
SYNTHESE NOTA

BIJLAGE 2
LANDBOUWEFFECTENSTUDIE

6

PARTNERS

De Vlaamse Waterweg nv
Departement Omgeving
Provincie Oost-Vlaanderen

ONDERZOEKSTEAM 2022-2024

Projectleiding & coördinatie: IMDC
Ontwerpend Onderzoek, geïntegreerde afweging en effectenonderzoek: Tractebel
Expertise water: IMDC
Instrumentarium: Atelier Romain
Communicatie & stakeholdermanagement: Billie Bonkers
Landbouweffectenstudie: Bodemkundige dienst
Maatschappelijke kosten & baten: VITO



Dendervallei: ruimte voor water

Auteurs: Bram Valkenburg en Mieke Verbeeck
Uitgavedatum: 12/05/2023
Rapportversie: Versie 2
Aantal pagina's: 90
Bestand: 12052023_Rapport_IMDC_Dendervallei
Nagelezen door: Bram Valkenburg en Mieke Verbeeck
Verspreiding: Opdrachtgever
Opdrachtgever: IMDC

Van Immerseelstraat 66
B-2018 Anwerpen, België
michael.van.rompaey@imdc.be
+32 3 270 92 95
Contactpersoon: Michael Van Rompaey



Uitvoerder: Bodemkundige Dienst van België vzw
W. de Croylaan 48
3001 Heverlee
info@bdb.be
+32 16 31 09 22
Projectleider: Pieter Janssens



Ref. Opdrachtgever:	Raamovereenkomst inzake procesbegeleiding Werf "Ruimte voor Water – Dendervallei" Bestek AST-21-0011 Vlaamse Waterweg
Ref. BDB:	Offerte van 06/09/2022
Projectcode BDB:	P/OO/584
Projectperiode:	Van 01/10/2022 tot 12/05/2023
Referaat:	Indien van toepassing dient gerefereerd te worden naar dit document als volgt: Valkenburg, B., Verbeeck, M. (2023). Dendervallei: ruimte voor water. Project uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België vzw in opdracht van IMDC nv. Tussentijds rapport 12/05/2023. 90 p.
Kwaliteitsbewaking:	Het project valt onder het toepassingsgebied en de onderzoeksafdeling die gecertificeerd is met het ISO9001:2015 label door KIWA. Dit houdt in dat voortdurend gestreefd wordt naar kwaliteitsverbetering, zowel op het gebied van onderzoek, studieopdrachten, projectwerking als terrein- en proefveldwerking.

DISCLAIMER:

In deze studie zijn de effecten van een overstroming op gewasopbrengsten en inkomstenverliezen berekend via een bodemwaterbalans en gewasgroei model. Dit model neemt enkel de impact van een overstroming door verminderde gewasgroei veroorzaakt door de overmaat aan water door de overstroming in rekening. Dit wil zeggen dat de inschattingen van impact op gewasgroei en inkomsten van landbouwers door dit model beperkt is tot dit mechanisme en andere processen, zoals **schade door slibafzetting, beperking in landmanagement en andere niet in rekening gebracht zijn.**

Bij de berekeningen van landbouwpraktijken werd er gebruik gemaakt van overstromingscontouren geleverd op 28 november 2022. Bij de impactberekeningen (hoofdstuk 3.3) werd er gebruik gemaakt van overstromingscontouren geleverd op 12 april 2023. Deze verschillen enkel licht van elkaar. Men kan aannemen dat de conclusies voor de landbouwpraktijken gelijk zijn bij beide versies van de overstromingcontouren.

Inhoudstabel

1	Opdracht.....	5
1.1	Doel van de opdracht.....	5
1.2	Beknpte beschrijving van de landbouwpraktijk in het projectgebied	5
1.3	Kansen voor een betere waterretentie in het Denderbekken	5
1.4	Impact van de voorgestelde alternatieven voor de gewasproductie.....	5
2	Toegepaste werkwijze en methode.....	7
2.1	Beknpte beschrijving van de landbouwpraktijken	7
2.1.1	Inventarisatie van de voorkomende landbouwteelten	7
2.1.2	Inventarisatie van de voorkomende bodemtypes	7
2.1.3	Analyse bodemvruchtbaarheid.....	8
2.1.4	Beschrijving erosiegevoeligheid	10
2.2	Kansen op betere waterretentie in het Denderbekken	10
2.2.1	Kansen voor aangepast peilbeheer.....	10
2.2.2	Erosiebestrijding.....	12
2.2.3	Verhoging koolstofgehalte in de bodem	13
2.2.4	Nieuwe, meer klimaatrobuuste, teelten	16
2.3	Impact van de voorgestelde alternatieven op de gewasproductie	16
2.3.1	Berekening impact per hectare getroffen landbouwgrond.....	17
2.3.2	Opschaling.....	19
3	Resultaten en bespreking	21
3.1	Beknpte beschrijving van de landbouwpraktijken	21
3.1.1	Inventarisatie van de voorkomende landbouwteelten	21
3.1.2	Inventarisatie van de voorkomende bodemtypes	27
3.1.3	Analyse bodemvruchtbaarheid.....	37
3.1.4	Beschrijving erosiegevoeligheid	38
3.2	Kansen op betere waterretentie in het Denderbekken	42
3.2.1	Kansen voor aangepast peilbeheer.....	42
3.2.2	Erosiebestrijding.....	48
3.2.3	Verhoging koolstofgehalte in de bodem	55
3.2.4	Nieuwe, meer klimaatrobuuste, teelten	64
3.3	Impact van de voorgestelde alternatieven op de gewasproductie	65
3.3.1	Beschrijving van de modelsituaties	65
3.3.2	Bepalende factoren: bodemtype, periode en overstromingsduur	68
3.3.3	Opschaling impactmodellering	71
3.3.4	Reflecties impactmodellering	73
3.3.5	Impact van de voorgestelde alternatieven	74
4	Referenties	88

1 Opdracht

1.1 Doel van de opdracht

Met voorliggende nota wordt een plan van aanpak voorgesteld dat enerzijds de kansen beschrijft om meer water vast te houden op de landbouwpercelen gelegen in het Denderbekken. Anderzijds wordt de invloed van de aanleg van bijkomende bescherming en van wachtbekkens, zoals ze voorkomen in de vier voorgestelde alternatieven, op de impact van overstromingen op de gewasproductie gekwantificeerd via modellering. Er worden impactberekeningen (dit is het effect van een overstroming op de gewasopbrengst) gedaan voor de huidige toestand, het referentiescenario 2050, het eerste alternatief (A1) waar bijkomende bescherming in de overstroombare vallei is opgenomen en vervolgens voor drie alternatieven waar wachtbekkens worden aangelegd om water te bufferen in functie van kernen (B1), met extra buffering stroomafwaarts (B2) of extra buffering stroomopwaarts (B3).

1.2 Beknopte beschrijving van de landbouwpraktijk in het projectgebied

Ter voorbereiding van het studiewerk wordt een beknopte beschrijving gemaakt van de voorkomende landbouw in het projectgebied. De analyse gebeurt met behulp van GIS analyse op basis van publieke informatie beschikbaar op www.geopunt.be, www.vmm.be en www.dov.vlaanderen.be. De analyse wordt toegepast op het ganse denderbekken gezien ook mogelijke ingrepen op de hoger gelegen plateaus bijdragen tot een verminderd risico op wateroverlast ter hoogte van de Dender. Volgende elementen worden betrokken in de analyse:

- Inventarisatie van de voorkomende landbouwteelten
- Inventarisatie van de voorkomende bodemtypes
- Analyse van de bodemvruchtbaarheid van de landbouwpercelen
- Beschrijving van erosiegevoeligheid van de landbouwpercelen

1.3 Kansen voor een betere waterretentie in het Denderbekken

Een aangepast peilbeheer, het verhogen van de bodemkwaliteit en het bestrijden van erosie draagt bij tot een betere waterretentie in het Denderbekken. Bovendien dragen deze maatregelen bij tot een meer robuuste landbouuitbating. De kansen worden kwalitatief en waar mogelijk kwantitatief beschreven voor het Denderbekken.

1.4 Impact van de voorgestelde alternatieven voor de gewasproductie

Er wordt voorgesteld om voor de landbouwpercelen die worden geïmpacteerd door de actuele toestand, de referentietoestand 2050 als ook voor de voorgestelde alternatieven te beschrijven welke gewasproductieverandering er mag verwacht worden. Een belangrijke opmerking is dat voor percelen die buiten de

wachtbekkens liggen de kans op overstromingen verandert door de aanleg van de wachtbekkens. De wachtbekkens zullen enkel bij uitzonderlijke piekafvoeren op de Dender water bufferen, zodat percelen die buiten de wachtbekkens liggen bij lagere piekafvoeren mogelijks meer impact ondervinden dan zonder de wachtbekkens.

