Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon: jaarrapport werkjaar 3 (1 juli ‘23 – 30 juni ‘24)

Jaarrapport

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgeving.vlaanderen.be

Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon - jaarrapport werkjaar 3 (1 juli ’23 – 30 juni ’24)
Het Vlaamse bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon heeft tot doel om de organische-koolstof-voorraden in de bodems van verschillende landgebruiken (akkerland, blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag) en de evoluties hierin te monitoren. Dit document betreft het jaarrapport van het derde werkjaar van het koolstofmonitoringnetwerk (1 juli 2023 - 30 juni 2024).

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever
Toon Denys
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs
Cmon-consortium:

- Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving – Katrien Oorts, Joost Salomez, Dries Luts en Max Vercruyssen
- ILVO – Fien Amery, Tommy D’Hose
- INBO – Suzanna Lettens, Bruno De Vos

Met dank aan Joris Pieters (Keyrus) voor de statistische analyses.

Publicatiedatum
September 2024

Depotnummer
D/2024/3241/325

Wijze van citeren
Oorts K., Amery F., Lettens S., D’Hose T., De Vos B., Luts D., Vercruyssen M., Salomez J. (2024). Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon - jaarrapport werkjaar 3 (1 juli 2023 – 30 juni 2024). Vlaams Planbureau voor Omgeving, Brussel.

PARTNERS

ILVO Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek
INSTITUUT NATUUR- EN BOSONDERZOEK
Vlaanderen is wetenschap

INHOUDSTAFEL

1 Inleiding 5
2 Aankopen en personeel 6
2.1 Aanwerven personeel 6
2.1.1 ILVO 6
2.1.2 INBO 6
2.2 Aankoop materiaal 6
2.2.1 ILVO 6
2.2.2 INBO 6
3 Staalname 7
3.1 Algemeen 7
3.2 Bemonsteringspunten 7
3.3 Contacteren eigenaars 10
3.4 Protocol staalname 11
3.5 Uitvoering staalname 12
3.5.1 Verloop staalname 12
3.5.2 Kwaliteitscontrole en opleidingen 14
4 Analyse 15
4.1 Protocol staalvoorbereiding en analyse 15
4.2 Onderlinge kwaliteitscontrole en opleidingen 16
4.3 Uitvoering analyses 22
5 Landgebruiksverandering 23
6 Harmonisatie en doorstroming data naar Databank Ondergrond Vlaanderen 25
6.1 Algemeen 25
6.2 Departement Omgeving 26
6.3 ILVO 28
6.4 INBO 28
7 Opslag van stalen in de Geotheek 29
8 Uitwerken protocol schaduwmeetnet 31
9 Resultaten en Dataverwerking 32
9.1 Inleiding 32
9.2 Gemeten basisparameters per landgebruik en diepte-interval 33
9.3 Bulkdensiteit fijne aarde < 2 mm vs. totaal volume 41
9.4 Organische C stocks in de bodemlagen 0-30 en 0-100 cm 44
9.4.1 Organische C stocks voor alle Cmon-landgebruikscategorieën 44
9.4.2 Organische C stocks voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik 54
9.5 Totale N stocks in de bodemlagen 0-30 en 0-100 cm 56
9.6 Totale N voorraden ten opzichte van de organische C voorraden 58
9.7 Organische C dichtheid 59
9.7.1 Organische C dichtheden voor alle Cmon-landgebruikscategorieën 59
9.7.2 Organische C dichtheden voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik 60
9.8 Organische C en totale N stocks in strooisellagen 62
9.8.1 Organische C en totale N stocks in strooisellagen voor de plots met strooisellaag van alle Cmon-landgebruikscategorieën 62
9.8.2 Organische C en totale N stocks in strooisellagen over alle plots voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik 64
9.9 Organische C stocks in de 0-30 cm en 0-100 cm bodemlagen inclusief strooisellagen 65

9.9.1 Organische C stocks inclusief strooisellagen voor alle Cmon-landgebruikscategorieën 65
9.9.2 Organische C stocks inclusief strooisellagen voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik 66
9.10 Totale N stocks in de 0-30 cm en 0-100 cm bodemlagen inclusief strooisellagen 68
9.11 Evaluatie variatiematen van de Cmon-voorstudie 69
9.12 Organische C voorraden doorheen de verschillende Cmon-rapportages 71
9.13 Schatting totale organische C voorraden per landgebruik 73
9.14 Vergelijking met bestaande schattingen voor organische C voorraden in LULUCF 74
10 Communicatie en publicatie 76
11 Conclusies 77
Referenties 79
Bijlage 1: Definities Cmon-landgebruikscategorieën 81
Bijlage 2: Gantt-chart uit werkplan werkjaar 3 (1 juli 2023 – 30 juni 2024) 84

1 INLEIDING

Het Vlaamse bodemkoolstofmonitoringnetwerk 'Cmon' heeft tot doel om de organische-koolstof-voorraden in de bodems van de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik (akkerland, blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag) en de evoluties hierin te monitoren. Ruimtebeslag wordt vaak nog verder opgedeeld in de subcategorieën ruimtebeslag tuinen, ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen, ruimtebeslag bermen en ruimtebeslag overige. Deze 4 subcategorieën ruimtebeslag samen met de 4 hoofdcategorieën landgebruik akker, blijvend, grasland, bos en natuur vormen de 8 Cmon-landgebruikscategorieën.

In een voorstudie door Sleutel et al. (2021) werden de krijtlijnen van dit monitoringnetwerk uitgewerkt, inclusief de selectie van de meetpunten, staalnameprotocollen en analysemethodes. Van 2594 monitoringplots zullen, over een periode van 10 jaar (t0), niet alleen de organische-koolstofstocks tot 1 m diepte, maar ook totale stikstof, pH en bodemtextuur bepaald worden. Het is de bedoeling om na die 10 jaar naar dezelfde monitoringplots terug te keren en deze opnieuw te bemonsteren (t1). Het aantal monitoringplots moet een detectie van een gemiddelde koolstofvoorraadverandering van 4‰ over 20 jaar toelaten, maar door de gefaseerde bemonstering moet ook een relatief snelle, eerste representatieve detectie van koolstofvoorraadveranderingen mogelijk zijn. Dit komt tegemoet aan de verplichte vijfjaarlijkse LULUCF-rapportering (i.e. 2021-2025 en 2026-2030) en zal ons tevens in staat stellen om in Vlaanderen de werkelijke evolutie van de percentages en voorraden van organische koolstof in de bodem in de verschillende Cmon-hoofdcategorieën landgebruik en de beleidseffecten erop te kunnen opvolgen.

Dit document betreft het jaarrapport van het derde werkjaar van het koolstofmonitoringnetwerk (1 juli 2023 – 30 juni 2024) en bevat de meetresultaten van de eerste 3 werkjaren. De jaarrapporten voor werkjaar 1 en 2 (Oorts et al., 2022 en 2023) zijn beschikbaar op de Cmon-website.

2 AANKOPEN EN PERSONEEL

2.1 AANWERVEN PERSONEEL

2.1.1 ILVO

Bij ILVO werd geen extra personeel aangeworven.

2.1.2 INBO

Om de bodemstaalname en staalvoorbehandeling vlotter te laten verlopen en bij vakantie of tijdelijke uitval van één van de beide vaste staalnemers een vervanger beschikbaar te hebben, werd op 15 april 2024 Stijn Willems aangenomen, die 1/3 van zijn tijd zal inzetten op Cmon. De andere 2/3 wordt hij ingezet op en gefinancierd door een ander EVINBO project.

2.2 AANKOOP MATERIAAL

2.2.1 ILVO

- Extra bodemstaalnamemateriaal aangekocht via Eijkelkamp: gutsboren (vervanging beschadigde boren + reservemateriaal), extra sets Kopecky-ringen (vermijden dat staalnames niet kunnen doorgaan door een tekort aan ringen) en onderdelen van de Kopecky steekset (vervanging beschadigde onderdelen + reservemateriaal);
- Extra terreinwagen: de uitrusting van beide staalnameteams is nu identiek.

2.2.2 INBO

- Er werd extra bodemstaalnamemateriaal aangekocht ter vervanging van kapotte gutsen en onderdelen van de Kopecky steeksets;
- Er werd een extra droogstoof aangekocht (Memmert UF750) voor het drogen van de geroerde en ongeroerde bodemstalen.

3 STAALNAME

3.1 ALGEMEEN

Binnen Cmon worden de 5 verschillende Cmon-hoofdcategorieën landgebruik bemonsterd elk met hun eigen kenmerken en aandachtspunten. Er werd echter wel geopteerd voor de ontwikkeling van één gezamenlijk staalnameprotocol dat geldig is voor alle landgebruikscategorieën. Deze keuze moet uniformiteit in de monstername garanderen en zo de vergelijking tussen verschillende landgebruiksvormen toelaten. Bovendien stelt een gezamenlijk protocol ieder staalnameteam (los van het feit of het nu tot ILVO of INBO behoort) in staat om elk landgebruik met dezelfde nauwkeurigheid te bemonsteren. Parallel aan het staalnameprotocol werd een opnameformulier opgesteld om zo de 'meta-data' van iedere monitoringplot éénduidig vast te leggen. De laatste versie van zowel het staalnameprotocol als het opnameformulier zijn beschikbaar op de Cmon-website.

3.2 BEMONSTERINGSPUNTEN

Mijlpaal 1 : Er wordt onderzocht of de selectie van GRTS-locaties in landgebruik natuur en in landgebruik ruimtebeslag bermen aangepast moet worden. (1 oktober 2023)

- ⇨ In werkjaar 3 zijn er geen grote wijzigingen gebeurd aan de procedure voor het bepalen van het landgebruik van de potentiële bemonsteringspunten en de selectie van de te bemonsteren staalnamepunten[1]. Met uitzondering van het bepalen van welke punten we als kandidaat berm aanduiden, beschouwen we de procedure nu als definitief en zijn er geen verdere aanpassingen meer nodig.

Gedurende werkjaar 3 hebben we onderzocht of de selectie van **natuurstaalnamepunten** aangepast moest worden. We hadden binnen de eerste 10.000 GRTS punten immers onvoldoende punten om aan de beoogde 488 natuurplots te komen. In de classificatie van de eerste 10.000 GRTS punten die we begin werkjaar 3 gebruikten (met als bronnen landgebruiksbestand 2019 niveau 1 (Departement Omgeving, 2021) en de landbouwgebruikspercelen van 2021 (Departement Landbouw en Visserij, 2022)) bleven na het toekennen van het label 'kandidaat berm' maar 360 natuurplots over. Aangezien natuurplots ook als berm aangeduid kunnen worden, waren er wel nog 100 mogelijks bijkomende natuurplots aangeduid als kandidaat berm. We spreken dan in totaal over 460 natuurplots waarvan er mogelijk nog een aantal bevestigd kunnen worden als berm, dit na de visuele controle van de kandidaat bermen. Eigen aan de procedure om te bepalen of een punt al dan niet een berm is, is dus dat er nog een visuele controle nodig is na het aanmerken als kandidaat berm. Tijdens werkjaar 3 hebben we vastgesteld dat na deze controle een groot deel van de kandidaat bermen geen bermen zijn. Maar zelfs als alle kandidaat bermen geen berm blijken te zijn en we in totaal dus die 460 natuurplots zouden hebben, hebben we nog steeds te weinig natuurplots om aan het beoogde aantal te komen, nl. 488. Hierbij komt ook dat

[1] Zie https://omgeving.vlaanderen.be/nl/klimaat-en-milieu/bodem-en-ondergrond/vlaamse-koolstofmonitoring-hoeveel-koolstof-zit-er-in-de-bodem

na visuele controle 1/3 van de natuurplots wegvalt omdat deze in een ander landgebruik liggen dan natuur of omdat er door de eigenaars geen toegang wordt verleend tot de plots.
Om toch aan voldoende natuurplots te komen, zijn we gestart met terug te kijken naar de voorbereidende studie van Sleutel et al. (2021). Binnen deze studie werden 851 GRTS-punten gemarkeerd als natuurplots. We hebben de methodiek voor het selecteren van natuurplots niet aangepast ten opzichte van de voorbereidende studie. Het enige verschil was, zoals hiervoor aangegeven, dat natuurplots nu ook als berm aangeduid kunnen worden, terwijl dit in de voorstudie beperkt was tot punten in ruimtebeslag (residentieel in de voorstudie). Maar de impact hiervan is gekend (100 natuurplots die kandidaat berm zijn geworden en waarvan verwacht wordt dat na visuele controle de meerderheid terug natuur wordt), en niet van die grootte-orde dat dit het bijna 400 plots aan verschil kan verklaren. Ten opzichte van de voorbereidende studie is er één belangrijk verschil, nl. de hoofdbron voor de landgebruiksclassificatie is het landgebruiksbestand 2019 in plaats van het landgebruiksbestand 2016. Maar ook dit is onvoldoende om het verschil te verklaren. Het landgebruik in Vlaanderen is tussen 2016 en 2019 niet zo sterk veranderd en ook de methodiek voor het opmaken van het landgebruiksbestand is niet sterk gewijzigd.

Nader onderzoek van de set GRTS punten van de voorbereidende studie en deze die we gebruikt hebben om aan de start van de Cmon-studie de staalnamelocaties te bepalen, wees uit dat deze maar voor 79% overeenkwamen. Nochtans geven de PLOTID’s en de GRTS rank aan dat het hier waarschijnlijk over punten gaat die uit exact dezelfde trekking komen. Echter, door ook de volgende 10.000 GRTS punten van de Cmon-trekking op te nemen, zijn we tot een 100% match gekomen. We hadden origineel aangenomen dat de GRTS punten uit de voorstudie, net als bij Cmon, gewoon de 10.000 punten waren met de laagste rank, maar blijkbaar is er in de voorbereidende studie toch een correctie toegepast om voor een aantal landgebruiken aan voldoende punten te komen/of toch een voldoende groot aantal punten. Deze correctie is blijkbaar gebeurd door voor die landgebruiken (in het bijzonder natuur) punten met dit landgebruik uit de volgende 10.000 GRTS punten te nemen. Daarom hebben we in werkjaar 3 beslist om het tekort aan natuurpunten op te lossen door de volgende 10.000 GRTS punten op te nemen in de set van punten die we aan een landgebruik toekennen. We werken nu dus met de 20.000 GRTS punten met de laagste rank om Cmon-staalnamelocaties te bepalen en gebruiken zo dezelfde trekking als voor de voorstudie. Nu komen we op 735 GRTS-punten uit die als natuur worden geïdentificeerd. Daarbij komen dan nog eens 141 GRTS punten die aangeduid zijn als ‘kandidaat berm’ en eventueel kunnen terugkeren naar natuur.

De nood om het aantal GRTS-punten uit te bereiden naar de eerste 20.000 punten wordt verder onderstreept doordat eind werkjaar 3 de 414 punten van de eerste 10.000 punten die aan het landgebruik **ruimtebeslag tuinen** waren toegewezen, al opgebruikt zijn. Niet alleen valt na visuele controle een deel van de punten weg, ook bij het aanschrijven van de eigenaars reageert slechts één derde positief. Hierdoor blijkt een buffer van 200 punten onvoldoende en zitten we veel sneller door onze potentiële staalnamepunten heen. Aan deze snelheid en met gelijke landgebruiksdefinitie en classificatieprocedure gaan we waarschijnlijk het aantal GRTS-punten nog verder moeten uitbreiden.

Tijdens werkjaar 3 is er ook een bijsturing gedaan aan de finale check die gebeurt voordat een staalnameteam wordt uitgestuurd. Voor **natuur staalnamepunten**, in het bijzonder natuurlijke graslanden, wordt nagegaan of deze al dan niet afwisselend worden opgenomen in de landbouw-gebruikspercelen. Indien dit het geval is, worden ze als intensief beheerd grasland beschouwd en geschrapt als een natuur staalnamepunt en ook niet bemonsterd als een blijvend grasland of akker. Een tweede bijsturing is ook gedaan voor beboste natuurplots. Bijna de helft van de natuurplots werd bij de finale check gezien als waarschijnlijk bos en zou dan ook niet bemonsterd worden als natuur. Het probleem is dat in realiteit de grens -wanneer spreek je over bos en wanneer over natuur- niet heel duidelijk af te bakenen is. Je hebt immers verschillende types natuur; er is niet alleen open natuur (heide, natuurgraslanden, …), maar ook gesloten natuur (struikgewas, beboste natuur, …). Daarnaast is het ook een realiteit dat natuur soms ook ontbost en terug bebost wordt. In plaats van de beboste natuurplots niet te bemonsteren en het risico te lopen structureel specifieke landgebruiken uit te sluiten (bv. Struwelen, Schorren, ruigten, …), hebben we beslist om deze plots als natuur te bemonsteren, maar daarbij wel een uitgebreide vegetatiebeschrijving te doen, zodat we later nog kunnen afleiden of je dit als bos zou kunnen beschouwen.

In werkjaar 3 is er ook een ander probleem met betrekking tot de landgebruiksclassificatie van de staalnamepunten bekeken. Uit de eerste visuele controles van de **kandidaat bermen** is gebleken dat een groot deel van de kandidaat bermen geen berm blijkt te zijn. Van de eerste 100 kandidaat bermen (volgens GRTS rank) bleken na controle op basis van orthofoto's maar 2 bermen effectief weerhouden te worden als berm. De huidige aanpak lijkt dus te conservatief te zijn en gaat dus teveel locaties als kandidaat berm identificeren. Er lijkt dus wel wat efficiëntiewinst te halen uit het aanpassen van de bermenclassificatie zodat deze nauwkeuriger is: minder bermen visueel te controleren en minder kandidaat bermen die terug moeten ingepast worden volgens hun GRTS-rank in de staalname van de andere landgebruiken. Een aantal opties die overwogen worden, is om de breedte van de buffers aan te passen aan de categorie van de weg, spoorweg of waterweg, te werken met kleinere buffers rond de polygoonweergave van de weg/waterweg in plaats van de centerline, …. Daarnaast werd ook overwogen om de selectie van lijnelementen waarlangs we op zoek gaan naar bermen uit te breiden met fietspaden en ook naar bermen in de landgebruiks-categorieën afgedekt en water (staalnamepunten worden bij de Cmon-classificatie aan deze categorieën toegewezen, maar worden beschouwd als niet-bemonsterbaar). Een eerste verkenning van de categorieën afgedekt en water wijst erop dat deze mogelijks een aantal bemonsterbare bermen bevatten. Verder onderzoek naar dit probleem is uiteindelijk uitgesteld omdat op dat moment het identificeren van nieuwe kandidaat bermen niet prioritair was. Aan het begin van werkjaar 3 waren er al voldoende bermen bemonsterd om op schema te zitten voor bermen en de focus is tijdens werkjaar 3 komen te liggen op de inhaalbeweging in het bemonsteren van ruimtebeslag overige en ruimtebeslag tuinen. Dit wil wel zeggen dat dit voor werkjaar 4 wel een prioriteit gaat worden, omdat we een achterstand dreigen op te lopen voor de bermen.

Tijdens werkjaar 3 werd ook werk gemaakt van het neerschrijven van de definities van de verschillende Cmon-landgebruiken (zie bijlage 1), die gebruikt worden door de staalnemers om bij de desktopvoorbereiding van de staalname en de staalname op het terrein na te gaan of het bij de selectie van de staalnamelocaties toegekende landgebruik overeenkomt met het werkelijke landgebruik op het terrein. Het is belangrijk dat dit heldere definities zijn omdat ze bepalen of een plot al dan niet bemonsterd wordt én ze moeten zo samengesteld zijn dat we voorkomen dat we hierdoor bepaalde edge-cases niet bemonsteren. Het is niet de bedoeling om een geïdealiseerde versie van het landgebruik te gaan bemonsteren, maar wel het in zijn effectief voorkomende diversiteit te bemonsteren.

Mijlpaal 2: Een controle op blijvend grasland wordt uitgevoerd wanneer landbouwgebruikspercelen versie 2022 beschikbaar is en bijsturing van de landgebruiksclassificatieprocedure (1 maart 2024.)

- ⇨ Omdat in jaar 1 en 2 extra staalnamepunten werden aangevraagd om eventuele uitval te compenseren (terwijl de uitval in de praktijk maar 5-6% bleek te zijn) was het in jaar 3 niet nodig om een nieuwe aanvraag bij het Agentschap Landbouw & Zeevisserij in te dienen. Bij de aanvraag van de contactgegevens van de eigenaar en betrokken landbouwer werd er door het Agentschap Landbouw & Zeevisserij dan ook geen extra controle op blijvend grasland uitgevoerd. In werkjaar 3 zijn, in de classificatieprocedure van de GRTS-punten voor de selectie van de staalnamepunten, de landbouwgebruikspercelen versie 2021 vervangen door de landbouwgebruikspercelen versie 2022 (Departement Landbouw en Visserij, 2023). Aan de hand van de nieuwe landbouwgebruikspercelen is er wel een update gebeurd van het Cmon-landgebruik, toegewezen aan een aantal GRTS-punten, dit op basis van de blijvend grasland controle.

Tijdens werkjaar 3 is een nieuwe versie (2022) van het landgebruiksbestand beschikbaar gekomen (Departement Omgeving, 2023). Tijdens werkjaar 4 zullen alle nog niet bemonsterde GRTS-punten opnieuw geclassificeerd worden zodat we bij de selectie van de staalnamepunten rekening kunnen houden met de meest recente landgebruiksgegevens.

3.3 CONTACTEREN EIGENAARS

Mijlpaal 3: Eigenaarsgegevens voor werkjaar 3 worden opgevraagd en ontvangen (1 december 2023).

- ⇨ INBO vroeg in het afgelopen werkjaar bij de CoördinatieStructuur van PatrimoniumInformatie (CSPI) de eigenaarsgegevens op van 51 plots onder ruimtebeslag overige, 35 plots onder bos en natuur en 189 plots onder ruimtebeslag tuinen. Deze aanvragen gebeurden het hele werkjaar door. De gegevens werden binnen 1 à 2 weken ontvangen.

Mijlpaal 4: Aanleveren van lijst met XY-coördinaten van de staalnamepunten voor jaar 3 aan het Departement Landbouw & Visserij, nu Agentschap Landbouw en Zeevisserij(1 februari 2024)

- ⇨ Omdat in jaar 1 en 2 extra staalnamepunten werden aangevraagd om eventuele uitval te compenseren (terwijl de uitval in de praktijk maar 5-6% bleek te zijn) was het in jaar 3 niet nodig om een nieuwe aanvraag bij het Departement/Agentschap in te dienen.

Mijlpaal 5. Privé-eigenaars en landbouwers worden gecontacteerd om stalen te nemen zodat voldoende plots bemonsterd kunnen worden (doorlopend).

- ⇨ Er werden brieven verstuurd naar de eigenaar(s) en voor de categorieën ruimtebeslag overige, bos en natuur kregen we ruwweg in 1/3 van de gevallen een positief antwoord, in 1/3 een negatief antwoord en 1/3 van de aangeschrevenen reageerde niet. Er werd ook altijd een herinneringsbrief gestuurd.
- ⇨ In jaar 3 werden geen extra landbouwers aangeschreven (akkerland en blijvend grasland). Voor de categorie ruimtebeslag tuinen werden de eigenaars gecontacteerd met behulp van een aangetekend schrijven. Indien hierop geen respons werd ontvangen, werd een herinneringsbrief verstuurd. Ook hierop werd in ongeveer 1/3 van de gevallen positief geantwoord, terwijl 1/3 van de eigenaars niet akkoord ging met een staalname. In 1/3 van de gevallen werd geen antwoord ontvangen.

Mijlpaal 6: Beslissing omtrent het publiek ontsluiten van resultaten gelinkt aan XY-coördinaten (1 november 2023).

- ⇨ In werkjaren 1 tot en met 3 werd informatie verzameld omtrent het toepassen van de regels met betrekking tot GDPR enerzijds en open data anderzijds. De regelgeving over de publieke publicatie van de Cmon-data met XY-coördinaten is niet eenduidig, waardoor een beslissing over de publieke publicatie van de data nog niet genomen is. Eind 2024 zal een risico-analyse uitgevoerd worden met betrekking tot deze publieke publicatie van de Cmon-data. Ondertussen wordt verder gewerkt aan templates van datadelings-overeenkomsten en dataverwerkingsovereenkomsten zodat de Cmon-data eventueel eerder doorgegeven kunnen worden aan specifieke ontvangers.

3.4 PROTOCOL STAALNAME

Het protocol voor staalname en het opnameformulier, vastgelegd in voorgaande werkjaren, werd tijdens gebruik in werkjaar 3 nog licht aangepast. Dit leidde zowel voor het staalnameprotocol als het opnameformulier tot een nieuwe versie, met de volgende wijzigingen:

- Staalnameprotocol versie 1.2
  - Werkwijze voor het nemen van ongeroerde bodemstalen met behulp van de Edelmanboor werd aangevuld.
- Opnameformulier versie 1.4
  - Voor alle locaties alle steken opsommen per diepte-interval i.p.v. enkel de afwijkende steken
  - Kolommen toegevoegd om aan te geven of er ongeroerde stalen met de Edelman boor genomen worden

Mijlpaal 7. Uitwerken staalnamemethodiek stenige bodems (afgewerkt tegen 1 november 2023).

- ⇨ Deze mijlpaal werd gedeeltelijk gehaald. Op 6 juli 2022 vond er een terreinanalyse plaats op een zeer stenige Cmon-plot (plot P82C6A41 [struinnatuurgebied Maesbempder Greend, Mazenhoven] nabij de Maas). Deze site werd intensief bemonsterd tot 60 cm diepte en 127 kg bodem werd meegenomen voor verdere labo-analyse van zowel massa als volume aan grove fractie (> 2 mm, vooral maasgrind). Tot 60 cm diepte werd tevens de 'excavation method' uitgetest met zowel gekalibreerd zand als water voor de volumebepaling. In de loop van mei-juni 2024 werden alle metingen uitgevoerd om de bulk densiteit te kunnen berekenen. Deze resultaten moeten nog aangevuld worden in de databank en het staalnameprotocol moet nog uitgeschreven worden.

Deliverable 1. Wijzigingen worden gedocumenteerd in een geüpdatete versie van het staalnameprotocol (1 oktober 2023).

- ⇨ zie mijlpaal 7.

3.5 UITVOERING STAALNAME

3.5.1 Verloop staalname

Elk werkjaar dienen er door ILVO en INBO samen normaal gezien 282 locaties bemonsterd te worden (Tabel 1). In dit jaarlijks aantal zijn de locaties van het schaduwmeetnet en de locaties om veranderingen van landgebruik op te volgen (LULUCF-plots), inbegrepen.

Tabel 1: Overzicht van het aantal geplande staalnamelocaties per landgebruik

Cmon-landgebruik	Monitoring plots	LULUCF plots	Schaduw plots	Totaal aantal plots	Jaarlijks
Akker	794	20	40	854	85
Blijvend grasland	406	20	20	446	45
Bos	490	20	25	535	53
Natuur	446	20	22	488	49
Ruimtebeslag tuinen	213	5	9	227	23
Ruimtebeslag park & recreatie	42	5	3	50	5
Ruimtebeslag bermen	33	5	3	41	4
Ruimtebeslag overige	170	5	8	183	18
Totaal	**2594**	**100**	**130**	**2824**	**282**

In het werkjaar 2023-2024 werden in totaal 381 staalnamelocaties bemonsterd (Tabel 2) wat overeenstemt met 147% van de jaarlijkse hoeveelheid plots (exclusief schaduw- en LULUCF-plots). De inhaalbeweging in jaar 2 (+10%) en jaar 3 (+47%), om de opgelopen achterstand uit jaar 1 in te halen, heeft er voor gezorgd dat aan het einde van het derde jaar 100% van het vooropgestelde aantal plots van het reguliere netwerk bemonsterd waren. De plots werden wel niet evenredig bemonsterd over alle landgebruiken heen. Tabel 2 toont dat er vooral voor ruimtebeslag tuinen nog een grote inhaalbeweging nodig is (24 plots te weinig bemonsterd) om ook daar het voorziene aantal plots te behalen (nog maar 63% van het totaal aantal te bemonsteren plots over de eerste 3 werkjaren werd bemonsterd). Voor ruimtebeslag overige en ruimtebeslag bermen is er een klein tekort (respectievelijk 3 en 1 plot(s)). Voor bossen zijn er reeds 19 plots van werkjaar 4 bemonsterd. De meetresultaten van de in totaal 780 bemonsterde plots zijn wel nog niet allemaal opgenomen in het jaarrapport omdat voor 154 plots staalvoorbehandeling en analyse nog niet afgewerkt waren.

Daarnaast werd de achterstand in de schaduwplots en LULUCF-plots nog niet weggewerkt. INBO bemonsterde de eerste 10 locaties van het schaduwmeetnet in jaar 3, maar met het bemonsteren van de LULUCF-plots werd nog niet van start gegaan. Dit zorgt ervoor dat eind juni 2024, in totaal 10 van de 39 schaduwplots en 0 van de 30 LULUCF-plots bemonsterd zijn.

In totaal zijn er dus 790 van de 1130 meetpunten (= 70%) bemonsterd die voorzien zijn in de samenwerkingsovereenkomst voor de periode 2021-2024 (inclusief LULUCF- en schaduw-plots).

Tabel 2: Overzicht van het aantal uitgevoerde staalnamelocaties per landgebruik op 30/06/2024. (percent uitgevoerd werd uitgedrukt ten opzichte van jaarlijks ‘Aantal plots’, exclusief plots uit het schaduwmeetnet en het LULUCF meetnet)

Cmon-landgebruik	Staalname werkjaar 2021 -2022	Staalname werkjaar 2022 - 2023	Staalname werkjaar 2023 - 2024	Totaal over de 3 werkjaren	Uitvoerder
Akker	53 (67%)	70 (88%)	119 (150%)	242 (102%)	ILVO
Blijvend grasland	2 (5%)	47 (116%)	73 (178%)	122 (99%)	ILVO
Bos	30 (61%)	93 (190%)	43 (88%)	166 (113%)	INBO
Natuur	23 (51%)	65 (144%)	49 (109%)	137 (102%)	INBO
Ruimtebeslag tuinen	0 (0%)	0 (0%)	40 (190%)	40 (63%)	ILVO
Ruimtebeslag park & recreatie	3 (71%)	7 (167%)	2 (48%)	12 (95%)	INBO
Ruimtebeslag bermen	6 (182%)	0 (0%)	1 (33%)	7 (71%)	INBO
Ruimtebeslag overige	0 (0%)	0 (0%)	54 (312%)	54 (106%)	INBO
Totaal	**117 (45%)**	**282 (108%)**	**381 (147%)**	**780 (100%)**	

Mijlpaal 8. De bodemstalen voor werkjaar 3 werden genomen op het voorziene aantal locaties per type landgebruik (30 juni 2024).

- INBO: er vond een inhaalbeweging plaats voor ruimtebeslag overige. De andere landgebruiken zitten al vrij goed op schema, maar een verdere inhaalbeweging is nodig. Het komende jaar zal nog verder ingezet worden om de staalname zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. Ook moet de methodiek voor het selecteren van bermen verder uitgewerkt en geïmplementeerd worden.
- ILVO: er vond een inhaalbeweging plaats voor akkerland, blijvend grasland en ruimte-beslag tuinen. Zowel voor akkerland als blijvend grasland werd het aantal voorziene locaties aan het einde van jaar 3 bereikt (exclusief schaduw- en LULUCF-plots). Voor het landgebruikstype ruimtebeslag tuinen werd 63% van het aantal voorziene plots bemonsterd, waardoor een verdere inhaalbeweging in jaar 4 zich opdringt.

3.5.2 Kwaliteitscontrole en opleidingen

Mijlpaal 9: Gemeenschappelijke opleidingsdag voor INBO en ILVO-staalnemers (1/12/2023).

⇨ Op 20/10/2023 werd op het ILVO een intercalibratiedag georganiseerd voor INBO, Departement Omgeving en ILVO. De opleidingsdag had tot doel om de methoden van staalname en staalvoorbehandeling nog eens af te stemmen tussen INBO en ILVO, te overlopen of het protocol volledig en correct gevolgd wordt en om tips en tricks uit te wisselen om de staalname en staalvoorbehandeling efficiënt(er) te laten verlopen. Er waren van de drie Cmon-partners zowel wetenschappers, als staalnemers en staalvoorbehandelaars aanwezig. Gedurende de voormiddag werd te Wetteren een plot blijvend grasland bemonsterd, waarna tijdens de namiddag in de ILVO labo's de staalvoorbehandeling van zowel de geroerde als ongeroerde stalen werd gedemonstreerd. Er was dit jaar ook extra aandacht voor het in beeld brengen van de zeefresten.

Deliverable 2 : Overzicht staalnamelocaties en eventuele aanpassingen protocol staalname (met nieuw versienummer) in ontwerprapport jaar 3 voor stuurgroep (1/06/2024).

⇨ Ok

4 ANALYSE

4.1 PROTOCOL STAALVOORBEREIDING EN ANALYSE

Het protocol voor staalvoorbereiding en analyse werd vastgelegd gedurende het werkjaar 2021-2022. Op het einde van werkjaar 2 was versie 1.6 in gebruik. Tijdens werkjaar 3 werden mogelijke onduidelijkheden en discussiepunten in de maandelijkse consortiumvergaderingen besproken. In april 2024 werd versie 1.7 in gebruik genomen. Er werd een kleine aanpassing opgenomen voor het verkleinen van een vezelige zeefrest van organo-minerale stalen. Aangezien nog geen vezelige zeefrest werd waargenomen, heeft de aanpassing van het protocol geen impact gehad op mogelijke verschillen tussen staalbehandeling van stalen in het verleden en in de toekomst. Het versiebeheer van het protocol werd verder aangevuld. Deze versie 1.7 is terug te vinden op de Cmon-website (Deliverable 2 en 3).

Voor de zeefreststalen werden de foto's geoptimaliseerd bij INBO zodat deze meer geharmoniseerd werden met de ILVO beelden. Testen werden uitgevoerd met de nieuwe Keyence 3D beeldmicroscoop op INBO om via beeldverwerking de zeefrestpartikels te analyseren. Voor een volledig staal (Figuur 1a) werden zeer grote beelden gegenereerd (tussen 130 - 900 Mb/beeld) en indien veel zeefrest waren tot 4 beelden nodig van eenzelfde staal. Er werd besloten dat de beeldmicroscoop enkel kon ingezet worden om individuele partikels te analyseren (aard en opbouw van het organisch of mineraal materiaal), maar niet om overzichtsbeelden van het volledige staal te genereren. Vergelijkbaar met de ILVO aanpak, worden op INBO nu standaard alle zeefreststalen met een lichtbak en camerasysteem gefotografeerd zoals in Figuur 1b. Dergelijke beelden beslaan 1 tot 4 Mb en zijn geschikt om via AI te verwerken.

a)

b)

Figuur 1:
a) Gekalibreerd beeld van zeefrest (staal van plot Cmon_P4337a62) voor determinatie van zeefrestpartikels met 3D microscoop
b) Geoptimaliseerde standaard foto van zeefrest staal CMON_P91c48c9_laag_60_100_MG_2021_zeefrest voor opname in DOV databank

Mijlpaal 10: Kwantitatieve analyse met beeldmicroscoop van alle zeefreststalen (30/4/2024)

- Analyse van alle zeefreststalen met beeldverwerking (kwantificeren van organische en minerale fracties op basis van vorm en kleur, inschatten van C concentratie en voorraad)
- Protocol ontwikkelen voor beeldverwerking zeefreststalen en toevoegen aan analyseprotocol
- Beslissen of zeefreststalen al dan niet gearchiveerd of finaal geanalyseerd worden

⇨ Mijlpaal 10 werd niet gehaald. Bij INBO werd de beeldmicroscoop aangekocht, maar niet geschikt bevonden voor digitalisatie van de hele zeefrest. Wel werden nieuwe standaardbeelden gemaakt van de zeefrest voor toevoeging in DOV databank.

