



Bodemkwaliteitsmetingen 2021 in Bedrijvennetwerk Bodemmetingen

Bedrijvennetwerk Bodemmetingen

Auteurs | P. van Asperen¹, W. Vervuurt¹, D. Simonse¹, F.M. van Egmond¹, G.W. Korthals¹, T.F.J. van de Voorde¹, J.J. de Haan¹, M.C. Hanegraaf¹, J. Postma¹, J. Tolhoek¹, A. Zwijnenburg², A.J. Olijve², K. Teuling¹, V. Kurm¹, P. Brinkman¹, J. Bloem¹ & J. Beers¹.

¹| Wageningen University & Research ²| Van Tafel naar Kavel



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

WPR-OT 1001

Bodemkwaliteitsmetingen 2021 in Bedrijvennetwerk Bodemmetingen

Bedrijvennetwerk Bodemmetingen

P. van Asperen¹, W. Vervuurt¹, D. Simonse¹, F.M. van Egmond¹, G.W. Korthals¹, T.F.J. van de Voorde¹, J.J. de Haan¹, M.C. Hanegraaf¹, J. Postma¹, J. Tolhoek¹, A. Zwijnenburg², A.J. Olijve², K. Teuling¹, V. Kurm¹, P. Brinkman¹, J. Bloem¹ en J. Beers¹.

1 Wageningen University & Research

2 Van Tafel naar Kavel

Dit onderzoek is in opdracht van TKI en BO-Akkerbouw uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), in het kader van de PPS Beter Bodembeheer (projectnummer BO-56-001-061).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, maart 2023

WPR-OT 1001

© 2022 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit WUR
Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/589138>

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doel en onderzoeksvragen	5
1.3 Leeswijzer	6
2 Materiaal & methoden	7
2.1 Meetlocaties	7
2.1.1 Selectie van bedrijven	7
2.1.2 Selectie percelen	7
2.1.3 Representativiteit	7
2.2 Teeltregistratie en bodembeheer van de meetlocaties	8
2.3 Bodemindicatoren en meetmethodes	8
2.4 Data-analyse	10
3 Resultaten	11
3.1 Perceeleigenschappen en (bodem)beheer	11
3.2 Organische stof	12
3.3 Bodemvruchtbaarheid	16
Bodemstructuur en -water	21
3.3.1 Visuele profielkuilbodembeoordeling	21
3.3.2 Structuurbeoordeling VSA	22
3.3.3 Bodemstructuur - Indringingsweerstand	22
3.3.4 Veldvochtige bulkdichtheid	23
3.4 Bodembiologie en bodemgezondheid	26
3.4.1 Bodembiologische parameters	26
3.4.2 PLFA	27
3.4.3 Plant parasitaire nematoden (PPN)	31
3.4.4 Meloidogyne besmetting	31
3.4.5 Pratylenchus besmetting	32
3.4.6 Trichodoriden	33
3.4.7 Aaltjesgemeenschappen	38
3.4.8 Regenwormen	41
3.4.9 Ziektewering bepaald in biotoetsen	42
Literatuur	44
Bijlage 1 Teeltregistratie van de meetlocaties	49
Bijlage 2: Beschrijving van indicatoren	50
Bijlage 3: Bemonsteringsprotocol	66

Samenvatting

Het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen van de PPS Beter Bodembeheer is in het najaar 2018 opgezet met als doel om bodemmetingen op praktijkbedrijven te testen en te kijken naar de samenhang van bodemindicatoren onderling en met de bedrijfsvoering. De 16 bedrijven vertegenwoordigen de variatie in de akkerbouw in Nederland en vormen daarmee een land dekkend netwerk. De deelnemende bedrijven zijn geselecteerd en geworven in afstemming met de sectororganisaties. Bij elk bedrijf hebben we met de ondernemers twee percelen geselecteerd voor uitvoering van de metingen.

In het najaar van 2019 zijn meer dan 30 verschillende bodemindicatoren gemeten op twee percelen van elk bedrijf vanuit de werkpakketten rond organische stof, bodembiologie en bodemweerbaarheid en meten van bodemkwaliteit in de PPS Beter Bodembeheer. Deze metingen zijn in najaar 2020 en 2021 herhaald op dezelfde percelen. Hierbij zijn zowel alle indicatoren uit de BLN-indicatorset gemeten, zowel met de klassieke meetmethodes als de alternatieve (goedkopere en/of snellere) meetmethodes als een aantal andere indicatoren. Hiernaast zijn ook teeltgegevens en historische gegevens van de percelen verzameld. Doel van de metingen was om 1) een beter zicht te krijgen op de toepasbaarheid van de indicatoren en meetmethoden in de BLN, 2) alternatieve indicatoren en meetmethoden te testen, 3) een beter inzicht te krijgen in de relatie tussen indicatoren onderling, de indicatoren en de fysieke omstandigheden (bodemtype, klimaat, grondwater) en de indicatoren en het management, 4) na te gaan welke set aan indicatoren leidt tot een goed beeld van de integrale bodemkwaliteit mede gezien ook het management en de fysieke omstandigheden.

In dit rapport worden de resultaten gericht op de eerste twee doelen gepresenteerd. De meetwaarden van de indicatoren worden voor alle percelen gepresenteerd met referentiewaarden en streefwaarden indien beschikbaar. Daarnaast is er gekeken waar beschikbaar hoe de klassieke en de alternatieve methoden zich tot elkaar verhouden. Waar mogelijk is een vergelijk tussen de metingen van 2019 en 2021 gemaakt.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Wat moet een ondernemer weten van zijn bodem om op de korte termijn en lange termijn de bodemvruchtbaarheid in stand te kunnen houden of te verbeteren? Het meten van de bodemkwaliteit kent een hernieuwde belangstelling. Tot op heden wordt er in de praktijk vooral gestuurd op bodemchemische en bodempathogene parameters. De bepaling van plantpathogene nematoden, bodemchemische parameters als pH, beschikbaarheid en voorraad van (macro) nutriënten en de hoeveelheid bodem organische stof, laten telers al veelal standaard uitvoeren. Voor deze metingen zijn meestal ook goede streefwaardes of schadedrempels en handelingsperspectief beschikbaar. De ondernemer krijgt advies over wat hij moet doen bij een bepaalde waarde van een indicator.

Het laatste tiental jaren is het bewustzijn gegroeid dat alleen inzicht in bodemchemie en bodemziekten niet voldoende is om integraal op bodemvruchtbaarheid en bodemdiensten te kunnen sturen. Dit heeft enerzijds te maken met veranderde externe omstandigheden als klimaatverandering en wettelijke beperkingen in chemische inputs (N-aanvoernormen, grondontsmetting) en anderzijds met het groeiende inzicht dat het huidige bodemmanagement niet vanzelfsprekend leidt tot een hoog productievermogen en het leveren van andere bodemdiensten op de lange termijn. Met additionele kennis kan naar verwachting beter gestuurd worden op bodemvruchtbaarheid en bodemdiensten zoals opbrengst, minimale verliezen, waterbeheer, biodiversiteit en klimaat.

Bovendien zijn er recent alternatieve meetmethoden ontwikkeld (elektrische geleidbaarheid, fysische weerstand en NIR-technieken) om aspecten van bodemkwaliteit goedkoop en/of snel vast te stellen. De vraag is hoe deze metingen zich verhouden tot de 'klassieke' indicatoren en hoe deze geïnterpreteerd kunnen worden. De zeggingskracht van deze bepalingen dient inzichtelijk gemaakt te worden om te beoordelen welke bepalingen een waardevolle aanvulling vormen op het huidige meetinstrumentarium.

Kortom, het plaatje van indicatoren, bijbehorende meetmethoden, en streefwaarden voor bodemkwaliteitsaspecten blijkt niet helemaal compleet en toe aan een update. Het ontwikkelen van de BLN is een eerste aanzet geweest voor het ontwikkelen van een robuuste systematiek. Deze systematiek dient als uitgangspunt. Om deze set te testen en meer inzicht te krijgen in de huidige en alternatieve bodemindicatoren, zijn diverse metingen uitgevoerd in het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen (BNW). Het BNW bestaat uit 16 akkerbouwbedrijven verspreid door heel Nederland. Door de landelijke spreiding is elk type grondsoort en akkerbouwregio in het bedrijvennetwerk vertegenwoordigd. Doel is om met behulp van deze gegevens uit de praktijk nieuwe inzichten te krijgen rond het meten van bodemkwaliteit, over de verschillen die er zijn tussen grondsoort en tussen het bodemmanagement, wat de interactie is tussen de verschillende bodemindicatoren en hoe dit gebruiken voor het opstellen van adviezen naar de praktijk.

1.2 Doel en onderzoeksvragen

Het doel van dit project is het evalueren van indicatoren om de bodemkwaliteit van agrarische gronden te beoordelen en de relatie tot duurzaam bodembeheer inzichtelijk te maken. Dit rapport is de eerste stap in deze evaluatie, met als doel het verkrijgen van inzicht in mogelijke indicatoren ter beoordeling van de bodemkwaliteit van agrarische gronden. Daartoe wordt een brede set aan bodemindicatoren, waaronder de Bodemindicatoren voor Landbouwgrond in Nederland (BLN) versie 1.0, getest op de percelen van het BNW en een vergelijking gemaakt tussen de klassieke en alternatieve methoden en worden nieuwe alternatieve indicatoren en meetmethoden getest. In dit rapport worden de meetresultaten van de indicatoren voor alle gemeten bedrijven en percelen gepresenteerd. Een beperkte

analyse van de meetresultaten wordt gegeven vooral binnen het domein van de indicator (organische stof, chemisch, fysisch of biologisch) en gericht op de bruikbaarheid binnen de BLN.

Dit rapport geeft per domein antwoord op de vraag of een indicator bijdraagt aan het beoordelen van de kwaliteit van de agrarische bodem. Hierbij wordt gekeken naar de volgende aspecten:

1. Over welke aspecten van de bodemkwaliteit geeft de indicator informatie?
2. Hoe groot is de variabiliteit in de meetwaarden tussen de percelen?
3. Hoe groot is de variabiliteit tussen de klassieke en alternatieve meetmethode?
4. Hoe verhouden de meetwaarden zich tot de beschikbare referentie- en streefwaarden?

Dit rapport evalueert gemeten bodemindicatoren en verzamelde informatie over bodembeheer en management van zestien akkerbouwers uit het Bedrijvennetwerk Bodemmetingen. Allereerst geeft dit rapport een overzicht van alle resultaten van de metingen op een bedrijf uit de meetcampagne van najaar 2021 en een eerste interpretatie van deze metingen. Een integrale evaluatie van de bruikbaarheid en technische geschiktheid is geen onderdeel van het huidige rapport. Ook bevat het rapport geen concrete adviezen voor teler om zijn bodembeheer aan te passen.

Een vervolg zal een beter inzicht geven in de vraag welke indicatoren benodigd zijn om de bodemkwaliteit te kunnen omschrijven. Daarbij wordt dieper ingegaan op de relatie tussen de bodemindicatoren en de bodemfuncties, in hoeverre de bodemindicatoren de effecten van het toegepaste bodemmanagement meten, welke bodemindicatoren aan elkaar gerelateerd zijn en de vertaalbaarheid naar praktijkadviezen.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe de metingen zijn uitgevoerd: Hier wordt beschreven hoe het bedrijvennetwerk bodemmetingen gevormd is en hoe de percelen geselecteerd zijn (paragraaf 2.1). Vervolgens wordt aangegeven hoe de data verzameld zijn, zowel de managementdata (paragraaf 2.2) als de bodemdata (paragraaf 2.4). Tot slot wordt in paragraaf 2.4 de data-analyse beschreven.

In hoofdstuk 3 worden per onderdeel de resultaten van de metingen beschreven: Eerst wordt in paragraaf 3.1 een samenvatting gegeven van de perceeleigenschappen en het bodembeheer. Daarna worden achtereenvolgens de resultaten rond organische stof (paragraaf 3.2), bodemvruchtbaarheid (paragraaf 3.3), bodemstructuur en water (paragraaf 3.4) en bodembiologie en -gezondheid (paragraaf 3.5) gepresenteerd. Per onderwerp worden de resultaten bediscussieerd, er is geen hoofdstuk opgenomen voor een algemene discussie en conclusie.

2 Materiaal & methoden

2.1 Meetlocaties

2.1.1 Selectie van bedrijven

De werving van bedrijven is uitgevoerd door een algemene oproep via nieuwsbericht op Beterbodembeheer.nl welke ook gedeeld is op *social media* en via navragen in het netwerk bij diverse partijen zoals LTO, NAV, Veldleeuwerik, adviesorganisaties, toeleveranciers naar mogelijke kandidaten. Daaruit is een groslijst ontstaan met indeling over de verschillende akkerbouwregio's in Nederland. Per regio is een prioritering van de bedrijven gemaakt en vervolgens zijn bedrijven benaderd of ze willen meedoen. Daaruit is een eerste selectie ontstaan die is voorgelegd nog ter commentaar aan NAV, LTO, Veldleeuwerik en mensen uit het programma Slim Landgebruik. Hieruit is een definitieve selectie van 16 bedrijven ontstaan. In onderstaande kaart (Figuur 2.1) wordt de ligging van de 16 bedrijven weergegeven.



Figuur 2.1 Kaart met de BNW-bedrijven

2.1.2 Selectie percelen

Per bedrijf zijn twee percelen geselecteerd in afstemming tussen Van Tafel naar Kavel en de teler. De keuze is gemaakt op basis van verschillen in de bodem (bijv. grondsoort), gewassen of beheer (bijv. wel/geen compost). Alle percelen worden in principe zo goed mogelijk beheerd door de telers. Dit betekent dat geen onderscheid tussen de percelen is gemaakt op basis van goed versus minder goed bodembeheer.

2.1.3 Representativiteit

De 16 bedrijven van het BNW beslaan verschillende regio's, grondsoorten en bouwplannen. Aangenomen wordt dat de verzamelde gegevens en kennis een goede doorsnede opleveren van relevante gegevens over de gangbare akkerbouw in Nederland. Het BNW is te beperkt van omvang om ook representatief te kunnen zijn. De keuze van bedrijven is gedaan om alle belangrijke grondsoorten-regiocombinaties af te dekken en dat op deze wijze voor de meeste akkerbouwers in Nederland een herkenbaar bedrijf qua grondsoort en bedrijfsvoering beschikbaar is. In Tabel 2.1 staat een vergelijking van de BNW-percelen

en de akkerbouw in Nederland wat betreft de grondsoort. Het merendeel van de BNW-percelen is gesitueerd op kleigronden (20) en de rest op zand (10 percelen) en löss (2 percelen), deze verhoudingen zijn vergelijkbaar met de akkerbouw in Nederland. Wat betreft de geteelde gewassen wijken de 32 percelen van het BNW iets af van de situatie in Nederland, in 2019 werd erop relatief minder hectare aardappels geteeld en geen overige (groente-)gewassen verbouwd. Op vruchtwisselingsniveau zijn de geteelde gewassen op de BNW-percelen vergelijkbaar met de situatie in de akkerbouw in Nederland.

Tabel 2.1 BNW-percelen in vergelijking met de akkerbouw in Nederland

	In BNW (# percelen)	In BNW (ha)	In BNW op basis van ha (%)	In Nederland (ha)	In Nederland (%)
Akkerbouw op klei	20	179	64	306.498	58
Akkerbouw op zand	10	78	28	213.113	40
Akkerbouw op löss	2	22	8	12.322	2
Totaal	32	279	100	531.933	100

2.2 Teeltregistratie en bodembeheer van de meetlocaties

Per perceel is er bij de ondernemer gedetailleerde informatie opgevraagd over de eigenschappen van het perceel, de teelt en het bodembeheer. Zie bijlage 1 voor de lijst met opgevraagde gegevens.

2.3 Bodemindicatoren en meetmethodes

In de periode tussen september 2021 en november 2021 heeft er een uitgebreide meetcampagne plaatsgevonden op de 32 BNW-percelen. Daarnaast zijn een aantal metingen gerelateerd aan Organische Stof al in najaar 2020 op dezelfde percelen uitgevoerd. Het toegepaste bemonsteringsprotocol is ingevoegd in bijlage 3. In Tabel 2.2 wordt een overzicht gegeven van de gemeten indicatoren, een toelichting op deze en aanvullend berekende indicatoren is terug te vinden in bijlage 2. Veel van de gemeten bodemparameters zijn opgenomen in de indicatorset Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN, Hanegraaf et al., 2019, de Haan et al., 2021). In deze indicator set is onderscheid gemaakt tussen klassieke bepaling en alternatieve bepaling van de indicatoren. Klassieke methodes zijn over het algemeen relatief nauwkeurig en betrouwbaar. Alternatieve methodes zijn over het algemeen relatief snel en goedkoop maar minder nauwkeurig en betrouwbaar. In een aantal van de metingen worden de klassieke en alternatieve methode vergeleken.

Tabel 2.2 Overzicht van indicatoren met meetmethode, bemonsteringsmethode, aantal herhalingen, laboratorium van analyse en of indicator onderdeel is van de BLN. In bijlage 2 staat korte beschrijving van de indicator. In bijlage 3 het bemonsteringsprotocol.

	Indicator	Meetmethode	Methode voor bemonstering met diepte in cm	Aantal herha- lingen	Labora- torium ¹	BLN ²
Org. stof	1. OS-gehalte	Gloeiverlies	Guts 0-25	2	WUR SBL	K
		NIRS	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
	2. C-gehalte	NIRS	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
		Kurmies	Guts 0-25	2	WUR SBL	K
		Rock Eval (Pyrolyse)	Guts 0-25	1	Deltares	-
	3. CINOS	NIRS	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	-

	Indicator	Meetmethode	Methode voor bemonstering met diepte in cm	Aantal herhalingen	Laboratorium ¹	BLN ²
	4. C/N-ratio	NIRS	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	-
	5. Hot Water extractable Carbon (HWC)	Extractie in heet water	Guts 0-25	1	WUR OT/SBL	K
	6. POXC	Oxidatie in permanganaat	Guts 0-25	1	SBL	K
	7. I-index, R-index (Rock Eval)	Pyrolyse	Guts 0-25	1	Deltares	-
	8. Afbreekbare en stabiele pool organische stof	Aerobe incubatie	Guts 0-25	2	SBL	-
	9. Afbraaksnelheid organische stof	Aerobe incubatie	Guts 0-25	2	SBL	-
	10. Microbiële afbraakcapaciteit	Microresp	Guts 0-25	1	WUR OT/SBL	-
	11. N-mineralisatie	Aerobe incubatie 112 d.	Guts 0-25	2	WUR SBL	K
Chemisch	12. pH	Extractie in CaCl ₂	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	K
	13. N-totaal	Hassink	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	K
		NIRS	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
	14. Fosfaatstatus	Extractie in water	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	K
		Extractie in CaCl ₂	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
		Extractie in Ammoniumlactaat	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
	15. Kaliumstatus	Kali aan CEC	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	K
		Extractie in CaCl ₂	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
		Kali aan CEC (NIRS)	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
Fysisch	16. Watervasthoudend vermogen	Zandbak/drukpan	Ringmonster in profielkuil 10-15 & 30-35	2x4	WUR OT	K
	17. Aggregaatstabiliteit	Natte zeefmethode	Kluiten	4	WUR OT	K
	18. Aggregaatgrootteverdeling	Droge zeefmethode	Kluiten	4	WUR OT	-
	19. Textuur	Pipetmethode	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	K
		NIRS	Guts 0-25	1	Eurofins Agro	A
	20. Indringingsweerstand	Penetrometer	Penetrologger	10	In veld	K
	21. Bulkdichtheid	Massa na drogen 105°C	Ringmonster in profielkuil 10-15 & 30-35/5-10 & 20-25	2x4/ 2x1	WUR OT/WUR WENR	A
		Guts	Guts 0-30 & 30-80	5	WUR WENR	A
		Bulkdichtheidssensor	Sensor 0-80	2	In veld	-
	22. Porositeit/poriënvolume	Berekend o.b.v. droge bulkdichtheid	Ringmonster in profielkuil 10-15 & 30-35	2x4	WUR OT	-
	23. Bodemtemperatuur	Handheld sensor	Sensor 0-25	1	In veld	-
	24. Bodemvochtgehalte	Handheld sensor	Sensor 0-25	1	In veld	K
	25. Visuele beoordeling (fysisch-chemisch-biologisch)	Visueel	Profielkuil 0-50 & 0-100	1	In veld	K
Biologisch	26. Potentieel mineraliseerbare N (PMN)	Anaerobe incubatie	Guts 0-25	1	WUR WENR	K
	27. Aaltjes diversiteit en aantallen (incl. plantparasitaire aaltjes)	Microscopie	Guts 0-25	1	WUR OT	K
	28. Bacteriebiomassa	PLFA/NLFA	Guts 0-25	1	WUR WENR	K
	29. Schimmelbiomassa	PLFA/NLFA	Guts 0-25	1	WUR WENR	K

	Indicator	Meetmethode	Methode voor bemonstering met diepte in cm	Aantal herhalingen	Laboratorium ¹	BLN ²
	30. Ergosterol	Klassiek	Guts 0-25	1	NIOO	-
	31. PLFA	PLFA/NLFA	Guts 0-25	1	NIOO	K
	32. Bodem respiratie potentieel	Incubatie	Guts 0-25	1	WUR SBL	-
	33. Potentiële N-mineralisatie	Aerobe incubatie	Guts 0-25	1	WUR SBL	K
	34. Regenwormen aantallen en diversiteit	Visueel	3 plaggen	6	WUR SBL	-
	35. Ziektewering <i>Pythium</i>	Bio assay	Schep 0-25	1	WUR Bioint	-
	36. Ziektewering <i>Rhizoctonia</i>	Bio assay	Schep 0-25	1	WUR Bioint	-

¹ Laboratoria: WUR SBL = WUR Soil Biology Laboratorium, WUR OT = Lab van WUR Open Teelten, WUR Bioint = Laboratorium WUR

Biointeracties, WUR WENR = Biologisch laboratorium Wageningen Environmental Research

² K = klassieke (relatief nauwkeurige en betrouwbare) bepaling uit BLN, A = Alternatieve (relatief goedkopen en snelle) bepaling uit BLN

2.4 Data-analyse

De resultaten zijn per perceel weergegeven waarbij de percelen zijn geclusterd naar grondsoort (klei, zand en löss), en vervolgens zijn gerangschikt van Noord naar Zuid. De resultaten van de percelen zijn, indien bekend, vergeleken met streef- of referentiewaarden, of met de berekende gemiddelden (en in enkele gevallen ook medianen) voor respectievelijk klei- zand- en lössgrond. Daarnaast is er gekeken naar een Noord-Zuid gradiënt. Bovendien zijn, indien mogelijk, de resultaten van de klassieke en alternatieve methoden met elkaar vergeleken. Deze vergelijking is gemaakt door middel van het opstellen van correlaties. Daarnaast zijn ook correlaties berekend tussen verschillende parameters om mogelijke verbanden te ontdekken.

Referentie- en streefwaarden

Interpretatie meetwaarden vergelijking referentie- en streefwaarden. Een referentiewaarde is veelal een range, vaak gebaseerd op de spreiding in de meetresultaten uitgedrukt in de 5-95%-percentielen (Rutgers et al., 2007). Een meetresultaat kan vergeleken worden met de referentiewaarde in termen van hoog of laag, zonder oordeel te vormen in termen van goed of slecht (Hanegraaf et al., 2019; de Haan et al., 2021). Een streefwaarde hoort bij een beoordeling 'goed', en kan afgeleid zijn uit onderzoek over wat gewenste waarden zijn of uit wet- en regelgeving (Hanegraaf et al., 2019; de Haan et al., 2021). Voor bodemchemische indicatoren zijn doorgaans streefwaarden bekend vanuit de bemestingsoptiek, deze zijn opgenomen in het Handboek Bodem en Bemesting (HBB) en in de BemestingsWijzer van Eurofins. Voor een aantal bodembioologische parameters zijn referentiewaarden bekend uit de analyse van Rutgers et al. (2007). Voor bodemfysische en nieuwe indicatoren zijn streef- en referentiewaarden beperkt. We hebben gebruik gemaakt van de referentiewaarden genoemd in de BLN, versie 1.0 (Hanegraaf et al., 2019; de Haan et al., 2021). Referentiewaarden zeggen in veel gevallen niet of iets goed of slecht is, ze zeggen alleen of iets in de range ligt van een referentie en geven geen inzichten in knelpunten op procesmatig niveau.

Data-analyse biologische parameters

Spearman correlaties tussen de biologische parameters zijn berekend met de functie `cor.test` in R-Studio. ρ (=R) staat voor de correlatiecoëfficiënt. De Spearman rangcorrelatiecoëfficiënt (r_s) is een statistische techniek als maat voor samenhang voor variabelen op ordinaal niveau. Hoe hoger (of lager onder nul) de correlatiecoëfficiënt hoe sterker de correlatie. Er werd ook gekeken naar een mogelijke interactie van de correlaties met de grondtype, maar dit blijkt moeilijk vanwege het lage aantal van datapunten voor zandgrond.

Een random forest analyse werd uitgevoerd voor het verschil tussen klei- en zandgrond. Dit is een supervised machine learning methode waarin een model wordt getraind om de twee grondtypes te onderscheiden op basis van de bodemparameters. Vervolgens kan worden berekend welke parameters het meest bijdragen om die onderscheid te kunnen maken. De random forest analyse is uitgevoerd met de `randomForest` functie in R-Studio (Breiman, 2001).

3 Resultaten

3.1 Perceeleigenschappen en (bodem)beheer

Een overzicht van een aantal eigenschappen en het beheer van de bodem in 2021 voor de 32 percelen is weergegeven in Tabel 3.1. De gemiddelde perceelgrootte van de percelen is 8,7 ha, de meest geteelde gewassen zijn granen, aardappel en ui, op 10 percelen wordt er na de teelt een groenbemester gezaaid en ploegen en woelen zijn de meest toegepaste hoofd grondbewerkingen.

Tabel 3.1 Overzicht van enkele perceeleigenschappen en bodembeheer

Perceel	Grootte (ha)	Grondsoort	Bedrijfsvoering	Geteeld gewas	Geteelde groenbemester	Bodem-bewerking	Type organische mest*
FR0101	8,72	Lichte klei	Gangbaar	Wintertarwe	Mengsel	Woelen	RDM, PROM
FR0102	3	Zware zavel	Gangbaar	Wintergerst	Mengsel	Woelen	RDM
GR0101	12,3	Lichte zavel	Biologisch	Zaaiui	Haver/gele mosterd	Eco-ploegen	GM
GR0102	11,05	Lichte zavel	Biologisch	Erwten	Haver/wikke	Paragrubbr	GM
GR0201	10,1	Zware klei	Gangbaar	Suikerbieten		Ploegen	
GR0202	11	Zware klei	Gangbaar	Wintertarwe		Ploegen	VDM
GE0101	5,4	Klei	Gangbaar	Aardappel	Gele mosterd	Ploegen	
GE0102	10,15	Klei	Gangbaar	Suikerbieten	Gele mosterd	Woelen	
FL0101	4,82	Zand	Gangbaar	Witlof		Frezen	BC
FL0102	7,2	Zand	Gangbaar	Aardappel		Frezen	PROM, DIG
FL0201	13,33	Lichte klei	Gangbaar	Erwten	Gele mosterd, haver, lijnzaad	Eggen	
FL0202	14,4	Lichte zavel	Gangbaar	Suikerbieten		Eggen	
NH0101	5	Zand	Gangbaar	Aardappel		Woelen	CHAM
NH0102	4,5	Zand	Gangbaar	Tulpen	Mengsel	Spitten	CHAM, BC
ZH0101	8,5	Lichte zavel	Gangbaar	Wintertarwe	Facelia, jap.haver	Spitzaaien	RDM
ZH0102	5,7	Lichte zavel	Gangbaar	Zaaiui		Eggen	
ZE0101	17,8	Zware klei	Gangbaar	Wintertarwe	Mengsel	Bouwvoorlichter	VDM, RDM
ZE0102	18,8	Zware klei	Gangbaar	Ui	Mengsel	Bouwvoorlichter	VDM, RDM
BR0102	3,65	Lichte klei	Gangbaar	Graszaad	Gras	Ploegen	
LI0101	2,9	Zware klei	Biologisch	Aardappel		Woelen	
GR0301	10,92	Lichte zavel	Gangbaar	Zaaiui	Mengsel	Spitten	VDM, RDM
GR0302	12,29	Zware zavel	Gangbaar	Aardappel	Mengsel	Cultivator	GC, VDM
DR0101	16,87	Lichte zavel	Gangbaar	Aardappel		Cultivator	VDM
DR0102	2,4	Lichte zavel	Gangbaar	Snijmais	Raaigras	Spitten	RSM, RDM
GE0201	9,5	Zand	Gangbaar	Gras		n.v.t.	RDM
GE0202	6,12	Zware klei	Gangbaar	Aardappel	Gras	Ploegen	
BR0101	4,85	Zand	Gangbaar	Plantui 2 ^e jrs	Bladrammenas	Woelen	VDM, CHAM
BR0201	3	Zand	Gangbaar	Suikerbieten		Cultivator	DIG
BR0202	6,83	Zware zavel	Gangbaar	Suikerbieten		Cultivator	DIG
LI0102	5,3	Zand	Biologisch	Cichorei		Eco-ploegen	
LI0201	12	Löss	Gangbaar	Aardappel		Woelen	RDM, VDM
LI0202	10	Löss	Gangbaar	Snijmais		Cultivator	RDM

* SSM staat voor schapenmest, PROM voor protamylasse, RDM voor rundveedrijfmest, RSM voor rundveestalmest, DM voor drijfmest, GM voor geitenmest, VDM voor varkensdrijfmest, CHAM voor champost, BC voor betacal, GC voor groencompost, GFTC voor GFT-compost, SA voor schuimaarde, en DIG voor digestaat.

Gedetailleerde informatie met betrekking tot perceeleigenschappen en management is opgenomen in de individuele rapportages per bedrijf.

3.2 Organische stof

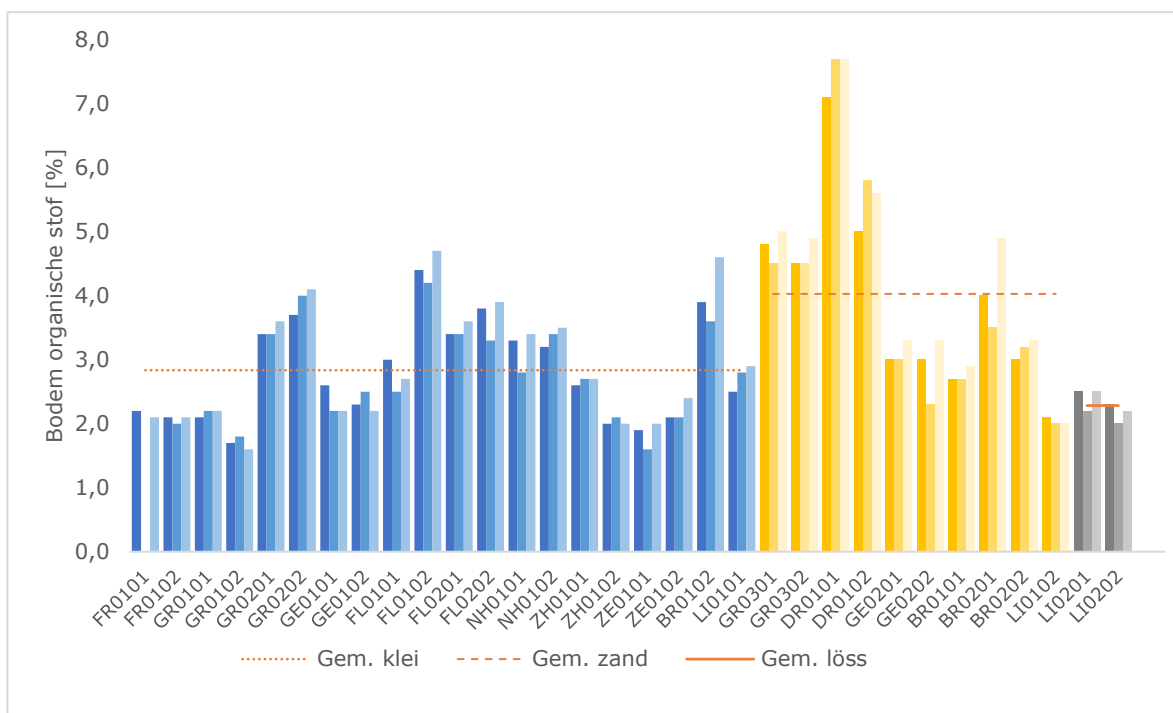
Het percentage organische stof in de bouwvoor is een belangrijke indicator voor de algemene bodemkwaliteit. Specifieke functies van organische stof voor de gewasproductie zijn de levering van nutriënten, het beïnvloeden van de bodemstructuur, het vochtvasthoudend vermogen en ziektevering. Deze kunnen vaak beter worden geduid met specifieke indicatoren, in aanvulling op het totaal gehalte. Denk aan indicatoren voor de samenstelling (kwaliteit) en/of de afbreeksnelheid. Deze indicatoren brengen voor elk perceel de eigenschappen van de bodem organische stof in beeld. In 2019 en 2020 is er uitgebreid gemeten aan de bodem organische stof, in 2021 is dit beperkt gebleven tot enkele indicatoren. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3.2.

