berekeningen voor een zandgrond en laat zien dat vochtgehaltes bij alle 3 drukhoogtes, toenemen met organische stofgehalte.

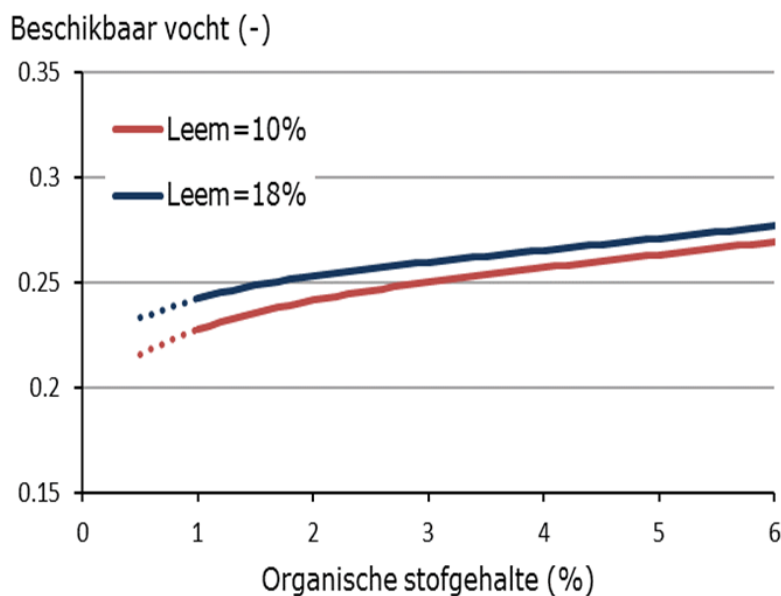


Figuur 4. Verloop van het volume vochtgehalte bij verzadiging, bij $pF 2$ (veldcapaciteit) en bij $pF 4.2$ (verwelkingspunt) met het organische stofgehalte

Op grond van bovenstaande berekeningen geeft figuur 5 het verloop weer van de waterbeschikbaarheid van de bodem in relatie tot het organische stofgehalte van een zandgrond bij twee verschillende leemgehalten. Hierbij is de waterbeschikbaarheid de hoeveelheid water die de plant aan de bodem kan onttrekken tussen veldcapaciteit (pF 2) en verwelkingspunt (pF 4.2).

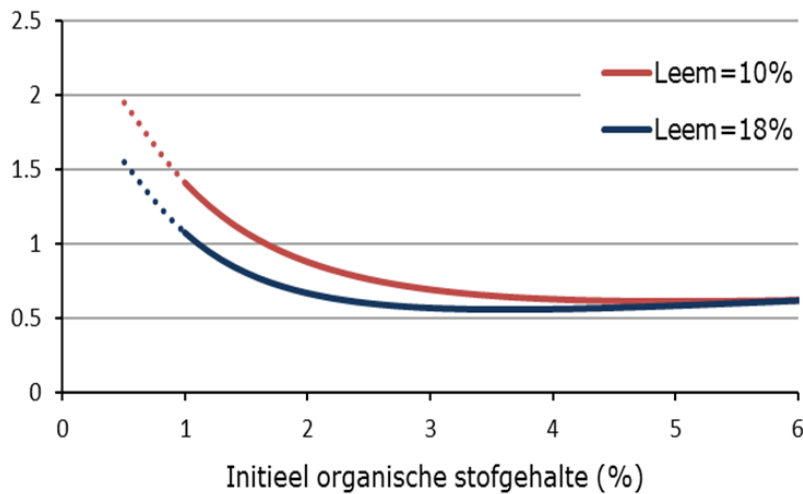
Met figuur 5 als uitgangspunt, geeft figuur 6 de toename weer van de waterbeschikbaarheid bij een toename van het organische stofgehalte.

Aangezien de zandgronden uit de Staringreeks ([Wösten et al., 2001](#)) minimaal 1% organische stof bevatten, zijn de waterbeschikbaarheid zelf (figuur 5) en de toename hiervan (figuur 6) bij organische stofgehaltenes minder dan 1%, schattingen en daarom weergegeven als stippellijnen.