Eventuele schade wordt veroorzaakt door een overstroming met bepaalde frequentie over een bepaalde periode. De betrokken percelen zijn veelal gelegen dicht tegen de Dender. De percelen kennen dikwijls een hoge grondwaterstand waardoor ze meestal als grasland worden uitgebaat. Sporadisch komen ook andere akkerbouwteelten zoals mais of aardappel in de vallei voor. Er wordt voorgesteld het effect van de overstromingen op de gewasproductie door te rekenen met het bodemwaterbalansmodel dat de BDB gebruikt voor het afleiden van irrigatieadviezen. Met het model wordt de bodemvochtdynamiek berekend door op dagbasis alle aan- en afvoer van water aan de wortelzone in te schatten. Het model gebruikt neerslag en gewasverdamping als invoer. Specifieke algoritmes werden ontwikkeld om het effect van capillaire nalevering, dit is het water dat op stijgt van de grondwatertafel naar de onverzadigde wortelzone, mee in rekening te brengen.

Het model wordt gebruikt om irrigatieadviezen af te leiden en het effect van droogte in te schatten maar het kan ook worden gebruikt om het effect van waterverzadiging in te schatten. Er wordt een gewas specifieke reductiefactor toegepast op de gewasverdamping die kan worden vertaald naar een reductie op de gewasopbrengst. De methodiek is beschreven door FAO (Raes, et al., 2017) en werd in het verleden reeds toegepast door BDB. De verminderde gewasproductie zal voor de verschillende voorkomende teeltbodemcombinaties worden doorgerekend. Kostprijzen van de verschillende teelten worden overgenomen van de literatuur.

De doorrekeningen geven een absolute indicatie van de omzet van de gewasproductie onder het desbetreffende alternatief en bieden bovendien de kans om de alternatieven onderling te vergelijken. Het model biedt ook de mogelijkheid om de schade door een overstroming op verschillende tijdstippen in het jaar. Hoewel de meeste overstromingen zich in de winter voordoen, zal de meeste gewasschade door een overstroming zich voordoen tijdens het groeiseizoen. De doorrekening wordt uitgevoerd voor de huidige toestand, de referentietoestand 2050 en voor de voorgestelde alternatieven voor vier verschillende frequenties: T1, T10, T100 en T1000.

2 Toegepaste werkwijze en methode

De werkwijze en methode is toegepast op verschillende ruimtelijke schaal. Deze zijn:

- op niveau van het gehele Denderbekken,
- op gemeenteniveau binnen het gehele Denderbekken,
- op gemeenteniveau binnen de negen Dendergemeentes

Wanneer relevant is de analyse specifiek gedaan voor de overstromingscontouren voor de verschillende alternatieven (inclusief huidige toestand en referentie) binnen deze bovengenoemde 3 niveaus. De negen Dendergemeentes zijn gemeenten waar de Dender doorheen stroomt. Deze zijn Geraardsbergen, Ninove, Roosdaal, Liedekerke, Denderleeuw, Affligem, Aalst, Lebbeke en Dendermonde.

De gebruikte software voor de analyses is QGIS, Python, R en MS Excel.

2.1 Beknopte beschrijving van de landbouwpraktijken

2.1.1 Inventarisatie van de voorkomende landbouwteelten

De inventarisatie van de landbouwteelten is gebaseerd op de landbouwgebruikspercelenkaarten (Geopunt, <https://www.vlaanderen.be/DataCatalogRecord/0d7f9208-293d-42a7-4d58-3c87-597c-eba8-6fc2eba7#licentie>) van 2009 tot 2021. Deze beschrijven voor elk jaar het gewas dat er wordt geteeld op een bepaald perceel. De analyse werd uitgevoerd op de hoofdgewasgroepen: maïs, grasland, granen, aardappelen en groenten en hun variatie in tijd en ruimte werd geanalyseerd. Er werd een tijdsreeks opgesteld met de evolutie in oppervlaktes van de verschillende gewasgroepen tussen 2009 en 2021. Ten slotte werd ook de robuustheid per gewasgroep weergegeven, dit wil zeggen hoe lang een bepaald perceel binnen een bepaalde gewasgroep bleef. Deze analyse werd gedaan voor een periode van 6 jaar, tussen 2016 en 2021.

2.1.2 Inventarisatie van de voorkomende bodemtypes

De verschillende bodemtypes (textuurklassen en drainageklasse) werden voorgesteld op basis van de Digitale Bodemkaart van België (Geopunt, <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/digitale-bodemkaart-van-het-vlaams-gewest-bodemtypes>). Vervolgens werd elke textuurklassen of drainageklassen gelinkt aan de voorkomende gewasgroepen. Hierdoor verkrijgt men een idee over welke gewassen op welke bodemtypes worden geteeld.

De Bodemkaart van België werd opgesteld in de jaren 1950-70 (Van Ranst & Sys, 2000). Het is mogelijk dat de drainageklasse sindsdien zijn verdroogd door veranderende weerspatronen. Bij de opmaak van de bodemkaart werden drainageklassen subjectief toegekend, pas later werd er een meer objectief criterium gebruikt voor bepalen van de drainageklasse. Dit meer objectief criterium is gebaseerd op de aanwezigheid van roestvlekken als gevolg van grondwaterstanden. De huidige Belgische Bodemkaart kan men evalueren aan de hand van DOV grondwatermetingen (DOV, <https://www.dov.vlaanderen.be/index.php/page/grondwatermeetnetten>). Hierbij wordt de maximale grondwaterstand vergeleken met de gekarteerde drainageklasse.

2.1.3 Analyse bodemvruchtbaarheid

De bodemvruchtbaarheid in het projectgebied wordt geëvalueerd aan de hand van verschillende bodemkarakteristieken, namelijk het organische koolstofgehalte (afgekort tot OC, van het Engelse organic carbon, uitgedrukt in % ofwel g OC per 100 g droge bodem) en de pH (gemeten in een kaliumchloride (KCl) bodemextract, zonder eenheid).

Het organische koolstofgehalte in de bodem wordt gebruikt als een maat voor het organische stofgehalte in de bodem, omdat dit uit ongeveer 58% koolstof bestaat in landbouwbodems. In discussies worden de begrippen organische stof in de bodem en organische koolstof in de bodem weleens door elkaar gebruikt. Wanneer dit slechts beschrijvend gebeurt, is er vaak geen kwaad geschied. Echter, wanneer het gaat om kwantitatieve hoeveelheden, met name, hoeveel organische stof of organische koolstof een bodem bevat, is het echter wel heel belangrijk duidelijk onderscheid te maken.

Met organische stof in de bodem wordt de organische fractie van de bodem bedoeld, die bestaat uit de (deels) verteerde resten van planten, organische bemesting, dieren en micro-organismen die in en op de bodem leven of die door organische bemesting aan de bodem toegevoegd worden. Chemisch bestaat organische stof in de bodem voor een heel groot deel uit koolstof (ongeveer uit 58%), maar daarnaast bevat dit nog heel wat andere chemische elementen, zoals stikstof, fosfor, macro- en micronutriënten, zuurstof en waterstof.

Met organische koolstof in de bodem wordt enkel het chemische element koolstof (C) bedoeld en dan enkel de C die ingebouwd zit in organische moleculen. In de bodem zit namelijk ook nog anorganische koolstof, die voornamelijk ingebouwd zit in calcium- en magnesiumcarbonaten (anorganische mineralen, kalk of calciet in het geval van calcium, dolomiet in het geval van magnesium). De totale C in een bodem is de som van de organische en de anorganische C. Echter, niet alle bodems bevatten significante hoeveelheden anorganische C, deze is meestal enkel van belang in bodems die ontwikkeld zijn op kalkrijk moedermateriaal onder droge omstandigheden. Zo goed als alle bodems hebben echter organische koolstof.

Waarom wordt er nu dan organische koolstof gebruikt om het organische stofgehalte te schatten? Dit is omdat organische koolstof in de bodem makkelijk te meten is. Een veelgebruikte en makkelijke methode is het verbranden van een homogeen staaltje van een bodem in een oven bij heel hoge temperaturen, waarbij alle aanwezige C omgezet wordt naar CO₂. Vervolgens wordt deze hoeveelheid CO₂ gemeten waaruit de exact hoeveelheid C in het staaltje zat wordt berekend. Om de exacte hoeveelheid *organisch* C te meten, wordt deze meting vergeleken met de hoeveelheid anorganische C of wordt de anorganische C eerst verwijderd wordt uit het staal.

Organische stof in de bodem is echter niet eenduidig te meten. Oude methodes waren gebaseerd op het gewichtsverlies van een bodemstaaltje wanneer de organische stof werd verwijderd door het toevoegen van een sterk oxidant (waterstofperoxide) of door de organische stof te verbranden bij hoge temperaturen. Echter, het waterstofperoxide slaagt er niet in alle organische stof te verwijderen, terwijl het gewichtsverlies in het staaltje door verbranding nog andere oorzaken kan hebben naast het verwijderen van organische stof. Omwille

van deze reden is er overgeschakeld naar het meten van het organische koolstofgehalte zoals hierboven beschreven.

Initieel werd er nog waarde gehecht aan het rapporteren van het organische stofgehalte in de bodem en werd er gebruikt gemaakt van omzettingfactoren gebaseerd op de hoeveelheid organische koolstof in de organische stof in de bodem. Deze omzettingfactoren schommelen tussen 1.7 en 2 (soms zelfs nog hoger) en zijn bodemspecifiek. Aangezien organische stof in de bodem niet eenduidig bepaald kan worden en het OC-gehalte in de organische stof variabel kan zijn tussen bodems, wordt er sterk aangeraden om enkel de organische koolstof te meten en te rapporteren als maat voor organische stof in de bodem (Jensen et al., 2018; Nelson & Sommers, 1982).