Het gehalte bodem organische stof (**OS**) en bodem organische koolstof (**C**) zijn zogeheten bulkparameters, deze geven de totale hoeveelheid OS en C in de bodem weer. Deze parameters zijn op twee manieren bepaald, met NIRS (1) en met de klassieke methode (2). **CINOS** geeft het gehalte C in de organische stof weer, op basis van de NIRS-metingen. Voorts zijn verschillende kwaliteitsaspecten van de organische stof bepaald. Met de Hot Water Extractable Carbon (**HWC**) methode wordt de omvang van de meest makkelijk afbreekbare organische stoffractie gemeten. HWC kan worden gezien als indicator voor de algehele bodemkwaliteit, omdat de HWC sterk verband houdt met de bodemstructuur, de N-mineralisatie en de activiteit van de bodembioïologie, in het bijzonder de bodemweerbaarheid (zie voor dit laatste H3.4). De extractiemethode met permanganaat (**POXC**) omvat, naast het meest afbreekbare deel van de organische stof, iets moeilijker afbreekbaar materiaal. Ook de **I-index** en de **R-index** zijn een maat voor de omvang van makkelijk en moeilijker afbreekbaar materiaal. Een hogere I-index betekent meer labiele organisch materiaal, en een hoge R-index betekent meer stabiel materiaal. De verhouding tussen de I- en de R-index geeft aan in hoeverre het materiaal is verteerd, als het ware de ouderdom van de organische stof in de bouwvoor. Met de **Microresp** wordt gemeten in hoeverre verschillende typen organische stof in de bodem kunnen worden afgebroken. Elke bodem heeft een kenmerkende samenstelling van organische stof en bodemleven, waaronder bacteriën en schimmels. Deze organismen zijn betrokken bij de omzettingen van organische stof. De samenstelling van deze organismen is medebepalend welke typen organische stof kunnen worden afgebroken en in welke mate. De Microresp geeft dus een indicatie van de capaciteit van een bodem om organische stof af te breken. Met de Hot Water extractable Nitrogen (**HWN**) wordt de labiele organische N fractie gemeten. HWN is daarmee een indicator die de potentiële stikstofmineralisatie weergeeft. Daarnaast is er een aerobe incubatie uitgevoerd, waaruit de **stikstofmineralisatie** is berekend. Dit betreft een meting in het laboratorium waarbij de minerale stikstof op 2 momenten is gemeten. Uit de resultaten wordt berekend hoeveel stikstof mineraliseerde in die periode (in dit onderzoek: 112 dagen). Aangenomen mag worden dat dit aardig overeen komt met de hoeveelheid stikstof die vrijkomt gedurende het groeiseizoen.

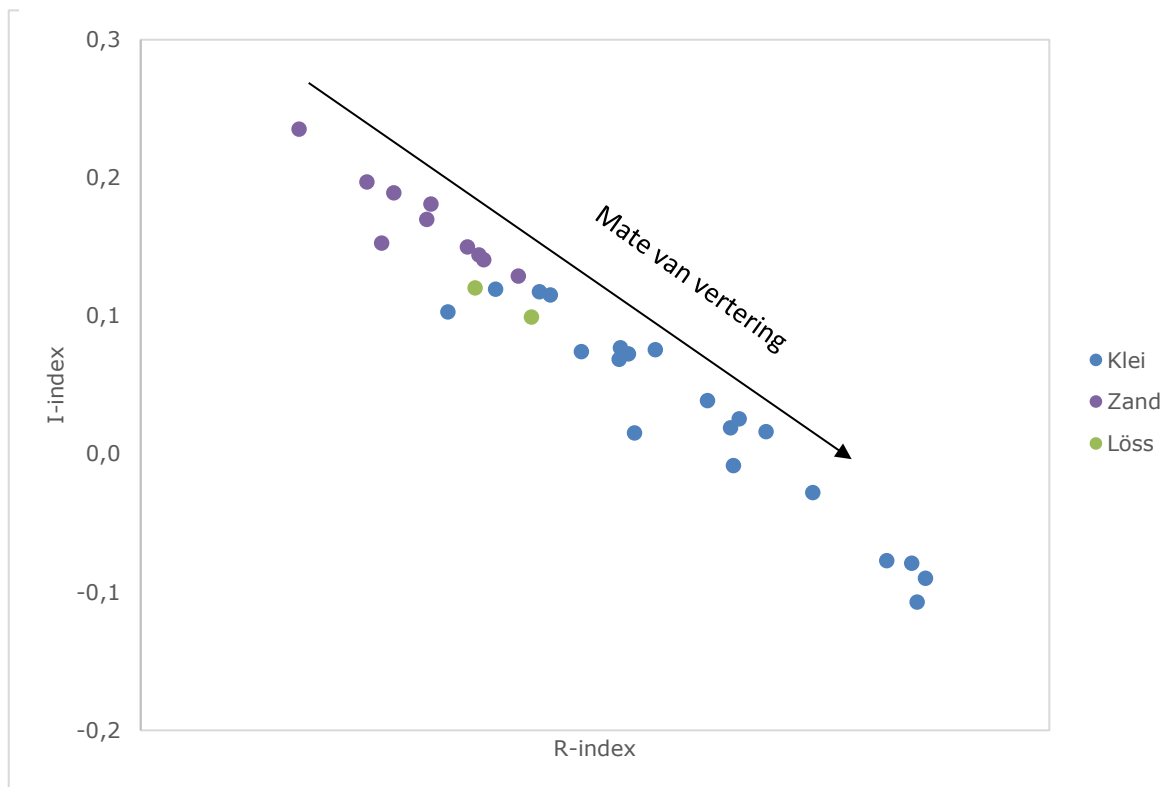
Tabel 3.2 Resultaten metingen aan bodem organische stof in 2020.

		Gem. klei	Gem. zand	Gem. löss
		2020	2020	2020
OS (1)	[%]	2,8	3,9	2,1
OS (2)	[%]	2,8	4,2	2,2
C (1)	[%]	1,5	2,2	1,1
C (2)	[%]	1,8	2,5	1,5
CINOS	[%]	50	50	50
HWC (1)	[mg.kg]	814	1007	633
HWC (2)	[mg.kg]	535	731	382
POXC	[mg.kg]	526	416	4
MICRORESP	[ug.g.h]	4,0	2,1	0,6
C/N (1)	[-]	9	16	11
I-index	[-]	0,0	0,2	0,1
R-index	[-]	0,7	0,6	0,6
Stab. Pool g/kg		13,2	13,2	16,9

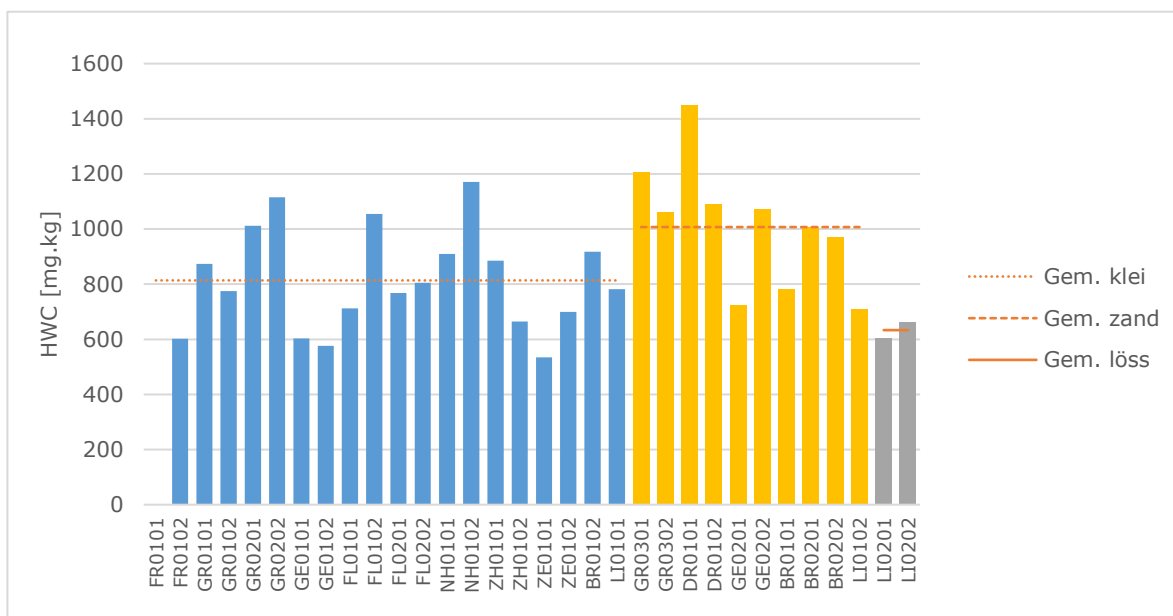
Afbr. Pool g/kg		4,6	4,6	8,1
HWN	[mg.kg]	6,7	7,3	5,3
N-mineralisatie	[mg.kg]	41,3	32,8	45,4



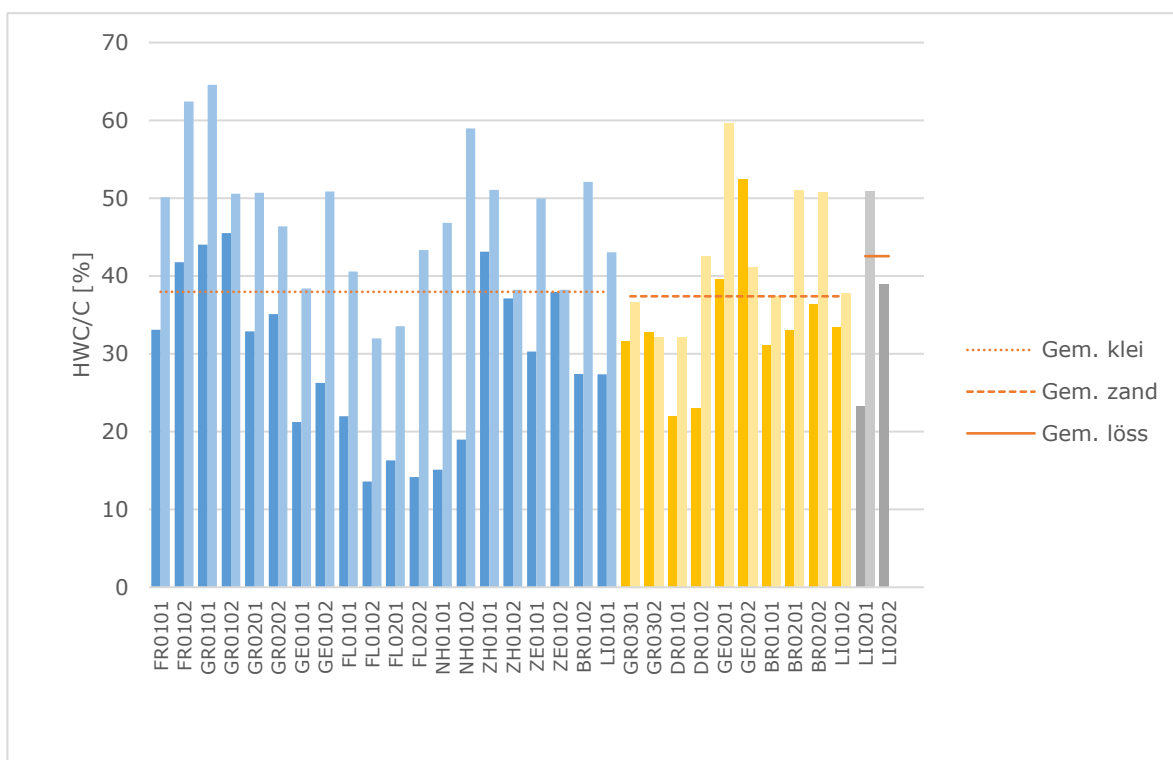
Figuur 3.1 Bodem organisch stofgehalte, gemeten met NIRS in 2019, 2020 en 2021, waarbij 2019 wordt weergegeven in de donkerste kleur en 2021 in de lichtste. In blauw de klei-, in geel de zand- en in grijs de lösspercelen. Het monster van FR0101 van deze meting is in 2020 verloren gegaan.



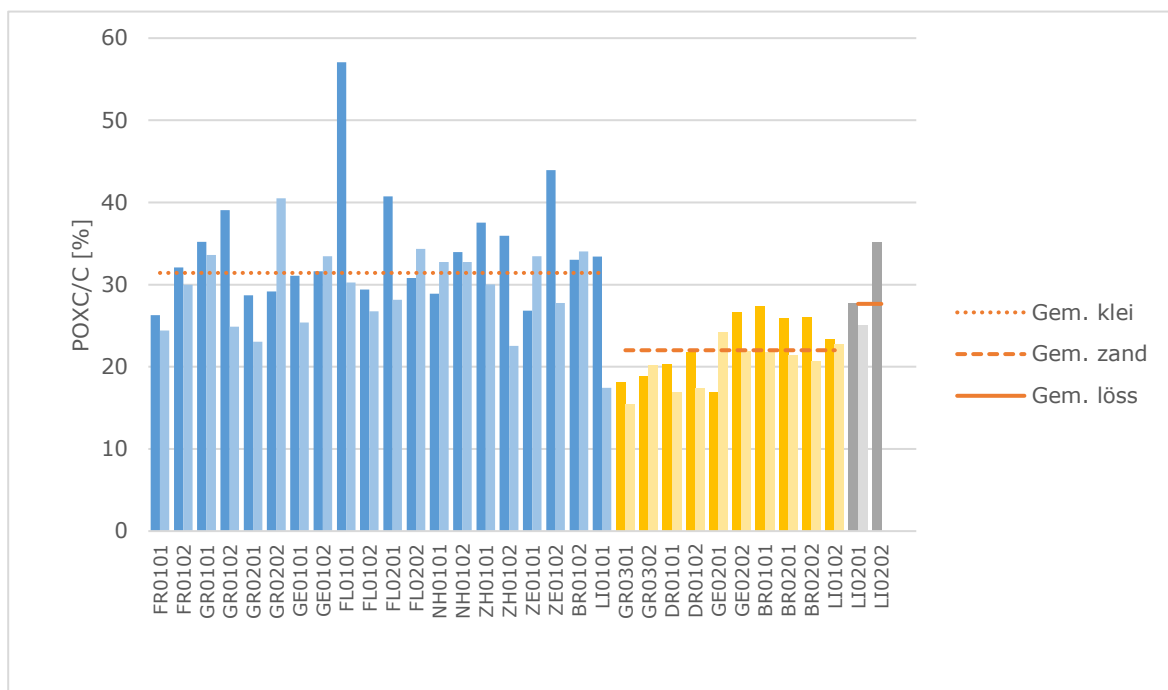
Figuur 3.2 De mate van verteerd materiaal uitgedrukt in de R-index en de I-index, gemeten in 2020.



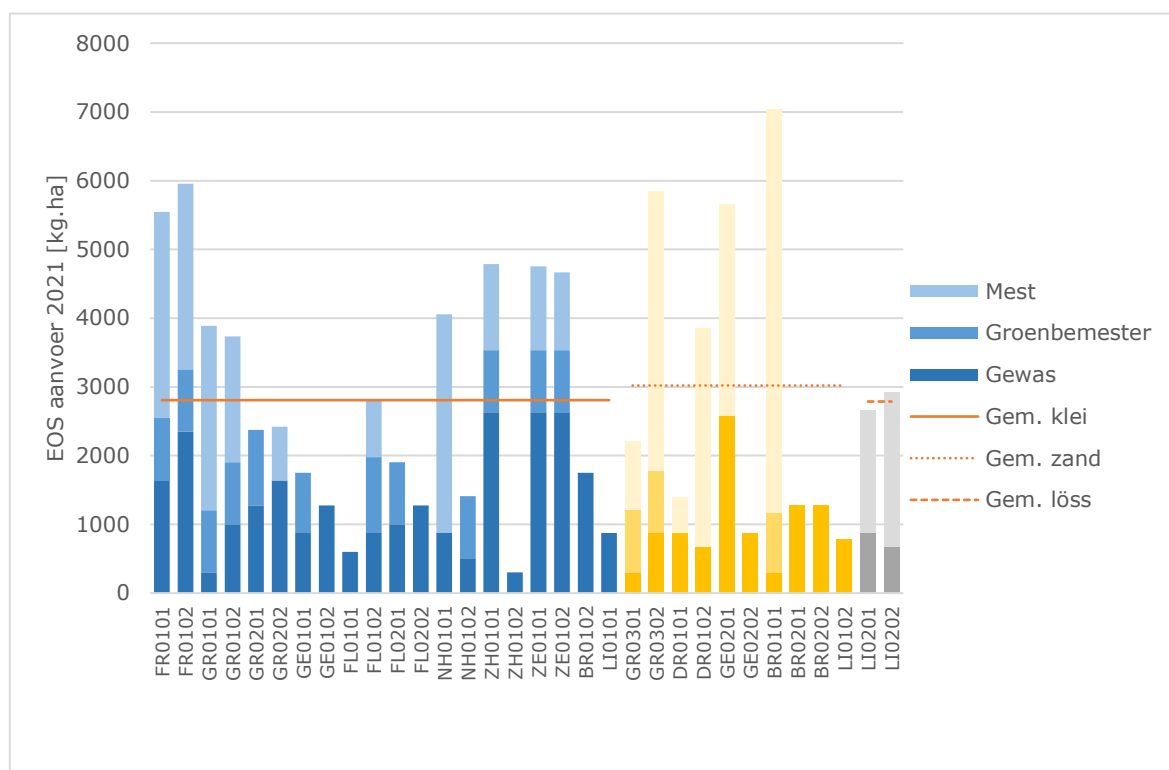
Figuur 3.3 Hot water extractable carbon (HWC), gemeten in 2020. In blauw de klei-, in geel de zand- en in grijs de lösspercelen.



Figuur 3.4 HWC uitgedrukt als fractie van het bodemorganische koolstofpercentage gemeten in 2019 en 2020, waarbij 2019 wordt weergegeven in de donkere en 2020 in de lichte kleur. In blauw de klei-, in geel de zand- en in grijs de lösspercelen. Gemiddelden zijn berekend per bodemtype over 2019 en 2020.



Figuur 3.5 POXC uitgedrukt als fractie van het bodemorganische koolstofpercentage gemeten in 2019 en 2020, waarbij 2019 wordt weergegeven in donkere kleur en 2020 in de lichte. In blauw de klei-, in geel de zand- en in grijs de lösspercelen. Gemiddelden zijn berekend per bodemtype over 2019 en 2020.



Figuur 3.6 Gerealiseerde organische stof aanvoer in 2021, uitgesplitst naar gewasresten, groenbemesters en organische mest. De donkerste kleur zijn de gewasresten, dan de groenbemester en de organische mest in de lichtste kleur. In blauw de klei-, in geel de zand- en in grijs de lösspercelen.

Tabel 3.3 Gerealiseerde aanvoer van organisch materiaal (kg EOS/ha/jr).

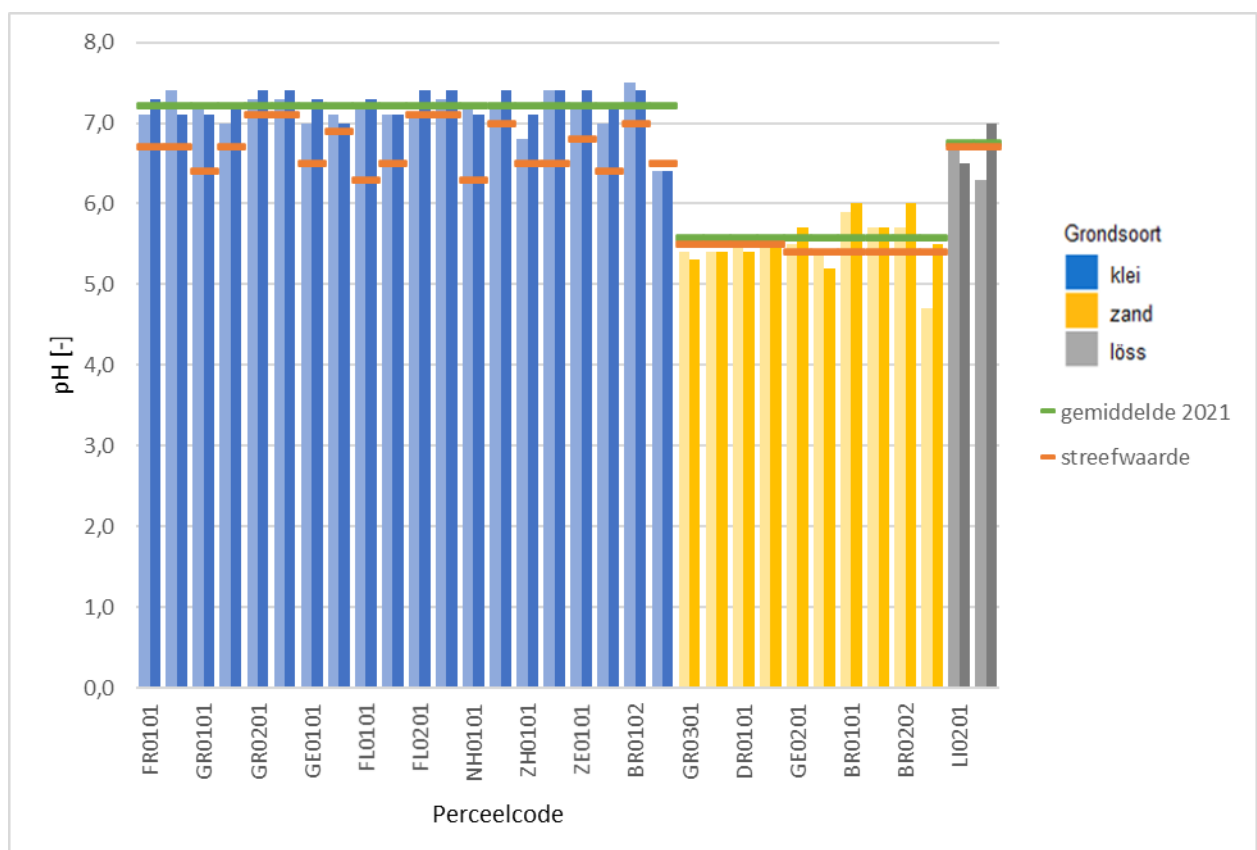
	Gem. klei	Gem. zand	Gem. löss
	2019-2021	2019-2021	2019-2021
Gewasrest	1373	1109	1445
Groenbemester	442	466	146
Organische mest	1971	2665	671
Totaal	3786	4240	2262

3.3 Bodemvruchtbaarheid

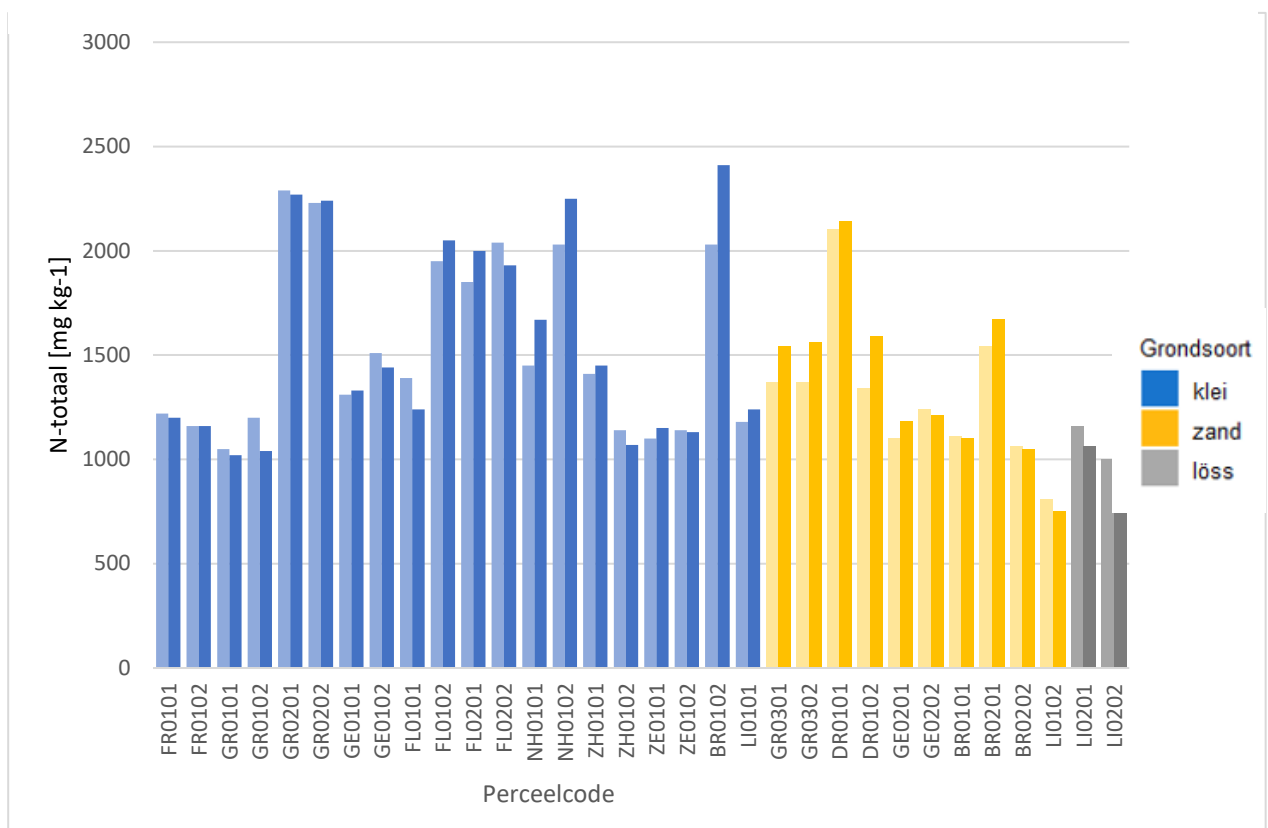
De resultaten van de gemeten bodem chemische indicatoren in beide percelen in 2021 zijn weergegeven in Tabel 3.4. Dit zijn allen uitslagen uit de standaard Eurofins Agro analyseverslagen. Er zijn in 2021 geen indicatoren volgens de klassieke methode geanalyseerd zoals in 2019. Deze resultaten zijn afgezet tegen de gemiddelden per grondsoort (zand, klei en löss). Bij enkele chemische indicatoren is de streefwaarde of het streeftraject weergegeven. Voor de meeste indicatoren geldt echter dat er geen onderbouwde streefwaarde beschikbaar is of dat deze wisselt afhankelijk van andere kenmerken. Voor acht van de indicatoren zijn de resultaten vervolgens grafisch weergegeven, samen met de resultaten uit 2019.