Figuur 5. Verloop van de waterbeschikbaarheid met het organische stofgehalte.

Toename beschikbaar vocht (mm) in een laag van 10 cm bij 1% toename van het organische stofgehalte



Figuur 6. Toename van de waterbeschikbaarheid met toename van het organische stofgehalte.

Indirecte effect op waterretentie

Een indirect effect is dat organische stof de bulkdichtheid van bodems verlaagt en daarmee de weerstand tegen penetratie door plantenwortels. Planten kunnen bij hogere organische stofgehalten niet alleen meer water uit een bepaalde wortelzone opnemen maar deze wortelzone kan bovendien dikker worden waardoor opnieuw meer water beschikbaar komt.

De belangrijkste conclusies met betrekking tot organische stofgehalte en waterbeschikbaarheid zijn:

- Toename van het organische stofgehalte leidt tot een directe en indirecte toename in waterbeschikbaarheid. Hierbij is het indirecte effect niet gekwantificeerd.
- In schrale zandgronden met 0.5 tot 1 % organische stof leidt toename van 1 % organische stof tot een toename van 3 – 4 mm beschikbaar water (figuur 6) in een bouwvoor met een dikte van 20 cm. Dit komt ruwweg overeen met een dag extra transpiratie.
- In het traject van 1 tot 3 % organische stof leidt toename van 1 % organische stof tot een toename van 2 -3 mm beschikbaar water (figuur 6) in een bouwvoor van 20 cm oftewel minder dan een dag extra transpiratie.

- In het traject van > 3 % organische stof leidt toename van 1 % organische stof tot een toename van 1 mm beschikbaar water in een bouwvoor van 20 cm (zand).
- In een droge zomer waarin het neerslagtekort permanent toeneemt, is het effect van de extra waterbeschikbaarheid gering. Echter in een matig droge zomer met regelmatig een regenbui kan de extra waterbeschikbaarheid van 3-4 mm meerdere keren worden benut en kan zo een beregeningsbeurt van 20 – 25 mm ([Bodemvocht gestuurd beregenen](#)) worden uitgesteld of soms worden uitgespaard.
- In Nederland zal een verhoging van het organische stofgehalte het meeste effect hebben op waterretentie in de groen en geel gekleurde zandgronden in Midden en Oost-Brabant, de Achterhoek en Twente (Figuur 1). De natuurgebieden (bijvoorbeeld Veluwe) en kleigronden langs kust en rivieren zijn niet relevant. De landbouwpercelen op klei hebben al een grote waterretentiecapaciteit, ongeacht organische stofgehalte ([Van den Berg et al., 2017](#)).
- Naarmate er meer organische stof aanwezig is, zal de bodemstructuur beter zijn, waardoor de bodem een hogere infiltratiecapaciteit met minder maaiveldafvoer kan hebben (indirect positief effect op de waterretentie en mogelijke reductie afvoerpieken([Schipper et al., 2015](#))). Ook de samenstelling en de verhouding tussen dynamisch en stabiel organische stof kan invloed hebben op de waterretentie ([Eurofins, 2017](#)). Er zijn geen veldstudies bekend waarbij deze indirecte effecten gekwantificeerd zijn voor Nederlandse bodems, er zijn wel indicaties van een positief effect uit buitenlands veldonderzoek ([Williams et al., 2017](#)).
- Een goede bodemstructuur zorgt er ook voor dat gewassen dieper kunnen wortelen waardoor de waterbeschikbaarheid voor planten toeneemt. Uitgaande van gemiddeld 25% beschikbaar water (figuur 5) levert een bouwvoor van 20 cm, 50 mm water. Bij een bouwvoor van 30 cm is dit 75 mm. Dus een toename van 50%.