Vervolgens is organische stof in de bodem belangrijk voor de bodemvruchtbaarheid omdat het een bron van nutriënten is voor gewassen. Dit enerzijds door mineralisatie (vrijzetting van stikstof (N) en fosfor (P) wanneer micro-organismen deze organische stof gebruiken als bron van voedsel en energie) en anderzijds doordat de organische stof in de bodem nutriënten zoals calcium, magnesium en kalium kan vasthouden en aanleveren aan gewassen (door de kationuitwisselingscapaciteit of CEC van de organische moleculen waaruit de organische stof in de bodem is opgebouwd). Ook verhoogt de organische stof in de bodem de plantbeschikbaarheid van sporenelementen en heeft het de eigenschap de bodem-pH te bufferen. Verder heeft de organische stof in de bodem ook positieve effecten op bodemfysische eigenschappen, zoals stabilisatie van de bodemstructuur, met positieve effecten op bewerkbaarheid, beluchting, infiltratiecapaciteit en de erosiegevoeligheid van de bodem en het waterbergend vermogen van de bodem (Hoffland et al., 2020; LNE, 2014).

Naast het belang van organische stof in de bodem voor de bodemvruchtbaarheid is deze ook een belangrijk onderdeel in de globale koolstof (C) cyclus, omdat de organische koolstof in bodems in contact staat met CO₂ in de atmosfeer. De bodem neemt CO₂ op doordat planten aan fotosynthese doen. Vervolgens zetten bodemorganismen plantenresten (en ander organisch materiaal) om naar organische stof. Echter, bodems geven CO₂ ook weer af door mineralisatie, door het gebruik van de organische stof in de bodem als bron van voedsel en energie door diezelfde bodemorganismen. Afhankelijk van het evenwicht tussen deze twee mechanismen, kan de bodem een bron of een sink van koolstof zijn (Lal, 2004).

Een tweede belangrijke bodemvariabele om de bodemvruchtbaarheid te evalueren is de pH, oftewel de zuurtegraad, van de bodem. Een gunstige pH bevordert de vrijstelling van nutriënten door mineralisatie van organische stof, en beïnvloedt de beschikbaarheid en opneembaarheid van nutriënten door de gewassen. Zowel een te lage als een te hoge pH resulteert in minder efficiënt gebruik van beschikbare en toegediende voedingsstoffen voor gewassen, met opbrengstverliezen als gevolg.

Om de bodemvruchtbaarheid in het projectgebied te evalueren werd de databank van de Bodemkundige Dienst van België (BDB) aangesproken worden, waar analyseresultaten in opgeslagen zijn die gemeten zijn op bodemstalen die genomen werden tussen 01/09/2015 en 31/08/2019 bij landbouwers die klant zijn bij de BDB (Tits et al., 2020). Stalen voor akkers worden genomen tot 23 cm diepte en voor weiland tot 6 cm diepte. Voor het hele Denderbekken werden er in

totaal 10348 stalen in akkers en 4641 voor weilanden genomen voor OC bepaling en 10037 stalen in akkers en 4634 stalen in weilanden voor pH bepaling. Omwille van databescherming worden de resultaten enkel weergegeven uitgemiddeld per gemeente.

2.1.4 Beschrijving erosiegevoeligheid

De erosiegevoeligheid van de landbouwpercelen wordt geëvalueerd aan de hand van de potentiële bodemerosiekaart per perceel, beschikbaar op Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV, <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner>). Deze kaart geeft via een klasse-indeling de totale potentiële erosie van een bepaald landbouwperceel weer.

2.2 Kansen op betere waterretentie in het Denderbekken

2.2.1 Kansen voor aangepast peilbeheer

2.2.1.1 Peilgestuurde drainage

Drainage wordt aangelegd op percelen die te nat zijn. Hoge grondwaterstanden kan nadelig zijn tijdens het telen van gewassen. Drainage van de hoge grondwaterstanden is dan vaak noodzakelijk. Klassieke drainage is een set van parallelle buizen in de bodem onder het maaiveld die overtollig water afvoeren (Tits et al., 2015). Dit systeem is niet controleerbaar, het water wordt doorheen het hele jaar afgevoerd. Peilgestuurde drainage is een controleerbaar systeem waarbij de parallelle afvoerbuizen toekomen op 1 centrale buis, de moerbuis (Tits et al., 2015). Aan de hand van een stop kan de grondwatertafel tijdelijk worden verhoogd of verlaagd.

Momenteel bestaat er geen kaart die aangeeft op welke percelen er (klassieke of peilgestuurde) drainage aanwezig is. Er kan wel een inschatting gemaakt worden van de kans op de aanwezigheid van drainage. Deze schatting werd gemaakt door de landbouwgebruikspercelen kaart te vergelijken met drainageklassen. Op een perceel waar potentieel drainage aanwezig is, kan een gewas dat gevoelig is aan natte omstandigheden op een natte bodem worden geteeld. Als deze gewassen werden geteeld op een perceel met voornamelijk drainageklassen d , was er een gemiddelde kans op drainage. Voor drainageklassen droger dan d is de kans klein op drainage. Voor de drainageklassen natter dan d is de kans groot op aanwezigheid van drainage.

Vervolgens werd ook de mogelijkheid tot omvorming van klassieke drainage tot peilgestuurde drainage meegegeven voor de percelen met een gemiddelde of grote kans op de aanwezigheid van drainage. Deze werd eerder berekend voor het OPPEIL-project (LA-trajecten 2021). De mogelijkheid tot omvorming houdt enkel rekening met omgevingsfactoren zoals: textuurklasse, drainageklasse, grondwateraanvoer en topografie.

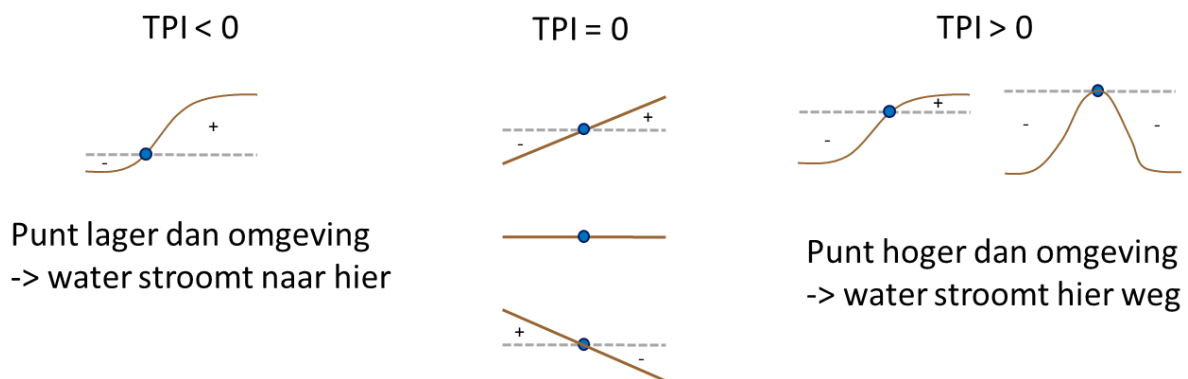
2.2.1.2 Regelbare stuwen

Regelbare landbouwstuwen zijn schotten in waterlopen of perceelsgrachten die het water ophouden en zo de infiltratietijd en –afstand vergroten. Regelbare stuwen zijn een dynamisch systeem, ze kunnen worden gesloten indien er een tekort is aan water en geopend indien er te veel water is. Als een stuw zich op de juiste locatie bevindt zal deze het grondwater omhoog brengen. Hierdoor is er meer

water beschikbaar voor het gewas, wat leidt tot hogere opbrengsten.

De locatie van een landbouwstuw is zeer belangrijk, een stuw zal niet op elke plaats even efficiënt zijn. Zo moet er rekening gehouden worden met de hellingsgraad, het bodemtype (textuur- en drainageklasse) en topografische ligging in het landschap. Deze informatie is te verkrijgen van of te berekenen uit online kaarten. Op basis van deze online kaarten werd er een stuwgeschiktheidskaart opgesteld voor de Dendervallei.

De hellingsgraad en de topografische ligging in het landschap werden bepaald uit het DHMV II (Geopunt, <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/hoogte-dtm>). De **hellingsgraad** werd berekend uit het hoogteverschil tussen 2 aangrenzende pixels. Voor de **topografische ligging** werd de Topographic Position Index of TPI berekend. De TPI beschrijft het gemiddeld hoogteverschil van 1 pixel ten opzichte van de omgeving. Indien $TPI < 0$, ligt de pixel gemiddeld lager dan de omgeving, het water zal hier naartoe stromen. Indien $TPI > 0$, ligt de pixel gemiddeld hoger dan de omgeving, het water zal hier wegstromen. Indien, $TPI = 0$ ligt de pixel gemiddeld noch hoger, noch lager lig dan de omgeving. Dit wil niet zeggen dat de pixel in een vlak gebied gelegen is (Figuur 1). De **textuurklassen** en de **drainageklassen** werden bekomen vanuit de digitale bodemkaart van België.