Tabel 3.4 Resultaten metingen bodemvruchtbaarheid 2021

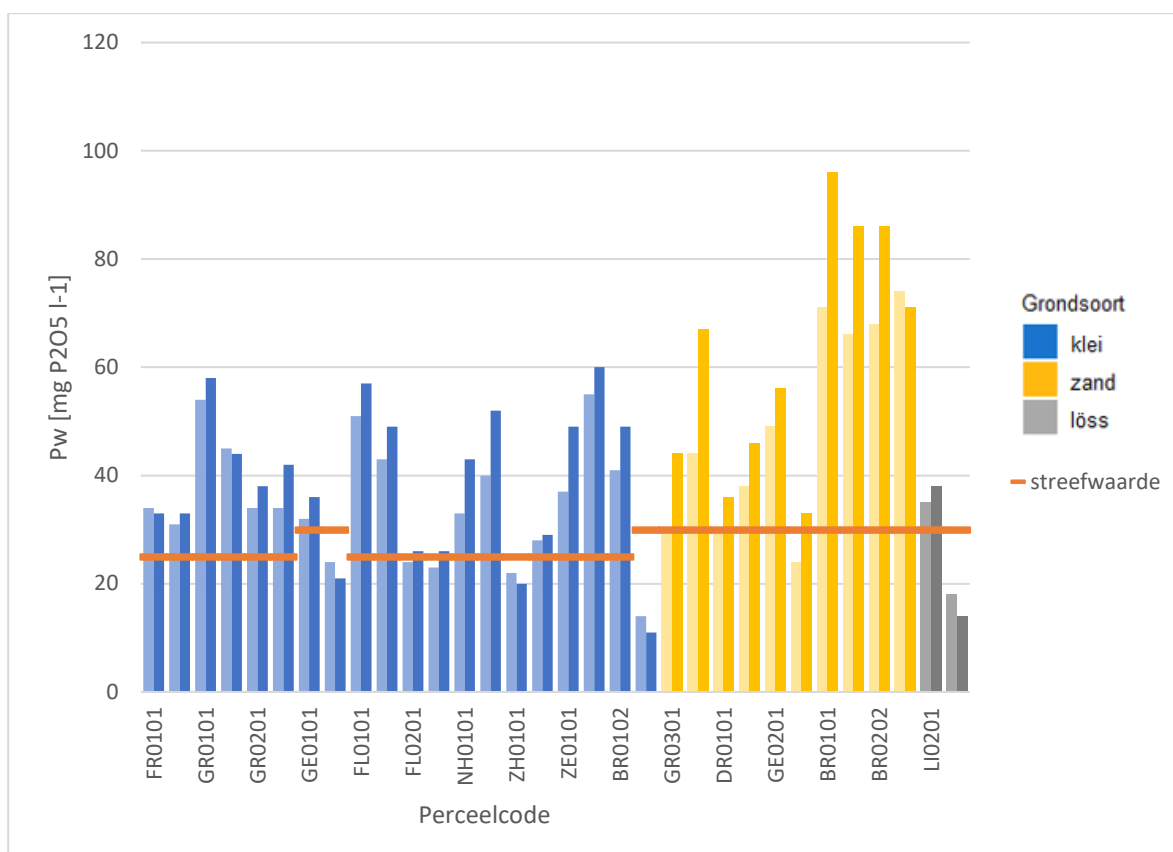
Indicator	Eenheid	Gem. zand	Gem. klei	Gem. löss	Streef waarde
pH	-	5,6	7,2	6,8	
N-totaal	g kg ⁻¹	1379	1565	1045	
P-CaCl ₂	mg P kg ⁻¹	4,0	1,7	1,9	
Pw	mg P ₂ O ₅ l ⁻¹	62	39	26	25
P-Al	mg P ₂ O ₅ 100 g ⁻¹	65	48	25	31-62
K-CaCl ₂	??	88	120	61	
K-voorraad	mmol+ kg ⁻¹	2,3	5,4	4,9	
Koolzure kalk	%	0,3	4,7	0,7	
Ca-beschikbaar	kg ha ⁻¹	86	181	268	
Ca-voorraad	kg ha ⁻¹	3467	11509	7130	
Ca-voorraad	mmol+ kg ⁻¹	55	183	108	
S-totaal	mg kg ⁻¹	251	609	203	
S-beschikbaar	mg kg ⁻¹	9,7	18,6	1,7	
Mg-beschikbaar	mg kg ⁻¹	78	100	95	
Mg-voorraad	mmol+ kg ⁻¹	6,9	11,9	10,4	
B-beschikbaar	µg kg ⁻¹	139	323	121	
Cu-beschikbaar	µg kg ⁻¹	41	38	37	
Mn-beschikbaar	µg kg ⁻¹	1788	299	465	
Co-beschikbaar	µg kg ⁻¹	3,8	2,6	2,6	
Zn-beschikbaar	µg kg ⁻¹	1491	221	195	
Se-beschikbaar	µg kg ⁻¹	2,2	4,1	3,1	
Si-beschikbaar	µg kg ⁻¹	7200	57297	33150	
Mo-beschikbaar	µg kg ⁻¹	4	8	4	
Fe-beschikbaar	µg kg ⁻¹	2020	2303	2025	
CEC	mmol+ kg ⁻¹	67	187	118	
CEC-bezetting	%	95	100	100	
Ca-bezetting	%	80	90	86	
Mg-bezetting	%	10,7	6,5	8,9	
K-bezetting	%	3,8	3,0	4,2	
Na-bezetting	%	0,8	0,5	1,1	



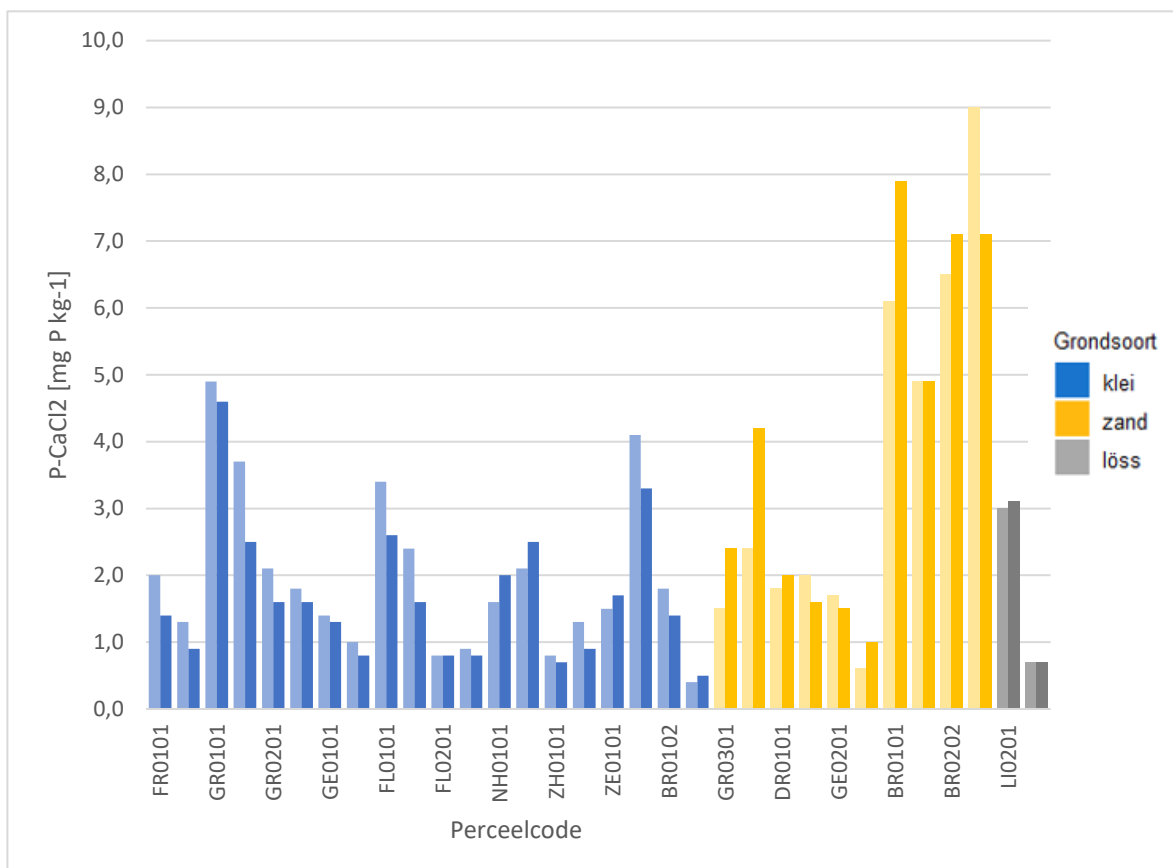
Figuur 3.7 pH (-) van alle percelen voor 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) en 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs) incl. gemiddelde per grondsoort en streefwaarde afhankelijk van bouwplan, %lutum en %organische stof op basis van het Handboek Bodem en Bemesting.



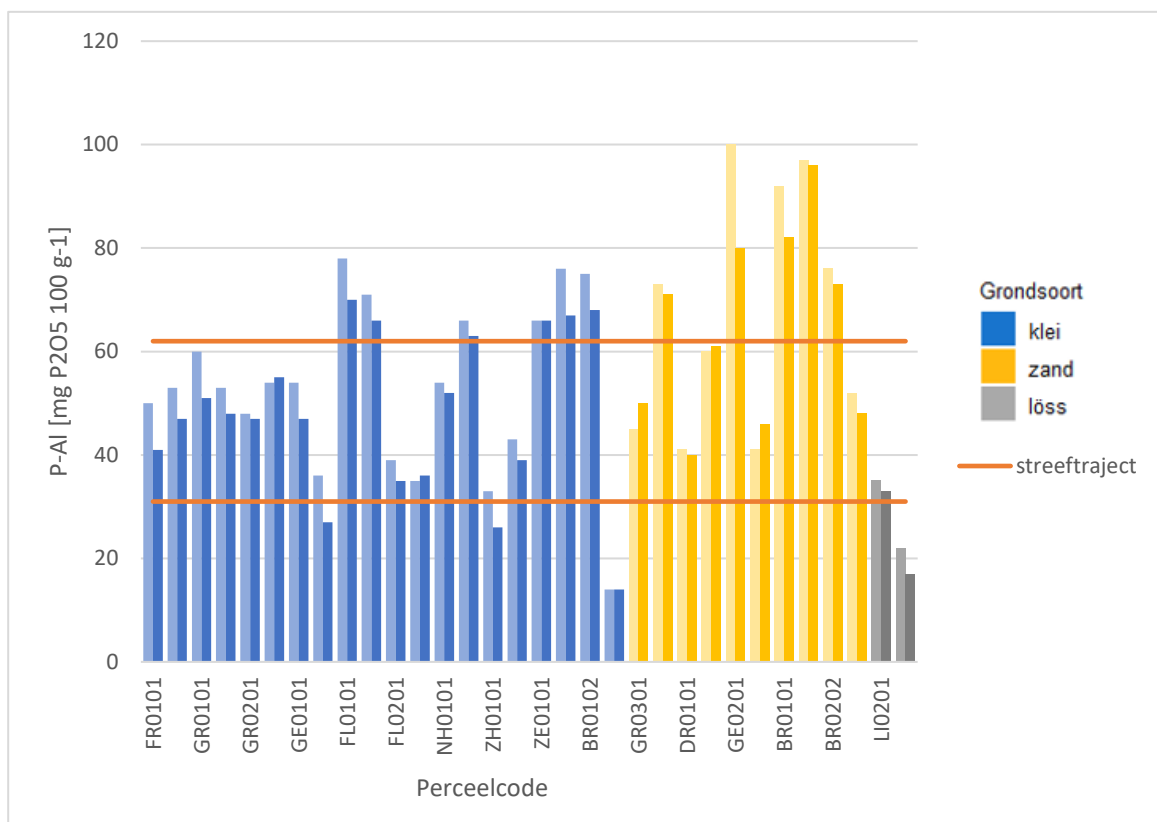
Figuur 3.8 N-totaal (mg kg⁻¹) van alle percelen over twee meetreeksen; 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) naast 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs).



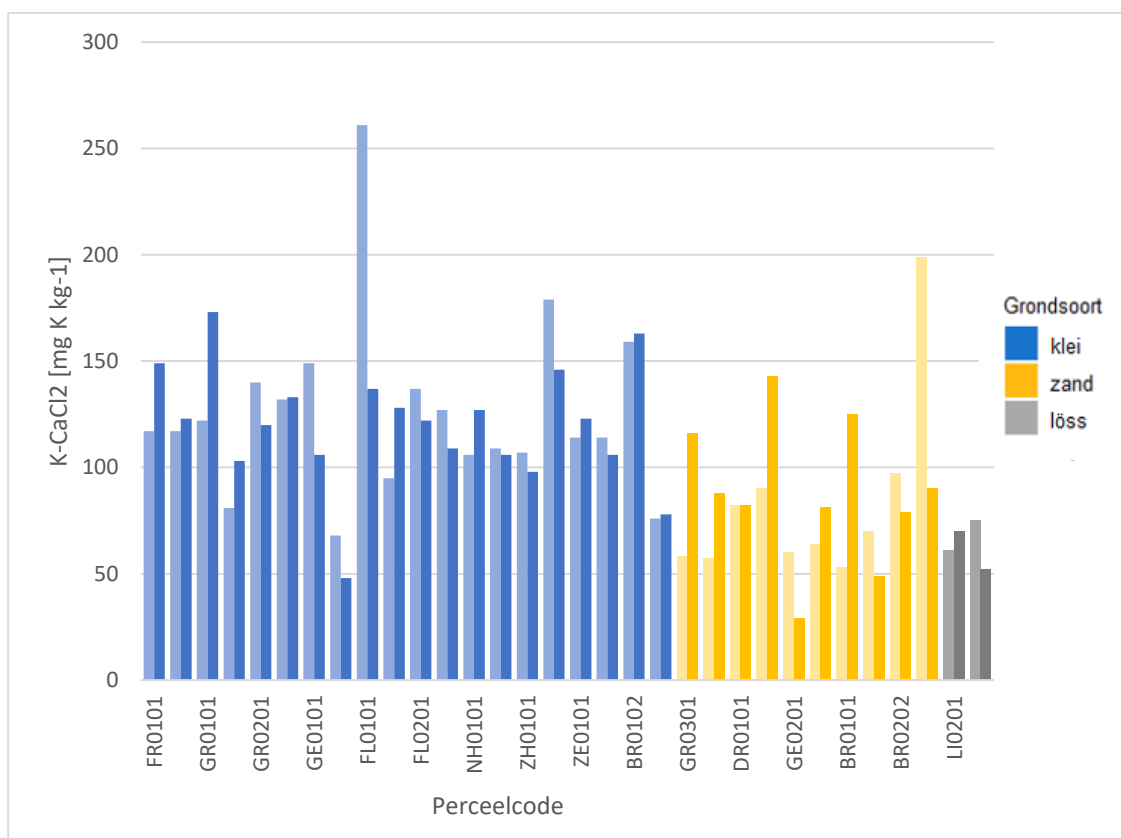
Figuur 3.9 P_w (mg P_2O_5 l⁻¹) van alle percelen over twee meetreeksen; 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) naast 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs).



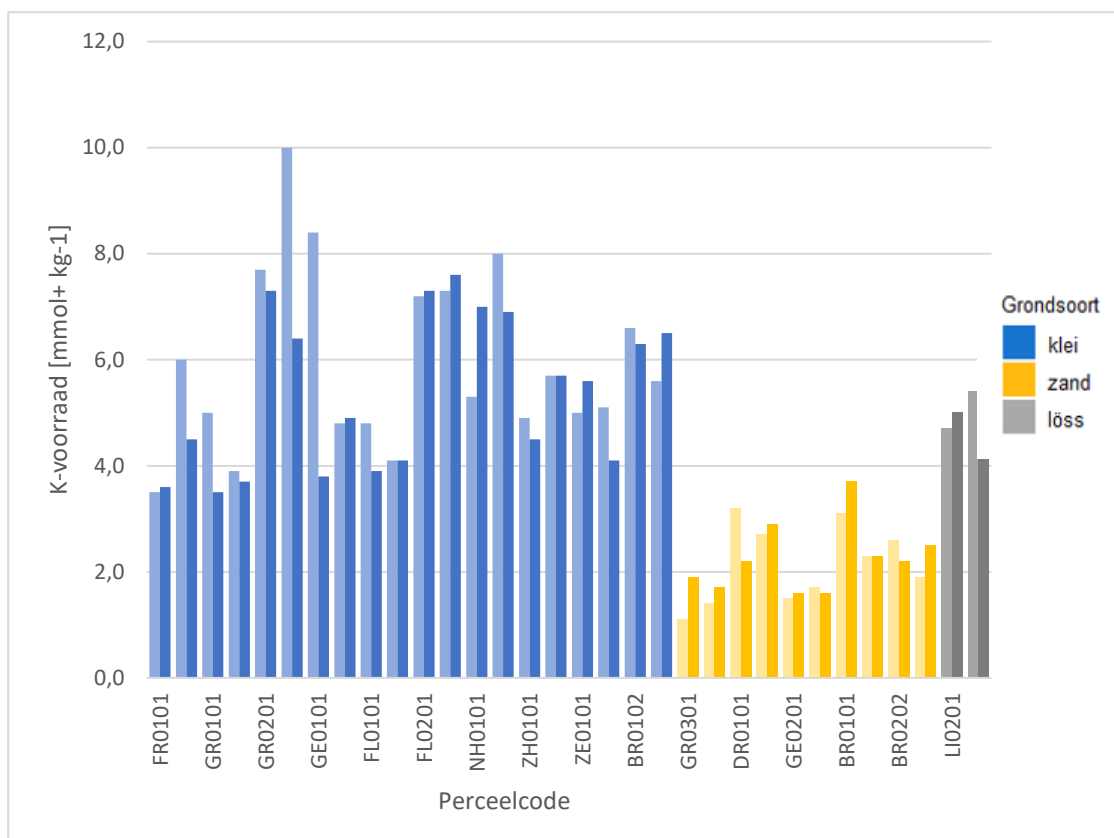
Figuur 3.10 De $P-CaCl_2$ (mg P kg⁻¹) van alle percelen over twee meetreeksen; 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) naast 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs).



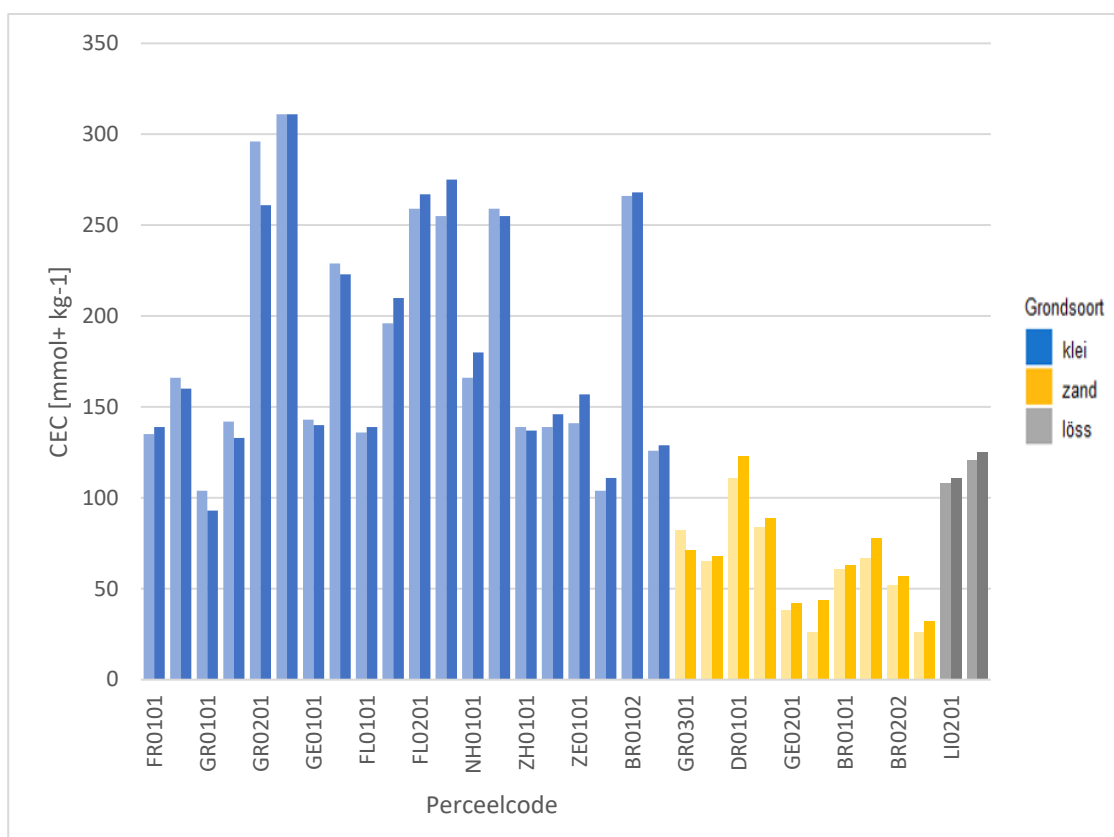
Figuur 3.11 De P-Al (mg P₂O₅ 100 g⁻¹) van alle percelen over twee meetreeksen; 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) naast 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs).



Figuur 3.12 De K-CaCl₂ (mg K kg⁻¹) van alle percelen over twee meetreeksen; 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) naast 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs).



Figuur 3.13 De K-voorraad (mmol+ kg⁻¹) van alle percelen over twee meetreeksen; 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) naast 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs).



Figuur 3.14 De CEC (mmol+ kg⁻¹) van alle percelen; over twee meetreeksen; 2019 (lichte kleur blauw, geel en grijs) naast 2021 (donkere kleur blauw, geel en grijs).

Bodemstructuur en -water

3.3.1 Visuele profielkuilbodembeoordeling

De visuele beoordeling van de profielkuilen zijn uitgevoerd in de periode tussen 22 september 2021 en 13 november 2021. Op enkele percelen was op dat moment de beworteling niet meer te beoordelen. Per kuil wordt een kluit van 0-25 cm en een kluit van 25-50 cm uitgestoken. De kluiten worden visueel beoordeeld op structuur, bodemleven en beworteling (methode Zicht op de Bodemconditie). De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter van 0 – 10. De structuur wordt beoordeeld op mate van kruimelstructuur, afgeronde of scherpblokkige structuren. Bij de beoordeling van het bodemleven richten we ons op de waarneembare effecten van het bodemleven: poriën, structuur, mate van vertering van organische materiaal. De getallen geven verschillen tussen percelen en plekken weer. De beoordeling wordt altijd door dezelfde persoon (een geaccrediteerd bodemadviseur) uitgevoerd. In onderstaande tabel zijn de waarderingsgetallen ingedeeld in 3 categorieën.

Tabel 3.5 Visuele beoordeling van de percelen; op basis van de visuele waarneming zijn de percelen per parameter ingedeeld in 3 categorieën. 7 of hoger is groen, 5 tot 6,5 is oranje, 4,5 of lager is rood.

Grondsoort	Perceelcode	Structuur (0-25)	Structuur (25-50)	Bodemleven (0-25)	Beworteling
Klei	FR0101				
	FR0102				
	GR0101				
	GR0102				
	GR0201				
	GR0202				
	GE0101				
	GE0102				
	FL0101				
	FL0102				
	FL0201				
	FL0202				
	NH0101				
	NH0102				
	ZH0101				
	ZH0102				
	ZE0101				
	ZE0102				
	BR0102				
	LI0101				
Zand	GR0301				
	GR0302				
	DR0101				
	DR0102				
	GE0201				
	GE0202				
	BR0101				

Loss	BR0201				
	BR0202				
	LI0102				
	LI0201				
	LI0202				

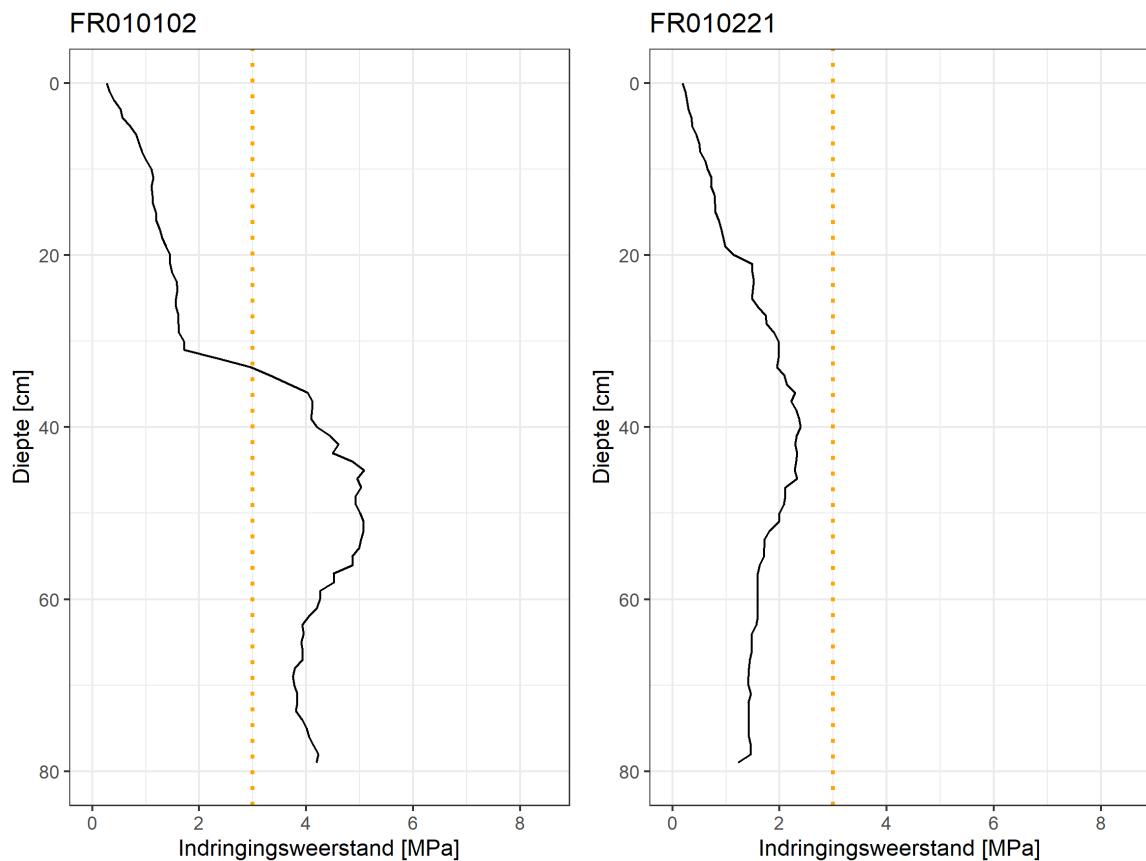
Uit de tabel blijkt direct het grote verschil tussen de structuur in de bovengrond (tot 25 cm) en ondergrond (25-50 cm). De structuur in de bovengrond is op 22 percelen goed, op 7 percelen matig en op 3 percelen niet goed. De structuur in de ondergrond is slechts bij 13 percelen goed, bij 15 matig en bij 4 percelen is de structuur in de ondergrond slecht en is er noodzaak tot verbetering. Een slechte structuur in de ondergrond uit zich niet in alle gevallen in een verdichte laag. In sommige gevallen is er vooral sprake van een scherpe blokkige structuur, maar waar beworteling via de kleine scheurvlakjes nog wel doorheen komt. Op de drie percelen waar de bovengrond verdicht/verkneed was, was duidelijk onder te natte omstandigheden geoogst of een bewerking uitgevoerd. Op het gebied van bodemleven is op 4 percelen geen of weinig tekenen van bodemleven te zien. Daarentegen scoren 22 percelen goed op zichtbare activiteiten van het bodemleven. Op percelen waar een matige beworteling wordt waargenomen, is ook een matige tot slechte structuur waargenomen. Van de 32 percelen Indringingsweerstand.

3.3.2 Structuurbeoordeling VSA

De relatie tussen de structuurbeoordeling volgens de VSA methodiek en de visuele bodembeoordeling volgens de Zicht op de Bodemstructuur is zeer zwak. Vocht (vooral bij klei zeer bepalend) en wortels zijn van invloed op de mate waarin de kluit uit elkaar valt. In de methodiek beschrijving van de VSA wordt ook aangegeven dat de methodiek alleen uitgevoerd kan worden als de grond droog genoeg is. De omstandigheden tijdens de meetcampagne waren vooral voor de kleigronden te nat voor de VSA methodiek. Dit maakt de VSA methodiek voor structuurbeoordeling lastig toepasbaar onder Nederlandse omstandigheden.

3.3.3 Bodemstructuur - Indringingsweerstand

De indringingsweerstand, gemeten met een penetrologger, is een maat voor de weerstand die wortels ondervinden in de bodem. Over het algemeen wordt een waarde boven 3 MPa gezien als moeilijker tot niet goed doordringbaar voor veel wortels. De indringingsweerstand wordt beïnvloed door de bodemstructuur en textuur maar ook door het vochtgehalte van de bodem ten tijde van de meting. Wanneer het vochtgehalte hoger is, zal de indringingsweerstand lager zijn. De metingen zijn dus alleen indicatief te gebruiken. Een scherpe toename in indringingsweerstand kan indicatief zijn voor een verdichte laag in het profiel. Vaak komt deze voor rond de 30 – 40 cm op de diepte van de bouwvoor (Figuur 3.15).



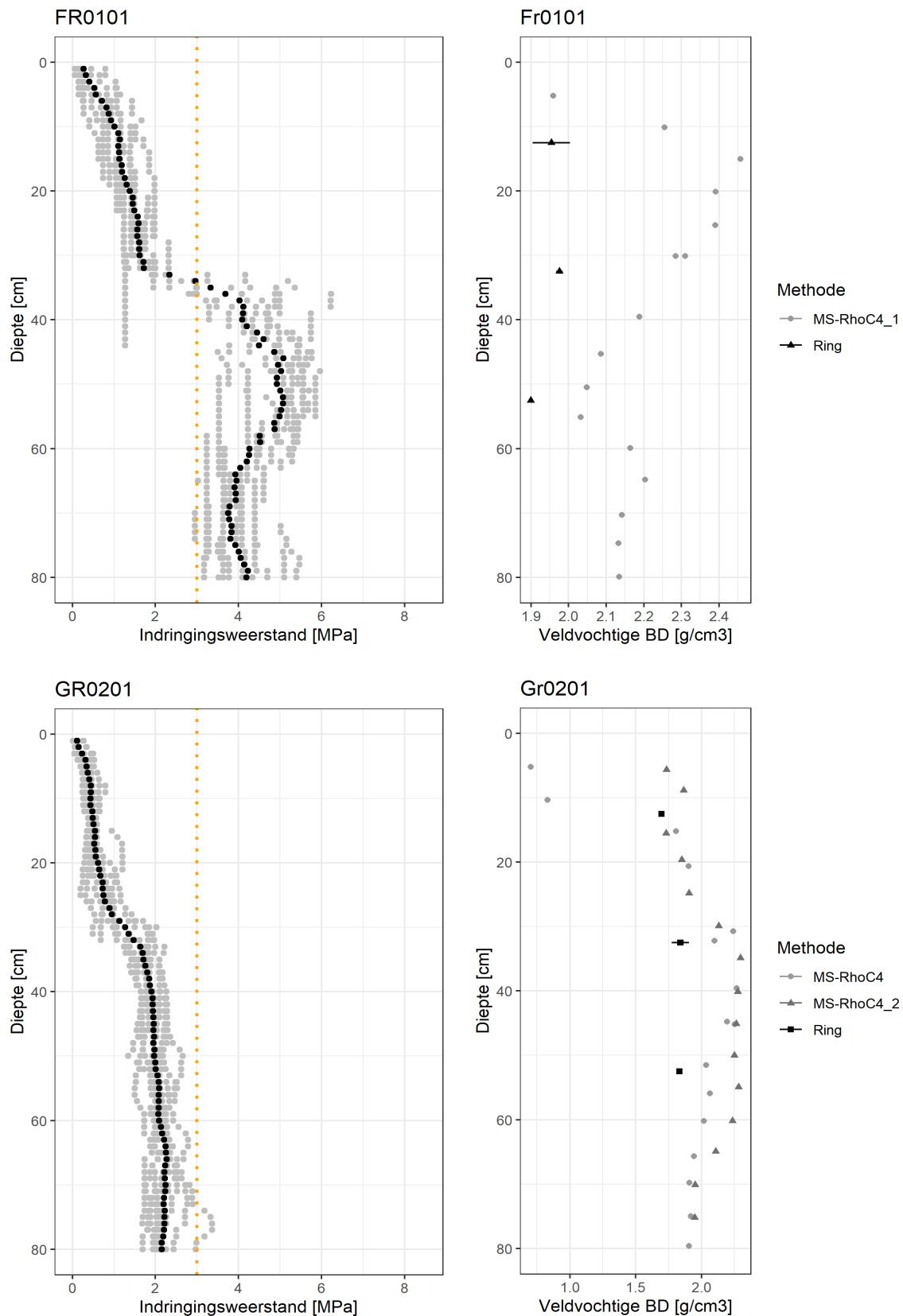
Figuur 3.15: Twee voorbeelden van de (gemiddelde) indringingsweerstand van de bodem over een diepte van 0 tot 80 cm. De oranje stippellijn geeft de 3MPa-grens aan.

3.3.4 Veldvochtige bulkdichtheid

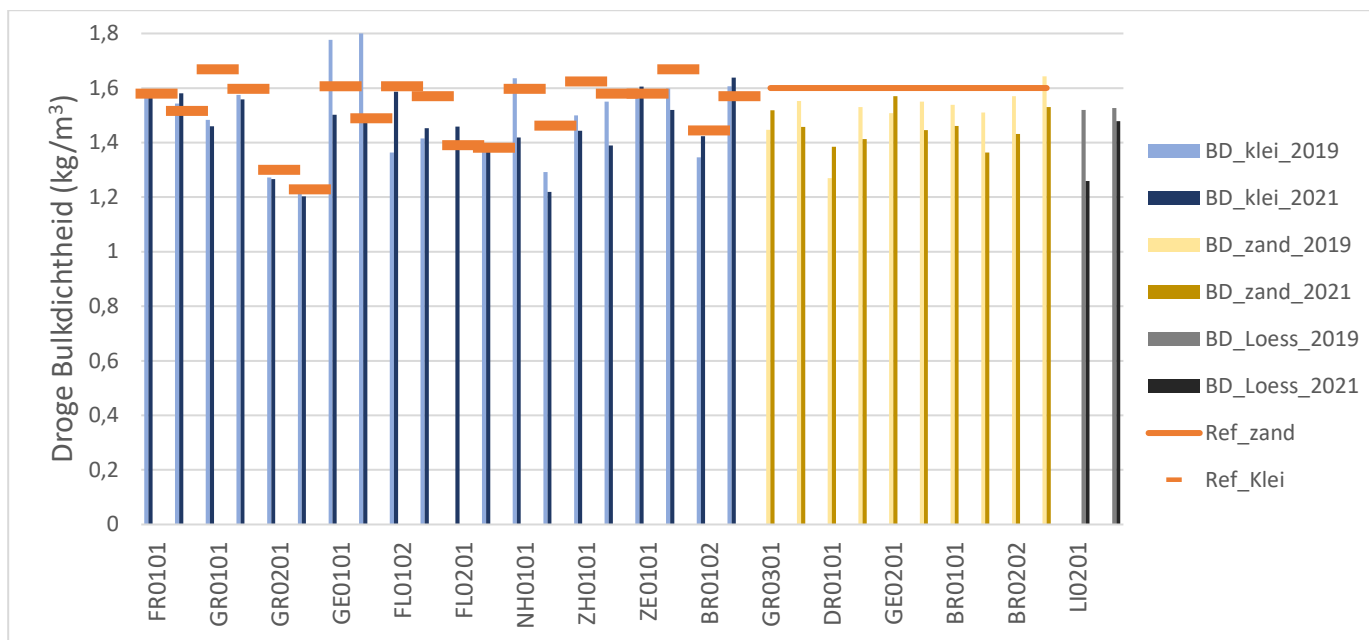
De veldvochtige bulkdichtheid is gemeten met de MS-RhoC bulkdichtheidsensor en met 100 cc ringen. De bulkdichtheid is het gewicht van de bodem per volume, weergegeven als gram per kubieke cm of g/cm³. Dit is het gewicht van de bodem en het water in de bodem in een vast volume. Omdat het vochtgehalte wisselt is deze meting niet goed vergelijkbaar met de metingen van 2019. De metingen moeten nog gecorrigeerd worden voor het vochtgehalte, dit zal later gebeuren. Wel kan het verloop van de bulkdichtheid met de diepte goed worden waargenomen, ook in vergelijking met de indringingsweerstand bij hetzelfde profiel (Figuur 3.16). Deze vergelijking is gedaan om te analyseren in hoeverre een toename in indringsweerstand ook een toename van bulkdichtheid betekent.