<u>**Deliverable 3**</u>: Eventuele aanpassingen protocol voor staalvoorbereiding en analyse (met nieuw versienummer) in ontwerprapport jaar 3 voor stuurgroep (1/06/2024).

⇨ OK

4.2 ONDERLINGE KWALITEITSCONTROLE EN OPLEIDINGEN

Aangezien de analyses door twee instituten worden uitgevoerd, is een doorgedreven kwaliteits-controle extra belangrijk. De acties van de voorbije werkjaren werden in 2023-2024 voortgezet. De volledige set referentiematerialen werd verder gebruikt. Wanneer de aanwezige hoeveelheid referentiemateriaal in één instituut te laag werd, werd deze aangevuld door het instituut met de voorraad van het desbetreffende referentiemateriaal. Een overzicht van de gebruikte referentie-materialen is te vinden in Tabel 3.

Tabel 3: Overzicht van de gebruikte interne Cmon-referentiematerialen voor totale C (TC), totale N (TN) en anorganische C (TIC)

Naam interne referentie	Parameter	Opgenomen in ringtest	Type materiaal	Consensuswaarde
FSCC_4_B (TC)	TC	FSCC_4	Bosbodem zandleem (Gontrode)	0,65%
FSCC_4_B (TN)	TN	FSCC_4		0,04%
FSCC_6_A (TC)	TC	FSCC_6	Minerale leembodem (Slovakije)	4,30%
FSCC_6_A (TN)	TN	FSCC_6		0,27%
FSCC_6_D (TC)	TC	FSCC_6	Strooisel Deurne (OF, OH)	46,6%*
FSCC_6_D (TN)	TN	FSCC_6		1,8%*
IR_BOD_O	TIC	Vlarisub	Landbouwbodem polder (Watervliet)	0,44%

* Kan afwijken gezien dit materiaal verder verkleind werd met de messenmolen

INBO en ILVO overleggen regelmatig om de Cmon-analyses en de metingen van de referentie-materialen te bespreken. In Tabel 4 (alle data sinds start Cmon-project) en Tabel 5 (data afgelopen werkjaar) is te zien dat de gemiddelde gemeten waarden voor zowel INBO als ILVO dicht bij de consensuswaarden liggen, maar ook dat de gemiddelde waarden van de controlekaarten tussen beide instituten zeer goed overeenstemmen. ILVO heeft nog maar 2 metingen van het organische referentiemonster FSCC_6_D, aangezien er nog geen organische stalen geanalyseerd werden. INBO heeft al 23 controlemetingen van FSCC_6_D en de variatiecoëfficiënt (CV) van alle controle-metingen voor TC van strooisel is beduidend hoger dan voor de minerale bodemstalen (FSCC_4_B en FSCC_6_A). Opvallend is dat voor het laatste werkjaar (Tabel 5) de CV van zowel de TC- als TN-metingen voor staal FSCC_6_D gehalveerd is,, wat wijst op meer precieze metingen van organische stalen.

Tabel 4: Overzicht van de gemeten gemiddelde concentratie, CV%, aantal metingen voor totale C (TC), totale N (TN) en anorganische C (TIC) in de controlekaarten van de interne referentiematerialen van ILVO en INBO: voor alle data sinds start Cmon tot eind mei 2024. Enkel de eerste meting per meetdag wordt meegenomen (reproduceerbaarheid, geen herhaalbaarheid)

Naam interne referentie	INBO			ILVO			Consensus-waarde (ringtest)
	Gem (%)	CV%	n	Gem (%)	CV%	n	Gem (%)
FSCC_4_B (TC)	0,63	1,1	72	0,62	2,6	61	0,65
FSCC_4_B (TN)	0,041	3,4	72	0,043	5,2	55	0,04
FSCC_6_A (TC)	4,27	1,6	86	4,25	2,6	61	4,30
FSCC_6_A (TN)	0,279	1,8	86	0,278	2,3	55	0,27
FSCC_6_D (TC)	45,8	2,6	23	47,82	-	2	46,6*
FSCC_6_D (TN)	1,77	2,8	23	1,86	-	2	1,8*
IR_BOD_O (TIC)	0,496	1,7	34	0,45	7,0	46	0,44

* Kan afwijken gezien dit materiaal verder verkleind werd met de messenmolen

Tabel 5: Overzicht van de gemeten gemiddelde concentratie, CV%, aantal metingen voor totale C (TC), totale N (TN) en anorganische C (TIC) in de controlekaarten van de interne referentiematerialen van ILVO en INBO: voor werkjaar 2023-2024. Enkel de eerste meting per meetdag wordt meegenomen (reproduceerbaarheid, geen herhaalbaarheid)

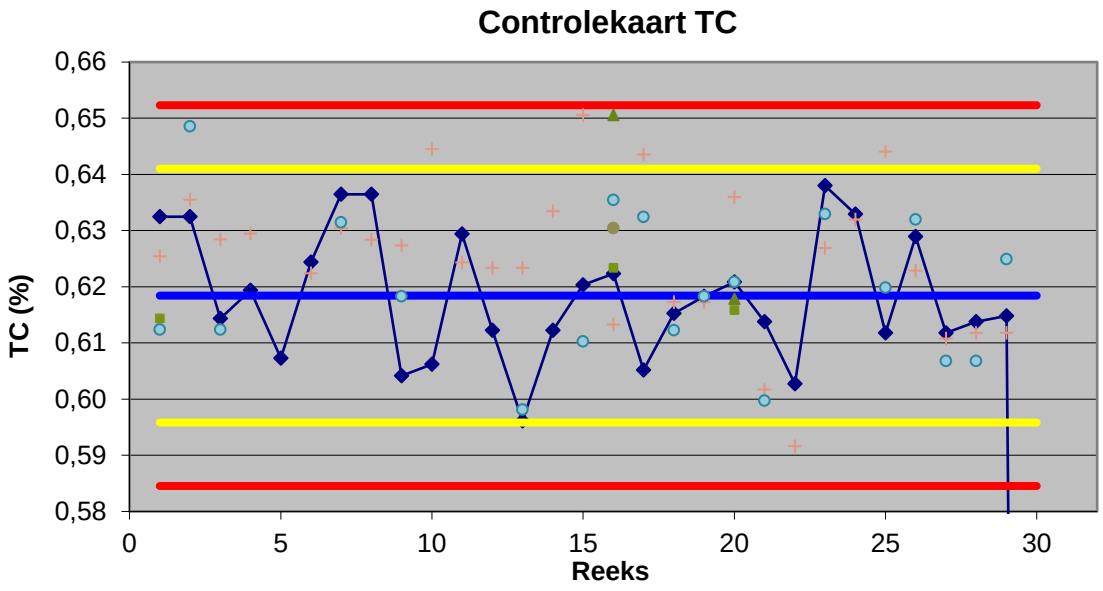
Naam interne referentie	INBO			ILVO			Consensus-waarde (ringtest)
	Gem (%)	CV%	n	Gem (%)	CV%	n	Gem (%)
FSCC_4_B (TC)	0,63	0,9	36	0,62	1,8	22	0,65
FSCC_4_B (TN)	0,042	3,33	36	0,042	6,0	21	0,04
FSCC_6_A (TC)	4,27	1,69	47	4,28	2,1	22	4,30
FSCC_6_A (TN)	0,28	1,96	47	0,281	1,7	21	0,27
FSCC_6_D (TC)	45,8	1,32	16	-	-	-	46,6*
FSCC_6_D (TN)	1,77	1,36	16	-	-	-	1,8*
IR_BOD_O (TIC)	0,496	1,75	18	0,45	4,1	23	0,44

* Kan afwijken gezien dit materiaal verder verkleind werd met de messenmolen

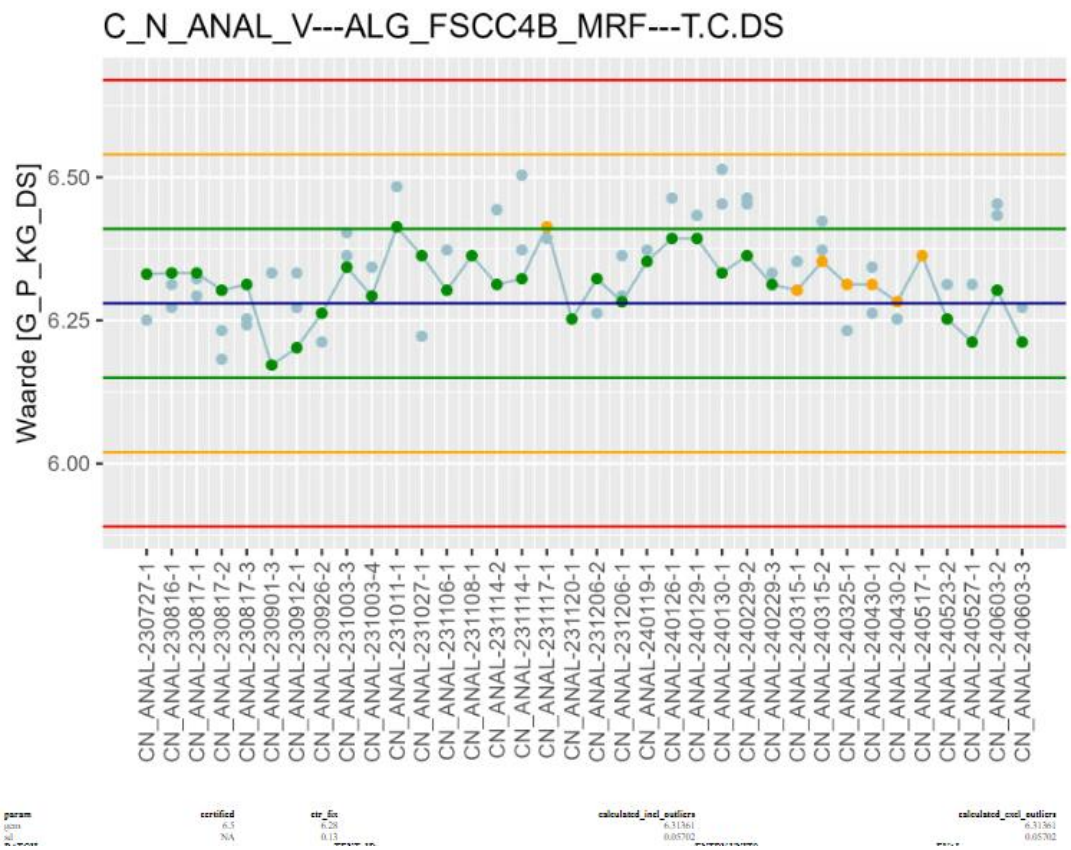
De (relatief) hoogste CV wordt nog steeds vastgesteld voor metingen van TN van het controlestaal FSCC_4_B (lage range). Ook voor anorganische C (TIC) is de CV bij ILVO wat hoger, maar deze is in dalende lijn (dit werkjaar 4,1% ten opzichte van 8,9% vorig werkjaar). De grotere variatie in het verleden lag aan het verschil tussen twee overlappende kalibratielijnen. Door een verandering in het kalibratieprotocol (TIC kalibreren voor TC en TN), is sinds het najaar van 2023 dit verschil sterk gereduceerd.

Algemeen kan worden vastgesteld dat de CV-waarden in het derde werkjaar constant bleven of verder zijn gedaald tot bijna overal onder de 5%. Vooral de TC metingen zijn bijzonder precies (< 2%).

De controlekaarten die beide instituten hanteren voor materiaal FSCC_4_B worden geïllustreerd in Figuur 2 voor ILVO en Figuur 3 voor INBO. De criteria voor actie, opgelijst in het eerste jaarrapport, blijven behouden. In het werkjaar 2023-2024 was er geen specifieke actie nodig.



Figuur 2: Controlekaart van FSCC_4_B TC van ILVO. TC-concentratie (gecorrigeerd voor restvocht) versus het nummer van de meetreeks (meetdag, opeenvolgend). De donkerblauwe punten en lijn stellen de eerste meting (en trend) van de meetdag voor. Eventuele bijkomende metingen worden ook weergegeven door andere punten in de controlekaart. De helder blauwe horizontale lijn stelt het gemiddelde van de laatste 30 metingen voor, de gele en de rode lijnen de waarde van het gemiddelde +/- 2 respectievelijk 3 keer de standaarddeviatie



Figuur 3: Controlekaart van FSCC_4_B TC van INBO. Waarden in g kg^{-1}.Tijdens elke batch wordt het referentiemateriaal 3 x gemeten (blauwe punten). Elke eerste meting is verbonden met een lijn en geeft de variatie aan tussen de meetbatches. De blauwe horizontale lijn geeft het gemiddelde van 25 metingen aan, de groene, oranje en rode lijn respectievelijk 1, 2 en 3 standaard afwijkingen t.o.v. het gemiddelde. Op één batch na (17/11/2023) liggen alle eerste metingen binnen 1 SD afwijking

Door ILVO werd naar aanleiding van de jaarlijkse kwaliteitscontrole in maart 2024 een trend-analyse van de controlekaarten uitgevoerd. Er werden geen significante trends voor de verschillende parameters gevonden, met uitzondering van een positieve trend voor TN van FSCC_6_A. Dit betrof echter een zeer beperkte trend van +2,1% (relatief) over anderhalf jaar, ruim binnen de meetonzekerheid van deze parameter. Het is daarbij belangrijk te melden dat voor de andere interne referenties (FSCC_4_B en ILVO-specifieke interne referenties) geen significante trends voor TN werden waargenomen.

INBO analyseerde voor de 7 interne referentiematerialen (IRM) (Tabel 3) de volledige controlekaarten sinds het begin van de Cmon-survey (Tabel 6). Voor vier van de 7 IRM werd geen significante trend vastgesteld op basis van Theil-Sen slope estimator. Voor TC in FSCC_4_B en TN in FSCC_6_A werd een significant toenemende trend vastgesteld, voor TN in het organisch materiaal (FSCC_6_D) een significant dalende trend. De TN toename die ILVO vaststelde in FSCC_6_A over anderhalf jaar werd dus ook vastgesteld door INBO in de lange termijn trend (> 800 dagen).

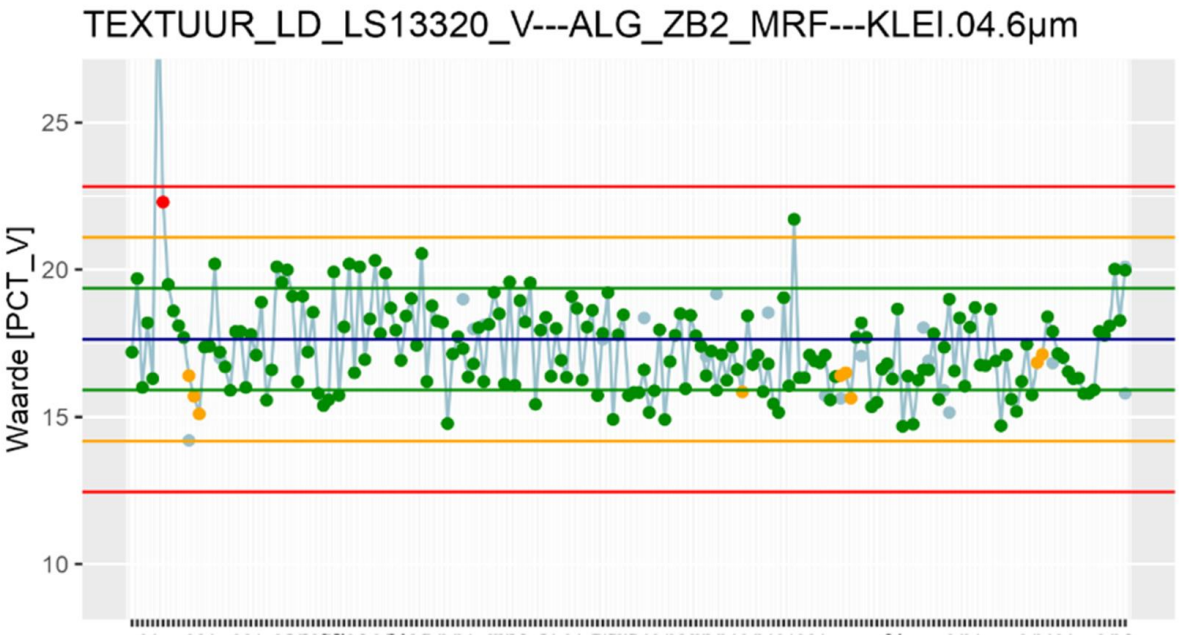
Tabel 6: Temporele trendanalyse van de controlemetingen door INBO sinds het begin van de Cmon-analyses voor de 7 interne referentiematerialen (IRM). De regressiefuncties werden bepaald met median-based Linear regression (MBLM) met X (aantal dagen sinds start metingen) en Y de controlemeting. De helling wordt bepaald met de Theil-Sen slope estimator die zeer robuust is voor outliers (breakdown point tussen 29-50%)

IRM	Varia-bele	Periode (van/tot)	n	Regressie functie	P-slope	95% CI
FSCC4B	**TC (%)**	2022-03-21/2024-06-03	72	Y = 0,6278 + 0,00000682 X	0,003**	[8.16e-07; 8.60e-06]
FSCC4B	**TN (%)**	2022-03-21/2024-06-03	72	Y = 0,0412	NS	[-3.196e-07; 5.154e-06]
FSCC6A	**TC (%)**	2022-03-21/2024-06-04	86	Y = 4,273	0,89 NS	[-3,63e-05; 2,937e-05]
FSCC6A	**TN (%)**	2022-03-21/2024-06-04	86	Y = 0,276 + 0,00000422 X	5.89e-05***	[1,333e-06; 7,1653e-06]
FSCC6D	**TC (%)**	2022-10-03/2024-06-04	23	Y = 45,74	0,56 NS	[-4,12e-04; 6,26e-04]
FSCC6D	**TN (%)**	2022-10-03/2024-06-04	23	Y = 1,801 – 0,00006331 X	0,0024**	[-9,289e-05; -2,887e-05]
IR_BOD_O	**TIC (%)**	2022-04-05/2024-06-10	34	Y = 0,4937	0,813 NS	[-6.457e-06; 9,225e-06]

Hoewel significant, zijn de toenames of afname zeer beperkt. Aan de hand van de helling in de regressiefunctie (Tabel 6) kan de verwachte toename of afname geschat worden: voor TC in FSCC_4_B is dit op jaarbasis bv. 365* 0,00000682 = 0.0025 % C (absoluut) of 0.4 % relatief. De grootste relatieve verandering (daling) is voor TN in FSCC_6_D met 1.3 %. Met de Cmon-kwaliteitswerkgroep worden deze veranderingen nauwlettend in het oog gehouden en kan worden beslist om de gemiddelde consensuswaarden zo nodig bij te stellen.

In mei 2024 werden de bepalingsgrenzen voor TC, TN en TIC opnieuw bepaald door ILVO. De vorige bepaling, bij de ingebruikname van het toestel, dateerde van 2019. De bepalingsgrens bleek licht gestegen voor TN (van 0,008% naar 0,012%), meer uitgesproken gestegen voor TIC (van 0,01% naar 0,03%) en gedaald voor TOC (van 0,043% naar 0,03%). Als gevolg hiervan zal voor ILVO, bij de berekening van TOC-waarden, pas vanaf TIC > 0,03% de TIC-waarde van de TC-waarde afgetrokken worden. Voor INBO zijn er geen wijzigingen in de bepalingsgrenzen.

Binnen het Cmon-project worden alle textuuranalyses uitgevoerd door INBO met een laserdiffractie-toestel. Voor de textuurbepalingen worden, net als voor TC en TN, controlekaarten bijgehouden voor de klei-, leem- en zandfracties van twee IRM: ZONBOD (17,3% klei) en BAGBOD (37,3% klei). Aan de hand van de controlekaarten (Figuur 4) wordt nauwlettend de reproduceerbaarheid van de textuuranalyses opgevolgd, eventuele acties uitgevoerd (herkalibratie, vervanging van onderdelen, ...) en kunnen over de tijd eventuele trends opgespoord worden die kunnen wijzen op slijtage van het toestel (minder goed functioneren detectoren, laserbeam, lenzen, etc.).



Figuur 4: Controlekaart (september 2020 tot mei 2024) van de kleifractie bepaald met laserdiffractie van controlestaal ZONBOD (Leembodem Zoniënwoud). De gemiddelde waarde (blauwe lijn) is 17,3% klei. Het gros van de metingen situeert zich binnen 1 SD (1,5 %; groene lijn). De CV voor de volledige periode is 8,4%

Zoals te zien op de controlekaart van de kleifractiebepalingen op ZONBOD (Figuur 4) zijn slechts weinig acties tussen de batches noodzakelijk (oranje bollen) en komen outliers (rode bol) zelden voor. Wel werd over de volledige meetperiode (4 jaar) een dalende trend vastgesteld op het kleigehalte van de ZONBOD IRM. Van september 2020 tot juni 2022 was er weliswaar geen significante trend, en ook na april 2023 was er geen significante trend, maar wel een daling van 0.46 vol% klei (absoluut) of 2.5% relatief, dit na problemen met het toestel in de periode 10/06/22 tot 6/12/2022 (verhuis en renovatie bodemlab). Dit toont aan dat minutieuze opvolging via controlekaarten noodzakelijk is om blijvend de meetkwaliteit te garanderen. Dit jaar (2024) loopt op INBO een aanbesteding voor een nieuw laserdiffractietoestel. Na aanschaf zullen beide toestellen via controlekaarten van dezelfde IRM opgevolgd worden.

Al deze acties kaderden in de uitgevoerde kwaliteitscontrole voor Cmon (Deliverable 4).

Deliverable 4: Overzicht uitgevoerde kwaliteitscontrole en mogelijke aanpassingen in ontwerprapport jaar 3 voor stuurgroep (31/05/2024).

- ⇨ ok

4.3 UITVOERING ANALYSES

Het aantal locaties met uitgevoerde staalvoorbereiding en analyses sinds de start van de monitoring wordt gegeven in Tabel 7. De aantallen zijn flink verhoogd sinds het vorige werkjaar, dit door een groter aantal staalnames (zie hoger). De aantallen voor staalvoorbereiding en analyses sluiten doorgaans dicht aan bij de uitgevoerde staalnames. Dit gaat dus vrij vlot, ondanks de zeer uitgebreide handelingen (zie protocollen). De doorlooptijd voor de staalvoorbehandeling is ongeveer één maand, voor de analyses ongeveer twee maand.

Tabel 7: Overzicht van het totaal aantal locaties per landgebruik met uitgevoerde staalvoorbereiding en analyses op 31/5/2024 sinds de start van de monitoring

	Staalvoorbereiding	Analyses
ILVO	378	305
INBO	232	232
Totaal	**610**	**537**

Mijlpaal 11: De bodemstalen van werkjaar 3 werden geanalyseerd (30/4/2024)

- ⇨ Ok

5 LANDGEBRUIKSVERANDERING

Op de stuurgroep eind werkjaar 2 werd de staalname-aanpak voor LULUCFplots besproken en vastgelegd zoals beschreven in het jaarrapport van werkjaar 2. Aan het begin van werkjaar 3 werden verschillende instanties (VLM, DOMG, De Vlaamse Waterweg, ANB, Natuurpunt,…) gecontacteerd die landgebruiksveranderingen initiëren of processen opvolgen die landgebruiks-veranderingen als gevolg kunnen hebben. We hebben van verschillende instanties antwoorden gekregen over in totaal 137 locaties die tussen 2021 en 2027 een landgebruiksverandering ondergaan hebben of zullen ondergaan. We hebben uit deze lijst van 137 locaties de dubbele locaties en locaties die we niet kunnen bemonsteren als LULUCF-plots verwijderd (er treedt geen landgebruiksverandering op die we willen bemonsteren, er vindt grondverzet plaats, er vindt ontharding of afdichting plaats of de landgebruiksverandering is te lang geleden). Uit deze eerste bevraging hebben we voldoende locaties (17) gevonden om de staalname op te starten. In plaats van heel veel tijd te steken in verdere bevragingen en het onderzoeken van verschillende databronnen (vergunningenregister, ruimtelijke uitvoeringsplannen, …), leek het ons een goede aanpak om eerst wat ervaring op te doen met de staalname op deze 17 locaties en op basis van deze ervaring onze zoekstrategie bij te sturen. Het gaat ons toelaten om gerichter te zoeken naar punten die ons gaan helpen om tot een goede spreiding (ruimtelijk, landbouwstreken en bodemtype) te komen voor de verschillende landgebruiksveranderingen en een beter idee te vormen van wat de goede momenten zijn om locaties te bemonsteren. Gezien we na filteren en selectie van de initiële bevraging maar 17 locaties hebben overgehouden, er heel wat locaties met een zelfde type verandering in het zelfde gebied liggen en er voor sommige veranderingen zeer weinig tot geen locaties waren, gaan we een gerichte zoektocht moeten doen voor bepaalde veranderingen (zie Tabel 8).

Verder hebben we in overleg met de LULUCF-experten van DOMG besloten om voor het identificeren van landgebruiksveranderingen naar een wetland een striktere definitie te gebruiken dan deze die toegepast wordt voor de terreinobservatie wetland binnen Cmon. We gaan nog steeds uit van de Cmon-definitie, maar we brengen deze in lijn met de LULUCF definitie zoals die ook gehanteerd wordt door de LULUCF-datawerkgroep door toe te voegen dat het wetland niet aan de LULUCF-definitie van een andere LULUCF-categorie mag voldoen (hierdoor worden natte graslanden en natte bossen niet als een wetland beschouwd) (Eggleston et al., 2006).

In werkjaar 3 zijn er nog geen locaties met landgebruiksveranderingen bemonsterd omdat de focus van de staalname vooral lag op het inhalen van de bemonstering van gewone Cmon-plots van bepaalde landgebruiken die niet of te weinig bemonsterd waren in de vorige werkjaren van Cmon (in het bijzonder ruimtebeslag tuinen en ruimtebeslag overige). Daarnaast werd ook voorrang gegeven aan het opstarten van de schaduwplots. Hierdoor is de staalname specifiek gericht op landgebruiksveranderingen verder vertraagd. Een inhaalbeweging (meer staalnames dan jaarlijks voorzien) zal de komende jaren noodzakelijk zijn. We zullen het proces voor het vinden van geschikte locaties terug opstarten en waarschijnlijk gaan we ook nieuwe locaties moeten zoeken om al eerder gevonden locaties die misschien niet geschikt meer zijn te vervangen.

Tabel 8: De selectie van de te bemonsteren landgebruiksveranderingen en de verdeling van de 100 voorziene staalnameplots uit het Cmon-jaarrapport 2 met de aantal locaties die als geschikt om te bemonsteren zijn geselecteerd uit de locaties gevonden met behulp van de bevraging

Start	Uitkomst	Staalnameplots	Selectie
Akker	Bos	10	2
Akker	Grasland	10	1
Akker	Ruimtebeslag	10	1
Akker	Wetland	5	
Bos	Grasland	10	2
Bos	Ruimtebeslag	10	
Bos	Wetland	5	3
Grasland	Akker	10	
Grasland	Bos	10	5
Grasland	Ruimtebeslag	10	1
Grasland	Wetland	10	2

Mijlpaal 12: Uitgewerkte strategie voor de selectie van punten voor landgebruiksveranderingen en bijhorende bemonsteringsstrategie ter bespreking in de stuurgroep (30 november 2023).

⇨ Zoals hierboven aangegeven, is de initiële aanpak, zoals beschreven in het jaarrapport van werkjaar 2, toegepast in werkjaar 3. Er is beslist om op basis van de eerste ervaringen met de staalname de aanpak verder uit te werken en bij te sturen. Maar doordat er prioriteit is gegeven aan de andere staalnames is er in werkjaar 3 geen landgebruiksveranderings-staalname gebeurd en is de selectiestrategie van de landgebruiksveranderingspunten niet verder uitgewerkt. De staalnamestrategie is besproken geweest op de stuurgroep in juni 2023 en zoals beschreven in het Cmon-jaarrapport 2 goedgekeurd. In werkjaar 3 is er een minimale bijsturing van deze strategie gebeurd. Deze mijlpaal is dus deels gehaald, maar ook deels vertraagd.

6 HARMONISATIE EN DOORSTROMING DATA NAAR DATABANK ONDERGROND VLAANDEREN

6.1 ALGEMEEN

De gegevens verzameld in het koolstofmonitoringnetwerk worden opgeslagen in de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV). Dit betreft zowel de analyseresultaten en de bijhorende metadata als de terreinwaarnemingen en foto's genomen tijdens de staalname. Zo worden alle resultaten van het koolstofmonitoringnetwerk over alle landgebruiken heen opgeslagen in één databank.

INBO en ILVO voeren per plot het terreinwerk, de staalvoorbereiding en alle labo-analyses uit, met uitzondering van de textuurmetingen die op het INBO gebeuren en de NIRS-analyses die op het ILVO gebeuren. INBO en ILVO hebben elk hun eigen interne systemen om bodemdata te bewaren. De analysedata van de laboratoria worden opgeslagen in de respectievelijke Labo-Informatie-Management-Systemen (LIMS). Elk labo staat in voor de grondige kwaliteitscontrole (1ste en 2delijns) van de gegenereerde data. Het INBO bezorgt de resultaten van de textuuranalyses van de ILVO-plots aan het ILVO en ILVO stuurt de NIRS data van de INBO-plots naar het INBO. Zowel de data van de veldformulieren als de analysedata worden uiteindelijk in de DOV-bodemdatabank opgeslagen. Per plot worden alle data gescreend en gevalideerd, samen met de kwaliteitsgegevens (duplo analyses, controlekaarten, …). Indien nodig worden ter controle en/of correctie stalen opnieuw geanalyseerd.

De data afkomstig van INBO en ILVO worden op een uniforme manier in DOV opgeslagen. Deze data werden volledig geharmoniseerd tussen DOV, INBO en ILVO zodat de data bij de drie partijen zowel inhoudelijk als technisch eenduidig worden opgeslagen (er wordt onder andere gebruik gemaakt van dezelfde keuzelijsten). Daarna werd een mapping uitgevoerd tussen de databanken van INBO, ILVO en DOV zodat duidelijk is welke velden in de verschillende datasystemen van INBO, ILVO en DOV overeenkomen. Wijzigingen in het opnameformulier, staalnameprotocol en analyseprotocol werden telkens ook doorgevoerd in de harmonisatie, de bijhorende mapping en de DOV-bodemdatabank. Het hele proces heeft gezorgd voor een eenduidige, realistische en weldoordachte geharmoniseerde opslag van de data van het koolstofmonitoringnetwerk in Databank Ondergrond Vlaanderen.

Het geleverde werk heeft ook zijn meerwaarde voor de opslag en uitwisseling van alle bodemdata in Vlaanderen. Tijdens het harmonisatieproces werd de aandacht gevestigd op aspecten van bodemstaalname en -analyse, zoals staalvoorbereiding en informatie over de deelsteken van mengmonsters, en de opslag van near infrared spectroscopy data welke nog niet conceptueel waren uitgewerkt in de Vlaamse bodeminformatiesystemen.

6.2 DEPARTEMENT OMGEVING

In het kader van Cmon werden door departement Omgeving ontwikkelingen doorgevoerd binnen Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) .

Vermits tijdens het Cmon-project INBO, ILVO en departement Omgeving intensief samenwerken, werden optimalisaties uitgevoerd zodat de 3 partners van het Cmon-consortium elkaars intern gepubliceerde Cmon-data gemakkelijker kunnen raadplegen en exporteren.

De ontwikkelingen van geautomatiseerde afgeleide berekeningen op basis van de Cmon-basisdata zijn afgerond. De resultaten van deze berekeningen worden als extra parameters opgeslagen in de DOV-bodemdatabank zodat iedere DOV-gebruiker gebruik kan maken van deze gestandaardiseerde berekeningen. Tijdens het berekeningsproces worden allerlei kwaliteitschecks uitgevoerd en gerapporteerd zodat eventuele foute basisdata gemakkelijk opgespoord kunnen worden door het Cmon-consortium. De onderstaande parameters worden automatisch berekend door de DOV applicatie:

- Organische C-percentage (%)
- Bulkdensiteit bodem < 2 mm vs. totale volume - gemeten gemiddelde (g/cm^3)
- Bulkdensiteit bodem totaal - gemeten gemiddelde (g/cm^3)
- Organische C-voorraad (t/ha)
- Totale N-voorraad (t/ha)
- Strooisellaag of viltlaag - organische C-voorraad (t/ha)
- Strooisellaag of viltlaag - totale N-voorraad (t/ha)
- Textuur - fractie klei (volume %)
- Textuur - fractie leem (volume %)
- Textuur - fractie zand (volume %)

Daarnaast werd een extra tab ontwikkeld bij de bodemlocatiefiche in de DOV-verkenner waar je een overzicht krijgt van alle Cmon-kerndata voor die Cmon-plot (zie Figuur 5). Deze kerndata bevatten zowel basisdata als afgeleide data.

Vlaanderen | DATABANK ONDERGROND VLAANDEREN

AANGEMELD DATABANK ONDERGROND VLAAN... | HULP NODIG

Bodemlocatie CMON_Pc4fa56c

Acties

Naam: CMON_Pc4fa56c
Type: boring
Doel: koolstofmonitoring

Waarnemingsdatum: 28/04/2022
Invoerdatum: 22/03/2023
Educatieve waarde: niet van toepassing

Auteur(s): Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)
Opdrachten: Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon leesrechten dOMG
Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon leesrechten ILVO
Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon leesrechten INBO
Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon: staalname ILVO

Dataleverancier: Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)
Databeheerder: Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)
Status: intern afgewerkt

Ligging | Classificaties (0) | Bodemkundige opbouw (1) | Bodemkundig erfgoed (0) | Namen (0) | Monsters (20) | Observaties (348) | Opmerkingen (0) | Bijlagen (0) | Kerndata

	pH KCl	Anorg C (%)	Org C (%)	Tot N (%)	BD tot (g/cm3)	BD tot < 2mm (g/cm3)	Org C voorraad (t/ha)	Tot N voorraad (t/ha)
Strooisellaag of viltlaag	-	-			-	-		
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_0_10 0-10cm	5.40	<0.01	2.87	0.272	1.179	1.179	34	3.21
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_10_30 10-30cm	4.80	<0.01	1.13	0.128	1.351	1.351	31	3.46
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_30_60 30-60cm	4.70	<0.01	0.41	0.061	1.478	1.478	18	2.70
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_60_100 60-100cm	4.80	<0.01	0.19	0.034	1.618	1.618	12	2.20

	Klei (%)	Leem (%)	Zand (%)
Strooisellaag of viltlaag	-	-	-
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_0_10 0-10cm	17.9	72.1	9.9
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_10_30 10-30cm	20.9	71.1	8.0
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_30_60 30-60cm	22.4	69.6	8.0
Diepte-interval CMON_Pc4fa56c_laag_60_100 60-100cm	22.6	71.2	6.2

	Org C voorraad (t/ha)	Tot N voorraad (t/ha)
Strooisellaag of viltlaag		
0-30 cm	64	6.67
0-100 cm	95	11.57

Verduidelijking bij de kolomnamen

Anorg C (%)
Anorganische C (%)
BD tot (g/cm3)
Bulkdensiteit totaal (g/cm³)
Tot N voorraad (t/ha)
Totale N voorraad (t/ha)
Zand (%)
Textuurfractie zand (63-2000 µm) (volume% van fractie 0-2000 µm)

Org C (%)
Organische C (%)
BD tot < 2mm (g/cm3)
Bulkdensiteit totaal < 2mm vs totale volume (g/cm³)
Klei (%)
Textuurfractie klei (0-6 µm) (volume% van fractie 0-2000 µm)

Tot N (%)
Totale N (%)
Org C voorraad (t/ha)
Organische C voorraad (t/ha)
Leem (%)
Textuurfractie leem (6-63 µm) (volume% van fractie 0-2000 µm)

Figuur 5: Extra tab 'Kerndata' met een samenvatting van de kerndata van de observaties voor een bepaalde Cmon-plot

Om de verwerking en publicatie van de Cmon-data vanuit DOV te optimaliseren, zijn momenteel nog enkele projecten lopende binnen het DOV-team.

