



Vlaanderen
is wetenschap

Landbouwkundige en ecotoxicologische performantie van alternatieve gewassen in het gecontroleerd overstromingsgebied Tielrodebroek

Eindrapport

Suzanna Lettens, Bruno De Vos

INSTITUUT
NATUUR- EN BOSONDERZOEK

Auteurs:

Suzanna Lettens, Bruno De Vos
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

Reviewers:

Piet Thys

Het INBO is het onafhankelijk onderzoeksinstituut van de Vlaamse overheid dat via toegepast wetenschappelijk onderzoek, data- en kennisontsluiting het biodiversiteitsbeleid en -beheer onderbouwt en evalueert.

Vestiging:

Herman Teirlinckgebouw
INBO Brussel
Havenlaan 88, 1000 Brussel
vlaanderen.be/inbo

e-mail:

suzanna.lettens@inbo.be

Wijze van citeren:

Lettens S. & De Vos B. (2025). Landbouwkundige en ecotoxicologische performantie van alternatieve gewassen in het gecontroleerd overstromingsgebied Tielrodebroek. Eindrapport. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (17). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
DOI: doi.org/10.21436/inbor.122867754

D/2025/3241/154

Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2025 (17)

ISSN: 1782-9054

Verantwoordelijke uitgever:

Hilde Eggermont

Foto cover:

De proefaanplanting in 2018, met mais, Miscanthus en wilg in beeld.

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van:

De Vlaamse Waterweg nv, Afdeling Regio Centraal
Anna Bijnsgebouw, Lange Kievitstraat 111-113 (bus 44), 2018 Antwerpen
www.vlaamsewaterweg.be



Dit werk valt onder een [Creative Commons Naamsvermelding-GelijkDelen 4.0 Internationaal](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)-licentie.

LANDBOUWKUNDIGE EN ECOTOXICOLOGISCHE
PERFORMANTIE VAN ALTERNATIEVE GEWASSEN
IN HET GECONTROLEERD
OVERSTROMINGSGEBIED TIELRODEBROEK
Eindrapport

Lettens Suzanna, De Vos Bruno

doi.org/10.21436/inbor.122867754

Samenvatting

In het gecontroleerd overstromingsgebied Tielrodebroek legde het INBO een 6-jarige proef aan om twee klassieke landbouwteelten mais en hooiland te vergelijken met twee alternatieve teelten wilg en Miscanthus. In dergelijke overstromingsgebieden kunnen er door herhaalde overstroming met verontreinigd rivierwater in de bodem verhoogde concentraties zware metalen accumuleren, die opgenomen kunnen worden door de voedergewassen en zo in de voedselketen terechtkomen. Bio-energiegewassen of gewassen voor de teelt van vezels kunnen in deze gebieden een alternatief bieden voor de klassieke landbouwteelten. Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van De Vlaamse Waterweg nv.

We vergeleken de opbrengst van de vier teelten, en volgden de impact van overstromingen op de groei op. Naast de biomassaproductie werd ook de opname van zware metalen in de bladeren van alle teelten en in het hout en de schors van de wilgen opgevolgd, net als de effecten op het bodemleven (regenwormen, microbieel leven). Tenslotte werd de verontreinigingsgraad van het afgezette sediment tijdens overstromingen en de hoeveelheid sediment gemeten.

De gemiddelde jaarlijkse biomassaopbrengst was het hoogst voor mais en de wilgen. In de 2 laatste jaren kende de mais wel enkele tegenslagen wegens vraat door vogels en ree, wat de productie sterk verlaagd heeft. Gras en *Miscanthus* hadden een lagere productie, waarbij de productie van *Miscanthus* stabiel was. Deze van gras daalde in de droge jaren.

Metingen op individuele scheuten van de wilgen wezen uit dat op basis van de diameter van de stam, de geproduceerde verse biomassa nauwkeurig kon ingeschat worden. Dit kan de meetinspanning aanzienlijk verminderen ten opzichte van de methode die we hier gebruikten, namelijk alle biomassa oogsten, verhakselen en afwegen op een weegbrug.

Geen enkele teelt, noch de alternatieve noch de klassieke, had hinder van de overstromingen. Tijdens de jaren van de proef vonden de overstromingen steeds buiten het groeiseizoen plaats en bovendien waren ze ook weinig intens. Het is uiteraard niet uitgesloten dat in de toekomst overstromingen met hoger debiet of in een ander seizoen plaatsvinden, die op dat moment wel schade kunnen veroorzaken.

Analyse van de regenwormen binnen het overstromingsgebied en op andere locaties toonde aan dat de hogere bodemconcentraties ook leiden tot hogere lichaamsconcentraties in de regenwormen, wat wijst op een ecotoxicologisch risico. Voor cadmium waren er indicaties dat regenwormen meer zware metalen opnemen onder boomsoorten met hogere bladconcentraties. De microbiële organismen profiteerden van de klei- en voedselrijke bodems. De functionele diversiteit werd niet negatief beïnvloed door de aanwezige polluenten. Er werden ook geen verschillen gevonden tussen de teelten voor functionele microbiële diversiteit.

Bodemanalyses toonden aan dat wilg, gras en Miscanthus gelijkaardige hoeveelheden organische koolstof opslaan in de bodem. Enkel mais sloeg minder koolstof op in de bodem dan de andere teelten, maar de verschillen binnen de korte tijdreeks waren klein.

De kwaliteit van het tijdens de overstroming afgezette sediment was relatief goed. Er zal dus geen verslechtering van de bodemkwaliteit optreden bij slibafzet, aangezien het slib properder is dan de bovenste bodemlaag. De hoeveelheid slib varieerde bij een 'volwaardige' overstroming (dit wil zeggen dat het volledige proefvlak onder water stond) tussen de 5 en 10 ton droge stof per ha.

Aanbevelingen voor beheer en/of beleid

De hoofddoelstelling van de proefopzet in het focusgebied was alternatieve teelten evalueren ten opzichte van de klassieke landbouwteelten. Om deze evaluatie te kunnen doen, worden 5 aspecten van de teelten onderzocht, namelijk:

- (1) de aanwezigheid van polluenten in de bladeren en het hout/de schors
- (2) de totale jaarlijkse biomassaproductie en de mogelijke impact van overstromingen
- (3) de input naar landbouwbewerkingen en chemische stoffen
- (4) de koolstofopslag in de bodem
- (5) het ecotoxicologisch risico voor de microbiële diversiteit en voor invertebraten.

Uit de resultaten blijkt dat de klassieke teelten veel meststoffen en herbiciden nodig hebben. Dit kan leiden tot allerlei schadelijke effecten, zoals uitspoeling, eutrofiëring, een beperkter bodemleven, etc. Bovendien waren deze teelten ook gevoeliger voor schade door dieren en/of voor droogte.

De wilgen hadden van deze minpunten geen last, ze zijn een extensieve en robuuste teelt met hoge productie van biomassa. Het nadeel van de wilgen vanuit ecotoxicologisch standpunt was de opname van zware metalen in de bladeren en de schors. Dit houdt risico's in voor de ecologische voedselketen, gaande van organismen die zich voeden met bladeren, zoals bodemorganismen, bladhaantjes, konijnen, ree of vogels, tot de predatoren van deze planteneters. Het voordeel van wilgen was dat het een inheemse boomsoort is, die de biodiversiteit ten goede komt. Vanuit INBO raden wij de aanleg van wilgen aan bij milde bodemverontreiniging met zware metalen, zoals waarden onder de Vlarebo bodemsaneringsnorm type I.

Miscanthus was ook een robuuste en extensieve teelt, die bovendien vrij vlot inpasbaar is in de gangbare bedrijfsvoering van de landbouwers. De teelt nam zo goed als geen zware metalen op uit de bodem en dus was het risico op verspreiding van zware metalen gering. Er bestaat wel een ander ecologisch risico, namelijk het risico op invasiviteit, want het is een exoot. De biodiversiteit geassocieerd aan Miscanthus zal ook lager zijn dan bij de wilgen. Op basis van de 5 onderzochte aspecten is Miscanthus ook een interessante soort om aan te planten als alternatieve teelt. Voorwaarde is wel dat nauwlettend in de gaten gehouden wordt dat enkel steriele variëteiten aangeplant worden.

English abstract

In the controlled flooding area Tielrodebroek, INBO established a 6-year trial to compare two classical agricultural crops, maize and permanent grassland, with two alternative crops, willow and Miscanthus. In such flooding zones, repeated flooding with contaminated river water can lead to increased concentrations of heavy metals accumulating in the soil, which can be taken up by feed crops and thus enter the food chain. Bioenergy crops or fibre crops can offer an alternative to classical agricultural crops in these areas. The research was commissioned and financed by De Vlaamse Waterweg nv.

We compared the yields of the four crops, and monitored the impact of flooding on growth. In addition to biomass production, the uptake of heavy metals in the leaves of all the crops and in the wood and bark of the willows was also tracked, along with the effects on soil life (earthworms, microbial life). Finally, the degree of contamination of the sediment deposited during flooding and the amount of sediment were measured.

The average annual biomass yield was highest for maize and willow. In the last two years, maize faced some setbacks due to damage from birds and deer, which significantly reduced production. Grass and *Miscanthus* had lower production, with *Miscanthus* maintaining stable production, while grass production declined in dry years.

Measurements on individual willow shoots indicated that, based on the diameter of the stem, the produced fresh biomass could be accurately estimated. This can significantly reduce the measurement effort compared to harvesting, shredding, and weighing large amounts of fresh biomass.

No crop, whether alternative or classical, experienced negative effects from the flooding. During the years of the trial, the floods always occurred outside the growing season and were also of low intensity. It is not excluded that in the future floods with higher flow rates or in another season could occur, potentially causing damage at that time.

Analysis of the earthworms within the floodplain and at other locations showed that higher soil concentrations lead to higher body concentrations in the earthworms, which points to an ecotoxicological risk. For cadmium, there were indications that earthworms take up more heavy metals under tree species with higher leaf concentrations. The microbial organisms benefited from the clay-rich and nutrient-rich soils, and the functional diversity was not negatively affected by the present pollutants. Furthermore, no differences were found between the crops for functional microbial diversity.

Soil analyses showed that willow, grass and *Miscanthus* stored similar amounts of organic carbon in the soil. Only maize stored less carbon in the soil than the other crops, but the differences within the short time frame were small.

The quality of the sediment deposited during the flooding was relatively good. There will be no deterioration of soil quality due to sedimentation, as the sediment is less polluted than the upper soil layer. The amount of sediment varied during a 'full-scale' flood (meaning that the entire test area was underwater) between 5 and 10 tons dry matter per hectare.

We conclude that both alternative crops were robust, achieved high biomass yields, required little input in terms of fertilizers and herbicides, and demanded little maintenance for the crops themselves.

A plus for Miscanthus was that this crop absorbs almost no heavy metals from the soil and can therefore be considered an very suitable species for phytostabilization. A downside of this crop is that it is an exotic species, so a sterile variety must always be planted to avoid spreading beyond the planting area.

The willows are native species but they did take up cadmium, zinc, and in some cases manganese from the soil. This led to increased concentrations in the leaves and bark. Therefore, willows are only suitable for areas with a low contamination level of heavy metals.

Inhoudstafel

Samenvatting	2
Aanbevelingen voor beheer en/of beleid	4
English abstract	5
Lijst van figuren	9
Lijst van foto's	10
Lijst van tabellen	10
1 Inleiding	11
2 Het focusgebied Tielrodebroek	12
2.1 Selectie van het focusgebied	12
2.2 Frequentie van overstromen in 1986-2014 voor Tielrodebroek	13
2.3 Normen en adviezen voor bemesting	15
2.4 Inrichting	16
2.4.1 Algemene opzet	16
2.4.1.1 Wilg	16
2.4.1.2 Miscanthus	17
2.4.1.3 Mais	17
2.4.1.4 Permanent grasland	17
2.4.2 Aanleg, onderhoud en oogst van de teelten	18
2.4.2.1 Voorbereiding perceel	18
2.4.2.2 Wilg	18
2.4.2.3 Miscanthus	18
2.4.2.4 Mais	18
2.4.2.5 Permanent grasland	19
2.4.2.6 Afbraak van de proef	19
3 Wetenschappelijke opvolging	22
3.1 Opbrengst- en Groeigegevens	22
3.2 Cyclus van nutriënten en zware metalen	23
3.2.1 Geroerde en ongeroerde bodemstaalname	23
3.2.2 Chemische analyses op geroerde bodemstalen	23
3.2.3 Fysische analyses op ongeroerde bodemstalen	24
3.2.4 Staalname van blad, hout en schors	25
3.2.5 Chemische analyses op de biomassastalen	25
3.3 Sedimentvallen	25
3.4 Bodemleven	26
3.5 Piëzometers	26

Lijst van figuren

1 INLEIDING

Het geactualiseerde Sigmaplan van 2006 (zoals goedgekeurd door de beslissingen van de Vlaamse Regering van 22/7/2005 en 28/4/2006) voorziet de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) langs de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Deze gebieden overstroomden door middel van een overloopdijk bij uitzonderlijke hoogwaterstanden. Van zodra de waterstand in de rivier daalt, stroomt het GOG via uitwateringssluizen geleidelijk aan terug leeg. Het doel van deze gebieden is het aftoppen van een stormtijgolf.

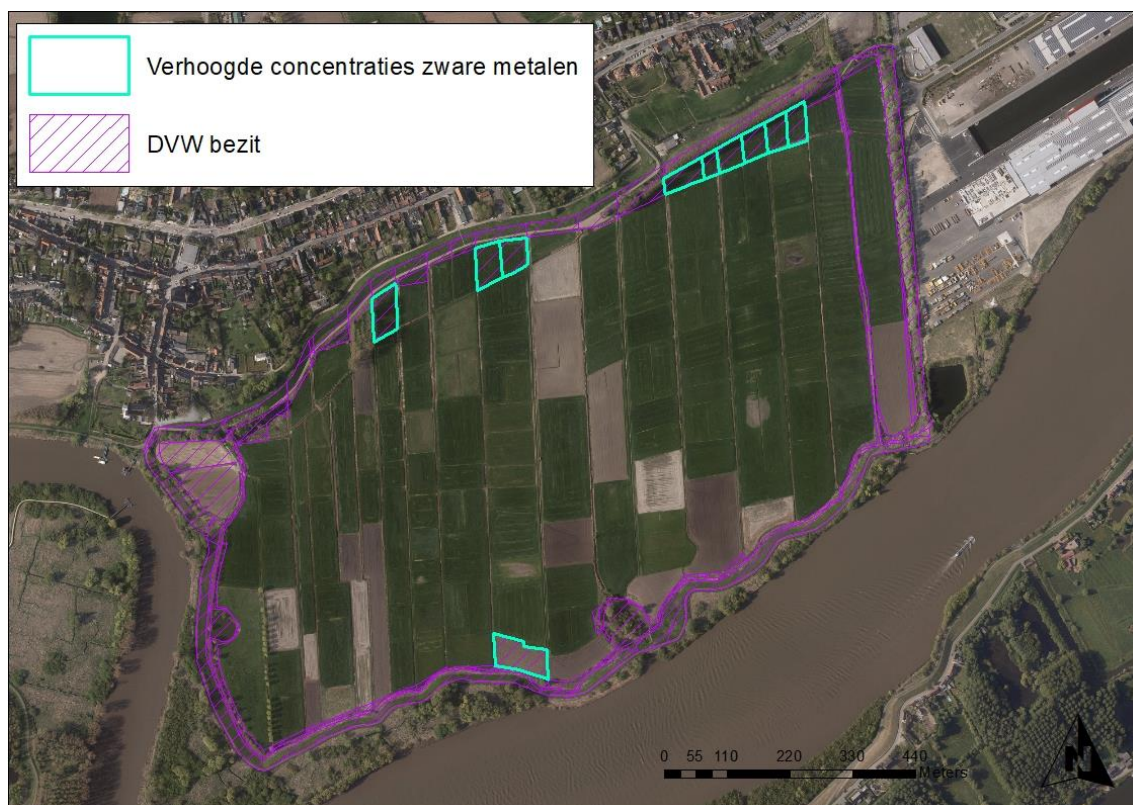
Een deel van deze gebieden wordt ingericht als gecontroleerd gereduceerd getijdengebied (GGG), wetland of ontpolderd gebied, maar er zijn ook gebieden waar de bestaande landbouwfuncties behouden blijven. In deze gebieden kunnen er door herhaalde overstroming met verontreinigd rivierwater in de bodem verhoogde concentraties zware metalen accumuleren, die opgenomen kunnen worden door de voedergewassen en zo in de voedselketen terechtkomen. Alternatieve gewassen zoals bio-energiegewassen of gewassen voor de teelt van vezels kunnen in deze gebieden een alternatief bieden voor de klassieke landbouwteelten.

Daarom wordt middels dit onderzoek voorgesteld om een aantal gewasteelten die niet in de voedselketen komen aan te leggen in een GOG, en de opbrengst van deze teelten te evalueren binnen de condities van deze GOG, namelijk natte, kleirijke gronden rijk aan nutriënten, maar ook aan zware metalen en die bovendien overstroomd kunnen worden wanneer het waterniveau in de Schelde sterk stijgt. Naast de productie wordt ook de opname van zware metalen opgevolgd. Eveneens wordt het bodemleven (regenwormen, microbiëel leven) in deze gronden gemonitord. Het experiment liep van 2015 tot 2021.

2.1 SELECTIE VAN HET FOCUSGEBIED

- Referentiesituatie (T0) van het GOG werd reeds onderzocht door INBO
- Er is bodemverontreiniging aanwezig
- Het gebied vervult geen GGG-functie, om de praktische haalbaarheid van ‘reguliere’ landbouw te garanderen
- In het verleden werd het gebied gemiddeld meer dan twee keer per jaar overstroomd
- Hoofdfunctie van het gebied is landbouw, en niet open natuur of bos

Het zuidelijk perceel van Tielrodebroek dat eveneens bezit is van DVW heeft als landgebruik akker (mais), dus de proef kon wel opgezet worden op dit perceel. De oppervlakte bedraagt 0.47 ha. Het aantal te testen teelten werd beperkt tot zes om voldoende herhalingen (3) en voldoende oppervlakte per plot ($12.5 \times 12.5 \text{ m}^2$) te garanderen.

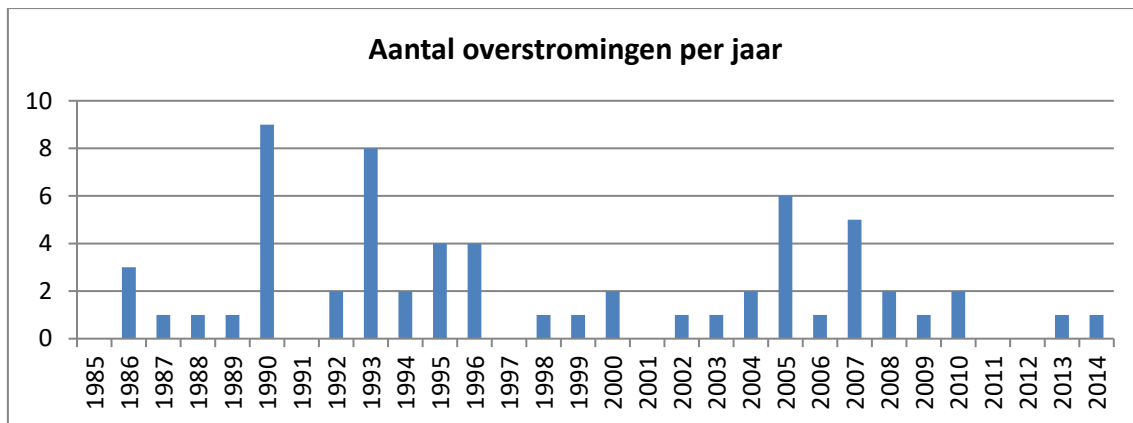


Figuur 1. Percelen in bezit van DVW in Tielrodebroek, al dan niet met verhoogde concentraties aan zware metalen.

2.2 FREQUENTIE VAN OVERSTROMEN IN 1986-2014 VOOR TIELRODEBROEK

Wat betreft de frequentie van overstromen kan best gekeken worden naar patronen uit het verleden. De hoogte van de overlooppdijk in Tielrodebroek is gemiddeld 6.75 mTAW (Coen et al., 2010). De drempelhoogte van de meetpost Tielrode is 6.8 mTAW.

Het GOG Tielrodebroek overstroomde in 2013 en 2014 telkens één keer (Figuur 2). In 2014 gaf de tijpost 6.97 mTAW aan (Boeckx et al., 2015) en in 2013 7.31 mTAW (Nossent et al., 2014). In 2011 en 2012 overstroomde het geen enkele keer. In 2008 werd het gebied in elk geval gedurende 2 dagen onder water gezet voor een filmopname. In de periode 1985 tot 2010 overstroomde het gebied 22 van de 26 jaar minstens 1 keer en vaak meerdere keren per jaar (Coen et al., 2010).