Figuur 1 Schematische weergave van de TPI. $TPI < 0$ duidt op dat de locatie lager ligt in het landschap. $TPI > 0$ duidt erop dat de locatie gemiddeld hoger ligt in het landschap. $TPI = 0$ duidt erop dat de locatie gemiddeld noch hoger, noch lager ligt in het landschap. Hier bepaald de hellingsgraad waar het water naartoe stroomt.

De stuwgeschiktheid op een bepaalde locatie werd vervolgens bepaald aan de hand van een score, die het resultaat is van de stuwgeschiktheid van de verschillende criteria hierboven beschreven aan de hand van volgende formule:

$$S_{Stuw} = S_{Hellingsgraad} + 0.5 * S_{Textuur} + S_{Drainage} + S_{TPI}$$

S_{hellingsgraad}: Een stuw wordt best geplaatst op een vlakke zandbodem met een matige drainage op matige hoogte. Een pixel met een lage hellingsgraad zal een hogere score hebben, omdat men dan een grotere stuwafstand bekommt.

S_{textuur}: De textuurklasse bepaalt de reactietijd van de grondwatertafel op de stuwhoogte. Een zandgrond (grove textuur) zal sneller reageren dan een kleigrond (fijne textuur). Dit maakt het aangenamer voor de landbouwers wanneer hij grondbewerkingen moer uitvoeren op het perceel. Bij een zandgrond kan de grondwatertafel al na een paar dagen zakken bij een stuwverlaging terwijl dit bij

een kleigrond enkele weken kan zijn. De meeste stuwen in België worden geplaatst op zandgronden, dit betekent niet dat er geen mogelijkheden zijn op kleigronden. Omdat er minder kennis is over het effect van textuurklassen werd deze maar voor de helft in rekening gebracht (zie factor 0.5).

S_{drainage}: De drainageklasse geeft een indicatie van hoe vochtig een bodem is. Stuwen worden preferentieel niet op de natste gronden en niet op de droogste gronden geplaatst. Natte gronden zijn vaak te nat, een stuw plaatsen op deze gronden kan het enkel nog meer natter maken, landbouwkundig is dit minder interessant. Droge gronden zijn vaak te droog om water op te houden, hier is niet voldoende water aanwezig om de grondwatertafel te voeden en uiteindelijk te doen stijgen. Vaak is hier ook nooit de behoefte geweest om water af te voeren en zullen er dus ook geen grachten aanwezig zijn waar er stuwen kunnen worden geplaatst.

S_{TPI}: De positie in het landschap bepaald ook, net zoals de drainageklasse, hoeveel water er mogelijk aanwezig kan zijn. Stuwen worden best niet te hoog en niet te laag in het landschap geplaatst. Te hoog zijn vaak gebieden gevoed door enkel regenwater, wat onvoldoende is om het grondwater (dat vaak diep zit voor deze gebieden) op te stuwen. Te laag zijn vaak natte gebieden, een stuw heeft hier niet veel extra voordelen. Op matige hoogte zal er meer water doorstromen van verschillende grachten en stroomt het ook gemakkelijk naar lagere gebieden. Op matige hoogte kan men veel water ophouden dat normaal wegstroomt.

2.2.2 Erosiebestrijding

2.2.2.1 Maatregelen

Enkele belangrijke erosiegevoelige teelten zijn maïs, aardappel, bieten en groenten op ruggen. Maïs is een erosiegevoelige teelt omwille van de trage jeugdgroei, de sluiting van het gewas in combinatie met de rijafstand en de plantarchitectuur die water concentreert via het blad naar de stengelbasis. Teelten op ruggen zijn erosiegevoelig omwille van de concentratie van water tussen de ruggen, dat daar versnelt en met meer kracht afstroomt. Dit kan bij groenteteelten (bijvoorbeeld witloofwortelen, prei en wortelen) erger zijn dan bij aardappelen, omdat de ruggen bij groenteteelten vaster aangeduwd zijn en de tussenruggen door de vele passages van bewerkingen gecompacteerd kunnen zijn.

Men kan op twee manieren aan erosiebestrijding doen, namelijk brongerichte of effectgerichte erosiebestrijding. Brongerichte erosiebestrijdingsmaatregelen zorgen ervoor dat het erosieproces vermindert (bodemdeeltjes losmaken en afvoeren). Deze maatregelen kunnen aangevuld worden met effectgerichte maatregelen, die hinder afkomstig van bodemerosie vermijden, zeker in sterk erosiegevoelige gebieden met akkerbouw. Bij algemene brongerichte erosiebestrijding wordt het organische koolstofgehalte en het calcium-gehalte (via bekalking of gips toediening) van de bodem optimaal gehouden. Deze bodemvariabelen hebben een belangrijk positief effect op de bodemstructuur waardoor bodempartikels minder snel loskomen door inslaand en afstromend water. Verder is het belangrijk bodemverdichting te vermijden, zodat water voldoende diep in de bodem kan indringen.

Ten slotte is het belangrijk de bodem zo veel mogelijk bedekt te houden, met gewassen of gewasresten. Op bepaalde momenten in het jaar is dit echter moeilijker, dan is het belangrijk de bodem niet fijner te bewerken dan nodig. Men

vermijdt preferentiële lijnen te creëren waarlangs water versneld afstroomt. Waar mogelijk kan men de ruwheid van de bodem verhogen.

Via literatuuronderzoek kan het effect van de mogelijke brongerichte erosiebestrijdingsmaatregelen gekwantificeerd worden door een inschatting van hun erosiereductie en eventuele opbrengstderving tijdens proefveldonderzoek (beide bepaald ten opzichte van een referentie waar business-as-usual werd uitgevoerd). De gebruikte literatuur is afkomstig uit het GOMEROS project (GrOenten en Maïs op EROSiegevoelige percelen, (vanden Nest et al., 2019)), uit (Swerts & Vandekerckhove, 2015) en uit het demonstratieproject "Erosie in de akkerbouw: knelpunten en oplossingen" (Euben et al., 2018). Verder informatie kan gevonden worden op een website, beheerd door de provincie Oost-Vlaanderen, Vlaams-Brabant en Limburg, in samenwerking met Inagro, IGO en Watering van Sint-Truiden beschikbaar op <https://www.erosie.be/>.

2.2.2.2 Prioritering van percelen om aan erosiebestrijding te doen

Aanvullend aan de informatie over de potentiële erosiegevoeligheid van landbouwpercelen, kunnen er op basis van ingeschat effectief sedimenttransport locaties aangeduid worden die prioritair zijn om aan erosiebestrijding te doen. Dit gemodelleerde sedimenttransport bouwt verder op de inschatting van de potentiële erosiegevoeligheid van de bodem, en geeft weer waar er gemiddeld jaarlijks een significante hoeveelheid sediment stroomafwaarts stroomt (Databank Ondergrond Vlaanderen, Sedimenttransport over land (2020)). Voor de leesbaarheid van het kaartmateriaal is de "significante" hoeveelheid sediment gelijk aan meer dan 10 ton sediment/jaar/pixel (gemodelleerd sedimenttransport "Hoog"), de resolutie van de modellering is 20 x 20 m. Voor deze berekeningen werd de gemiddelde neerslagerosiviteit (bepaald door neerslaghoeveelheid en – intensiteit) van de laatste 30 jaar gebruikt, wordt er onderscheid gemaakt tussen grasland (wanneer er 2 jaar of meer grasland is) en akkerland, en wordt er rekening gehouden met de gekende kleinschalige erosiebestrijdingsmaatregelen. De informatie over de landbouwpercelen en de erosiebestrijdingsmaatregelen dateert uit 2020.

2.2.3 Verhoging koolstofgehalte in de bodem

2.2.3.1 Maatregelen

Om het organische koolstofgehalte (OC-gehalte) van de bodem te verhogen, moet er een positieve koolstofbalans nagestreefd worden. Dit betekent dat de input van organische koolstof groter moet zijn dan de koolstofverliezen door mineralisatie door bodemorganismen en door eventuele erosie. In onze landbouwbodems bestaat de input van organische koolstof uit de aanbreng van organische bemesting (varkensmest, rundermest, eventueel compost of andere dierlijke mesten), de gewasresten van de geteelde gewassen en eventueel de gewasresten van een groenbedekker.