<u>Deliverable 9</u>: Verhogen gebruiksvriendelijkheid van data update in DOV (01/04/2024)

- ⇨ In werkjaar 3 werd er bij DOV werk gemaakt van het wegwerken van een quick fix (koppeling van specifieke opdrachten) die we hadden gebruikt om de interne data binnen het Cmon-consortium met elkaar te delen. Deze oplossing wordt nu eind werkjaar 3 uitgerold op de testomgeving. Eens goedgekeurd zal dit toelaten dat de interne Cmon-data eenvoudiger opgeladen, geraadpleegd en geüpdatet kunnen worden binnen het Cmon-consortium. Voor de rest werd er prioriteit gegeven aan het oplossen van een aantal data-upload problemen in DOV die de Cmon-data-upload impacteerden door het onverwacht grote volume aan databewerkingen die de DOV applicatie op korte tijd te verwerken heeft gekregen. Het grootste deel van de acties om de gebruiksvriendelijkheid van de data-update in DOV te verhogen, waren ingepland in de DOV planning voor Cmon-werkjaar 4. Ondertussen is de DOV planning zeer sterk bijgestuurd in functie van de noden van het Grondverzettraject (DOV-partner OVAM), waardoor ten vroegste eind werkjaar 5 een eerste update, die de gebruiksvriendelijkheid van de data-update in DOV via XML in beperkte mate zal aanpakken, verwacht wordt. Ten vroegste in werkjaar 6 zou deze deliverable volledig kunnen afgerond worden.

6.3 ILVO

In april 2023 waren Smartsoil, de ILVO-bodemdatabank, en alle ontwikkelingen voor de export naar DOV, klaar. Gedurende werkjaar 2023-2024 moesten nog geregeld kleine aanpassingen doorgevoerd worden, bv. wanneer wijzigingen, besproken met het consortium, uitgevoerd moesten worden, of inconsistenties ontdekt werden. Dit gebeurde telkens vlot. De data van het derde werkjaar werden wat later dan oorspronkelijk vooropgesteld, naar DOV geëxporteerd. Eerste reden hiervoor was dat er langer werd gewacht om nog meer locaties (stalen genomen tot begin maart 2024) in het voorliggend jaarrapport te kunnen opnemen. Tweede reden waren tijdelijke problemen bij de XML-upload bij DOV. Eens deze onder controle waren, werden alle locaties opgeladen in DOV.

Deliverable 7: Data ILVO derde werkjaar zijn doorgestroomd naar DOV (15/04/2024)

- ⇨ Alle data van het derde werkjaar zijn doorgestroomd naar DOV (eind mei 2024)

6.4 INBO

Bij INBO worden de Cmon-data in de INBOdem databank opgeladen met behulp van Google sheet datamodules. Na grondige controle voor dataconsistentie worden deze sterk gestandaardiseerde datamodules ingevuld op basis van R scripts en via een Extract Transform Load (ETL) vervolgens opgeladen in INBOdem. In 2023 en 2024 werd in opdracht van INBO door een externe programmeur een xml ontwikkeld om de data uit INBOdem te importeren naar DOV. De ontwikkeling liep vertraging op, maar werd uiteindelijk afgewerkt eind mei 2024. De INBO meetresultaten van de plots die bemonsterd werden voor 20/02/2024 zitten momenteel in de DOV databank. Wel dient de kanttekening gemaakt te worden dat de foto's niet correct geïmporteerd werden en momenteel dus nog ontbreken.

Deliverable 5: API of service van INBO voor datadoorstroming naar DOV (15/07/2023)

- ⇨ Ok met vertraging (juni 2024)

Deliverable 6: Data INBO tweede werkjaar zijn doorgestroomd naar DOV (15/07/2023)

- ⇨ Ok met vertraging (juni 2024) en met uitzondering van de foto's

Deliverable 8: Data INBO derde werkjaar zijn doorgestroomd naar DOV (15/04/2024)

- ⇨ Ok met vertraging (juni 2024) en met uitzondering van de foto's

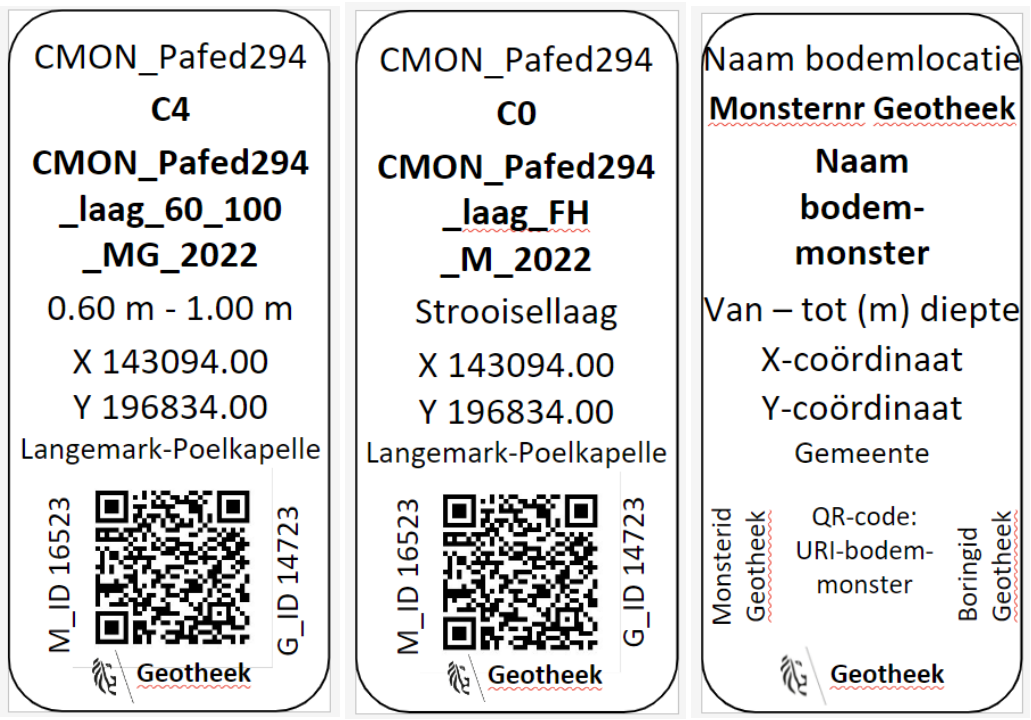
7 OPSLAG VAN STALEN IN DE GEOTHEEK

Een deel van elk Cmon-staal gaat voor langdurige bewaring en eventuele uitbesteding aan derden naar de Geotheek Vlaanderen te Vilvoorde (verder geotheek genoemd). Stalen voor kwaliteitscontroles (heranalyses) worden bijgehouden in de ILVO- en INBO-laboratoria, maar niet uitbesteed aan externen.

Algemene afspraken met de geotheek voor de aanlevering van de Cmon-bodemstalen zijn verder verfijnd. VPO werkte een plan van aanpak uit voor het doorstromingsproces naar de geotheek van de stalen zelf en de informatie over de stalen (o.a. uitwisseling van de id's en permanente url's van de stalen tussen de geotheek, DOV, INBO en ILVO). De volgende geotheek-id's zijn voorbehouden voor Cmon-stalen:

- Id van de bodemlocatie van de boring in de geotheek:
    - Range id bodemlocaties afkomstig van ILVO stalen: G_ID = 5000 – 6999
    - Range id bodemlocaties afkomstig van INBO stalen: G_ID = 7000 – 8999
- Id van het bodemmonster in de geotheek:
    - Range id van bodemmonsters afkomstig van ILVO: M_ID => 20000 - 29999 voor ILVO
    - Range id van bodemmonsters afkomstig van INBO: M_ID => 30000 - 39999 voor INBO
- Monsternummer in de geotheek: opeenvolgend monsternummer per bodemlocatie.
    - Bodemstalen uit het Cmon-project: Cx met 'x' een volgnummer binnen de bodemlocatie, genummerd van boven naar onder, van 1 naar hogere waarde. Strooisellagen worden aangeduid met C0.
    - C0 = voor strooisellaag/viltlaag
    - C1 = _laag_0_10_MG_2022
    - C2 = _laag_10_30_MG_2022
    - C3 = _laag_30_60_MG_2022
    - C4 = _laag_60_100_MG_2022

De etiketten (Figuur 6) werden verder geoptimaliseerd op basis van lay-outtesten met de etikettenprinters van ILVO en INBO.



Figuur 6: Voorbeelden van de geoptimaliseerde labels voor de bodemstalen in de Geotheek, ingevuld met demo-data. Links: voorbeeld van een mengmonster genomen in een specifiek diepte-interval. Midden: een voorbeeld van een monster genomen in de strooisel- of viltlaag. Rechts: template met een omschrijving van de vermelde informatie.

Door de prioriteit binnen het Cmon-consortium voor het inhalen van tekorten in de staalname en de import van de Cmon-data in de DOV-bodemdatabank, werd de aanlevering van de stalen aan de geotheek verder opgeschoven naar begin 2025. In afwachting tot aanlevering aan de geotheek worden de geotheekstalen momenteel opgeslagen bij ILVO en INBO.

Deliverable 10: Aanlevering stalen gerapporteerd in jaarrapport 2022-2023 aan Geotheek (31/10/2023)

- ⇨ Zie hoger

Deliverable 11: Aanlevering stalen gerapporteerd in jaarrapport 2023-2024 aan Geotheek (31/07/2024)

- ⇨ Zie hoger

8 UITWERKEN PROTOCOL SCHADUWMEETNET

INBO startte met het ontwerpschaduwnetprotocol v1.0 het schaduwmeetnet op. Tegen juni 2024 werden 10 schaduwplots, 4 in bos en 6 in natuur, herbemonsterd door een onafhankelijk schaduwteam ongeveer 1 jaar na de initiële staalname (Tabel 9). Schaduwplots dragen dezelfde hexadecimale codering maar hebben prefix 'S' in plaats van 'P'. Op deze wijze zijn de schaduwplots en -stalen makkelijk te traceren in de databanken.

Tabel 9. Overzicht van de schaduwplots die herbemonsterd werden gedurende het werkjaar 2023-2024

Staalname datum	Plot_ID	Bodemlocaties naam	Datum 1ste staalname	Uitvoering	Cmon-landgebruikscategorie
2023-11-08	P98085bf	CMON_S98085bf	2022-11-03	INBO	Bos
2023-11-23	P40b3c71	CMON_S40b3c71	2022-11-22	INBO	Natuur
2023-11-24	P424aecd	CMON_S424aecd	2022-11-23	INBO	Natuur
2023-12-15	Pbefe2f2	CMON_Sbefe2f2	2022-12-16	INBO	Bos
2024-02-23	P8e05037	CMON_S8e05037	2023-02-17	INBO	Natuur
2024-04-12	P790faf0	CMON_S790faf0	2023-04-13	INBO	Bos
2024-05-10	Pb85ff9f	CMON_Sb85ff9f	2023-05-09	INBO	Bos
2024-05-14	P5900865	CMON_S5900865	2023-05-23	INBO	Natuur
2024-06-04	P15f2bbe	CMON_S15f2bbe	2023-06-16	INBO	Natuur
2024-06-04	P1f75c86	CMON_S1f75c86	2023-08-17	INBO	Natuur

Deliverable 12: Uitgewerkt protocol voor de uitrol en interpretatie van het Cmon-schaduwmeetnet (tegen 15/10/2023).

In oktober 2023 werd een eerste versie van het schaduwprotocol uitgewerkt (v1.0). Het doorvoeren van een aantal aanpassingen heeft geleid tot v1.1 van het ontwerp schaduwnet-protocol. Het protocol voor het schaduwmeetnet zal eind 2024 worden gefinaliseerd.

Mijlpaal 13. 40 schaduwplots worden bemonsterd voor het einde van het derde werkjaar (tegen 30 juni 2024).

- ⇨ INBO: INBO bemonsterde 10 plots van het schaduwmeetnet voor 30/06/2024. Van 4 van deze plots werden de analyseresultaten al opgeladen in DOV.

9 RESULTATEN EN DATAVERWERKING

9.1 INLEIDING

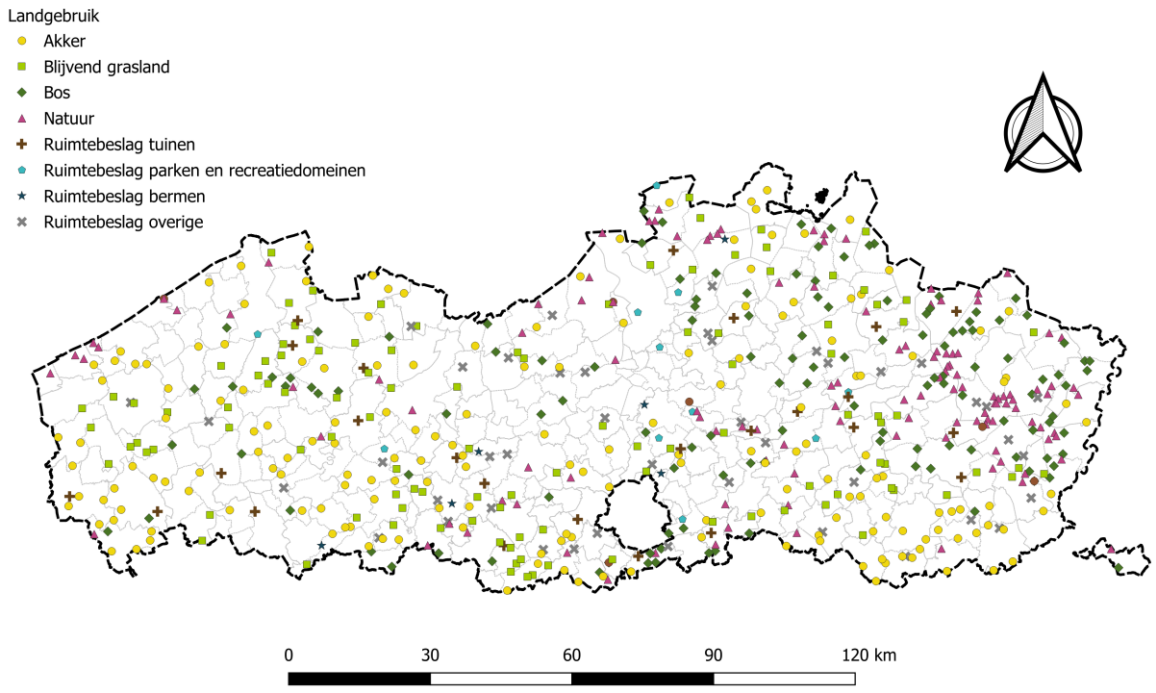
Alle dataverwerking, interpretatie, rapportering en publicatie vertrekt vanuit de data opgeslagen in de DOV-bodemdatabank. Deze rapportering voor het werkjaar 2023-2024 is de eerste rapportering die gebaseerd is op een export van deze Cmon-data in de DOV-bodemdatabank. In juni 2024 waren namelijk voor het eerst alle te rapporteren Cmon-plots van INBO en ILVO doorgestroomd naar de DOV-bodemdatabank.

De berekeningen werden uitgevoerd door middel van python en R scripts. Deze scripts werden gedocumenteerd op private Github repositories van DOV waar de onderzoekers van het Cmon-consortium samen werken aan de scripts van de dataverwerking. De relevante scripts zullen in de toekomst onder een open-source licentie publiek beschikbaar gesteld worden op Github.

Voor elke plot werden de organische C en totale N voorraden berekend volgens de IPCC standaarddieptes (0-30 en 0-100 cm), op basis van concentraties en bulkdensiteit van de fijne fractie (<2 mm). Deze laatste is gebaseerd op de totale bulkdensiteit en eventuele correcties voor materiaal groter dan 1 cm. Waar de data beschikbaar waren, werden de stocks in de strooisellagen/viltlagen berekend.

De rapportage van de resultaten van het Cmon-netwerk in dit jaarrapport is gebaseerd op 626 bemonsterde Cmon-proefvlakken. Hierbij werden 2597 geroerde (2500 bodemmonsters en 97 strooiselstalen) en 9822 ongeroerde monsters geanalyseerd. Van alle monsters waren er 12275 mineraal, 50 organo-mineraal (beoordeeld op zicht) en 97 zuiver organisch (strooisellagen).

Figuur 7 geeft per landgebruik de locatie weer van deze 626 Cmon-proefvlakken. Per landgebruik zijn dit de Cmon-punten met de laagste GRTS ranking waarbij een random verdeling van de proefvlakken over Vlaanderen bekomen wordt.



Figuur 7: Locatie van de 626 bemonsterde en geanalyseerde Cmon-proefvlakken die verwerkt zijn in de resultaten van dit Cmon-jaarrapport

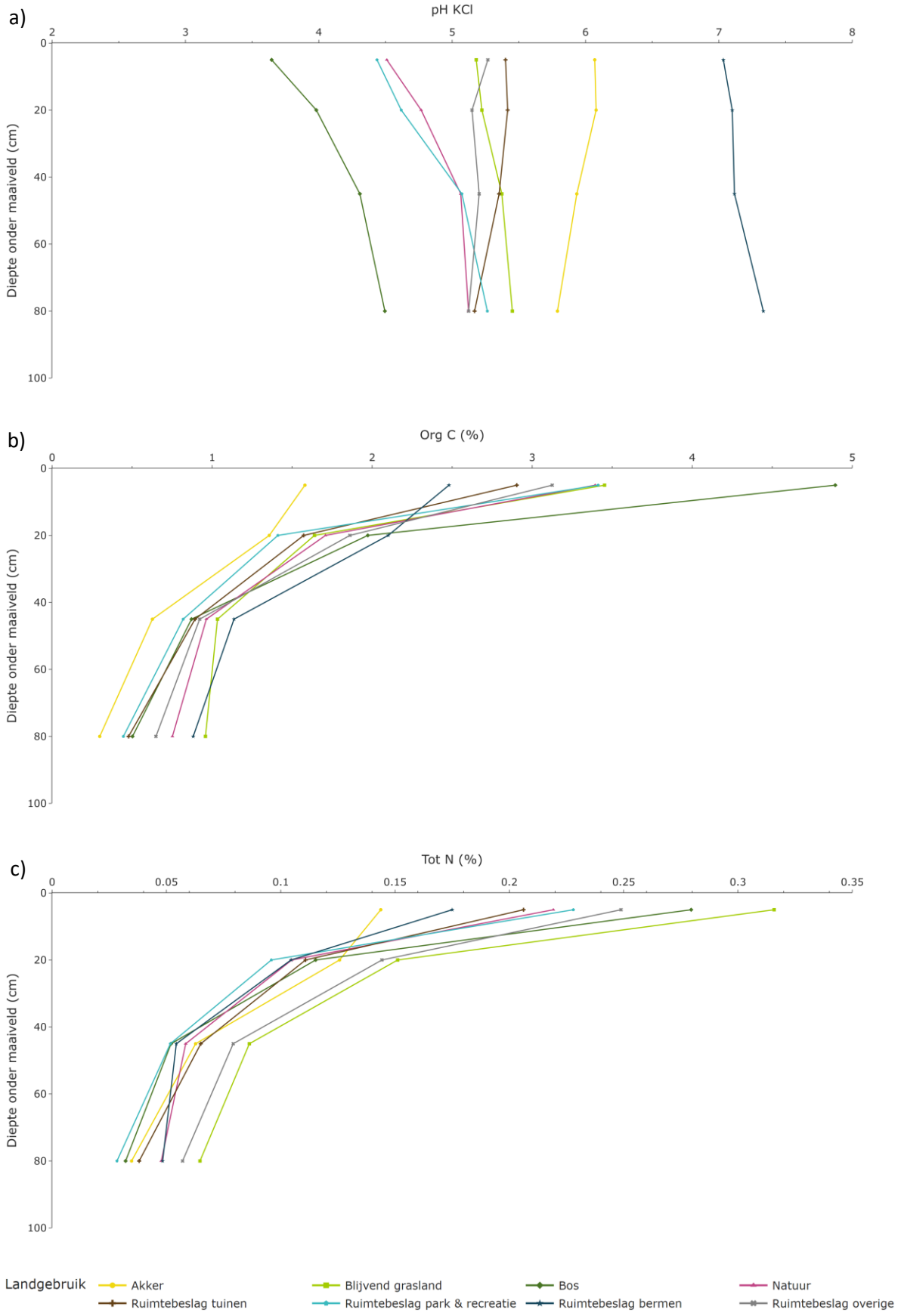
9.2 GEMETEN BASISPARAMETERS PER LANDGEBRUIK EN DIEPTE-INTERVAL

Tabel 10 geeft een overzicht van de gemeten basisparameters. Voor de duidelijkheid worden de afzonderlijke resultaten ook nog eens in dieptegrafieken weergegeven (Figuur 8).

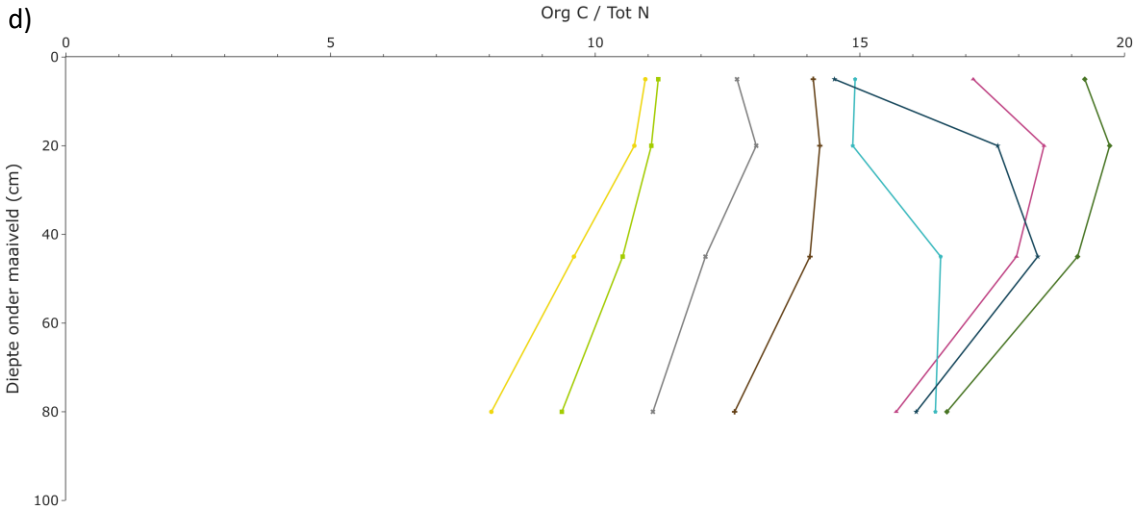
Tabel 10: Gemeten basisparameters per landgebruikscategorie en bodemlaag (gemiddelde ± standaarddeviatie)

Landgebruikscategorie Cmon	Diepte	Aantal	pH KCl	Org C (%)	Tot N (%)	Org C / Tot N	BD < 2 mm (g/cm³)	Org C voorraad (t/ha)	Tot N voorraad (t/ha)	Zand (%)	Leem (%)	Klei (%)	Org C / Klei
Akker	**0-10 cm**	177	6.1 ± 0.8	1.58 ± 0.64	0.144 ± 0.050	11 ± 2	1.412 ± 0.098	21.9 ± 7.6	2.00 ± 0.59	38.6 ± 27.1	45.6 ± 21.5	15.8 ± 8.1	0.135 ± 0.110
	10-30 cm	177	6.1 ± 0.8	1.36 ± 0.53	0.126 ± 0.040	11 ± 2	1.449 ± 0.102	38.7 ± 13.0	3.60 ± 0.94	37.7 ± 26.9	45.9 ± 21.0	16.4 ± 8.5	0.117 ± 0.104
	30-60 cm	177	5.9 ± 0.9	0.63 ± 0.45	0.063 ± 0.029	10 ± 3	1.552 ± 0.084	28.7 ± 19.2	2.88 ± 1.21	38.2 ± 28.2	44.8 ± 22.0	17.1 ± 8.3	0.058 ± 0.074
	60-100 cm	177	5.8 ± 1.1	0.30 ± 0.33	0.035 ± 0.022	8 ± 4	1.566 ± 0.095	18.1 ± 18.4	2.13 ± 1.24	41.4 ± 29.6	41.4 ± 23.1	17.2 ± 8.5	0.027 ± 0.052
Blijvend grasland	**0-10 cm**	113	5.2 ± 0.7	3.45 ± 1.22	0.316 ± 0.127	11 ± 1	1.223 ± 0.150	40.8 ± 10.4	3.71 ± 1.08	48.8 ± 27.4	38.0 ± 21.6	13.2 ± 7.9	0.356 ± 0.264
	10-30 cm	113	5.2 ± 0.8	1.64 ± 0.73	0.151 ± 0.072	11 ± 2	1.420 ± 0.110	45.5 ± 17.2	4.18 ± 1.64	46.8 ± 27.9	39.3 ± 21.7	13.8 ± 8.1	0.168 ± 0.147
	30-60 cm	113	5.4 ± 1.0	1.03 ± 2.40	0.086 ± 0.130	11 ± 4	1.487 ± 0.182	34.7 ± 28.7	3.23 ± 1.80	45.4 ± 29.3	39.6 ± 22.6	15.1 ± 8.9	0.102 ± 0.196
	60-100 cm	113	5.5 ± 1.1	0.96 ± 4.52	0.065 ± 0.200	9 ± 4	1.527 ± 0.212	28.1 ± 57.4	2.55 ± 2.60	47.5 ± 29.7	37.2 ± 22.8	15.3 ± 10.0	0.062 ± 0.192
Bos	**Strooisellaag**	84		37.91 ± 8.66	1.581 ± 0.407	24 ± 4		16.2 ± 13.1	0.66 ± 0.53				
	0-10 cm	128	3.6 ± 1.1	4.89 ± 3.64	0.280 ± 0.252	19 ± 5	0.998 ± 0.226	43.3 ± 17.4	2.42 ± 1.16	65.7 ± 27.4	24.7 ± 20.9	9.6 ± 7.5	0.745 ± 0.544
	10-30 cm	128	4.0 ± 0.9	1.97 ± 2.05	0.115 ± 0.134	20 ± 6	1.301 ± 0.207	44.5 ± 24.9	2.55 ± 1.74	64.9 ± 28.4	25.1 ± 21.3	10.0 ± 7.8	0.286 ± 0.285
	30-60 cm	128	4.3 ± 0.8	0.87 ± 0.70	0.052 ± 0.051	19 ± 7	1.470 ± 0.155	36.7 ± 24.6	2.15 ± 1.76	65.4 ± 28.4	24.6 ± 21.5	10.0 ± 8.0	0.153 ± 0.154
	60-100 cm	127	4.5 ± 0.9	0.50 ± 0.92	0.032 ± 0.060	17 ± 7	1.505 ± 0.141	27.9 ± 45.3	1.71 ± 2.86	66.6 ± 27.2	22.8 ± 20.4	10.6 ± 8.6	0.084 ± 0.173
Natuur	**Strooisellaag**	9		33.86 ± 8.92	1.522 ± 0.209	22 ± 6		7.2 ± 6.5	0.32 ± 0.28				
	0-10 cm	123	4.5 ± 1.4	3.39 ± 2.74	0.219 ± 0.188	17 ± 6	1.086 ± 0.250	31.9 ± 13.8	2.03 ± 1.02	72.9 ± 27.2	19.0 ± 20.6	8.1 ± 7.3	0.700 ± 0.701
	10-30 cm	123	4.8 ± 1.5	1.71 ± 1.59	0.105 ± 0.100	18 ± 8	1.346 ± 0.193	41.6 ± 27.4	2.51 ± 1.74	72.3 ± 27.3	19.5 ± 20.9	8.2 ± 7.6	0.335 ± 0.306
	30-60 cm	123	5.1 ± 1.4	0.96 ± 1.60	0.058 ± 0.093	18 ± 8	1.462 ± 0.214	35.0 ± 35.2	2.10 ± 2.05	72.0 ± 27.8	19.6 ± 20.6	8.4 ± 8.5	0.186 ± 0.272
	60-100 cm	123	5.1 ± 1.5	0.75 ± 2.10	0.048 ± 0.114	16 ± 7	1.473 ± 0.205	31.8 ± 56.6	2.04 ± 3.25	70.6 ± 27.9	19.5 ± 20.0	9.9 ± 9.9	0.101 ± 0.222
Ruimtebeslag tuinen	**0-10 cm**	25	5.4 ± 1.0	2.90 ± 1.21	0.206 ± 0.077	14 ± 3	1.182 ± 0.220	32.2 ± 8.3	2.32 ± 0.63	57.9 ± 24.6	30.8 ± 19.6	11.3 ± 5.7	0.337 ± 0.256
	10-30 cm	25	5.4 ± 1.1	1.57 ± 0.67	0.111 ± 0.043	14 ± 4	1.339 ± 0.147	40.8 ± 15.1	2.90 ± 0.96	57.4 ± 26.2	31.0 ± 20.6	11.6 ± 7.0	0.201 ± 0.161
	30-60 cm	25	5.4 ± 1.1	0.89 ± 0.45	0.065 ± 0.027	14 ± 5	1.473 ± 0.132	38.6 ± 17.9	2.82 ± 1.02	58.1 ± 27.6	30.6 ± 21.8	11.4 ± 6.4	0.127 ± 0.132
	60-100 cm	25	5.2 ± 1.1	0.48 ± 0.33	0.038 ± 0.020	13 ± 6	1.483 ± 0.122	27.7 ± 18.2	2.20 ± 1.13	59.2 ± 28.1	28.8 ± 22.2	12.1 ± 6.9	0.070 ± 0.085
Ruimtebeslag park & recreatie	**Strooisellaag**	4		25.48 ± 10.61	1.248 ± 0.525	20 ± 2		4.6 ± 3.3	0.23 ± 0.17				
	0-10 cm	11	4.4 ± 1.5	3.41 ± 1.04	0.228 ± 0.048	15 ± 3	1.070 ± 0.183	35.0 ± 5.1	2.39 ± 0.44	64.5 ± 27.5	26.1 ± 21.0	9.5 ± 6.9	0.564 ± 0.442
	10-30 cm	11	4.6 ± 1.4	1.41 ± 0.36	0.096 ± 0.021	15 ± 4	1.320 ± 0.102	37.2 ± 9.9	2.55 ± 0.66	64.0 ± 28.4	25.9 ± 20.8	10.1 ± 7.8	0.242 ± 0.169
	30-60 cm	11	5.1 ± 1.3	0.82 ± 0.34	0.052 ± 0.021	17 ± 6	1.441 ± 0.148	34.7 ± 13.6	2.20 ± 0.84	63.0 ± 30.5	26.9 ± 22.7	10.1 ± 8.0	0.148 ± 0.119
	60-100 cm	11	5.3 ± 1.2	0.45 ± 0.25	0.028 ± 0.012	16 ± 8	1.467 ± 0.148	25.9 ± 15.5	1.61 ± 0.75	65.3 ± 29.7	24.8 ± 23.0	9.9 ± 7.6	0.094 ± 0.101
Ruimtebeslag bermen	**0-10 cm**	6	7.0 ± 1.0	2.48 ± 1.45	0.175 ± 0.087	15 ± 4	1.269 ± 0.208	29.3 ± 10.9	2.12 ± 0.88	39.7 ± 20.1	44.5 ± 14.2	15.8 ± 7.9	0.199 ± 0.170
	10-30 cm	6	7.1 ± 1.0	2.10 ± 2.20	0.104 ± 0.063	18 ± 6	1.511 ± 0.213	56.7 ± 46.6	2.98 ± 1.30	39.8 ± 21.6	44.1 ± 14.9	16.1 ± 7.5	0.180 ± 0.234
	30-60 cm	6	7.1 ± 0.8	1.14 ± 0.95	0.054 ± 0.026	18 ± 7	1.519 ± 0.193	47.4 ± 32.3	2.37 ± 0.87	34.6 ± 22.7	47.3 ± 15.7	18.1 ± 8.7	0.079 ± 0.076
	60-100 cm	6	7.3 ± 0.7	0.88 ± 0.76	0.048 ± 0.027	16 ± 7	1.617 ± 0.062	52.2 ± 44.9	2.91 ± 1.56	40.6 ± 28.0	43.3 ± 21.4	16.1 ± 7.8	0.076 ± 0.088
Ruimtebeslag overige	**0-10 cm**	43	5.3 ± 1.1	3.13 ± 1.93	0.249 ± 0.160	13 ± 2	1.114 ± 0.202	32.3 ± 14.2	2.56 ± 1.15	47.9 ± 30.7	38.9 ± 24.8	13.2 ± 9.6	0.322 ± 0.263
	10-30 cm	43	5.1 ± 1.1	1.86 ± 1.46	0.144 ± 0.116	13 ± 3	1.343 ± 0.183	45.7 ± 23.8	3.53 ± 1.79	46.9 ± 31.1	39.5 ± 24.9	13.6 ± 9.3	0.179 ± 0.135
	30-60 cm	43	5.2 ± 1.1	0.92 ± 0.79	0.079 ± 0.070	12 ± 4	1.427 ± 0.171	36.6 ± 24.1	3.14 ± 2.14	45.7 ± 32.8	39.3 ± 25.1	15.0 ± 10.6	0.093 ± 0.088
	60-100 cm	43	5.1 ± 1.1	0.65 ± 1.73	0.057 ± 0.123	11 ± 5	1.449 ± 0.155	33.4 ± 79.4	2.99 ± 5.66	47.1 ± 32.6	37.2 ± 25.4	15.8 ± 9.2	0.044 ± 0.060

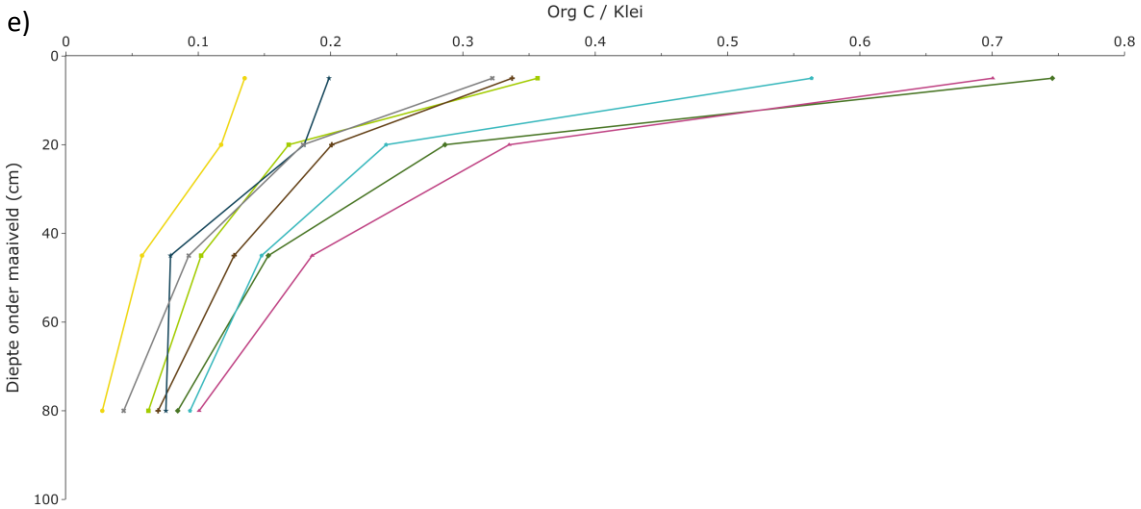
////////////


a)
pH KCl
2
3
4
5
6
7
8
0
20
40
60
80
100
Diepte onder maaiveld (cm)
b)
Org C (%)
0
1
2
3
4
5
0
20
40
60
80
100
Diepte onder maaiveld (cm)
c)
Tot N (%)
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0
20
40
60
80
100
Diepte onder maaiveld (cm)
Landgebruik
Akker
Blijvend grasland
Bos
Natuur
Ruimtebeslag tuinen
Ruimtebeslag park & recreatie
Ruimtebeslag bermen
Ruimtebeslag overige