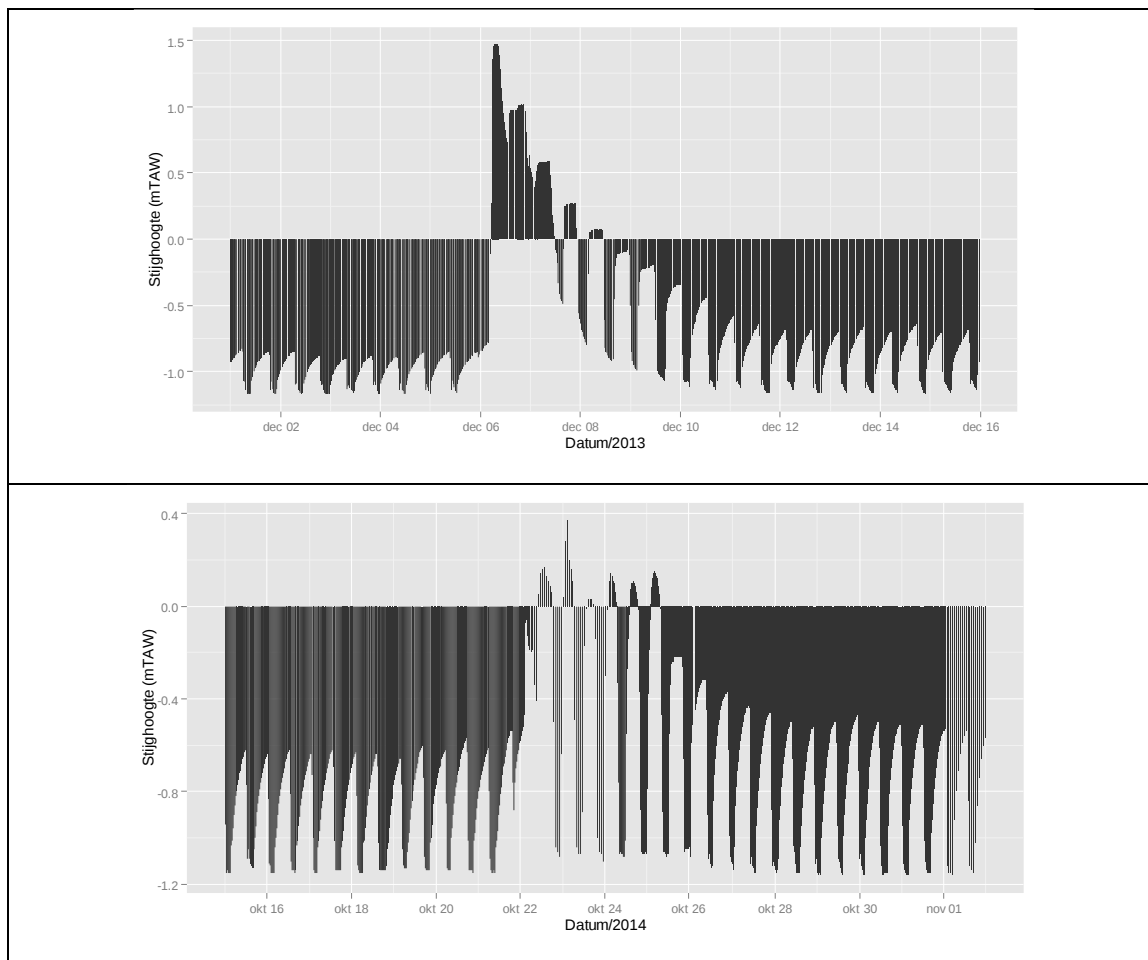


Figuur 2. Frequentie van overstromingen in Tielrodebroek.

Over de duur van de overstromingen en hoogte van de waterkolom zijn ook een aantal gegevens voorhanden. Zo werden tijdens de overstromingen van 2013 en 2014 de stijghoogtes (mTAW) in twee peilbuizen om de 10 minuten (5 minuten in 2014) opgemeten in Tielrodebroek (Figuur 3). Als we hier de hoogteligging van het proefperceel van aftrekken krijgen we een schatting van de duur van de overstroming en de hoogte van de waterkolom. De hoogte van de proefblokken varieert tussen 2.47 en 2.93 m (gemeten met RTK gps). Van de gemeten stijghoogtes in de peilbuizen werd hier 2.5m afgetrokken.

De eerste overstroming die begon op 6/12/2013 duurde 29 u, met een maximale stijghoogte van rond de 1.5 m (Figuur 3). Vervolgens was er geen water gedurende ca. 8u en daarna overstroomde het gebied nogmaals op 7/12 gedurende 6u met een stijghoogte van 0.3 m. Er volgde op 8 december nog een derde periode van 6u met licht positieve stijghoogtes (minder dan 0.1 m), maar de nauwkeurigheid van de metingen is te laag om zeker te zijn dat het gebied onder water stond. Tijdens de overstroming van 2014 stond er minder water, namelijk maximaal 0.4 m en gedurende slechts 2.5 u stond er meer dan 0.2 m. Aangezien er ongeveer 0.5 m hoogteverschil is binnen het perceel is het niet zeker dat het toen volledig onder water gestaan heeft.





Figuur 3. Ligging van de beide peilbuizen en stijghoogtes in Tielrodebroek in 2013 en 2014 in peilbuis 1.

2.3 NORMEN EN ADVIEZEN VOOR BEMESTING

Het Actieprogramma nitraatrichtlijn 2015-2018 van Vlaanderen (MAP5) schrijft de verplichtingen voor wat betreft bemesting. Er worden jaarlijks focusgebieden afgebakend die mee bepalen hoeveel bemesting toegediend mag worden. De VLM volgt op vaste meetpunten de hoeveelheid nitraat in oppervlaktewater en grondwater op. Op basis van het overschrijden van bepaalde drempelwaarden werd in Vlaanderen het focusgebied afgelijnd. Bedrijven waarvan meer dan 50% van hun percelen zich in focusgebied bevindt, krijgen bijkomende maatregelen opgelegd voor wat betreft de drempelwaarden voor het nitraatresidu, de periode van toedienen van meststoffen en de aanleg van vanggewassen. Tielrodebroek ligt niet in focusgebied zoals gedefinieerd in het Mestdecreet.

Het mestdecreet deelt Vlaanderen op in drie bodemtypes, namelijk zandgronden, zware kleigronden en andere gronden. De bemestingsnormen verschillen voor zandgronden en niet-zandgronden en zijn lager (strenger) voor zandgronden. In de realiteit kan op perceelsniveau een afwijkende textuur voorkomen en in dat geval kan een erkenning als niet-zandgrond aangevraagd worden bij de VLM. Deze erkenning gebeurt op basis van een bodemanalyse door een erkend labo die aantoonst dat het perceel niet de textuurklassen P (lichte zandleem), S (lemig zand) of Z (zand) heeft. Aangezien Tielrodebroek in de landbouwstreek de Vlaamse

Zandstreek valt, is het bodemtype “zandgrond” volgens het Mestdecreet. Dit wordt bevestigd door de bodemanalyse van de Bodemkundige Dienst van België, die de textuur op basis van palpatie beoordeelt als “kalkhoudend lemig zand”.

De normen voor P bemesting zijn in MAP5 afhankelijk van de hoeveelheid plantbeschikbare fosfor in de bodem. Deze is hoog in Tielrodebroek, het perceel valt bijgevolg in de hoogste klasse (klasse IV) voor wat betreft normen voor P bemesting.

Samenvattend zijn de bemestingsnormen bij bemesting met uitsluitend kunstmeststoffen voor mais 135 kg N/ha/jr en 55 kg P₂O₅/ha/jr; voor grasland met uitsluitend maaibeheer is dit 300 kg N/ha/jr en 70 kg P₂O₅/ha/jr.

De Bodemkundige Dienst van België voerde begin mei 2015 een bodemstaalname uit volgens hun protocol, namelijk een mengstaal van de bovenste 23 cm, dat samengesteld is uit meerdere steken verspreid over het perceel. Op dit staal werd een standaard grondontleding uitgevoerd, wat inhoudt dat de volgende variabelen bepaald worden: grondsoort, pH-KCl, organische koolstof, plantbeschikbare fosfor, kalium, magnesium, calcium en natrium. Op basis van deze analyses wordt een bemestingsadvies geformuleerd voor mais en blijvend grasland (BIJLAGE 1). Dit advies houdt geen rekening met de toepasselijke bemestingsnormen.

2.4 INRICHTING

2.4.1 Algemene opzet

Er werd een blokkenproef aangelegd met de gewassen wilg, *Miscanthus*, mais en blijvend grasland. Figuur 4 toont schematisch de proefaanleg. De blokken meten 12,5 x 12,5 m². We lichten hieronder elke teelt meer in detail toe.

2.4.1.1 Wilg

Er werden drie soorten wilg aangeplant, namelijk

- *Salix fragilis*, var. Belgisch Rood
- *Salix viminalis*, var. Tora
- *Salix alba*, 2 klonen die door INBO ontwikkeld werden

Van Belgisch Rood en Tora werden stekken aangekocht bij commerciële kwekers en van *Salix alba* leverde de kwekerij van INBO stekken. Deze stekken zijn ca. 15-20 cm lang en werden tot de aanplanting gekoeld bewaard (6°C) (Foto 1).



Foto 1. Plantmateriaal van wilg (links) en Miscanthus (rechts).

2.4.2 Aanleg, onderhoud en oogst van de teelten

2.4.2.1 Voorbereiding perceel

Tot de start van de proef was het perceel in gebruik als maisakker. Het volledige perceel werd eind april 2015 geploegd en bewerkt door een loonwerker. Vervolgens werden de grenzen van de proefvlakken uitgezet.

2.4.2.2 Wilg

De stekken werden begin mei 2015 geplant door ze met de hand in de grond te duwen (Foto 2). Het plantverband was 1.5 m x 0.5 m ofwel 192 stekken per plot. Er werd niet bemest en er werden geen pesticiden gebruikt. Onkruidbestrijding was nodig in 2015 en gebeurde mechanisch met een triltand die getrokken werd door een kleine tractor die tussen de rijen kon rijden. In sommige gevallen was het ook nodig om de Akkerwinde handmatig te wieden tussen de rijen. Wilg werd na 3 groeiseizoenen geoogst in januari-februari. De wilgen werden op een hoogte van ca. 15 cm afgezet met een kettingzaag en de stammen werden verhakseld met een mobiele hakselaar op rupsbanden en in een aanhanger getransporteerd naar de weegbrug om de totale productie in versgewicht te bepalen. Het geoogste materiaal werd afgevoerd.

2.4.2.3 Miscanthus

De plantjes werden op 8 en 12 mei 2015 handmatig geplant in een plantverband van 0.6 x 0.6 m. Vooraf werd de bodem verder fijn gemaakt met een handfrees. Er werd in het jaar van aanplanting herbicide gebruikt, namelijk eind juni en eind augustus 2015 (Bofix). Er werd ook mechanisch gewied. Vanaf 2016 moest geen herbicide meer worden toegediend. Er werd nooit bemesting toegediend. De oogst van Miscanthus gebeurde jaarlijks in april, wanneer het gewas voldoende droog was. De stengels werden afgesneden met een heggenschaar. Het geoogste materiaal werd niet verder verkleind. De stengels werden afgevoerd.

2.4.2.4 Mais

Mais werd jaarlijks gezaaid met een plantdichtheid van 10 planten/m². De afstand tussen de rijen bedroeg 0.75 m (Foto 2). Vooraf werd de bodem fijn gemaakt met een handfrees. Er werd gezaaid eind april of begin mei met een handmatige zaaimachine voor zaaien op rijen. De afstand tussen de individuele korrels bedroeg ca. 13 cm. Vlak na het zaaien werd eenmalig bemesting toegediend a rato van 135 kg N/ha/jr en 220 kg K₂O/ha/jr. Er werd geen P

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

bemesting toegediend. De hoeveelheid bemesting is gebaseerd op het advies van de Bodemkundige Dienst van België. Eveneens vlak na uitzaaï werd herbicide (Stomp + Frontier) toegediend. Eind juni werd opnieuw herbicide toegediend (Callam). Mais werd jaarlijks geoogst eind september - begin oktober. De oogst gebeurde met een bosmaaier en een hakselaar. Het geoogste materiaal werd opgehaald door een landbouwer.

2.4.2.5 Permanent grassland

Het gras werd gezaaid met 30 kg zaad/ha. De afstand tussen de rijen bedroeg 0.13 m. Vooraf werd de bodem fijn gemaakt met een handfrees. Het gras werd in 2015 bemest met 250 kg N/ha/jr, 30 kg P₂O₅/ha/jr, 230 kg K₂O /ha/jr en 75 kg MgO/ha/jr. Er werd bemest vlak na het zaaien en eind augustus opnieuw. Vanaf het tweede jaar werd 300 kg N/ha/jr, 0 kg P₂O₅/ha/jr, 300 kg K₂O /ha/jr en 100 kg MgO/ha/jr toegediend in maart, mei en juli. De hoeveelheid bemesting is gebaseerd op advies van de Bodemkundige Dienst van België. Wegens de sterke opkomst van onkruid werd in augustus 2015 herbicide (Bofix) toegediend. Vanaf 2016 werd geen herbicide meer toegediend. Gras werd geoogst eind juni en begin september in 2015 en vanaf 2016 wordt 5 keer per jaar geoogst, met een eerste oogst meestal al in april en een laatste in november.

2.4.2.6 Afbraak van de proef

De proef werd stopgezet in 2020. De wilgen werden nog een tweede keer geoogst eind januari 2021, *Miscanthus* werd een laatste keer geoogst in april 2021 en er werden ook bodemstalen genomen in januari 2021. Mais werd niet opnieuw ingezaaid en het gras werd niet langer gemaaid. De wilgen konden zich vrij verder ontwikkelen. Hoewel de *Miscanthus* een steriele variant is en zich dus niet kan verspreiden, werd besloten om deze soort te vernietigen omdat het een exoot betreft. Om geen herbicide te gebruiken werden de planten in de zomer stuk gefreesd met een diepfrees. De wortelstokken waren echter zeer sterk, dus er werd opnieuw gefreesd in de zomer van 2022.





Foto 2. Aanleg en oogst van de teelten, (a) pas geplante wilgenstekken in 2015; (b) mais zaaien in 2015; (c) het focusgebied vlak na aanleg in 2015; (d) Miscanthus oogst in april 2017; (e) maisoogst in september 2016; (f, g) wilgenoogst in 2021; (h) afwegen van grasoogst in 2016; (i) wilgenstronken die uitlopen na oogst in 2018; (j) gras, wilgen en Miscanthus in juli 2020

3.1 OPBRENGST- EN GROEIGEGEVENS

3.2 CYCLUS VAN NUTRIËNTEN EN ZWARE METALEN

3.2.1 Geroerde en ongeroerde bodemstaalname

Begin mei 2015 net voor de aanleg van de teelten werd een bodemstaalname uitgevoerd om de referentiesituatie vast te leggen. Om een beeld te krijgen van de ruimtelijke variatie werd in de 18 plots telkens op 4 vaste locaties bemonsterd, dus 72 locaties in totaal (Figuur 4). Er werd een staal genomen van de bovenste 20 cm en van de 40-80 cm laag.

In de daaropvolgende jaren werd de 0-40 cm laag meer in detail bemonsterd, om veranderingen in deze toplaag te kunnen opvolgen. Er werden stalen genomen van 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-80 en 80-100 cm. De bovenste laag werd op 9 locaties per blok bemonsterd en hiervan werd een mengstaal gemaakt. De overige lagen werden bemonsterd aan de hand van een mengstaal van 4 deelstalen. Van elk plot gaat er per bemonsterde laag dus één mengstaal naar het labo.

Voor alle bemonsteringsdieptes tot 40 cm werden in elke plot ook Kopecky ringen genomen om de bodemdichtheid en het bodemvocht te bepalen. Staalname gebeurde aan de hand van boringen met standaard geslepen stalen cilinders (type Kopecky) met een volume van 100 cm³ (d = 53 mm, h = 50 mm). De ring werd voorzichtig in de grond geduwd, nadat het boorgat voorbereid werd met een Edelman boor. De met bodem gevulde cilinder werd vervolgens voorzichtig losgemaakt van de ringhouder en de bodem die voorbij de randen van de cilinder kwam, werd verwijderd met een scherp mes. Cilinders met stenen of wortels dikker dan 2 mm werden afgekeurd en er werd een nieuwe boring uitgevoerd in dezelfde laag. Plastiek doppen op de cilinders beschermen de bodem tegen uitdrogen.

Er werd zoveel mogelijk in januari of februari bemonsterd. Enkel in 2015 en 2017 werd hiervan afgeweken. De exacte data van de staalnames waren:

- 18/05/2015 (na initiële aanleg van de teelten)
- 16/02/2016
- 20/06/2017
- 9/1/2018
- 13/02/2019
- 28/1/2020
- 11/1/2021, wegens overstroming werden de bulk densiteiten later opgemeten, namelijk 13/1 en 27/1

3.2.2 Chemische analyses op geroerde bodemstalen

Alle labo-analyses gebeurden op het INBO. De bodemstalen werden gedurende twee weken gedroogd in droogovens op 40°C. Vervolgens werden ze gemalen in de kaakbreker (BB2000, Retsch) voorzien van een 2-mm zeef. Vanaf 2018 werd het substaal voor totaalanalyse (ICP-OES en CN-analyzer) verder verfijnd met een kogelmolen (Mono Mill pulverisette 6 van Fritsch). Voor de analyse werd het vochtgehalte bepaald op 105°.

De hoeveelheid totale koolstof werd bepaald aan de hand van TC analyse op 900°C, met de CN analyzer Flash EA2000 van Interscience. Het gehalte aan anorganische koolstof (TIC) werd gemeten met de Koolstofanalyzer Multi EA4000 Analytik Jena. Het gehalte organische koolstof werd berekend door het percentage anorganische koolstof af te trekken van het percentage totale koolstof.

De organische koolstof stocks (t C/ha) werden berekend door het percentage organische koolstof (%OC) te vermenigvuldigen met de bulk dichtheid (BD, g/cm³) en de dikte van de laag (cm).

$$C \text{ stock} = \%OC * BD * d \quad (3)$$

De bodemtextuur werd bepaald via laser diffractometrie (Coulter LS, Miami, US), waarbij de kleifracatie gedefinieerd werd als de 0-6 µm, de leemfracatie als de 6-50 µm en de zandfracatie als de 50-2000 µm fracatie. Voor elk bodemstaal werd de pH-H₂O, pH-CaCl₂ en elektrische conductiviteit (EC) bepaald in een 1:5 (m/m) bodem-watersuspensie op massabasis. CaCO₃ werd gemeten door terugtitratie van een overmaat H₂SO₄, toegevoegd aan 1 g luchtdroog sediment, met 0.5 M NaOH.

De N concentratie werd gemeten met de Kjeldahl-methode tot en met 2017 en vanaf 2018 met de CN-analyzer (CN-analyzer PrimacsSNC100 van Skalar). De concentratie sulfaat werd bepaald in waterextract. Aan het extract wordt bariumchloride toegevoegd, wat ervoor zorgt dat de sulfaationen neerslaan onder de vorm van bariumsulfaatkristallen. De absorptie van de bariumsuspensie werd gemeten met een spectrofotometer.

De hoeveelheid plantbeschikbare P werd colorimetrisch bepaald na extractie met natriumbicarbonaat, volgens de methode van Olsen (Olsen et al., 1954).

De pseudo-totale aqua-regia-extraheerbare concentratie van de elementen Ca, K, Mg, Na, P, S, Al, As, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Se en Zn werd gemeten met de ICP-OES (Varian VISTA-MPX, Varian, Palo Alto, CA) na ontsluiting met aqua regia (3 delen HCl en 1 deel HNO₃) via microgolfoven destructie. De concentratie Hg tenslotte werd gemeten met een kwikanalyser (Mercury Analyzer AMA-254). Het staal werd opgewarmd tot 750°C en het gevormde gas gezuiverd met zuurstofgas. Het Hg werd verzameld uit deze gassen en verwarmd tot 900°C. Vervolgens werd de hoeveelheid Hg bepaald via atomaire absorptie spectrometrie.

3.2.3 Fysische analyses op ongeroerde bodemstalen

De ongeroerde bodemstalen uit de Kopeckyringen werden opgeslagen bij een temperatuur van maximaal 4°C. De bodemstalen werden vervolgens gedroogd bij 105°C tot ze een constant gewicht bereikten (minimaal 4 dagen). De verhouding van het constant drooggewicht ten opzichte van het volume van de ringen (1 dm³), stelt ons in staat om de bulkdichtheid te berekenen. Het verschil van nat en drooggewicht laat toe om het bodemvochtgehalte te bepalen.

In 2016 werd voor een deel van de staalnamelocaties pF curves bepaald. Dit is een curve die voor een bepaalde bodem aangeeft bij welk vochtgehalte er voldoende water beschikbaar is voor de vegetatie of teelten die erop groeien. Elke bodem wordt namelijk gekenmerkt door een specifiek verband tussen de zuigspanning of bodempotentiaal (de energie die noodzakelijk is om het bodemwater uit de bodem te kunnen verdrijven) en het vochtgehalte (uitgedrukt als volumetrisch vochtgehalte in cm³ vocht per cm³ bodem). Dit verband wordt bepaald door de poriëngrootteverdeling. De bodempotentiaal wordt uitgedrukt in hPa, wat overeenkomt met de hoogte (in cm) van een waterkolom om deze druk te veroorzaken. De pF waarde is hiervan de 10-de logaritme. Een bodempotentiaal van 100 hPa is de druk van een 100 cm (102 cm) hoge waterkolom, dus een pF van 2.0. Als de bodem volledig verzadigd is, is de bodempotentiaal gelijk aan 0 hPa (pF waarde kan dan niet berekend worden). Het verwelkingspunt wordt klassiek gelegd bij een bodempotentiaal van 15000 hPa, ofwel een pF-waarde van 4.2. Een bodem is op veldcapaciteit wanneer al het water uit de macroporiën weg

3.2.4 Staalname van blad, hout en schors

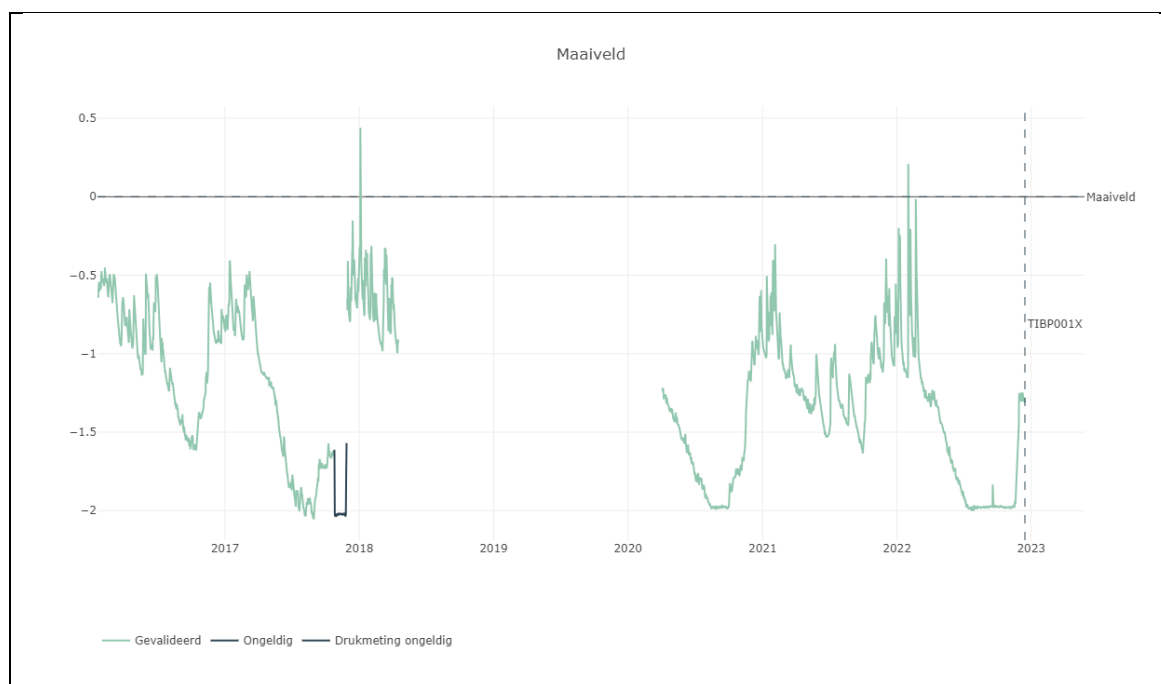
3.2.5 Chemische analyses op de biomassastalen

3.3 SEDIMENTVALLEN

4.1 HYDROLOGISCH REGIME

Een aantal overstromingen zijn wel zichtbaar in de metingen:

- Tijdens de looptijd van de proef in Tielrode waren de zomers van 2015, 2017, 2018 en 2020 zeer warm en droog, 2018 was het meest extreem. De zomer van 2019 was ook warm maar minder droog en 2016 kende een natte en koele zomer. In de korte meetreeks zijn geen trends van vernatting of verdroging doorheen de jaren waarneembaar (Figuur 5).