Figuur 3.17 laat de vergelijking van droge bulkdichtheid zien tussen 2019 en 2021. Dit is de bulkdichtheid die gecorrigeerd is voor het vocht in het bodemonmonster. Te zien is dat in vrijwel alle profielen een afname in bulkdichtheid gemeten is tussen 2019 en 2021. Ook is gemeten dat maar een enkeling in 2021 de referentiewaardes overschrijdt. Ten opzichte van 2019 impliceert dit dus een verbetering van de situatie.

Voor de droge bulkdichtheid is de referentie voor zand, lichte en matig zware zavelgronden (< 17.5 % lutum) 1.6 g/cm³. Voor zware zavel- en kleigronden (>17.5 % lutum) is deze afhankelijk van het klei of lutumgehalte van een bodem volgens $1.75 - 0.009 \cdot \text{lutum}$.



Figuur 3.16: Links de gemiddelde indringsweerstand met in het grijs de achterliggende metingen. Rechts de veldvochtige bulkdichtheid (de droge bulkdichtheid incl. aanwezig vocht) gemeten met de bulkdichtheidsensor MS-Rho over een diepte van 0 tot 80 cm. Per 5 cm is een meting uitgevoerd. op een aantal locaties zijn herhaalde metingen uitgevoerd met de sensor, hierbij zijn verschillende boorgaten gebruikt. Ook zijn de (gemiddelde) resultaten van ringmonsters weergegeven. De horizontale lijn geeft de minimum en maximum gemeten waarden aan wanneer meer dan 1 ring is gestoken per locatie per diepte.



Figuur 3.17 Vergelijking van de droge bulkdichtheid tussen de 16 bedrijven (links meting 2019, rechts meting 2021). De oranje lijnen geven de referentiewaarden aan voor kleigronden (blauw) en zangronden (geel).

3.4 BodembioLOGIE en bodemgezondheid

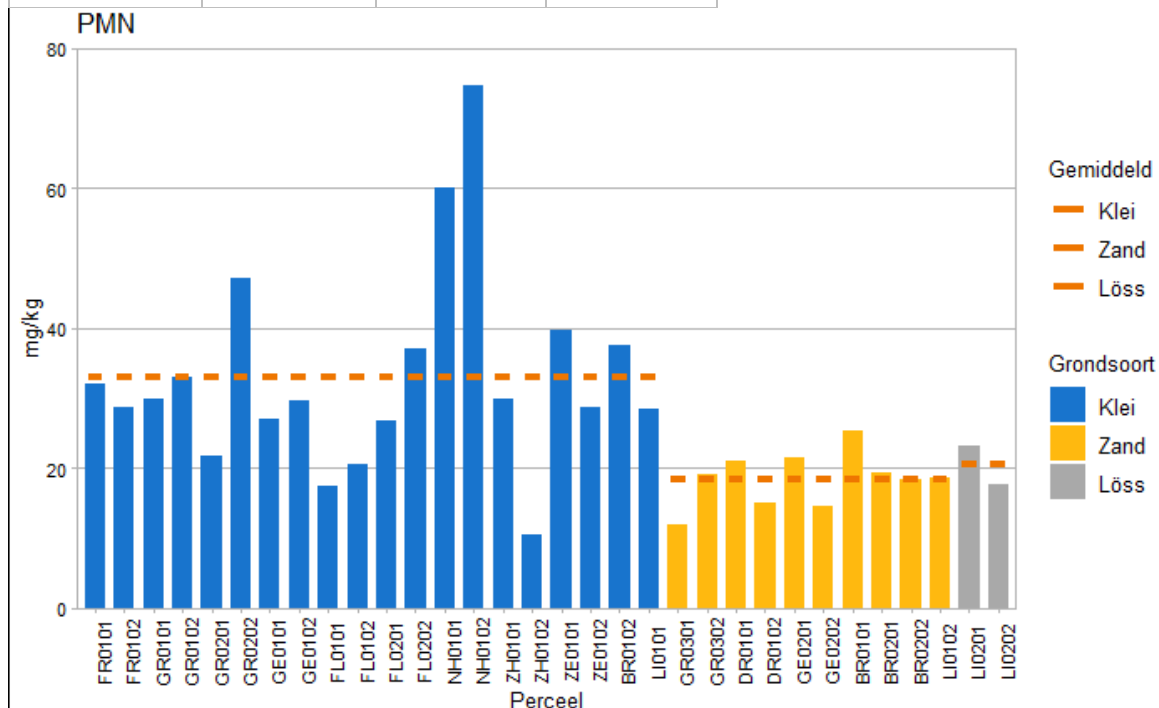
3.4.1 BodembioLOGISCHE parameters

Potentieel mineraliseerbare stikstof (PMN) is een deel van de organische stikstof in de bodem dat voor een groot deel bestaat uit microbiële biomassa en dat beschikbaar is voor mineralisatie en de opname door planten. Het is een indicator voor de microbiële biomassa en bodemvruchtbaarheid. Ook heet water extraheerbaar koolstof (HWC) is gerelateerd aan de microbiële biomassa en wordt vaak gebruikt als indicator voor de biologische bodemkwaliteit. HWC is gevoelig voor bodembeheersmaatregelen en kan daarom worden gebruikt om veranderingen in de grond als gevolg van maatregelen aan te tonen. Ergosterol is een belangrijk onderdeel van celmembranen van schimmels en wordt daarom gebruikt als een maat voor de hoeveelheid schimmels. Schimmels vormen een grote en essentiële groep van het bodemleven en zijn verantwoordelijk voor de afbraak van (complexe) organische materialen en het beschikbaar komen van nutriënten voor planten.

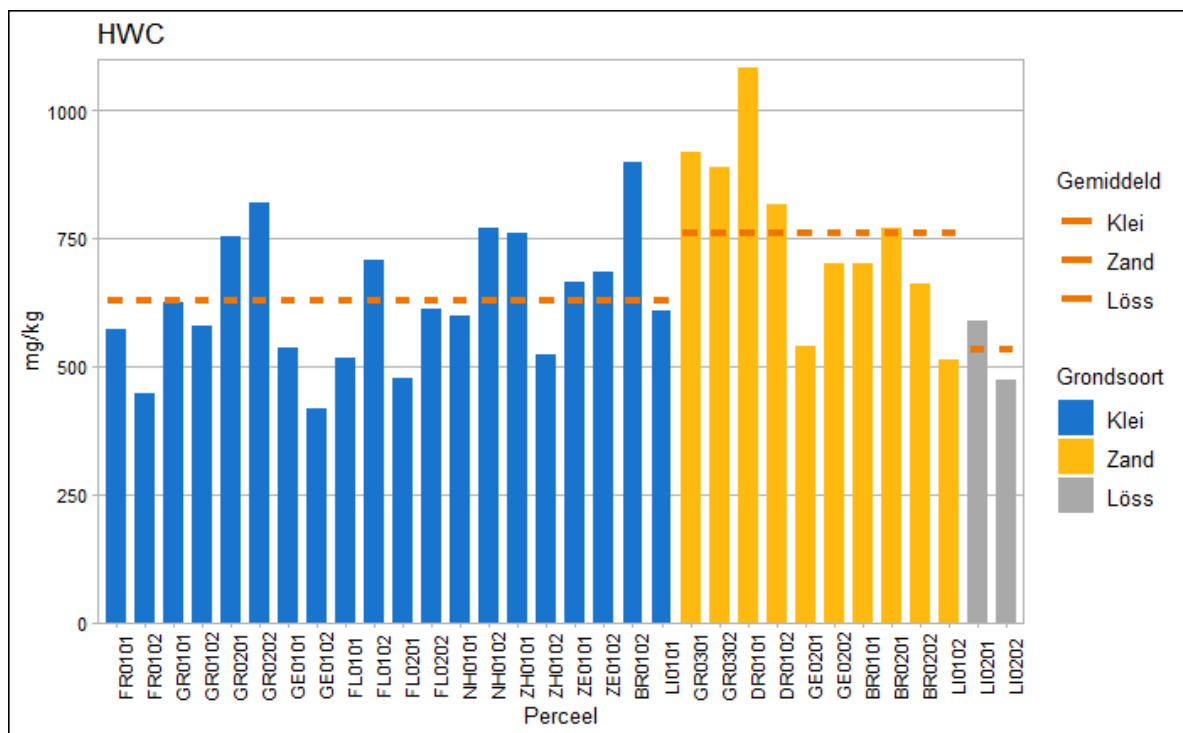
PMN, HWC en ergosterol zijn bodemparameters die relatief makkelijk te meten zijn en ook een goede indicatie geven over de bodembioLOGISCHE activiteit. PMN, HWC en ergosterol worden getoond in Tabel 3.6 en Figuur 3.18 - Figuur 3.20.

Tabel 3.6 Gemiddelden voor de parameters PMN, HWC, en ergosterol in 2021.

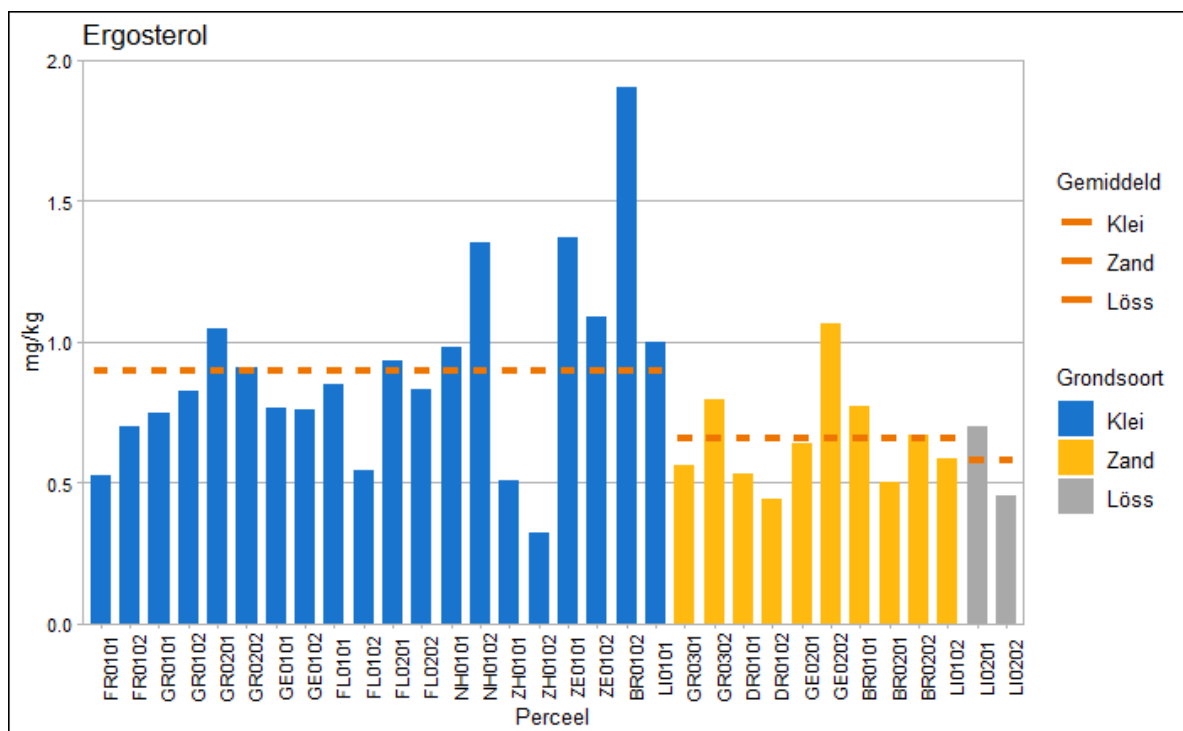
	Gemiddeld klei	Gemiddeld zand	Gemiddeld löss
PMN (mg/kg)	1.4	2.2	2.9
HWC (mg/kg)	628.3	531.0	759.1
Ergosterol (mg/kg)	0.9	0.6	0.7



Figuur 3.18 PMN in alle percelen; gemiddelde zijn berekend over de individuele grondsoorten



Figuur 3.19 HWC in alle percelen; gemiddelde zijn berekend over de individuele grondsoorten



Figuur 3.20 Ergosterol in alle percelen; gemiddelde zijn berekend over de individuele grondsoorten

3.4.2 PLFA

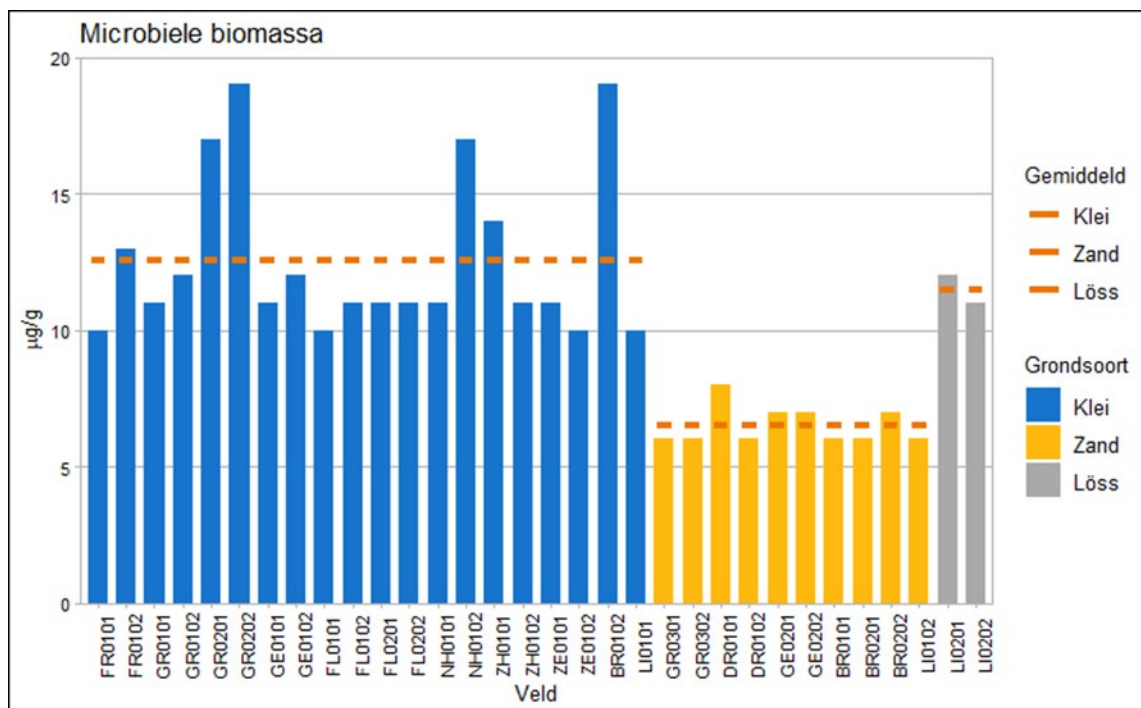
PLFAs zijn vetzuren die voorkomen in de celmembranen van alle levende organismen en kunnen worden gebruikt als maat voor de microbiële biomassa in de bodem. Omdat verschillende PLFAs specifiek zijn voor verschillende groepen van micro-organismen zoals schimmels en bacteriën kan deze methode worden gebruikt om de biomassa van deze groepen apart te bepalen. PLFA-metingen zijn een sneller en goedkoper alternatief voor klassieke microbiële metingen.

De microbiële biomassa (gemeten middels PLFA; Tabel 3.7 en Figuur 3.21) is een indicator voor de hoeveelheid micro-organismen in de bodem. Een hogere microbiële biomassa wordt hierbij vaak in verband gebracht met een hogere vruchtbaarheid en weerbaarheid van de bodem. Ook de verhouding tussen schimmels en bacteriën spelen een rol. Bacteriën zijn vooral verantwoordelijk voor een snelle afbraak van minder complexe stoffen en minder gevoelig voor verstoringen, daarentegen breken schimmels vooral complexere stoffen af. Vaak houdt een hogere schimmelbiomassa verband met een hogere koolstofopslag (Figuur 3.22). Maar ook binnen de schimmels en bacteriën kunnen verschillen worden gemeten. Grampositieve bacteriën zijn vooral langzaam groeiende soorten die in staat zijn om complexe verbindingen af te breken, terwijl Gramnegatieve bacteriën vooral snelgroeiende soorten bevatten. Een verschuiving in de verhouding tussen deze twee groepen geeft een verandering in de microbiële gemeenschap aan (Figuur 3.23). Actinobacteria zijn bekend om hun antagonistische werking tegen een groot aantal ziekteverwekkers. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) zijn schimmels die een samenwerking aangaan met de plant en de plant voorzien van belangrijke nutriënten. Een grote hoeveelheid AMF is dus gunstig voor de opbrengst bij een beperkt nutriëntenaanbod.

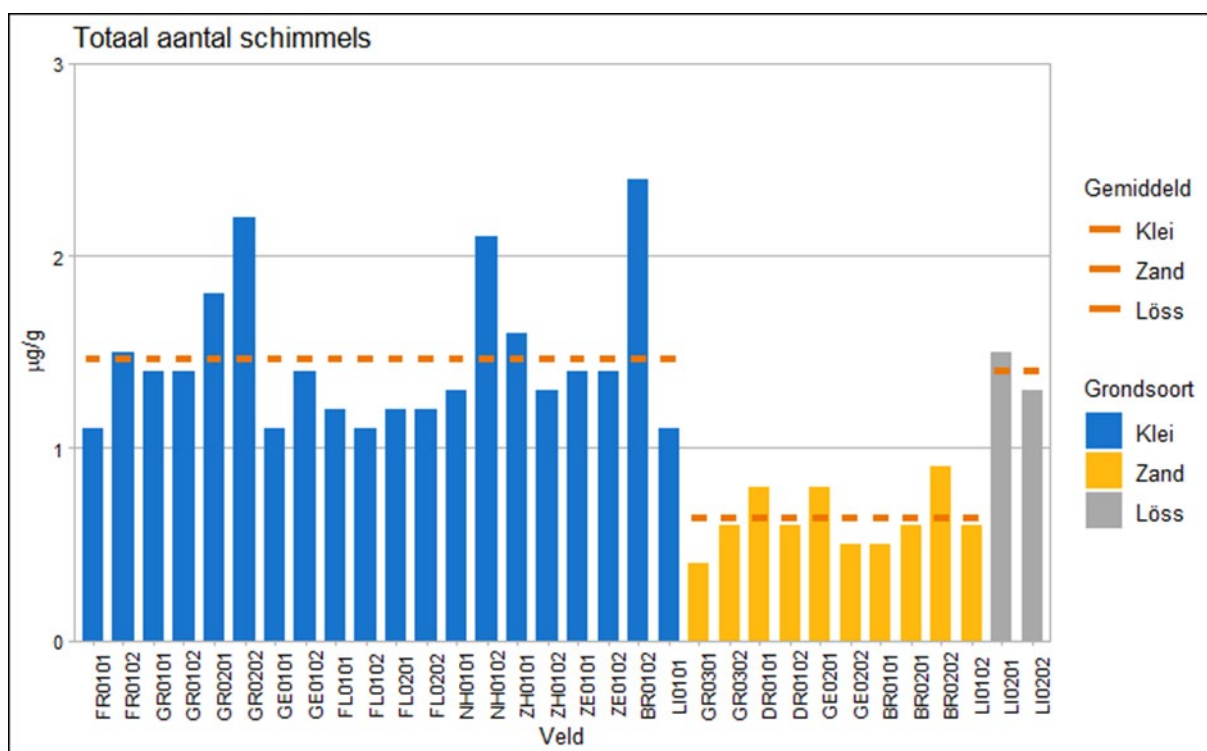
Het moet worden opgemerkt dat de metingen in 2019 en 2021 door verschillende laboratoria zijn uitgevoerd en daarom minder goed met elkaar kunnen worden vergeleken.

Tabel 3.7 Resultaten van PLFA metingen 2021 per grondsoort.

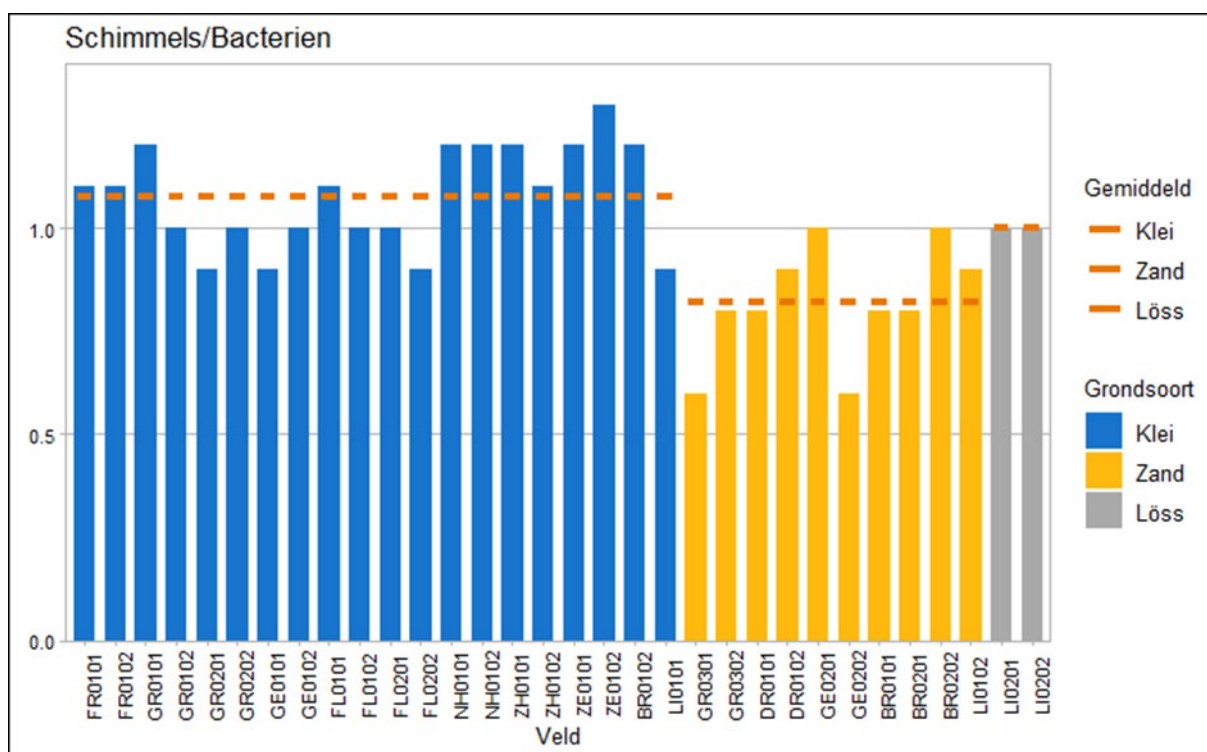
Perceelscode	Klei	Löss	Zand
Microbiële biomassa (µg/g)	12.55	11.50	6.50
Totaal aantal bacteriën (µg/g)	10.90	10.00	5.39
Grampositieve bacteriën (µg/g)	4.56	4.50	2.31
Actinobacteria (µg/g)	1.35	1.30	0.59
Gramnegatieve bacteriën (µg/g)	6.25	6.00	3.10
Totaal aantal schimmels (µg/g)	1.46	1.4	0.63
Saprofyten (µg/g)	0.47	0.55	0.29
AMF (µg/g)	1.00	0.85	0.35
Protozoa (µg/g)	0.11	0.13	0.08
Schimmels/Bacteriën	1.08	1.00	0.82
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	0.73	0.80	0.76



Figuur 3.21 Microbiële biomassa in alle percelen; gemiddelde zijn berekend over de individuele grondsoorten



Figuur 3.22 Totaal aantal schimmels in alle percelen; gemiddelde zijn berekend over de individuele grondsoorten



Figuur 3.23 Schimmel/bacterie verhouding in alle percelen; gemiddelde zijn berekend over de individuele grondsoorten

3.4.3 Plant parasitaire nematoden (PPN)

In het bedrijsvennetwerk is ook onderzoek gedaan naar de besmetting met plant parasitaire aaltjes (PPN). In tegenstelling tot de bemonstering in najaar van 2019 is bij deze monsternamen alleen de besmetting met vrijlevende nematoden bepaald. De besmetting met cyst-nematoden is in 2021 niet gemeten. De besmetting met aardappel- en bietencystenematoden was in de bemonstering van 2019 op alle percelen (erg) laag en daarom is er besloten om deze bepaling in 2021 niet opnieuw uit te voeren.

Bij de vrijlevende PPN gaat het om het totaal aantal dat gevonden werd in zowel de minerale fractie en de incubatiefraction. Het aantal PPN was gemiddeld het hoogst op de zandpercelen (897 PPN/100 ml grond) en het laagst op de kleipercelen (153 PPN/100 ml grond). Op de twee löss percelen werden gemiddeld 435 PPN/100 ml grond gevonden.

Op de klei en löss percelen werd van het geslacht *Meloidogyne* (wortelknobbelaaltjes) alleen de soort *M. naasi* aangetroffen. Op de zand percelen werden van dit geslacht alleen de soorten *M. chitwoodi* en *M. fallax* gevonden (zie Tabel 3.8, Figuur 3.24).

Een aantal percelen zijn besmet met speldaatjes (*Paratylenchus* spp). Op de zand percelen betrof het de soort *Paratylenchus projectus*, op de klei percelen werd de soort *P. microdorus* gevonden (zie Tabel 3.8). De waardplantgeschiktheid (vermeerdering) en schadegevoeligheid van (akkerbouw)gewassen voor deze aaltjessoorten is onbekend. *Paratylenchus projectus* is aangetroffen in wortels van grasachtige, vlinderbloemige en ook houtige gewassen. *Paratylenchus microdorus* wordt in akkerbouwrotaties weinig aangetroffen. Deze aaltjessoort is in Nederland voornamelijk bekend van grasland.

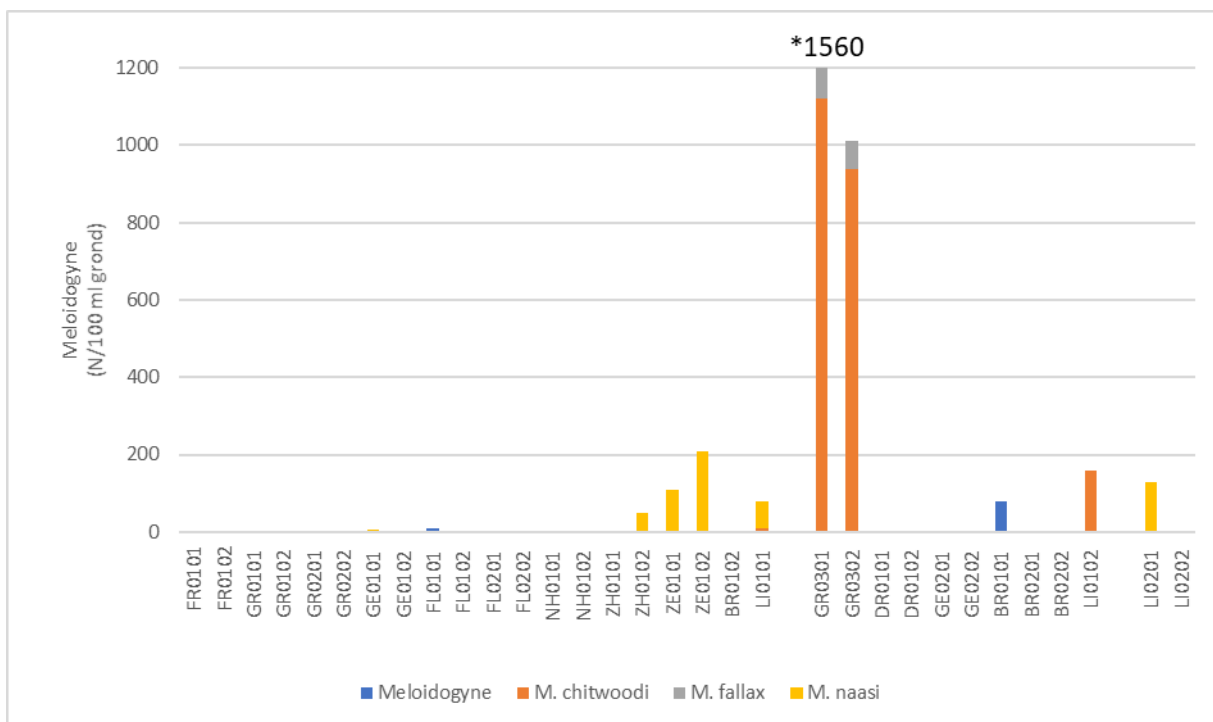
Een groot aantal percelen is besmet met wortellesieaaltjes (*Pratylenchus* spp.) Op de klei en löss percelen werd het meest de soort *P. neglectus* aangetroffen. Op de zand-percelen was *P. penetrans* de soort die het meest voorkwam (zie Tabel 3.8, Figuur 3.25).

Trichodorus primitivus is op enkele percelen met kleigrond aangetroffen. Enkele zand percelen zijn licht besmet met *Paratrachodorus teres*, *P. pachydermus* en *T. sparsus*. Op de löss percelen werden geen Trichodoriden gevonden (zie Tabel 3.8, Figuur 3.26).

Op bijna alle klei- en zand percelen zijn aaltjes van het geslacht *Tylenchorhynchus* spp aangetroffen, maar niet op de löss percelen. Het geslacht *Rotylenchus* is alleen op één zandperceel gevonden.

3.4.4 Meloidogyne besmetting

Op 30% van de klei-percelen is een besmetting met *Meloidogyne* vastgesteld. In alle gevallen betreft het de soort *M. naasi*, het graswortelknobbelaaltje. Met name grassen en granen zijn goede waardgewassen. De besmettingsniveaus zijn relatief laag. Zaaiuien en in mindere mate suikerbiet zijn gevoelig voor deze aaltjessoort. Granen alleen bij hoge(re) dichtheden. Op de zandpercelen zijn alleen de soorten *M. chitwoodi* en *M. fallax* aangetroffen, op 40% van de percelen. Een aantal percelen is zwaar besmet. Deze aaltjessoorten hebben de quarantaine status, wat betekent dat uitgangsmateriaal zoals aardappelpootgoed vrij moet zijn van deze aaltjessoort. *Meloidogyne chitwoodi* en *M. fallax* kunnen bij lage dichtheden al aanzienlijke schade veroorzaken in aardappel en peen. De schade die ontstaat is meestal alleen kwalitatief. Door knobbels die ontstaan op knollen en penwortels gaat de waarde van het product achteruit of wordt bij een zware aantasting onverkoopbaar. Dit kwaliteitsaspect is voor zetmeelaardappel niet (minder) van belang omdat hierop niet worden (af)gekeurd. Alleen bij zeer hoge dichtheden, kan er in aardappel ook opbrengstschade ontstaan.