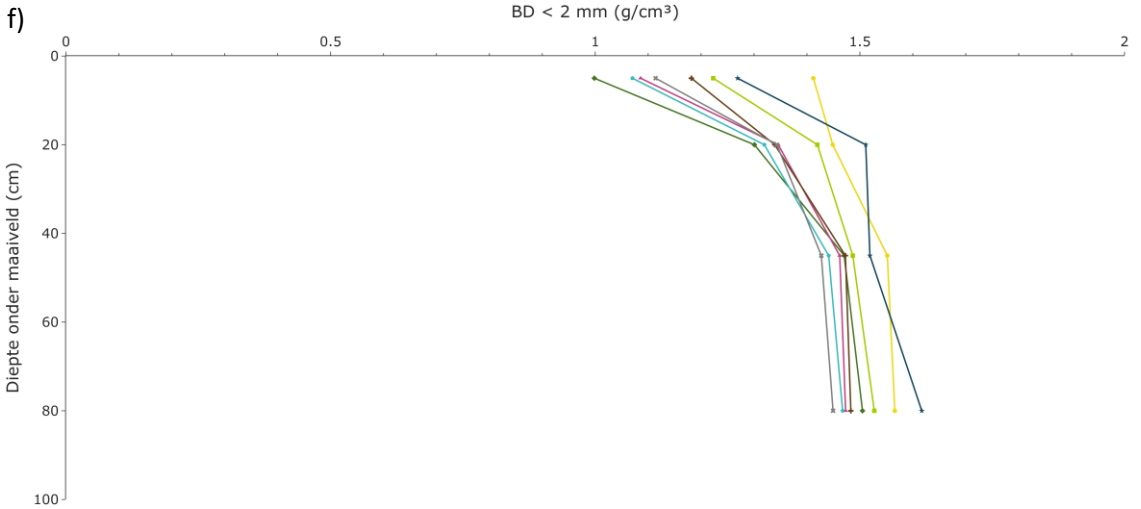
d)



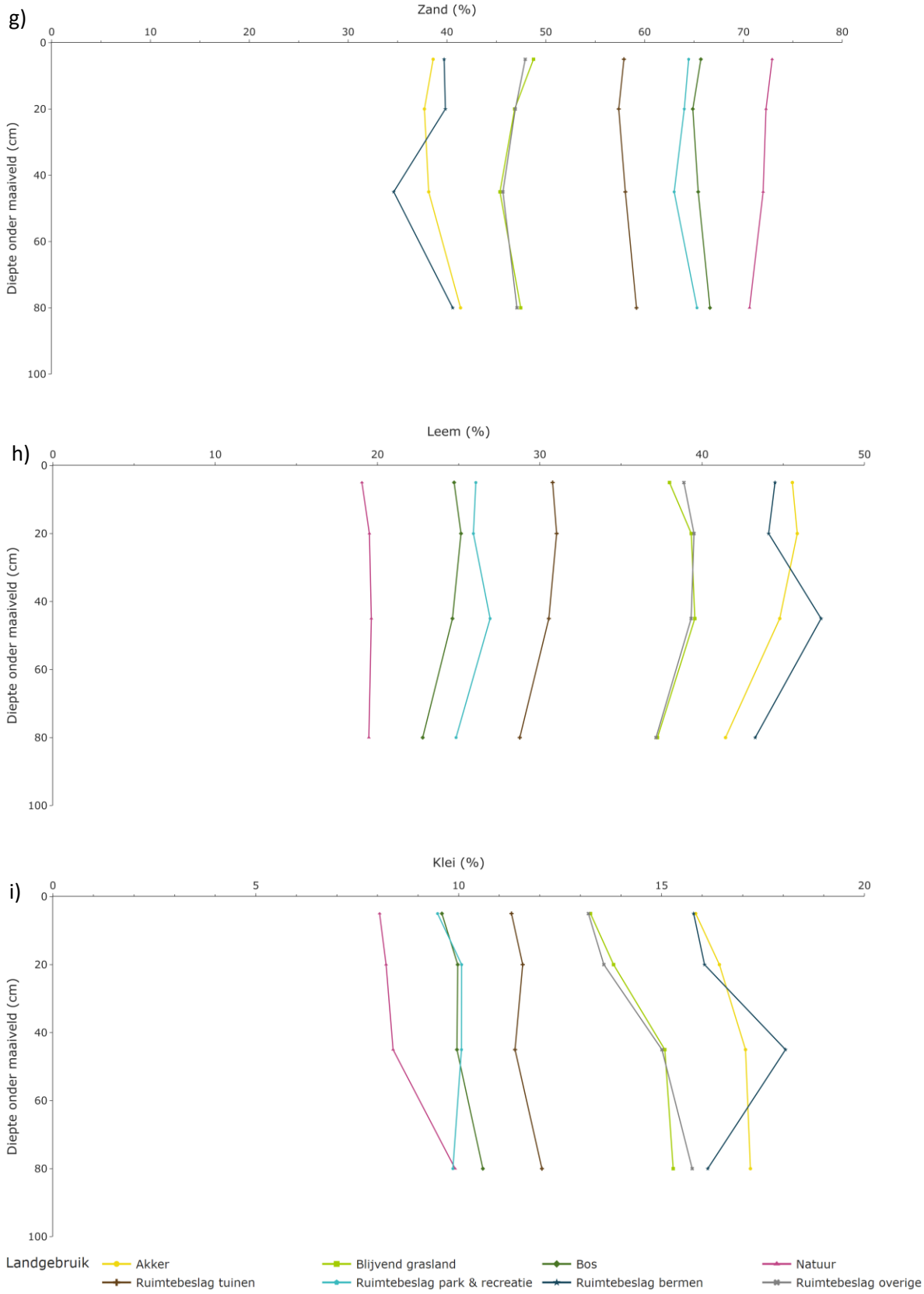
e)



f)



Landgebruik
- Akker
- Blijvend grasland
- Bos
- Natuur
- Ruimtebeslag tuinen
- Ruimtebeslag park & recreatie
- Ruimtebeslag bermen
- Ruimtebeslag overige



Figuur 8: Dieptegrafieken van het gemiddelde van de gemeten basisparameters per landgebruik: a) pH-KCl, b) percentage organische koolstof, c) percentage totale N, d) ratio van organische C op totale N, e) ratio van organische koolstof op klei, f) bulkdensiteit bodem < 2 mm t.o.v. van het totale volume bodem, g) %zand, h) % leem en i) % klei

pH KCl

Figuur 8a toont als algemene trend dat de pH KCl het hoogst is in bermen gevolgd door akkerland. Tuinen, blijvend grasland, ruimtebeslag overige, ruimtebeslag natuur en ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen hebben een gelijkaardige pH KCl in de diepte, maar ruimtebeslag natuur en ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen hebben een lagere pH KCl in de eerste 30 cm. Bos heeft de laagste pH KCl. Algemeen gezien neemt de pH KCl toe bij toenemende diepte, behalve in akkers en tuinen waar de pH KCl lichtjes daalt met de diepte en ruimtebeslag overige waar de pH KCl ongeveer constant blijft over de diepte. De lichte daling in akkerland en tuinen kan wellicht verklaard worden door het feit dat akkerland en tuinen vaak regelmatig bekalkt worden.

Deze resultaten dienen samen bekeken te worden met het percentage stalen waarin anorganische koolstof bepaald kon worden (Tabel 11). Het percentage stalen waarbij de anorganische C (TIC) groter is dan de bepalingsgrens, varieert over de verschillende landgebruiken en bodemlagen tussen 3 en 83 %. Ruimtebeslag bermen, met weliswaar slechts 6 stalen per diepte-interval, heeft een duidelijk hoger percentage stalen waarbij er anorganische koolstof aanwezig is dan de andere landgebruiken. Bos heeft bijna geen stalen waarbij er anorganische koolstof aanwezig is. Dit is volledig in overeenkomstig met de laagste pH KCl voor bos en de hoogste pH KCl voor ruimtebeslag bermen in vergelijking met de andere landgebruikscategorieën.

Tabel 11: Totaal aantal stalen per diepte-interval voor elk landgebruik en percentage van deze stalen waarbij de anorganische C (TIC) hoger dan of gelijk is aan de bepalingsgrens (LOQ)

Landgebruikscategorie Cmon		Percentage stalen waarbij TIC > LOQ			
	Aantal	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	60-100 cm
Akker	708	24	21	15	15
Blijvend grasland	452	4	8	12	15
Bos	511	3	3	5	7
Natuur	492	14	17	17	18
Ruimtebeslag tuinen	100	16	16	20	12
Ruimtebeslag park & recreatie	44	18	9	9	27
Ruimtebeslag bermen	24	83	83	67	83
Ruimtebeslag overige	172	21	16	16	14

Organische C percentage

Wat betreft het gemiddelde percentage organische koolstof, kan voor alle landgebruiken vastgesteld worden dat de bovenste laag de hoogste waarde heeft en de waarden dalen met de diepte (Figuur 8b). In de bovenste bodemlaag (0-10 cm) is de gemiddelde organische C (%) veruit het hoogst in bossen en vergelijkbaar tussen natuur, blijvend grasland en ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen. Het gemiddelde organische C percentage in de 0-10 cm bovenlaag daalt verder in de volgorde ruimtebeslag overige, tuinen, en ruimtebeslag bermen. Het gemiddelde organische C percentage in de 0-10 cm bodemlaag is duidelijk het laagst in akkers. In de diepere bodemlagen daarentegen wordt het verschil tussen de landgebruiken kleiner. Uit Tabel 10 kan ook afgeleid worden dat er op de gemiddelden van alle landgebruiken een grote spreiding zit.

////////////

In Tabel 12 wordt voor de 0-30 cm bodemlaag, dit op basis de van gewogen gemiddeldes van de organische C percentages en textuurfracties van de 0-10 en 10-30 cm bodemlagen, per hoofdcategorie landgebruik en textuurklasse het gemiddelde organische C percentage gegeven. De bodemtexturen lichte klei (E) en zware klei (U) hebben meer organische C (%) in vergelijking met de andere bodemtexturen, met uitzonderling van lichte klei in akker. In akker zijn er minder grote verschillen in het organische C percentage over de verschillende bodemtexturen in vergelijking met de andere Cmon-hoofdcategorieën landgebruik. In alle textuurklassen heeft akker een duidelijk lager organische C percentage ten opzichte van de andere Cmon-landgebruikscategorieën.

Tabel 12: Gemiddeld organische C percentage van de 0-30 cm bodemlaag per textuurklasse en Cmon-hoofdcategorie landgebruik en dit en op basis van gewogen gemiddeldes van de organische C percentages en textuurfracties van de 0-10 en 10-30 cm bodemlagen. De textuurklasse 'Organisch' bevat bodems met een organische C-percentage in de 0-10 of 10-30 cm bodemlaag die groter is dan 20%.

Textuurklasse	Organische C (%)									
	Akker		Blijvend grasland		Bos		Natuur		Ruimtebeslag	
	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde
Z	14	1,6	12	2,4	52	2,1	66	1,8	22	2,1
S	23	1,7	22	2,1	25	2,7	25	2,3	12	2,0
P	13	1,3	14	1,9	6	3,3	2	2,8	9	1,6
L	53	1,3	30	2,0	20	3,0	9	2,3	20	2,1
A	46	1,2	14	1,8	10	3,2	9	2,2	9	1,6
E	23	1,7	20	3,0	13	3,8	11	3,9	10	2,7
U	5	2,0	1	5,0					3	5,4
Organisch					2	17,8	1	16,5		

Z = zand; S = lemig zand; P = licht zandleem; L = zandleem; A = leem; E = lichte klei; U = zware klei

Totale N percentage

Het totale N-percentage vertoont een zeer grote spreiding (Tabel 10) en is over alle diepte-intervallen heen gemiddeld het hoogst in blijvend grasland en ruimtebeslag overige, maar de verschillen tussen de verschillende landgebruiken zijn eerder klein (Figuur 8c).

Org C / Tot N ratio

Op basis van Org C en Tot N kan de Org C / Tot N bepaald worden. Akkers en blijvend grasland hebben duidelijk de laagste gemiddelde Org C / Tot N-verhouding t.o.v. de andere landgebruiken (Tabel 10). We relateren dit aan de frequente (organische) bemesting en de toevoeging van snel afbreekbaar plantenmateriaal (vb. gewasresten en groenbedekkers). Akkers en blijvend grasland zijn in regel meer bacteriegedomineerd en bezitten een hoger stikstofleverend vermogen dan de andere landgebruiken. Ruimtebeslag tuinen en ruimbeslag overige hebben een lagere Org C / Tot N in vergelijking met natuur en bos. Ook ruimtebeslag tuinen en ruimtebeslag overige (vaak particuliere weides) worden frequent bemest. Bos heeft de hoogste Org C / Tot N. Deze verhouding daalt voor alle landgebruiken met de diepte behalve bij ruimtebeslag bermen en ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen (Figuur 8d). Algemeen daalt het organische koolstofgehalte dus sneller in de diepte dan het totale stikstofgehalte.

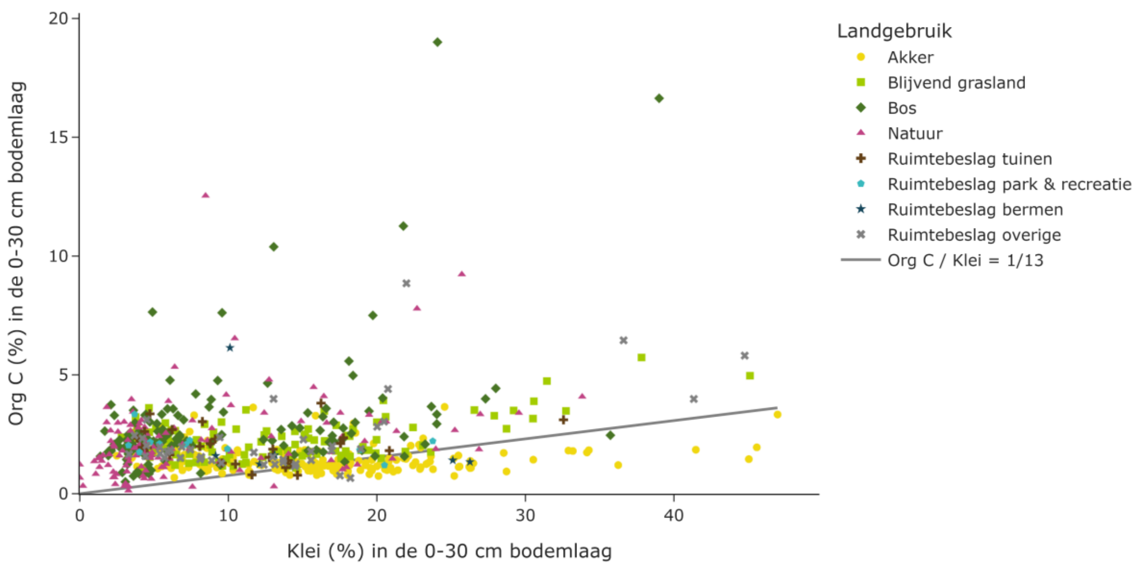
Textuurfracties

Gemiddeld bevatten Cmon-plots onder natuur het grootste percentage zand en het kleinste percentage leem en klei van alle landgebruikscategorieën. Twee natuurplots bestaan uit 100% zand namelijk CMON_P5d6f98f (duin in Koksijde) en CMON_P6464a6a (duin in De Panne).

Akkers en ruimtebeslag bermen bevatten in tegenstelling tot natuur gemiddeld het kleinste percentage zand en het grootste percentage leem en klei van alle landgebruikscategorieën. Grasland en ruimtebeslag overige hebben gemiddeld een zeer gelijklopende textuursamenstelling en hebben iets meer zand dan akker en ruimtebeslag bermen en iets minder klei en leem.

Org C / klei ratio

In het voorstel van de soil monitoring law staat een Org C / klei ratio > 1/13 (0,08) als drempelwaarde voor een gezonde bodem voor de toplaag (0-30 cm). Lidstaten kunnen van deze drempelwaarde afwijken waar specifieke bodemtypes of klimatologische condities dit verantwoorden, de stabiliteit van de bodemstructuur in rekening brengend. Alle Cmon-landgebruikscategorieën hebben een gemiddelde Org C / klei ratio > 1/13 in de 0-10 en 10-30 cm bodemlaag (Figuur 8e). Wanneer we deze ratio voor de individuele Cmon-plots weergeven, zien we dat voornamelijk Cmon-plots onder akkerland onder deze ratio zitten (Figuur 9). De Org C / klei ratio werd oorspronkelijk ontwikkeld ter beoordeling van de bodemstructuur, wat meteen ook de laagste score voor akkerland zou verklaren, gezien het lage organische C-percentage en de hoge bulkdensiteit in de 0-30 cm (Tabel 10). Anderzijds bleek uit recent onderzoek (Rabot et al. 2024) van de data van het Franse Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) dat er slechts een zwakke correlatie lijkt te bestaan tussen de Org C / klei ratio en relevante indicatoren van de bodemstructuur (i.e. bulkdensiteit en aggregaatstabiliteit) en dat de ratio mede bepaald wordt door het bodemtype. Voorzichtigheid blijft dus geboden bij het gebruik van deze indicator. Voor Vlaanderen zal in de toekomst onderzocht worden of er moet afgeweken worden van de in de soil monitoring law voorgestelde ratio > 1/13.



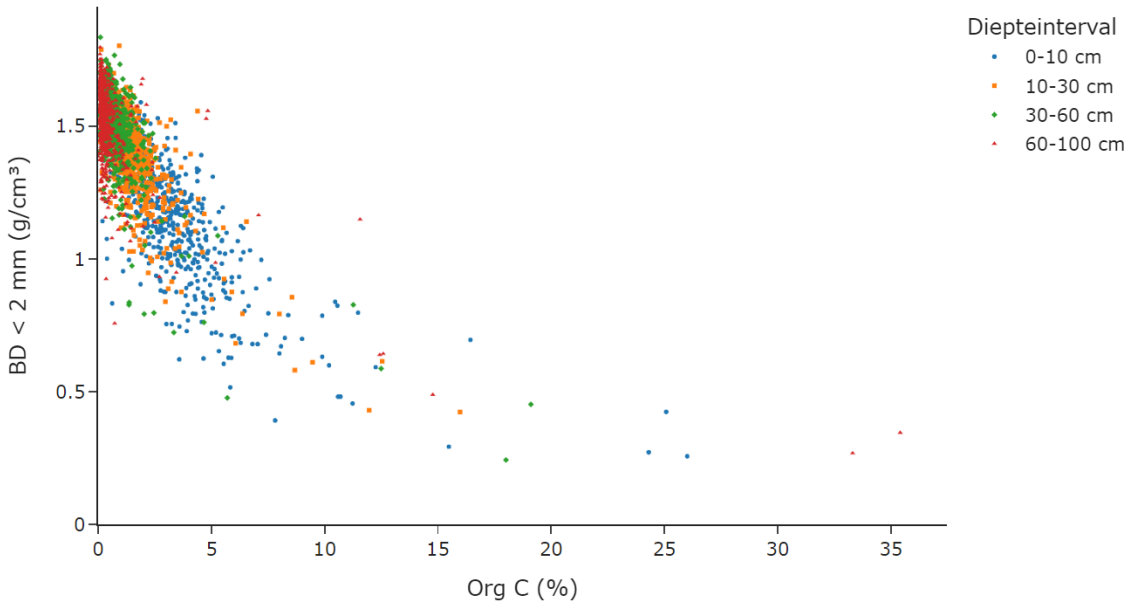
Figuur 9: Ratio van het organische C-percentage t.o.v. het percentage klei voor de 0-30 cm bodemlaag van de individuele Cmon-plot (op basis van het gewogen gemiddelde van de 0-10 en 10-30 cm bodemlagen) met aanduiding van de lijn met ratio 1/13

9.3 BULKDENSITEIT FIJNE AARDE < 2 MM VS. TOTAAL VOLUME

Voor 2 Cmon-plots werd de bulkdensiteit van de onderste bodemlagen geschat omdat geen ongeroerde stalen genomen konden worden door de extreem natte omstandigheden. De schatting gebeurde op basis van de andere bodemeigenschappen van die bodemlagen en de bulkdensiteiten van de bovenliggende lagen. Bij CMON_P72073a2 werd de bulkdensiteit voor zowel de 30-60 als de 60-100 laag geschat en voor CMON_P5d439ba enkel de 60-100 cm bodemlaag.

De gemiddelde bulkdensiteit (BD) varieert sterk tussen de landgebruiken en de verschillende bodemlagen (Figuur 8f). De bulkdensiteit van de fijne aarde (<2mm) neemt duidelijk toe met de diepte zoals bij normale bodemcondities steeds het geval is. Akkerland en ruimtebeslag bermen hebben daarbij de hoogste bulkdensiteiten gevolgd door blijvend grasland. De hoogste waarden voor akkerland en blijvend grasland hoeven niet te verbazen, gezien het veelvuldig berijden met vaak zware machines. De gemiddelde bulkdensiteit van ruimtebeslag tuinen, ruimtebeslag overige, ruimtebeslag natuur, ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen en bossen zijn gelijkaardig.

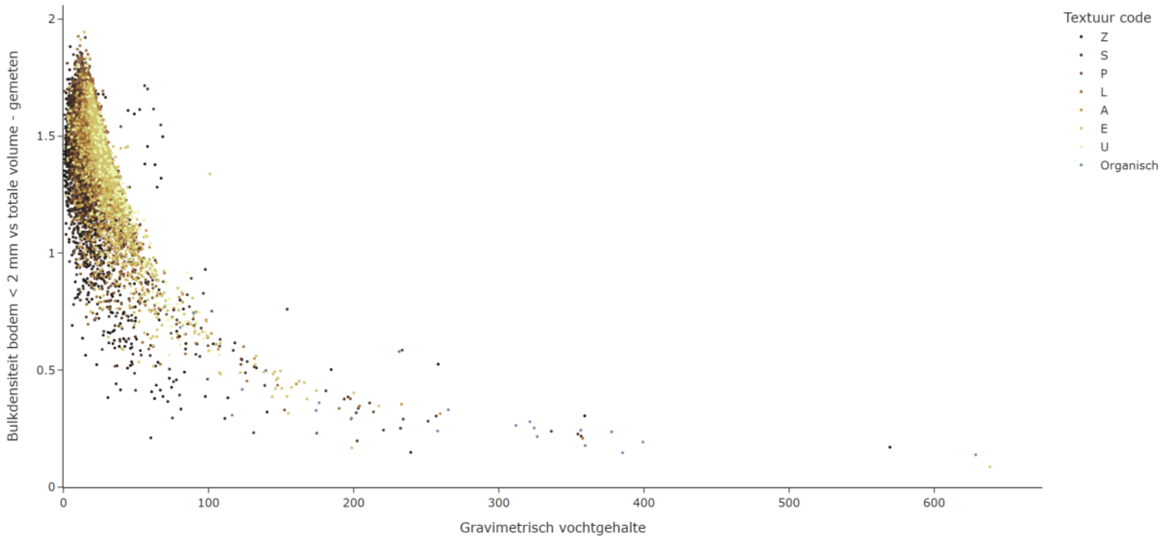
De lage waarden van bulkdensiteit van de fijne aarde zijn bijna steeds te verklaren door een hoog gehalte aan organische koolstof, zoals duidelijk te zien is in Figuur 10. Het soortelijk gewicht van organische stof is immers een factor 10 kleiner dan dat van minerale bodemdeeltjes (2,65 g/cm^3). Lage bulkdensiteitswaarden komen dan ook vooral voor in organisch rijke Ah horizonten (0-10 cm laag) en hier en daar in organo-minerale (organische C 10-20%) en organische lagen (organische C > 20%) op grotere diepte.



Figuur 10: Bulkdensiteit fijne aarde (< 2 mm) vs. totaal volume ten opzichte van het organische C percentage

Naast de invloed van organische C op de bulkdensiteit van de fijne aarde (Figuur 10), blijkt er ook een duidelijk verband te bestaan tussen de bulkdensiteit van de fijne fractie en het gravimetrisch vochtgehalte (g water/100 g droge bodem), nl. hoe hoger het gravimetrisch vochtgehalte, hoe

lager de bulkdensiteit (Figuur 11). Figuur 10 en Figuur 11 kunnen evenwel niet los gezien worden van elkaar. De hoeveelheid organische C (±50% van organische stof) in de bodem heeft immers een invloed op het gravimetrisch vochtgehalte van die bodem. Daarbij kan organische stof tot 20 keer zijn eigen gewicht aan water bevatten, hetgeen vooral bij de hoge tot heel hoge organische C percentages leidt tot heel lage bulkdensiteiten. De organische diepte-intervallen (met organische C percentage > 20%) aangeduid in blauw in Figuur 11 hebben inderdaad bij eenzelfde bulkdensiteit de hoogste gravimetrische vochtgehaltes. We zien ook een effect van de textuurklasse op hebt verband tussen de bulkdensiteit en het gravimetrisch vochtgehalte. De meer zandige textuurklassen (donkerbruine tinten) hebben doorgaans een lager gravimetrisch vochtgehalte dan de meer lemige (lichtbruine tinten) en kleiige textuurklassen (gelige tinten) bij eenzelfde bulkdensiteit.

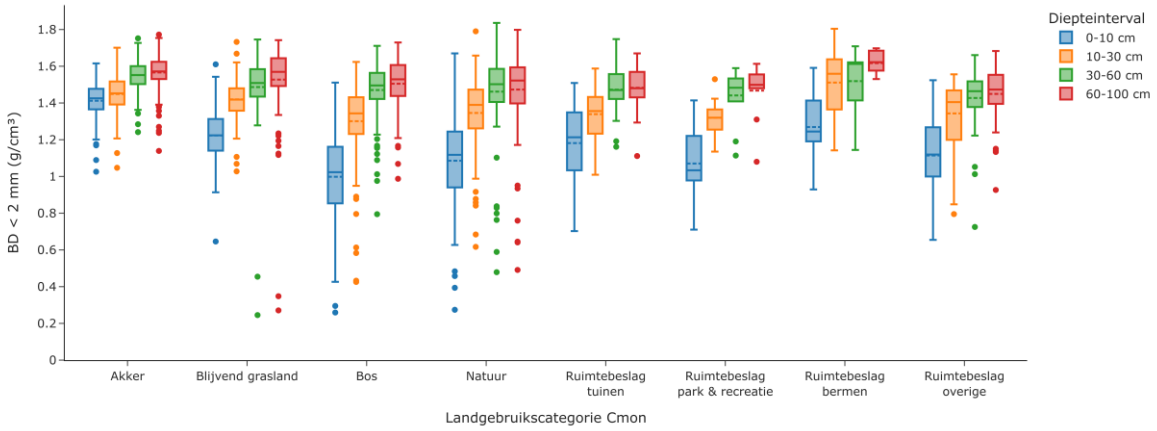


Figuur 11: Bulkdensiteit fijne aarde (< 2 mm) vs. totaal volume ten opzichte van het gravimetrisch vochtgehalte over alle diepte-intervallen heen voor de verschillende textuurklassen afgeleid van de gemeten textuurfracties per diepte-interval. Organisch betekent dat het organische C percentage > 20% is voor dat diepte-interval.

Niet alleen varieert de gemiddelde bulkdensiteit (BD) sterk tussen de landgebruiken en de verschillende bodemlagen, maar ook binnen de onderscheiden bodemlagen van een landgebruik treedt er een grote variatie op (Figuur 12).

Voor blijvend grasland, bos en natuur werden een paar heel lage waarden vastgesteld die deels verklaard kunnen worden door een hoog organische C percentage (zie hoger). Alle plots over alle landgebruikscategorieën heen met een bulkdensiteit < 0,45 g/cm³ in de 30-60 en 60-100 cm bodemlagen zijn blijvend grasland. Deze heel lage waarden in blijvend grasland in de diepere bodemlagen worden vastgesteld bij 2 locaties op natte gronden in de Kempen (CMON_P3c8f4a4; 0,25 en 0,35 g/cm³ in de respectievelijk 30-60 en 60-100 cm bodemlaag) en de Middellandpolders (CMON_P770e2eb; 0,45 en 0,27 g/cm³ in de respectievelijk 30-60 en 60-100bodemlaag). Beide bodems hebben een organominerale 30-60 cm bodemlaag (organische C percentage van 19,10 % en 18,00 %) en een organische 60-100 cm bodemlaag (organische C percentage van 33,30% en 35,40%). Bij CMON_P3c8f4a4 maakten de staalnemers gewag van de aanwezigheid van veen in de

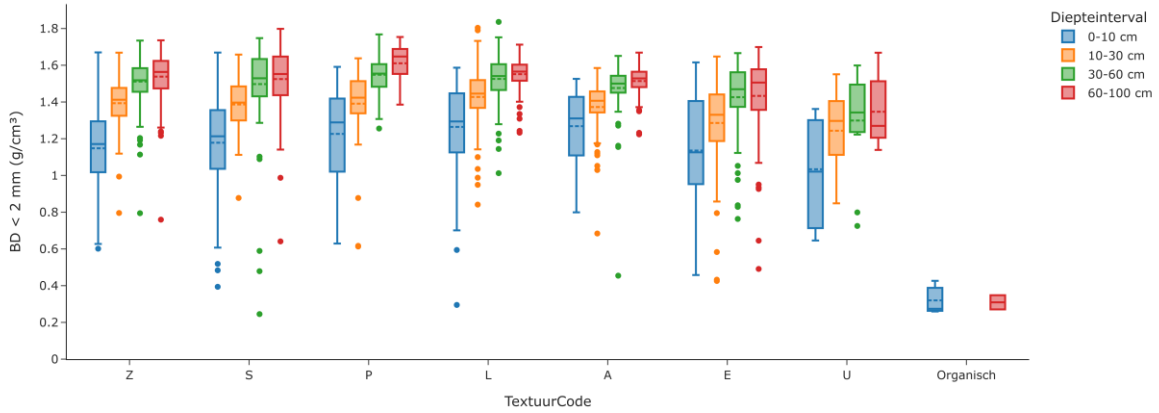
diepere bodemlagen. Ook bleek het gravimetrisch vochtgehalte op moment van staalname zeer hoog te zijn (i.e. 326% en 339% in respectievelijk de 30-60 en 60-100 bodemlaag). Naar analogie met CMON_P3c8f4a4 werd ook bij CMON_P770e2eb een zeer hoog gravimetrisch vochtgehalte vastgesteld in de verschillende bodemlagen op moment van staalname (i.e. 188% en 330% in respectievelijk de 30-60 en 60-100 cm bodemlaag). In tegenstelling tot wat de bodemkaart doet vermoeden, werd door de staalnemers hier geen aanwezigheid van veen vastgesteld. Wel werd melding gemaakt van houtskool in de 30-60 en 60-100cm bodemlaag. De hoge gravimetrische vochtgehaltes in beide locaties kunnen verklaard worden door de organominerale 30-60 cm en organische 60-100 cm bodemlagen op die locaties.



Figuur 12: Boxplots van de bulkdensiteit fijne aarde (< 2 mm) vs. totaalvolume voor de verschillende landgebruiken en diepte-intervallen (de volle lijn stelt de mediaan voor en de stippellijn het gemiddelde)

Drie plots onder bos en twee onder natuur hebben een bulkdensiteit lager dan 0,45 g/cm³ in de 2 bovenste bodemlagen (0-10 en 10-30 cm). Onder bos zijn dit CMON_Pb964802 in de 0-10 cm en 10-30 cm laag, CMON_P3ff287f in 0-10 en 10-30 cm laag en CMON_P69503a2 in 0-10 cm laag. Alle 3 de bosplots liggen onder loofbos met Zwarte els. CMON_Pb964802 is een wetland met een zeer hoge organische C-voorraad (403 t C/ha in 0-100cm) en een gravimetrisch vochtgehalte van 254% (0-10cm) en 156% (10-30cm). CMON_P3ff287f is geen wetland en de C-stock (310 t C/ha) en gravimetrisch vochtgehalte (260% in 0-10cm en 164% in 10-30cm) zijn hoog, maar niet extreem. CMON_P69503a2 is evenmin een wetland, maar heeft wel een hoog gravimetrisch vochtgehalte van 237%. De C-voorraad is normaal (168 t C/ha). Onder natuur zijn het de plots CMON_P5737af2 in de laag 0-10 cm en CMON_P3bd692f in de 0-10 cm laag. Beide natuurplots zijn halfnatuurlijk grasland en staan aangeduid als wetland. De organische C voorraad is hoog (325 t C/ha) tot extreem hoog (674 t C/ha) en voor CMON_P3bd692f werd ook de aanwezigheid van een venige bijmenging genoteerd.

Figuur 13 geeft de bulkdensiteit fijne aarde ten opzichte van de textuurklasse weer. Er is geen duidelijk verschil in bulkdensiteit tussen de verschillende textuurklassen. De figuur geeft wel duidelijk de zeer lage bulkdensiteiten voor organische bodemlagen (org C percentage > 20%) aan.



Figuur 13: Boxplots van de bulkdensiteit fijne aarde (< 2 mm) vs. totaalvolume voor de verschillende textuurklassen gebaseerd op de gemeten textuurfracties per diepte-interval. De textuurklasse 'Organisch' bevat monsters met > 20% organische C

9.4 ORGANISCHE C STOCKS IN DE BODEMLAGEN 0-30 EN 0-100 CM

9.4.1 Organische C stocks voor alle Cmon-landgebruikscategorieën

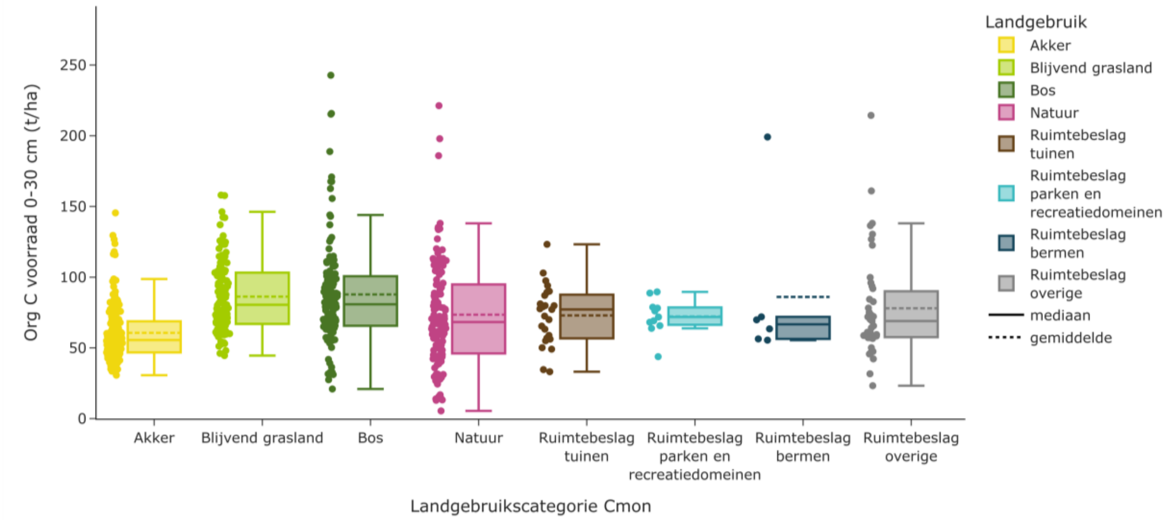
Gemiddelde organische C voorraden

De gemiddelde organische C voorraad in de 0-30 cm bodemlaag (Tabel 13) is vergelijkbaar tussen blijvend grasland, bos en ruimtebeslag bermen. In deze laatste categorie zorgt één extreme waarde voor een gemiddelde dat hoger ligt dan het derde kwartiel (Figuur 14). In de 0-10 cm en 10-30 cm bodemlaag voor deze plot werd in bijna alle steken van het mengmonster antropogeen materiaal aangetroffen. De gemiddelde organische C voorraad in de laag 0-30 cm van natuur, ruimtebeslag tuinen, ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen en ruimtebeslag overige is iets lager. Akkerland heeft duidelijk de laagste gemiddelde organische C voorraad in de 0-30 cm bodemlaag. De variatie in organische C voorraad in de 0-30 cm bodemlaag is het grootst bij bos, natuur en ruimtebeslag overige.