Figuur 5. Grondwaterstanden in de zuidelijke (TIBPX001) en noordelijke (TIBP002) peilbuis.



Foto 4. Het GOG in werking in 2018 (links) en 2020 (rechts).

4.2 KENMERKEN VAN BODEM EN SLIB

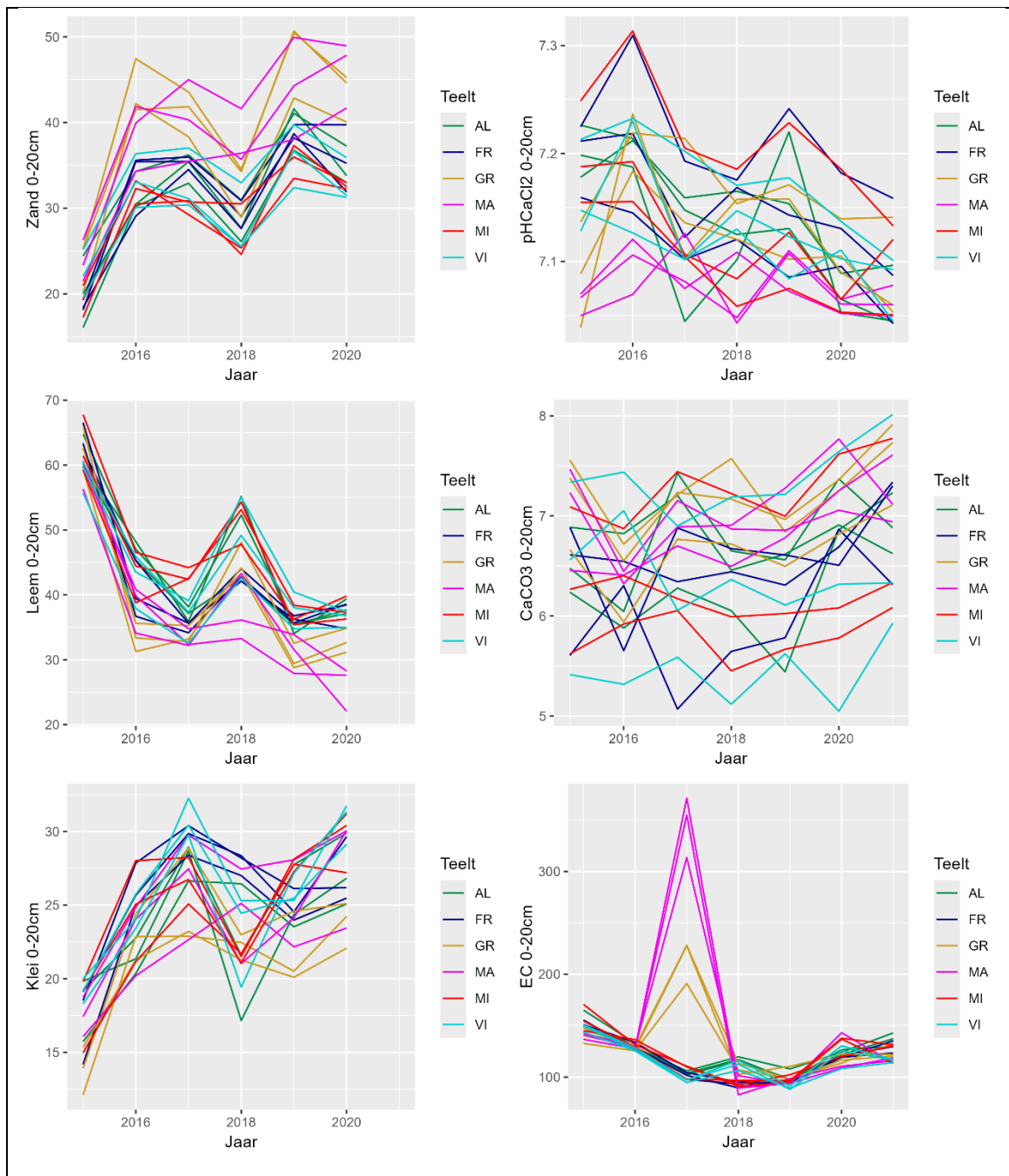
4.2.1 Bodemeigenschappen en elementconcentraties

De bovenste 20cm bodem bevat hoge kleigehaltes en hoge pH. Doorheen de tijd daalt de pH licht met ongeveer 0,1 eenheid. Het CaCO_3 gehalte blijft onveranderd (Figuur 10).

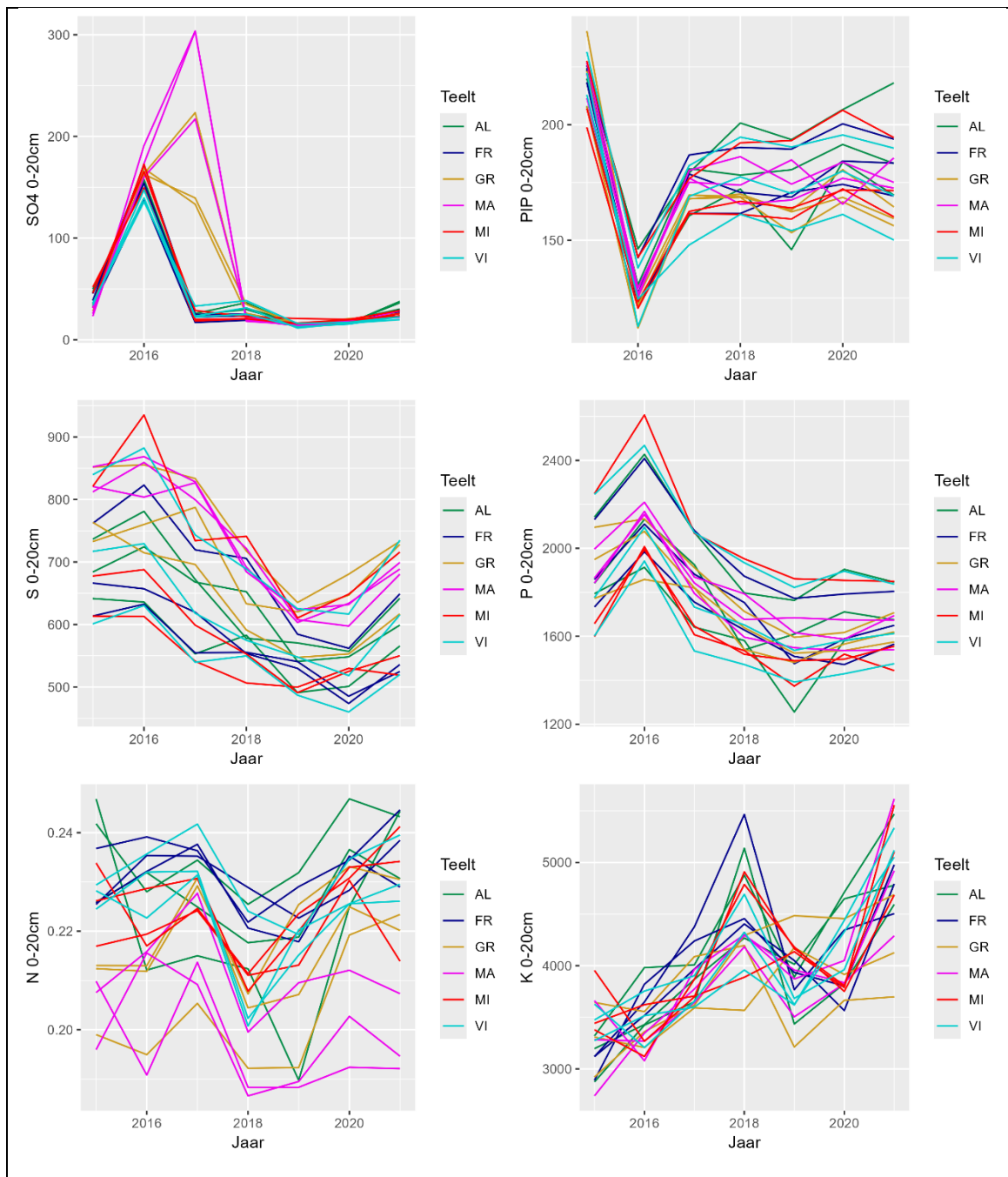
EC kent een piek in 2017. Dit is een jaar met overstroming in januari waarbij het volledige perceel overstroomde. Bodemstaalname was echter pas in juni. In juni werd wel herbicide toegediend aan mais, en bemesting voor gras in mei. Mogelijk heeft dit een effect. Hoge EC kan immers wijzen op de aanwezigheid van zouten, en de actieve stoffen van herbiciden worden toegevoegd onder vorm van zouten. Het kan ook veroorzaakt worden door sulfaten in

Qua nutriënten werd hoofdzakelijk N, K, en Mg toegediend. De meststoffen bevatten ook Ca oxides en sulfaten. De grafieken tonen dat de N, Mg en Ca concentraties constant blijven, terwijl K toeneemt (Figuur 7). P daalt initieel, wat logisch lijkt aangezien enkel in het eerste jaar P werd toegediend (wel enkel aan gras). Allicht werd voor de aanleg van de teelt door de landbouwer ook P toegediend. Plantbeschikbare P stijgt initieel, maar de methode is gewijzigd vanaf 2018, dus de resultaten voor dat jaar zijn minder betrouwbaar. Sinds 2018 blijft plantbeschikbare P onveranderd. Voor sulfaat is er een piek in 2017, die samenloopt met de piek in EC.

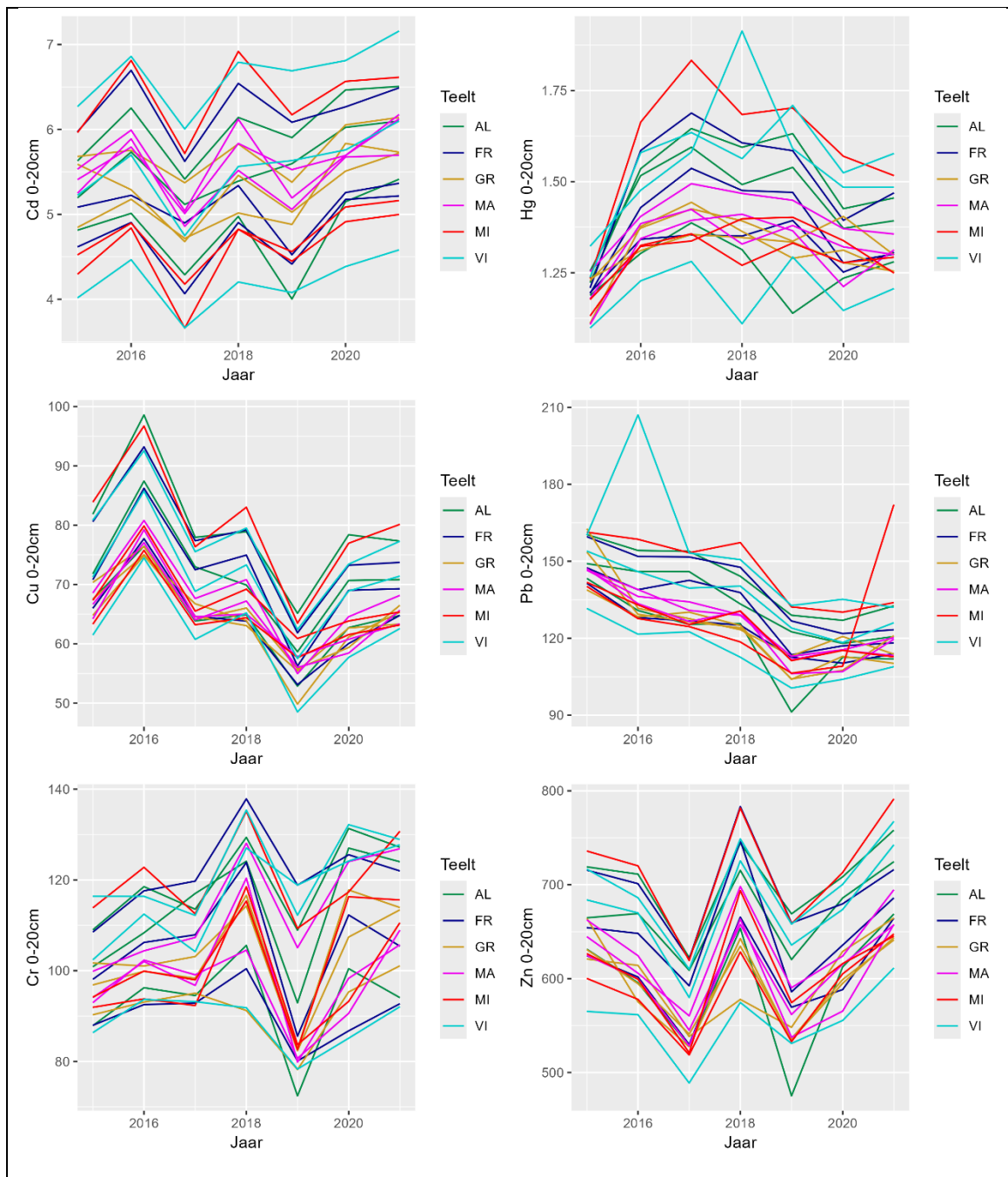
In bijlage worden ook de resultaten voor 40-80cm getoond. De pH en het gehalte CaCO_3 blijven hier constant. Cu, P en sulfaten dalen sterk tussen 2015 en 2016, wat een restant kan zijn van de vroegere landbouwpraktijk. Mg, Na en K nemen licht toe in deze diepere laag, wat kan wijzen op uitspoeling.



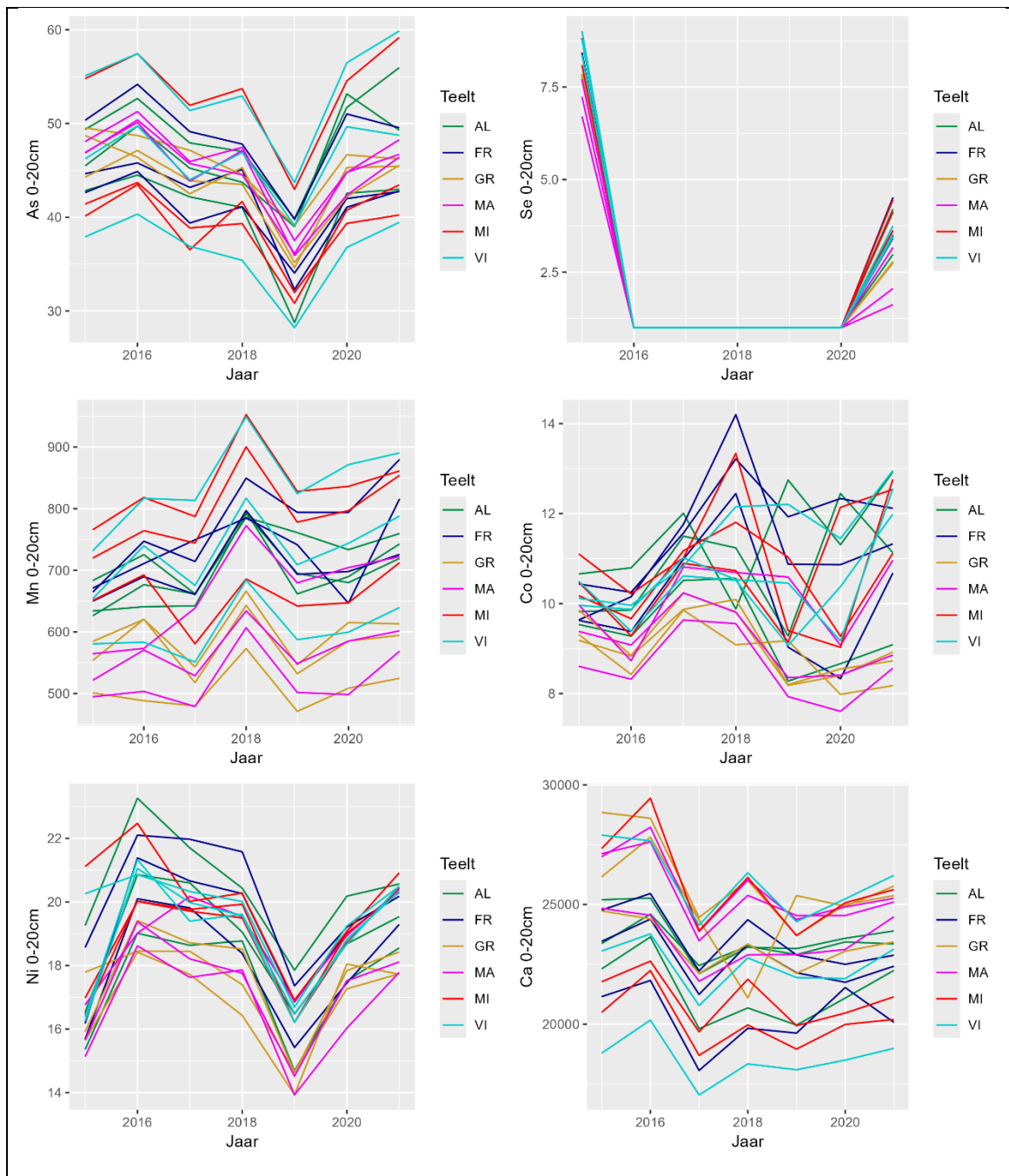
Figuur 6. Zand, leem en kleigehalte (%), pH_{CaCl2}, gehalte CaCO₃ (%) en EC (μS/cm) in de bodemstalen voor de 0-20cm laag voor de teelten *S. alba* (AL), *S. fragilis* (FR), gras (GR), mais (MA), *Miscanthus* (MI) en *S. viminalis* (VI).



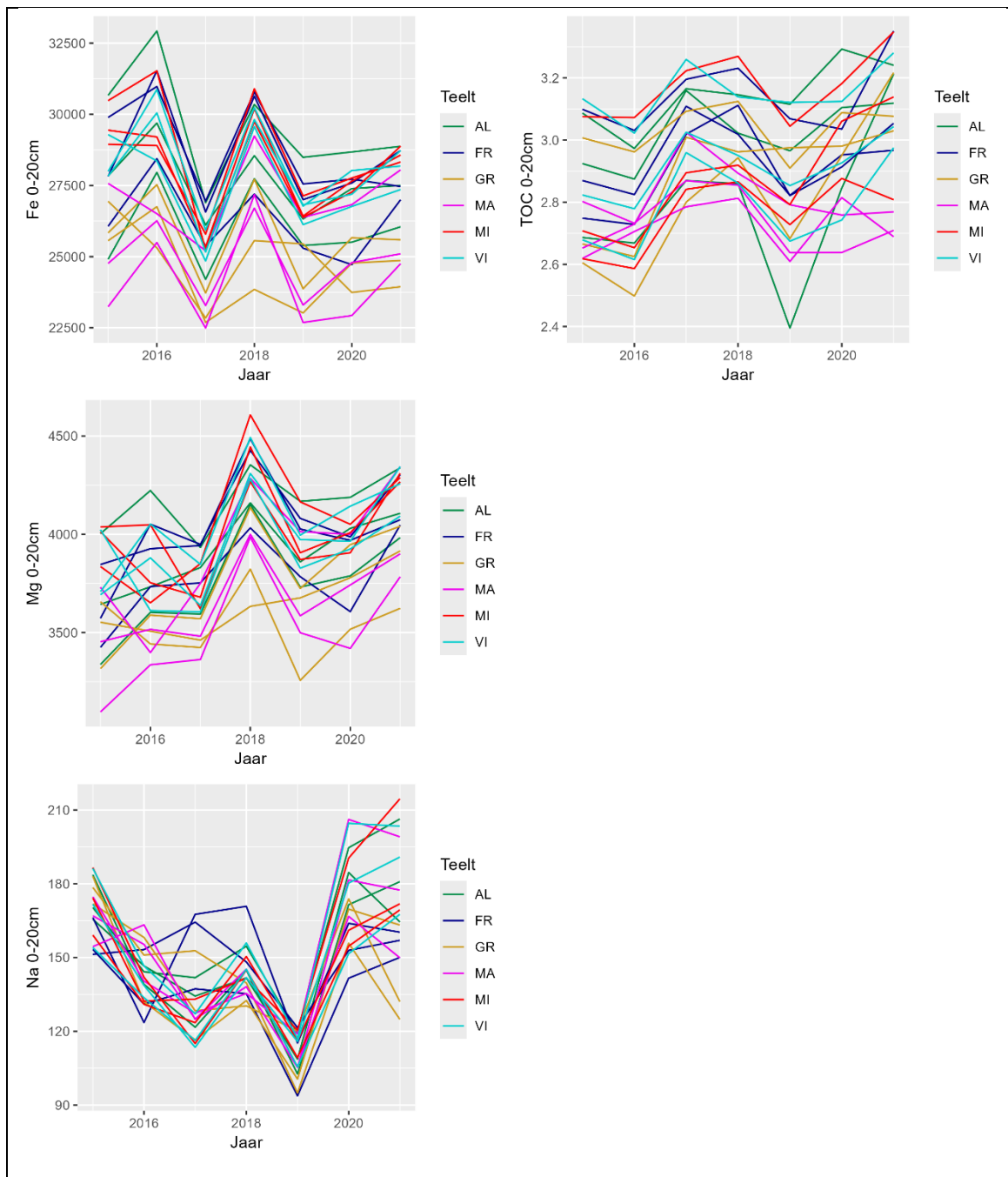
Figuur 7. Gehalte aan SO₄ (mg/kg), S (mg/kg), N(%), plantbeschikbare P (pIP, mg/kg), P (mg/kg) en K (mg/kg) in de bodemstalen voor de 0-20cm laag voor de teelten S. alba (AL), FR = S. fragilis (FR), gras (GR), mais (MA), Miscanthus (MI) en S. viminalis (VI).