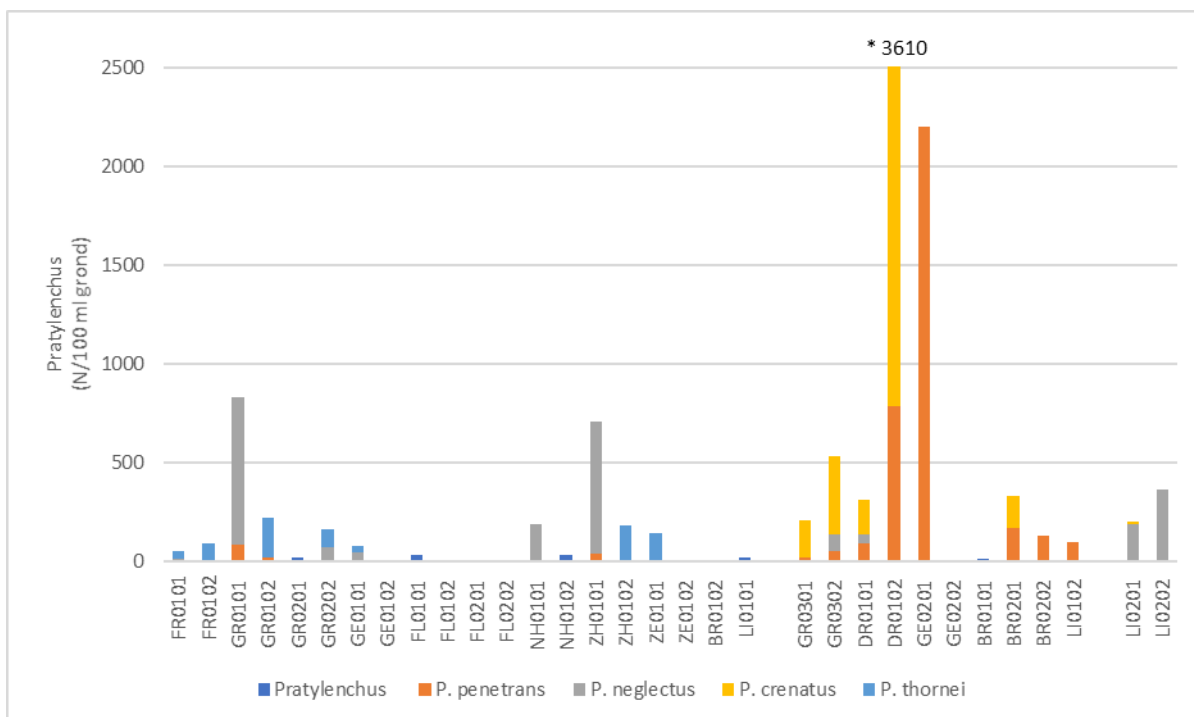
* Melo besmetting perceel GR0301: 1121Mc +439 Mf per 100 ml grond

Figuur 3.24 Meloidogyne besmetting per perceel, najaar 2021. De 20 percelen links in de figuur zijn op klei, de 10 percelen in het midden op zand en de 2 percelen rechts op löss.

3.4.5 Pratylenchus besmetting

Van de klei en zandpercelen is respectievelijk 70 en 90 % met (verschillende soorten) wortellessieaaltjes (*Pratylenchus* spp.) besmet. Beide löss percelen zijn besmet met wortellessieaaltjes. Op de klei- en löss percelen komt het bietenwortellessieaaltje *P. neglectus* het meest voor. Op de meeste percelen in vrij lage dichtheden. Betrouwbare gegevens over de vermeerdering en schadegevoeligheid van belangrijke gewassen voor deze soort ontbreekt maar in het algemeen wordt aangenomen dat deze soort weinig tot geen schade veroorzaakt.

Op de zandpercelen werden de soort *P. penetrans* (wortellessieaaltje) en *P. crenatus* (graanwortellessieaaltje) het meest gevonden. Van deze soorten is *P. penetrans* de meest schadelijke. Deze soort kan zich op veel gewassen vermeerderen. Belangrijke gewassen als aardappel, peen, zaaiuien en ook lelie zijn schadegevoelig voor deze soort. De dichtheden op perceel DR0102 en GE0201 liggen voor deze gewassen (ruim) boven de schadedrempel.



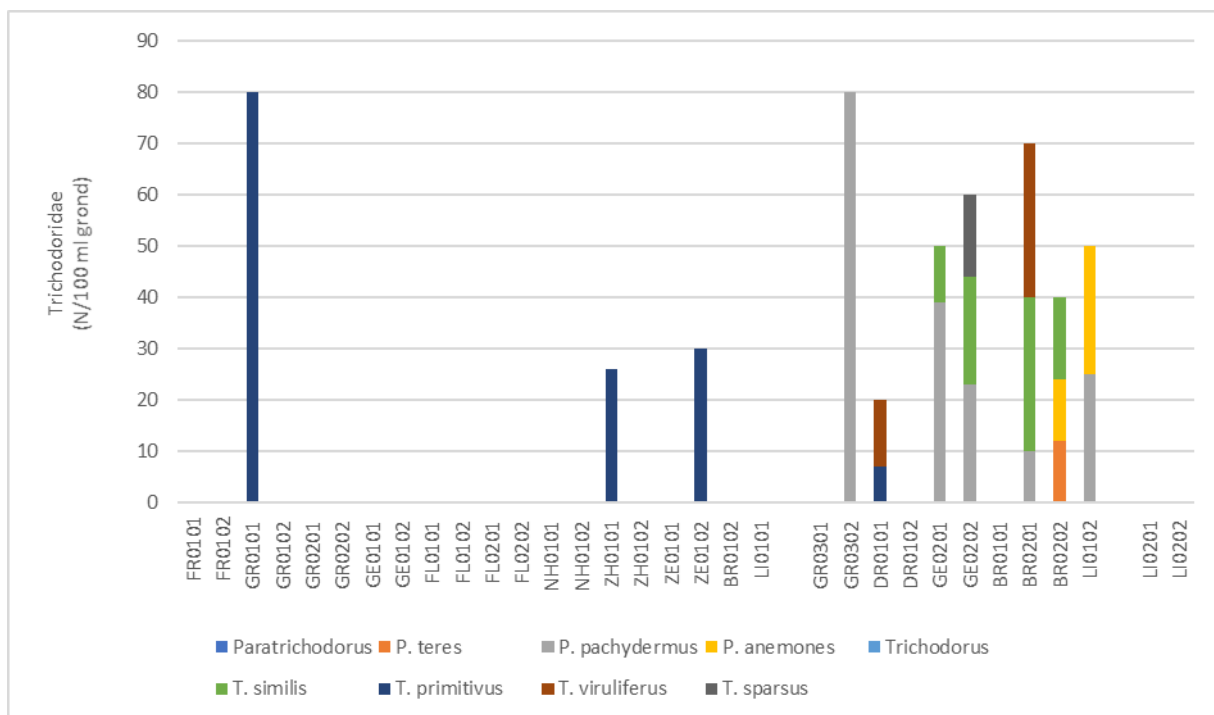
* *Pratylenchus* besmetting perceel DR0102: 785 Pp +2825 Pc per 100 ml grond

Figuur 3.25 *Pratylenchus* besmetting per perceel, najaar 2021. De 20 percelen links in de figuur zijn op klei, de 10 percelen in het midden op zand en de 2 percelen rechts op löss.

3.4.6 Trichodoriden

Op vier van de kleipercelen is een besmetting met Trichodoride aaltjes vastgesteld. Op alle percelen betrof het de soort *T. primitivus*. De gevonden dichtheden zijn vrij laag en liggen naar verwachting onder de schadedrempel van de belangrijkste (akkerbouw)gewassen. Suikerbiet en in mindere mate aardappel en peen zijn gevoelig voor deze aaltjessoort.

Bijna alle zandpercelen zijn besmet met trichodoride aaltjes. De besmetting bestaat vaak uit meerdere soorten. *Paratrichodorus pachydermus* en *T. similis* zijn de soorten die het meest zijn aangetroffen. De dichtheden waren in het algemeen relatief laag.



Figuur 3.26 Trichodoride besmetting per perceel, najaar 2021. De 20 percelen links in de figuur zijn op klei, de 10 percelen in het midden op zand en de 2 percelen rechts op löss.

Tabel 3.8 Besmetting met plant parasitaire nematoden per perceel (n/100 ml grond) en mediaan per grondsoort, bedrijvennetwerk, najaar 2021.

Perceel	grondsoort	totaal PPN	<i>Meloidogyne</i>	<i>M. chitwoodi</i>	<i>M. fallax</i>	<i>M. naasi</i>		<i>Paratylenchus</i>	<i>P. microdorus</i>	<i>P. projectus</i>		<i>Pratylenchus</i>	<i>P. penetrans</i>	<i>P. neglectus</i>	<i>P. crenatus</i>	<i>P. thornei</i>		<i>(Para) Trichodorus</i>	<i>P. teres</i>	<i>P. pachydermus</i>	<i>P. anemones</i>	<i>T. similis</i>	<i>T. primitivus</i>	<i>T. viruliferus</i>	<i>T. sparsus</i>
FR0101	klei	320						260	260			81		13		38									
FR0102	klei	160										90				90									
GR0101	klei	1010										830	83	747				80					80		
GR0102	klei	320										220	22			198									
GR0201	klei	220										20	*	*	*	*									
GR0202	klei	270						80	*	*		160		69		91									
GE0101	klei	1366	6			6		1240	1240			80		48		32									
GE0102	klei	80						80	*	*															
FL0101	klei	130	10	*	*	*						30	*	*	*	*									
FL0102	klei	50																							
FL0201	klei	10																							
FL0202	klei	0																							
NH0101	klei	220						20	*	*		190		190											
NH0102	klei	30										30	*	*	*	*									
ZH0101	klei	1170										711	36	675				26					26		
ZH0102	klei	580	50			50		270	270			180				180									
ZE0101	klei	360	110			110		10	*	*		140				140		20	*	*	*	*	*	*	*
ZE0102	klei	310	210			210												30					30		
BR0102	klei	20																							
LI0101	klei	110	80	9		71						20	*	*	*	*									
Mediaan	klei	153	2	0	0	2		4	2	0		25	1	5	0	6		1	0	0	0	0	1	0	0
GR0301	zand	1800	1560	1121	439							210	21		189			10	*	*	*	*	*	*	*
GR0302	zand	1780	1010	938	72							531	53	80	398			80		80					
DR0101	zand	340										310	89	44	177			20					7	13	
DR0102	zand	3760										3610	785		2825										

Perceel	grondsoort	totaal PPN	<i>Meloidogyne</i>	<i>M. chitwoodi</i>	<i>M. fallax</i>	<i>M. naasi</i>		<i>Paratylenchus</i>	<i>P. microdorus</i>	<i>P. projectus</i>		<i>Pratylenchus</i>	<i>P. penetrans</i>	<i>P. neglectus</i>	<i>P. crenatus</i>	<i>P. thornei</i>		<i>(Para) Trichodorus</i>	<i>P. teres</i>	<i>P. pachydermus</i>	<i>P. anemones</i>	<i>T. similis</i>	<i>T. primitivus</i>	<i>T. viruliferus</i>	<i>T. sparsus</i>
GE0201	zand	2480						20	*	*		2200	2200					50		39		11			
GE0202	zand	80																60		23		21			16
BR0101	zand	210	80	*	*	*		90	*	*		10	*	*	*	*		30	*	*	*	*	*	*	*
BR0201	zand	880						410	*	*		330	165		165			70		10		30		30	
BR0202	zand	2870						2680		2680		130	130					40	12		12	16			
LI0102	zand	770	160	160				80		80		100	100					50		25	25				
Mediaan	zand	897	10	7	2	0		12	0	2		162	89	2	25	0		27	0	7	1	2	0	1	0
LI0201	löss	440	130			130		100	100			200		190	10			10	*	*	*	*	*	*	*
LI0202	löss	430						70	70			360		360											
Mediaan	löss	435	10	0	0	10		84	84	0		268	0	262	2	0		2	0	0	0	0	0	0	0

*=niet tot op soort gedetermineerd, te weinig (volwassen) nematoden

3.4.7 Aaltjesgemeenschappen

Naast het onderzoek aan plant parasitaire aaltjes zijn ook alle aaltjes in de bodem onderzocht. Nematoden of aaltjes zijn belangrijke grazers van bacteriën, schimmels en plantenwortels, en dragen bij aan de mineralisatie. Daarnaast zijn er ook predatoren (roofaaltjes) die protozoën en andere nematoden belagen. In elke bodem zitten al gauw 40-100 verschillende soorten, met naast plant-parasitaire aaltjes ook heel veel niet plant-parasitaire aaltjes. Doordat ze zo talrijk, divers en belangrijk zijn worden ze al lang gebruikt als indicator, en verschillende indices geven een indicatie over de vruchtbaarheid en mate van verstoring in de bodem.

Aaltjesgroepen kunnen worden ingedeeld op basis van een CP-waarde (Colonizer-Persister waarde), die kan variëren van 1 tot 5. Deze waarden zijn toegekend afhankelijk van de levensstrategie van de aaltjes. De aaltjes met een lage CP-waarde hebben een korte levenscyclus, produceren veel nakomelingen en kunnen snel reageren op een toename in voedsel. Aaltjes met een hoge CP-waarde hebben een langere levenscyclus, produceren weinig nakomelingen en zijn gevoelig voor verstoringen. Verschuivingen tussen CP-groepen kunnen worden weergegeven met indices, zoals de Enrichment Index (EI) en Structure Index (SI). De EI is een maat voor de aanwezigheid van aaltjes die snel reageren op een toename in voedselaanbod. De SI is een maat voor de complexiteit, structuur en interacties tussen aaltjes in de grond. Lagere waarden geven aan dat het voedselweb basaal is met voornamelijk bacterie- en schimmeleeters met lage CP-waarden. Hogere waarden van de SI daarentegen zijn een indicatie voor een complexer voedselweb, waarin ook groepen voorkomen die gebruik maken van andere voedselbronnen (zoals predatoren en omnivoren) en met hogere CP-waarden. Dit zijn nematoden die gevoeliger zijn voor verstoring.

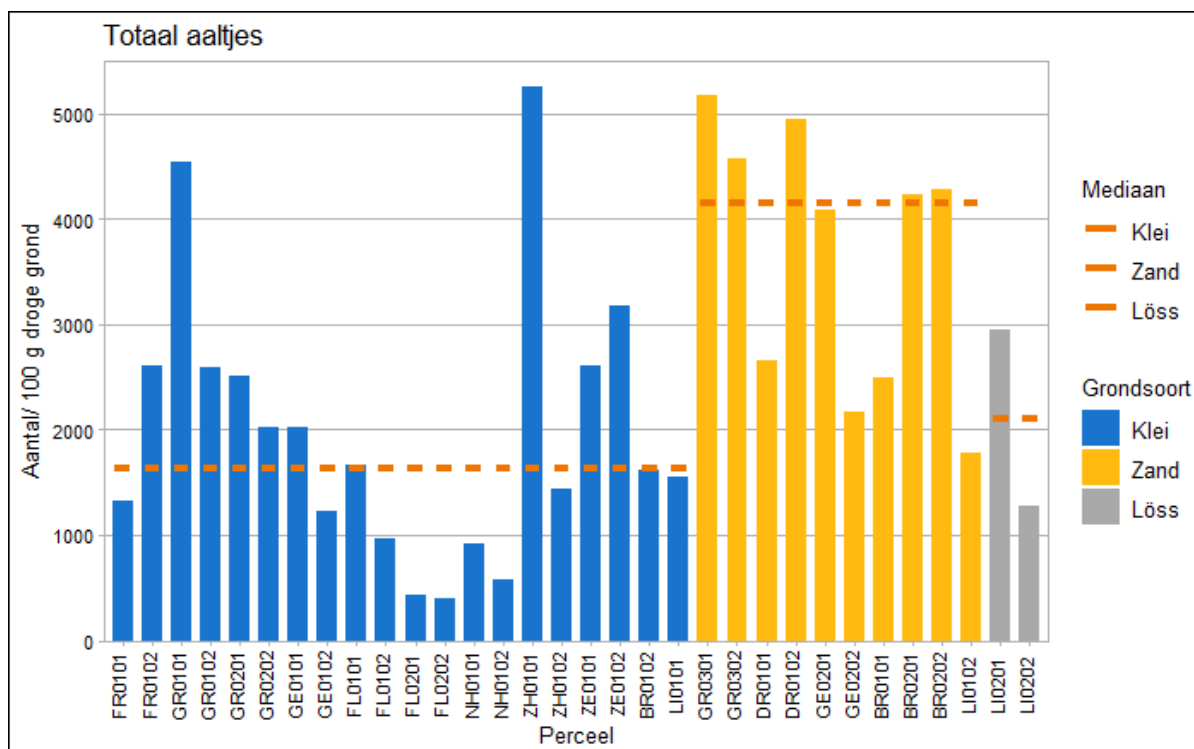
In de grafieken met aantallen aaltjes is ter vergelijking de mediaan (middelste waarde) weergegeven, zodat uitschieters met zeer hoge waarden minder gewicht in de schaal leggen dan bij een gemiddelde. Bij de indexen speelt het probleem met extreme waarden niet en is het gemiddelde weergegeven. Met slechts twee waarnemingen voor de lössgronden is het lastig om een representatief beeld te schetsen voor deze grondsoort.

De mediaan van het totale aantal aaltjes per 100 g grond (dauwlarven niet meegerekend) was in kleigrond lager dan in zandgrond (Tabel 3.9, Figuur 3.27). De variatie in het totale aantal aaltjes tussen de bedrijven was groter in klei- dan in zandgronden, met uitschieters naar zowel zeer hoge als zeer lage waarden.

Tabel 3.9 Resultaten metingen aaltjesgemeenschappen in 2021 gemiddeld per grondsoort. Voor de aantallen en biomassa is de mediaan (middelste waarneming) weergegeven, voor de diversiteit en de indexen het gemiddelde.

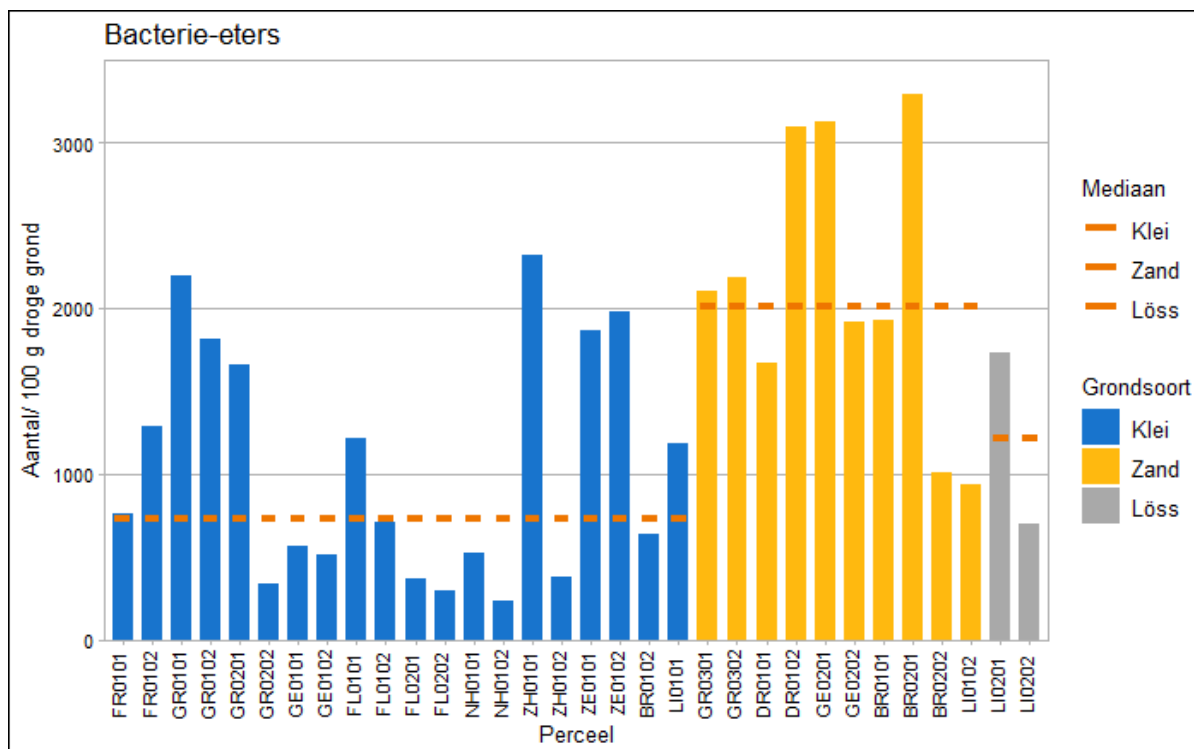
	Zand	Klei	Löss
Totaal aantal aaltjes*	4157	1640	2111
Aantal plantenparasieten*	768	468	624
Aantal bacterie-eters*	2010	734	1214
Aantal schimmeleeters*	178	114	218
Aantal predatoren*	0	12	47
Aantal alleseters*	22	5.7	3.8
Totale biomassa (mg)*	10.04	3.24	4.33
Diversiteit (aantal groepen)	28	27	28
Maturity Index (MI)	1.64	1.74	1.63
Enrichment Index (EI)	76.8	75.7	77.9
Structure Index (SI)	23.5	35.5	23.6

* per 100 g droge grond



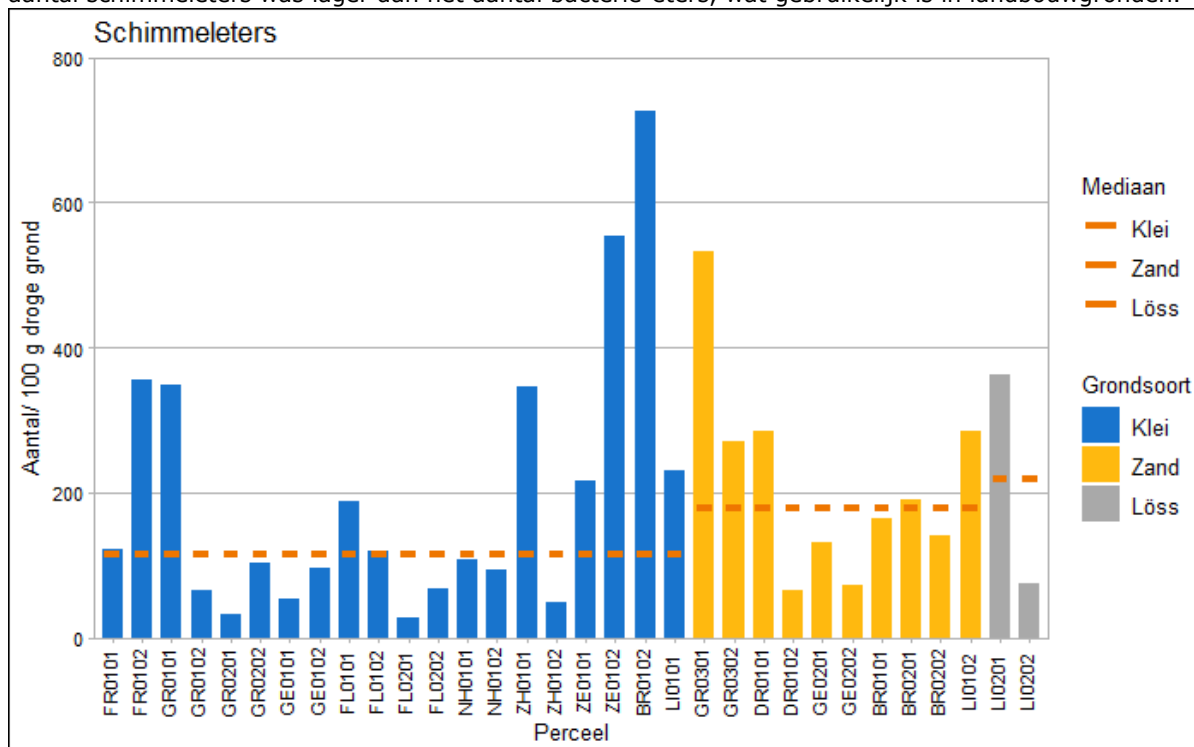
Figuur 3.27 Totaal aantal aaltjes per 100 g droge grond per perceel voor klei- (blauw), zand- (geel) en lössgronden (grijs) in 2021. De mediaan is berekend per grondsoort.

De mediaan van het aantal bacterie-eters per 100 g grond was lager in klei- dan in zandgrond (Figuur 3.28).



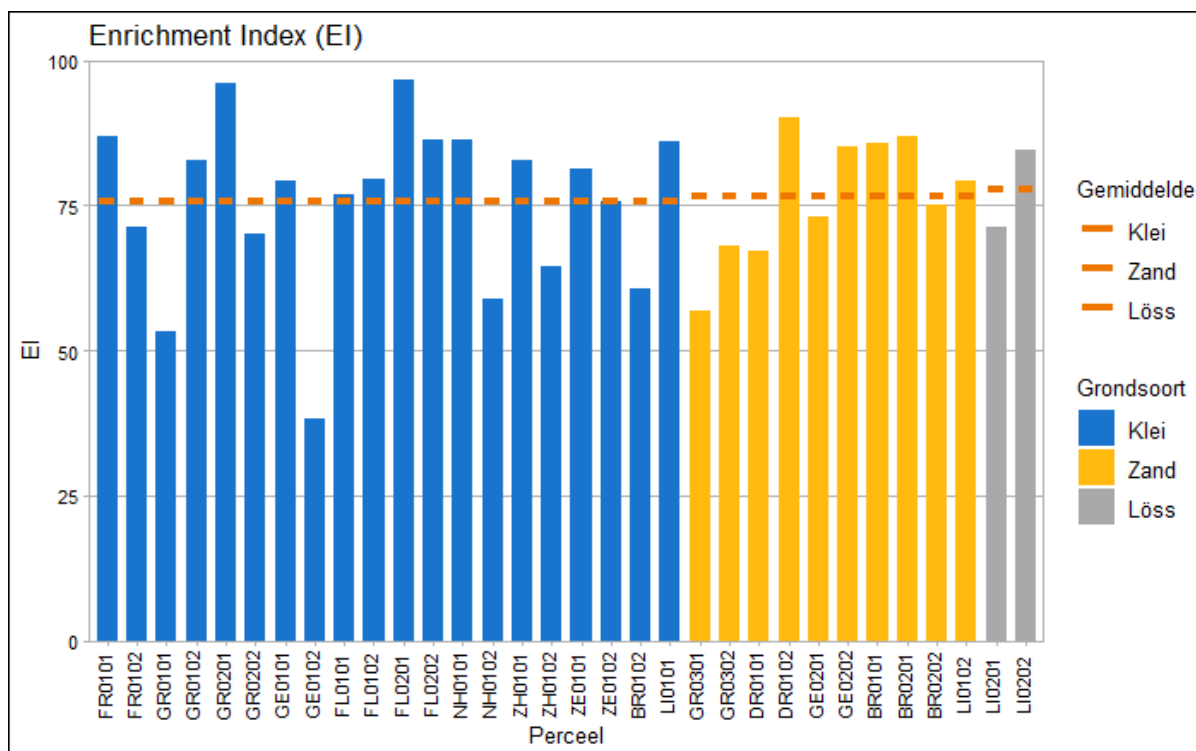
Figuur 3.28 Aantal bacterie-eters per 100 g droge grond per perceel voor klei- (blauw), zand- (geel) en lössgronden (grijs) in 2021. De mediaan is berekend per grondsoort.

De mediaan van het aantal schimmeleters was lager in klei- dan in zandgrond (Figuur 3.29). Het aantal schimmeleters was lager dan het aantal bacterie-eters, wat gebruikelijk is in landbouwgronden.



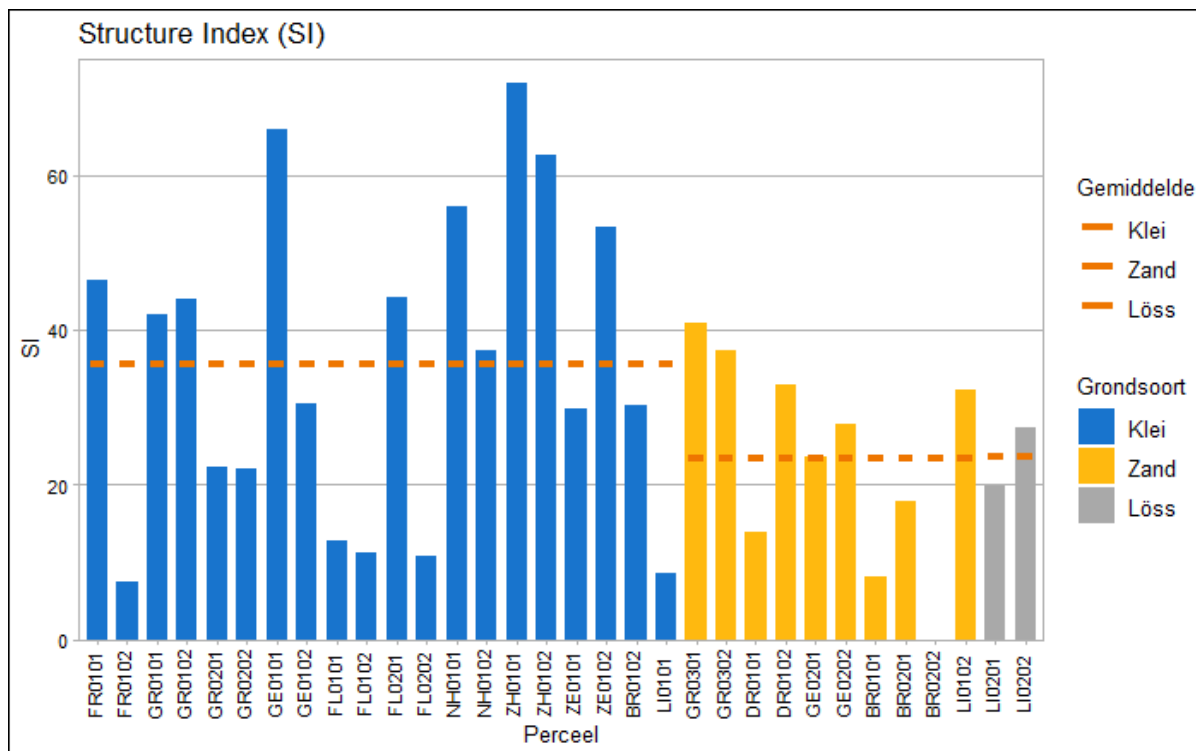
Figuur 3.29 Aantal schimmeleters per 100 g droge grond per perceel voor klei- (blauw), zand- (geel) en lössgronden (grijs) in 2021. De mediaan is berekend per grondsoort.

De EI was voor alle bemonsterde gronden hoog. Er was nauwelijks verschil in gemiddelde EI tussen klei- en zandgronden (Figuur 3.30). Dit geeft aan dat het voedselaanbod voor de aaltjes hoog was. Ook voor de EI was de variatie tussen de bedrijven op kleigrond groter dan tussen de bedrijven op zandgrond.



Figuur 3.30 Enrichment Index (EI) per perceel voor klei- (blauw), zand- (geel) en lössgronden (grijs) in 2021. Het gemiddelde is berekend per grondsoort.

De gemiddelde gevonden SI was vrij laag, waarbij de gemiddelde SI van de kleigronden hoger was dan van de zandgronden (Figuur 3.31). Voor beide grondtypen was de variatie tussen de verschillende bedrijven vrij groot.