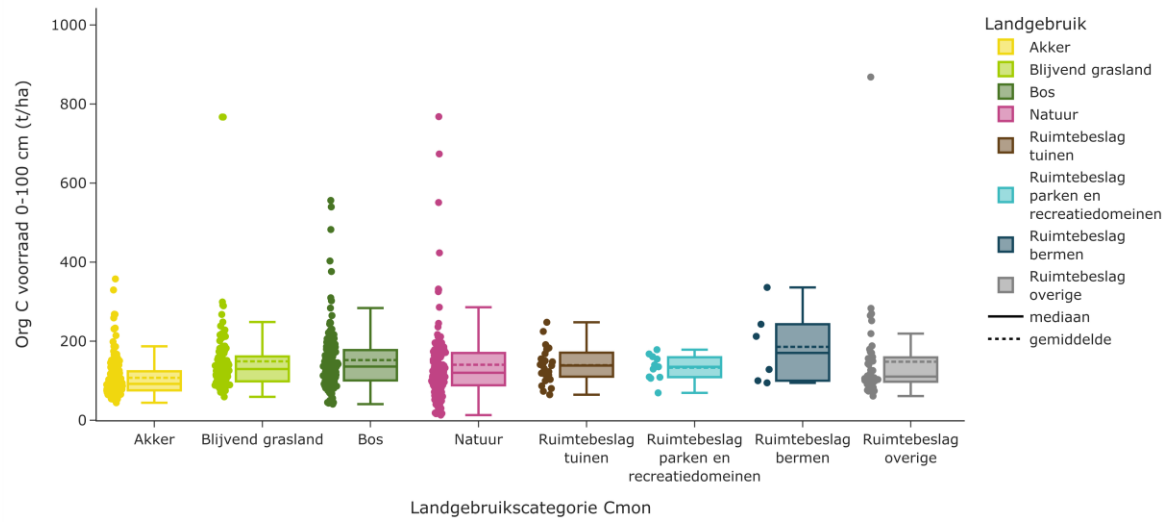
De gemiddelde organische C voorraden in de 0-100 cm bodemlaag vertonen een gelijkaardig patroon als in de 0-30 cm bodemlaag met uitzondering van ruimtebeslag bermen die de hoogste organische C voorraden hebben (Tabel 13 en Figuur 15). Blijvend grasland, bos en ruimtebeslag overige hebben gelijkaardige gemiddelde organische C voorraden. De voorraden voor natuur en ruimtebeslag tuinen zijn iets lager en in ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen nog iets lager. Akkerland heeft een duidelijk lagere C voorraad in de 0-100 cm bodemlaag in vergelijking met de andere Cmon-landgebruikscategorieën.

Tabel 13: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

Diepte	Landgebruikscategorie Cmon		Org C voorraad (t/ha)							
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)	Skewness	Kurtosis
0 - 30 cm	Akker	177	30,7	145,5	55,6	**60,7**	19,6	32,3	1,6	3,3
	Blijvend grasland	113	44,6	158,0	80,5	**86,3**	25,4	29,4	0,7	0,0
	Bos	128	21,0	242,8	80,8	**87,8**	37,0	42,2	1,5	3,7
	Natuur	123	5,5	221,3	68,3	**73,5**	37,8	51,4	0,9	1,9
	Ruimtebeslag tuinen	25	33,2	123,2	77,2	**73,0**	21,2	29,1	0,1	0,1
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	43,8	89,6	71,9	**72,2**	12,7	17,6	-0,8	1,6
	Ruimtebeslag bermen	6	55,5	199,1	66,7	**86,0**	55,8	64,9	2,4	5,7
	Ruimtebeslag overige	43	23,3	214,4	69,0	**78,0**	36,6	46,9	1,7	3,8
0 - 100 cm	Akker	177	44,3	357,5	92,0	**107,4**	49,6	46,2	2,2	6,6
	Blijvend grasland	113	59,2	767,2	129,5	**149,0**	97,0	65,1	4,8	28,2
	Bos	128	40,8	556,2	135,8	**152,2**	85,1	55,9	2,4	8,1
	Natuur	123	13,0	768,0	120,1	**140,4**	107,9	76,9	3,3	14,6
	Ruimtebeslag tuinen	25	64,6	247,8	138,2	**139,2**	45,8	32,9	0,5	0,1
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	69,3	178,5	135,2	**132,8**	32,4	24,4	-0,5	-0,2
	Ruimtebeslag bermen	6	94,6	336,0	170,3	**185,7**	95,4	51,4	0,7	-0,7
	Ruimtebeslag overige	43	61,2	868,3	110,5	**148,1**	125,5	84,8	4,8	26,7



Figuur 14: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën



Figuur 15: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

In vergelijking met de organische C voorraden van de individuele plots van de 0-30 cm laag (Figuur 14) kan vastgesteld worden dat de organische C voorraden van de individuele plots van de 0-100 cm laag meer extreme uitschieters bevatten (Figuur 15) . Deze extreme uitschieters komen voor in blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag overige. De meeste variatie in organische C voorraden in de 0-100 cm bodemlaag komen voor in natuur met zeer lage en zeer hoge organische C voorraden.

Hieronder worden de extreme uitschieters van de organische C voorraden voor de bodemlaag 0-100 cm per Cmon-landgebruikscategorie besproken. Een organische C voorraad wordt als extreme uitschieter beschouwd als hij meer dan 3×IKA (IKA = interkwartielafstand) onder Q_1 of boven Q_3 ligt. Een zwakke uitschieter ligt tussen 1,5×IKA en 3×IKA onder Q_1 of boven Q_3.

Bij **akkerland** zijn er 2 extreme uitschieters (i.e., 357 t C/ha bij CMON_P330cb0e en 330 t C/ha bij CMON_P59f52cc). Een mogelijke verklaring kan gevonden worden bij de vegetatie (i.e., tijdelijk grasland/gras-klaver) en bij CMON_P59f52cc ook de bodemtextuur (i.e., zware klei).

In **blijvend grasland** heeft plot CMON_P770e2eb een voorraad van 767,2 t C/ha. Deze plot is gelegen in de Middellandpolders waarbij in de laag 30-60 in 14% van de steken en in de laag 60-100 cm in 57% van de steken houtskool werd aangetroffen. Dit resulteerde voor deze bodemlagen in zeer hoge organische C percentages (19,1 en 33%), zeer lage bulkdensiteiten van de fijne fractie (0,45 en 0,27 g cm^{-3}) en extreem hoge gravimetrische vochtgehaltes (188 en 330%). In 5 andere plots van blijvend grasland kwam ook houtskool voor in 6 tot 14% van de steken van het mengmonster voor één specifieke bodemlaag per plot, maar dit leidde niet tot extreem hoge organische C percentages, extreem lage bulkdensiteiten of extreem hoge gravimetrische vochtgehaltes. Een verschil met de extreem hoge CMON_P770e2eb plot was wel dat het houtskool in deze extreme plot onder de watertafel lag, terwijl in de bodemlagen met aanwezigheid van houtskool in de andere plots geen watertafel voorkwam. Een andere extreme uitschieter voor grasland is CMON_P3c8f4a4, met eveneens een voorraad van 767 t C/ha. Deze locatie ligt in de depressie van de Netes, waar de bodemkaart gewag maakt van veenlagen vanaf 70-75 cm diep. Veen werd door de staalnemers in zowel de laag 30-60 als 60-100 waargenomen, wat ook resulteerde in zeer hoge organische C percentages (18 en 35,4%), zeer lage bulkdensiteiten van de fijne fracties (0,25 en 0,35 g cm^{-3}) en extreem hoge gravimetrische vochtgehaltes (326 en 339%).

In **bos** komen er 3 extreme uitschieters voor. Zo heeft de vochtige bosplot CMON_P7187579 een voorraad van 556 t C/ha. CMON_P7187579 is een recent gekapt populierenbos dat op een alluviale bodem in het gecontroleerd overstromingsgebied Vlassenbroekse polder ligt. Het bosplot CMON_P4bb2950 heeft een totale C voorraad van 539 t C/ha. Dit is een loofbos, zonder uitzonderlijk natte condities. Er werd bij de staalname heel wat gestort groenafval vastgesteld wat mogelijks de sterk organische aanrijking kan verklaren. De laatste extreme uitschieter voor bos is plotCMON_Pba7e725, een jong beukenbos, en bevat 482 t C/ha. Het is een vrij vochtig perceel gelegen op een helling met onderaan een moerassig deel. De bodemtoestand staat aangeduid als 'waterverzadigd'.

//////////////

Natuur heeft 4 extreme uitschieters voor de organische C voorraad in de 0-100 cm bodemlaag. De drie hoogste extreme organische C in natuurplots komen voor in vochtige bodems: plots CMON_P5737af2 , CMON_P79c237d en CMON_P7b2e347 met een C voorraad tussen de 550 en 768 t C/ha. Zij vertonen alle drie een vegetatie die aangepast is aan natte condities. Twee van hen zijn ook aangeduid als wetland (CMON_P5737af2 en CMON_P7b2e347). CMON_P79c237d is een halfnatuurlijk grasland in de Vallei van de Zwarte Beek, volgens de bodemkaart gelegen op een veenbodem. Het percentage koolstof varieert er tussen de 8 en 15% in de verschillende bodemlagen. De vierde extreme uitschieter in natuur is de plot CMON_P9470c84 met een Grove den bestand in de Kempen met een organische C stock van 423 t C/ha. Hier vinden we geen vochtige condities, en relatief lage C-% tussen 1.1 (0-10cm) en 4,8% (60-100cm). De bulkdensiteit is echter hoog, met waarden tot 1,53 g/cm³ in de 60-100cm laag.

In natuur komen ook een aantal plots voor met zeer lage C stocks. Dit zijn geen echte outliers, maar de C-stocks in 0-100 cm laag dalen hier tot onder de 20 t C/ha. CMON_P1b64771 bevat 13,0 t C/ha en ligt in heidegebied op een bodem met 92% zand. CMON_P36630db en CMON_P424aecd zijn halfnatuurlijke graslanden met respectievelijk 16,5 en 17,1 t C/ha en 81% en 89% zand. Deze plots bevatten wel anorganische C. CMON_P40b3c71 is een kustduin in Oostende met 18,5 t C/ha en 99% zand.

In geen van bovenstaande **bos- en natuurplots** met extreem hoge C stocks werd een venige bijmenging geconstateerd, en enkel de natuurplot CMON_P9470c84 bevatte in 1 à 2 van de 16 steken houtskool in de 10-60 cm laag. Nochtans werd in 21 andere bosplots en 15 natuurplots wel houtskool teruggevonden. De totale organische C voorraad in deze plots was in de meeste gevallen niet uitzonderlijk hoog. Daarnaast werd in 2 bosplots en 2 natuurplots venige bijmenging genoteerd. Van deze plots werd enkel in de natuurplot CMON_P3bd692f een hoge totale C voorraad (325 t C/ha) teruggevonden. Deze plot met halfnatuurlijk grasland lag in een moerassig gebied naast een vijver in Mol en bevatte veen in alle steken van de 3 bovenste lagen. In de 60-100cm laag kwam geen veen voor.

In **ruimtebeslag tuinen** zijn er geen uitschieters in de resultaten van de 25 tuinen. De organische C voorraden in de 0-30 cm bodemlaag in tuinen die volledig uit gazon (56% van alle tuinen) of siertuin (16% van alle tuinen) bestonden, waren gemiddeld 68 en 85 t C/ha. 24% van de tuinen bestonden zowel uit gazon als siertuin (73 t C/ha) en 4% van de tuinen (= 1 tuin) bestond uit gazon en moestuin (85 t C/ha). De berekende voorraden in **ruimtebeslag tuinen** stemmen vrij goed overeen met de resultaten van de Cgar-studie (Sleutel et al. 2020). Zo werd in Cgar voor gazon en siertuin een C-stock gemeten van respectievelijk 71 en 74 t C/ha in de 0-30cm bodemlaag. Enkel moestuinen scoorden in Cgar beduidend hoger (i.e. 98 t C/ha), maar tot op heden maakte een 100% moestuin nog geen deel uit van de bemonsterde tuinplots. Voor de 0-100cm bodemlaag wijken de gemeten voorraden in Cmon (139 t C/ha) voorlopig sterk af van de Cgar-tuinen waar een C-stock van 177 t C/ha werd vastgesteld. Dit kan verklaard worden door bijzonder hoge 30-100 cm organische C voorraden van enkele proefvlakken in de Cgar studie. In Cmon was het gemiddelde voor gazons, siertuinen, gazon+siertuin en gazon+moestuin respectievelijk 136, 160, 132 en 148 t C/ha.

Ook in **ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen** en **ruimtebeslag bermen** zijn er geen uitschieters.

CMON_P63e2674 is een extreme outlier die in de categorie **ruimtebeslag overige** valt, met een C-voorraad van 868 t C/ha. Dit is de plot met de hoogste gemeten organische C voorraad over alle Cmon-landgebruikscategorieën heen. Het betreft hier een permanent cultuurgrasland, dat gelegen is in een alluviale kleibodem in Bornem tussen de Schelde en een oude Schelde arm, in een gebied met visvijvers en kleine vakantiehuisjes. De onderste bodemlaag (60-100 cm) bevat een hoger percentage organische C (11,56%) dan de bovenliggende lagen (10,56, 8,00 en 4,01 %C) en ondanks het hogere percentage organische C, is ook de bulkdensiteit het hoogst in de onderste bodemlaag (1,151 ten op zichte van 0,826, 0,795 en 1,013 voor de lagen 0-10, 10-30 en 30-60 cm respectievelijk). Hierdoor bevat deze onderste laag 61% van de organische C voorraad van 0-100 cm. Slechts 27% van de organische C voorraad bevindt zich in de 0-30 cm voorraad. Dit benadrukt het belang om de monitoring niet te beperken tot de bovenste 0-30 cm bodemlaag. Op terrein zijn er geen specifieke eigenschappen van deze koolstofrijke onderste laag opgemerkt.

Ruimtebeslag overige bevat ook 4 zwakke uitschieters met een organische C voorraad tussen 251 en 283 t C/ha. Deze plots hebben allemaal een kleibodem. Eén plot is een halfnatuurlijk grasland en de andere zijn permanente cultuurgraslanden.

Binnen de categorie ruimtebeslag komt houtskool voor in 8 tuinen, 3 bermen, 4 parken en 17 plots onder overige. Van deze 32 locaties onder ruimtebeslag met houtskool bevat de berm CMON_Pb6d4f64 een hoge C-stock van 336 t C/ha. Venige bijmenging komt niet voor binnen de categorie ruimtebeslag.

Gemiddelde organische C voorraden per landgebruikscategorie en per textuurklasse (op basis van gewogen gemiddelde textuurfracties voor 0-30 cm bodemlaag)

In Tabel 14 en Tabel 15 worden voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik en per textuurklasse de organische C voorraden voor de 0-30 en -0-100 cm bodemlagen gegeven.

Tabel 14: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de verschillende textuurklassen van de verschillende Cmon-hoofdcategorieën landgebruik. De textuurklasse is berekend op basis van het gewogen gemiddelde van de textuurfracties van de 0-10 en 10-30 cm bodemlaag. De textuurklasse 'Organisch' bevat bodems met een organische C in de 0-10 of 10-30 cm bodemlaag die groter is dan 20%

Textuurklasse	Org C voorraad 0-30 cm (t/ha)									
	Akker		Blijvend grasland		Bos		Natuur		Ruimtebeslag	
	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde
Z	14	67,3	12	96,0	52	73,1	66	64,6	22	75,5
S	23	69,2	22	86,2	25	90,0	25	75,2	12	77,0
P	13	58,6	14	75,4	6	82,4	2	90,0	9	65,1
L	53	57,1	30	80,8	20	93,2	9	79,2	20	73,8
A	46	53,3	14	69,5	10	102,9	9	71,6	9	60,8
E	23	68,6	20	104,4	13	106,6	11	103,5	10	86,3
U	5	77,6	1	158,0					3	143,2
Organisch					2	206,8	1	221,3		

Tabel 15: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende textuurklassen van de verschillende Cmon-hoofdcategorieën landgebruik. De textuurklasse is berekend op basis van het gewogen gemiddelde van de textuurfracties van de 0-10 en 10-30 cm bodemlaag. De textuurklasse 'Organisch' bevat bodems met een diepte-interval met een organische C die groter is dan 20%

Textuurklasse	Org C voorraad 0-30 cm (t/ha)									
	Akker		Blijvend grasland		Bos		Natuur		Ruimtebeslag	
	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde	Aantal	Gemiddelde
Z	14	126,9	11	160,9	52	135,7	66	113,6	22	136,0
S	23	131,9	22	146,1	25	152,9	25	160,5	12	148,6
P	13	106,7	14	113,3	6	113,0	2	138,8	9	123,8
L	53	100,1	30	127,6	20	147,1	9	129,5	20	128,7
A	46	87,8	14	101,5	10	163,1	9	134,7	9	106,3
E	23	114,1	19	168,2	13	202,7	11	252,1	10	219,5
U	5	168,0	1	291,2					3	268,1
Organisch			2	767,1	2	356,3	1	325,3		

Hoewel er geen volledig eenduidige lijn te trekken valt, stellen we vast dat de hoogste organische C voorraden meestal te vinden zijn in de zandige en kleiige texturen. Vooral de (zand-)leemtextuur valt op met (duidelijk) lagere voorraden met uitzondering van bos.

Bekijken we de verschillende landgebruiken meer in detail, dan worden voor akkers de grootste gemiddelde organische C stocks (0-100 cm) waargenomen bij de textuurklassen Z, S en U. Bijkomend bevatten E-texturen in de laag 0-30 cm ook nog een grote organische C stock. Voor blijvend grasland worden de grootste stocks waargenomen bij de Z-, E- en U-texturen en in minder mate bij S. Voor beide Cmon-hoofdcategorieën landgebruik zijn de laagste voorraden te vinden bij textuurklasse A.

Bij bos zien we een enigszins ander beeld. Daar komen de hoogste organische C stocks voor op bodems met textuurklassen S, L, A en vooral E. Er zijn geen bosplots met textuurklasse U. Bij natuurbodems en bodems onder ruimtebeslag zijn is het duidelijk dat in de (zware) kleibodems de grootste organische C voorraad aanwezig is. Bij natuur hebben de Z-texturen de laatste organische C voorraad van alle texturen. In natuur vinden we namelijk bodems met 100% zand (duinbodems) met zeer lage organische C voorraden.

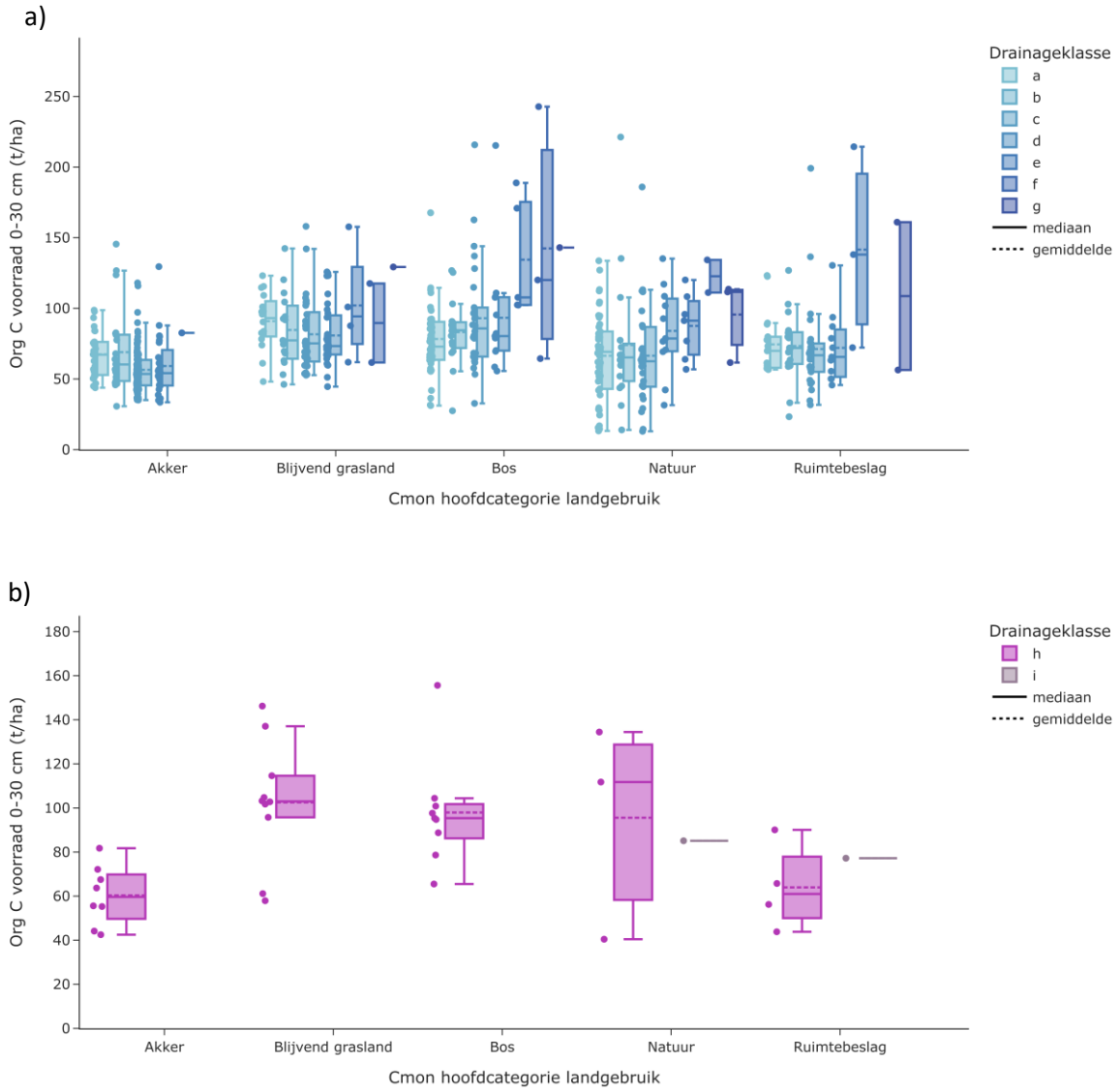
Gemiddelde organische C voorraden per Cmon-hoofdcategorie landgebruik per drainageklasse

In Figuur 16 en Figuur 17 worden de organische C voorraden van respectievelijk de 0-30 cm en 0-100 cm bodemlaag voorgesteld in functie van de Cmon-hoofdcategorie landgebruik en de drainageklasse. De drainageklasse werd afgeleid uit het eindproduct van de studie 'Actualisatie van de drainageklasse van de bodemkaart door koppeling van grondwaterstatistieken aan de bodemkaart' (Van den Berg et al. 2024). De figuren zijn telkens opgesplitst in figuur met de gewone drainageklassen a tot en met g en een figuur met de drainageklassen h en i voor hydromorfe gronden met tijdelijke stuwwatertafel en zonder reductiehorizont (hangwater).

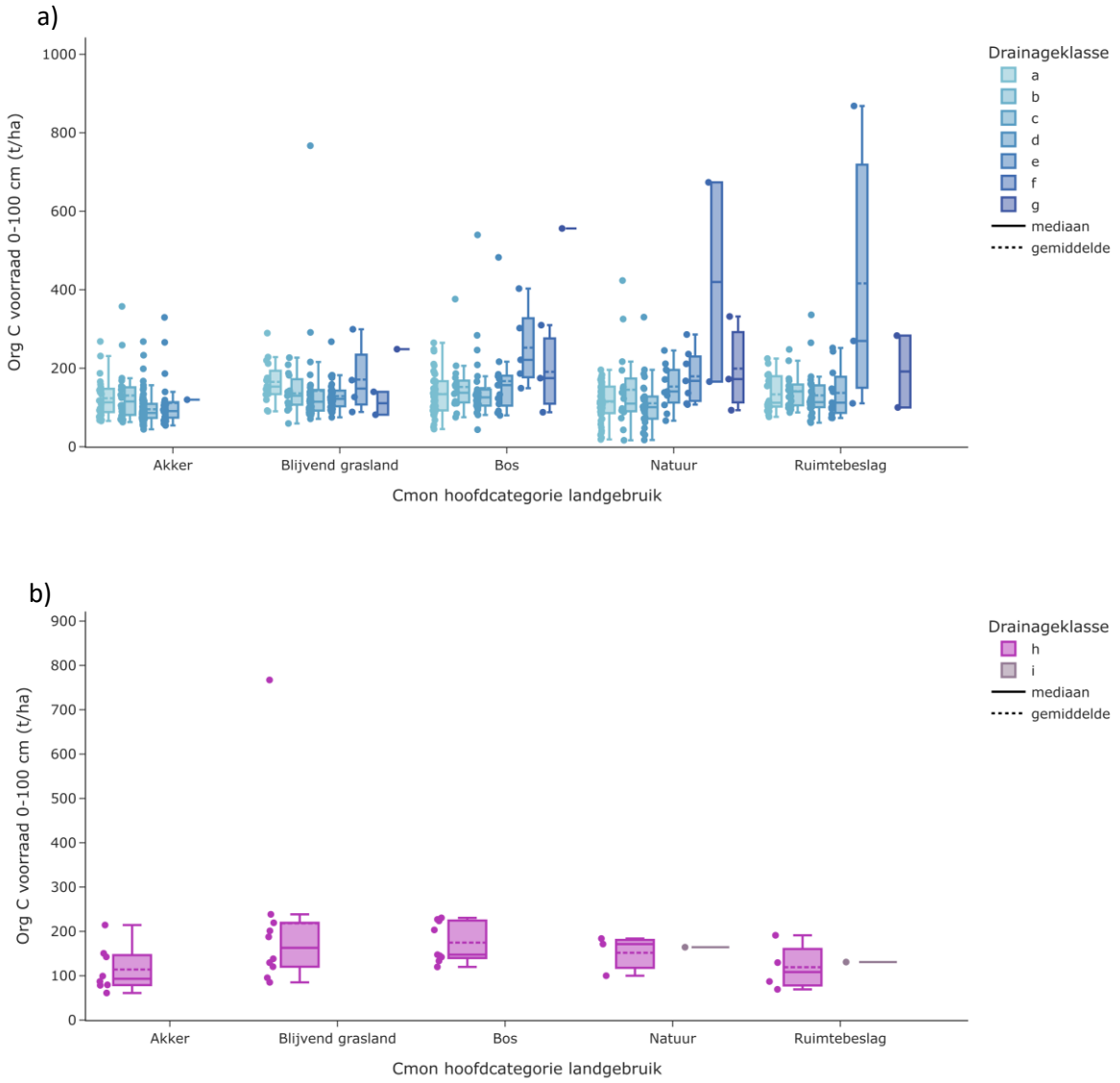
In het algemeen zijn de organische C voorraden voor de nattere drainageklasses e tot en met g hoger dan voor de drogere drainageklassen a tot en met d en hoger dan de drainageklassen met hangwater h en i. De meeste Cmon-monitoringplots komen in de drainageklassen a tot en met d voor. In akker komen geen drainageklassen f of g voor. Er zijn in akker wel monitoringplots met

hangwater met drainageklasse h. Drainageklasse i komt enkel in natuur en ruimtebeslag voor met telkens maar 1 monitoringplot.

In blijvend grasland komt een extreem hoge organische C voorraad in de 0-100 cm bodemlaag voor bij drainageklasse c. Deze monitoringplot is op de bodemkaart aangeduid als vSep3. Bij de update van de drainageklasses is de drainageklasse verhoogd naar c. Het veensubstraat v werd bevestigd door de staalnemers. De andere extreem hoge organische C voorraden in de 0-100 cm bodemlaag (boven 600 t/ha) komen voor in drainageklassen e en f.



Figuur 16: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën per geüpdatete drainageklasse van de bodemkaart (Van den Berg et al. 2024): a) drainageklassen a tot en met g en b) drainageklassen met hangwater h en i.



Figuur 17: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën per geüpdatete drainageklasse van de bodemkaart (Van den Berg et al. 2024): a) drainageklassen a tot en met g en b) drainageklassen met hangwater h en i.

Gemiddelde organische C voorraden per textuurklasse en drainageklasse

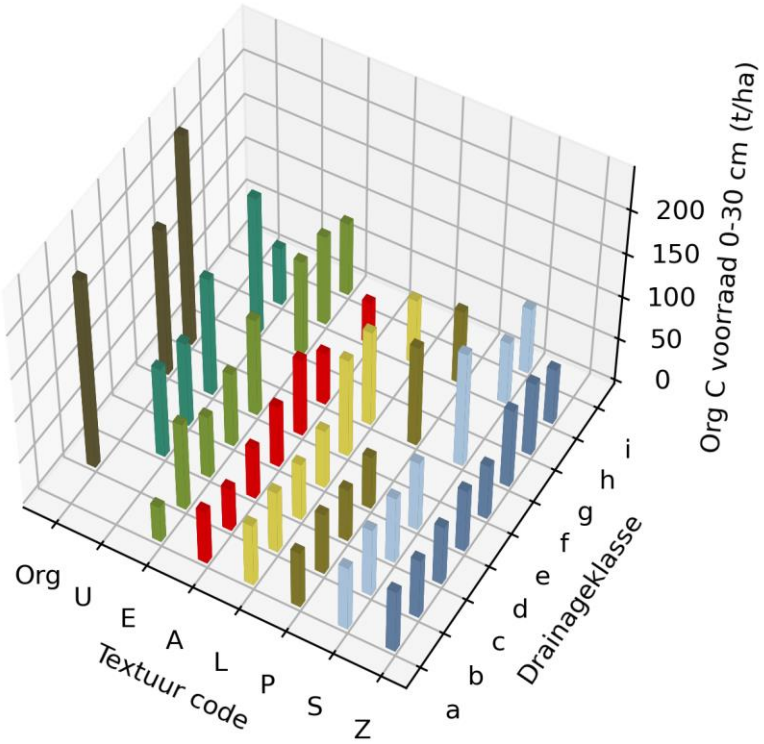
Figuur 18 en Figuur 19 geven het effect van de textuurklasse en de geupdate drainageklasse op de organische C voorraden in respectievelijk de 0-30 en 0-100 cm bodemlaag weer.

Zoals verwacht komen de hoogste organische C voorraden voor in de textuurklasse organisch. De verschillende plots met textuurklasse organisch zijn verdeeld over zowel drogere als nattere textuurklassen zonder duidelijk patroon.

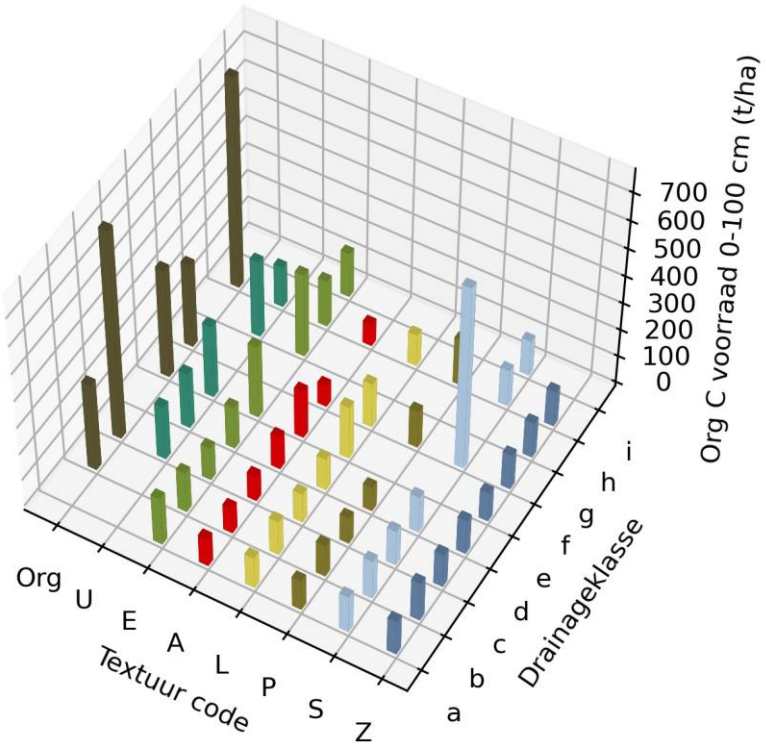
Nattere drainageklassen e tot en met g hebben doorgaans hogere organische C voorraden voor dezelfde textuurklasse. Zware kleigronden (U) en in iets mindere mate lichte kleigronden (E)

hebben doorgaans de hoogste organische C voorraden per drainageklasse. Er werden geen zware kleigronden gemeten met drainageklasse a, b of f en geen lichte kleigronden met drainageklasse f.

De bovenstaande trends zijn het duidelijkst voor de organische C voorraden in de 0-30 cm laag. Door extreme organische C voorraden in de 0-100 cm laag krijg je een meer grillig patroon. Zo wordt bijvoorbeeld een zeer hoge organische C voorraad weergegeven bij textuurcode S en drainklaseklasse f. Deze wordt veroorzaakt door een Cmon-monitoringplot met bodemtype vSfp wat wijst op een veensubstraat.



Figuur 18: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de verschillende textuurklassen (op basis van het gewogen gemiddelde van de textuurfracties van de 0-10 en 10-30 cm bodemlaag) en geüpdatete drainageklassen van de bodemkaart (Van den Berg et al. 2024). De textuurklasse 'Org' betekent dat het organische C gehalte groter dan 20% is in de 0-10 of 10-30 cm bodemlaag.



Figuur 19: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende textuurklassen (op basis van het gewogen gemiddelde van de textuurfracties van de 0-10 en 10-30 cm bodemlaag) en geüpdatete drainageklassen van de bodemkaart (Van den Berg et al. 2024). De textuurklasse 'Org' betekent dat het organische C gehalte groter dan 20% is in één of meer dieptelagen van die locatie.

Organische C voorraden in wetlands

In de 625 gemeten Cmon-plots werden 7 plots op het terrein aangeduid als wetland: 6 plots in natuur en 1 plot in bos met een gemeten gemiddelde organische C voorraad voor de 0-30 cm bodemlaag van 129,0 ton C/ha (stdev = 53,2, minimum = 63,9 en maximum = 221,3) en voor de 0-100 cm bodemlaag van 345,9 ton C/ha (stdev = 208,8, minimum = 136,7 en maximum = 673,7). Daarnaast werd ook telkens het EUNIS landgebruik genoteerd, en voor 24 plots werd de categorie 'Seasonally wet and wet grasslands' toegekend. Met uitzondering van 1 bosplot, zijn dit allemaal natuurplots. Samen met de wetland plots zijn dit 26 plots (5 wetland plots werden ook gecatogeriseerd als 'Seasonally wet and wet grasslands'). De gemiddelde organische C voorraden in deze plots zijn iets lager, en bevatten gemiddeld in de 0-30 cm 98,6 t C/ha (stdev = 46,8; min = 31,2; max = 221,3) en in de 0-100 cm 231 t C/ha (stdev = 197; min = 42,8; max = 768,0). Uit deze cijfers blijkt duidelijk het belang van de diepere lagen voor deze natte bodems.