Figuur 8. Gehalte Cd, Cu, Cr, Hg, Pb en Zn (mg/kg) in de bodemstalen voor de 0-20cm laag voor de teelten *S. alba* (AL), *S. fragilis* (FR), gras (GR), mais (MA), Miscanthus (MI) en *S. viminalis* (VI).

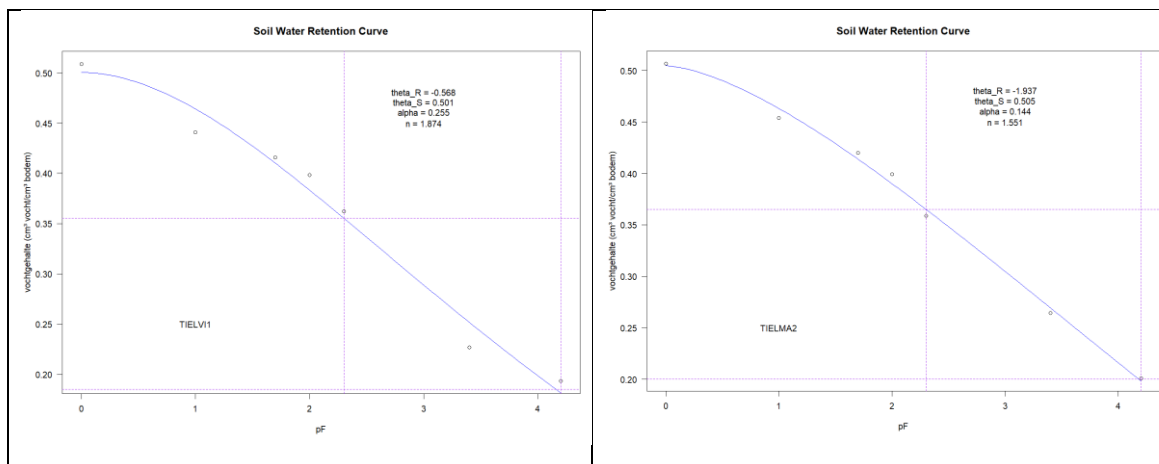


Figuur 9. Gehalte As, Mn, Ni, Se, Co en Ca (mg/kg) in de bodemstalen voor de 0-20cm laag voor de teelten *S. alba* (AL), *S. fragilis* (FR), gras (GR), mais (MA), *Miscanthus* (MI) en *S. viminalis* (VI).



Figuur 10. Gehalte Fe, Mg en Na (mg/kg) en het gehalte organische koolstof (TOC, %) in de bodemstalen voor de 0-20cm laag voor de teelten *S. alba* (AL), *S. fragilis* (FR), gras (GR), mais (MA), *Miscanthus* (MI) en *S. viminalis* (VI).

De pF curves van de 18 plots zijn sterk vergelijkbaar en komen overeen met curves voor kleibodems uit de literatuur (Groenevelt & Grant, 2004; Hodnett & Tomasella, 2002). Een bodem met een vochtgehalte hoger dan 18-20% bevat water dat beschikbaar is voor de planten (Figuur 11). De bodems zijn op veldcapaciteit bij een pF van ongeveer 2,3, wat correspondeert met een vochtgehalte van 35-37%.



Figuur 11. pF curves van de plots TIELMA2 en TIELV1. In elke grafiek worden de Van Genuchten parameters aangegeven die de curves bepalen (van Genuchten, 1980).

4.2.2 Hoeveelheid slib en afzet polluenten

Het GOG trad 4 keer in werking in de periode dat we het opvolgden: in 2017, 2018 en 2 maal in 2020. Elke keer installeerden we de sedimentvallen: minstens 18 filters en 18 grasmatten (in elk plot een) (Foto 5). De metingen wijzen uit dat er gemiddeld tussen de 0,52 en 9,86 t droge stof (DS) werd afgezet tijdens deze overstromingen (Figuur 12). De metingen aan de hand van de filters komen vrij goed overeen met deze van de grasmatten, met uitzondering van het eerste meetjaar (2017) (Tabel 1). Het is onduidelijk waarom de hoeveelheid slib dat jaar lager was op de filters. Doorheen de jaren zijn de filters wel geperfectioneerd. Initieel waren dit deksels van emmers, terwijl later een 3D-geprinte schijf werd gebruikt van Novolab, waarin de filters stevig bevestigd konden worden.

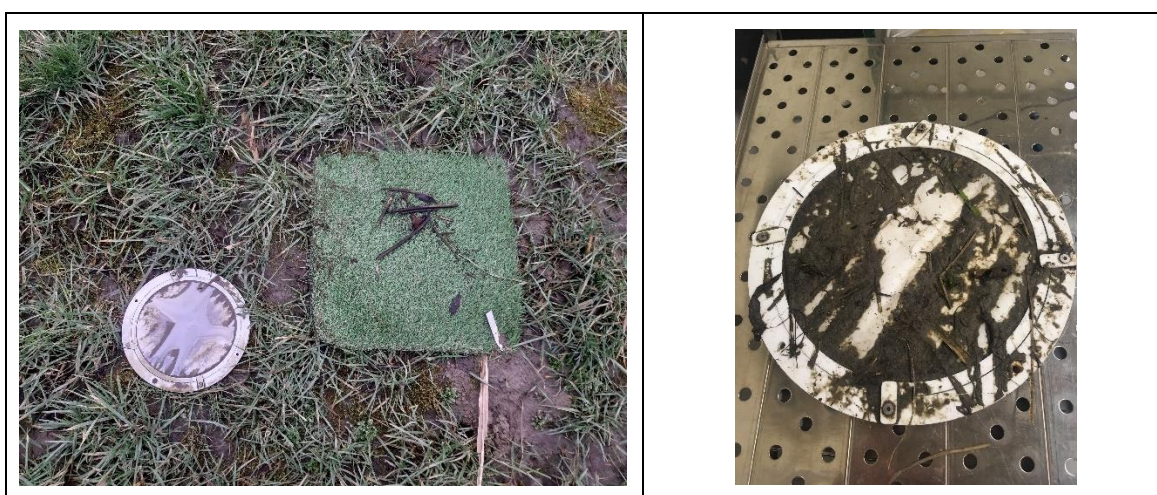
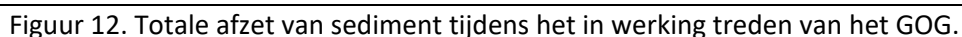
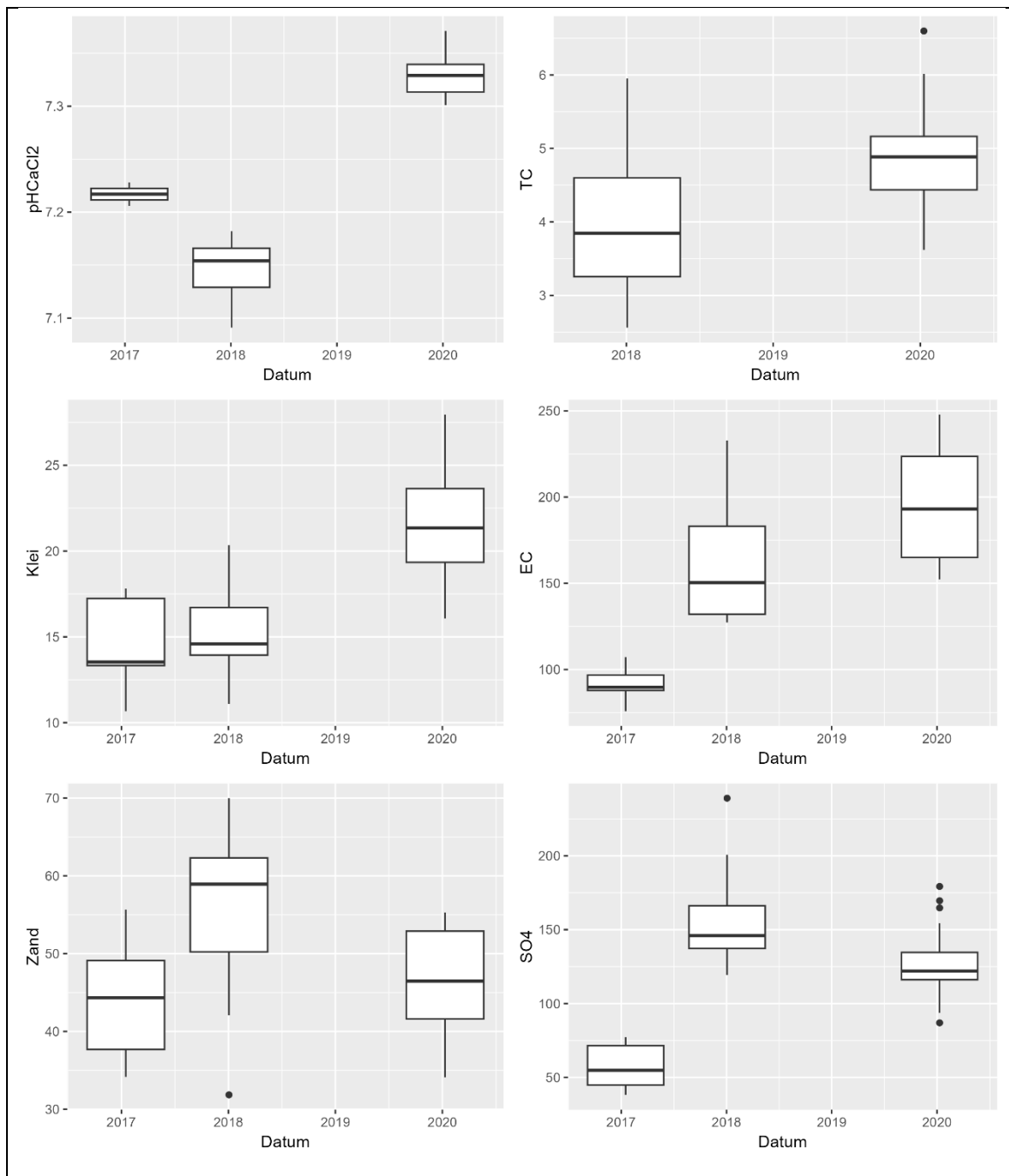


Foto 5. Sedimentvallen: filter en grasmat na de overstroming van januari 2020.

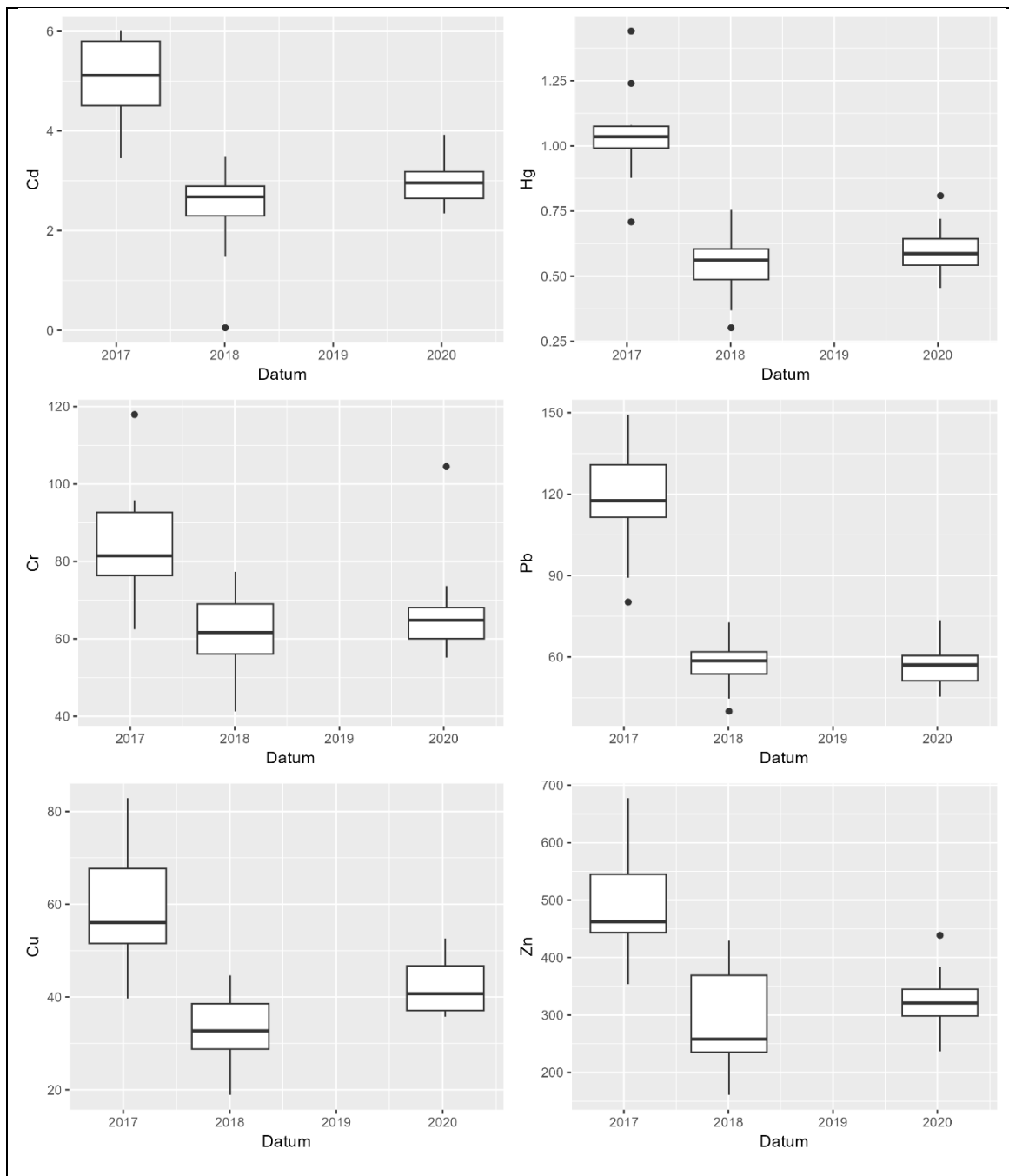


jaar	maand	type	n	gemiddel de massa (t DS/ha)	stdev (t DS/ha)	min (t DS/ha)	max (t DS/ha)	se (t DS/ha)
2017	januari	filter	21	1.56	2.40	0.00	10.68	0.52
2017	januari	mat	21	0.52	0.84	0.00	2.97	0.18
2018	januari	filter	18	8.44	6.03	0.04	17.75	1.42
2018	januari	mat	18	9.86	10.04	1.72	35.14	2.37
2020	februari	filter	18	5.56	2.89	1.46	12.05	0.68
2020	februari	mat	18	4.77	2.76	1.35	11.84	0.65
2020	maart	filter	18	1.07	0.13	0.84	1.39	0.03
2020	maart	mat	18	1.21	0.67	0.48	3.09	0.16

De kwaliteit van het sediment werd ook opgevolgd. Het bevat hoge gehalten klei en organisch materiaal, heeft een hoge pH en ook hoge sulfaatgehalten (Figuur 13). Die laatste kunnen wijzen op water met verhoogd zoutgehalte (brak water). De elektrische conductiviteit (EC) wijst in dezelfde richting. De gehalten aan zware metalen dalen tussen 2017 en 2020 (Figuur 14). Het sediment in 2020 bevat lagere gemiddelde gehalten dan de 0-10cm bodemlaag. Het veroorzaakt hier dus geen verslechtering van de bodemkwaliteit. Wel zijn de concentraties nog steeds verhoogd ten opzichte van Vlarebo normen, met enkele overschrijdingen van BSN1 voor Cd, en overschrijdingen van de richtwaarde voor Cr, Pb en As.



Figuur 13. Eigenschappen van het afgezet sediment: pH-CaCl₂, totale koolstof (%), kleigehalte (%), EC (μS/cm), zandgehalte (%) en sulfaatgehalte (mg/kg DS).

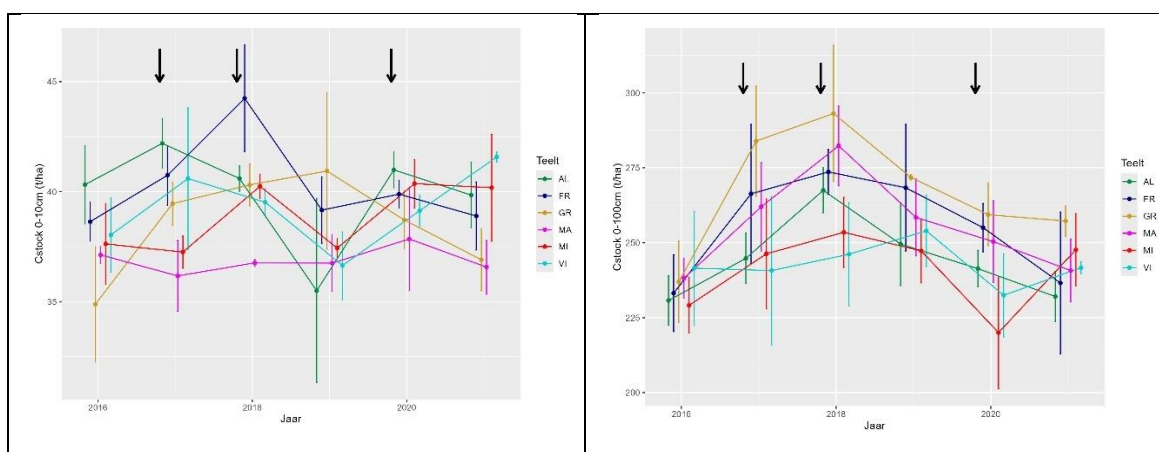


Figuur 14. Zware metaalgehalten van het afgezette sediment (mg/kg DS).

4.2.3 Koolstof stocks in de bodem

De koolstof (C) stocks variëren nogal van jaar tot jaar en ook tussen de teelten (Figuur 15). De stocks in de bovenste 10cm werden opgevolgd vanaf 2016 tot 2021. De stocks nemen toe voor alle teelten behalve mais tot 2018 waarna er een tijdelijke daling optreedt. Zowel in 2017 als in 2018 werd de staalname uitgevoerd vlak na een overstroming die een afzet van slib met zich meebracht in een deel van (2017) of in het volledige (2018) perceel (zie Figuur 12). Na de overstroming van begin 2018 volgde een extreem droge en warme zomer, wat mogelijk een verklaring is voor de afname in C stock. Ook na de overstroming van 2020 nemen de stocks toe. Verder valt ook op dat de stocks niet toenemen voor mais, het enige gewas dat jaarlijks geploegd wordt, en waar de grond kaal is in de winter. Dit kan leiden tot afbraak van C voorraden. Ploegen brengt zuurstof in de bodem, wat afbraak stimuleert, en een bodem zonder vegetatie warmt sneller op, wat eveneens kan leiden tot snellere afbraak van organische materiaal.

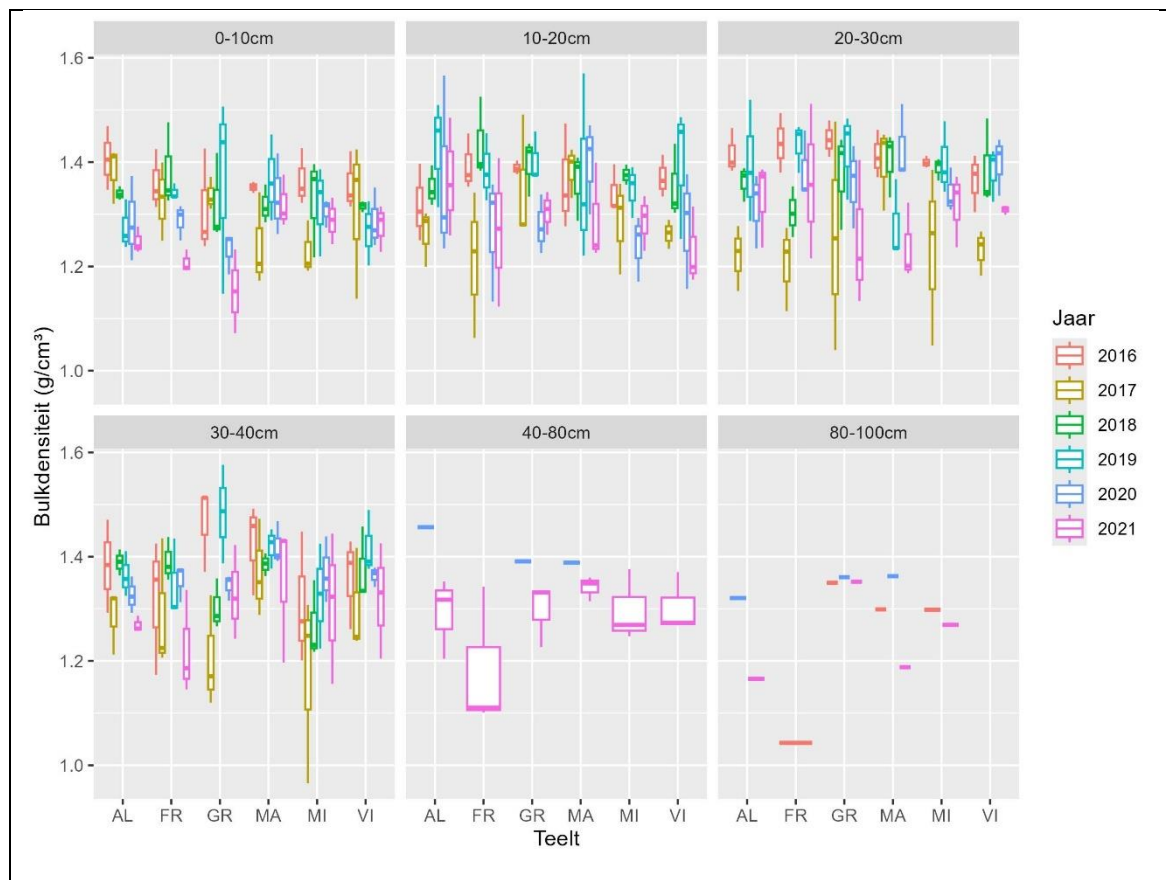
In de bovenste meter van de bodem zien we eveneens een toename van de stocks tot 2018, gevolgd door een vrij consequente afname. Hier is het beheertype (intensief bewerkte mais versus de meer extensieve types) niet doorslaggevend. Zo bevatten de wilgen zowel hoge (*Salix fragilis*) als lage stocks (*Salix viminalis*). Er lijkt wel een effect te zijn van de overstromingen (toename van de stocks in 2017 en 2018), en ook van de droogte (afname na 2018).