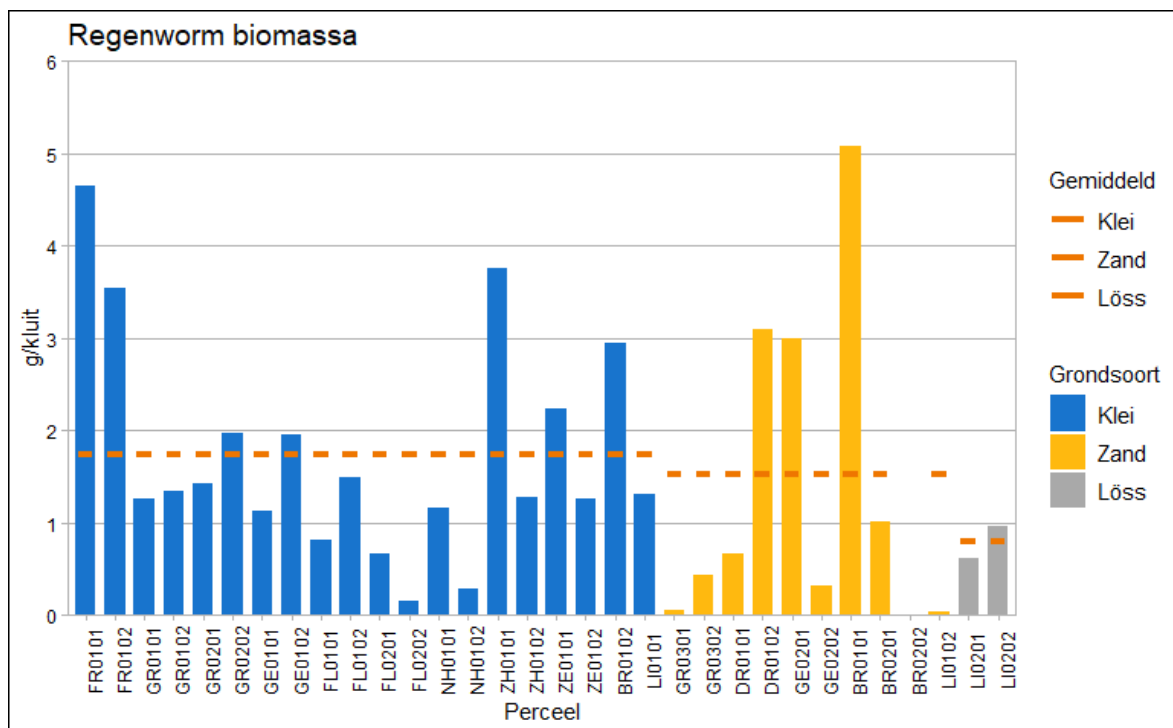
Figuur 3.31 Structure Index (SI) per perceel voor klei- (blauw), zand- (geel) en lössgronden (grijs) in 2021. Het gemiddelde is berekend per grondsoort.

3.4.8 Regenwormen

Regenwormen zijn bekend om hun rol in de afbraak van organisch materiaal, de mineralisatie van nutriënten en het verbeteren van de bodemstructuur. Door deze activiteiten zijn regenwormen betrokken bij het vergroten van de bodemdiversiteit en kunnen ze een positief effect hebben op de plantengroei. In deze studie is daarom zowel het aantal regenwormen als de biomassa en het aantal soorten bepaald (Tabel 3.10 en Figuur 3.32). In 2019 en 2021 is het aantal regenwormen en de biomassa enkel in de plagen (dus voor toediening van AITC, zie bijlage Protocol VI) geanalyseerd en hier getoond. Omdat verschillende soorten actief zijn in verschillende bodemlagen is een diverse gemeenschap van verschillende soorten gunstig voor de bodemvruchtbaarheid.

Tabel 3.10 Resultaten voor regenworm biomassa, aantal regenwormen en aantal soorten gemiddeld per kluit (plag) per perceel in 2021 per grondsoort.

	Klei	Zand	Löss
Regenworm biomassa (g/kluit)	1.7	0.8	1.4
Aantal regenwormen (per kluit)	11.8	4.7	5.9
Aantal soorten (per kluit)	3.4	2.0	1.5



Figuur 3.32 Regenwormbiomassa (g/plag) in alle percelen; gemiddelden zijn berekend per grondsoort

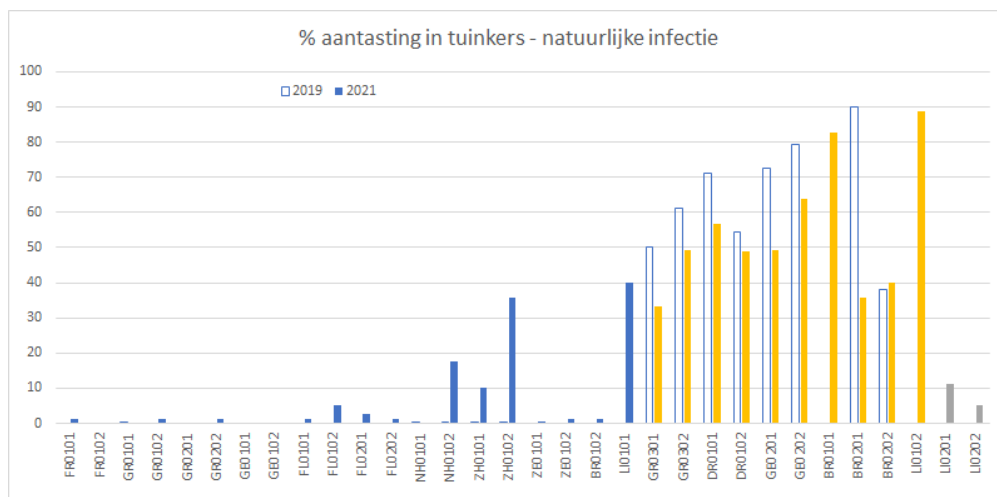
3.4.9 Ziektewering bepaald in biotoetsen

Bodems verschillen in de mate waarin ze ziektes kunnen tegengaan. Bodempathogenen zullen daardoor niet altijd even veel schade veroorzaken bij de teelt van een vatbaar gewas. In een ziektewerende bodem zal een gewas minder snel of minder zwaar aangetast worden door bodemgebonden plantenziekten. Ziektewering kan het gevolg zijn van een ander, diverser of actiever bodemleven. Maar ook organische stof, bodemstructuur en chemische samenstelling kunnen een rol spelen. Ziektewering wordt bepaald door in potproeven een bekende ziekteverwekker aan de grond toe te voegen, waarop daarna een vatbaar gewas gezaaid wordt. Vervolgens wordt er gekeken naar het percentage planten dat ziek wordt na een bepaalde tijd. Binnen het bedrijvensnetwerk zijn twee biotoetsen uitgevoerd, één toets met *Pythium ultimum* besmetting bij tuinkers, en één met *Rhizoctonia solani* besmetting bij jonge suikerbiet plantjes.

Natuurlijke infectie van de grond met *Pythium* komt voor in alle zandgronden en in een beperkt aantal kleigronden (Figuur 3.33).

Ziektewering van de grond voor *Pythium* werd bepaald door in het laboratorium aan alle gronden *Pythium* toe te voegen en dan de aantasting in tuinkers te meten. De hoeveelheid aantasting (percentage zieke zaailingen) die in de tuinkers optreedt is een maat voor de ziektewering. De kleigronden zijn meestal ziektewerder dan de zandgronden (Figuur 3.34). Resultaten verschillen soms tussen 2021 en 2019.

Rhizoctonia ziektewering (Figuur 3.35) treedt minder op en is niet gerelateerd met grondsoort. Een beperkt aantal percelen is ziektewerend, meestal slechts een van de twee percelen van een bedrijf. Het optreden van ziektewering kan sterk verschillen tussen de beide jaren dat de metingen zijn uitgevoerd.



Literatuur

Andriuzzi, W. S., M. M. Pulleman, D. Cluzeau, and G. Pérès (2017). Comparison of two widely used sampling methods in assessing earthworm community responses to agricultural intensification. *Applied Soil Ecology* 119:145-151.

Atlas, R.M. en R. Bartha (1993). *Microbial Ecology. Fundamentals and Applications*, pp. 140-145. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood City, Ca.

Barka, E.A., P. Vatsa, L. Sanchez, N. Gaveau-Vaillant, C. Jacquard, J.P. Meier-Kolthoff, H.P. Klenk, C.

Clément, Y. Ouhdouch en G.P. van Wezel (2016). Taxonomy, Physiology, and Natural Products of >Actinobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 80(1), 1-43. doi:10.1128/mmbr.00019-15.

Bermingham, S., L. Maltby en R. C. Cooke (1995). A critical assessment of the validity of ergosterol as an indicator of fungal biomass. *Mycological Research*, 99(4), pp. 479-484. doi:[https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80650-3](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80650-3).

Binet, F., L. Fayolle, M. Pussard, J. J. Crawford, S. J. Traina en O. H. Tuovinen (1998). Significance of earthworms in stimulating soil microbial activity. *Biology and Fertility of Soils*, 27(1), pp. 79-84. doi:10.1007/s003740050403.

Bloem, J. en A. Vos (2004). Fluorescent staining of microbes for total direct counts. In: Kowalchuk, G.A., De Bruijn, F.J., Head, I.M., Akkermans, A.D.L., Van Elsas, J.D. (Eds), *Molecular Microbial Ecology Manual*, 2nd edition, pp. 861-874. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Bloem, J., A.J. Schouten, S.J. Sørensen, M. Rutgers, A. van der Werf en A.M. Breure (2006). Monitoring and evaluating soil quality. In: Bloem J., Hopkins, D.W., Benedetti, A. (Eds), *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, pp. 23-49. CABI, Wallingford, UK

Bloem, J., M. Veninga en J. Shepherd (1995a). Fully automatic determination of soil bacterium numbers, cell volumes and frequencies of dividing cells by confocal laser scanning microscopy and image analysis. *Applied and Environmental Microbiology* 61: 926-936.

Bloem, J., P.R. Bolhuis, M.R. Veninga en J. Wieringa (1995b). Microscopic methods for counting bacteria and fungi in soil. In "Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry" (K. Alef and P. Nannipieri, editors), pp. 162-173. Academic Press, London.

Bonde, T.A., J. Schnürer en T. Rosswall (1988). Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(4), 447-452. doi:[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90056-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90056-9).

Bongers, T. (1990). The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83, pp. 14-19.

Bongers, T., H. van der Meulen en G. Korthals (1997). Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions. *Appl. Soil Ecol.* 6, pp. 195-199.

Bongiorno, G., J. Postma, E.K. Bünemann, L. Brussaard, R.G.M. de Goede, P. Mäder, L. Tamm en B. Thuerig (2019). Soil suppressiveness to *Pythium ultimum* in ten European long-term field experiments and its relation with soil parameters. *Soil Biology and Biochemistry*, 133, pp. 174-187. doi:10.1016/j.soilbio.2019.03.012

Bongiorno, G., N. Bodenhausen, E.K. Bünemann, L. Brussaard, S. Geisen, P. Mäder, C.W. Quist, J.C. Walser en R.G.M. de Goede (2019). Reduced tillage, but not organic matter input, increased nematode diversity and food web stability in European long-term field experiments. *Molecular Ecology*, 28, pp. 4987-5005. doi: 10.1111/mec.15270

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), pp. 5-32.

Campbell, C.D., S.J. Chapman, C.M. Cameron, M.S. Davidson en J.M. Potts (2003). A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Applied environmental microbiology*, 69(6), pp. 3593-3599.

Canali, S., en A. Benedetti (2006). Soil nitrogen mineralization. In: Bloem J., Hopkins, D.W., Benedetti, A. (Eds), *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, pp. 23-49. CABI, Wallingford, UK, pp. 127-135.

Curtin, D. en C. Campbell (2008). Mineralizable nitrogen. *Soil sampling and methods of analysis*, 2, pp. 599-606.

Daniel, O. en J. M. Anderson (1992). Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm *Lumbricus rubellus* hoffmeister. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(5), 465-470. doi:[https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90209-G](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90209-G).

de Goede R.G.M., Bongers, T. en Ettema, C.H. (1993) Graphical presentation and interpretation of nematode community structure: c-p triangles. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 58(2b), pp. 743-747.

de Haan, J.J., S. Rombout, L. Molendijk, T. Thoden, H. Hoek, P. de Wolf en W. Sukkel (2019). Meten is weten anno 2015. Ontwikkeling van de WUR Minimale Data Set tot 2015 voor het meten van bodemkwaliteit in de open teelten als basis voor verdere ontwikkeling. Wageningen University and Research, WPR-821. doi: 10.18174/511394

de Haan, J.J., E. van den Elsen, S.M. Visser, 2021. Evaluatie van de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0; BLN, versie 1.1 en schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0. Wageningen Research, Rapport WPR-883. 56 blz. doi: <https://doi.org/10.18174/549973>

de Ridder-Duine, A.S., W. Smant, A. van der Wal, J.A. van Veen en W. de Boer (2006). Evaluation of a simple, non-alkaline extraction protocol to quantify soil ergosterol. *Pedobiologia*, 50(4), pp. 293-300. doi: 10.1016/j.pedobi.2006.03.004

Eijkelkamp Soil & Water (2018). Wet Sieving Apparatus - Manual

Eijkelkamp Soil & Water (2020). Penetrologger – Handleiding M-0615SAN. Beschikbaar via: <https://www.eijkelkamp.com/producten/veldmeetapparatuur/penetrologger-set-a.html>

Ferris, H., T. Bongers en R.G.M. de Goede (2001). A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18(1), pp. 13-29. doi: 10.1016/S0929-1393(01)00152-4

Frazão, J., R.G.M. de Goede, T.E. Salánki, L. Brussaard, J.H. Faber, M. Hedde en M. Pulleman (2019). Responses of earthworm communities to crop residue management after inoculation of the earthworm *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758). *Applied Soil Ecology* 142, pp. 177-188.

Ghani, A., M. Dexter en K.W. Perrott (2003). Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. *Soil Biol. Biochem.* 35: pp. 1231-1243. doi: 10.1016/S0038-0717(03)00186-X

Gong, P., X. Guan en E. Witter (2001). A rapid method to extract ergosterol from soil by physical disruption. *Applied Soil Ecology*, 17(3), pp. 285-289. doi: 10.1016/S0929-1393(01)00141-X

Hanegraaf, M.C., H.C. de Boer, N. van Eekeren en D.W. Bussink (2009). Schatting van C- en N-mineralisatie met indicatoren voor labiele organische stof en stikstof. NMI, 1230.

Hassink, J. (1995). Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils. <https://edepot.wur.nl/206831>

Hassink, J., L.A. Bouwman, K.B. Zwart, J. Bloem en L. Brussaard (1993). Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and c and n mineralization in grassland soils. *Geoderma*, 57(1-2), pp. 105-128. doi: 10.1016/0016-7061(93)90150-J

Heinen, M., G. Bakker, en J.H.M. Wösten (2018). Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Wageningen University and Research, 2978.

Kaiser, C., A. Frank, B. Wild, M. Koranda en A. Richter (2010). Negligible contribution from roots to soil-borne phospholipid fatty acid fungal biomarkers 18:2 ω 6,9 and 18:1 ω 9. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(9), 1650-1652. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.05.019>.

Knotters, M., F.M. van Egmond, G. Bakker, D.J.J. Walvoort en F. Brouwer. (2017). A selection of sensing techniques for mapping soil hydraulic properties. Wageningen University and Research, 2853.

Koopmans, C.J. en L. Brands (2002). Ondersteuning van duurzaam bodembeheer - Testkit bodemkwaliteit. Louis Bolk Instituut, 96 p.

Kung, S.P., R. Gaugler en H. K. Kaya (1990). Soil type and entomopathogenic nematode persistence. *Journal of Invertebrate Pathology*, 55(3), pp. 401-406. doi:[https://doi.org/10.1016/0022-2011\(90\)90084-J](https://doi.org/10.1016/0022-2011(90)90084-J).

Kurmies, B. (1949). Determination of humus by the dichromate method without potassium iodide. *Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*, 44, 121 - 125 (Chem. Abstr. 44: 41 79 1950).

Lapied, E., J. Nahmani en G. X. Rousseau (2009). Influence of texture and amendments on soil properties and earthworm communities. *Applied Soil Ecology*, 43(2), pp. 241-249. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.08.004>.

Lemtiri, A. et al. (2014). Impacts of earthworms on soil components and dynamics. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 18.

Lucas, P., R. Smiley en H. Collins (1993). Decline of *Rhizoctonia* root rot on wheat in soils infested with *Rhizoctonia solani* AG-8. *Phytopathology (USA)*. M-0813E, Eijkelkamp, Giesbeek, NL. Beschikbaar via: https://www.eijkelkamp.com/download.php?file=M0813e_

Mahal, N.K., M. J. Castellano en F. E. Miguez (2018). Conservation Agriculture Practices Increase Potentially Mineralizable Nitrogen: A Meta-Analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 82(5), pp. 1270-1278. doi:<https://doi.org/10.2136/sssaj2017.07.0245>.

Müller, K., S. Marhan, E. Kandeler en C. Poll (2017). Carbon flow from litter through soil microorganisms: From incorporation rates to mean residence times in bacteria and fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 115, pp. 187-196. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.08.017>.

NEN 5753 en/of ISO 11277 - Bepaling van het lutumgehalte en de korrelgrootteverdeling in grond en waterbodem met behulp van zeef en pipet.

NEN-EN-ISO 11272:2017 - Bepaling van de droge bulkdichtheid

Nimmo, J.R. en K.S. Perkins (2002). Aggregate Stability and Size Distribution. In: J.H. Dane & G.C. Topp (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods*, pp. 317-328. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Postma J. en M. T. Schilder (2015). Enhancement of soil suppressiveness against *Rhizoctonia solani* in sugar beet by organic amendments. *Applied Soil Ecology*, 94, pp. 72-79.

Postma, J. M. T. Schilder, J. Bloem en W. K. van Leeuwen-Haagsma (2008). Soil suppressiveness and functional diversity of the soil microflora in organic farming systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(9), pp. 2394-2406.

Postma, J. R.W.A. Scheper, M.T. Schilder, 2010. Effect of successive cauliflower plantings and *Rhizoctonia solani* AG 2-1 inoculations on disease suppressiveness of a suppressive and a conducive soil. *Soil Biology & Biochemistry* 42: pp. 804-812.

Reijneveld, J.A., M. Knotters, K. Tueling, D. van Tol-Leenders, J.P. Lesschen, J. van der Kolk & P.J. Kuikman (in druk). Het aandeel bodemorganische koolstof (SOC) in bodemorganische stof (SOM); Een eerste verkenning. CCNL project (in progress).

Rutgers, M., C. Mulder, A.J. Schouten, J. Bloem, J.J. Bogte, A.M. Breure, L. Brussaard, R.G.M. de Goede, J.H. Faber, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, G. Korthals, F.W. Smeding, C. ter Berg en N. van Eekeren (2008). Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond 2008. Soil ecosystem profiling in the Netherlands with ten references for biological soil quality. RIVM, 607604009.

Schlatter, D., L. Kinkel, L. Thomashow, D. Weller en T. Paulitz (2017). Disease suppressive soils: new insights from the soil microbiome. *Phytopathology*, 107(11), pp. 1284-1297.

Schouten, A.J., J. Bloem, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel en M. Rutgers (2002). Bodembioologische Indicator 1999: Ecologische kwaliteit van graslanden op zandgrond bij drie categorieën melkveehouderijbedrijven. RIVM, 607604003.

Sebag, D., E.P. Verrecchia, L. Cécillon, T. Adatte, R. Albrecht, M. Aubert, F. Bureau, G. Gailleau, Y. Copard, T. Decaens, J.R. Disnar, M. Hetényi, T. Nyilas en L. Trombino (2016). Dynamics of soil organic matter based on new Rock-Eval indices. *Geoderma*, 284, p. 185-203.

Sebag, D., J.R. Disnar, B. Guillet, C. Giovanni, E.P. Verrecchia en A. Durand (2006). Monitoring organic matter dynamics in soil profiles by 'Rock-Eval pyrolysis': bulk characterization and quantification of degradation. *European Journal of Soil Science*, 57, p. 344-355.

Sparling, G.P. (1992). Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, 30(2), 195-207. doi: 10.1071/SR9920195

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer [STOWA] (1997). Bepaling van organische stof, gloeirest en organische koolstof. Beschikbaar op <https://www.stowa.nl/publicaties>

Todorova, M., R.S. Llieva, en S. Atanassova (2009). Determination of soil organic carbon using near-infrared. *Agricultural science and technology*.

van den Elsen, H.G.M., M. Knotters, M. Heinen, P.F.A.M. Römkens, J. Bloem en G.M. Korthals (2019). Noodzakelijke indicatoren voor de beoordeling van de gezondheid van Nederlandse landbouwbodems;

selectie van fysische, chemische en biologische indicatoren voor het meten van de bodemgezondheid. Wageningen University and Research, 2944.

van Eekeren, N. en J. Bokhorst (2009). Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond: een inventarisatie van bodemindicatoren in de veehouderij. Louis Bolk Instituut, LV77.

van Eekeren, N., J. Deru, N. Hoekstra en J. de Wit (2018). Carbon valley: organische stofmanagement op melkveebedrijven. Louis Bolk Instituut, kenmerk: 2018-002LBD.

van Os G. en J. van Ginkel (2001). Suppression of Pythium root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(11), pp. 1447-1454.

van Os, G., A. Straathof, J. Bloem, W. van den Berg, en E. Hoffland (2016). Een indicator voor bodemweerbaarheid. *Gewasbescherming*, 17(3).

van Tol-Leender, D., M. Knotters, W. de Groot, P. Gerritsen, A. Reijneveld, F. van Egmond, H. Wösten en P. Kuikman (2019). Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018): CC-NL. Wageningen University and Research, 2974. <https://doi.org/10.18174/509781>

Weil, R.R., K.R. Islam, M.A. Stine, J.B. Gruver, and S.E. Samson-Liebig. 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *Am. J. of Alt. Agric.* 18, pp. 3–17. doi:10.1079/AJAA2003003
Wet_sieving_apparatus_d495.pdf

Yakushev, A.V., I. A. Bubnov en A. M. Semenov (2011). Estimation of the effects of earthworms and initial substrates on the bacterial community in vermicomposts. *Eurasian Soil Science*, 44(10), pp. 1117. doi:10.1134/S1064229311100164.

Zaborski, E.R. (2003). Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellant for sampling earthworms. *Applied Soil Ecology* 22:87-95.

Zhao, X.R., Q. Lin en P. C. Brookes (2005). Does soil ergosterol concentration provide a reliable estimate of soil fungal biomass? *Soil Biology and Biochemistry*, 37(2), pp. 311-317. doi:<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.041>.

Zwart, K.W. (2007). Mineralisatie van mest en organische stof in de bodem – een indicator op basis van (bio) chemische parameters. Alterra, 1504.

Bijlage 1 Teeltregistratie van de meetlocaties

Over het bodembeheer van de meetlocaties zijn er per perceel de volgende gegevens verzameld:

- Doelen van de ondernemer
- Bouwplan
- Perceelsgegevens
 - Oppervlakte (in ha);
 - Drainafstand (in m);
 - Draindiepte (in cm);
- Bodemgebonden ziekten, plagen en aaltjes
 - Ziekten;
 - Plagen;
 - Aaltjes;
 - Onkruiden
- Teeltgegevens
 - Gewas:
 - Ras (en motivatie);
 - Tijdstip zaaien/poten (datum);
 - Hoeveelheid zaaizaad/pootgoed (in kg/ha);
 - Organische mest en reststromen:
 - Mestsoort;
 - Gift (in m³/ha of ton/ha);
 - Samenstelling (mestanalyses);
 - Groenbemester:
 - Samenstelling (en motivatie);
 - Hoeveelheid zaaizaad (in kg/ha);
 - Grondbewerking methode;
 - Diepte grondbewerking (in cm);
 - Tijdstip grondbewerking (datum);
 - Omstandigheden
 - Onkruidbestrijding:
 - Middel;
 - Dosering (in kg/ha);
 - Tijdstip (datum);
 - Berekening:
 - Methode;
 - Tijdstip (datum);
 - Hoeveelheid (in mm);
 - Oogst:
 - Tijdstip (datum);
 - Opbrengst (in ton/ha);
 - Kwaliteit.

Bijlage 2: Beschrijving van indicatoren

Indicatoren met een * zijn opgenomen in de BLN (Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland, Hanegraaf et al., 2019), inclusief de daarin vermelde referentiewaarden.

Organische stof indicatoren

Naam indicator	OS-gehalte*
Doel	Het organisch stofgehalte in de bodem vaststellen
(Meet)eenheid	Percentage (kwantiteitsindicator)
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen officieel vastgestelde streefwaarden voor het percentage organische stof. Een vuistregel voor een minimaal organische-stofgehalte is: $1,5 + 0,1 \cdot \text{lutum\%}$ (b.v. bij 15% lutum, minimaal 3% o.s.). Het gewenste percentage organische stof verschilt dus per grondsoort. In het BLN zijn referentiewaarden beschikbaar voor het organisch stof gehalte gemeten met de gloeiverliesmethode.
Stuurbaarheid	Gering. Er moeten zeer grote hoeveelheden organisch materiaal worden aangevoerd of afgevoerd om een meetbaar verschil in de bodem te kunnen aantonen.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Gloeiverlies: Een monster wordt verast bij 550°C gedurende 4 uur en het gewichtsverlies door verbranding wordt toegerekend aan de hoeveelheid organische stof (Hoogsteen, 2015, 2018). Deze methode berekent op directe wijze de organische stof en wordt daarom veel gebruikt als referentiemethode (STOWA, 1997). De analyse is, zonder kleicorrectie, uitgevoerd door het Soil Biology Laboratory. <u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om de bodem organische stof te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.
Omschrijving	Organische stof speelt een belangrijke rol bij tal van bodemeigenschappen en -processen. Hierbij kan je denken aan nutriëntenlevering en -buffering (ook wel bodemvruchtbaarheid genoemd), lucht- en waterhuishouding en aggregaatstabiliteit (denk hierbij aan bodemstructuur) en het dienen als bron van voedsel voor het bodemleven.

Naam indicator	C-gehalte*
Doel	Vaststellen totale hoeveelheid koolstof in de bodem
(Meet)eenheid	Percentage (kwantiteitsindicator)
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen officieel vastgestelde streef- of referentiewaarden.
Stuurbaarheid	Gering. Er moeten zeer grote hoeveelheden organisch materiaal worden aangevoerd om een meetbaar verschil in de bodem te kunnen aantonen.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Kurmies: Deze methode maakt gebruik van natte oxidatie met dicromaat. Kurmies (1957) beschreef een dergelijke methode, welke hiervoor is toegepast. De analyse is uitgevoerd door het Soil Biology Laboratory.

<u>Alternatief</u>	
NIRS:	
Omschrijving	Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om de bodem organische koolstof te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.Rock Eval:
	Met behulp van een Flame Ionization Detector en infrarooddetectoren worden vrijkomende koolwaterstof en koolstofmonoxide- en dioxide gemeten gedurende een oxidatie en pyrolyse fase (Sebag et al., 2006).
Naast het organische stofgehalte is het belangrijk om het koolstofgehalte in de bodem te bepalen. Dit onder andere met het oog op karakterisatie van de kwaliteit van organische stof en koolstofvastlegging in de bodem in relatie tot klimaatverandering (klimaatmitigatie).	
Naam indicator	CINOS
Doel	Het aandeel koolstof in de organische stof vaststellen.
(Meet)eenheid	Ratio
Streef- en/of referentiewaarden	De maat varieert tussen de 0,40 en 0,55; hogere waarden (tot 0,71) zijn gerapporteerd.
Stuurbaarheid	Gering
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	Berekende waarde. De maat wordt berekend uit het C-gehalte en het OS% (Reijneveld, in press).
Omschrijving	CINOS is een maat voor de kwaliteit van de organische stof. Een hoger gehalte aan koolstof is een stabielere stof.
Naam indicator	C/Norg-ratio
Doel	De verhouding tussen koolstof en stikstof vaststellen.
(Meet)eenheid	Ratio
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen streef- of referentiewaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Beperkt, via de N-bemesting en de aanvoer van organische stof kan gestuurd worden op de C/N-ratio.
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	Berekende waarde. De maat wordt berekend uit het C en Norg-gehalte.
Omschrijving	<u>Klassiek</u>
	Berekend uit C (Kurmies) en N-organisch.
	<u>Alternatief</u>
	Berekend uit C (NIRS) en N-totaal (NIRS), dus geen Norg.
De C/N-ratio is een indicatie voor de stabiliteit van de humus in de bodem en snelheid van N-mineralisatie uit de bodem organische stof.	
Naam indicator	Actieve fracties*
Doel	De actieve fracties van organische stof vaststellen.
(Meet)eenheid	mg kg ⁻¹
Streef- en/of referentiewaarden	Voor de actieve fractie gemeten met HWC zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (500), akkerbouw op zand (500-2000) en melkveehouderij op zand (700-2300) (Hanegraaf en van Alendonk, 2017). Voor de POXC methode zijn geen referentiewaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Redelijk, via organische bemesting, bekalking en bodembewerking.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<i>Hot water extractable carbon (HWC):</i> HWC werd bepaald als de hoeveelheid opgelost organische koolstof die vrijkomt tijdens incubatie van een grondmonster in heet water gedurende 16 uur bij 80°C

	(Ghani et al. 2003). Dit kan worden gezien als het lichtste oplosmiddel. HWC zou een maat zijn voor de meest makkelijke afbreekbare organische stof. Deze analyse is uitgevoerd door WUR OT en SBL. <i>Oxidatie in permanganaat (POXC):</i> POXC werd bepaald met behulp van permanganaat (Weil et al., 2003), een sterker extractiemiddel dan water. De POXC-fractie zou groter kunnen zijn dan de HWC fractie en ook iets moeilijker afbreekbaar materiaal bevatten. De analyse is uitgevoerd door het CBLB. Omschrijving Van de omvang van de actieve fracties wordt gedacht dat deze een indicator kunnen zijn voor mogelijke veranderingen in het totale gehalte aan organische stof in de bodem, voordat deze verandering meetbaar is in het totale gehalte (Sparling, 1992). Bovendien vertoont de HWC een sterke correlatie met de bodemstructuur (Ghani, 2003), de N-mineralisatie (Hanegraaf et al., 2010) en de bodemweerbaarheid (van Os et al., 2015).
Naam indicator	Rock-Eval
Doel	Organisch materiaal karakteriseren.
(Meet)eenheid	Index
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen vastgestelde referentie of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Niet bekend
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	Met behulp van een Flame Ionization Detector en infrarooddetectoren worden vrijkomende koolwaterstof en koolstofmonoxide- en dioxide gemeten gedurende een oxidatie en pyrolyse fase. Verschillende fracties worden onderscheiden en omgerekend tot de I/R-index, volgens de methodiek zoals omschreven door Sebag et al. (2016).
Omschrijving	Een nieuwe methode voor gebruik in landbouwgrond is van de Rock Eval, een pyrolyse meting waarbij de verbranding wordt gemeten bij toenemende temperatuur. Hiermee wordt een beeld verkregen van de langdurige vastlegging van koolstof in de bodem, uitgedrukt met de I- en de R-index (I=immature, 'onrijp' R = resistant). De I-index wordt verkregen door de logaritme van een tussenuitkomst te nemen, een getal tussen 0 en 1; de logaritme van een dergelijk klein getal is negatief. De verhouding tussen de I- en de R-index geeft aan in hoeverre het materiaal is verteerd en is een maat voor de rijpheid, de leeftijd van de organische stof in de bouwvoor.
Naam indicator	Afbraaksnelheid
Doel	Schatten van de perceelspecifieke afbraaksnelheid (jaarbasis).
(Meet)eenheid	g C per kg grond
Streef- en/of referentiewaarden	Een algemene vuistregel is 2% per jaar.
Stuurbaarheid	Via bekalking en N-bemesting
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Aerobe incubatie: Een tijdreeks van CO₂-emissies is vastgesteld middels een aerobe incubatie onder gestandaardiseerde condities (Zwart, 2003). De analyse is uitgevoerd over een periode van 112 dagen, door het SBL. <u>Alternatief</u> Modelmatig: De afbraaksnelheid per jaar, en de omvang van de stabiele en een afbreekbare pool organische stof is geschat uit de C/N-ratio en het N-gehalte van de grond. Het model hiervoor is in eerder onderzoek geparameteriseerd uit een tijdreeks van CO₂-emissie in een aerobe incubatie (Hanegraaf et al., 2019).
Omschrijving	Elk jaar breekt de in de bouwvoor aanwezige organische stof af, in minerale gronden met ongeveer 2%. Perceelsfactoren kunnen hierop van invloed zijn. Meer afbraak kan betekenen dat er meer stikstof beschikbaar komt, maar ook leiden tot

daling van het OS%. Minder afbraak kan gunstig zijn voor het OS%, maar ook inhouden dat stikstof wordt vastgelegd en dus minder beschikbaar is.