Ratio van de organische C stocks van de 0-30 cm bodemlaag ten opzichte van de 0-100 cm bodemlaag

De 0-30 cm bodemlaag bevat gemiddeld tussen de 49 en 63% van de organische C voorraden van de 0-100 cm bodemlaag (Tabel 16). De laagste verhouding, nl. 49,1%, komt voor bij ruimtebeslag bermen. In verhouding tot de andere Cmon-hoofdcategorieën landgebruik draagt de 0-30 cm bodemlaag in ruimtebeslag minder bij tot de organische C voorraden in de volledige 0-100 cm bodemlaag, namelijk gemiddeld 55,8% voor ruimtebeslag in vergelijking met 58,9 – 63,0 % voor de andere Cmon-hoofdcategorieën.

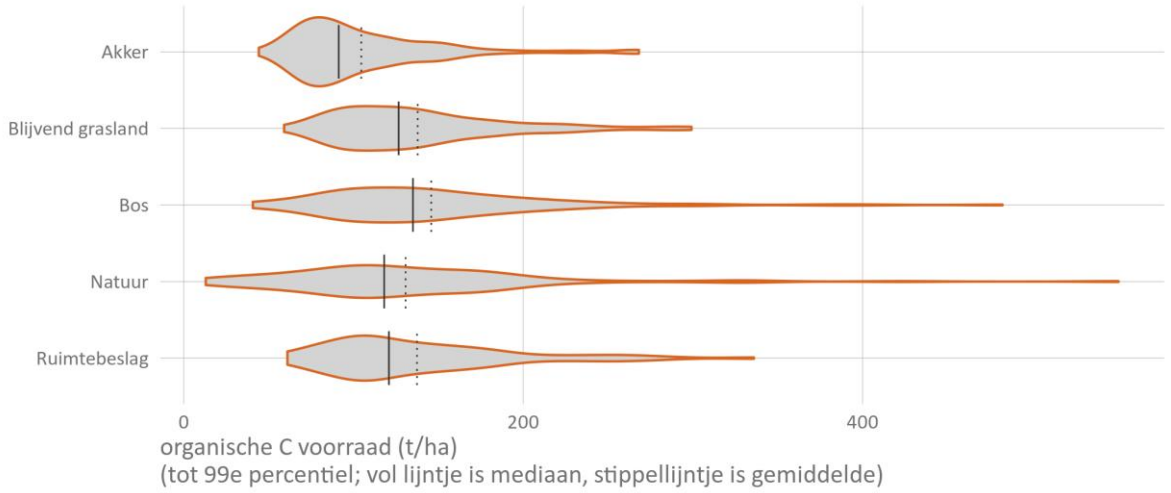
Tabel 16: Ratio van de organische C stocks van de 0-30 cm bodemlaag ten opzichte van de 0-100 cm bodemlaag

Landgebruikscategorie Cmon		Org C voorraad 0-30 cm / 0-100 cm (%)					
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)
Akker	177	29,2	82,0	61,2	**59,5**	10,3	17,3
Blijvend grasland	113	18,5	84,1	65,4	**63,0**	11,2	17,8
Bos	128	7,3	82,7	64,2	**61,7**	13,1	21,2
Natuur	123	7,2	90,1	61,6	**58,9**	16,3	27,6
Ruimtebeslag tuinen	25	32,1	70,9	55,3	**54,0**	10,9	20,2
Ruimtebeslag park & recreatie	11	43,8	67,7	56,3	**55,6**	7,3	13,2
Ruimtebeslag bermen	6	22,8	67,1	56,2	**49,1**	17,2	35,0
Ruimtebeslag overige	43	16,3	80,1	56,9	**57,8**	11,7	20,2

9.4.2 Organische C stocks voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik

Figuur 20 en Figuur 21 geven de organische C voorraden voor respectievelijk de 0-30 en 0-100 cm bodemlagen voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik.

Figuur 20: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik



Figuur 21: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik

Twee ANOVA's (alfa = 0.05) werden uitgevoerd met de organische C voorraad als afhankelijke variabele en Cmon-landgebruikscategorie als onafhankelijke variabele (Tabel 17). Bij de eerste analyse werd gekeken tot 30 cm; bij de andere tot 100 cm diepte.

Voor de organische C voorraden in de 0-30 cm bodemlaag zijn er drie statistisch significant verschillende groepen te onderscheiden in de Cmon-hoofdcategorieën: bos en blijvend grasland > natuur > akkerland. De organische C voorraden in ruimtebeslag zijn hierbij niet statistisch verschillend van bos, blijvend grasland en natuur.

In de 0-100 cm bodemlaag is enkel akkerland statistisch significant verschillend van de andere Cmon-hoofdcategorieën.

Tabel 17: Gemiddelde organische C voorraden (t/ha) (standaardafwijking) voor de 0-30 cm en 0-100 cm bodemlaag voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën. Cellen met eenzelfde letter binnen een kolom zijn statistisch niet significant verschillend van elkaar. Voor beide bodemlagen worden de statische parameters (df, F en p) van de F-test organische C voorraad (t/ha) in functie van de Cmon-hoofdcategorie gegeven

Landgebruikscategorie Cmon		**Org C voorraad exclusief strooisellaag (t/ha)**	
	Aantal	**0-30 cm**	**0-100 cm**
Akker	177	60.7^{A} (19.6)	107.4^{A} (49.6)
Blijvend grasland	113	86.3^{C} (25.4)	149.0^{B} (97.0)
Bos	128	87.8^{C} (37.0)	152.2^{B} (85.1)
Natuur	123	73.5^{B} (37.8)	140.4^{B} (107.9)
Ruimtebeslag	85	$76.3^{B, C}$ (31.9)	146.1^{B} (96.4)
Totaal	626	75.5 (32.1)	135.8 (87.8)
df		4,0	4,0
F		19.48	7.03
p		< .001	< .001

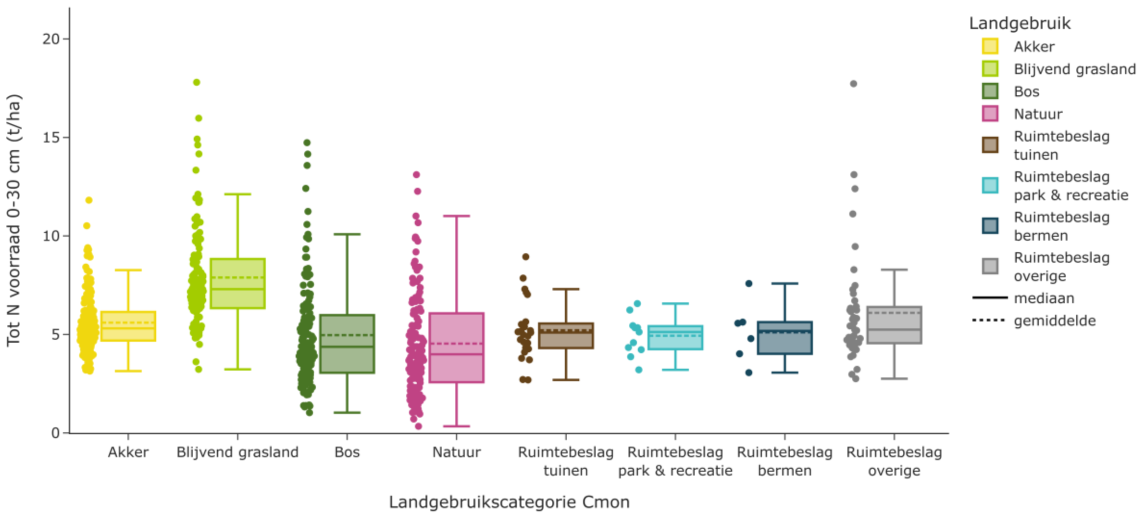
9.5 TOTALE N STOCKS IN DE BODEMLAGEN 0-30 EN 0-100 CM

Gemiddelde totale N voorraden

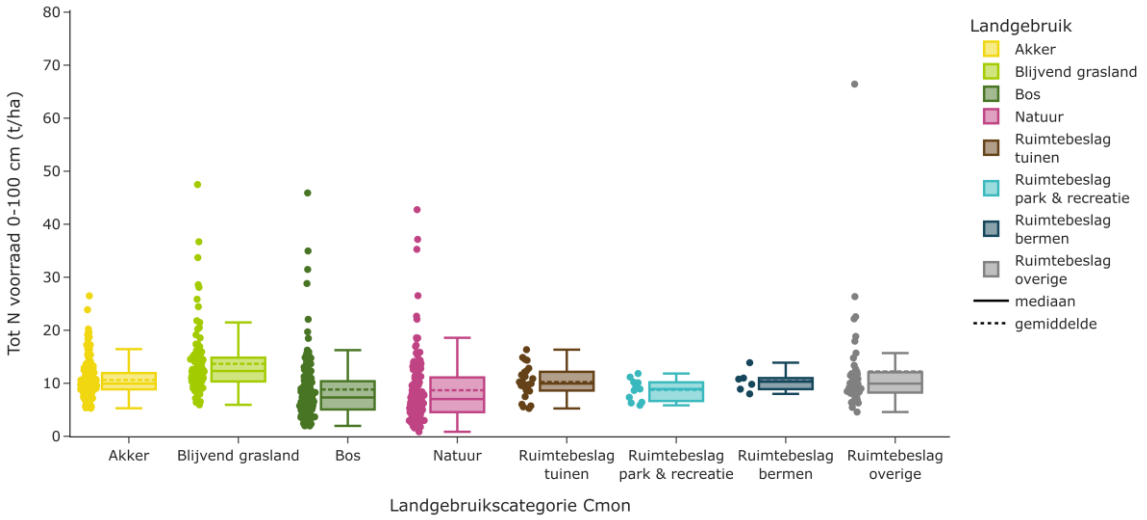
Naast de organische C voorraden werden ook de totale N voorraden in de lagen 0-30 cm en 0-100 cm bepaald. Uit Tabel 18 en Figuur 22 en Figuur 23 blijkt dat de totale N voorraden voor alle landgebruiken min of meer vergelijkbaar zijn, uitgezonderd blijvend grasland dat duidelijk hogere voorraden vertoont in zowel de laag 0-30 cm als de laag 0-100 cm.

Tabel 18: Totale N voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

Diepte	Landgebruikscategorie Cmon		Tot N voorraad (t/ha)							
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)	Skewness	Kurtosis
0 - 30 cm	**Akker**	177	3,14	11,81	5,31	**5,60**	1,44	25,72	1,29	2,37
	Blijvend grasland	113	3,23	17,80	7,30	**7,89**	2,53	32,09	1,36	2,55
	Bos	128	1,03	14,73	4,37	**4,97**	2,69	54,15	1,36	2,18
	Natuur	123	0,34	13,11	3,99	**4,53**	2,64	58,14	0,92	0,57
	Ruimtebeslag tuinen	25	2,69	8,94	5,09	**5,21**	1,49	28,67	0,69	0,64
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	3,20	6,57	5,12	**4,93**	1,01	20,38	-0,02	-0,44
	Ruimtebeslag bermen	6	3,06	7,58	5,18	**5,11**	1,56	30,45	0,44	0,54
	Ruimtebeslag overige	43	2,75	17,73	5,24	**6,10**	2,87	47,13	2,30	6,26
0 - 100 cm	**Akker**	177	5,29	26,49	9,93	**10,61**	3,24	30,53	1,72	4,76
	Blijvend grasland	113	5,94	47,49	12,31	**13,67**	6,02	44,04	2,77	10,67
	Bos	128	1,96	45,90	7,32	**8,82**	6,34	71,86	2,87	11,70
	Natuur	123	0,85	42,75	7,03	**8,68**	6,78	78,05	2,46	8,20
	Ruimtebeslag tuinen	25	5,25	16,34	9,94	**10,23**	2,98	29,14	0,14	-0,41
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	5,84	11,84	8,92	**8,75**	2,04	23,36	-0,07	-1,28
	Ruimtebeslag bermen	6	8,00	13,88	10,29	**10,39**	2,05	19,73	0,89	1,15
	Ruimtebeslag overige	43	4,57	66,42	9,93	**12,22**	9,65	78,98	4,50	24,30



Figuur 22: Totale N voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën



Figuur 23: Totale N voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

Ratio van de totale N stocks van de 0-30 cm bodemlaag ten opzichte van de 0-100 cm bodemlaag

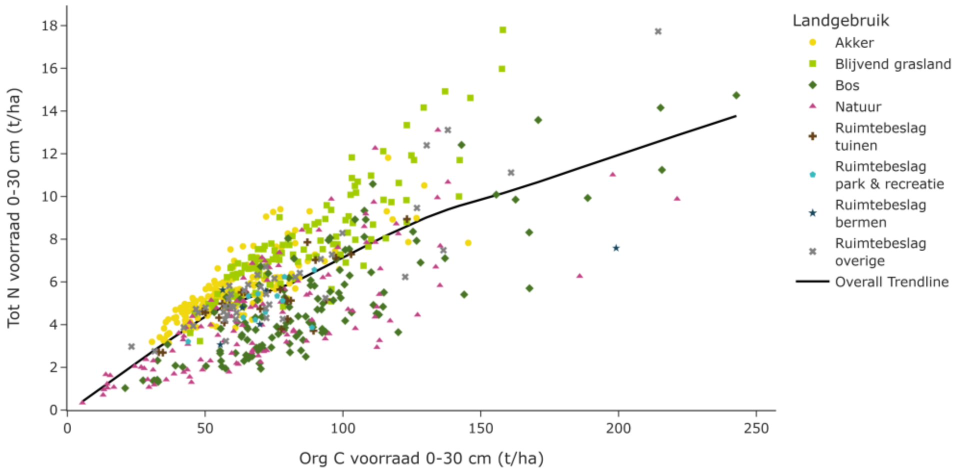
Voor de totale N voorraden werden gelijkaardige cijfers bekomen als voor de organische C voorraden. Deze resultaten benadrukken het belang om bij de bepalen van organische C en totale N voorraden de gehele 0-100 cm bodemlaag in rekening te brengen.

Tabel 19: Ratio van de totale N stocks van de 0-30 cm bodemlaag ten opzichte van de 0-100 cm bodemlaag

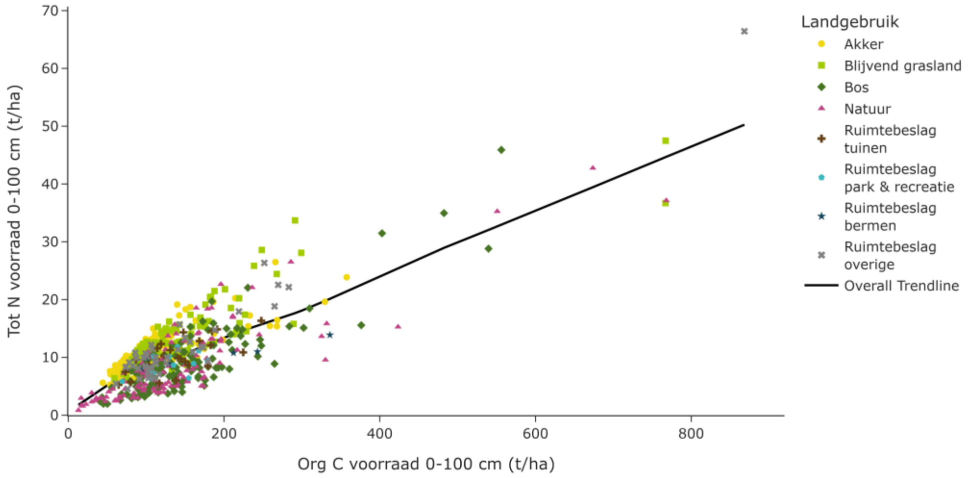
Landgebruikscategorie Cmon		Tot N voorraad 0-30 cm / 0-100 cm (%)					
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)
Akker	177	28,53	76,24	52,92	**53,92**	8,12	15,06
Blijvend grasland	113	27,26	77,76	60,39	**59,77**	8,91	14,91
Bos	128	8,91	84,10	61,22	**60,47**	11,96	19,78
Natuur	123	7,31	90,17	58,08	**57,93**	15,79	27,25
Ruimtebeslag tuinen	25	31,14	71,55	52,10	**52,10**	9,66	18,54
Ruimtebeslag park & recreatie	11	48,88	72,97	54,85	**57,07**	6,39	11,19
Ruimtebeslag bermen	6	27,87	62,67	55,99	**49,94**	14,04	28,11
Ruimtebeslag overige	43	18,94	78,56	55,42	**54,52**	11,06	20,28

9.6 TOTALE N VOORRADEN TEN OPZICHTE VAN DE ORGANISCHE C VOORRADEN

Wanneer we de totale N voorraad uitzetten ten opzichte van de organische C voorraad zien we duidelijke dat de agrarische Cmon-plots in akker en blijvend grasland zich voornamelijk boven de regressielijn situeren. Plots in bos en natuur situeren zich onder of net boven deze regressielijn. Dit wil zeggen dat plots in akker en blijvend grasland doorgaans een hogere totale N voorraad hebben bij eenzelfde organische C voorraad in vergelijking met plots onder natuur en bos. Plots onder ruimtebeslag bevinden zich zowel boven als onder de regressielijn. Dit geldt zowel voor de 0-30 cm (Figuur 24) als de 0-100 cm voorraden (Figuur 25).



Figuur 24: Organische C voorraad ten opzichte van de totale N voorraad voor de 0-30 cm bodemlaag. De volle lijn is een locally weighted regression line (Lowess). De regressielijn geeft een indicatie van de gemiddelde totale N voorraad bij een bepaalde organische C voorraad.



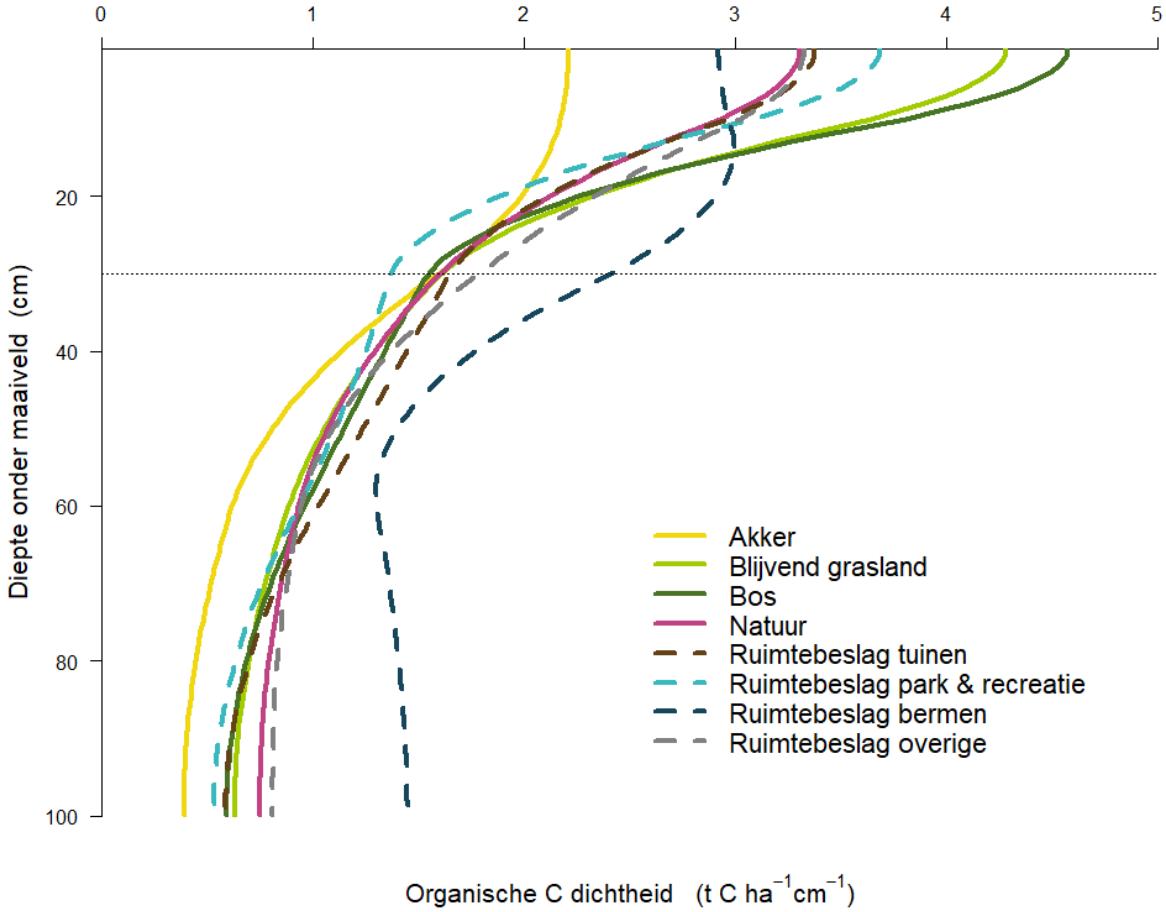
Figuur 25: Organische C voorraad ten opzichte van de totale N voorraad voor de 0-100 cm bodemlaag. De volle lijn is een locally weighted regression line (Lowess). De regressielijn geeft een indicatie van de gemiddelde totale N voorraad bij een bepaalde organische C voorraad.

9.7 ORGANISCHE C DICHTHEID

9.7.1 Organische C dichtheden voor alle Cmon-landgebruikscategorieën

Op basis van mass-preserving splines kan de koolstofdichtheid, uitgedrukt in t C ha^{-1} cm^{-1} laagdikte, uitgezet worden in functie van de diepte. Zo wordt het verticale verdelingspatroon van de bodemkoolstofvoorraden aanschouwelijk gemaakt. Dit patroon is deels te verklaren door het bodemtype (bv. de humusaanrijkingshorizont – Bh in Podzolen), maar vooral door het landgebruik.

Figuur 26 geeft de gemiddelde organische C dichtheden aan van alle Cmon-proefvlakken per landgebruik. Akkers hebben duidelijk de laagste organische C dichtheid, vooral in de bouwvoor, maar vergeleken met de andere landgebruiken ook in de diepere bodemlagen (subsoil). Deze dichtheid varieert van 0,39 tot max. 2,21 t C ha^{-1} cm^{-1} en heeft een gemiddelde over alle dieptes van slechts 1,09 t C ha^{-1} cm^{-1} (Tabel 20). Een vergelijkbaar verticaal profiel als in akkers vinden we terug in bermen, hoewel de organische C dichtheid vele malen hoger ligt en varieert tussen 1.30 en 2.99 t C ha^{-1} cm^{-1}.



Figuur 26: Verticale distributie van de gemiddelde organische C dichtheid per landgebruik op basis van mass-preserving splines.

Tabel 20: Gemiddelde organische C dichtheden (t C ha^{-1} cm^{-1}) per Cmon- landgebruikscategorie op basis van mass-preserving splines

Landgebruikscategorie Cmon	Plots	Gemiddelde organische C dichtheid (t C ha^{-1} cm^{-1})							
	Aantal	Min	Max	Q1	Mediaan	Q3	Gemiddelde	Stdev	Var(%)
Akker	176	0,39	2,21	0,47	0,79	1,79	1,09	0,68	62,60
Blijvend grasland	113	0,63	4,28	0,73	1,04	1,83	1,52	1,09	71,70
Bos	128	0,59	4,57	0,73	1,13	1,75	1,55	1,15	73,80
Natuur	123	0,75	3,31	0,81	1,06	1,79	1,42	0,79	55,60
Ruimtebeslag tuinen	24	0,58	3,38	0,76	1,22	1,79	1,44	0,82	57,20
Ruimtebeslag park & recreatie	11	0,53	3,68	0,69	1,10	1,50	1,35	0,89	66,10
Ruimtebeslag bermen	6	1,30	2,99	1,39	1,45	2,67	1,90	0,66	34,90
Ruimtebeslag overige	43	0,81	3,33	0,85	1,08	2,00	1,50	0,82	54,70

De hogere organische C dichtheden in de bovenste centimeters van de bodem zijn te vinden in bos (tot 4.57 t C ha^{-1} cm^{-1}) en blijvend grasland (tot 4.28 t C ha^{-1} cm^{-1}) en volgen een natuurlijk profiel met de diepte. Opvallend is het heel gelijkaardige verloop van beide landgebruiken met de diepte. Hun variatie aan organische C dichtheden met de diepte is ook het hoogst (CV > 70%) vergeleken met alle andere landgebruiken. In Figuur 26 werd enkel de organische C dichtheid in de bodem gegeven. De organische C voorraad in de strooisellaag wordt besproken in hoofdstuk 9.8.

Voor (open) natuurgebieden is de gemiddelde organische C dichtheid in de bovenste 20 cm lager dan in bos of blijvend grasland, maar is er wel een iets hogere organische C dichtheid vanaf 70 cm diepte. Dit is soms te wijten aan hydromorfe condities in natte natuurgebieden waar koolstof minder snel afbreekt. De Cmon-landgebruikscategorieën ruimtebeslag tuinen, parken & recreatiedomeinen en overige hebben vergelijkbare diepteprofielen van gemiddelde organische C dichtheden als in natuur, en ook de variatie is vergelijkbaar (Tabel 12).

9.7.2 Organische C dichtheden voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik

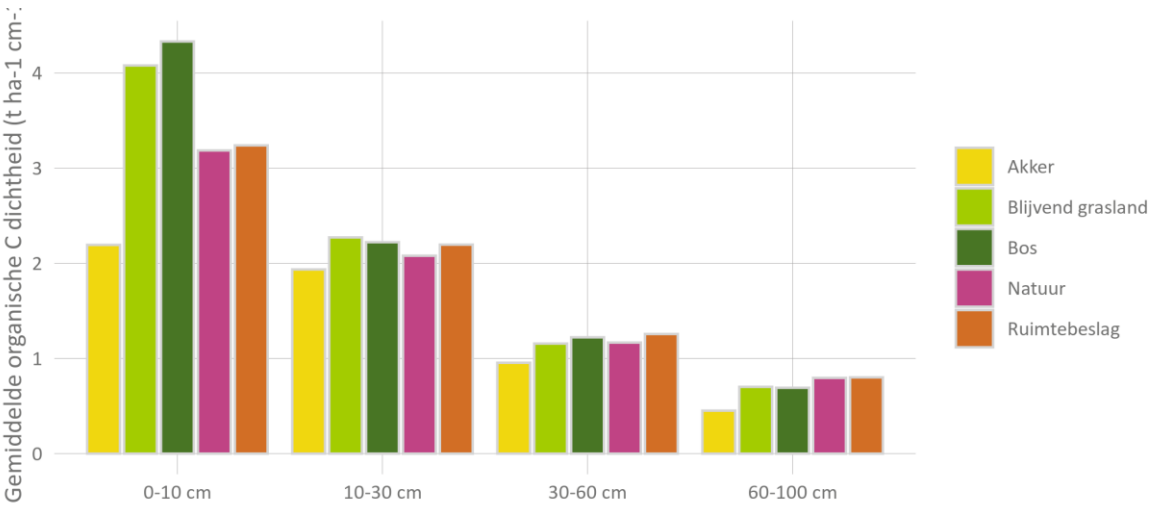
Er werd een mixed-design variantie-analyse (ANOVA) uitgevoerd met organische C dichtheid (t ha^{-1} cm^{-1}) als afhankelijke variabele, Cmon-landgebruikscategorie als between-subject onafhankelijke variable, diepte als within-subject onafhankelijke variabele, en het interactie-effect tussen beide onafhankelijke variabelen (Tabel 21). Strooisel werd hier niet bij betrokken aangezien dit meestal volledig afwezig is en er dus geen waarde per centimeter bepaald kan worden. Šidák-correctie werd toegepast bij het bepalen welke categorieën onderling van elkaar verschillen.

Tabel 21: F-test organische C dichtheid (t ha^{-1} cm^{-1}) in functie van Cmon-hoofdcategorie landgebruik en diepte

variabele	df1	df2	F	p
landgebruik	4	621	18.19	< .001
diepte	3	1 863	1307.72	< .001
landgebruik:diepte	12	1 863	31.72	< .001

Beide hoofdeffecten alsook het interactie-effect zijn statistisch significant. Hieruit kunnen we besluiten dat de organische C dichtheid verschilt naargelang de Cmon- hoofdcategorie landgebruik, de diepte en de combinatie van beiden (Figuur 27).

////////////



Figuur 27: Visualisatie van de gemiddelde organische C dichtheid (t C ha^{-1} cm^{-1}) voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik en de 4 dieptes.

In de 0-10 bodemlaag hebben bos en blijvend grasland een significant hogere organische C dichtheid dan de andere landgebruiken (Tabel 22). Daarnaast verschilt de organische C dichtheid tussen natuur en ruimtebeslag niet significant in deze bovenste laag. Akker heeft de significant laagste organische C dichtheid in deze bovenste bodemlaag. De organische C dichtheden in de andere bodemlagen zijn niet statistisch verschillend tussen de landgebruiken.

Tabel 22: Gemiddelde organische C dichtheid (t ha^{-1} cm^{-1}) (standaardafwijking) voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik en de 4 dieptes. Cellen met een zelfde letter verschillen niet statistisch significant van elkaar.

Cmon-hoofdcategorie landgebruik	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	60-100 cm	Gewogen gemiddelde
Akker	2.19^{G} (0.76)	1.94^{G} (0.65)	$0.96^{B,C,D,E,F}$ (0.64)	0.45^{A} (0.46)	1.07 (0.50)
Blijvend grasland	4.08^{I} (1.04)	2.27^{G} (0.86)	$1.16^{C,E,F}$ (0.96)	$0.70^{A,B,D}$ (1.43)	1.49 (0.97)
Bos	4.33^{I} (1.74)	2.22^{G} (1.25)	$1.22^{E,F}$ (0.82)	$0.69^{A,B,C}$ (1.13)	1.52 (0.85)
Natuur	3.19^{H} (1.38)	2.08^{G} (1.37)	$1.17^{B,C,D,E,F}$ (1.17)	$0.80^{A,B,C,D,E,F}$ (1.42)	1.40 (1.08)
Ruimtebeslag	3.24^{H} (1.15)	2.20^{G} (1.13)	$1.26^{D,F}$ (0.73)	$0.80^{A,B,C,E}$ (1.47)	1.46 (0.96)
Gewogen gemiddelde	3.31 (1.48)	2.12 (1.06)	1.13 (0.88)	0.66 (1.18)	1.36 (0.88)

De organische C dichtheid in de 0-10 cm bodemlaag is statistisch significant hoger dan deze van de andere bodemlagen voor alle Cmon-hoofdcategorieën landgebruik met uitzondering van akker. De organische C dichtheid in de 10-30 cm bodemlaag is statistisch hoger dan deze voor de 30-60 en 60-100 cm bodemlagen voor alle Cmon-hoofdcategorieën landgebruik. Enkel voor natuur zijn de organische C dichtheden voor de 30-60 en 60-100 cm bodemlagen niet statistisch significant verschillend.

9.8 ORGANISCHE C EN TOTALE N STOCKS IN STROOISELLAGEN

9.8.1 Organische C en totale N stocks in strooisellagen voor de plots met strooisellaag van alle Cmon-landgebruikscategorieën

Strooisellagen in bossen en natuurgebieden herbergen niet te verwaarlozen C en N voorraden. In het Cmon-project worden enkel de F (Fragmentatie) en H (Humus) deellagen beschouwd en niet de L (Litter) laag. Deze laatste varieert immers doorheen het jaar, terwijl de F en H lagen decennialang relatief stabiel blijven zolang het bostype niet ingrijpend wijzigt.

De strooisellagen uit de gerapporteerde data behoren meestal tot landgebruik bos (84 van de 125 plots), maar kwamen ook voor in natuur (9 van de 123 plots) en in ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen (4 van de 11 plots). Viltlagen waren in geen enkele landgebruikscategorie aanwezig.

In dit hoofdstuk worden enkel data gegeven voor de plots met strooisellaag. Voor de plots zonder strooisellaag worden in het volgende hoofdstuk voor de organische C en totale N voorraden in de bodem inclusief strooisel telkens een organische C en totale N voorraad gelijk aan 0 in rekening gebracht.

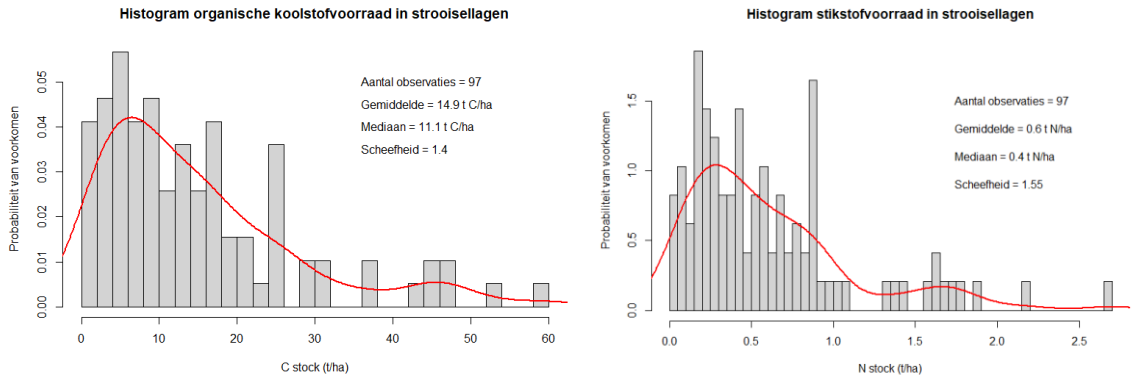
Tabel 23: Organische C voorraden voor de strooisellaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën (De statistieken zijn enkel berekend voor de plots met strooisellaag. In de andere plots zijn deze organische C voorraden gelijk aan 0)

Landgebruikscategorie Cmon		Org C voorraad (t/ha)							
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)	Skewness	Kurtosis
Bos	84	0,9	59,9	12,8	**16,2**	13,1	81,3	1,3	1,4
Natuur	9	0,5	18,1	4,4	**7,2**	6,5	90,5	0,7	-1,2
Ruimtebeslag park & recreatie	4	1,7	9,4	3,7	**4,6**	3,3	71,7	1,5	2,7

Tabel 24: Totale N voorraden voor de strooisellaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

Landgebruikscategorie Cmon		Tot N voorraad (t/ha)							
	Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)	Skewness	Kurtosis
Bos	84	0,05	2,70	0,53	**0,66**	0,53	81,13	1,47	2,24
Natuur	9	0,02	0,88	0,23	**0,32**	0,28	87,64	1,00	0,35
Ruimtebeslag park & recreatie	4	0,08	0,48	0,18	**0,23**	0,17	74,73	1,41	2,27

De dikte en massa van de strooisellagen varieert enorm en is gerelateerd met het landgebruik, humustype, boomsoort, standplaats, vegetatiestructuur, …. Op rijkere bodems met mull humus types ontbreken de F en H laag en is er dus ook geen C en N voorraad in de ecto-organische lagen; op armere bodems (zoals podzols) daarentegen met mor humus types komen voorraden van 30 t C/ha en meer voor. Figuur 28 illustreert de geobserveerde C en N voorraden van 97 Cmon-proefvlakken. De positieve scheefheid (right skewness) wijst op de lognormale verdeling van de voorraden.