Manieren om het organische stofgehalte te verhogen

Allereerst is belangrijk om te kwantificeren wat een stijging van 1 - 5 % organische stof betekent in termen van jaarlijkse aanvoer van organische stof. Hierbij is het belangrijk om onderscheid te maken tussen twee vormen van organische stof: oude organische stof ("humus") die jaarlijks onder Nederlandse omstandigheden afbreekt

met een snelheid van ca. 2%, en verse organische stof waarvan bijvoorbeeld 40% binnen een jaar is omgezet in humus (Figuur 7).

$$H = H_E + (H_0 - H_E) \exp(-\alpha t)$$

H_E is de evenwichtswaarde van humus,

$$H_E = \frac{pI}{\alpha}, \quad p = \text{omzettingfracctie van verse organische stof (0.4jr}^{-1}\text{)}$$

α = afbraaksnelheid humus (0.02jr⁻¹)

I = Jaarlijkse aanvoer van verse OS (kg ha⁻¹jr⁻¹)

H_0 = is initieel humus (kg ha⁻¹)

Figuur 7. Berekeningsmethode grootte aanvoer humus (in kg per hectare)

Verse organische stof wordt oppervlakkig toegediend en vervolgens ingeplogd. Omzettingen vinden dus plaats in de 20-25 cm dikke bouwvoor. Een dergelijke bouwvoor komt overeen met ca. 3 10⁶ kg grond en 1% stijging van het organische stofgehalte vergt aanvoer van 30 000 kg organische stof per hectare. Om het organische stofgehalte op een bepaald peil te houden is een jaarlijkse aanvoer nodig van 0.02*3 10⁴/0.4 = 1 500 kg organische stof per hectare. Dus in totaal aanvoer van 31 500 kg organische stof per hectare en dit is een aanzienlijke hoeveelheid. In plaats van deze 1% verhoging in 1 jaar te willen bewerkstelligen, is het daarom praktischer een langere termijn strategie te volgen waarbij het organische stofgehalte over ongeveer 30 jaar geleidelijk met 1% wordt verhoogd.

In het algemeen kan het organische stofgehalte in de bodem worden verhoogd op de volgende 3 manieren ([SmartSoil project, 2015](#)):

1. Bevorderen van de inbreng in de bodem van gewas- en wortelresten.
2. Verhogen van de hoeveelheid organische stof in de bodem door aanvoer van mest en compost (van zowel binnen als ook van buiten het landbouwbedrijf).
3. Verminderen van afbraakverliezen door verstoring van de grond te beperken.

De volgende teeltmaatregelen werken positief op het behouden en verhogen van het organische stofgehalte in de bodem:

- **Gewasrotatie**

Verbouw van gewassen met een lang groeiseizoen gecombineerd met de verbouw van leguminosomen die de kwaliteit van de organische stof verbeteren.

- **Gewasresten**

Gewasresten zijn de materialen die op het veld achterblijven nadat het gewas is geoogst. Het gaat hierbij om stengels, stoppels, bladeren, wortels en kaf. Breng deze gewasresten maximaal de bodem in.

- **Aanvoer van mest en compost**

Aanvoer van mest en compost verhoogt effectief het organische stofgehalte omdat het minder snel afbreekt dan verse gewas- en wortelresten. Ook zal de aanvoer van mest en compost vaak de noodzaak verminderen om kunstmest toe te dienen.

- **Bodembedekking en vanggewassen**

Het voorkomen van braaklegging in de winter door jaarrond verbouw van gewassen verhoogt de inbreng van organische stof en vermindert bodemerosie en uitspoeling van nutriënten.

- **Conservering landbouw**

Conservering landbouw bestaat uit het minimaliseren van grondbewerking, permanente bodembedekking en diversiteit in gewassen. Minimale- en uiteindelijk geen grondbewerking door de overstap van frequent ploegen naar vormen van niet kerende grondbewerking, vermindert de afbraak van organische stof.

De vijf maatregelen staan samengevat in Tabel 1. Zowel het voorkomen van braaklegging als het reduceren van grondbewerking vergen tijd om te resulteren in een duidelijke toename van het organische stofgehalte.