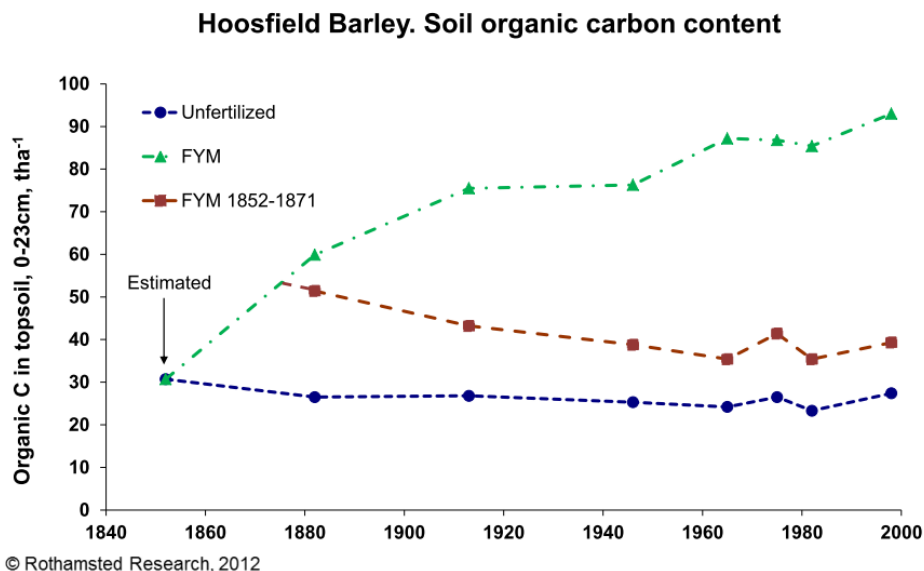
Maatregelen die kunnen genomen worden om het organische koolstofgehalte in de bodem te verhogen door het verhogen van de organische koolstof input kunnen onderverdeeld worden in 2 groepen, namelijk 1) door externe aanvoer van organisch materiaal te verhogen en 2) door te zorgen voor een hogere lokale productie van organische koolstof, die niet wordt afgevoerd bij de oogst. Het effect van deze maatregelen kan gekwantificeerd worden door C-opbouwsnelheden (per eenheid C toegediend of per ha per jaar). Nog enkele belangrijke opmerkingen

over de C-opbouwsnelheden worden hieronder verder uiteengezet.

Ten eerste, zijn deze opbouwsnelheden steeds relatief, ten opzichte van een referentiescenario, of ten opzichte van het tijdstip waarop de maatregelen gestart zijn. Afhankelijk van deze keuze of van het referentiescenario (bijvoorbeeld ten opzichte van een onbemeste bodem of ten opzichte van een monocultuur maïs jaarlijks bemest met varkensdrijfmest) kunnen deze opbouwsnelheden verschillen. Om hier zo veel mogelijk rekening mee te houden is er zo veel mogelijk gegevens uit meta-analyses van proefveldstudies gebruikt (aangevuld met modellering wanneer geen literatuurgegevens beschikbaar waren).

Een tweede opmerking is dat koolstof-opbouw steeds het snelst is in de eerste jaren na het toepassen van een maatregel tot een nieuw evenwicht in de bodem bereikt wordt en dan zal dalen. Bij elke maatregel hoort dus ook een termijn waarover deze C-opbouwsnelheden kunnen aangenomen worden, met een uitgemiddelde opbouwsnelheid over deze termijn. Dit betekent ook dat C-opbouw niet oneindig is. Wanneer een plateau bereikt wordt en hoe hoog het C-evenwichtsgesalte dan is, is dan afhankelijk van (onder andere) het bodemtype, het C-gehalte voor de toepassing van de maatregel en van het effect van de toegepaste maatregel (Ingram & Fernandes, 2001).

Als laatste is het ook erg belangrijk om deze maatregelen aan te houden, omdat zonder C-opbouwende maatregelen, de organische koolstof in de bodem weer wordt afgebroken. Beide restricties kunnen duidelijk geïllustreerd worden aan de hand van lange-termijn proefveld onderzoek in het VK, waar het effect van stalmest op bodem organische C kan bekeken worden in een continue akkerbouwteelt (zomergerst) over ± 150 jaar (Figuur 2).



Figuur 2 Evolutie bodem organisch koolstof opslag (in ton C/ha tot 23 cm diepte) in monocultuur akkerbouw (continue zomergerst) sinds 1852 zonder toediening (blauw), met toediening van 35 ton/ha stalmest continue sinds 1852 (groen) en met toediening van 35 ton/ha stalmest enkel tussen 1852 en 1871 (bruin) (RRES, 2012). Let op: deze hoeveelheid stalmest voldoet niet aan de huidige bemestingsnormen in Vlaanderen.

De eenheid waarmee koolstofopbouw wordt aangeduid is vaak ton koolstof (C)/ha tot een bepaalde bodemdiepte. Dit is omdat deze gegevens afkomstig zijn van

(proefveld)onderzoek in het kader van de CO₂-problematiek in de atmosfeer en het gedrag van de bodem als een bron of een opslagplaats van C. Het is dan nodig de C-voorraad (of ook wel C-stock genoemd) in de bodem te kennen. Deze wordt uitgedrukt in ton C per ha en wordt bepaald door het organische koolstof gehalte van de bodem (meestal uitgedrukt in % of in g OC/kg bodem), de bulkdichtheid van de bodem en de bodem-diepte waarvoor het gemeten OC-gehalte en bulkdichtheid gelden.

Verschillende koolstofopbouwende maatregelen en hun C-opbouwsnelheid zijn afgeleid vanuit de literatuur. De C-opbouwsnelheden zijn weergegeven in ton C/ha/jaar, zo veelal gerapporteerd in de literatuur, en zijn ook weergegeven in %OC/jaar. Dit omdat er zo eenvoudig kan afgeleid worden wat het totaal effect zou kunnen zijn op het OC-gehalte van de bodem. De verzamelde gegevens over C-opbouwsnelheid gelden veelal tot een bodemdiepte van 20 tot 30 cm waarbij een algemene bulkdichtheid van 1,4 g/cm³ is aangenomen (bij elke maatregel is de geldige bodemdiepte weergegeven bij de opmerkingen). Verder gelden de verzamelde gegevens veelal enkel voor een periode van 30 jaar. Hiermee kan dus het totale effect van de maatregel worden ingeschat, door de opbouwsnelheid te vermenigvuldigen met 30 jaar. Zoals hierboven ook al vermeld is, zal na deze periode C-opbouwsnelheid lager en uiteindelijk 0 zijn, omdat de organische koolstof in de bodem in evenwicht komt met de verhoogd C-input, maar de maatregel zal moeten aangehouden worden, om de opgebouwde C niet terug te verliezen.

2.2.3.2 Prioritering van percelen om aan C-opbouw te doen

Op basis van gepubliceerd kaartmateriaal over de bodem organische koolstofstock in Belgische bodems (beschikbaar op Databank Ondergrond Vlaanderen – Soil Organic Carbon Stock Maps for Belgium) kan er een actiekaart aangemaakt worden die een prioriteit geeft aan percelen om aan koolstofopbouw te doen. Het relevante kaartmateriaal dat hiervoor gebruikt werd is gebaseerd op metingen van organische koolstof in de bodem tussen 2004 en 2008 in 352 bodemprofielen in Vlaanderen tot 30 cm diep. Vervolgens werd met deze gegevens een empirisch model opgesteld om het OC-gehalte te voorspellen aan de hand van beschikbaar kaartmateriaal (Belgische bodemkaart en VITO landgebruikskaart) om voorspellingen te maken over geheel Vlaanderen. Dit empirisch model bevat het landgebruik, het kleigehalte van de bodem en de minimum grondwaterdiepte. Vervolgens is dit OC-gehalte omgezet naar een koolstofstock door middel van de ingeschatte bulkdichtheid en staalnamediepte. Deze kaart is beschikbaar als een rasterlaag met resolutie 40 x 40 m. Om op perceelsniveau op basis van deze kaart de OC-voorraad te bekijken, hebben we op basis van de landbouwgebruikspercelen kaart van 2021 (informatie uit verzamelaanvraag, beschikbaar gesteld door Departement Landbouw en Visserij, beschikbaar op Geopunt) en de gemiddelde OC-voorraad per perceel berekend met de QGIS software (QGIS versie 3.22.4-Białowieża).

Vervolgens zijn dan de percelen geclassificeerd op basis van de geschatte OC-voorraad in vier (zo goed als) gelijke delen (kwartielen). Aan het eerste deel, met de laagste OC-waardes, werd dan een zeer hoge prioriteit om aan het verhogen van het koolstofgehalte toegediend, aan het tweede deel een hoge prioriteit, het derde deel krijgt een medium prioriteit en het vierde en laatste deel krijgt een lage prioriteit. Percelen die een ingeschatte OC-voorraad hoger dan 100 tonC/ha hebben zijn vervolgens geklasseerd als "Niet in aanmerking komend om aan OC-

opbouw te doen (afgekort "Niet"). Er zijn ook enkele percelen waar geen informatie over de OC-voorraad is. We adviseren wel nog steeds, na selectie van relevante percelen voor OC-opbouw, een bodemstaalname te organiseren om het OC-gehalte te meten (of landbouwers te organiseren hun meest recente metingen te delen) en te toetsen aan de OC-streefwaarden die BDB hanteert. Als laatste willen we nog even vermelden dat percelen waar brongerichte erosiebestrijding belangrijk is, koolstof-opbouwende maatregelen ook prioritair zijn omwille van het positieve effect van organische koolstof in de bodem op de stabiliteit van de bodemstructuur.