Naam indicator	Afbraakcapaciteit
Doel	Indicatie van de afbraak
(Meet)eenheid	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{u}^{-1}$
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen streef- of referentiewaarden bekend.
Stuurbaarheid	
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	MicroResp. Deze methode bestaat uit toediening van enkele substraten (organische stof) die verschillen in afbreekbaarheid, van moeilijk (bijv. lignine) tot makkelijk (bijv. glucose) aan de grond en meting van de CO ₂ die ontwijkt (Campbell et al., 2003). De analyse is uitgevoerd door WUR Open Teelten Lelystad.
Omschrijving	Elke bodem heeft een kenmerkende samenstelling aan bodemleven, waaronder bacteriën en schimmels (microbiële biomassa). Deze organismen zijn betrokken bij het afbraakproces van organische stof. De samenstelling van de microbiële biomassa is mede bepalend welke soorten organische stof kunnen worden afgebroken en in welke mate.

Naam indicator	Mineralisatie van stikstof
Doel	Potentiele mineralisatie van stikstof vaststellen.
(Meet)eenheid	mg N per kg grond
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen referentie- of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Via bekalking, bemesting en grondbewerking.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	De potentiële mineralisatie is in het lab gemeten worden door middel van een aerobe incubatie waarbij op twee tijdstippen het gehalte aan nitraat en ammonium wordt gemeten en opgeteld tot N _{min} . Het verschil tussen beide tijdstippen is de N-mineralisatie over die periode. Het resultaat is mede afhankelijk van de aanwezigheid van meststoffen, groenbemester en gewasresten. Voor deze meetronde zijn de tijdstippen t=0 en t=112 d. aangehouden. De analyse is uitgevoerd door het Soil Biology Laboratory.
Omschrijving	Bij de omzettingen van organische stof in de bodem (grond + gewasresten, groenbemesters en organische meststoffen) komt stikstof vrij.

Chemische indicatoren

Naam indicator	pH*
Doel	Het vaststellen van de zuurgraad.
(Meet)eenheid	De zuurgraad wordt weergegeven als pH. Dit is de absolute waarde van de negatieve logaritme van de concentratie H ⁺ ionen.
Streef- en/of referentiewaarden	Afhankelijk van grondsoort, organische stof percentage en bouwplan. De streefwaarden staan in het "Handboek bodem en Bemesting".
Stuurbaarheid	Op kalkarme gronden (pH <7) is de pH goed stuurbaar via bekalking. Op kalkrijke gronden (pH >7) is de pH niet stuurbaar (verhoging is niet nodig, verlaging lukt niet).
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u>

	Chemische extractiemethode (CaCl₂): Elektrometrische bepaling van de pH in een suspensie van 1 gewichtsdeel grond en 5 volumedelen 0,01 M CaCl. Deze methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000). <u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om de pH te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.
Omschrijving	De zuurgraad is van invloed op onder andere de beschikbaarheid van nutriënten in de bodem voor opname door een gewas. Daarnaast beïnvloedt de zuurgraad ook het bodemleven (o.a. activiteit), afbraak van organische stof en de structuur van de bodem.
Naam indicator	N-totaal*
Doel	Vaststellen totale hoeveelheid stikstof in de bodem
(Meet)eenheid	mg N per kg grond/ kg ha ⁻¹
Streef- en/of referentiewaarden	Referentiewaarden (kg ha ⁻¹) zijn beschikbaar voor akkerbouw op klei (3110-3890) en melkveehouderij op zand (1410-2060).
Stuurbaarheid	beperkt. Het overgrote deel van N totaal in de bodem bevindt zich in de organische stof.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> N-totaal wordt bepaald door 1 volumedeel grond te mengen met 2 volumedelen extractiemiddel (0,01 M CaCl₂). Spectrofotometrische bepaling van NH₄ bij 660 nm na omzetting tot een gekleurd indofenol-complex. Spectrofotometrische bepaling van NO₃/NO₂ bij 530 nm na reductie van nitraat tot nitriet door hydraziniumsulfaat en omzetting tot een gekleurd diazo-complex (HBB). Deze methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000). <u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om N-totaal te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.
Omschrijving	Stikstof (N) is één van de essentiële nutriënten voor plantengroei en – ontwikkeling. N-totaal bestaat uit stikstof wat voor het grootste deel (ca. 99%) in organisch materiaal aanwezig is en daarmee niet direct beschikbaar is voor opname door een gewas. De totale hoeveelheid stikstof wordt samen met de C/N-quotiënt gebruikt om het stikstof leverend vermogen (NLV) van de bodem te berekenen.
Naam indicator	Fosfaatstatus*
Doel	De fosfaattoestand, voorraad en beschikbaarheid vaststellen.
(Meet)eenheid	Mg 100 ml ⁻¹ (Pw), kg ha ⁻¹ (P-CaCl ₂), kg ha ⁻¹ of mg P ₂ O ₅ 100 g ⁻¹ (P-Al)
Streef- en/of referentiewaarden	Voor het Pw-getal zijn streefwaarden beschikbaar voor akkerbouw op zeeklei en zeezand (25) en overige grondsoorten (30). Voor de fosfaatvoorraad (P-Al, mg P ₂ O ₅ 100 g ⁻¹) zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (31-62), akkerbouw op zand (34-75), melkveehouderij op klei (19-57) en melkveehouderij op zand (30-90). Voor de fosfaatbeschikbaarheid (P-CaCl ₂ , kg ha ⁻¹) zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (5,4-9,1) en melkveehouderij op zand (2,8-4,1).
Stuurbaarheid	Redelijk. Er is een evenwicht in de bodem tussen de verschillende P-pools. Fosfaatbemesting verhoogt de hoeveelheid snel beschikbaar P voor de korte termijn (het eerste groeiseizoen). Op langere termijn komt de P in stabielere pools terecht en is dan niet snel meer beschikbaar.

Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Pw-getal: Het Pw wordt bepaald door 1 volumedeel luchtdroge grond te mengen met 60 volumedelen water van 20 °C. Spectrofotometrische bepaling van P₂O₅ bij 700 nm na kleuring met ammoniummolybdaat, tinchloride en zwavelzuur (HBB). <u>Alternatief</u> P-CaCl₂ getal: Het P-CaCl₂ getal wordt bepaald door 1 volumedeel monster te mengen met 10 volumedelen extractievloeistof (calciumchloride 0,01M). Spectrofotometrische bepaling van P bij 880 nm na kleuring met ammoniummolybdaat, antimoon en ascorbinezuur (HBB). Deze methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000). P-Al getal: Het P-Al getal wordt bepaald door 1 gewichtsdeel monster te mengen met 20 gewichtsdelen extractievloeistof (ammoniumlaxtaat-azijnzuur met pH 3,75). Spectrofotometrische bepaling van P₂O₅ bij 880 nm na kleuring met ammoniummolybdaat, antimoon en ascorbinezuur (HBB).
Omschrijving	Fosfor is ook één van de essentiële nutriënten voor plantengroei en -ontwikkeling. Bij bemestingsadviezen voor het bepalen van de fosfaatgift wordt rekening gehouden met de fosfaattoestand (fosfaatstatus) in de bouwvoor van de bodem en de gewasbehoefte. Er bestaan verschillende chemische extractiemethoden om de fosfaattoestand van een bodem te karakteriseren.
Naam indicator	Kaliumstatus*
Doel	Kaliumbeschikbaarheid en voorraad vaststellen.
(Meet)eenheid	mg 100 g ⁻¹ (klassiek), mmol+ kg ⁻¹ of kg ha ⁻¹ (NIRS), kg ha ⁻¹ (kali beschikbaar).
Streef- en/of referentiewaarden	Voor de klassieke methode voor de kali voorraad zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (16-20) en akkerbouw op zand (13-17). Voor de alternatieve methode (NIRS) voor de kali voorraad zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (335-475) en melkveehouderij op zand (155-215). Voor de beschikbaarheid van kali zijn referentiewaarden beschikbaar voor akkerbouw op klei (210-330) en melkveehouderij op zand (95-135).
Stuurbaarheid	goed, door kalibemesting.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie het protocol van Korthals en Barel (2019).
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Kali voorraad (K-CEC): De kali voorraad wordt bepaald door 1 gewichtsdeel grond te mengen met 10 gewichtsdelen extractievloeistof (0,1M HCl en 0,4M oxaalzuur). K₂O wordt bepaald via vlamfotometrie (HBB). <u>Alternatief</u> NIRS: Maakt gebruik van elektromagnetische spectra (300-2500 nm) die organische en minerale verbindingen absorbeert (Todorova et al., 2009). Vervolgens wordt een kalibratiemethode gebruikt om kali te bepalen. Een overzicht van deze toepassingen wordt gegeven door Knotters et al. (2017). De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro. Kali beschikbaar (K-PAE): Een bepaling door middel van een extractie in CaCl₂. Deze methode wordt nader toegelicht in het protocol zoals omschreven door Houba et al. (2000).
Omschrijving	Kalium is, net zoals fosfor en stikstof, één van de essentiële nutriënten voor plantengroei en -ontwikkeling. Er bestaan verschillende chemische extractiemethoden om de kaliumtoestand van de bodem te bepalen.

Fysische indicatoren

Naam indicator	Watervasthoudend vermogen*
----------------	----------------------------

Doel	Het watervasthoudend vermogen vaststellen.
(Meet)eenheid	De zuigkracht waarmee grond vocht vasthoudt, wordt logaritmisch uitgedrukt met de pF.
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn referentiewaarden beschikbaar voor klei (0,24) en zand (0,19).
Stuurbaarheid	Redelijk, via verbetering van de bodemstructuur.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	
Methodiek bemonstering	Ringmonster in profielkuil op 10-15 en 30-35cm (Bijlage 3).
Methodiek analyse	Het watervasthoudend vermogen is vastgesteld bij veldcapaciteit (pF 2.0). Het watervasthoudend vermogen van een bodem is het verschil van volumetrisch vochtgehalte tussen drukhoogten pF 2.0 en pF 4.2 op de waterretentiekarakteristiek (pF curve). Dit watervasthoudend vermogen is afhankelijk van textuur en structuur van een bodem. Er moet onderscheid worden gemaakt tussen bodemtypen. De analysemethode wordt omschreven door van den Elsen et al. (2019) en Heinen et al. (2018).
Omschrijving	Het watervasthoudend vermogen van de bodem is een maat voor de hoeveelheid vocht dat de bodem kan vasthouden in de poriën van een bepaalde laag. Deze indicator geeft inzicht in de hoeveelheid vocht dat beschikbaar is voor een gewas. Grond is verzadigd (pF=0), als alle poriën (klein en groot) gevuld zijn met water. Door de zwaartekracht zal het water uit de grote poriën lopen tot een pF van 1,8 (zand), komt overeen met een grondwaterstand van 60 cm onder het maaiveld, of 2,5 (klei) is bereikt. Dit is de veldcapaciteit van een bodem. Met de zogenoemde zandbak-methode kan de pF tot een drukhoogte van 2 bepaald worden.
Naam indicator	Aggregaat stabiliteit*
Doel	Het bepalen van de stabiliteit van de bodem aggregaten.
(Meet)eenheid	De aggregaat stabiliteit wordt uitgedrukt in de water stabiele aggregaten index (WSA-index).
Streef- en/of referentiewaarden	Voor de aggregaat stabiliteit zijn geen referentie- of streefwaarden bekend.
Stuurbaarheid	
Meetfrequentie in de tijd	
Meetfrequentie ruimtelijk	
Methodiek bemonstering	Zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	De aggregaat stabiliteit wordt bepaald met de Natte Zeef Methode van Eijkelkamp (gebaseerd op de standaard DIN 19683-16). Deze methode kijkt naar de structurele aggregaatstabiliteit van de grond gebaseerd op de textuur en organische stof. Tijdelijke aggregaatstabiliteit door beworteling en bodemleven wordt bij deze methode buiten beschouwing gelaten. Voor een gedetailleerde omschrijving, zie Nimmo & Perkins (2002) of Eijkelkamp (2018).
Omschrijving	De aggregaat stabiliteit geeft aan in welke mate de bodemaggregaten, en daarmee de bodemstructuur, bestand zijn tegen verstoringen in of op de bodem. Verstoringen zijn onder andere menselijke handelingen zoals grondbewerking en bodemberijding, maar ook natuurlijke invloeden zoals neerslag, wind en temperatuur (bijvoorbeeld zwellen en krimpen). De aggregaatstabiliteit wordt bepaald door zowel chemische (bijv. CEC), fysische (bijv. textuur) als biologische indicatoren (bijv. 'samenkitten' van bodemdeeltjes).
Naam indicator	Aggregaat grootte verdeling
Doel	Het bepalen van de grootte van de geaggregeerde bodemdeeltjes.
(Meet)eenheid	Mm
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen streef- of referentiewaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Via de algehele bodemstructuur.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	
Methodiek bemonstering	Zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	De structuur wordt beoordeeld op basis van een protocol gebaseerd op Field Guide Visual Soil Assessment (VSA) voor Annual Crops van de FAP (Shepherd,). De kluit van 0-25 cm wordt maximaal 3x (als kluiten onvoldoende uit elkaar vallen) vanaf 1 meter hoogte op een vlakke ondergrond laten vallen. De mate waarin de kluit uit

	elkaar valt wordt beoordeeld. De kluitjes worden gerangschikt naar grootte. De score 2 (goed) wordt gegeven voor een kluit die uiteenvalt in een groot aandeel kruimels en enkele afgeronde structuren. De score 1 (gemiddeld) wordt gegeven als een kluit voor ongeveer 50% uiteenvalt in kruimels en verder in afgeronde en enkele scherpe structuren. De score 0 (slecht) wordt gegeven als de kluit uiteenvalt in voornamelijk kluiten (scherp of afgerond). Teveel fijne aggregaten kan een indicatie zijn voor meer slompgevoeligheid.
Omschrijving	
Naam indicator	Textuur*
Doel	Het vaststellen van de bodemtextuur
(Meet)eenheid	%
Streef- en/of referentiewaarden	Omdat de bodemtextuur nauwelijks te beïnvloeden is door management, zijn er geen referentie- of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Niet, de bodemtextuur is een van de meest onveranderlijke eigenschappen.
Meetfrequentie in de tijd	
Meetfrequentie ruimtelijk	
Methodiek bemonstering	
Methodiek analyse	De textuurindeling, ook wel textuurclassificatie, van een bodem is gebaseerd op de korrelgrootte verdeling van klei (<2 µm), silt (2-50 µm) en zand (50-2000 µm). <u>Klassiek</u> Pipetmethode: Het protocol van deze analyse wordt omschreven in NEN 5753. De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro. <u>Alternatief</u> NIRS: De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.
Omschrijving	Met textuur worden de minerale deeltjes bedoeld waaruit de bodem is opgebouwd. Textuur is een van de meest onveranderlijke (inherente) eigenschappen van de bodem. De textuur is van invloed op zowel chemisch, fysische en biologische bodemeigenschappen, zoals de buffering van kationen (CEC) en het watervasthoudend vermogen.
Naam indicator	Indringingsweerstand*
Doel	Het vaststellen van de indringingsweerstand van de bodem.
(Meet)eenheid	Mpa
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde is vastgesteld op 2 à 3 Mpa.
Stuurbaarheid	De indringingsweerstand is te beïnvloeden door het opheffen van bodemverdichting.
Meetfrequentie in de tijd	Regelmatig
Meetfrequentie ruimtelijk	5 steken per locatie in een straal van 1 à 2 meter, het protocol is omschreven in Tol-Leenders et al. (2019).
Methodiek bemonstering	Door middel van een penetrometer, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	De methodiek is omschreven in de handleiding van Eijkelkamp (2020).
Omschrijving	De indringingsweerstand is de weerstand die een wortel ondervindt in de bodem. Met de indringingsweerstand kan vastgesteld worden of en waar verdichte lagen in de bodem voorkomen. De indringingsweerstand geeft een indicatie van de bodemverdichting en daarmee ook inzicht in de doorlaatbaarheid (bijv. waterinfiltratie) en doordringbaarheid (bijv. bewortelbaarheid) van de bodem.
Naam indicator	Droge bulkdichtheid*
Doel	Het bepalen van de bulkdichtheid, mede voor de bepaling van overige indicatoren.
(Meet)eenheid	Gram per cm ³
Streef- en/of referentiewaarden	Voor droge bulkdichtheid is deze voor zand, lichte en matig zware zavelgronden (<17.5 % lutum) 1.6 g/cm ³ . Voor zware zavel- en kleigronden (>17.5 % lutum) is deze afhankelijk van het klei of lutumgehalte van een bodem volgens 1.75-0.009*lutum.
Stuurbaarheid	De droge bulkdichtheid wordt beïnvloed door de bodemstructuur en door het organisch stofgehalte.
Meetfrequentie in de tijd	Verandert door grondbewerking en teelt van gewassen.
Meetfrequentie ruimtelijk	Op diverse plaatsen in het perceel, kan op korte afstand variëren.

Methodiek bemonstering	Door middel van ringmonsters op een diepte van 12,5cm en 30cm, zie het protocol in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Een omschrijving van het protocol voor het steken van ringen wordt omschreven in NEN-EN-ISO 11272:2017. De analyse is uitgevoerd door WUR Open Teelten Lelystad. <u>Alternatief</u> Drogen en wegen van de inhoud van een guts over een gekozen diepte (van Tol-Leenders et al., 2019). Gebruik van een bulkdichtheidssensor (MS-Rho), getest in dit onderzoek.
Omschrijving	De droge bulkdichtheid geeft de droge massa van de vaste fractie (gronddeeltjes + OS) weer per volume grond in een onverstoorte natuurlijke toestand. Deze indicator is onderhevig aan veranderingen door natuurlijke (bijv. zwellen en krimpen) en menselijke oorzaken (bijv. grondbewerking en bodemberijding). De droge bulkdichtheid geeft, net zoals de indringinsweerstand, een indicatie van de bodemverdichting en daarmee ook inzicht in de doorlaatbaarheid en doordringbaarheid van de bodem.
Naam indicator	Porositeit/poriënvolume
Doel	Het bepalen van de verhoudingen grond, water en lucht.
(Meet)eenheid	%
Streef- en/of referentiewaarden	De streefwaarde is meer dan 10% lucht, in totaal meer dan 40% poriën (de Haan et al., 2019).
Stuurbaarheid	Het poriënvolume wordt beïnvloed door de bodemstructuur.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	Het poriënvolume wordt berekend op basis van het vochtvasthoudend vermogen (nr. 13) en de bulkdichtheid (nr. 18). Bij het berekenen van de verdelingen is de massa van water en vaste bodemdelen (nr. 16) nodig. Voor water wordt de waarde van 1000 kg per m ³ (1 gram per cm ³) aangenomen. De soortelijke massa van vaste delen wordt geschat uit de soortelijke massa van minerale delen (2650 kg per m ³) en de soortelijke massa van organische stof (1450 kg per m ³) (de Haan et al., 2019).
Omschrijving	Het poriënvolume is het percentage van een bepaald volume grond dat bestaat uit poriën gevuld met lucht of water. Deze indicator geeft inzicht in de doorlaatbaarheid en doordringbaarheid van de bodem.
Naam indicator	Bodemtemperatuur
Doel	Het vaststellen van de temperatuur van de bodem tijdens het moment van monsternamen.
(Meet)eenheid	Graden Celsius
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen streef- of referentiewaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	
Meetfrequentie in de tijd	
Meetfrequentie ruimtelijk	4 herhalingen per perceel, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Met behulp van een TDR-sensor op een diepte van 10cm, zie Bijlage 3.
Methodiek analyse	
Omschrijving	De bodemtemperatuur wordt gemeten tijdens het monsternemen, omdat deze van invloed is op het bodemleven. De interpretatie van meetuitslagen van biologische indicatoren is deels afhankelijk van de bodemtemperatuur.
Naam indicator	Bodemvochtgehalte
Doel	Het vaststellen van het bodemvochtgehalte tijdens het moment van monsternamen.
(Meet)eenheid	
Streef- en/of referentiewaarden	
Stuurbaarheid	
Meetfrequentie in de tijd	

Meetfrequentie ruimtelijk	4 herhalingen per perceel, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Met behulp van een sensor op een diepte van 10cm, zie Bijlage 3.
Methodiek analyse	De analyse is uitgevoerd door WUR Open Teelten Lelystad.
Omschrijving	Het bodemvocht wordt, net zoals de bodemtemperatuur, gemeten tijdens het monstern om dezelfde reden. Ook het bodemvocht is van belang bij de interpretatie van diverse indicatoren (o.a. biologisch en fysisch).

Naam indicator	Visuele beoordeling*
Doel	Het vaststellen van de algehele bodemkwaliteit.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Voor akkerbouw op klei en zand is minimaal 25% kruimelstructuur en 0-75% afgeronde blokkige elementen gewenst. Voor melkveehouderij op zand minimaal 50% kruimelstructuur, 30% afgerond blokkige en maximaal 20% scherp blokkige elementen (Koopmans & Brands, 2002; van Eekeren & Bokhorst, 2009).
Stuurbaarheid	Via de algehele bodemstructuur.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	Er wordt per perceel een profielkuil gegraven, zie Bijlage 3. Per kuil wordt een kluit van 0-25cm en een kluit van 25-50cm uitgestoken.
Methodiek bemonstering	Zie Bijlage 3.
Methodiek analyse	De kluiten worden visueel beoordeeld op structuur, bodemleven en beworteling volgens de methode 'Zicht op de Bodemconditie'. De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter van 0 tot 10. a. Structuur: de bodemstructuur wordt visueel beoordeeld op de mate van kruimelstructuur, afgeronde, of scherpblokkige structuren. b. Bodemleven: de waarneembare effecten van het bodemleven worden geanalyseerd, zoals poriën, structuur, mate van vertering van het organisch materiaal. c. Beworteling: de beworteling van een gewas kan vastgesteld worden door een profielkuil te graven. In de profielkuil kan visueel waargenomen worden wat de bewortelingsdiepte en bewortelingsintensiteit is. Op basis van een vergelijking tussen de potentiële bewortelingsdiepte van een gewas en de waargenomen bewortelingsdiepte kan een inschatting gemaakt worden van de aanwezigheid van storende/verdichte lagen. Daarnaast geeft de wortelkleur een beeld over de gezondheid van het gewas. Een gezond gewas heeft witte wortels. Hierbij gelden enkele uitzonderingen, zoals de wortelkleur van peen. Bruin- of zwartkleuring van de wortels geeft een indicatie van de hoeveelheid zuurstof in de bodem. d. Aanwezigheid verdichte laag: De aanwezigheid van een verdichte laag wordt gebruikt om te bepalen op welke diepte in de profielkuil ringmonsters worden genomen. Deze ringmonsters worden gebruikt ter bepaling van de droge bulkdichtheid en het watervasthoudend vermogen. Deze analyse is uitgevoerd door Van Tafel naar Kavel. De beoordeling wordt altijd door dezelfde persoon (een geaccrediteerd bodemadviseur) uitgevoerd.
Omschrijving	

Biologische indicatoren

Naam indicator	Potentieel mineraliseerbare N (PMN)*
Doel	Vaststellen van de stikstofpool in de bodem die eenvoudig mineraliseert.
(Meet)eenheid	mg/kg of g/ha
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde voor akkerbouw op klei is 60-80 mg/kg en voor melkveehouderij op zand 125-175 mg/kg (Hanegraaf et al., 2019). De referentiewaarde voor de stikstofmineralisatie per week is voor akkerbouw op zand is mg/kg/week en voor melkveehouderij op zand 12 mg/kg/week (Rutgers et al., 2008).
Stuurbaarheid	Enigszins, via organische bemesting.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Anaerobe incubatie:

	Voor het bepalen van de PMN zijn verschillende methoden beschikbaar. PMN kan worden bepaald door grond te incuberen bij luchtdichte potten bij 20°C en vervolgens de toename in minerale N tussen week 1 en week 6 te bepalen (Bloem et al., 1994). Daarnaast kan PMN worden gemeten na 1 week anaerobe incubatie bij 40°C (Keeny en Nelson, 1982; Canali en Benedetti, 2006). Binnen het BNW is de eerste methode toegepast, de BLN gaat uit van de onderste methode. <u>Alternatief</u> NIRS: De analyse is uitgevoerd door Eurofins Agro.
Omschrijving	PMN is een maat voor gemakkelijk afbreekbare stikstof. PMN vertoont goede correlaties met de totale microbiële biomassa en is betrekkelijk eenvoudig te meten en te begrijpen. De PMN correleert vaak met het organische stofgehalte en totaal N en C, maar laat eerder en grotere verschillen zien, bijvoorbeeld toename bij organische bemesting en bij gereduceerde grondbewerking.
Naam indicator	Aaltjes diversiteit en aantallen (incl. plantparasitaire aaltjes)*
Doel	Bepaling van het aantal (voor planten schadelijke) aaltjes en het besmettingsniveau.
(Meet)eenheid	Het aantal aaltjes per 100 gram grond en het aantal taxa per 100 ml grond
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde voor het aantal aaltjes per 100 gram verse grond voor akkerbouw op klei is 660-2190, voor akkerbouw op zand 1475, voor melkveehouderij op klei 2170-7260 en voor melkveehouderij op zand 2450-7760. Voor het aantal taxa is dit respectievelijk 25-44, 19-32, 21-36 en 27-42 (Rutgers et al., 2007).
Stuurbaarheid	Redelijk, via het bouwplan.
Meetfrequentie in de tijd	
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Microscopie: Voor de bepaling van aaltjes zijn verschillende protocollen ontwikkeld.
Omschrijving	Aaltjes zijn belangrijke grazers van bacteriën, schimmels en plantenwortels, en dragen bij aan de mineralisatie. Daarnaast zijn er ook predatoren (roofaaltjes) die protozoën en andere nematoden belagen. In elke bodem zitten al gauw 40-100 verschillende soorten, met naast de beruchte plant-parasitaire aaltjes ook heel veel niet plant-parasitaire aaltjes. Doordat ze zo talrijk, divers en belangrijk zijn worden ze al lang gebruikt als indicator, en verschillende indices geven een indicatie over de vruchtbaarheid en mate van verstoring in de bodem.
Naam indicator	Bacteriebiomassa*
Doel	Bepaling van de biomassa aan bacteriën.
(Meet)eenheid	µg kg ⁻¹
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarde voor akkerbouw op klei is 7,5-162, voor akkerbouw op zand 25-145, voor melkveehouderij op klei 38-844 en voor melkveehouderij op zand 40-293 (Rutgers et al., 2008).
Stuurbaarheid	Matig, via het soort organische mest.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Microscopie: De bacteriën worden gekleurd met fluorescerende verbindingen en vervolgens automatisch microscopisch gemeten, een omschrijving is beschikbaar via (Bloem, 1995a; Schouten et al., 2002; Bloem et al., 2006; Bloem & Vos, 2004). <u>Alternatief</u> Als alternatief wordt PLFA toegepast, voor een omschrijving zie de PLFA-indicator hieronder.
Omschrijving	Bacteriën zijn belangrijke afbrekers van organische stof, en vormen de basis van het bodemvoedselweb. De hoeveelheid en activiteit van bacteriën wordt bevorderd

door organische bemesting, vooral door drijfmest met een relatief hoge stikstofbeschikbaarheid.

Naam indicator	Schimmelbiomassa*
Doel	Bepaling van de biomassa aan schimmels.
(Meet)eenheid	$\mu\text{g kg}^{-1}$
Streef- en/of referentiewaarden	Voor schimmelbiomassa zijn geen referentie- of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Matig, via het soort organische mest.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	<u>Klassiek</u> Microscopie: De schimmelbiomassa is microscopisch gemeten, zie Bloem et al., (1995b). <u>Alternatief</u> Als alternatief wordt PLFA toegepast, voor een omschrijving zie de PLFA-indicator hieronder.
Omschrijving	Schimmels zijn, samen met bacteriën, de belangrijkste afbrekers van organische stof en vormen de basis van het voedselweb. Schimmeldraden vormen netwerken rond organisch materiaal en gronddeeltjes en dragen zo bij aan een goede kruimelige structuur. Deze microscopisch gemeten schimmelbiomassa is gebaseerd op de totale hoeveelheid schimmeldraden en omvat zowel saprotrofe schimmels (afbrekers) als mycorrhiza schimmels die in symbiose leven met plantenwortels.
Naam indicator	Ergosterol
Doel	Het bepalen van actieve schimmels.
(Meet)eenheid	mg kg^{-1}
Streef- en/of referentiewaarden	Van de ergosterolmethode zijn geen referentie- of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Matig
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	Om ergosterol te bepalen zijn verschillende methodes beschikbaar. De meest simpele methode om ergosterol te bepalen wordt omschreven door Gong et al. (2001). Deze, en de meer complexe methode 'saponification', worden nader toegelicht in de Ridder-Duine et al. (2006). De analyse is uitgevoerd door het NIOO.
Omschrijving	Ergosterol zit in de celmembranen van saprotrofe schimmels en geeft een maat voor de totale biomassa binnen deze functionele groep.
Naam indicator	PLFA*
Doel	De samenstelling en biomassa van de microbiële gemeenschap inzichtelijk maken.
(Meet)eenheid	$\mu\text{g kg}^{-1}$
Streef- en/of referentiewaarden	Zie indicator bacteriebiomassa en schimmelbiomassa.
Stuurbaarheid	Zie indicator bacteriebiomassa en schimmelbiomassa.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 steken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	Phospholipid Fatty Acids zijn vetzuren die de membraan vormen van alle levende cellen. Verschillende groepen organismen hebben verschillende PLFAs. Een 30-tal PLFAs wordt gebruikt als biomarkers voor de samenstelling van de microbiële gemeenschap (community structure), waarmee effecten van beheer zichtbaar worden gemaakt.

Omschrijving	Deze methode geeft informatie over relatieve hoeveelheden schimmels, bacteriën en actinomyceten. Bovendien wordt onderscheid gemaakt tussen saprotrofe schimmels en mycorrhiza schimmels, en tussen zogenaamde Gram positieve en Gram negatieve bacteriën die kunnen worden beschouwd als respectievelijk langzame en snelle groeiers.
Naam indicator	Bodemademhaling (potentiële C-mineralisatie)
Doel	Het bepalen voor de activiteit van de microben.
(Meet)eenheid	g kg ⁻¹
Streef- en/of referentiewaarden	Voor de bodemademhaling zijn geen referentie- of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Matig, via aanvoer van organische stof en grondbewerking.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	40-50 stekken in een W-patroon, zie Bijlage 3.
Methodiek bemonstering	Mengmonster verkregen door middel van guts 0-25cm, zoals omschreven in Bijlage 3.
Methodiek analyse	De potentiële C-mineralisatie wordt bepaald door de grond 6 weken te incuberen in luchtdichte potten. De ademhaling wordt berekend uit het verschil in zuurstofconcentratie (van Eekeren & Bokhorst, 2009). De analyse is uitgevoerd door het Soil Biology Laboratory.
Omschrijving	De afbraak van organische stof tot CO ₂ wordt ook wel C-mineralisatie genoemd. Het kan worden gemeten als bodemademhaling (CO ₂ -productie). Het is een veel gebruikte maat voor de algemene microbiële activiteit. De activiteit van de bodemmicroflora wordt sterk beïnvloed door omgevingsfactoren. Het is daarom belangrijk dat de CO ₂ -productie wordt bepaald onder gestandaardiseerde omstandigheden in het lab.
Naam indicator	Regenwormen aantallen en diversiteit*
Doel	Bepaling van het aantal regenwormen.
(Meet)eenheid	Aantal wormen en taxa per m ²
Streef- en/of referentiewaarden	De referentiewaarden voor het aantal wormen is 12-440 voor akkerbouw op klei, 0-118 voor akkerbouw op zand, 126-804 voor melkveehouderij op klei en 24-388 voor melkveehouderij op zand. De referentiewaarden voor het aantal taxa is 1,3-7,9 voor akkerbouw op klei, 0-4,7 voor akkerbouw op zand, 5-9 voor melkveehouderij op klei en 3-7 voor melkveehouderij op zand (Rutgers et al., 2007).
Stuurbaarheid	Beperkt.
Meetfrequentie in de tijd	Jaarlijks
Meetfrequentie ruimtelijk	3 plekken per perceel
Methodiek bemonstering	Per perceel worden regenwormen bemonsterd in 3 herhalingen. Bemonstering is een combinatie van het steken van plaggen en toedienen van extractiemiddel (AITC, allyl-isothiocyanaat) op de bodem van het uitgestoken plag.
Methodiek analyse	Wormen worden levend verzameld door het handmatig uitzoeken van de uitgestoken plag en verzamelen van wormen die boven komen in reactie op het extractie middel. Het protocol is gebaseerd op Zaborski (2003), Andriuzzi et al. (2017) en Frazão et al. (2019).
Omschrijving	Regenwormen kunnen in de bodem soms net zulke hoge biomassa's bereiken als schimmels en bacteriën. Wormen brengen organisch materiaal in de bodem, mengen de grond, bevorderen de microbiële activiteit en verbeteren de bodemstructuur (kruimels) en waterinfiltratie (verticale gangen).
Naam indicator	Ziektewering Pythium
Doel	Het bepalen van de ziekteverendheid van de bodem.
(Meet)eenheid	Aantasting in percentage van het oppervlak van tuinkers.
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen referentie- of streefwaarden beschikbaar.
Stuurbaarheid	Matig, de ziekteverendheid wordt o.a. beïnvloed door microbiologische activiteit in de bodem en daarmee door organisch stof management en bodembewerking (Bongiorno et al., 2019).
Meetfrequentie in de tijd	Ziektewering is seizoensafhankelijk en dient dus op een vast moment te worden gemeten.