Maatregel	Effect op het organische stofgehalte in bodem op verschillende tijdschalen		
	kort	midden	lang
Optimalisatie van gewasrotatie	++	++	++
Achter laten van gewasresten	++	++	++
Aanvoer van mest en compost	+++	++	+
Voorkomen van braaklegging	+	++	+++

Verminderen van intensiteit en frequentie van bodembewerking	+	++	+++
---	---	----	-----

Tabel 1. Veelbelovende maatregelen om het organische stofgehalte te verhogen en hun belangrijkste kenmerken op de korte (0 -5 jaar), midden (5 – 10 jaar) en lange (> 10 jaar) termijn.

6. Kosten en baten

De meerkosten van het opbrengen van GFT of compost op het land in plaats van het gebruik van drijfmest (bevat ook organische stof) werden door het Louis Bolk Instituut geschat tussen €150 (GFT) en €500 (compost) per ha per jaar ([De Wit, 2013](#)). De kosten van groenbemesters bedragen €130-€276 per ha per jaar inclusief kosten van inzaaien ([Kennisakker, 2017](#)). Deze kostenkengetallen kunnen verschillen per bodemtype, teelttype (gewas) en wijze van aanwending.

Maatschappelijke en bedrijfseconomische baten van verhogen van organische stofgehalten worden o.a. bereikt door verlaging van de beregeningskosten, gewas meeropbrengst, koolstofvastlegging en effecten op de waterkwaliteit. De 'state of art' over de agrohydrologische inzichten hierover is beschreven door [Groenendijk et al.](#) (2017). Er is geen bedrijfseconomische doorvertaling van deze studie beschikbaar, waardoor er op dit moment geen goede uitspraak mogelijk is onder welke voorwaarden de kosten van toepassing van groenbemesters, GFT of compost om het organische stofgehalte te verhogen bedrijfseconomisch rendabel is.

7. Randvoorwaarden en kansrijke locaties

Organische stof is belangrijk voor de vochtleverantie, draagkracht, waterinfiltratie, nutriëntenberging, bodem flora en fauna. In deze factsheet wordt specifiek de rol van organische stof op de waterhuishouding beschreven terwijl in de factsheet "[Bodem als Buffer](#)" de overige positieve effecten van deze maatregel beschouwd worden.

Het directe effect van een verhoging van het organische stofgehalte op de waterbeschikbaarheid is vooral relevant voor een groep zandgronden met een organische stofpercentage lager dan 3%. Praktisch gezien betekent dit dat in Nederland vooral de in figuur 1 groen en geel gekleurde zandgronden in Midden en Oost-Brabant, de Achterhoek en Twente kansrijke locaties zijn.

De verhoging van het bodemorganische stofgehalte is een verhaal van de lange adem en daarmee een investering met risico's binnen het afwegingskader van een regionaal waterbeheerder voor het realiseren van een klimaatbestendig watersysteem.

8. Governance

De maatschappelijke baten van maatregelen om het organische stofgehalte op perceelsniveau te verhogen, zijn moeilijk in monetaire termen of in een netto opbrengst (kosten-baten) uit te drukken. Het is wel duidelijk dat er meerkosten zijn voor de ondernemer als hij zijn bedrijfsvoering wil uitbreiden met dergelijke maatregelen. Als de meerkosten niet alleen een privaat belang (meeropbrengst) dienen, maar bijvoorbeeld ook bijdragen aan het vastleggen van koolstof of het voorkomen van wateroverlast, kan een overheid (waterschap, provincie) overwegen een financiële regeling (subsidie, renteloze lening, etc.) te treffen om de meerkosten (deels) te compenseren. Voorbeelden zijn hiervan te vinden in het Deltaprogramma Zoetwater, het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer en POP3, zoals goed is samengevat in het [Deltaprogramma Zoetwater 2017](#).

Waterschappen tonen steeds meer belangstelling en dragen bij aan onderzoek naar maatregelen gericht op het verhogen van het organische stofgehalte van de bodem, zoals het [Lumbricus programma](#) en het Landbouwportaal Noord-Holland ([Waterschap Hollands Noorderkwartier](#), 2019). Tegelijkertijd blijft er in veel regio's ook nog veel discussie bestaan onder bestuurders of het kostendragerschap van bodemgerichte maatregelen op perceelsniveau bij de waterbeheerder liggen of bij de agrarisch ondernemer.