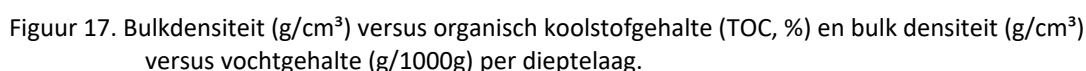
Figuur 15. C stocks (t C/ha) in de bovenste 10 cm en in de bovenste 100cm voor de periode 2016-2021. Zwarte pijlen duiden aan wanneer het GOG in werking trad; AL = *S. alba*; FR = *S. fragilis*, GR = gras, MA = mais; MI = *Miscanthus*, VI = *S. viminalis*.

De bulk densiteit heeft zeker een belangrijke rol gespeeld bij het veranderen van de C stocks. De C stock wordt berekend als het product van het percentage koolstof en de bulk densiteit. Bij eenzelfde percentage koolstof leidt een lagere bulk densiteit dus tot een lagere C voorraad. Een lagere bulk densiteit gaat echter vaak samen met een hoger gehalte aan organisch materiaal, en dus koolstof. Het wijst op een luchtige en gezonde bodem, waar lucht en water toegang hebben tot de diepere lagen. Een (te) hoge bulk densiteit wijst op een verdichte bodem, waar weinig lucht aanwezig is, en vocht en wortels moeilijk hun weg kunnen vinden. Typisch varieert de bulkdensiteit voor de bovenste laag van een bodem rond de $0.8\text{--}1.2\text{ g/cm}^3$, en voor diepere lagen rond de $1.2\text{--}1.6\text{ g/cm}^3$. In natuurlijke bodems is de bulk densiteit lager dan in landbouwbodems. In akkerbodems wordt de bulkdensiteit in de bovenste laag beïnvloed door bodembewerking. Ploegen leidt tot een verlaging van de bulkdensiteit in de geploegde laag, en vaak tot een verdichting onder deze laag.

In de proef zien we dat de bulkdensiteit van alle teelten eerder aan de hoge kant is. De bulkdensiteit onder mais is relatief laag in de bovenste 20cm, maar daaronder hoger dan bij de andere teelten. Doorheen de tijd neemt de bulkdensiteit af voor alle teelten behalve voor mais (Figuur 16). Er is geen verband tussen het percentage koolstof en de bulkdensiteit in onze data (Figuur 17). In 2017 werd voor een aantal dieptes een iets lagere bulk densiteit gemeten. Dit was het enige jaar dat de bodemstalen in de zomer genomen werden, dus de bodemstalen zijn droger (Figuur 17), maar dit is het geval voor alle stalen van 2017 en verklaart dus niet de lagere bulkdensiteit in de 20-40cm laag. In de literatuur wordt aanbevolen om de ongeroerde bodemstalen te nemen wanneer de bodem op veldcapaciteit is. Voor de bodems van Tielrode zou dit betekenen dat ze 38-39% vocht bevatten (Figuur 11). Het vochtgehalte was dus vaak aan de lage kant om een correcte bulkdensiteit te meten. Over alle metingen heen lijkt er echter geen verband te bestaan tussen vochtgehalte en bulkdensiteit (Figuur 17).



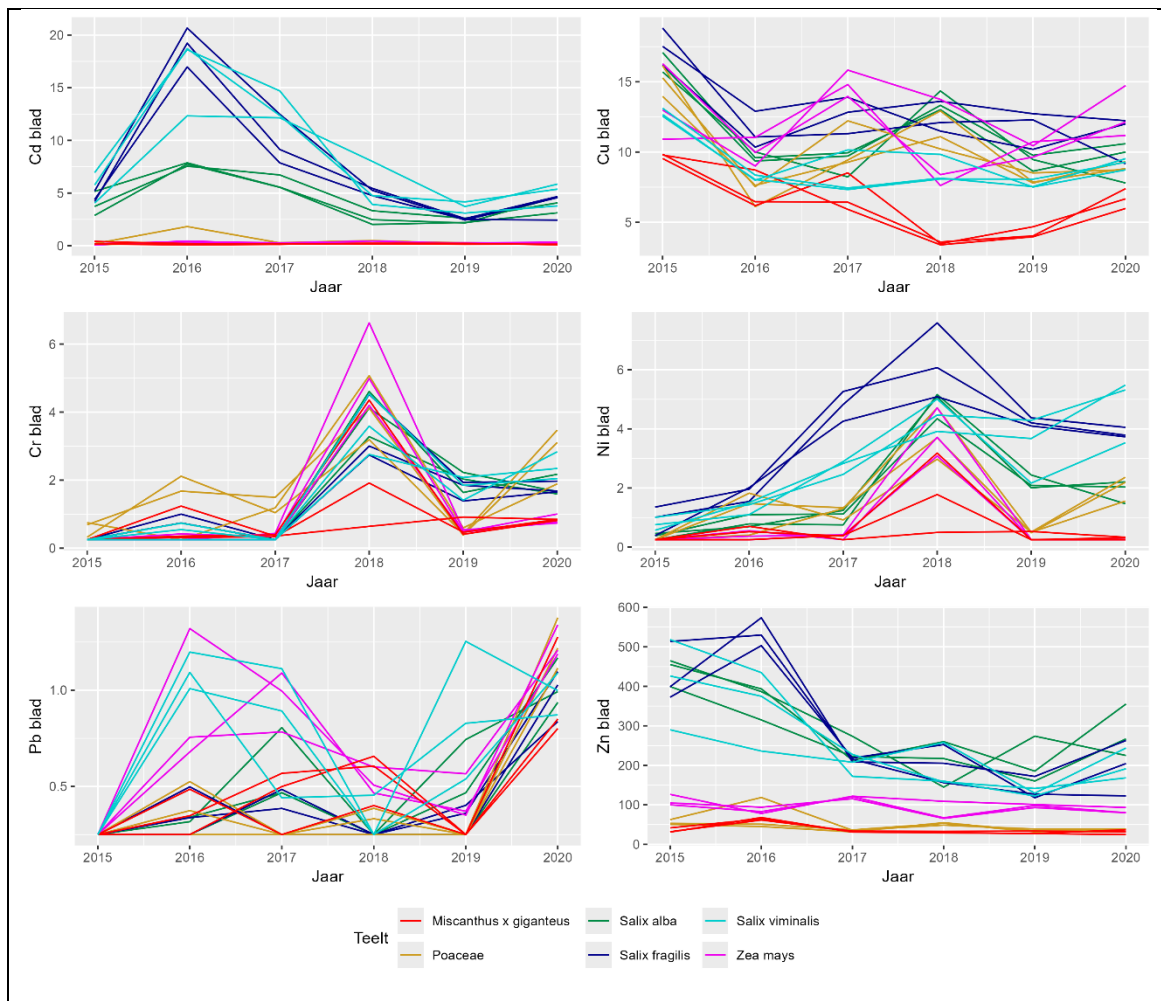
Figuur 16. Bulk densiteit (g/cm^3) van de bodemstalen per diepte, vegetatietype en jaar.



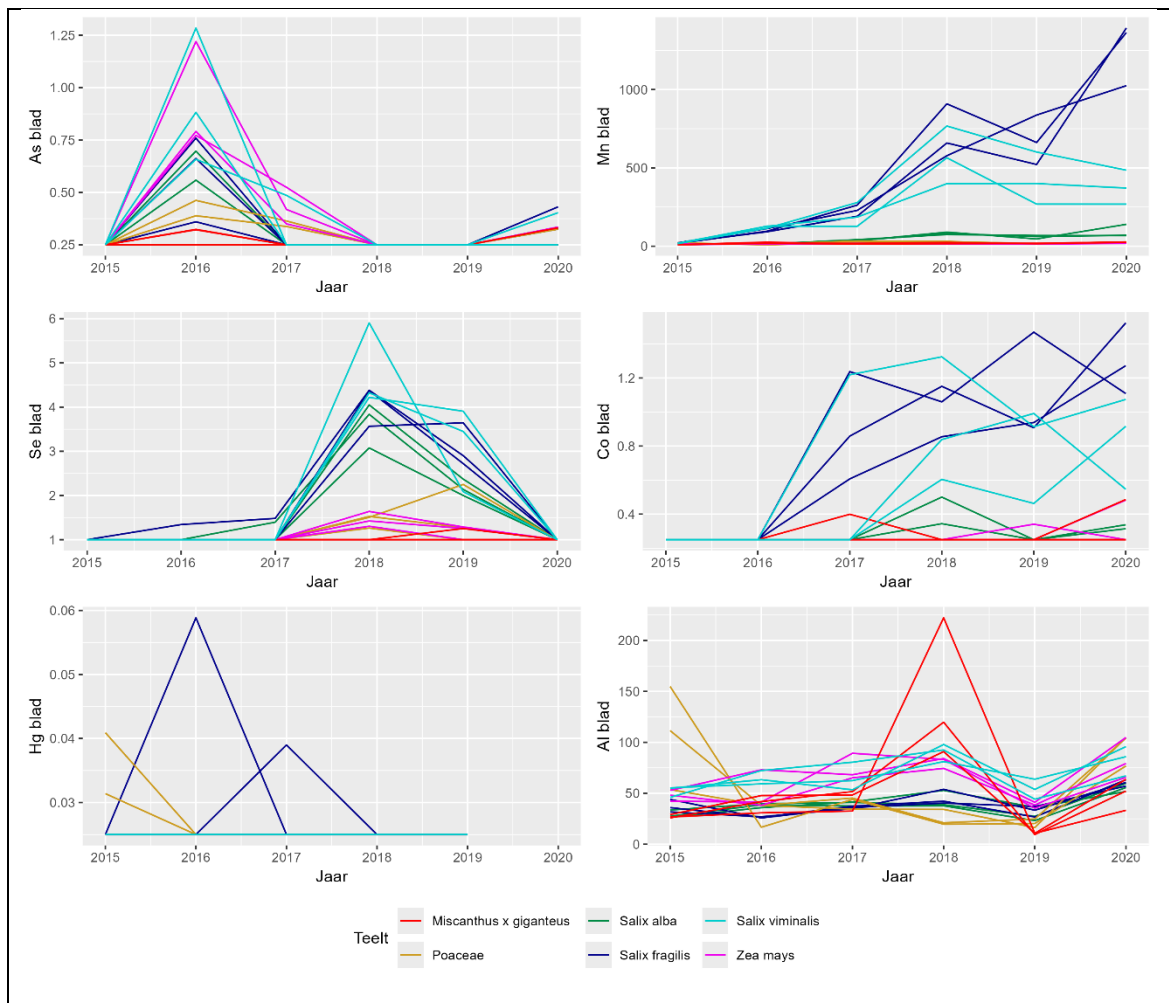
4.3.1 Concentraties in bladstalen

Samengevat kunnen we stellen dat er naar voedernormen toe een mogelijk risico is voor Mn, Cd en Zn in de wilgen (hoewel deze vegetatie niet als voedergewas gebruikt wordt) en voor Se in de wilgen en het gras. Voor Miscanthus en mais zijn er geen risico's.

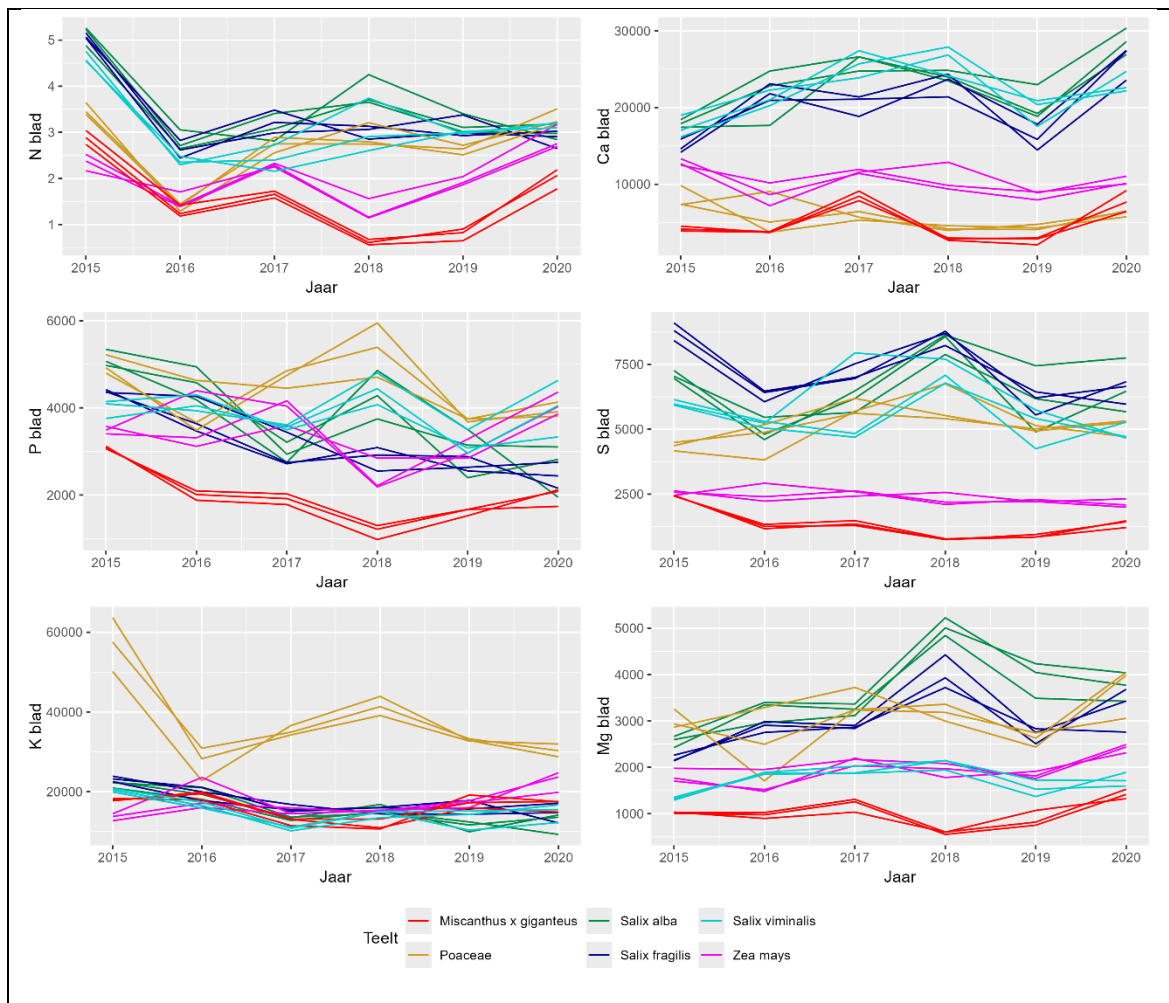
Opvallend is verder dat *Miscanthus* lage gehalten van alle voedingsstoffen (N, P, S, Ca, Mg, K) bevat en dit in tegenstelling tot de wilgen, die de hoogste concentraties van deze elementen bevatten (Figuur 20). Nochtans worden geen van beide gewassen bemest. Vervaeke *et al.* (2001) vonden voor wilgen die met de Salimat techniek werden aangeplant op baggerslib N bladconcentraties van 2.8-3.5% N, 2570-8440 mg P/kg, 19000-21000 mg K/kg en 1500-2870 mg Mg/kg. De waarden uit het focusgebied zijn gelijkaardig tot iets hoger, met uitzondering van P, waar zeer hoge concentraties gemeten werden door Vervaeke *et al.* (2001). Optimale P bladconcentraties bedragen 2100 mg P/kg (Rytter & Ericsson, 1993), dus er treden in het focusgebied voorlopig zeker geen tekorten op. K en Mg concentraties zijn ook hoog in grastalen, wat verklaarbaar is door het toedienen van jaarlijkse bemesting. Mais ontvangt eveneens K (geen Mg) maar hier is de dosis veel lager en de bladconcentraties bijgevolg ook.



Figuur 18. Concentraties Cd, Cu, Cr, Ni, Pb en Zn (mg/kg DS) in de bladstelen.



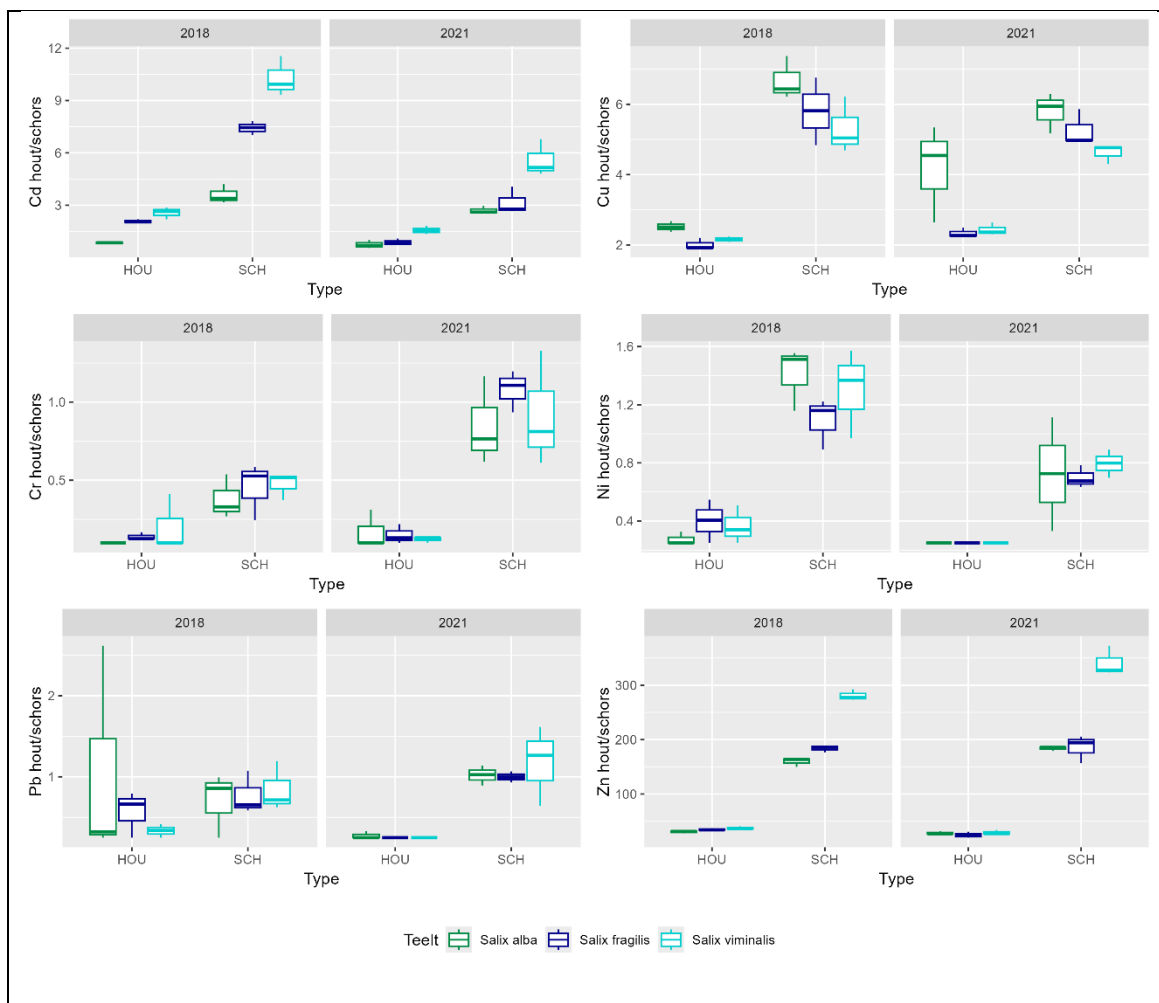
Figuur 19. Concentraties As, Mn, Se, Co, Hg, Al (mg/kg DS) in de bladstalen.



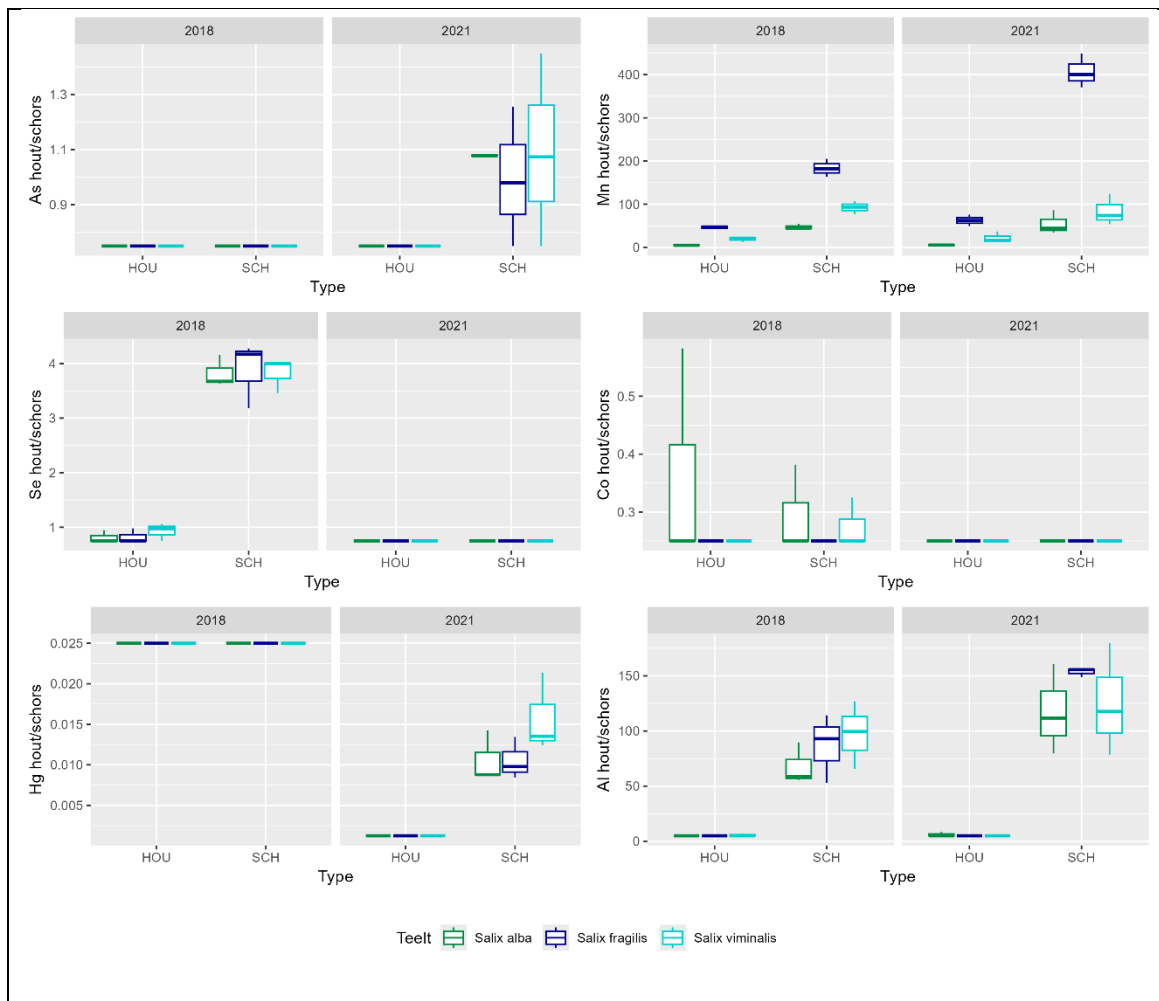
Figuur 20. Concentraties N (%) en Ca, P, S, K en Mg (mg/kg DS) in de bladstalen.