Figuur 28: Histogrammen (grijs) en densiteitscurves (rood) van de C en N stocks in de strooisellagen van 97 proefvlakken

De C stock in strooisellagen varieert van 0,5 t C/ha tot 59,9 t C/ha (een factor 100!), het gemiddelde bedraagt 14,9 t C/ha, terwijl de mediaan slechts 11,1 t/ha bedraagt. De gemiddelde stock in bossen bedraagt 16,2 t C/ha en in natuur 7,2 t C/ha. Loofbossen bevatten gemiddeld 11,1 t C/ha en naaldbossen met dikkere mor humus-types 20,0 t C/ha. De N stock varieert over alle landgebruiken heen van 0,02 tot 2,70 t N/ha (ook een factor 100) met een gemiddelde en mediaan van respectievelijk 0,61 en 0,44 t N/ha. De verdeling is nog schever dan deze van de C voorraad. Voor een parametrische statistische verwerking is een log transformatie van de data vereist.

Ten opzichte van vorige rapportage met 47 observaties is de gemiddelde C voorraad in strooisellagen gestegen van 12,7 naar 14,9 t C/ha (mediaan van 7,4 naar 11,1 ton) en de N voorraad van 0,5 naar 0,6 t N/ha (mediaan van 0,3 naar 0,4 t N/ha). Gezien de verdubbeling van de observaties zijn de laatste statistieken accurater op schaal Vlaanderen.

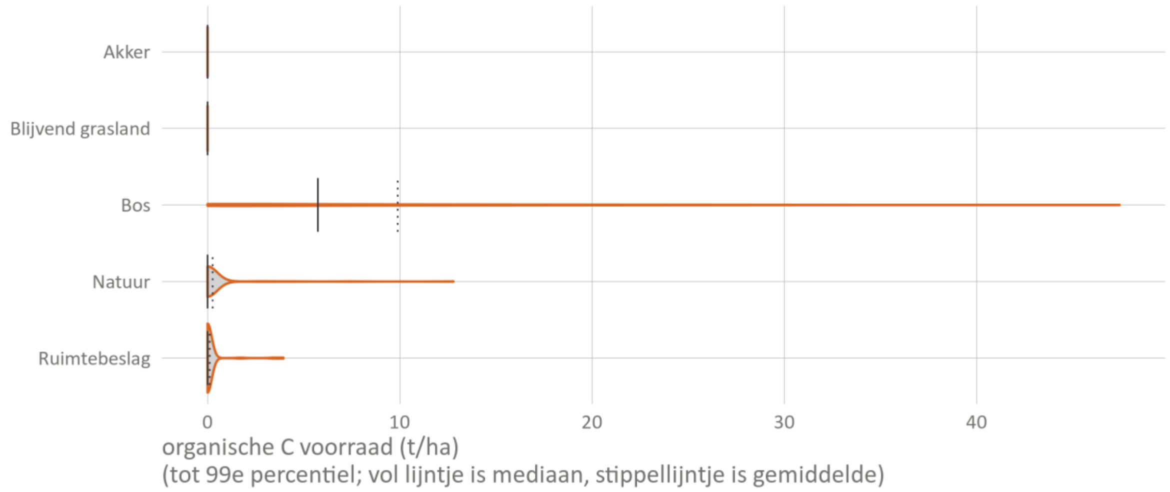
Gemiddeld is de C voorraad in de strooisellaag 12,6 % van de 1-m stock in de minerale bodem, maar dit varieert wel van 0.6 tot 82 %. De N voorraad in de strooisellaag bedraagt gemiddeld 10,7 % van de 1-m voorraad in de minerale bodem, maar varieert ook ruim van 0,5 tot 63%.

Het hangt dus heel sterk af van lokale condities hoe omvangrijk de C en N voorraden in de strooisellagen zijn. Dit zijn gemiddelden voor plots met strooisellagen over alle landgebruiken heen. In 34% van de bossen, 93% van de natuurplots en 67% van de parken & recreatiedomeinen komt geen permanente strooisellaag voor. Vermits volgens het Cmon-staalnameprotocol enkel de F en H lagen bemonsterd zijn, worden de zogenaamde Mull humustypes die enkel bestaan uit een L laag (recente bladval) niet beschouwd in de voorraadberekening. De C stock in de L laag mineraliseert immers binnen het jaar. In Mull humustypes wordt het organisch materiaal snel in de minerale bodem ingewerkt. In Mor en Moder types wordt het organische materiaal toegevoegd aan de F laag.

9.8.2 Organische C en totale N stocks in strooisellagen over alle plots voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik

Er werd een Kruskal-Wallistoets uitgevoerd met de organische C voorraad in het strooisel als afhankelijke variabele en Cmon-landgebruikscategorie als onafhankelijke variabele. De reden voor het gebruik van deze toets in plaats van ANOVA is dat de verdeling van de organische C hier niet geschikt is voor die toets. Specifiek bij akker en blijvend grasland is er tot nu toe nog nooit strooisel geobserveerd en is de variantie daar dus gelijk aan nul. De Kruskal-Wallistoets vergelijkt de rangscores tussen verschillende categorieën van Cmon-landgebruik en kan dus beter geïnterpreteerd worden als een vergelijking van de medianen dan van de gemiddeldes.

De mediane hoeveelheid organische C voorraad (t/ha) verschilt naargelang landgebruik (χ^2_(4) = 317.66, p < .001).



Figuur 29: Organische C voorraden in de strooisellagen over alle plots (met en zonder strooisellaag) voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën

Gemiddeld over alle plots (met en zonder strooisellaag) per Cmon-hoofdcategorie landgebruik is de organische C voorraad in strooisel voor bos, natuur en ruimtebeslag respectievelijk 10,6 t/ha, 0,5 t/ha en 0,2 t/ha. Voor akker en blijvend grasland is deze organische C voorraad in de strooisellaag gelijk aan 0 t/ha.

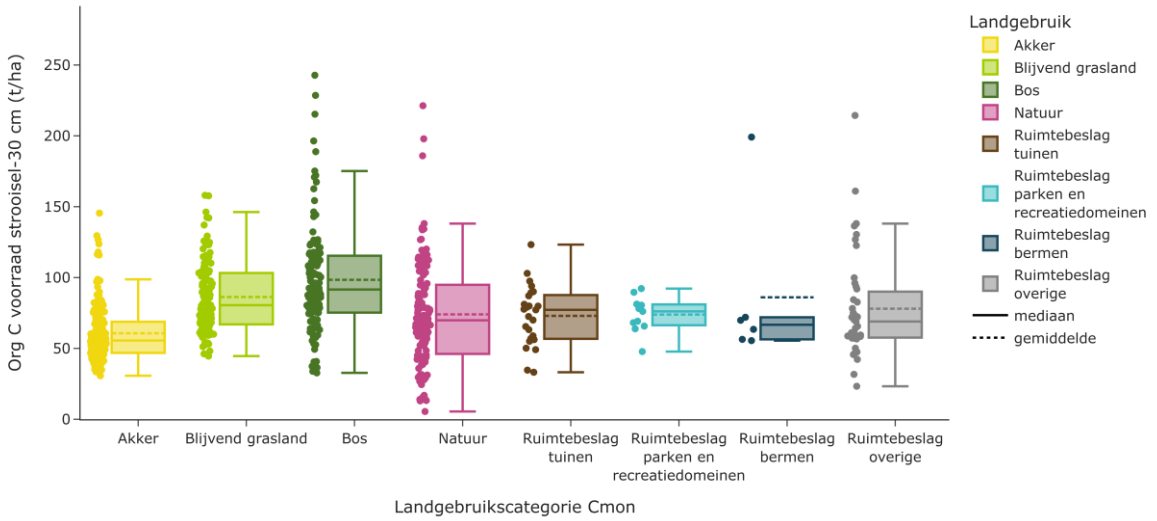
9.9 ORGANISCHE C STOCKS IN DE 0-30 CM EN 0-100 CM BODEMLAGEN INCLUSIEF STROOISELLAGEN

9.9.1 Organische C stocks inclusief strooisellagen voor alle Cmon-landgebruikscategorieën

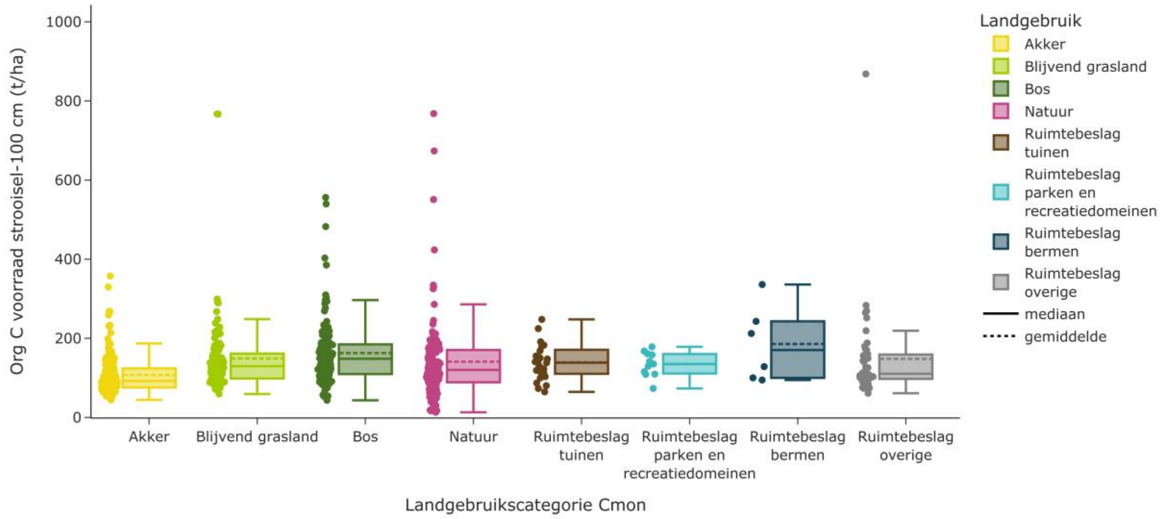
De organische C voorraden inclusief de strooisellagen geven dezelfde trends als de voorraden exclusief de strooisellaag (Tabel 25). Bij de landgebruikscategorieën bos, natuur en ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen verhogen de organische C voorraden met respectievelijk 10,6, 0,5 en 1,7 t C ha^{-1}. Dit is voor de organische C voorraden een verhoging van respectievelijk 12,1 %, 0,7 % en 2,3 % van de organische C stocks voor de 0-30 cm bodemlaag zonder strooisellaag en 7,0 %, 0,4 % en 1,3 % voor de 0-100 cm bodemlaag. Dit heeft enkel tot gevolg dat de organische C voorraden van bos en blijvend grasland zeer gelijkaardig zijn exclusief strooisel en de organische C voorraden inclusief strooisel in bos iets hoger zijn dan in blijvend grasland.

Tabel 25: Organische C voorraden inclusief de strooisellaag voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

Diepte	Landgebruikscategorie Cmon		Org C voorraad (t/ha)							
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)	Skewness	Kurtosis
Strooisel - 30 cm	Akker	177	30,7	145,5	55,6	60,7	19,6	32,3	1,6	3,3
	Blijvend grasland	113	44,6	158,0	80,5	86,3	25,4	29,4	0,7	0,0
	Bos	128	32,7	242,8	91,6	98,4	37,7	38,3	1,3	2,5
	Natuur	123	5,5	221,3	69,8	74,0	37,9	51,2	0,9	1,8
	Ruimtebeslag tuinen	25	33,2	123,2	77,2	73,0	21,2	29,1	0,1	0,1
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	47,8	92,2	76,1	73,9	12,7	17,2	-0,5	0,5
	Ruimtebeslag bermen	6	55,5	199,1	66,7	86,0	55,8	64,9	2,4	5,7
	Ruimtebeslag overige	43	23,3	214,4	69,0	78,0	36,6	46,9	1,7	3,8
Strooisel - 100 cm	Akker	177	44,3	357,5	92,0	107,4	49,6	46,2	2,2	6,6
	Blijvend grasland	113	59,2	767,2	129,5	149,0	97,0	65,1	4,8	28,2
	Bos	128	43,3	556,2	148,3	162,8	84,8	52,1	2,3	7,2
	Natuur	123	13,0	768,0	120,1	140,9	107,9	76,6	3,3	14,5
	Ruimtebeslag tuinen	25	64,6	247,8	138,2	139,2	45,8	32,9	0,5	0,1
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	73,2	178,5	135,2	134,5	31,3	23,3	-0,5	-0,2
	Ruimtebeslag bermen	6	94,6	336,0	170,3	185,7	95,4	51,4	0,7	-0,7
	Ruimtebeslag overige	43	61,2	868,3	110,5	148,1	125,5	84,8	4,8	26,7



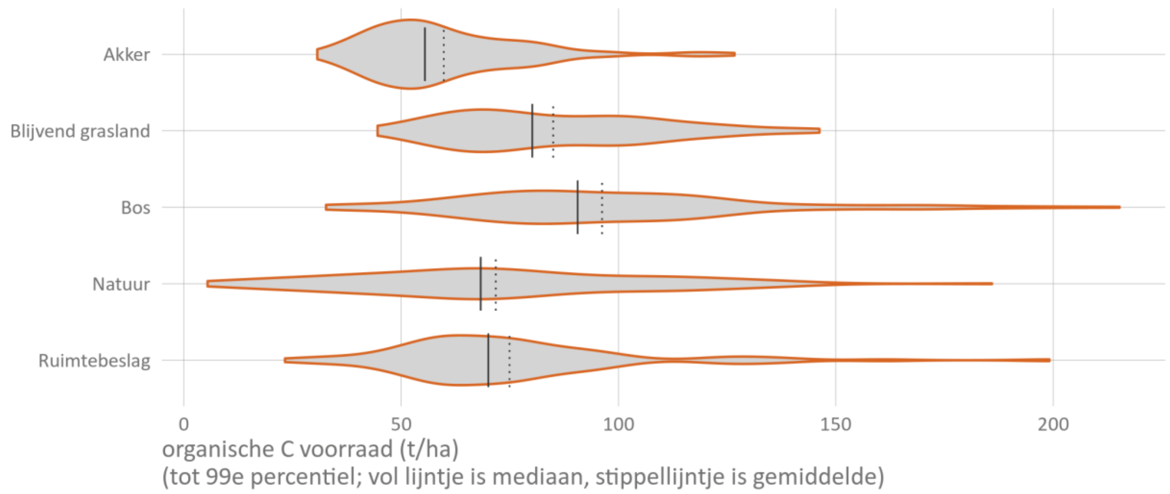
Figuur 30: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën



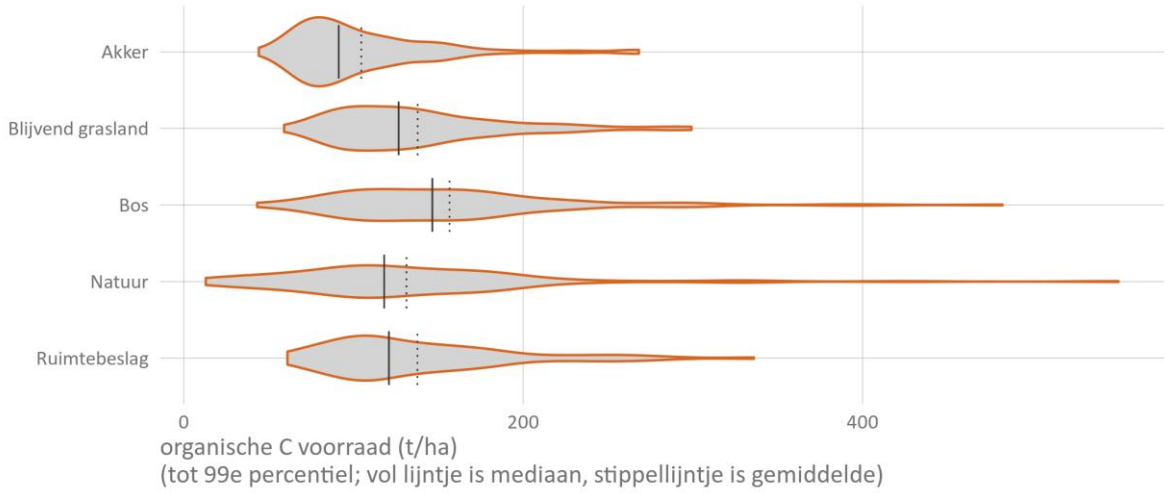
Figuur 31: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

9.9.2 Organische C stocks inclusief strooisellagen voor de Cmon-hoofdcategorieën landgebruik

Figuur 20 en Figuur 21 geven de organische C voorraden voor respectievelijk de 0-30 en 0-100 cm bodemlagen voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik.



Figuur 32: Organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik



Figuur 33: Organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik

Twee ANOVA's (alfa = 0.05) werden uitgevoerd met de organische C voorraad inclusief strooisellaag als afhankelijke variabele en Cmon-hoofdcategorie landgebruik als onafhankelijke variabele (Tabel 26). Bij de eerste analyse werd gekeken tot 30 cm; bij de andere tot 100 cm diepte.

Voor de organische C voorraden inclusief strooisellagen in de 0-30 cm bodemlaag zijn er vier statistisch significant verschillende groepen te onderscheiden in de Cmon-hoofdcategorieën: bos > blijvend grasland > ruimtebeslag en natuur > akkerland. De inclusie van de strooisellaag heeft dus tot effect dat de organische C voorraden in bos en blijvend grasland nu wel significant verschillend zijn in de 0-30 cm bodemlaag. In de 0-100 cm bodemlaag zijn de organische C voorraden inclusief strooisellagen (naar analogie van de C voorraden exclusief strooisellagen) enkel in akkerland statistisch verschillend van de andere Cmon-hoofdcategorieën.

Tabel 26: Gemiddelde organische C voorraden inclusief strooisellaag (t/ha) (standaardafwijking) voor de 0-30 cm en 0-100 cm bodemlaag voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën. Cellen met een zelfde letter binnen een kolom verschillen niet statistisch significant van elkaar met weergave voor beide bodemlagen van de statische parameters (df, F en p) van de F-test organische C voorraad (t/ha) in functie van de Cmon-hoofdcategorie.

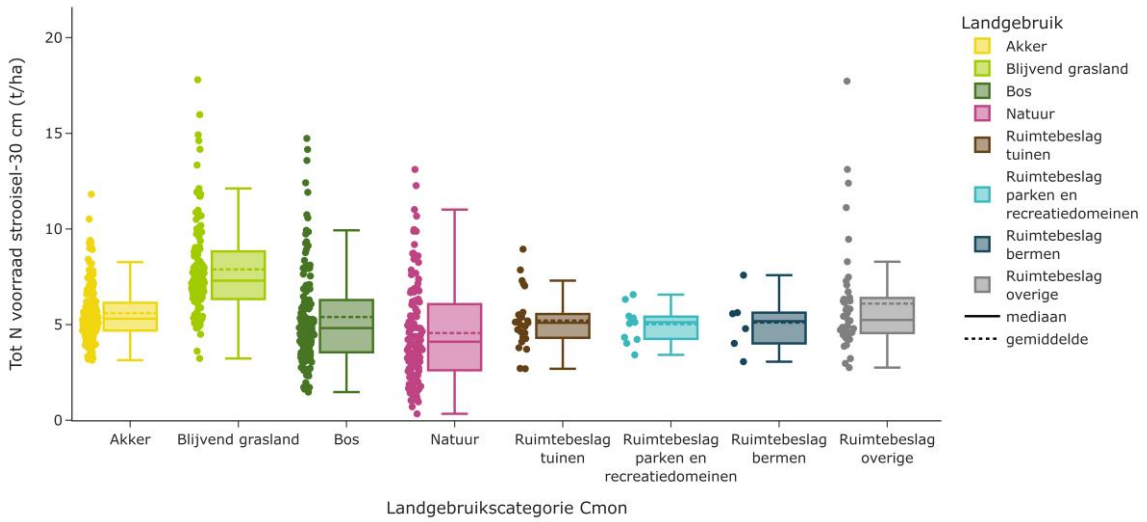
Landgebruikscategorie Cmon		**Org C voorraad inclusief strooisellaag (t/ha)**	
	Aantal	**0-30 cm**	**0-100 cm**
Akker	177	60.7^{A} (19.6)	107.4^{A} (49.6)
Blijvend grasland	113	86.3^{C} (25.4)	149.0^{B} (97.0)
Bos	128	98.4^{D} (37.7)	162.8^{B} (84.8)
Natuur	123	74.0^{B} (37.9)	140.9^{B} (107.9)
Ruimtebeslag	85	$76.6^{B, C}$ (31.9)	146.3^{B} (96.3)
Totaal	626	77.8 (33.4)	138.1 (88.2)
df		4,0	4,0
F		31.13	8.95
p		< .001	< .001

9.10TOTALE N STOCKS IN DE 0-30 CM EN 0-100 CM BODEMLAGEN INCLUSIEF STROOISELLAGEN

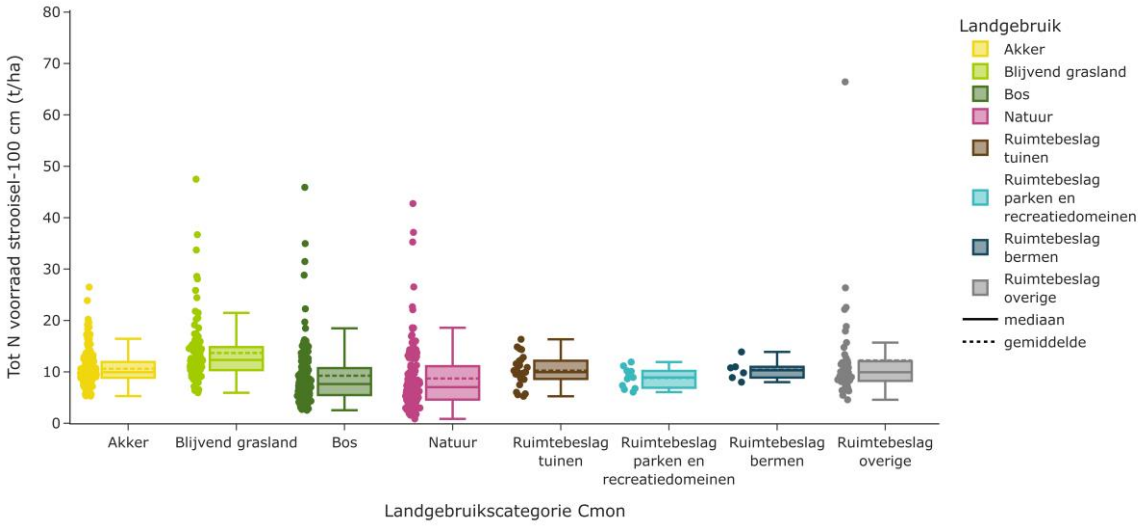
De totale N voorraden inclusief de strooisellagen geven dezelfde trends als de voorraden exclusief de strooisellaag (Tabel 27). Enkel de totale N voorraden van bos, natuur, en parken & recreatie verhogen met respectievelijk 0,43, 0,02 en 0,08 t N ha^{-1}.

Tabel 27: Totale N voorraden inclusief de strooisellaag voor de 0-30 cm bodemlaag en 0-100 cm bodemlaag voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

Diepte	Landgebruikscategorie Cmon		Tot N voorraad (t/ha)							
		Aantal	Min	Max	Mediaan	Gemiddelde	Stdev	Var (%)	Skewness	Kurtosis
Strooisel - 30 cm	Akker	177	3,14	11,81	5,31	5,60	1,44	25,72	1,29	2,37
	Blijvend grasland	113	3,23	17,80	7,30	7,89	2,53	32,09	1,36	2,55
	Bos	128	1,47	14,73	4,82	5,40	2,59	48,03	1,35	2,09
	Natuur	123	0,34	13,11	4,10	4,56	2,64	57,95	0,92	0,56
	Ruimtebeslag tuinen	25	2,69	8,94	5,09	5,21	1,49	28,67	0,69	0,64
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	3,42	6,57	5,12	5,02	0,96	19,05	0,02	-0,48
	Ruimtebeslag bermen	6	3,06	7,58	5,18	5,11	1,56	30,45	0,44	0,54
	Ruimtebeslag overige	43	2,75	17,73	5,24	6,10	2,87	47,13	2,30	6,26
Strooisel - 100 cm	Akker	177	5,29	26,49	9,93	10,61	3,24	30,53	1,72	4,76
	Blijvend grasland	113	5,94	47,49	12,31	13,67	6,02	44,04	2,77	10,67
	Bos	128	2,53	45,90	7,63	9,25	6,23	67,34	2,88	11,87
	Natuur	123	0,85	42,75	7,03	8,71	6,78	77,82	2,45	8,18
	Ruimtebeslag tuinen	25	5,25	16,34	9,94	10,23	2,98	29,14	0,14	-0,41
	Ruimtebeslag park & recreatie	11	6,06	11,92	8,92	8,83	1,95	22,12	0,03	-1,21
	Ruimtebeslag bermen	6	8,00	13,88	10,29	10,39	2,05	19,73	0,89	1,15
	Ruimtebeslag overige	43	4,57	66,42	9,93	12,22	9,65	78,98	4,50	24,30



Figuur 34: Totale N voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën



Figuur 35: Totale N voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag inclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën

9.11 EVALUATIE VARIATIEMATEN VAN DE CMON-VOORSTUDIE

Teneinde het aantal benodigde proefvlakken per landgebruik te kunnen inschatten om een 4‰ verandering in C voorraad te kunnen detecteren op 20 jaar werden in de methodologische voorstudie (Sleutel et al., 2021) varianties verzameld of berekend uit heel wat Vlaamse studies en databanken. Voor de meeste landgebruiken kon dit alleen bijeengebracht worden voor de koolstofvoorraden in de laag 0-30 cm.

Op basis van de eerste resultaten kunnen we dan ook de vastgestelde standaardafwijkingen van de 0-30 cm koolstofvoorraden vergelijken met de aangenomen waarden (Tabel 28). Als de vastgestelde afwijking kleiner is dan de vooropgestelde standaardafwijking dan zal het aantal geschatte proefvlakken wellicht volstaan om het beoogde minimum detecteerbare verschil (MDD) met voldoende statistische kracht aan te tonen. Is de variantie hoger dan verwacht, dan zal het aantal proefvlakken voor het gegeven landgebruik verhoogd moeten worden om het gewenste MDD te bereiken. Naarmate Cmon vordert, zullen we steeds beter de werkelijke varianties kunnen begroten en daarmee de termijn bepalen waarop significante wijzigingen in de koolstofvoorraden voor elk landgebruik effectief plaatsvinden.

Tabel 28: Huidig gemeten variatiematen t.o.v. veronderstelde variatiematen in de Cgar-studie (Sleutel et al., 2020; waarden aangeduid met (*)) en de Cmon-voorstudie (Sleutel et al., 2021) voor de organische C voorraden in de 0-30 cm bodemlaag)

	Org C voorraad (t/ha)							
	Sleutel et al. 2020 en 2021		Cmon – eerste resultaten					
	Gemiddelde (t/ha)	Stdev (t/ha)	Gemiddelde (t/ha)			Stdev (t/ha)		
			Rekenkundig	Bootstrapped	Bootsrapped 95% betrouwbaarheids-interval	Rekenkundig	Bootstrapped	Bootsrapped 95% betrouwbaarheids-interval
Akker	49,4 – 75,9	22,3 - 28,0	60,7	60,7	58,0 - 63,7	19,6	19,5	16,7 - 23,5
Blijvend grasland	62,9 - 90,3	18,1 – 39,6	86,3	86,3	81,9 - 91,2	25,4	25,5	22,5 - 29,1
Bos	87,1 – 120	37,5 – 74,1	87,8	87,8	81,9 - 94,9	37,0	36,7	30,8 - 46,4
Natuur	67 – 181	39,3 – 103	73,5	73,5	67,2 - 80,4	37,8	37,5	32,6 - 46,3
Ruimtebeslag	55 - 181	54,3 - 86,3	76,3	76,3	70,6 - 84,1	31,9	31,4	24,3 - 43,6
Ruimtebeslag tuinen (gazons en siertuinen)	66,7 - 77,0(*)	16,9 - 25,3(*)	73,0	73,0	64,8 - 81,1	21,2	20,6	16,6 - 28,6
Ruimtebeslag tuinen (moestuinen)	83,5 - 113,3(*)	26,0 - 39,0(*)						
Ruimtebeslag park & recreatie	73,3 -91,4(*)	25,7 - 38,6(*)	72,2	72,2	64,1 - 78,4	12,7	11,7	7,8 - 19,8
Ruimtebeslag bermen			86,0	86,2	61,1 - 154,1	55,8	43,5	5,9 - 78,3
Ruimtebeslag overige	-	-	78,0	78,0	68,9 - 91,0	36,6	35,6	26,9 - 53,9

Bca bootrapped = Bias Corrected and Adjusted (standaard correctie bij bootstrapping)

In de voorstudie werden gemiddelde organische C stocks en hun standaard afwijking (SD) bepaald voor diverse strata binnen elk landgebruik (bv. op basis van agro-pedologische regio, vochttrappen of natuurtypes). In Tabel 28 is dan ook het min-max bereik aangegeven, zowel voor het gemiddelde als de SD.

De waargenomen gemiddelde organische C voorraad voor **akkers** ligt perfect binnen de range van de voorstudie, maar de waargenomen SD ligt lager dan wat in de voorstudie ingeschat werd, hoewel het empirische 95% betrouwbaarheidsinterval op deze SD wel nog overlapt met de vooropgestelde SD range. Dit bevestigt de conclusie van vorig werkjaar, dat het ingeschatte aantal Cmon-monitoringplots uit de voorstudie hoogstwaarschijnlijk zal volstaan om significante evoluties in de C voorraad vast te stellen.

Voor **blijvend grasland** ligt de waargenomen gemiddelde organische C voorraad en de standaardafwijking ook binnen de aangenomen waarden in de voorstudie. Het gemiddelde ligt aan de bovengrens van het vooropgestelde bereik voor blijvend grasland.

Het huidig vastgestelde gemiddelde en ook de SD voor de 0-30 cm C voorraad in **bossen** ligt aan de ondergrens van het vooropgestelde bereik uit de voorstudie, maar hun betrouwbaarheids-intervallen overlappen ermee.

Ook voor **natuur** liggen gemiddelde en SD aan de ondergrens dan wat in de voorstudie werd ingeschat.

Nu er meer observaties zijn in **ruimtebeslag** en de subcategorieën kan beter geëvalueerd worden dan vorig werkjaar of de inschattingen uit de voorstudie van Sleutel et al. (2021) enigszins kloppen.

In de hoofdcategorie ruimtebeslag ligt het huidig vastgestelde gemiddelde van 76,3 t C/ha in de bovenste 30 cm binnen het vooropgestelde bereik van de voorstudie (55-181 t C/ha), dat uitermate breed was, terwijl de vooropgestelde SD van 54,3-86,3 t C/ha duidelijk te hoog werd

////////////

ingeschat. We meten immers op basis van 85 proefvlakken een SD van 31,4 t C/ha met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 24,3 tot 43,6 t C/ha. De algemene variatie werd in de voorstudie dus ruim overschat.

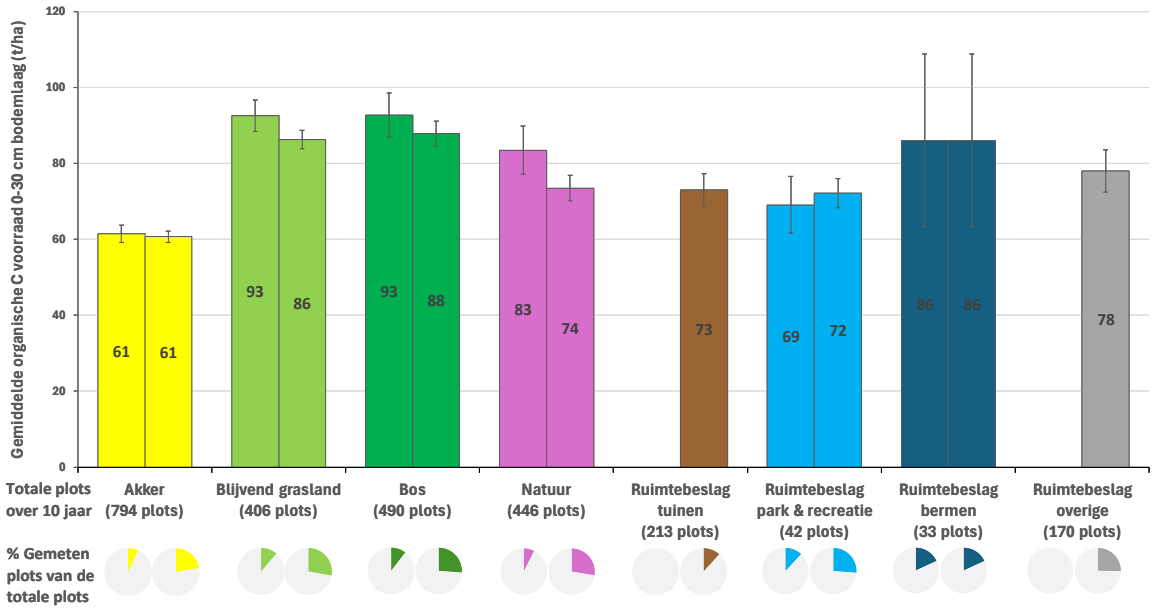
Voor de subcategorieën tuin, bermen en parken & recreatiedomeinen zijn de gemiddelde voorraden in lijn met de Cgar-studie (Sleutel et al. 2020). Voor tuinen meten we gemiddeld 73 t C/ha, terwijl uit de Cgar-studie gemeten C voorraden werden genoteerd voor gazons en siertuinen tussen 66.7 – 77.0 t C/ha en moestuinen 83.5 – 113.3 t C/ha. De Cmon-waarden liggen dus eerder binnen het bereik van gazons en siertuinen. Met een gemiddelde SD van 21,2 t C/ha (CI95: 16,6 - 28,6) voor tuinen bepaald binnen Cmon is deze SD niet significant verschillend van het betrouwbaarheidsinterval voor siertuinen (16.9 – 25.3 t C/ha) maar wel lager dan in de moestuinen (26.0 – 39.0 t C/ha) uit de Cgar-studie, hoewel voor deze laatste waarden hun betrouwbaarheidsintervallen overlappen en ook hier het verschil niet significant is. Dit is volkomen in de lijn met de vaststelling dat binnen de gemeten plots voor ruimtebeslag tuinen in Cmon maar 1 plot gedeeltelijk in een moestuin viel.

Uit de Cgar-studie bleek dat voor parken & recreatiedomeinen en bermen de gemiddelde voorraden in de bovenste 30 cm tussen de 73.3 – 91.4 t C/ha lagen. De meest actuele Cmon-schatting voor het gemiddelde bedraagt 72.2 t C/ha in parken & recreatiedomeinen en 86 t C/ha in bermen, wat dus aardig overeenkomt. De Cgar-studie rapporteerde voor SD een betrouwbaarheidsinterval van 25.7 – 38.6 t C/ha terwijl Cmon voor parken & recreatiedomeinen een veel lager betrouwbaarheidsinterval voor de SD van 7,8-19,8 aangeeft en voor bermen een hoger, nl. 5,9-78,3. Het aantal reeds gemeten observaties voor parken & recreatiedomeinen en bermen binnen Cmon is echter beperkt (n= 11 voor park en 6 voor berm) zodat hier meer observaties nodig zijn om robuuste betrouwbaarheidsintervallen te schatten en deze waarden goed te kunnen vergelijken.