9. Praktijkervaringen

In tal van initiatieven en onderzoeken wordt direct of indirect aandacht besteed aan de bufferende rol van de bodem bij het vasthouden van water. Een onvolledig overzicht hiervan is vermeld in paragraaf 12. Deze initiatieven dragen bij aan de realisatie van het geformuleerde [Nationaal Water Plan 2016-2021](#).

10. Kennisleemten

- Welke cumulatieve effecten spelen een rol waardoor genomen maatregelen niet onmiddellijk resulteren in een gewenst, nieuw evenwicht in de bodem?

- Hoe valt het effect te kwantificeren van verhoging van het organische stofgehalte op bodemfuncties zoals nutriëntenbeschikbaarheid, bewerkbaarheid, koolstofvastlegging, weerbaarheid tegen ziekten en plagen, en gewasproductie?
- Wat is het effect van verhoging van het organische stofgehalte op waterbeschikbaarheid op perceel-, bedrijfs- en stroomgebiedsniveau (opschaling)?
- Wat zijn de bedrijfseconomische en maatschappelijke kosten en baten van maatregelen om het organische stofgehalte te verhogen?
- Hoe zou de rolverdeling moeten zijn tussen waterbeheerder en agrariër om de praktische inbedding van organische stof verhogende maatregelen te stimuleren?
- Wat is de invloed van organische stof op de bodembiologie? Effecten zijn denkbaar op de doorlatendheid, stabiliteit, draagkracht en waterbeschikbaarheid.

11. Overzicht lopende initiatieven en onderzoeken

Onderzoeksproject	Onderzoekslocatie	Links/documenten
Soil Health Index	Wageningen Environmental Research	http://www.soilhealthindex.nl/
SoilCare for profitable and sustainable crop production in Europe	Wageningen Environmental Research	https://www.soilcare-project.eu/
Recare: Preventing and remediating degradation of soil in Europe through land care	Wageningen Environmental Research	http://www.recare-project.eu/
Gezonde toplaag Gelderland (Louis Bolk Instituut, doorlopend)	Gelderland	http://www.louisbolk.org/nl/landbouw/bodembeheer/gezonde-toplaag-gelderland
Goede grond voor een duurzaam watersysteem (2011-2015)	Nederland	http://www.deltaproof.stowa.nl/upload/publicatie2014/STOWA%202015%2019%20WEB%20DEF.pdf
Gouden Gronden (doorlopend)	Noord Nederland	https://www.noorderzijvest.nl/ons-werk/projecten/projecten-(lopend)/programma-gouden/
Bodem kwaliteit op zandgrond (Vredepeel) (doorlopend)	PPO-locatie Vredepeel	https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/

		Bodemkwaliteit-op-zand-1.htm
Duurzaam bodemgebruik veenweide (Veenweide Innovatie Centrum; Zegveld)	Veenweidegebieden (Utrecht)	https://www.veenweiden.nl/
Deltaplan hoge zandgronden	Brabant/Waterschap Aa en Maas	https://www.brabant.nl/Dossiers/Dossiers-op-thema/Water/Bescherming-tegen-water/Rivieren-Maas-en-Merwedese/Deltaplan-Hoge-Zandgronden
Kijk eens wat vaker onder de graszode	Vallei & Veluwe	http://www.grondwatercollectief.nl/portfolio-items/kijk-eens-wat-vaker-onder-de-graszode-meerwaarde-voor-boeren-en-waterbeheerders/
Bufferboeren – Samenwerken aan een betere waterbeschikbaarheid van de bodem	Bernheze (Noord-Brabant)	https://www.verantwoordeveehouderij.nl/show/Bufferboeren-Samen-werken-aan-een-betere-waterbeschikbaarheid-van-de-bodem.htm
Klimaatadaptief Waterbeheer: Wat biedt de bodem?	Stowa en SKB	Projecten Informatie. http://edepot.wur.nl/221771
Gezond Zand	ROM3D	http://www.rom3d.nl/portfolio/gezond-zand/
Vruchtbare Kringloop	Rijn en IJssel	https://www.vruchtbarekringloop.nl/
Lumbricus	Aa en Maas/Vechtstromen	https://www.programmalumbricus.nl/
Salland Waterproof	Waterschap Groot Salland	http://koolecommunicatie.nl/evaluatie-proces-salland-waterproof/
Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat	Nederland	https://waterenklimaat.nl/nieuws/