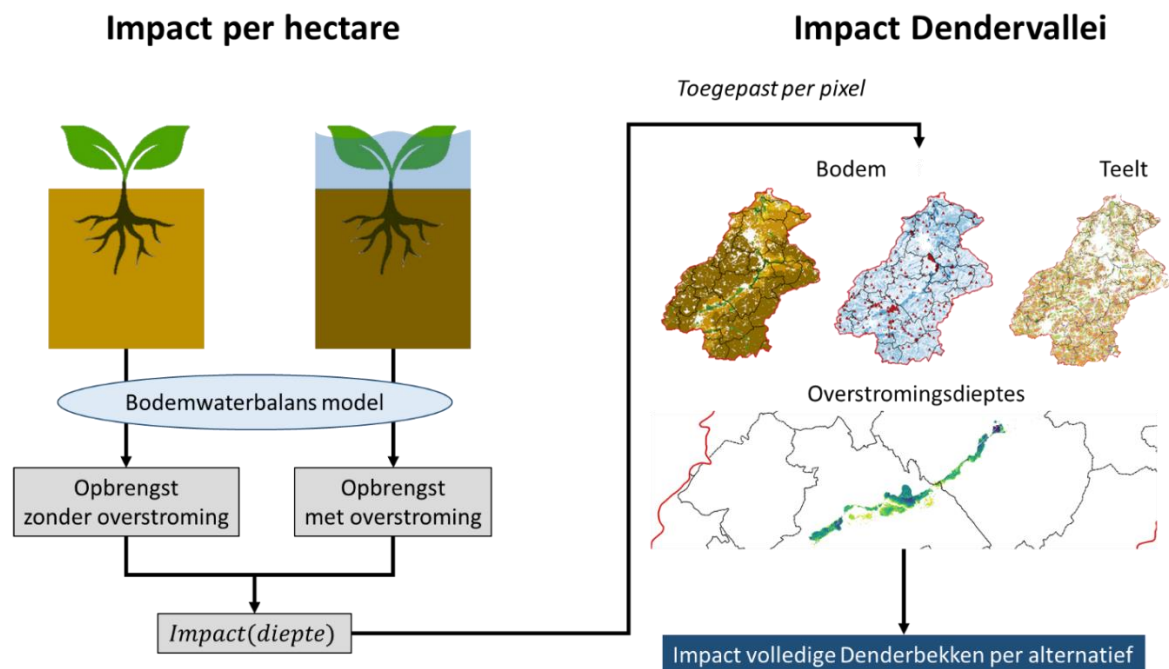
2.2.4 Nieuwe, meer klimaatrobuuste, teelten

Informatie over klimaatrobuuste teelten wordt aangeleverd op basis van literatuuronderzoek.

2.3 Impact van de voorgestelde alternatieven op de gewasproductie

De impact op de gewasproductie van de voorgestelde alternatieven werd berekend door middel van een modelmatige bodemwaterbalans te simuleren. De resultaten van bovenstaande analyses van bodemtype en landbouwpraktijken werden gebruikt om verschillende modelsituaties te definiëren binnen de Dendervallei. Een **modelsituatie** is één bepaalde combinatie van textuurklasse, drainageklasse, teelt, neerslag en evapotranspiratie die de realiteit proberen te benaderen. Eén modelsituatie kan bijvoorbeeld grasland op een natte kleibodem zijn in een nat jaar.

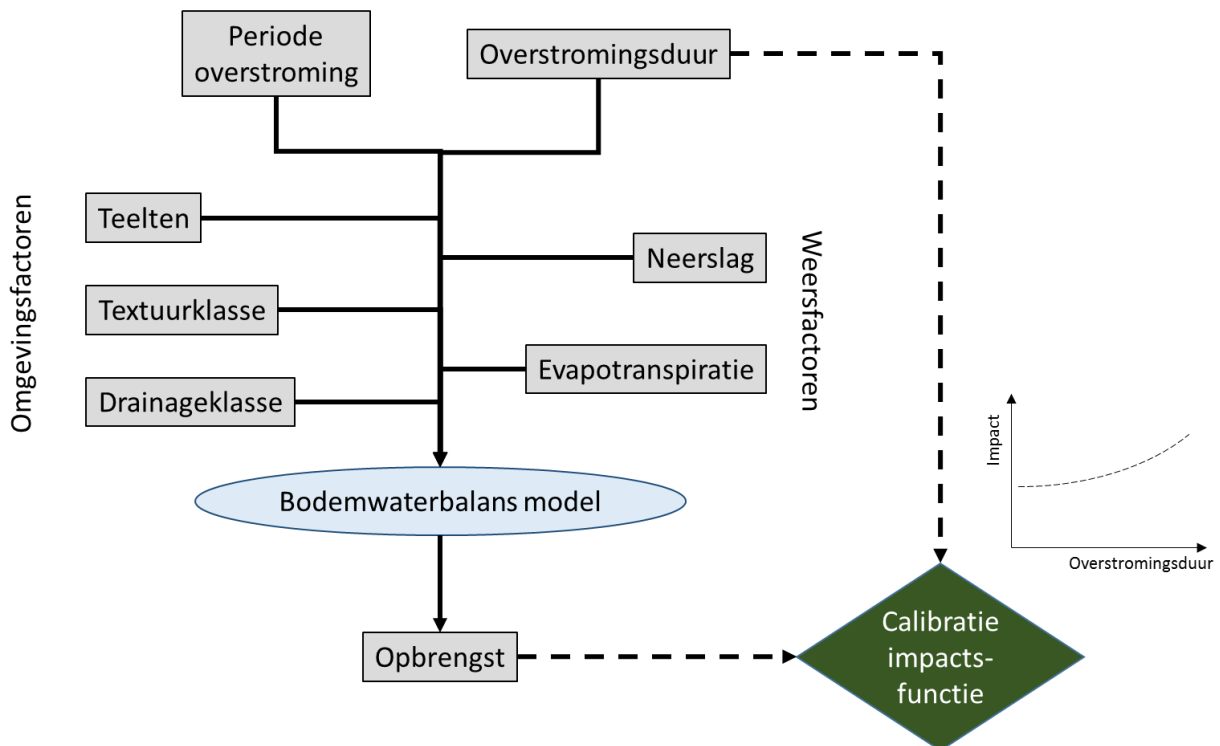
Vervolgens werd de impact gesimuleerd **per hectare getroffen landbouwgrond**, gebruik makend van verschillende modelsituaties. Hierna werd deze impact opgeschaald en in 2D doorgerekend, door aan elke pixel een modelsituatie toe te kennen, met de eerder doorgerekende impact (Figuur 3).



Figuur 3 Schematisch overzicht van de methode voor de impactberekening van de verschillende alternatieven.

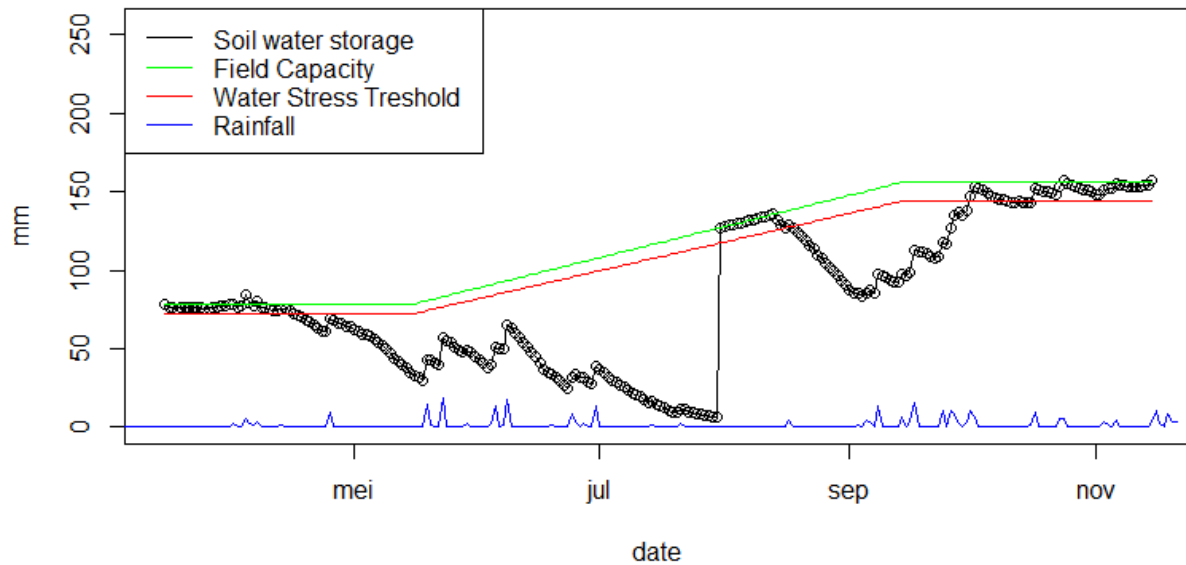
2.3.1 Berekening impact per hectare getroffen landbouwgrond

Via de modelsituaties werd de realiteit zo veel mogelijk benaderd. Een modelsituatie bevat omgevingsfactoren en weersfactoren. De omgevingsfactoren variëren overheen de ruimte, deze zijn: textuurklassen, drainageklassen en teelt. De weersfactoren variëren overheen de tijd (dagelijkse resolutie), deze zijn: neerslag en evapotranspiratie. De weersfactoren werden vereenvoudigd door een "nat jaar" en een "gemiddeld jaar". De neerslag werd gemeten door het weerstation te Liedekerke (Waterinfo, <https://www.waterinfo.be/Meetreeksen>) en de actuele evapotranspiratie door een weerstation te Semmerzake (BDB, data verkregen door KMI; Allen & Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998). De data van de voorbije 14 jaar werd gebruikt in de modellering (nov 2008 tot nov 2022). Voor het **gemiddeld jaar** werd het 14-jarig dagelijks gemiddelde berekend voor neerslag en evapotranspiratie. Voor een **nat jaar** werd het dagelijks gemiddelde berekend van de 10% natste jaren. De 10% natste jaren werden bepaald door de cumulatieve neerslaghoeveelheid per jaar.