Meetfrequentie ruimtelijk	Minimaal 4 herhalingen, dit kan met mengmonsters uit een perceel of.
Methodiek bemonstering	Er wordt grond verzameld door middel van een schep op verschillende plekken op 25cm diepte (Bijlage 3); er is 1 kg grond nodig per herhaling.
Methodiek analyse	Bij deze indicator wordt de ziektevering van bodems tegen het pathogeen <i>Pythium ultimum</i> getoetst. Hiervoor wordt het pathogeen aan de bodem toegevoegd en vervolgens wordt de aantasting in tuinkers bepaald. Als controle wordt ook grond zonder pathogeen getoetst. Het protocol voor de biotoets wordt omschreven door Bongiorno et al. (2019).
Omschrijving	Bodems bevatten een bepaalde mate van ziektevering, ook wel weerbaarheid genoemd, tegen bepaalde ziekten. De ziekteverendheid van een bodem kan worden omschreven als een bodem waarin het voorkomen en de ernst van een ziekte laag blijft, ondanks de aanwezigheid van die ziekteverwekker (pathogeen) in de bodem in combinatie met een gevoelig gewas (waardplant).
Naam indicator	Ziektevering <i>Rhizoctonia</i>
Doel	Bepalen van de ziekteverendheid van de bodem.
(Meet)eenheid	Aantasting in percentage planten met visuele symptomen.
Streef- en/of referentiewaarden	Er zijn geen referentie- of streefwaarden beschikbaar .
Stuurbaarheid	Beperkt, de verspreiding van <i>Rhizoctonia</i> kan worden verminderd door toevoeging van organische materialen in potproeven (Postma & Schilder, 2015). Oorzaak van ziektevering in het veld is nog altijd onbegrepen.
Meetfrequentie in de tijd	Ziektevering is seizoensafhankelijk en dient dus op een vast moment te worden gemeten.
Meetfrequentie ruimtelijk	Minimaal 4 herhalingen, dit kan met mengmonsters uit een perceel.
Methodiek bemonstering	Er wordt grond verzameld door middel van een schep op verschillende plekken op 25cm diepte (Korthals & Barel, 2019); er is 1,5 kg grond nodig per herhaling.
Methodiek analyse	Bij deze indicator wordt de ziektevering van bodems tegen het pathogeen <i>Rhizoctonia solani</i> AG 2-2IIIB getoetst. Hiervoor wordt het pathogeen aan de bodem toegevoegd en vervolgens wordt de aantasting in suikerbiet bepaald. De analysemethode wordt omschreven in Postma en Schilder (2015).
Omschrijving	Bodems bevatten een bepaalde mate van ziektevering, ook wel weerbaarheid genoemd, tegen bepaalde ziekten. De ziekteverendheid van een bodem kan worden omschreven als een bodem waarin het voorkomen en de ernst van een ziekte laag blijft, ondanks de aanwezigheid van die ziekteverwekker (pathogeen) in de bodem in combinatie met een gevoelig gewas (waardplant).
Naam indicator	Shannon Index
Doel	Indicatie verkrijgen in de verdeling van soorten.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	De index bedroeg 3,6 op biologische, 3,59 op extensieve en 3,57 op intensieve bedrijven (Schoumans et al., 2002).
Stuurbaarheid	
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	De index wordt berekend uit het aantal soorten en het aantal individuen, een omschrijving wordt gegeven in Schoumans et al. (2002) en Atlas en Bartha (1993).
Omschrijving	In deze index zit zowel het aantal genotypen als de relatieve massa van de verschillende genotypen verwerkt. De index is hoger naarmate het aantal soorten groter is en de massa evenrediger over de soorten is verdeeld.
Naam indicator	Colonizer-Persister waarde
Doel	Het bepalen van de diversiteit en aantallen nematoden.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Kan variëren van 1 tot 5.
Stuurbaarheid	
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).

Methodiek analyse	Nematoden worden ingedeeld in 5 groepen op basis van hun levensstrategieën. Deze methode wordt omschreven door Bongers (1990) en aangevuld door de Goede et al. (1993).
Omschrijving	Deze waarden zijn toegekend afhankelijk van de levensstrategie van de aaltjes. De aaltjes met een lage CP-waarde hebben een korte levenscyclus, produceren veel nakomelingen en kunnen snel reageren op een toename in voedsel. Aaltjes met een hoge CP-waarde hebben een langere levenscyclus, produceren weinig nakomelingen en zijn gevoelig voor verstoringen.
Naam indicator	Maturity Index
Doel	Het bepalen van de nematodensamenstelling en hun status na verstoring, en daarmee hun stabiliteit.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Een interpretatie van deze index in relatie tot bodemmanagement en overige indices wordt gegeven door Bongiorno et al. (2019).
Stuurbaarheid	De MI is gevoelig voor bodembewerkingen, pH en verontreinigingen (Bongers et al., 1997).
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	Nematoden worden ingedeeld in 5 groepen op basis van hun levensstrategieën. De MI wordt berekend op basis van het een gewogen gemiddelde van de individuele c-p scores van de taxa (Bongers, 1990; Rutgers et al., 2008).
Omschrijving	De MI is een maat voor de status van successie na verstoringen, waarin verschuivingen tussen CP-groepen kunnen worden weergegeven met indices. De MI is gebaseerd op alle aaltjesgroepen, met uitzondering van de plantenparasieten.
Naam indicator	Plant Parasitic Index (PPI)
Doel	Het bepalen van herbivoren aaltjes.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Een interpretatie van deze index in relatie tot bodemmanagement en overige indices wordt gegeven door Bongiorno et al. (2019).
Stuurbaarheid	Redelijk, de PPI wordt beïnvloed door bodembewerkingen en in mindere mate door de organische stof aanvoer (Bongiorno et al., 2019).
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	De Plant Parasitic Index is omschreven door Bongers (1990) en later door Bongers et al. (1997) met de MI gecombineerd tot de nieuwe indicator 'PPI/MI'.
Omschrijving	Is gebaseerd op dezelfde classificatie in CP-waarden als de MI, maar is alleen gebaseerd op de plantenparasieten.
Naam indicator	Channel Index (CI)
Doel	Deze index geeft inzicht in de relatieve aanwezigheid en complexiteit van nematoden, met een focus op schimmeldecompositie.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Een interpretatie van deze index in relatie tot bodemmanagement en overige indices wordt gegeven door Bongiorno et al. (2019).
Stuurbaarheid	Redelijk, de CI wordt beïnvloed door bodembewerkingen en in mindere mate door de organische stof aanvoer (Bongiorno et al., 2019).
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	De CI wordt berekend op basis van de .., en kan automatisch worden berekend met de tool zoals omschreven door Sieribriennikov et al. (2014).
Omschrijving	De CI geeft weer of de aaltjesgemeenschap meer is gedomineerd door schimmeletende (hogere waarden) of bacterie-etende aaltjes (lage waarden).
Naam indicator	Basel Index

Doel	Deze index geeft inzicht in de relatieve aanwezigheid en complexiteit van nematoden.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	
Stuurbaarheid	
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	
Omschrijving	Een indicatie voor de mate van voorkomen van aaltjes met een hoge stresstolerantie.
Naam indicator	Enrichment Index (EI)
Doel	Deze index geeft inzicht in de relatieve aanwezigheid en complexiteit van nematoden, met een focus op de beschikbaarheid van <i>resources</i> .
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Een interpretatie van deze index in relatie tot bodemmanagement en overige indices wordt gegeven door Bongiorno et al. (2019).
Stuurbaarheid	Redelijk, de EI wordt beïnvloed door bodembewerkingen en in mindere mate door de organische stof aanvoer (Bongiorno et al., 2019).
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	Een omschrijving van de analysemethode wordt gegeven door Ferris et al. (2001).
Omschrijving	Een maat voor de aanwezigheid van aaltjes die snel reageren op een toename in voedselaanbod.
Naam indicator	Structure Index
Doel	Deze index geeft inzicht in de relatieve aanwezigheid en complexiteit van nematoden, en de bestendigheid tegen stressfactoren.
(Meet)eenheid	Niet van toepassing.
Streef- en/of referentiewaarden	Een interpretatie van deze index in relatie tot bodemmanagement en overige indices wordt gegeven door Bongiorno et al. (2019).
Stuurbaarheid	Redelijk, de PPI wordt beïnvloed door bodembewerkingen en in mindere mate door de organische stof aanvoer (Bongiorno et al., 2019b).
Meetfrequentie in de tijd	Niet van toepassing (berekende waarde).
Meetfrequentie ruimtelijk	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek bemonstering	Niet van toepassing (berekende waarde).
Methodiek analyse	Een omschrijving van de analysemethode wordt gegeven door Ferris et al. (2001).
Omschrijving	Een maat voor de complexiteit, structuur en interacties tussen aaltjes in de grond. Lagere waarden geven aan dat het voedselweb basaal is met voornamelijk bacterie- en schimmelelers met lage CP-waarden. Hogere waarden van de SI daarentegen zijn een indicatie voor een complexer voedselweb, waarin ook groepen voorkomen die gebruik maken van andere voedselbronnen (zoals predatoren en omnivoren) en met hogere CP-waarden.

Bijlage 3: Bemonsteringsprotocol

Doel

Het bemonsteren van akkerbouw percelen voor een serie bodemanalyses, inclusief het nemen van een representatief grondmonster van een nettoveldje op een proefveld. Zie figuur 4 voor flow-diagram. Bij alle handelingen dient de verspreiding van grondgebonden pathogenen binnen het veldje en tussen percelen te worden voorkomen door de materialen schoon te vegen.

Dit protocol beschrijft de bemonstering voor delen I-IV. Principe en werkwijze staat per deel aangegeven.

Benodigheden

I. Temperatuur- en vochtbepaling

- Mobiele Trimble GPS met antenne
- Handheld vochtsensor
- Handheld temperatuurmeter

II. Mengmonster

- Grondboor 2,3 cm doorsnee en 25 cm lang
- Schraper/duimpje
- Emmer > 5-10 ltr
- Plastic zakken
- Geplastificeerde labels
- Touwtjes
- Borstel
- Koelbox & elementen

III. Monsternamen bio-toetsen:

- Spade
- Plastic zakken
- Labels
- Touwtjes

IV. Monsternamen regenwormen

- Tissue papier
- Water, om AITC veld oplossing te maken
- Water, om te spoelen
- 10L jerrycan
- Maatbeker 1-2,5L
- Latex handschoenen
- AITC-stock oplossing
- Plastic zakken, touw en labels (voor handmatig uitzoeken op lab)
- Plastic potten, gelabeld per perceel, per plag, per laag (plag (0-20 cm) of AITC extractie (>20 cm))
- Plastic bakje met spoelwater
- Frame 20 x 20 cm
- Vlakke spade

V. Monsternamen aggregaat stabiliteit

- Spade
- Plastic zakken
- Labels
- Touwtjes

VI. Indringingsweerstand

- Penetrologger met interne GPS

VII. Profielkuilbeoordeling

- Schep
- Rolmaat
- Zakmes

VIII. Visual Soil Assessment

- Schep
- Grote plastic zak

IX. Ringmonsters bulkdichtheid

- Gesloten ringhouder
- Grondmonsterringen met een diameter van 53 mm
- Meetlat
- Plankje
- Scherp mes
- Terugslagvrije hamer
- Waterpomptang
- Zachte doeken

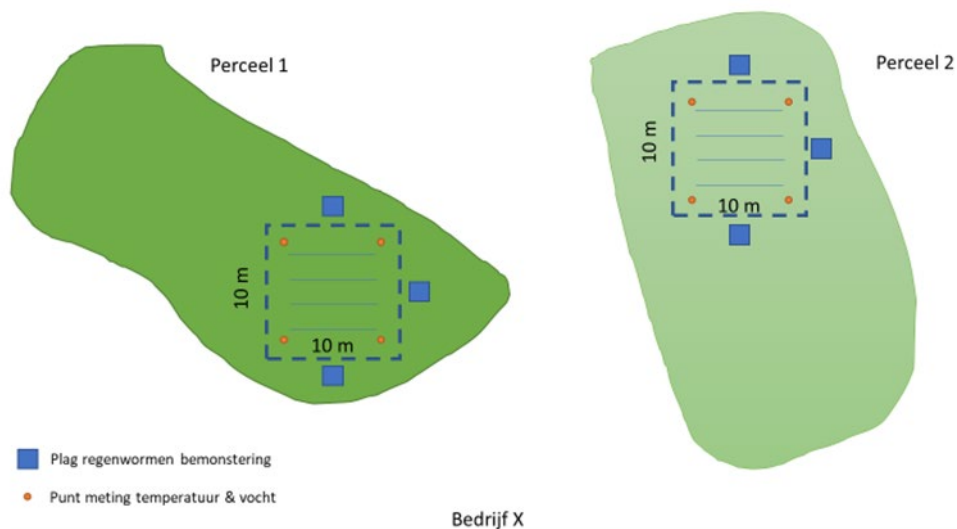


Fig 4.1. Overzicht bemonstering van representatief 10 x 10 nettoveldjes binnen de 2 percelen per bedrijf. Bemonsteringspunten voor I bepaling temperatuur en vocht gehalte (oranje circles), II nemen van het mengmonster door het lopen van een patroon, IV monsternamen regenwormen in plagen (blauwe vierkantjes) aangegeven.

Voorbereiding

Van elk te bemonsteren perceel wordt een nettoveld geselecteerd. De afmeting van het netto veldje is 100 m² (10 x 10 mtr). Registreer de coördinaten en leg de exacte positie vast m.b.v. GPS. Op het veld worden verschillende monsters verzameld, elk met hun eigen protocol. Bemonstering bestaat uit 9 onderdelen die worden uitgevoerd.

- I. Temperatuur en Vochtmeting met sensoren
- II. Monsternamen mengmonster
- III. Monsternamen bio-toetsen
- IV. Monsternamen regenwormen
- V. Monsternamen aggregaatstabiliteit
- VI. Indringingsweerstand
- VII. Profielkuilbeoordeling
- VIII. Visual Soil Assessment
- IX. Ringmonsters bulkdichtheid

Deze 9 onderdelen worden achtereenvolgend beschreven.

Na het uitzetten van het veld en het inzetten van IV "Monsternamen regenwormen", splits het bemonsteringsteam op en worden VII "Profielkuilbeoordeling" en VIII "Visual Soil Assessment" door één persoon uitgevoerd (altijd zelfde persoon) en VI "Indringingsweerstand" door een ander persoon (ook altijd dezelfde) uitgevoerd. Vervolgens worden delen I t/m III en V uitgevoerd. Onderdeel IX "Ringmonsters bulkdichtheid" wordt als laatste uitgevoerd.

I. Temperatuur en Vochtmeting met sensoren

Principe

Met behulp van sensoren wordt ter plekke de gemiddelde bodemtemperatuur en vochtgehalte bepaald

Werkwijze

Vanaf elke hoekpunt van het nettoveld wordt op 1 meter naar het centrum toe een punt meting gedaan met beide sensoren, op 10 cm diepte. Wacht 30 sec. na het steken van de sensor in de grond en registreer vervolgens de waarde voor vocht en temperatuur. Doe dit 4 keer per vlak.

II. Monsternamen mengmonster

Principe

Met behulp van een grondboor (Grondboor 2,3 cm doorsnee en 25 cm lang) wordt een proefveld bemonsterd (0-25 cm diep) om een representatief grondmonster te verkrijgen.

Werkwijze

1. In het nettoveld worden ongeveer 40-50 steken middels op en neer lopen in 4 lijnen genomen verdeeld over het gehele netto veld genomen. De grond bemonsteren tot 25 cm diep. Dit levert circa 7 kg verse grond op.
2. Elke steek wordt m.b.v. een duimpje in een emmer en vervolgens in een schone plastic zak verzameld en de zak wordt dichtgebonden met een touwtje en voorzien van een label in en een label aan de zak.
3. Voordat een ander perceel wordt gestoken, moeten boor, duimpje en emmer veeg schoon zijn.
4. Om opwarming in de plastic zak zoveel mogelijk te voorkomen: zo mogelijk monsters bij bewolkt weer of plastic zak met grond uit de zon zetten en z.s.m. in koelbox plaatsen. Als de grondmonsters niet direct vervoerd worden naar Lelystad dienen deze bij 4 graden Celsius weggezet te worden.
5. De grondmonsters moeten bij temperaturen boven de 15°C gekoeld (in koelboxen en/of koelkast of bij grote hoeveelheden met gekoeld transport) en voorzichtig worden getransporteerd. Bij aankomst op het lab in Lelystad moeten de grondmonsters bij 4°C in de koelcel worden bewaard.
6. Werkwijze submonsters (op Lab Lelystad):
 - Grondmonster uitspreiden op groot stuk plastic, grove kluiten voorzichtig fijnmaken, stenen verwijderen en grof organisch materiaal eruit halen.
 - Meng de grond door dit zes keer voorzichtig over het plastic te rollen.
 - Per perceel wordt een monster van 100 gram apart gewogen en bij 105C weggezet ter bepaling van het vochtgehalte.
7. Neem een ongezeefd submonster voor de chemische bepalingen (0,5 kg), aaltjes bepaling (0,5 kg) en de tijdelijke back-up (1 kg) en bewaar bij 4°C
8. zeef de overgebleven grond op 5 mm, en verdeel dit voor de overige submonsters. De submonsters in een plastic bakje met deksel afwegen. Voor bewaring en vervoer naar de desbetreffende labs moeten de monsters gekoeld blijven 4°C.

Het mengmonster wordt verdeeld in de volgende submonsters:

Submonster	Hoeveelheid (kg)	Gezeefd / ongezeefd (5 mm)
Jaap Bloem – WUR WENR	0,5	ongezeefd
Aaltjes – WUR OT	0,5	ongezeefd
Bemestingswijzer – Eurofins	0,5	ongezeefd
PLFA/NLFA – Eurofins	0,5	ongezeefd
Tijdelijke back-up 4°C	1,5	ongezeefd
Totaal mengmonster	3,5	

III. Monstername biotoetsen

Als er gewasresten op de bodem liggen, deze niet meenemen. De grond mag gewoon met schep of schepje genomen worden, van aantal verschillende plekken 25 cm diep en bij elkaar voegen totdat minimaal 9 kg is verzameld. (Pythium ca 2 kg voor 8 herhalingen met Pythium en 8 controles, en Rhizoctonia ca 7 kg voor 4 herhalingen). Monstername V "Aggregaat stabiliteit" wordt op dezelfde manier uitgevoerd.

IV. Monsternamen regenwormen

(protocol gebaseerd op WUR-SBL SOP v1.0, Zaborski (2003), Andriuzzi et al. (2017), Frazão et al. (2019))

Principe

Per perceel worden regenwormen bemonsterd in 3 herhalingen. Bemonstering is een combinatie van het steken van plaggen en toedienen van extractiemiddel (AITC, allyl-isothiocyanaat) op de bodem van het uitgestoken plag. Wormen worden levend verzameld door het handmatig uitzoeken van de uitgestoken plag en verzamelen van wormen die boven komen in reactie op het extractie middel.

Let op! AITC is een irriterend middel. Gebruik latex handschoenen en zorg voor schoon water in de buurt, zodat je je huid kunt afspoelen mocht het in contact komen met AITC.

Opmerking: Hoewel AITC een irriterend middel is, breekt het snel af en komen de stoffen van nature voor in kruisbloemige planten (monster, spruiten, brocolli).

Vorbereiding

Om de werkoplossing AITC te maken:

1. Vul een 10 l jerrycan met kraanwater.
2. Voeg hieraan 20 ml AITC stock oplossing toe (concentratie 5 g/l), dit is 1 glazen flesje
3. Meng de werkoplossing en sluit goed af.

Deze voorbereiding kun je doen in het lab, of ter plekke in het veld. AITC stockoplossing is maar enkele dagen houdbaar (in de koelkast). Maak elke dag een verse werkoplossing, en op de paar dagen nieuwe stock-oplossing.

Werkwijze

1. Kies 3 locaties langs de zijden van het nettoveldje om de plaggen voor regenwormen te steken.
2. Gebruik het frame om een plag te steken van 20 x 20 x 20 cm (h x b x d). Zorg hierbij dat de spade recht de grond in gaat om een gestandaardiseerd volume te bemonsteren.
 - a. Wanneer ter plekke de plag wordt uitgezocht Leg de deze op een groot stuk plastic
 - b. Wanneer de plag in het lab wordt uitgezocht, verzamel het materiaal in een zak en houd deze koel (zie II.6.) en zet weg bij 2-4 C.
3. Steek het frame in het gat, zodat er geen wormen vanuit de zijkanten in het gat vallen tijdens de extractie-stap.
4. Giet max 2,5 L AITC werkoplossing op de bodem van het gat. Doe dit in delen en wacht steeds 10 min tot de wormen omhoog komen om daarna weer te gieten. Komen er in die 10 minuten geen wormen omhoog, stop dan met verzamelen. Maximaal bemonsteringsduur = 30 min.

Verzamel alle wormen die gedurende 30 min naar boven komen in een bakje met spoelwater om voorkomen dat er AITC-oplossing op hun huid achterblijft. Verzamel de wormen wanneer die voor merendeel van hun lijf boven de grond zijn, anders bestaat de kans dat ze zich terugtrekken of beschadigd raken. Bewaar ze tenslotte in een afgesloten gelabelde pot (perceel & plag & laag) met een vochtige tissue.

5. Voor het handmatig uitzoeken van wormen, doorzoek de plag beetje bij beetje en breek de grond voorzichtig open (± 1 cm). Grote wormen met de hand vastpakken, kleine wormen met de slappe pincet. Wormen alleen aan achterkant vastpakken, om beschadigingen aan de kop en clitellum te voorkomen en de determinatie kenmerken te behouden.
6. Verzamel de wormen in gelabelde plastic pot (perceel & plag & laag) met vochtig tissue papier. Koel bewaren 2-4°C De wormen monster moeten binnen enkele dagen naar SBL worden gebracht, om ze tijdig te kunnen verwerken.

V. Monstername aggregaat grootte verdeling en stabiliteit

Zie monstername III Monstername Biotoetsen

VI. Indringingsweerstand

Met behulp van een penetrologger met interne GPS wordt op 10 punten in het nettoveldje de indringingsweerstand gemeten. Conform figuur 2 wordt volgens 4 vaste lijnen gelopen. Gewasresten worden voorafgaand aan de meting aan de kant geschoven. Om uitvoering van de metingen zo uniform (gelijkmatige druk) mogelijk uit te voeren, wordt de meting altijd door dezelfde persoon uitgevoerd.

VII. Profielkuilbeoordeling

De profielkuilbeoordeling wordt op 4 plekken uitgevoerd. De profielkuilen worden net buiten het nettoveldje gegraven, zodat de andere bemonsteringen niet verstoord worden. Op deze 4 plekken wordt een kuil gegraven van minimaal 2 spades breed en 2 spades diep (ca. 50 cm diep). De eerste profielkuil wordt dieper en breder gemaakt (tot ca 60 cm), omdat de monstername met grondmonsterringen meer ruimte vraagt.

Per kuil wordt een kluit 0-25 cm en een kluit 25-50 cm uitgestoken. De kluiten worden visueel beoordeeld op structuur, bodemleven en beworteling (methode Zicht op de Bodemconditie). De visuele beoordeling leidt tot een waarderingsgetal per parameter van 0 – 10. De getallen geven verschillen tussen percelen en plekken weer. Ter aanvulling op de getallen worden foto's genomen. De beoordeling wordt altijd door dezelfde persoon (een geaccrediteerd bodemadviseur) uitgevoerd.

VIII. Visual Soil Assessment

(Protocol gebaseerd op de Field Guide Visual Soil Assessment voor Annual Crops van de FAO, Shepherd G. e.a.)

Bij de Visual Soil Assessment worden drie parameters beoordeeld:

- De structuur in 0-25 cm: laat een kluit van 0-25 cm maximaal 3x (als kluiten onvoldoende uit elkaar vallen) vanaf 1 meter hoogte op een vlakke ondergrond vallen. De mate waarin de kluit

uit elkaar valt wordt beoordeeld. De kluitjes worden gerangschikt naar grootte. De kluit krijgt een score gebaseerd op onderstaande afbeelding (Figuur 4.2; Score bodemstructuur VSA)

- De potentiële bewortelingsdiepte: de diepte van de beworteling wordt genoteerd. Hierbij wordt afgeweken van de VSA methode van de FAO. In deze methode wordt een VSA score toegekend aan de bewortelingsdiepte. Dieper dan 80 cm krijgt de hoogste score. Deze beoordeling is niet uitgevoerd, omdat dit zeer gewasafhankelijk is.
- Aantal en kleur van vlekken in het profiel: hiervoor wordt een visuele beoordeling van de profielkuil uitgevoerd. Op basis van figuur 4.3 Score vlekken in profiel VSA wordt een score gegeven.



GOOD CONDITION VS = 2
Soil dominated by friable, fine aggregates with no significant clodding. Aggregates are generally sub-rounded (nutty) and often quite porous.

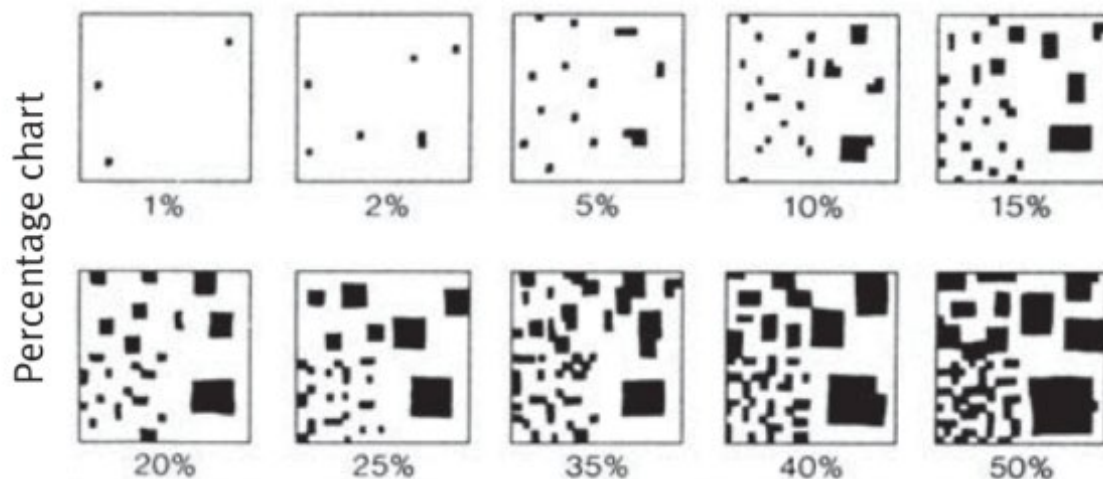


MODERATE CONDITION VS = 1
Soil contains significant proportions (50 percent) of both coarse clods and friable fine aggregates. The coarse clods are firm, sub-angular or angular in shape and have few or no pores.



POOR CONDITION VS = 0
Soil dominated by coarse clods with very few finer aggregates. The coarse clods are very firm, angular or sub-angular in shape and have very few or no pores.

Figuur 4.2: Score bodemstructuur VSA



Figuur 4.3: Score vlekken in profiel VSA

IX. Ringmonsters

In de eerste profielkuil (kuil bij hoekpunt 1 van het nettoveldje) worden 8 grondmonsterringen gestoken. De ringen worden gestoken op 2 dieptes; 10 – 15 cm (midden ca. 12,5 cm) en 30 – 35 cm (midden ca. 32,5 cm). Op elke diepte worden 4 ringen, elk aan een zijde van de profielkuil gestoken volgens de volgende methode:

1. Plaats de monsterring in de huls van de ringhouder. De scherpe kant van de monsterring komt aan de scherpe kant van de ringhouder. Controleer dat de ring vrij kan bewegen in de huls,
2. Schuif de huls met de ring op de ringhouder en draai met een inbussleutel de 2 bevestigingspunten aan.
3. Plaats de ringhouder horizontaal op de gewenste diepte aan de zijkant van de kuil.
4. Druk of sla met een terugslagvrije hamer de ringhouder horizontaal in de grond totdat de ring gevuld is met grond.
5. Draai de ringhouder een slag om het monstermateriaal in de monsterring los te maken van de grond. Indien nodig kan hiervoor de waterpomptang gebruikt worden.
6. Haal de ringhouder licht draaiend voorzichtig uit de grond.
7. Draai de huls los en schuif deze voorzichtig van de ringhouder en de grondmonsterring af.
8. Snij met een scherpe, vlakke mes de uitpuilende grond van de monsterring af. Een plankje biedt een vlakke ondergrond voor afsnijden van de uitpuilende grond
9. Plaats de beschermkappen over de ringen en plaats de ringen in de koffer

X. Bulkdichtheidsensor MS-Rho en guts

Direct naast de eerste profielkuil zijn ook metingen met de guts en de MS-Rho, de bulkdichtheid of bodemdichtheidssensor uitgevoerd.

Guts

Met de guts is een monster van 0 tot 30 cm en van 30 tot 80 cm diep genomen. De bodem in de guts is daarna afgesneden tot de zijrand van de guts en de grond die dan nog in de guts zit is in het lab gewogen, gedroogd en gewogen. Dit is per locatie 5 keer herhaald in een cirkel van 2 m incl. middelpunt. Dit geeft de gemiddelde droge bulkdichtheid van 0 tot 30 en van 30 tot 80 cm per punt en gemiddeld over de 5 punten en een indicatie van het vochtgehalte.

MS-Rho

De MS-Rho of bulkdichtheidssensor meet in het veld iedere 5 cm tot 100 cm diep de veldvochtige bulkdichtheid met behulp van een lage hoeveelheid gammastraling. Deze meting is steeds in het eerste en tweede gutsgat uitgevoerd. Wanneer de tijd in het veld beperkt was is alleen het eerste gutsgat bemeten. Dit geeft de bulkdichtheid per 5 cm tot 100 cm diep en meet zo een profiel van de veldvochtige bulkdichtheid van 0 tot 100 cm. Om de droge bulkdichtheid te kunnen berekenen moet iedere meting gecorrigeerd worden met het vochtgehalte.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-OT 1001

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.