4.3.2 Concentraties in de hout- en schorsstalen

De wilgen werden geoogst in februari 2018 en in februari 2021. De concentraties in de houtstalen zijn laag voor alle zware metalen (Figuur 21 en Figuur 22). De concentraties in de schors zijn wel hoog voor Cd en Zn. Voor Cd is er een duidelijk dalende trend doorheen de tijd. Er zijn ook uitgesproken verschillen tussen de wilgensoorten. Dit geldt ook voor Mn, waar enkel *Salix fragilis* hoge schorsconcentraties vertoont. Voor Cu, Cr, Ni, Pb, As, Se, Co en Hg zijn de concentraties laag in de schors.



Figuur 21. Concentraties Cd, Cu, Cr, Ni, Pb en Zn (mg/kg DS) in hout (HOU) en schors (SCH).



Figuur 22. Concentraties As, Mn, Se, Co, Hg, Al (mg/kg DS) in hout (HOU) en schors (SCH).

4.4 TEELTOPBRENGST

4.4.1 Totale biomassaproductie

Van de jaarlijks geoogste gewassen heeft mais de hoogste biomassa productie met gemiddeld over de 6 jaar een productie van 16,3 t/ha/jr (Figuur 23). Mais is goed aangepast aan de groeicondities, met opbrengsten die vergelijkbaar zijn met literatuur waar rond de 17-20 t DS/ha vermeld wordt (Maarten *et al.*, 2016; Muylle *et al.*, 2015; Pannecoucq *et al.*, 2016). In de periode 2015-2019 was de gemiddelde opbrengst in Tielrode 18,9 t DS/jr. In 2020 mislukte de oogst door grote problemen met de kiemplantjes, bepaalde producten die vooraf aan de zaden worden toegediend, en de vogels afschrikken, waren intussen verboden door de wetgeving, en de zaailingen werden opgegeten door kraaien. Er is dan opnieuw gezaaid, maar ook deze kiemplanten zijn gedeeltelijk weggepikt, en de jonge maisplanten zijn daarna ook nog eens aangevreten door ree.

Gras en Miscanthus produceren jaarlijks gemiddeld 11,9 en 12,3 t/ha/jr. Initieel nam de productie van Miscanthus sterk toe, maar deze toename heeft zich niet doorgezet na de eerste 3 jaar. Geciteerde opbrengsten voor Miscanthus uit de literatuur situeren zich vaak gemiddeld

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

rond de 22-23 t DS/ha (Arundale *et al.*, 2014; Maarten *et al.*, 2016; Muylle *et al.*, 2015), wat bijna dubbel zo hoog is als onze opbrengst. In de literatuur wordt ook aangetoond dat de opbrengsten gestaag toenemen gedurende de eerste jaren na aanplant, en dit onafhankelijk van de weersomstandigheden (Arundale *et al.*, 2014), maar dit hebben we niet kunnen constateren in Tielrode.

Tabel 2. Gemiddelde jaarlijkse biomassaproductie (t DS/ha/jr) van de teelten.

Teelt	Jaar	gemiddelde	standaardafwijking
gras	2015	18.1	0.8
mais	2015	29.9	2.6
Miscanthus	2015	3.9	0.6
gras	2016	10.5	0.5
mais	2016	13.7	0.8
Miscanthus	2016	12.9	0.4
gras	2017	8.0	1.1
mais	2017	16.6	2.0
Miscanthus	2017	13.4	0.6
S. alba	2017	9.9	1.4
S. fragilis	2017	9.2	2.7
S. viminalis	2017	8.2	2.5
gras	2018	5.7	0.5
mais	2018	20.7	2.4
Miscanthus	2018	18.0	1.1
gras	2019	15.5	0.7
mais	2019	13.5	0.4
Miscanthus	2019	12.5	2.1
gras	2020	13.4	1.0
mais	2020	3.4	3.1
Miscanthus	2020	12.9	1.5
S. alba	2020	26.9	6.3
S. fragilis	2020	21.0	2.6
S. viminalis	2020	22.8	3.0

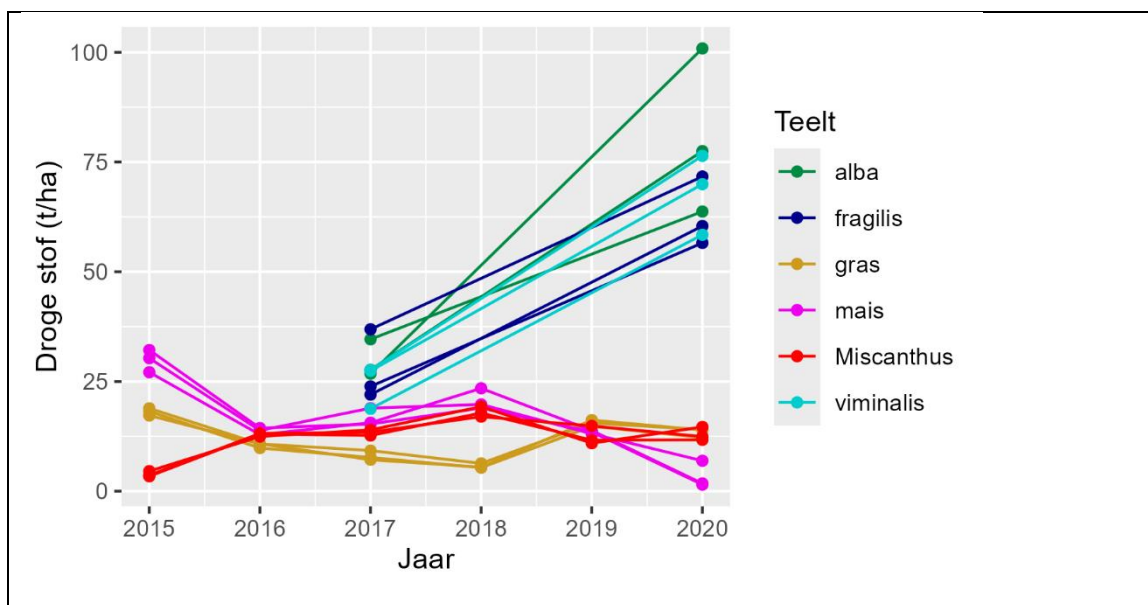
Voor Engels raaigras worden in de literatuur opbrengsten van rond de 14-15 t DS/ha gevonden (Muylle *et al.*, 2015), terwijl de opbrengsten voor Rietzwenkgras 10-15% hoger zouden moeten liggen (Pannecouque *et al.*, 2016). De opbrengsten in Tielrodebroek lijken dus vooralsnog aan de lage kant. De zomers van 2017 en zeker ook 2018 waren zeer droog, wat de verminderende opbrengst van gras mee zou kunnen verklaren, Miscanthus en mais lijken hier minder last van te hebben.

De 3 variëteiten wilg produceren gemiddeld 18.4 t DS/ha/jr (*S. alba*); 15.8 t DS/ha/jr (*S. viminalis*) en 15.1 t DS/ha/jr (*S. fragilis*) over de volledige periode van 6 jaar. Kijken we enkel naar de tweede oogst, dan is de gemiddelde jaarlijkse opbrengst gemiddeld 26.9 (*S. alba*); 22.7 (*S. viminalis*) en 21.0 t DS/ha/jr (*S. fragilis*) (Tabel 2). Er is dus een sterke toename in biomassaproductie tussen de eerste oogst in 2018 en deze in 2021. De nieuwe scheuten van wilg werden nochtans aangevreten door ree in 2018, maar de biomassaproductie heeft hier

niet onder geleden. Deze dieren zochten beschutting tussen de wilgen. De wilgen kunnen nog verschillende cycli geoogst worden, voor er nieuwe scheuten moeten geplant worden.

De opbrengst van wilg loopt sterk uiteen in de literatuur. Muylle et al. (2015) vonden een gemiddelde opbrengst van 12,5 t DS/ha/jr na 3 jaar voor een proefaanplanting in Melle (Vlaanderen), wat lager is dan onze gemiddelde jaarlijkse opbrengst over de eerste 6 jaar. Vervaeke et al. (2001) rapporteerden op baggergronden een gemiddelde productie van 13,4 t DS/ha/jr voor wilgen aangelegd met het Salimat systeem. Andere bronnen vermelden een jaarlijkse opbrengst van 10 t DS/ha/jr (Biewinga & van der Bijl, 1996; Dubuisson & Sintzoff, 1998) voor aanplantingen in West-Europa (België en Nederland). Onderzoek in Polen naar verschillende wilgen klonen toonde jaarlijkse opbrengsten van 7-27 t DS/ha/jr bij de oogst na 6 jaar (ook met een 3-jaarlijkse oogstcyclus) (Kulig et al., 2019). De productie van onze wilgen was dus vrij hoog in vergelijking met literatuur.

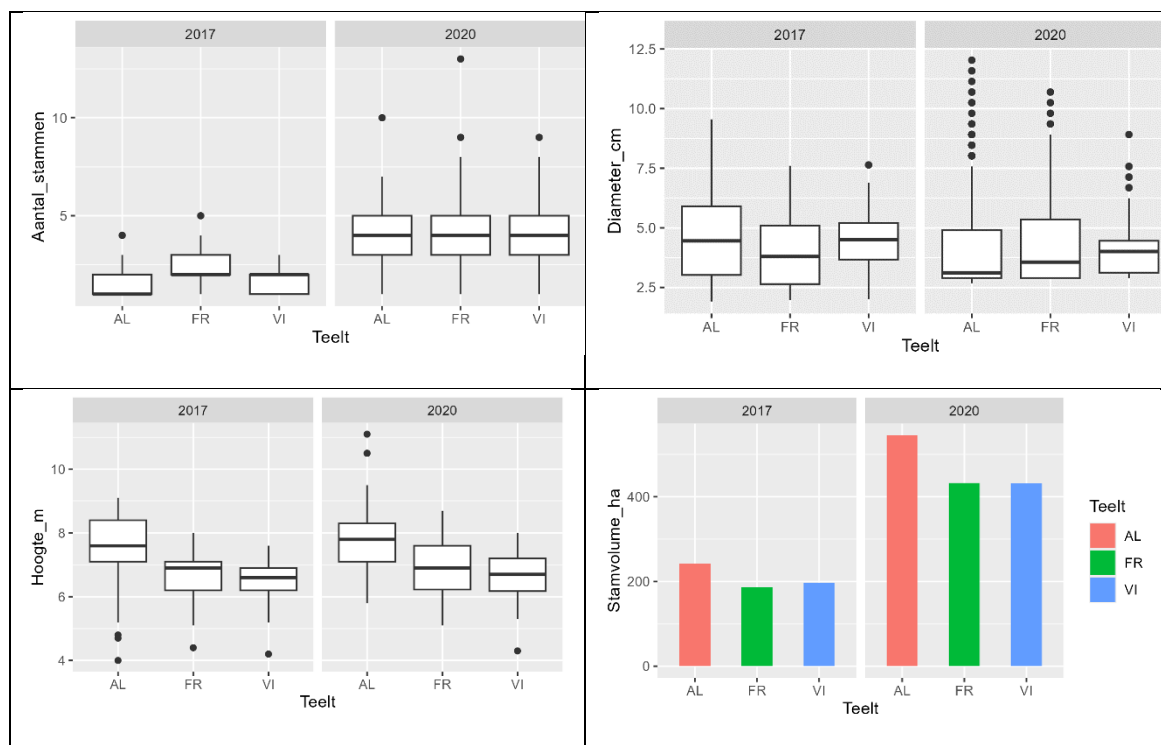
Voor geen enkele van de 3 teelten zien we een negatief effect van de overstromingen die plaatsvonden in 2017, 2018 en 2020. Voor mais en gras vallen de overstromingen buiten het groeiseizoen. Voor Miscanthus is de teelt op de moment al verdroogd en ondervinden de verdroogde stengels geen hinder van het water dat maximaal enkele decimeters diep staat. Ook de wilgen ondervinden geen last van het water in de wintermaanden.



Figuur 23. Droge stof productie (t/ha) van de verschillende teelten. Voor Miscanthus, gras en mais is dit de jaarlijkse opbrengst, voor wilg 3-jaarlijks.

4.4.2 Houtvolume versus droge stof productie

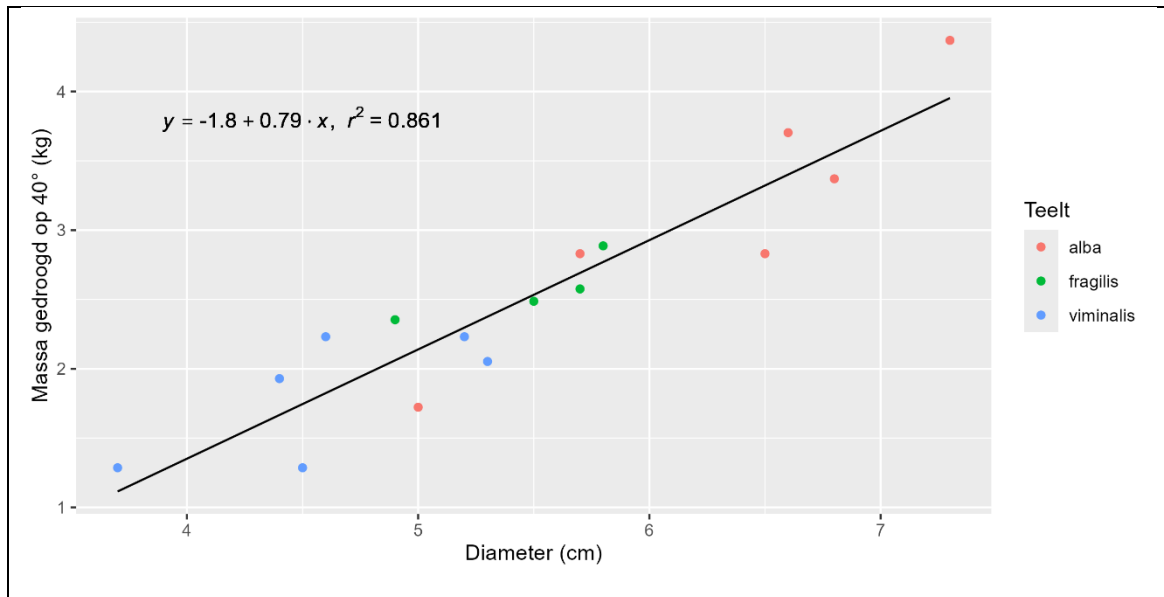
Op basis van de metingen van diameter en hoogte, kunnen we ook het volume hout dat de wilgen produceren, afleiden (Figuur 24). De houtvolumes zijn net als de droge stof productie ongeveer verdubbeld tussen 2017 en 2020. Toen de stoven de eerste keer werden afgezet in 2017 waren er gemiddeld 1,8 scheuten per stoof. In 2020 waren dit er gemiddeld 4,0. Er waren dus meer scheuten, maar ze waren gemiddeld wel dunner (Figuur 24). De mediane waarde voor de diameter van een stoofloot in 2017 was 4,5cm voor *Salix alba*, 3,8cm voor *Salix fragilis* en 4,5cm voor *Salix viminalis*. In 2020 bedroeg dit respectievelijk 3,1cm, 3,6 cm en 4,0cm. De hoogte tenslotte verschilde niet sterk tussen de twee oogstjaren en schommelde rond de 7m (Figuur 24).



Figuur 24. Het aantal scheuten per stoof, de diameter (cm) en de hoogte van de scheuten leiden tot een totaal geoogst volume (m³) per wilgensoort (AL = *S. alba*; FR = *S. fragilis*; VI = *S. viminalis*). De volle lijn in de boxplots stelt de mediaan voor.

Van elke boomsoort werden ook 6 tot 9 individuele scheuten op terrein opgemeten (diameter, lengte) en het vers gewicht werd bepaald. Het vers gewicht werd omgezet naar droog (105°) gewicht om de houtdensiteit af te leiden (Formule $\rho = M/V$ (2)). De metingen uit de individuele bomen wijzen op een houtdensiteit die varieert van 362 kg/m³ voor *Salix alba*, over 447 kg/m³ voor *Salix fragilis* tot 464 kg/m³ voor *Salix viminalis*. Pontailier et al. (1997) vonden een houtdichtheid tussen 350-440 kg/m³ voor korte omloop hout van populier. Sharma et al. (2014) meten houtdichtheden tussen 300 en 530 kg/m³ in *Salix alba* afkomstig van verschillende Europese landen, met een gemiddelde van 390 kg/m³. De houtdichtheid is ook in hun proef sterk afhankelijk van de aangeplante kloon.

Als we de diameters op 22cm uitzetten ten opzichte van de luchtdroge massa van de stammen, zien we dat er een lineaire relatie bestaat tussen beide (Figuur 25). Als we de regressievergelijking afleiden, heeft deze een hoge R² van 0,86. De hoogte van de stam is niet significant en verbetert deze vergelijking dus niet verder. Ook een kwadratische term is niet significant. Om verschillen tussen de wilgenklonen te testen zijn er meer observaties nodig. Ook gelden deze resultaten enkel voor de onderzochte leeftijd van de bomen (namelijk de eerste oogst na 3 jaar). In een proef in Lochristi op natte zandgronden waar 12 populierenklonen werden aangeplant, werden er wel verschillen geconstateerd tussen de regressievergelijkingen van de klonen (Verlinden et al., 2015). Dankzij de regressievergelijking kan de massa van een stam eenvoudig afgeleid worden uit de diameter (allometrische relatie). Dit vereist een veel kleinere meetinspanning dan het wegen van vers geoogst materiaal.



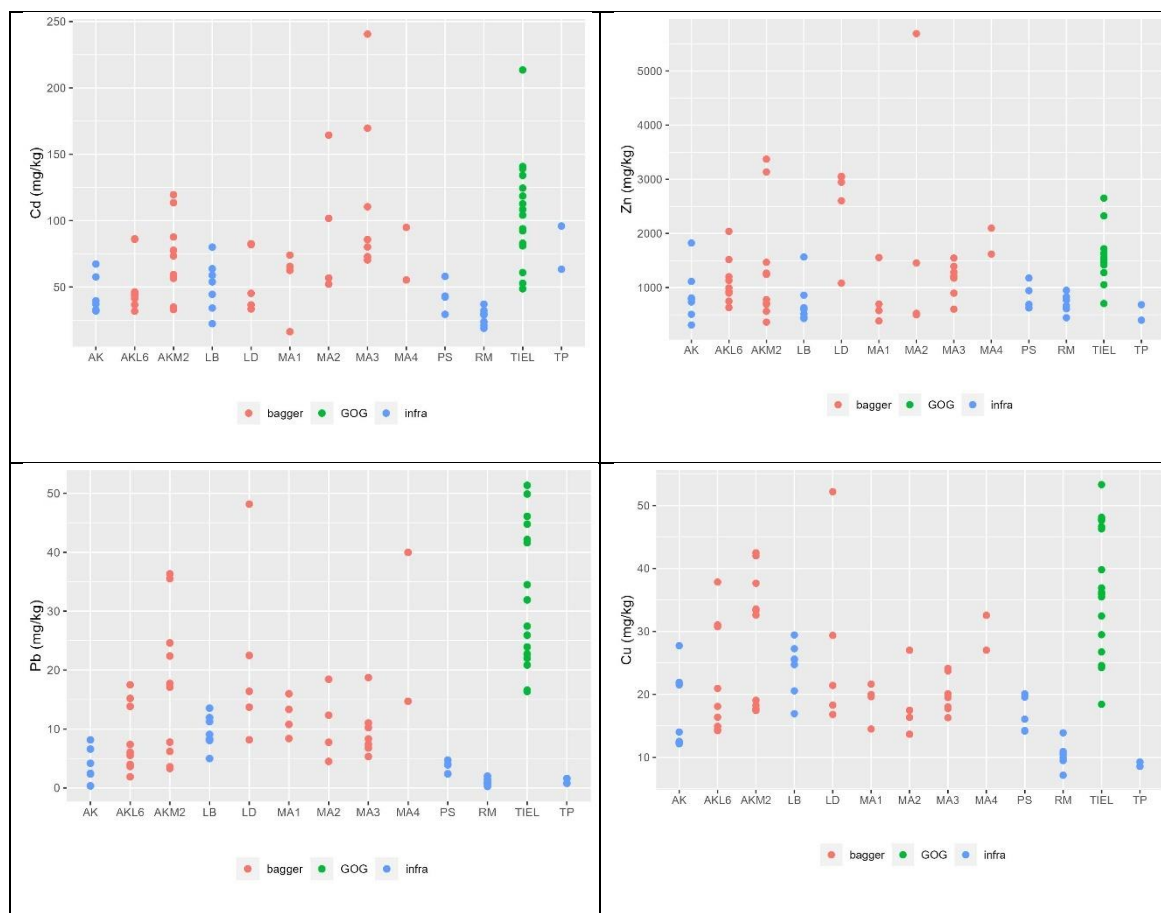
Figuur 25. Lineaire regressie tussen de diameter gemeten op 22cm van de grond en de droge massa van de stam, op het moment van de eerste oogst na 3 jaar.

4.5 BODEMBIODIVERSITEIT

4.5.1 Regenwormen

Een uitgebreide bespreking van de resultaten van de metingen op regenwormen is terug te vinden in Lettens & De Vos (2023), een lange-termijn ecotoxicologische studie op verschillende verontreinigde en niet verontreinigde terreinen. Voor Cd, Pb, Cu en Zn wijzen de statistische modellen op een toename van de lichaamsconcentratie in de regenwormen met toenemende bodemconcentratie. Dit wijst op een ecotoxicologisch risico voor de onderzochte regenwormsoorten. Ook in het focusgebied zijn de concentraties in de regenwormen hoog (Figuur 26). Hoewel de opname getemperd werd door de typische bodemeigenschappen van deze gronden, namelijk hoog gehalte organisch materiaal en CaCO_3 , kan dit niet volledig voorkomen dat de zware metalen zich verspreiden via de invertebraten naar het ruimere voedsel web.