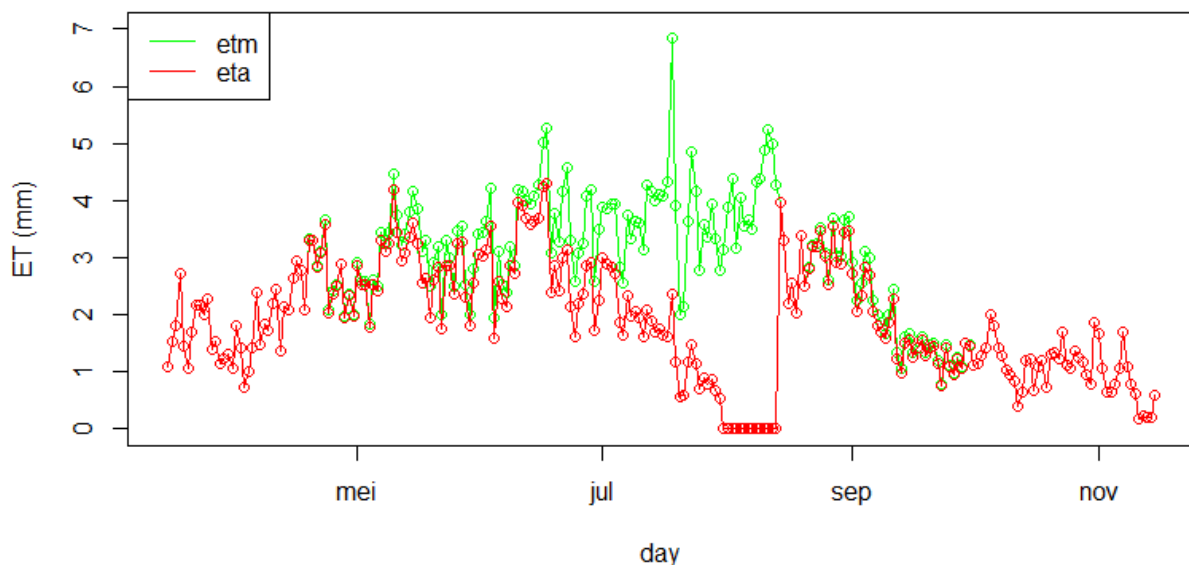


Figuur 4 Schematisch overzicht van de analyse per hectare getroffen landbouwgrond. Het bodemwaterbalansmodel wordt verschillende keren gesimuleerd met verschillende input parameters. Aan de hand van deze gegevens wordt er de impactsfunctie gekalibreerd, deze geeft de relatie weer tussen de overstromingsduur en de impact. De impact is het verschil tussen de opbrengst zonder overstroming en die met een overstroming van een bepaalde duur.

Het effect van een **overstroming** werd gesimuleerd met behulp van een bodemwaterbalans door het bodemvochtgehalte gelijk te stellen aan veldcapaciteit op de eerste dag van de overstroming tot het einde van de overstroming. Verder wordt de evapotranspiratie gelijk aan nul voor de gehele periode van de overstroming, het gewas stopt met groeien gedurende de overstroming.



Figuur 5 Het gesimuleerd bodemvochtgehalte voor een tijdsreeks tijdens het groeiseizoen. Op 1 augustus werd een 14-daagse overstroming gesimuleerd. Op de eerste dag van de overstroming wordt het bodemvochtgehalte gelijkgesteld aan veldcapaciteit. Na de overstroming daalt het bodemvochtgehalte terug naar normale waarden. Neerslag wordt weergegeven door de blauwe lijn.



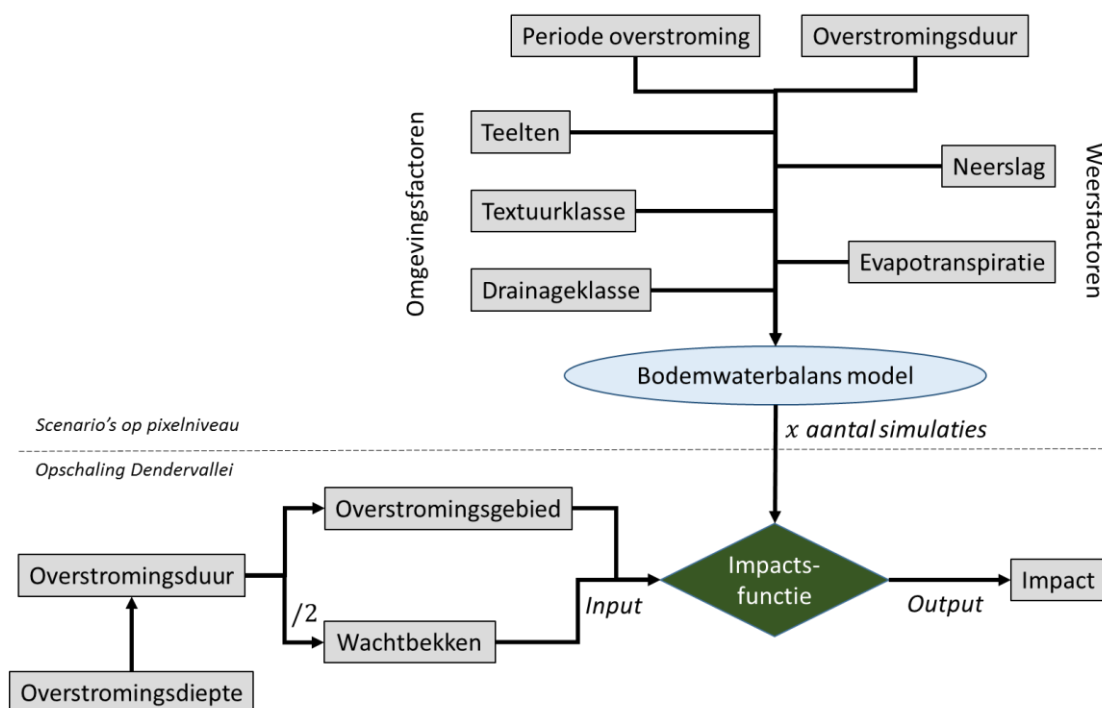
Figuur 6 De gesimuleerde maximale evapotranspiratie (etm) en de gesimuleerde actuele evapotranspiratie (eta) voor een tijdsreeks tijdens het groeiseizoen. Op 1 augustus werd een 14-daagse overstroming gesimuleerd. Op de eerste dag van de overstroming wordt de actuele evapotranspiratie gelijkgesteld aan nul. Waarden waarvoor eta kleiner is dan etm duiden op waterstress of droogtestress.

Overstromingen werden gesimuleerd voor verschillende periodes binnen het groeiseizoen en voor verschillende lengtes. Zo werd een overstromingsduur van 7 en 14 dagen gesimuleerd op 1 april, 1 juni, 1 augustus en 1 oktober. Aan de hand van deze simulaties kon men een idee verkrijgen hoe verschillende modelsituaties de impact van de overstroming voor een wachtbekken (7 dagen) en een natuurlijk overstromingsgebied (14 dagen) beïnvloeden.

Voor 1 april en voor 1 augustus werden ook de overstromingsduren tussen 1 en 14 dagen gesimuleerd. Aan de hand van deze simulaties kon men de relatie tussen de overstromingsduur en de impact berekenen. Deze relatie, tussen de overstromingsduur en de impact, werd beschreven voor elke modelsituatie en wordt vermeld als de '**impactsfunctie**'. Deze set aan functies (één per modelsituatie) werd gebruikt in de opschaling naar het gehele Denderbekken.

2.3.2 Opschaling

Voor de opschaling werd de referentietoestand 2050 als referentie gebruikt. Dit wil zeggen dat de impact van elk alternatief werd vergeleken met de impact van de referentietoestand in 2050.. **De impactanalyse werd enkel toegepast op de periodes waarin we de meeste impact op de gewasproductie verwachten, namelijk in het groeiseizoen van 15 maart tot 15 november.**



Figuur 7 Schematische voorstelling van de impactsberekeningen van de verschillende alternatieven. Vanuit het bodemwaterbalans model werd er een impactsfunctie opgesteld. Deze dient om de overstromingsduur te relateren aan de impact. De overstromingsduur werd berekend uit de overstromingsdiepte. Er werd aangenomen dat een wachtbekken twee keer zo snel zou draineren in vergelijking met overstromingsgebied.