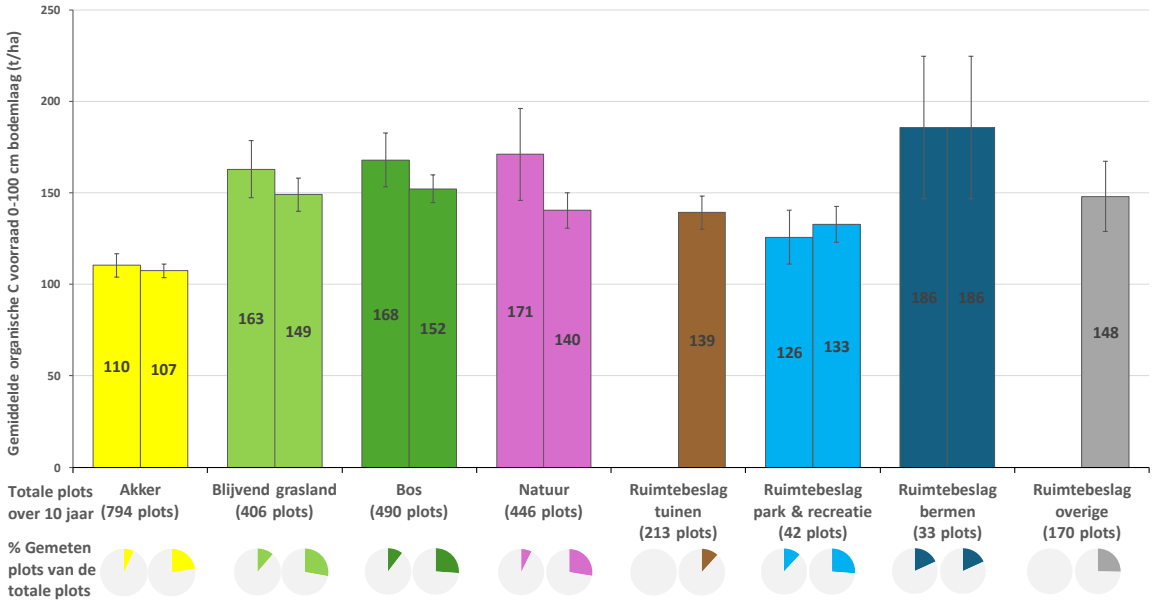
Algemeen kan uit deze evaluatie voorlopig besloten worden dat de voorstudie realistische varianties hanteerde en dat de waargenomen varianties eerder lager dan hoger zijn dan wat werd gebruikt voor het inschatten van het aantal benodigde proefvlakken.

9.12 ORGANISCHE C VOORRADEN DOORHEEN DE VERSCHILLENDE CMON-RAPPORTAGES

In Figuur 36 wordt de evolutie (Cmon-jaarrapport 2 links ten opzichte van Cmon-jaarrapport 3 rechts) van de gemiddelde organische C voorraden met hun respectievelijke standard of the mean weergegeven voor de 0-30 cm bodemlaag exclusief strooisellagen voor de verschillende Cmon-landgebruikscategorieën (ruimtebeslag tuinen en overige waren niet opgenomen in het Cmon-jaarrapport 2). Hierbij zien we zeer gelijkaardige gemiddelde organische C voorraden voor de 2 verschillende rapportages. De standard of the mean daalt per Cmon-landgebruikscategorie naarmate meer plots bemonsterd zijn. Hetzelfde is geldig voor de 0-100 cm bodemlaag (Figuur 37).



Figuur 36: Vergelijking van de gemiddelde organische C voorraden voor de 0-30 cm bodemlaag exclusief strooisellagen voor de Cmon-landgebruikscategorieën gerapporteerd in het Cmon-jaarrapport 2 en dit Cmon-jaarrapport met aanduiding van het % gemeten plots van de totale plots per landgebruikscategorie en de standard error of the mean.



Figuur 37: Vergelijking van de gemiddelde organische C voorraden voor de 0-100 cm bodemlaag exclusief strooisellagen voor de Cmon-landgebruikscategorieën gerapporteerd in het Cmon-jaarrapport 2 en dit Cmon-jaarrapport met aanduiding van het % gemeten plots van de totale plots per landgebruikscategorie en de standard error of the mean.

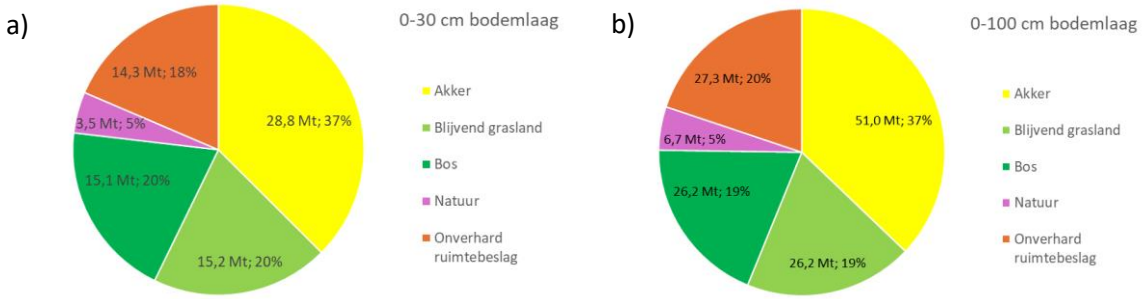
9.13 SCHATTING TOTALE ORGANISCHE C VOORRADEN PER LANDGEBRUIK

De oppervlaktes[2] (met hun respectievelijke percentage van de totale oppervlakte in Vlaanderen) van de 5 Cmon hoofdcategorieën landgebruik in Vlaanderen zijn: 475.129 ha akker (34,9%), 175.824 ha blijvend grasland (12,9%), 172.081 ha bos (12,6%), 47.949 ha natuur (3,5%) en 186.884 ha onverhard ruimtebeslag (13,7%). In Vlaanderen zijn er daarbuiten 157.158 ha verharde bodems (afgedekt) (11,5%), 41.365 ha water (3,0%) en 106.054 ha niet geclassificeerd landgebruik (7,8%). Op basis van deze oppervlakten (exclusief verhard , water en niet-geclassificeerd) en de gemiddelde organische C voorraden (t/ha) van de verschillende Cmon-hoofdcategorieën landgebruik werden de totale C voorraden (Mt) berekend voor de onverharde oppervlakte in Vlaanderen. De verharde oppervlakte werd dus niet meegenomen in de berekening van de organische C voorraden omdat we geen cijfers hebben van de gemiddelde organische C voorraden onder verharding.

In totaal zit er in het onverharde deel van Vlaanderen 77 Mt organische koolstof in de 0-30 cm bodemlaag en 137 Mt koolstof in de 0-100 cm bodemlaag. In de strooisellaag zit er 1,9 Mt.

Figuur 38 toont dat het grootste aandeel van deze totale organische C voorraden tot 100 cm diepte zit in akker (37%). Onverharde bodems onder ruimtebeslag (20%), blijvend grasland (19%) en bos (19%) hebben hetzelfde aandeel in de totale organische C voorraden in Vlaanderen. Natuur (5%) heeft duidelijk het kleinste aandeel in de totale organische C voorraden in Vlaanderen. De totale organische C voorraad in de 0-30 cm bodemlaag volgt dezelfde trends als de 0-100 cm bodemlaag.

Aanvullend zit er 1,8 Mt organische koolstof in de strooisellaag in bossen in Vlaanderen. Voor natuur en ruimtebeslag zit er slechts respectievelijk 0,03 en 0,04 Mt extra organische C in de strooisellaag en voor akker en blijvend grasland komen geen strooisellagen voor.

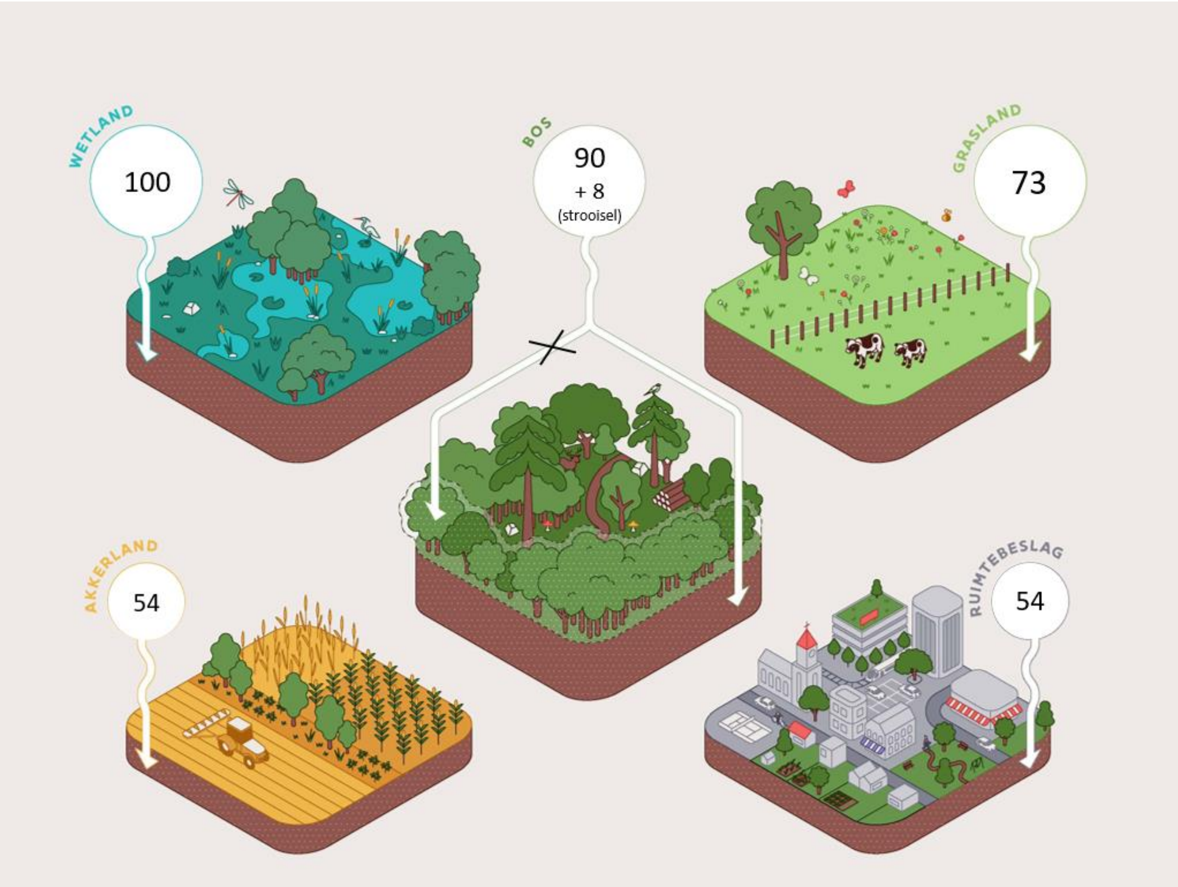


Figuur 38: Totale organische C voorraden (Mt) in de verschillende Cmon-hoofdcategorieën landgebruik voor a) de 0-30 cm bodemlaag en b) de 0-100 cm bodemlaag. Voor de categorie ruimtebeslag werd enkel het onverharde deel in rekening gebracht.

[2] Op basis van Landgebruiksbestand 2022 versie 3 (https://researchportal.be/nl/publicatie/landgebruik-en-ruimtebeslag-vlaanderen-toestand-2022) en Landgebruikspercelen versie 2023 - Definitief (Open geodata: landbouwgebruikspercelen | Landbouw & Visserij (vlaanderen.be))

9.14 VERGELIJKING MET BESTAANDE SCHATTINGEN VOOR ORGANISCHE C VOORRADEN IN LULUCF

Bij vergelijking van de voor het jaar 2022 geschatte organische C voorraden voor de LULCUF-klassen in de Belgische emissie-inventaris (Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL), 2024) (Figuur 39) met de voorlopige Cmon-resultaten (Tabel 17) voor de 0-30 cm bodemlaag zien we een goede overeenkomst van de voorraden in **bos**, namelijk 87,8 t C ha^{-1} (90 ton/ha in LULUCF) voor de minerale bodemlaag en 10,6 t C ha^{-1} (7,6 t/ha in LULUCF) voor de strooisellaag.



Figuur 39: Gemiddelde koolstofvoorraad (t C ha^{-1}) voor de verschillende LULUCF-klassen in de 0-30 cm bodemlaag inclusief strooisel voor bos opgenomen in de Belgische emissie-inventaris (Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL), 2024) *(2024 © departement Omgeving)*

Voor **blijvend grasland** (86,3 t ha^{-1}) is de vergelijking tussen Cmon en LULCUF moeilijker omdat grasland in de huidige Belgische LULUCF ook natuurgraslanden uit de Cmon-landgebruikscategorie natuur omvat en daarenboven ook graslanden uit de Cmon-landgebruikscategorie overige. In de Belgische LULUCF-rapportering wordt voor grasland een organische C voorraad van 74 t C ha^{-1} verondersteld.

Voor de categorie **akkerland** (60,7 t C ha^{-1}) duiden de voorlopige resultaten op een iets hogere C-voorraad dan gerapporteerd door LULUCF, nl. 54 t C ha^{-1}.

Voor de categorie **ruimtebeslag** suggereren de Cmon-resultaten voor de onverharde bodem een hogere organische voorraad namelijk gemiddeld 76,3 t C ha^{-1} in vergelijking met de geschatte 54 t C ha^{-1} in LULUCF. In LULUCF worden zowel de onverharde als de verharde bodem in ruimtebeslag beschouwd. IPCC (2006) stelt voor om aan te nemen dat 20% van de organische koolstofvoorraden uit het voorgaand landgebruik verloren gaat na afdekking. Op basis van de Cmon classificatie is 54% van de oppervlakte in ruimtebeslag onverhard en 46% verhard. Als we ruwweg beschouwen dat de verharde oppervlakte in ruimtebeslag oorspronkelijk afkomstig is van akkerland dan bekomen we op basis van de Cmon-data volgende gemiddelde organischekoolstofvoorraad voor ruimtebeslag (76,3 * 0, 46) + (0,8 * 60, 7 * 0,54) = 63,6 t C ha^{-1} wat bijna 10 t ha^{-1} hoger is dan tot nu toe in LULUCF geschat.

De laatste LULCUF categorie omvat **wetlands** met een geschatte voorraad van 100 ton C / ha in de 0-30 cm bodemlaag. In de 625 gemeten Cmon-plots werden 7 plots op het terrein aangeduid als wetland: 6 plots in natuur en 1 plot in bos met een gemeten gemiddelde organische C voorraad voor de 0-30 cm bodemlaag van 129,0 ton C/ha (stdev = 53,2, minimum = 63,9 en maximum = 221,3). Deze gemiddelde waarde is hoger dan de waarde voor wetland in de LULUCF schattingen (Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL), 2023) namelijk 100 t/ha. In de 0-100 cm bodemlaag is de gemiddelde organische C voorraad voor de Cmon-wetlands 345.9 t C/ha (stdev = 208,8, minimum = 136,7 en maximum = 673,7). Wanneer we echter de strikte definitie van wetland in LULUCF toepassen op de Cmon-data dan mogen we natte graslanden en natte bossen niet als wetland beschouwen omdat een LULUCF-wetland niet aan de LULUCF-definitie van een andere LULUCF-categorie mag voldoen. Van de 7 wetlands in Cmon zijn er 4 natte graslanden en 1 nat bos. Dit wil zeggen dat enkel nog 2 wetlands plots zouden overblijven met landgebruik moeras en struikgewas volgens de landgebruikskaart met respectievelijke organische C voorraden van 119,3 t/ha en 63,9 t/ha. Het gemiddelde van de organische C voorraden van die 2 Cmon-plots is slechts 91,6 t/ha wat dan weer minder is dan de LULUCF-schatting voor wetlands. Deze Cmon-waarde op basis van de strikte definitie van LULUCF is wel in lijn met de IPCC (2006) standaardwaarde 87 t C ha^{-1} voor wetlands in het klimaat 'Cold Temperate'.

10 COMMUNICATIE EN PUBLICATIE

De jaarrapporten, resultaten en protocollen zijn gepubliceerd op de officiële Cmon-website https://omgeving.vlaanderen.be/nl/klimaat-en-milieu/bodem-en-ondergrond/vlaamse-koolstofmonitoring-hoeveel-koolstof-zit-er-in-de-bodem .

Presentaties:

- Oorts Katrien en Amery Fien. 20 juni 2023. Monitoring of soil organic carbon in the Flemish Region. BESOLAN webinar. Soil organic carbon monitoring in the Brussels-Capital, Flanders and Walloon Region (Belgium and Luxembourg). https://www.fao.org/index.php?id=118461 en https://www.youtube.com/watch?v=Qa8PqNVEhlk
- Cmon-consortium. 29 Juni 2023. Webinar Twee jaar koolstofmonitoring van Vlaamse bodems: eerste resultaten. https://www.youtube.com/watch?v=LqUIslIMEK8
- Oorts Katrien, Luts Dries, De Vos Bruno, Fien Amery, Lettens Suzanna, D'Hose Tommy, Swerts Martine, Salomez Joost. The regional soil organic carbon monitoring network in Flanders (Belgium). Annual science days EJP SOIL, Vilnius, Lithania, 10-14 juni 2024.

Posters:

- Amery Fien, De Vos Bruno, Luts Dries, Lettens Suzanna, D'Hose Tommy, Swerts Martine, Salomez Joost, Oorts Katrien. Monitoring soil organic carbon in Flanders (Belgium): network set-up and first results. Wageningen Soil Conference, Wageningen, The Netherlands, 28 August - 1 September 2023.
- Oorts Katrien, Amery Fien, De Vos Bruno, Luts Dries, Lettens Suzanna, D'Hose Tommy, Salomez Joost, Swerts Martien. Eerste bodemstalen in de Geotheek. Vlaams bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon. Geotheek, Vilvoorde. 2023

Mijlpaal 14: Ontwerp werkplan en jaarrapport werkjaar 3 voor stuurgroep (31/5/2024)

⇨ Dit is verschoven naar eerste week september 2024 om dezelfde tijdslijn aan te houden als het derde jaarrapport

Deliverable 13: De jaarlijkse synthese van de werkzaamheden en de resultaten van het voorbije werkjaar, definitief Cmon-rapport werkjaar 3 (30/6/2024).

⇨ Dit is verschoven naar eerste week september 2024 opdat meer plots gerapporteerd konden worden over alle Cmon-landgebruikscategorieën.

Deliverable 14: Definitief Cmon-werkplan voor werkjaar 4 (2024-2025) (30/6/2024).

⇨ Dit is verschoven naar 30/9/2024

Mijlpaal 15: Een Cmon-communicatieplan is uitgewerkt. (15/12/2023)

⇨ Uitgesteld

11 CONCLUSIES

Voor het eerst in 50 jaar beschikken we voor Vlaanderen over onafhankelijke resultaten van organische C voorraden over alle landgebruiken heen (akkerland, blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag). Belangrijk hierbij is dat tijdelijk grasland behoort tot het landgebruik akkerland en dat natuur staat voor hoofdzakelijk open natuur.

De resultaten van deze derde rapportage van het koolstofmonitoringnetwerk Cmon zijn gebaseerd op 6 tot 177 plots per Cmon-landgebruikscategorie en 85 – 177 plots voor de 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik en leiden tot de volgende conclusies:

- De organische C voorraad in de 0-30 cm bodemlaag zonder strooisel is statisch significant het laagst in akker. De voorraad in ruimtebeslag is niet statistisch verschillend van bos, blijvend grasland en natuur maar bos en blijvend grasland hebben wel een significant hogere voorraad dan natuur.
- In de 0-30 cm inclusief strooisel heeft bos de hoogste organische C voorraden ten op zicht van de andere Cmon-hoofdcategorieën landgebruik.
- De organische C voorraad in de 0-100 cm bodemlaag (zowel zonder als met strooisel) verschilt niet statisch significant tussen bos, blijvend grasland, natuur en ruimtebeslag. Akker heeft wel statisch significante lagere organische C voorraden in de 0-100 cm bodemlaag.
- De variabiliteit (variantie) van de organische C voorraad is het hoogste onder natuur en het laagste onder akker.
- De categorie ruimtebeslag bevat nog maar 25 tuinen, 11 parken & recreatie, 6 bermen en 43 overige. De organische C voorraad in de 0-100 cm zonder strooisel binnen ruimtebeslag toont als eerste tendens de volgende stijgende trend : parken & recreatiedomeinen < tuinen < overige < bermen.
- De 30-100 cm laag bevat een belangrijk aandeel van de totale organische C voorraad in de 0-100 cm. Internationale koolstofmonitoring, LULUCF en vele studies beperken zich vaak tot de oppervlakkige bodemlagen (bv. Europese LUCAS monitoring beperkt tot 0-30 cm, voorheen zelfs 0-20 cm) waardoor de totale voorraden sterk onderschat worden. In Cmon varieerde het aandeel van de 30-100 cm bodemlaag tussen de 37 en de 51% procent voor alle Cmon-landgebruikscategorieën
- Er werden niet enkel strooisellagen gemeten in bossen, maar ook in natuur en ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen. Doordat niet in alle plots van deze landgebruiken permanente strooisellagen aanwezig waren, is het aandeel van de strooisellaag in de totale organische C voorraad beperkt. Door het in rekening brengen van de strooisellaag wordt de gemiddelde 0-100 cm organische C voorraad verhoogd met respectievelijk 7,0 %, 0,4 % en 1,3 % in bossen, natuur en ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen. De variatie in C voorraden in de strooisellaag is weliswaar zeer hoog.
- De waargenomen varianties van zowel de 0-30 cm als 0-100 cm koolstofvoorraden binnen elk landgebruik liggen binnen het bereik van de vooropgestelde varianties van de voorstudie voor het koolstofmonitoringnetwerk, waardoor het aantal te bemonsteren Cmon-proefvlakken wellicht redelijk correct is ingeschat.

- Op basis van de Cmon-metingen wordt geschat dat er in de onverharde bodems in Vlaanderen 77 Mt organische koolstof in de 0-30 cm bodemlaag en 137 Mt koolstof in de 0-100 cm bodemlaag zit. In de strooisellaag is dit 1,9 Mt. Het grootste aandeel van de organische C voorraden in de 0-100 cm bodemlaag van onverharde bodems zit in akker (37%). De bodems onder bos, blijvend grasland en onverhard ruimtebeslag bevatten gelijkaardige hoeveelheden organische C voorraden (± 20% van organische C voorraden in Vlaanderen). Onder natuur bevindt zich 5% van de organische C voorraden.

REFERENTIES

Agentschap Digitaal Vlaanderen. 2022a. “Grootschalig Referentiebestand (GRB).” https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/7C823055-7BBF-4D62-B55E-F85C30D53162 (May 24, 2023).

Agentschap Digitaal Vlaanderen. 2022b. “Wegenregister.” https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/7863e3fa-63c2-4b08-9923-8990a6ad93d2 (May 24, 2023).

Agentschap Digitaal Vlaanderen. 2023. “Orthofotomozaïek, middenschalig, winteropnamen, kleur, meest recent, Vlaanderen, 2022.02.” https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/f5304d6d-0dd4-43fd-a726-427af31e8d61 (May 24, 2023).

Belgian interregional Environment Agency (CELINE-IRCEL). 2024. *Belgium’s Greenhouse Gas Inventory (1990-2022) National Inventory Report Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Brussel. https://klimaat.be/doc/nir-2024.pdf

Departement Landbouw en Visserij. 2022. "Landbouwgebruikspercelen LV, 2021" https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/d869db4a-73f4-470e-b5ca-a0f7cd3ab585 (Jully 21, 2024)

Departement Landbouw en Visserij. 2023. "Landbouwgebruikspercelen LV, 2022" https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/ae94435d-1ffb-451b-9c8b-d7e8c2d42dc2 (Jully 21, 2024)

Departement Omgeving. 2021. Landgebruiksbestand Vlaanderen - Toestand 2019 versie 2. https://researchportal.be/nl/publicatie/landgebruik-en-ruimtebeslag-vlaanderen-toestand-2019 (May 26,2023).

Departement Omgeving. 2023. Landgebruiksbestand Vlaanderen - Toestand 2022 versie 3. https://researchportal.be/nl/publicatie/landgebruik-en-ruimtebeslag-vlaanderen-toestand-2022 (May 26, 2023).)

Eggleston S. et al. 2006. “Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Us.” In *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Japan: IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html (May 23, 2023).

IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kanagawa, Japan.

Oorts K., Amery F., Lettens S., D’Hose T., De Vos B., Luts D., Salomez J., Ruysschaert G., Swerts M. 2022. Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon - jaarrapport werkjaar 1 (1 juli 2021 – 30 juni2022). Vlaams Planbureau voor Omgeving, Brussel. https://archief.algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/814364/Cmon_jaarrapport_2021_2022_werkjaar1.pdf

Oorts K., Amery F., Lettens S., D’Hose T., De Vos B., Luts D., Salomez J., Swerts M. 2023.Bodemkoolstofmonitoringnetwerk Cmon - jaarrapport werkjaar 2 (1 juli 2022 – 30 juni 2023). Vlaams Planbureau voor Omgeving, Brussel. https://archief.algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/915022/Cmon_jaarrapport_2_2022-2023.pdf

Poelmans L., Janssen L., Hambsch L. 2021. *Landgebruik En Ruimtebeslag in Vlaanderen, Toestand 2019, Uitgevoerd in Opdracht van Het Vlaams Planbureau Voor Omgeving*. Brussel.

Rabot E., Saby N., Martin P., Barré P., Chenu C., Cousin I., Arrouays D., Angers D., Bipo A. 2024. Relevance of the organic carbon to clay ratio as a national soil health indicator. Geoderma, 443 (2024), https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116829.

////////////

Sleutel S., D'Hose T., Ruysschaert G., Lettens S., De Vos B. 2. 2020. *Monitoring van Het Organische Koolstofgehalte in Vlaamse Bodems in Openbaar Domein En Particulieren Tuinen.* Vlaams Planbureau voor Omgeving.

Sleutel S., D'Hose T., Lettens S., Ruysschaert G., De Vos B. 2021. *Actualisatie En Verfijning van de Onderbouwing van Een Methodiek Voor de Systematische Monitoring van Koolstofvoorraden in de Bodem*. Brussel: Vlaams Planbureau voor Omgeving, Departement Omgeving. https://researchportal.be/nl/publicatie/actualisatie-en-verfijning-van-de-onderbouwing-van-een-methodiek-voor-de-systematische (May 23, 2023).

Van den Berg, M., Messens, F., Debusscher, B., Henkens, S. en Van de Moortel, I. (2023). Actualisatie van de drainageklasse van de bodemkaart door koppeling van grondwaterstatistieken aan de bodemkaart. Studie in opdracht van het departement Omgeving, afdeling Vlaams Planbureau voor Omgeving. 111 pp. https://researchportal.be/nl/publicatie/actualisatie-van-de-drainageklasse-van-de-bodemkaart-door-koppeling-van

Vlaamse Milieumaatschappij. 2022. "Vlaamse Hydrografische Atlas - Waterlopen, 3 maart 2022." https://metadata.vlaanderen.be/srv/dut/catalog.search#/metadata/6be4cc4d-d083-42f0-9b9d-a8d9cc96d3fb (May 24, 2023).

//////////////

BIJLAGE 1: DEFINITIES CMON-LANDGEBRUIKSCATEGORIEËN

Binnen het koolstofmonitoringproject Cmon worden 5 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik onderscheiden, namelijk akker, blijvend grasland, bos, natuur en ruimtebeslag. Ruimtebeslag wordt verder opgedeeld in ruimtebeslag tuinen, ruimtebeslag parken & recreatiedomeinen, ruimtebeslag bermen en ruimtebeslag overige welke samen met de 4 Cmon-hoofdcategorieën landgebruik akker, blijvend grasland, bos en natuur de 8 Cmon-landgebruikscategoriën vormen. Daarnaast worden ook de landgebruiken 'afgedekt', 'water' en 'geen categorie' gedefinieerd, maar hier worden geen stalen genomen.

In het project worden de stalen genomen op GRTS-locaties (plots van 10x10m²). Deze locaties krijgen een Cmon-landgebruikscategorie toegewezen op basis van de meest recente versie en meest recente toestand van het landgebruiksbestand niveau 1 en 2 en daarnaast ook de meest recente versie van de landbouwgebruikspercelen. Voor de eerste 3 werkjaren is versie 2, toestand 2019 van het landgebruiksbestand gebruikt (Poelmans et al., 2021). Voor werkjaar 1 en 2 zijn de landbouwgebruikspercelen van 2021 gebruikt en voor werkjaar 3 is er overgeschakeld naar de landbouwgebruikspercelen van 2022. Elke rastercel uit het landgebruiksbestand wordt toegewezen aan een Cmon-landgebruikscategorie. Deze werkwijze wordt verder toegelicht in de 'Procedure classificatie van de GRTS-punten' die beschikbaar is onder werkdocumenten op de webpagina van het Vlaamse koolstofmonitoringsnetwerk.

Voordat de staalnemers op terrein gaan, kijken ze op de orthofoto's of het werkelijke landgebruik van de locatie overeenkomt met de toegewezen Cmon-landgebruikscategorie obv het landgebruiksbestand. Enkel indien dit het geval is, gaat de staalname door. Wanneer de staalnemers aankomen op een locatie, en het landgebruik blijkt uiteindelijk toch niet het verwachte landgebruik te zijn, dan wordt deze locatie niet bemonsterd. Om deze beslissing te kunnen nemen, is een heldere definitie van elke Cmon-landgebruikscategorie nodig. De definities die hiervoor gebruikt worden zijn opgelijst in dit document.

BLIJVEND GRASLAND

Minimaal 5 jaar geregistreerd als grasland in de meest recente versie van de verzamelaanvraag . Deze gegevens worden jaarlijkst gepubliceerd door het Agentschap landbouw en zeevisserij als onderdeel van de landbouwgebruikspercelen.

AKKER

Alle percelen die geen blijvend grasland zijn zoals geregistreerd in de meest recente versie van de verzamelaanvraag. Deze gegevens worden jaarlijkst gepubliceerd door het Agentschap landbouw en zeevisserij als onderdeel van de landbouwgebruikspercelen.

BOS
Elk perceel waarvan bomen het hoofdbestanddeel uitmaken en waar een boseigen fauna en flora aanwezig is (definitie bos zoals in art.3 van het Vlaamse Bosdecreet).

Zijn wel bos:

- Kapvlakte,
- boswegen,
- open plekken in het bos (max. 0,5 ha)
- Delen van een tuin die met bomen bezet zijn bijvoorbeeld als restanten van een voorheen groter bos

Zijn geen bos:

- Kerstboomaanplantingen van maximaal 4m hoog,
- boomkwekerijen,
- korte omloop hout,
- Agroforestry,
- Percelen met bomen die ver uit elkaar staan, met een bedekkingsgraad van <50%. De bedekkingsgraad is de verhouding van de totale oppervlakte van alle kroonprojecties ten opzichte van de totale perceelsoppervlakte.
- Hoogstam en laagstam boomgaard (respectievelijk ingedeeld als blijvend grasland en akker)

NATUUR
Alle percelen die niet onder de vorige categorieën vallen, en die extensief beheerd worden.

Zijn wel natuur:

- Struwelen met enkel houtachtige struikvegetaties en geen bomen. Voorbeelden zijn: gagelstruweel, vochtig wilgenstruweel op venige of zure grond, zuur duinbos, duindoornstruweel, brem- en gaspeldoornstruweel, doornstruweel, spontaan struweel van allerlei aard, vochtig, meso- tot eutroof wilgenstruweel, …
- Heide
- Grasland dat niet in de verzamelaanvraag voorkomt (zie de landbouwgebruikspercelen gepubliceerd door Agentschap landbouw en zeevisserij). Uitzondering is mogelijk indien het gebruik in de verzamelaanvraag 'natuurlijke begrazing' is. In sommige gevallen gaat het over hp grasland in de BWK, met aanduiding 'waardevol'.
- Percelen met bomen met een bedekkingsgraad van <50% en in sommige gevallen >50%. Deze laatste worden op het landgebebruiksbestand ingekleurd als ruigte en struweel, maar in werkelijkheid zijn dit toch bomen. We hebben beslist om in deze gevallen terug te vallen op het landgebruik in het landgebruiksbestand omdat heel wat natuur in de natuurlijke situatie naar een bos evolueert en we vrezen een veel voorkomende toestand van de natuur niet in de bemonstering op te nemen als we deze al als bos zouden beschouwen.

//////////////

RUIMTEBESLAG TUINEN
Percelen die aansluiten bij bebouwing en geen akker of blijvend grasland zijn.
Er wordt bemonsterd in alle delen van de tuin, dus zowel in moestuin, gazon als in siertuin.

In sommige gevallen ligt het staalnamepunt in een bebost of meer natuurlijk deel van een tuin. In dat geval kan deze aanzien worden als tuin. Net als bij het onderscheid tussen bos en natuur, vallen we in dit geval terug op het landgebruik uit het landgebruiksbestand om te beslissen of we dergelijke delen indelen bij bos, natuur of bij tuin.

RUIMTEBESLAG PARKEN & RECREATIEDOMEINEN
Publieke parken, privéparken (bij huizen, kastelen, feestzalen, scholen, universiteiten, kerken, publieke gebouwen,..), recreatiedomeinen, sportvelden, voetbalterreinen, golfterreinen, plantentuinen, arboreta, campings.

In sommige gevallen ligt het staalnamepunt in een bebost deel van een park of recreatiedomein. In dat geval wordt deze aanzien als parken & recreatiedomeinen.

RUIMTEBESLAG BERMEN
Alle terreinen die bestaan uit zowel vlakke als hellende overgangszones tussen de eigenlijke weginfrastructuur en andere gebruiksterreinen (definitie Bermbesluit). Ook de stroken tussen verschillende rijbanen en de taluds langs waterlopen en spoorwegen worden als bermen beschouwd.

Bermen kunnen (lijn)aanplantingen van bomen, struiken of sierplanten bevatten.

Specifiek voor Cmon dient een bemonsterbare wegberm een minimale breedte van 2m te hebben, exclusief voorkomende grachten. De bemonsterbare oppervlakte moet ten minste 20m² zijn.

RUIMTEBESLAG OVERIGE
Percelen die aansluiten bij bebouwing en geen akker of blijvend grasland zijn. Bevat overwegend niet-geregistreerde landbouw, hobby-boerderij dieren, verwaarloosde grasveldjes, bosjes, etc.

BIJLAGE 2: GANTT-CHART UIT WERKPLAN WERKJAAR 3 (1 JULI 2023 – 30 JUNI 2024)

Taken 2023-2024	juli	aug	sept	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli
GDPR/Open data/Open science													
Opvragen eigenaarsgegevens via MyMinFin/MAGDA					M3								
Beslissing omtrent voorwaarden openbaar maken van data				M6									
Aanleveren XY-coördinaten voor werkjaar 2 aan Dept. L&V							M4						
Staalname													
GRTS locaties analyse in landgebruik natuur en in landgebruik ruimtebeslag			M1										
Controle blijvend grasland								M2					
Uitwerken staalnamemethodiek stenige bodems				M7									
Update en versiebeheer staalnameprotocol				D1							D2		
Contacteren eigenaars													M5
Effectieve staalnames												M8	
Opleiding					M9								
Analyse													
Update en versiebeheer protocol staalvoorbereiding en analyse											D3		
Onderlinge kwaliteitscontrole											D4		
Effectieve analyse stalen										M11			
Kwantitatieve analyse met beeldmicroscoop van alle zeefreststalen										M10			
Aanpak landgebruiksveranderingen					M12								
Doorstroming naar DOV	D5, D6								D9	D7, D8			
Doorstroming naar geotheek				D10									D11
Schaduwmeetnet				D12								M13	
Dataverwerking, interpretatie, rapportering, doorstroming											M14	D13, D14	
Communicatie						M15							