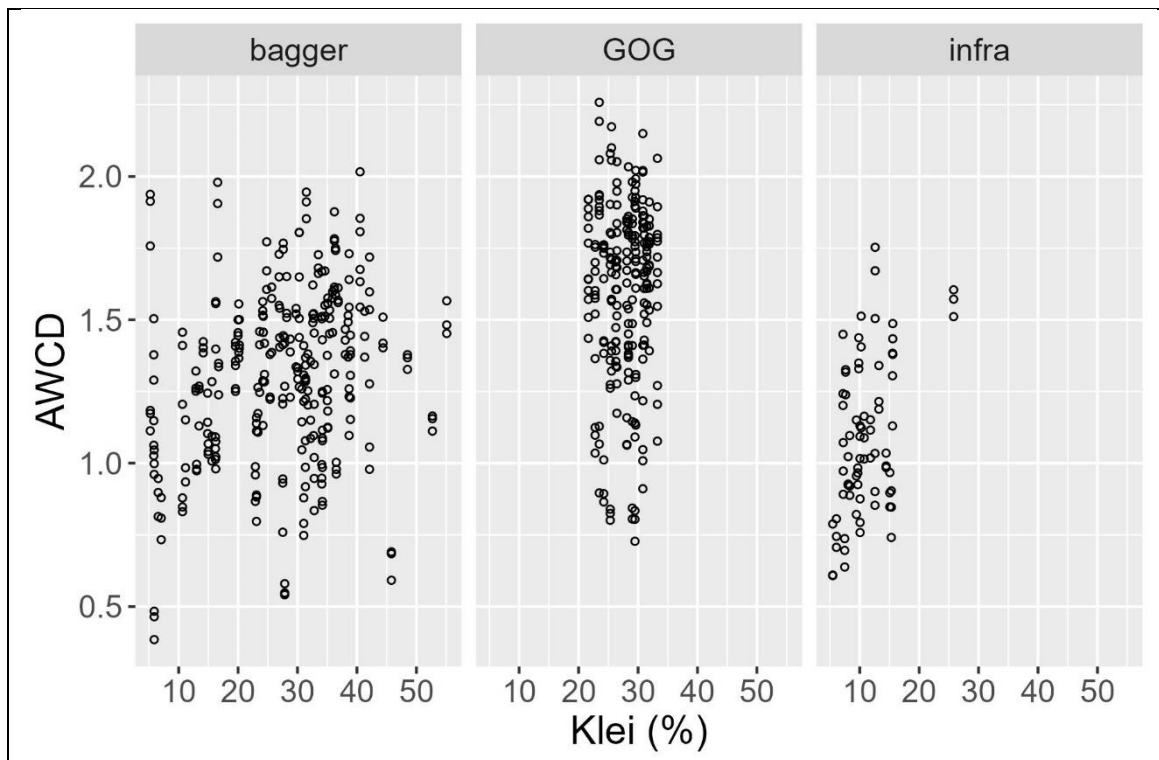
Voor cadmium werd ook een effect van boomsoort geconstateerd. Meer bepaald tonen de data aan dat regenwormen afkomstig van terreinen met loofbos of gras als vegetatie minder Cd bevatten dan hun soortgenoten afkomstig van terreinen waar wilg en populier groeit. Tussen gras en loof is geen significant verschil. Dit verschil werd geconstateerd over alle onderzochte gebieden heen, dus niet specifiek binnen Tielrode. Dit is wel een indicatie dat het de moeite loont om boomsoorten aan te planten die weinig Cd opnemen in hun bladeren. Voor Zn, Cu en Pb had boomsoort geen significant effect op de lichaamsconcentraties.



Figuur 26. Concentraties Cd, Zn, Pb en Cu (mg/kg) in de regenwormen afkomstig van het focusgebied ('TIEL' of GOG) en van een aantal baggergronden (bagger) en infrastructuurgronden (infra).

4.5.2 Microbiële diversiteit

De statistische analyse toont aan dat de 'Average well colour development' of AWCD stijgt met toenemend kleigehalte. Er is dus geen effect van bodemverontreiniging vermits deze positief gecorreleerd is met kleigehalte (Figuur 27). Er is ook geen effect van het vegetatietype. De microbiële organismen profiteren dus vooral van de klei- en voedselrijke bodems, en ondervinden geen aantoonbare negatieve effecten van zware metalen. Dit wil niet zeggen dat er geen negatieve effecten op micro-organismen voorkomen, maar wel dat de functionele microbiële diversiteit voor het metaboliseren van koolstofbronnen niet in het gedrang komt. Het is mogelijk dat bepaalde groepen of soorten micro-organismen toch negatieve effecten ondervinden, maar dat hun plaats ingenomen wordt door tolerante soorten met eenzelfde metabolisch profiel. Deze resultaten worden meer in detail toegelicht in Lettens & De Vos (2023).



Figuur 27. Average well colour development (AWCD) van de verschillende bodemstalen die genomen werden in baggergronden (bagger), in het focusgebied (GOG) en in infrastructuurgronden (infra).

5 WELKE TEELT PRESTEERT HET BESTE?

De finale vergelijking en evaluatie van de teelten omvat verschillende factoren, die niet altijd eenvoudig af te wegen zijn. Aspecten die in dit rapport onderzocht worden zijn (1) de aanwezigheid van polluenten in de bladeren en het hout/de schors, (2) de totale jaarlijkse biomassa-productie en de mogelijke impact van overstromingen, (3) de input naar landbouwbewerkingen en chemische stoffen, (4) de koolstofopslag in de bodem en (5) het ecotoxicologisch risico voor de microbiële diversiteit en voor invertebraten. Voor elk van deze factoren kunnen we een kwalitatieve inschatting geven naar performantie toe (Tabel 3).

Tabel 3. Onderzochte aspecten van de teelten in Tielrode (ZM = zware metalen).

	mais	gras	Miscanthus	wilg
Lage opname ZM in bladeren	++	+	++	0
Biomassaproductie	++	+	+	++
Extensieve teelt	0	+	++	++
Bodemkoolstof	+	++	++	++
Microbiële diversiteit	++	++	++	++
Lage opname ZM in regenwormen	+	+	+	0

Hoewel mais een hoge productie kent, vraagt dit gewas ook een hoog aantal bewerkingen (jaarlijks ploegen, zaaien en oogsten) en een hoge input aan chemische stoffen, zowel qua bemesting als bestrijdingsmiddelen. Het is mede daardoor ook een minder robuust gewas, zo werden de kiemplantjes in 2020 aangevreten door vogels. Het gewas heeft ook nood aan teeltafwisseling en is droogtegevoelig en heeft als exoot weinig geassocieerde biodiversiteit. Voor insecten (bestuivers) is mais van bijzonder weinig nut. Belangrijk voordeel van mais is wel dat dit een gewas is dat landbouwers goed kennen, zodat ze dit makkelijk kunnen inpassen in hun bedrijfsvoering.

Ook grasland past in de normale bedrijfsvoering, maar de productie van biomassa is een stuk lager dan bij mais. Het gewas lijkt ook gevoelig voor droogte. De opname van zware metalen is laag, tenzij voor selenium.

De voordelen van wilg zijn de hoge productie, de geringe nood bewerkingen, en op dergelijke rijke gronden zijn meststoffen overbodig, evenals bestrijdingsmiddelen. Nadelen zijn de hogere opname van Cd, Zn en soms Mn in bladeren en schors. De manier van oogsten (3-jaarlijks, relatief zware en grote stammen) vereist ook een aanpassing van de bedrijfsvoering van de landbouwers. Het betreft hier wel een inheemse boomsoort, wat de lokale biodiversiteit ten goede komt.

Miscanthus houdt de boot in het midden: relatief weinig bewerkingen nodig, weinig chemische bestrijdingsmiddelen, een gemiddelde maar wel robuuste productie van biomassa, en de manier van oogsten is gelijkaardig aan mais. Bovendien zijn de bladgehalten in Miscanthus voor alle polluenten laag, wat het gewas bijzonder geschikt maakt voor fytostabilisatie. Het

6 CONCLUSIES

Na 6 jaar intensieve metingen in een blokkenproef met de alternatieve teelten *Miscanthus* en wilg en de klassieke teelten mais en gras in het gecontroleerd overstromingsgebied Tielrodebroek, besluiten we dat beide alternatieve teelten een hoge biomassaopbrengst realiseerden, weinig inputs vroegen naar meststoffen en herbiciden toe en er weinig onderhoud was aan de teelten zelf. Een minpunt van *Miscanthus* was dat het een exoot is en dat er dus steeds een steriele variant moet aangeplant worden, zodat verspreiding buiten de aanplanting vermeden wordt. Een pluspunt was dat deze teelt zo goed als geen zware metalen opnam uit de bodem, en dus beschouwd kan worden als een uitermate geschikte soort voor fytostabilisatie.

De wilgen zijn inheemse soorten, maar ze namen wel cadmium, zink en in sommige gevallen mangaan op uit de bodem. Deze teelt is dus enkel geschikt voor gebieden met een lage verontreinigingsgraad. Het is een zeer robuuste teelt, die niet gevoelig was voor aantastingen door wild.

De droge zomers hadden geen effect op *Miscanthus*, wilg of mais, maar mogelijk wel op gras, dat een zeer lage opbrengst had in het uiterst droge 2018. Mais was dan weer gevoelig voor aantastingen door vogels en ree.

Geen enkele teelt, noch de alternatieve noch de klassieke, ondervond hinder van de overstromingen. Tijdens de jaren van de proef vonden de overstromingen steeds buiten het groeiseizoen plaats en bovendien waren ze ook weinig intens. Het is uiteraard niet uitgesloten dat in de toekomst overstromingen met hoger debiet of in een ander seizoen plaatsvinden, die op dat moment wel schade veroorzaken.

Analyse van de regenwormen binnen het overstromingsgebied en op andere locaties toonde aan dat de hogere bodemconcentraties ook leiden tot hogere lichaamsconcentraties in de regenwormen, wat wijst op een ecotoxicologisch risico. Voor cadmium waren er indicaties dat regenwormen meer zware metalen opnemen onder boomsoorten met hogere bladconcentraties. De microbiële organismen profiteerden van de klei- en voedselrijke bodems en de functionele diversiteit werd niet negatief beïnvloed door de aanwezige polluenten. Er werden ook geen verschillen gevonden tussen de teelten voor functionele microbiële diversiteit.

Bodemanalyses toonden aan dat wilg, gras en *Miscanthus* gelijkaardige hoeveelheden organische koolstof opslaan in de bodem. Enkel mais sloeg minder koolstof op in de bodem dan de andere teelten, maar zoals verwacht waren de verschillen binnen de (korte) tijdreeks klein.

De kwaliteit van het sediment dat werd afgezet tijdens de overstroming was relatief goed. Er zal dus geen verslechtering van de bodemkwaliteit optreden bij slibafzet, aangezien het slib properder is dan de bovenste bodemlaag. De hoeveelheid slib varieerde bij een 'volwaardige' overstroming (dit wil zeggen dat het volledige proefvlak onder water stond) tussen de 5 en 10 t DS per ha.

Referenties

- Arundale R.A., Dohleman F.G., Heaton E.A., McGrath J.M., Voigt T.B. & Long S.P. (2014). Yields of *Miscanthus* × *giganteus* and *Panicum virgatum* decline with stand age in the Midwestern USA. *GCB Bioenergy* 6 (1): 1-13. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12077>.
- Biewinga E.E. & van der Bijl G. (1996). Sustainability of energy in Europe. A methodology developed and applied. Nr. 234. Centre for Agriculture and Environment, CLM, Utrecht, Netherlands.
- de Lima R.P. & da Silva A.R. (2022). soilphysics: A suite of tools to fit and compare water retention curves. *Soil Science Society of America Journal* 86 (3): 658-663. <https://doi.org/10.1002/saj2.20397>.
- Dubuisson X. & Sintzoff I. (1998). Energy and CO₂ balances in different power generation routes using wood fuel from short rotation coppice. *Biomass and Bioenergy* 15 (4): 379-390. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(98\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(98)00044-0).
- Groenevelt P.H. & Grant C.D. (2004). A new model for the soil-water retention curve that solves the problem of residual water contents. *European Journal of Soil Science* 55 (3): 479-485. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2004.00617.x>.
- Gupta A., Singh N.B., Choudhary P., Sharma J. & Sankhayan H. (2014). Estimation of Genetic Variability, Heritability and Genetic Gain for Wood Density and Fibre Length in 36 Clones of White Willow (*Salix Alba* L.). *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* 7: 299. <https://doi.org/10.5958/2230-732X.2014.00247.2>.
- Hodnett M.G. & Tomasella J. (2002). Marked differences between van Genuchten soil water-retention parameters for temperate and tropical soils: a new water-retention pedo-transfer functions developed for tropical soils. *Geoderma* 108 (3): 155-180. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00105-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00105-2).
- Kulig B., Gacek E., Wojciechowski R., Oleksy A., Kolodziejczyk M., Szewczyk W. & Klimek-Kopyra A. (2019). Biomass yield and energy efficiency of willow depending on cultivar, harvesting frequency and planting density. *Plant, Soil and Environment* 65 (8): 377-386.
- Lettens S. & De Vos B. (2009a). Het overstromingsgebied Tielrodebroek. Ecologische risico-evaluatie op basis van bodem- en bladstalen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. INBO.R.2009.58. Brussel.
- Lettens S. & De Vos B. (2009b). Het gecontroleerd overstromingsgebied Bovenzanden. Ecologische risico-evaluatie op basis van bodem- en bladstalen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. INBO.R.2009.53. Brussel.
- Lettens S. & De Vos B. (2023). Ecotoxicologische risico-evaluatie van het baggerterrein Noordkaai te Menen. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Nr. 29. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Maarten S., Bart V., Sabrina C., Hilde M. & H. P.W. (2016). Effects of first- and second-generation bioenergy crops on soil processes and legacy effects on a subsequent crop. *GCB Bioenergy* 8 (1): 136-147. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12236>.

Vervaeke P., Luyssaert S., Mertens J., De Vos B., Speleers L. & Lust N. (2001). Dredged sediment as a substrate for biomass production of willow trees established using the SALIMAT technique. *Biomass and Bioenergy* 21: 81-90.

Bijlage

BIJLAGE 1. BEMESTINGSADVIES EN BEPALING GRANULOMETRIE VAN DE BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIË.



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIË v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

Staaln. 1344 : VAN BUGGENHOUT MATTHIAS
KLANTNUMMER : 316077
Volgnummer : S1078638 (1/4)
Nr. staalneming : 15060983 (7)
Tel. klant : 054 / 43 61 68

INSTITUUT VOOR NATUUR-EN
GAVERSTRAAT 4
B 9500 GERAARDSBERGEN

Perceelsnaam : TIELRODE (N: 51.106711 E: 4.183765)

Landbouwnummer:

Perceelsnummer: _

Bemonsteringsdiepte: 23 cm

Heverlee, 3/ 6/2015

ONTLEDINGSUITSLAGEN EN BEOORDELING

Bepaling	Uitslag	Streefzone	Beoordeling volgens BEMEX
Grondsoort 458	24	- - -	Kalkhoudend lemig zand
pH-KCl 089 B	7.3	5.7 - 6.1	Zeer hoog
C in % (humus) 473 B	2.5	2.0 - 3.0	Normaal
Verbet. P-waarde 376 B	72	15 - 24	Zeer hoog
Kalium (K) 376 B	28	20 - 33	Normaal
Magnesium (Mg) 376 B	47	21 - 33	Hoog
Calcium (Ca) 376 B	3110	127 - 308	Zeer hoog
Natrium (Na) 376 B	6.0	3.9 - 7.7	Normaal
Boor (B)	---	---	---

De streefzone is individueel per perceel.

BEKALKINGSVOORSCHRIFT

0 z.b.w. per ha

Op dit perceel is voorlopig geen bekalking nodig.

ORGANISCHE KOOLSTOF

Het organische koolstofgehalte (C in %) ligt binnen de streefzone. Op rotatieniveau dient ernaar gestreefd dat de aanvoer van organische stof minstens de natuurlijke afbraak compenseert zodat het huidige niveau behouden blijft.

De voor dit perceel berekende jaarlijkse afbraak is: 1710 kg organische koolstof/ha.

Via de tabel 4 van de begeleidende nota GLB, raadpleegbaar op <http://www.bdb.be/begeleidendenota/GLB.pdf>, kan u nagaan op welke manier deze afbraak kan gecompenseerd worden.

Technisch verantwoordelijke laboratorium
Dr. ir. Hilde Vandendriessche



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

Perceelsnaam : TIELRODE

Volgnummer S1078638 (2/4) 3/ 6/2015

De kolommen naast het bemestingsadvies kan u gebruiken om de bemesting van dit perceel nauwkeurig op te volgen (zie algemene bemerking).

EERSTE JAAR		Door u in te vullen		
boomkwekerij : loofhout		organische bemesting	minerale bemesting	saldo
Kalk	0 z.b.w./ha			
Stikstof	150 kg N/ha			
Fosfor	0 kg P ₂ O ₅ /ha			
Kali	150 kg K ₂ O/ha			
Magnesium	0 kg MgO/ha			
Natrium	0 kg Na ₂ O/ha			
Boor	-			

Indien de vorige deegrijpe maïs werd gedorsen als korrelmaïs, dient het ka-libemestingsadvies te worden verminderd met 90 kg K₂O/ha.

De stikstof fractioneren.

Zie ook bijgevoegde nota i.v.m. kalkvrezende planten.

EERSTE TEELT 5/2015		Door u in te vullen		
deeg- of voedermaïs		organische bemesting	minerale bemesting	saldo
Kalk	0 z.b.w./ha			
Stikstof	160 kg N/ha			
Fosfor	0 kg P ₂ O ₅ /ha			
Kali	220 kg K ₂ O/ha			
Magnesium	0 kg MgO/ha			
Natrium	0 kg Na ₂ O/ha			
Boor	-			

Indien de vorige deegrijpe maïs werd gedorsen als korrelmaïs, dient het ka-libemestingsadvies te worden verminderd met 90 kg K₂O/ha.



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

Perceelsnaam : TIELRODE

Volgnummer S1078638 (3/4) 3/ 6/2015

De kolommen naast het bemestingsadvies kan u gebruiken om de bemesting van dit perceel nauwkeurig op te volgen (zie algemene bemerking).

EERSTE TEELT 5/2015		Door u in te vullen		
akkerbouw		organische bemesting	minerale bemesting	saldo
Kalk	0 z.b.w./ha			
Stikstof	130 kg N/ha			
Fosfor	0 kg P ₂ O ₅ /ha			
Kali	260 kg K ₂ O/ha			
Magnesium	0 kg MgO/ha			
Natrium	0 kg Na ₂ O/ha			
Boor	-			

Indien de vorige deegrijpe maïs werd gedorsen als korrelmaïs, dient het ka-libemestingsadvies te worden verminderd met 90 kg K₂O/ha.

STAALNAME

Uw contactpersoon : VAN BUGGENHOUT MATTHIAS
URSENE 14
1840 LONDERZEEL
Tel.: 0479 / 64 98 08

Het staal werd genomen op 18/ 5/2015. Het grondstaal is aangekomen op 19/ 5/2015 bij de Bodemkundige Dienst in Heverlee. De analysedatum is 19/ 5/2015.

De ontledingsuitslag en beoordeling werden vrijgegeven door Stan Deckers, adviseur Land- en Tuinbouw.

Dit advies werd opgemaakt in de veronderstelling dat de 3 teelten NAAST elkaar verbouwd worden.

Indien vóór de grondstaalname reeds organische of minerale meststoffen werden toegediend voor de eerstvolgende teelt, dan dienen deze in mindering te worden gebracht van het bemestingsadvies. De gemiddelde bemestingswaarde van organische mest is vermeld in tabel 2 van de verklarende nota, raadpleegbaar op <http://www.bdb.be/begeleidendenota/GLB.pdf>

Voor een evenwichtige en optimale bemesting moet de som van de bemestingswaarden van alle toegediende bemestingen gelijk zijn aan het advies.

De **STIKSTOFBEMESTINGSADVIEZEN** die bij de verschillende teelten gegeven worden, zijn richtinggevende waarden. Meer nauwkeurige stikstofbemestingsadviezen kunnen alleen bekomen worden op basis van de **N-INDEX**-bepaling van het perceel.

Het hoger vermelde bemestingsadvies KAN in tegenspraak zijn met de wettelijk toegelaten dosis op dit perceel. Het advies dat hier geformuleerd staat, is gericht op een landbouwkundig optimaal rendement. Het houdt dus geen rekening met de specifiek geldende bemestingsnormen op dit perceel.

Dit advies werd u eveneens per e-mail bezorgd.

Onderzoek wordt verricht en adviezen worden verstrekt op voorwaarden dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling.