Landbouw op Peil	Nederland	https://landbouwoppeil.nl/
Kenniscentrum Akkerbouw	Nederland	https://bo-akkerbouw.nl/
Mijn bodemconditie	Nederland	http://mijnbodemconditie.nl/

12. Bronnen & links

- [Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten. 2012. Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2409.](#)
- Berg, F. van den, A. Tiktak, T. Hoogland, A. Poot, J.J.T.I. Boesten, A.M.A. van der Linden, J.W. Pol. 2017. An improved soil organic matter map for GeoPEARL_NL : Model description of version 4.4.4 and consequence for the Dutch decision tree on leaching to groundwater. Wageningen. [Wageningen Environmental Research rapport 2816.](#)
- De Weert, J., J. Rozemeijer, A. Cinjee, E. van Vilsteren, M, Heinen, W. de Groot. 2020. Bodemverbeterende maatregelen: Pilot met toevoegen organisch materiaal. Effecten op nitraatuitspoeling naar het grondwater. . Rapport 1220765-000-BGS-0022, Deltares, Delft/Utrecht. http://publications.deltares.nl/1220765_000.pdf
- Eurofins. 2017. Kwaliteit organische stof inzichtelijk gemaakt.http://eurofins-agro.com/nl-nl/kwaliteit_organische_stof_inzichtelijk
- Faber, F., H. Wösten, G. Bakker, J. Bokhorst, E. Hummelink, I. Laros, N. van den Brink, J. Deru, B. Luske en N. van Eekeren. 2011. Droogteresistentie van grasland in de Gelderse Vallei. Kijk eens wat vaker onder de graszode. Wageningen, Alterra-Rapport_Alterra_LBI 22 augustus. [ISSN 1566-7197. 116 p.](#)
- Groenendijk, P., Boogaard, H., Heinen, M., Kroes, J., Supit, I., and de Wit, A. 2017. Simulation of nitrogen-limited crop growth with SWAP/WOFOST; Process descriptions and user manual. Report 2721. Wageningen Environmental Research, Wageningen, The Netherlands. <https://edepot.wur.nl/400458>
- [Groenendijk, P., Schipper, P., van den Akker, J., Hendriks, R., Heinen, M. 2017. Effecten verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit: deelstudies Goede Grond voor duurzaam watersysteem. Rapport Wageningen Environmental Research 2811.](#)