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

Perceelsnaam : TIELRODE

Volgnummer S1078638 (4/4) 3/ 6/2015

INFORMATIE UITGEVOERDE ANALYSE- EN ADVIESMETHODEN

Parameter	Meth.nr.	Eenheid	Accreditatie/ Erkenningen	Beproevingsmethode
Grondsoort	458		7	BDB-methode: palpatie
pH-KCl (ISO)	053		B; 7; 9;16	ISO 10390; CMA/2/II/A.20; BOC
pH-KCl	089		B; 16	BDB-methode afgeleid van ISO 10390;
Organische koolstof (ISO)	473	%	B;7; 8; 9	CMA/2/II/A.10;ISO 14235; BAM/deel 1/10;BOC
Plantbeschikbare fosfor	376	mg/100 g	B;16;8	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare kalium	376	mg/100 g	B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare magnesium	376	mg/100 g	B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare calcium	376	mg/100 g	B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare natrium	376	mg/100 g	B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM

Legende	Accreditatie/ Erkenning
B	BELAC-accreditatie 127-TEST (ISO 17025)
7	Vlaanderen ALBON Erkenning: deeldomein bodembescherming (VLAREL)
8	Vlaanderen VLM Erkenning in het kader van het Mestdecreet
9	Vlaanderen OVAM Erkenning laboratorium
16	Brussels Gewest BIM Erkend laboratorium

BEMEX : Bemestingsexpertsysteem Bodemkundige Dienst van België. Voor de beoordelingsmethodiek zie verklarende nota bij de grondontleding, raadpleegbaar op <http://www.bdb.be/begeleidendenota/GLB.pdf>
De analyseresultaten hebben uitsluitend betrekking op de geanalyseerde objecten. Het verslag mag niet worden gereproduceerd, behalve in volledige vorm, zonder de schriftelijke toestemming van de Bodemkundige Dienst van België vzw. Meetonzekerheden van de BELAC-geaccrediteerde methodes kunnen aangevraagd worden.
Einde verslag



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

Staaln.: VAN BUGGENHOUT MATTHIAS
1344 URSENE 14
1840 LONDERZEEL
0479 / 64 98 08

M. INSTITUUT VOOR NATUUR-EN

GAVERSTRAAT 4
B 9500 GERAARDSBERGEN

KLANTNUMMER : 316077
Volgnummer B.D. : S1078638 (1/4)
Nr. staalneming : 15060983 (7)
Perceelsnaam: TIELRODE (N: 51.106711 E: 4.183765) Heverlee, 4/ 6/2015
Landbouwnummer: Perceelsnummer: -
Bemonsteringsdiepte: 23 cm

ONTLEDINGSUITSLAGEN EN BEOORDELING

Bepaling	Uitslag	Streefzone	Becoordeling volgens BEMEX
Grondsoort 458	24	- - -	Kalkhoudend lemig zand
pH-KCl 089 B	7.3	5.4 - 5.9	Zeer hoog
C in % (humus) 473 B	2.5	3.6 - 5.5	Laag
Verbet. P-waarde 376 B	72	19 - 27	Zeer hoog
Kalium (K) 376 B	28	12 - 21	Tamelijk hoog
Magnesium (Mg) 376 B	47	17 - 27	Zeer hoog
Calcium (Ca) 376 B	3110	135 - 314	Te laag t.o.v. calcium
Natrium (Na) 376 B	6.0	4.1 - 6.3	Zeer hoog
Zwavel (S)	---	---	Normaal
Koper (Cu)	---	---	
Kobalt (Co)	---	---	

BEKALKINGSVOORSCHRIFT (totale dosis) : 0 z.b.w. per ha

BEMESTINGSADVIES in kg/ha voor weide-aanleg : herfst

EERSTE JAAR	
Kalk :	0 z.b.w.
Stikstof :	60 kg N bij het zaaien
Fosfor :	0 kg P ₂ O ₅
Kali :	50 kg K ₂ O
Magnesium :	80 kg MgO
Natrium :	20 kg Na ₂ O
Zwavel :	-
Koper :	-
Kobalt :	-



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

Staaln.: VAN BUGGENHOUT MATTHIAS
1344 URSENE 14
1840 LONDERZEEL
0479 / 64 98 08

M. INSTITUUT VOOR NATUUR-EN

GAVERSTRAAT 4
B 9500 GERAARDSBERGEN
Tel.: 054 / 43 61 68

KLANTNUMMER : 316077

Volgnummer B.D. : S1078638 (2/4)

Nr. staalneming : 15060983 (7)

Perceelsnaam: TIELRODE (N: 51.106711 E: 4.183765)

Heverlee, 4/ 6/2015

Landbouwnummer:

Perceelsnummer: -

BEMESTINGSADVIES in kg/ha voor blijvende maaibeide

TWEDE GROEISEIZOEN

	- dosis voor 2 sneden -	- per bijkomende snede maaien -
Kalk :	0 z.b.w.	0 z.b.w.
Stikstof :	120 kg N in het voorjaar en 100 kg voor de tweede snede	90 kg N voor de derde en per volgende snede (zie opmerking)
Fosfor :	0 kg P ₂ O ₅	0 kg P ₂ O ₅
Kali :	200 kg K ₂ O, waarvan 80 kg na de eerste snede	100 kg
Magnesium :	80 kg MgO	10 kg MgO
Natrium :	20 kg Na ₂ O	0 kg Na ₂ O
Zwavel :	-	-
Koper :	-	-
Kobalt :	-	-

DERDE GROEISEIZOEN

	- dosis voor 2 sneden -	- per bijkomende snede maaien -
Kalk :	0 z.b.w.	0 z.b.w.
Stikstof :	120 kg N in het voorjaar en 100 kg voor de tweede snede	90 kg N voor de derde en per volgende snede (zie opmerking)
Fosfor :	0 kg P ₂ O ₅	0 kg P ₂ O ₅
Kali :	220 kg K ₂ O, waarvan 80 kg na de eerste snede	100 kg
Magnesium :	80 kg MgO	10 kg MgO
Natrium :	0 kg Na ₂ O	0 kg Na ₂ O
Zwavel :	-	-
Koper :	-	-
Kobalt :	-	-



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

M. INSTITUUT VOOR NATUUR-EN

Staaln.: VAN BUGGENHOUT MATTHIAS

1344 URSENE 14
1840 LONDERZEEL
0479 / 64 98 08

GAVERSTRAAT 4
B 9500 GERAARDSBERGEN
Tel.: 054 / 43 61 68

KLANTNUMMER : 316077

Volgnummer B.D. : S1078638 (3/4)

Nr. staalneming : 15060983 (7)

Perceelsnaam: TIELRODE (N: 51.106711 E: 4.183765)

Heverlee, 4/ 6/2015

Landbouwnummer:

Perceelsnummer:

Specifieke opmerk. voor blijvende maaibeide

De stikstofbemesting moet in de loop van het seizoen aangepast worden aan de groeiomstandigheden. Bij droogte moet vooral op droogtegevoelige gronden de stikstofdosering verminderd worden o.m. om een ophoping van nitraten in het gras en in de bodem en een bijkomende groeiremming door zout schade te vermijden. Na half augustus is stikstofbemesting niet meer aangewezen.

ALGEMENE BEMERKINGEN :

Bij de bemesting de voorkeur geven aan zuurwerkende meststoffen. Omwille van de hoge pH bestaat hier gevaar dat het gras te arm zal zijn aan mangaan. Dit kan aanleiding geven tot moeilijkheden bij de vruchtbaarheid van de dieren. Daarom is het wenselijk op deze weiden in de lente 20 kg mangaan-sulfaat per ha toe te dienen, op vochtig gras onmiddellijk voor het begrazen van het perceel, en nogmaals 20 kg in de zomerperiode (op dezelfde manier). De behandeling strooksgewijs toepassen volstaat. De magnesium bij voorkeur fractioneren : bv. 2/3 in de lente en 1/3 in augustus.

STAALNAME

Het staal werd genomen op 18/ 5/2015. Het grondstaal is aangekomen op 19/ 5/2015 bij de Bodemkundige Dienst in Heverlee. De analysedatum is 19/ 5/2015. De ontledingsuitslag en beoordeling werden vrijgegeven door Stan Deckers, adviseur Land- en Tuinbouw. Het hoger vermelde bemestingsadvies KAN in tegenspraak zijn met de wettelijk toegelaten dosering op dit perceel. Het advies dat hier geformuleerd staat, is gericht op een landbouwkundig optimaal rendement. Het houdt dus geen rekening met de specifiek geldende bemestingsnormen op dit perceel. Dit advies werd u eveneens per e-mail bezorgd.

Onderzoek wordt verricht en adviezen worden verstrekt op voorwaarden dat de aanvrager afstand doet van ieder recht op aansprakelijkstelling.

INFORMATIE UITGEVOERDE ANALYSE- EN ADVIESMETHODEN

Parameter	Meth.nr.	Eenheid	Accreditatie/ Erkenningen	Beproevingsmethode
-----------	----------	---------	------------------------------	--------------------



BODEMKUNDIGE DIENST VAN BELGIE v.z.w.

W. de Croylaan 48
B-3001 Heverlee
Tel.: 016-31 09 22 - Fax: 016-22 42 06
E-mail: info@bdb.be

Leliestraat 63
B-8800 Roeselare
Tel.: 051-20 54 00 - Fax: 051 20 54 20
E-mail: info@bdb.be

BNP: BE22 0015 8344 2447
KBC: BE94 7364 0303 0014
PRC: BE95 0000 4991 2358
B.T.W.: BE 420.415.024

Perceelsnaam : TIELRODE

Volgnummer S1078638 (4/4) 4/ 6/2015

Grondsoort	458	7	BDB-methode: palpatie
pH-KCl (ISO)	053	B; 7; 9;16	ISO 10390; CMA/2/II/A.20; BOC
pH-KCl	089	B; 16	BDB-methode afgeleid van ISO 10390;
Organische koolstof (ISO)	473	% B;7; 8; 9	CMA/2/II/A.10;ISO 14235; BAM/deel 1/10;BOC
Plantbeschikbare fosfor	376	mg/100 g B;16;8	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare kalium	376	mg/100 g B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare magnesium	376	mg/100 g B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare calcium	376	mg/100 g B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM
Plantbeschikbare natrium	376	mg/100 g B;16	BDB-methode, afgeleid van Egnér, Riehm, Domingo; Meting met ICP-AES: ISO 11885;CMA 2/I/B1: extractie en meting conform BAM

Legende	Accreditatie/ Erkenning
B	BELAC-accreditatie 127-TEST (ISO 17025)
7	Vlaanderen_ALBON_Erkenning: deeldomein bodembescherming (VLAREL)
8	Vlaanderen_VLM_Erkenning in het kader van het Mestdecreet
9	Vlaanderen_OVAM_Erkenning laboratorium
16	Brussels Gewest_BIM_Erkend laboratorium

BEMEX : Bemestingsexpertsysteem Bodemkundige Dienst van België. Voor de beoordelingsmethodiek zie verklarende nota bij de grondontleding, raadpleegbaar op <http://www.bdb.be/begeleidendenota/GLB.pdf>

De analyseresultaten hebben uitsluitend betrekking op de geanalyseerde objecten. Het verslag mag niet worden gereproduceerd, behalve in volledige vorm, zonder de schriftelijke toestemming van de Bodemkundige Dienst van België vzw. Meetonzekerheden van de BELAC-geaccrediteerde methodes kunnen aangevraagd worden.

Einde verslag

Technisch verantwoordelijke laboratorium
Dr. ir. Hilde Vandendriessche



Klant: 316077 **Instit. Voor Natuur en Bosbeheer**

Perceel TIELRODE

GRANULOMETRIE

Labouitslag in % van de minerale fractie

Zandfractie

50-2000 μm	52.45
-----------------------	-------

Leemfractie

2-50 μm	39.82
--------------------	-------

Kleifractie

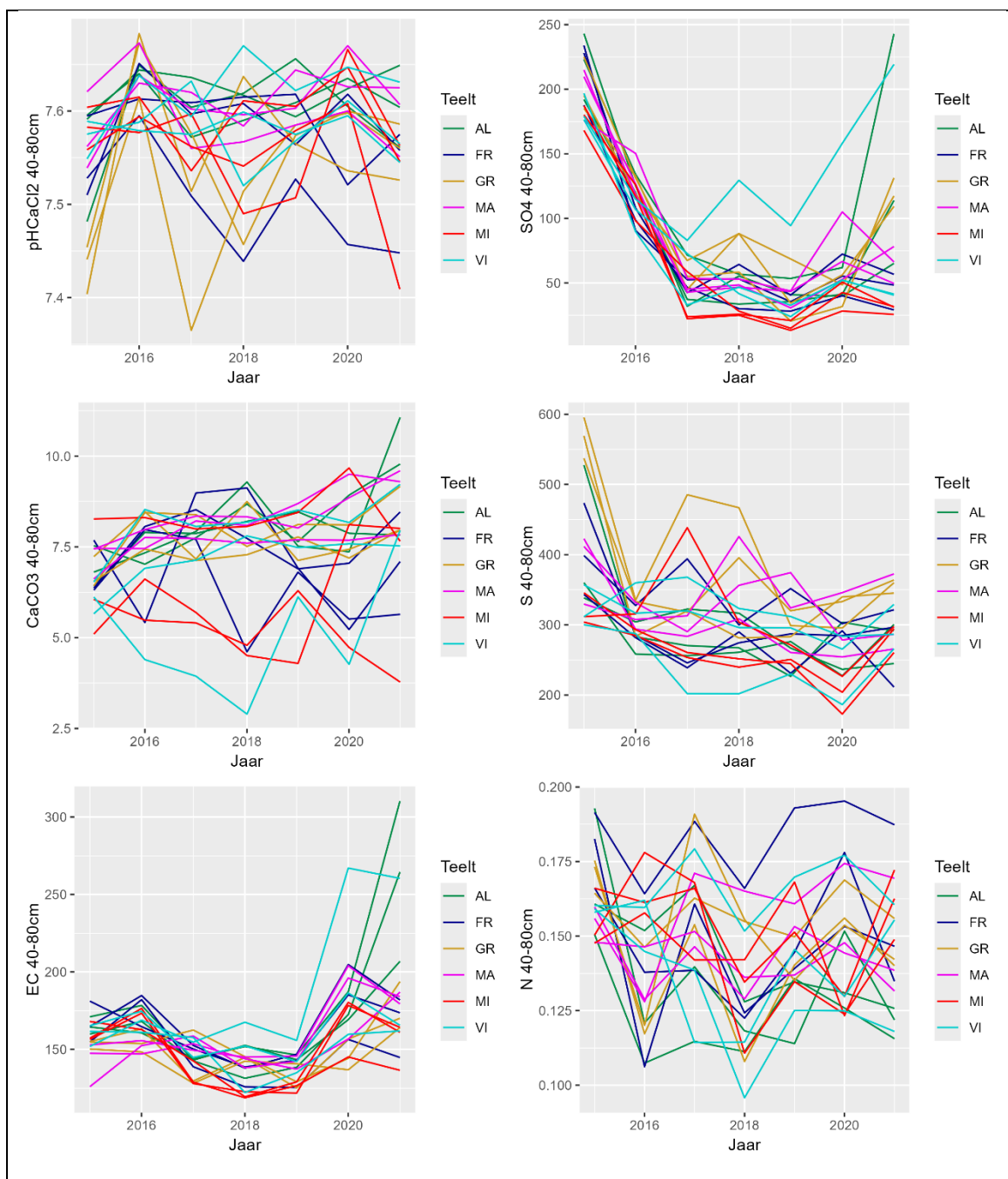
0-2 μm	7.73
-------------------	------

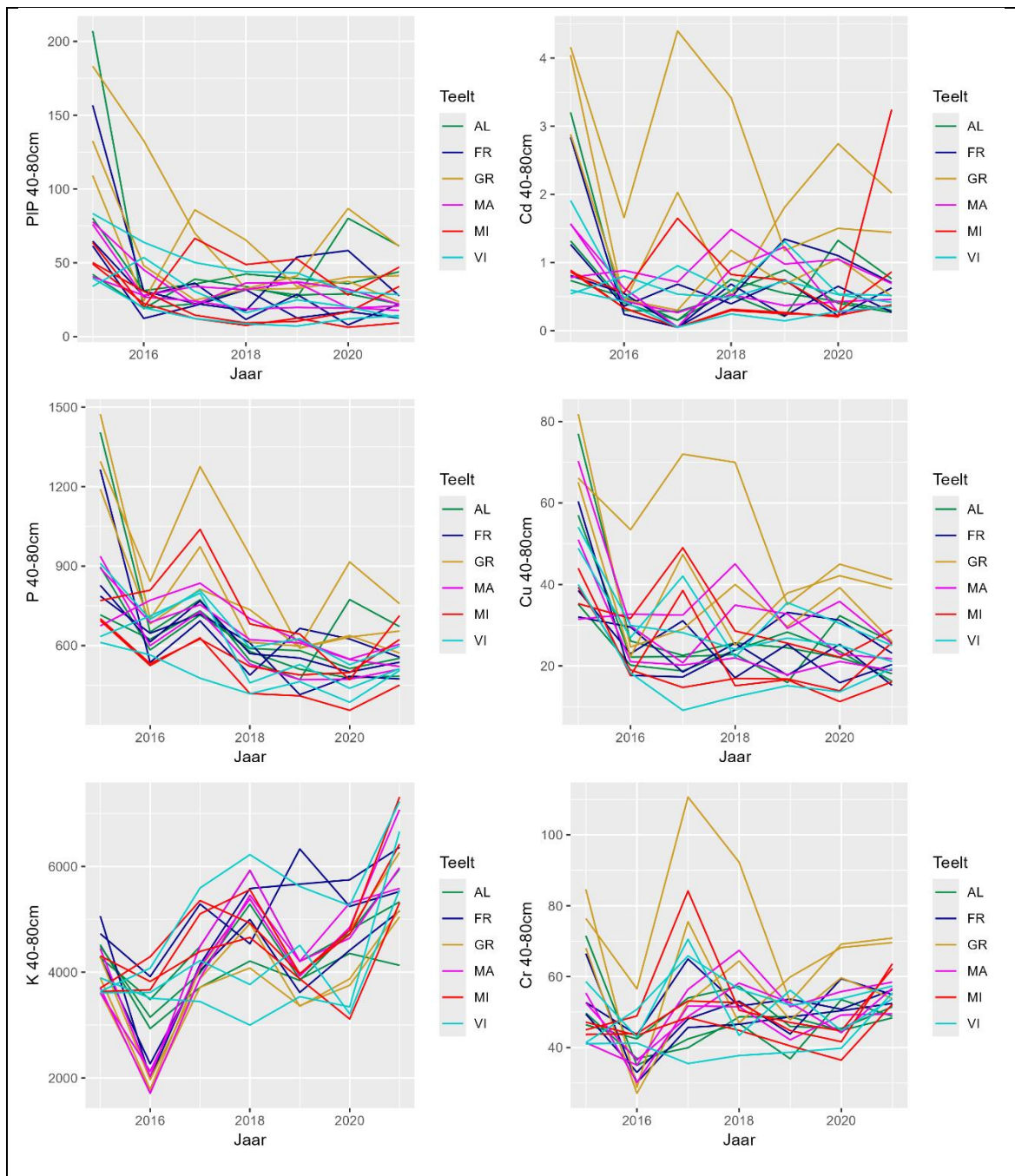
Beoordeling

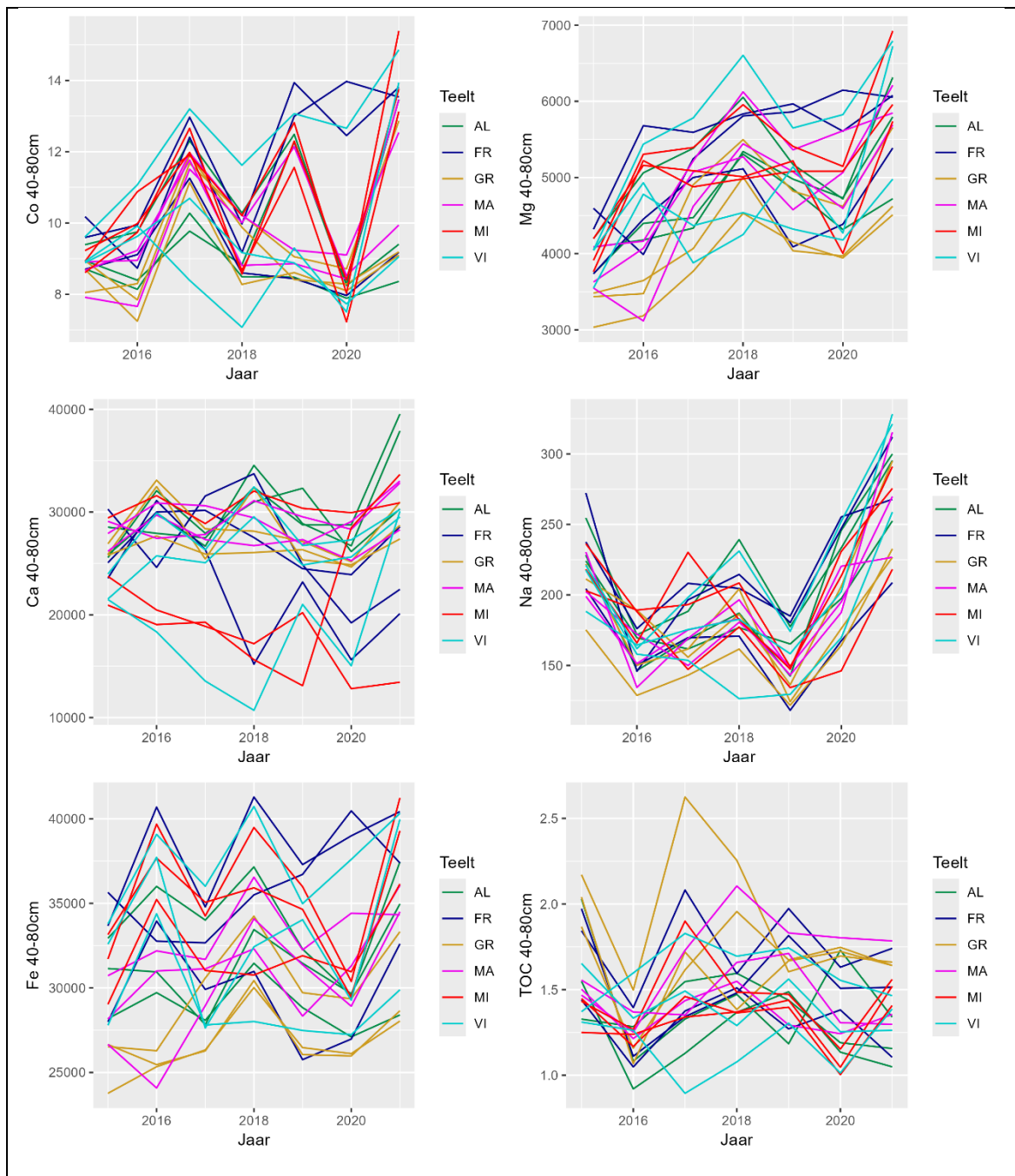
Licht zandleem

N.B.: Bij de granulometrische samenstelling worden de verschillende fracties van de bodem gerangschikt volgens korrelgrootteklassen) uitgedrukt in % op droge grond, waarvan de organische stof is verbrand.
Beoordeling volgens textuurdriehoek van Centrum voor bodemkartering.

BIJLAGE 2. CHEMISCHE ANALYSES VAN DE BODEMSTALEN IN DE LAAG 40-80 CM VOOR DE TEELTEN AL = *S. ALBA*; FR = *S. FRAGILIS*, GR = GRAS, MA = MAIS; MI = *MISCANTHUS*, VI = *S. VIMINALIS*). VOLGENDE VARIABLEN WORDEN GETOOND: PHCaCl2, GEHALTE CaCO3 (%), EC (μS/cm), GEHALTE SO4 (MG/KG), S (MG/KG), N (%), GEHALTE PLANTBESCHIKBARE P (PLP), P, K, Cd, Cu, Cr, Hg, Pb, Zn, As, Mn, Ni, Co, Ca, Fe, Mg EN Na (MG/KG) EN HET GEHALTE ORGANISCHE KOOLSTOF (TOC, %).







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