- Heinen, M. (red.). 2020. Samenvatting resultaten bodemaat-regelen: Lumbricus Bewuste Bodem. WENR rapport xxx, Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- [Kennisakker, 2017.](#)
- Klimaatberaad. 2018. [Ontwerp van het Klimaatakkoord](#). E. Nijpels (Ed.), (pp. 222). Den Haag: Sociaal-Economische Raad.
- Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, and P.E.V. van Walsum. 2017. SWAP version 4. Theory description and user manual. Report 2780, Wageningen Environmental Research, Wageningen, the Netherlands. Beschikbaar <https://edepot.wur.nl/416321>; zie ook: wap.wur.nl
- PPO Wageningen UR. 2012. [De Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2012](#) (KWIN-AGV 2012) (pp. 203). Lelystad: Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (Wageningen UR).
- [Reubens B., D'Haene K., D'Hose T., Ruyschaert G. 2010. Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie. Activiteit 1 van het Interregproject BodemBreed. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek \(ILVO\), Merelbeke-Lemberge, België. 203 p.](#)
- Rietberg, P.I., B. Luske, A. Visser, P.J. Kuikman. 2013. Manual good carbon management (in Dutch). Louis Bolk Institute, Driebergen, the Netherlands. Report 2013-002 LbP, pp. 29 (http://www.louisbolke.nl/publicaties?ht_search=1&ht_also_above5years=1#books_and_reports).
- [Rutgers M, Schouten T, Bloem J, Buis E, Dimmers W, van Eekeren N, de Goede RGM, Jagers op Akkerhuis GAJM, Keidel H, Korthals G, Mulder C, Wattel-Koekkoek EJW. 2015. Een indicatorsysteem voor ecosysteemdiensten van de bodem: Life support functions revisited. RIVM Rapport 2014-0145](#)
- Schouten. 2018. [Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden - Nederland als koploper in kringlooplandbouw \(pp. 37\)](#). Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- [SmartSoil project. 2015. Sustainable farm management aimed at reducing threats to soils under climate change. European Union's Seventh Framework Programme, grant agreement no. 289694.](#)
- [Schipper et al. 2015. Goede grond voor een duurzaam watersysteem Verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding. Amersfoort, STOWA-Rapport 2015-19.](#)

- [Smit, A., Van Beek, C. L., & Hoogland, T. 2007. Risicogebieden voor organische stof - Ontwerp van een methodologie voor het aanwijzen van 'risk areas' t.b.v. de EU Kaderrichtlijn bodem \(pp. 51\). Wageningen: Wageningen UR.](#)
- [STOWA. 2015. Goede grond voor een duurzaam watersysteem', fase 1, Verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding. Auteurs: Piet Groenendijk, Peter Schipper \(Alterra\), Gijs Janssen en Joachim Rozemeijer \(Deltares\), Nick van Eekeren en Marleen Zanen \(Louis Bolk Instituut\) en Bjartur Swart\(ECS\).](#)
- TCB. 2016. [Advies Toestand en dynamiek van organische stof in Nederlandse landbouwbodems](#). Technische Commissie Bodem (J. v. Wensem (Ed.)), rapport TCB A110, pp. 25. Den Haag.
- [Van Eekeren, N., G.J. van der Burgt, B. Philipsen, H. van Schooten, M. de Haan. 2011. Effect op organische stof en kosten/baten, vruchtwisseling van gras en maïs, V-focus april 2011, pp. 24-26.](#)
- [Van Eekeren, N., Zaneveld-Reijnders, J. 2011. Bewust herstel van de natuurlijke buffercapaciteit van de bodem - Inhoudelijk rapportage 2010. Louis-Bolk Instituut & ZLTO.](#)
- Velthof, G.L., F.H. Kistenkas, P. Groenendijk, E.M.P.M. van Boekel en O. Oenema. 2018. [Wettelijk instrumentarium voor landbouwmaatregelen om waterkwaliteit te verbeteren. Realisatie van nutriëntendoelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water](#). Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WUR. WOt-rapport 129. 118 blz.
- Waterschap Hollands Noorderkwartier. 2019. <https://www.landbouwportaalnoordholland.nl/>
- [Williams et al., 2017. Organic Farming and Soil Physical Properties: An Assessment after 40 Years. Agron. J. 109: 600–609.](#)
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte. 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 2001. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, [Alterra-rapport 153. 86 p.](#)
- Wit, J., de. 2013. [Bedrijfseconomische effecten van verhoging van het bodemorganische stofgehalte](#): compostgebruik in de akkerbouw (pp. 17): Louis Bolk Instituut.

13. Colofon

Deze factsheet is opgesteld door Wageningen Environmental Research, februari 2019. In maart 2021 verscheen een update als onderdeel van het Programma Lumbricus, waarin is gewerkt aan klimaatrobuste hogere zandgronden. Zie ook www.stowa.nl/lumbricus

Auteurs: Henk Wösten en Piet Groenendijk (Wageningen Environmental Research)

Redactie: Jeroen Veraart (Wageningen Environmental Research)

14. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.