De ruimtelijk impactanalyse werd uitgevoerd op een schaal van 5 op 5 m en dit enkel voor landbouwpercelen die binnen de verschillende overstromingscontouren liggen van de verschillende doorgerekende alternatieven. Dit wil zeggen dat aan elke 5 op 5 m er een bepaald modelsituatie werd toegewezen die gelinkt is aan een bepaalde gewasopbrengst. Op deze resolutie is de volgende informatie beschikbaar:

- Textuurklasse
- Drainageklasse
- Overstromingsdiepte
- Teelt

De impactfunctie geeft de relatie tussen de overstromingsduur en de impact die de overstroming zou veroorzaken weer. Per bodemtype, drainageklasse, teelt en weersomstandigheden is er een aparte impactfunctie opgesteld. De overstromingsduur, en niet de overstromingsdiepte, is de input van de impactfunctie. Zoals eerder is aangehaald was, heeft de overstromingsdiepte geen invloed op de berekeningen van de bodemwaterbalans. De overstromingsduur werd benaderd door een lineair verband door de oorsprong tussen de overstromingsdiepte [cm] en –duur [dagen] en hierbij werd aangenomen dat een overstromingsdiepte van 200 cm overeenkomt met een overstromingsduur van 14 dagen. Voor elke andere overstromingsdiepte kan dan een overstromingsduur berekend worden als volgt:

$$overstromingsduur_{overstromingsgebied} = overstromingsdiepte * 14/200$$

Echter, wachtbekkens zullen het water sneller afvoeren in vergelijking met natuurlijk overstromingsgebied. Er werd aangenomen dat de waterafvoer in de wachtbekkens dubbel zo snel zou gebeuren dan voor natuurlijk overstromingsgebied. Hierdoor wordt de relatie tussen overstromingsdiepte en overstromingsduur voor een wachtbekken beschreven door:

$$overstromingsduur_{wachtbekkens} = overstromingsdiepte * 7/200$$

Afhankelijk van de textuurklassen, drainageklassen en teelt aanwezig op de pixel werd een andere impactfunctie toegepast. Voor elk alternatief werd de impact van een overstroming met een bepaalde diepte berekend door de som te maken van de impact per pixel, afhankelijk van de modelsituatie.

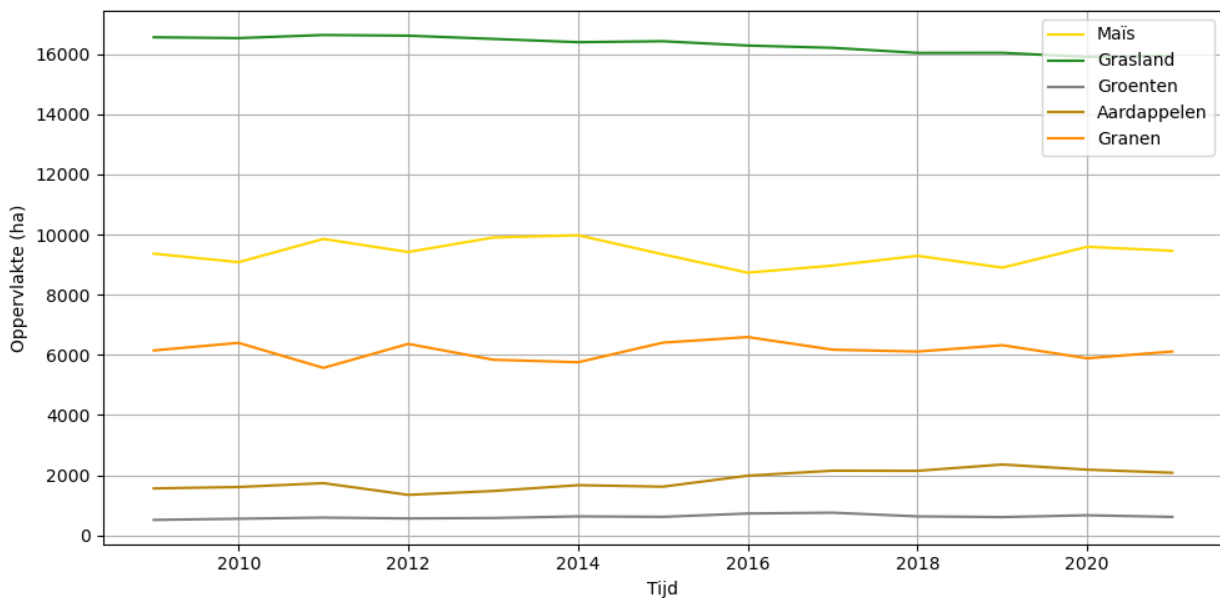
Vervolgens werden de huidige toestand, de referentietoestand 2050 en de alternatieven per overstromingscontour (voor de verschillende alternatieven en de verschillende terugkeerperiodes) gerankt. Het alternatief met de laagste impact kreeg waarde 1, deze met de hoogste waarde 6 (er zijn 4 alternatieven + huidige toestand + referentietoestand). Vervolgens werden alle waarden opgeteld per alternatief, het alternatief met de laagste waarde zou het beste alternatief zijn.

3 Resultaten en bespreking

3.1 Beknopte beschrijving van de landbouwpraktijken

3.1.1 Inventarisatie van de voorkomende landbouwteelten

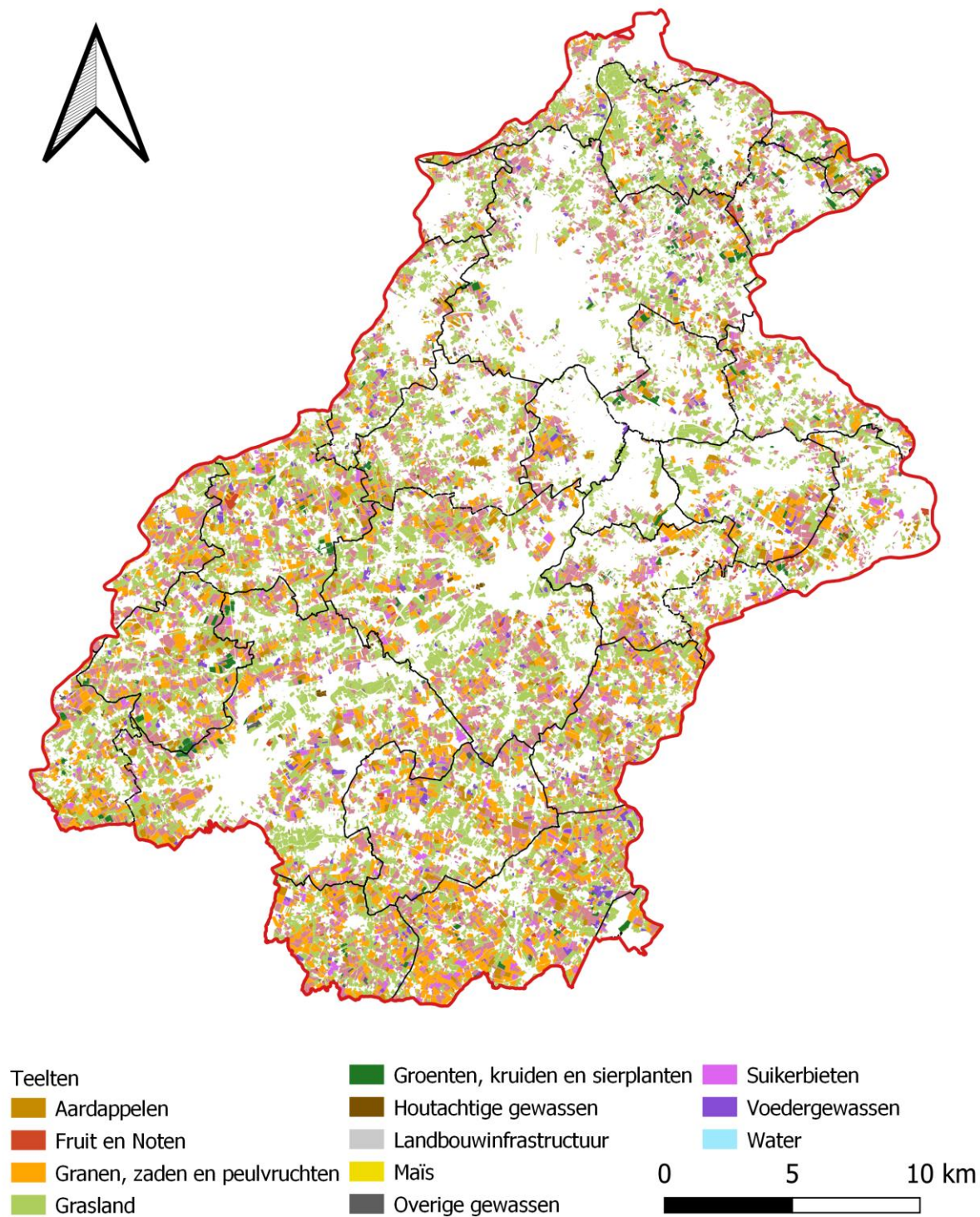
De meest voorkomende teelt over het gehele Denderbekken is grasland, gevolgd door, maïs, granen, aardappelen en groenten. Over een langere tijdsperiode (2009 – 2021) lijkt de oppervlakte voor maïs, granen en groenten constant (Figuur 8). Enkel de oppervlakte aan grasland ondervindt een kleine daling en de oppervlakte aan aardappelen een lichte stijging.



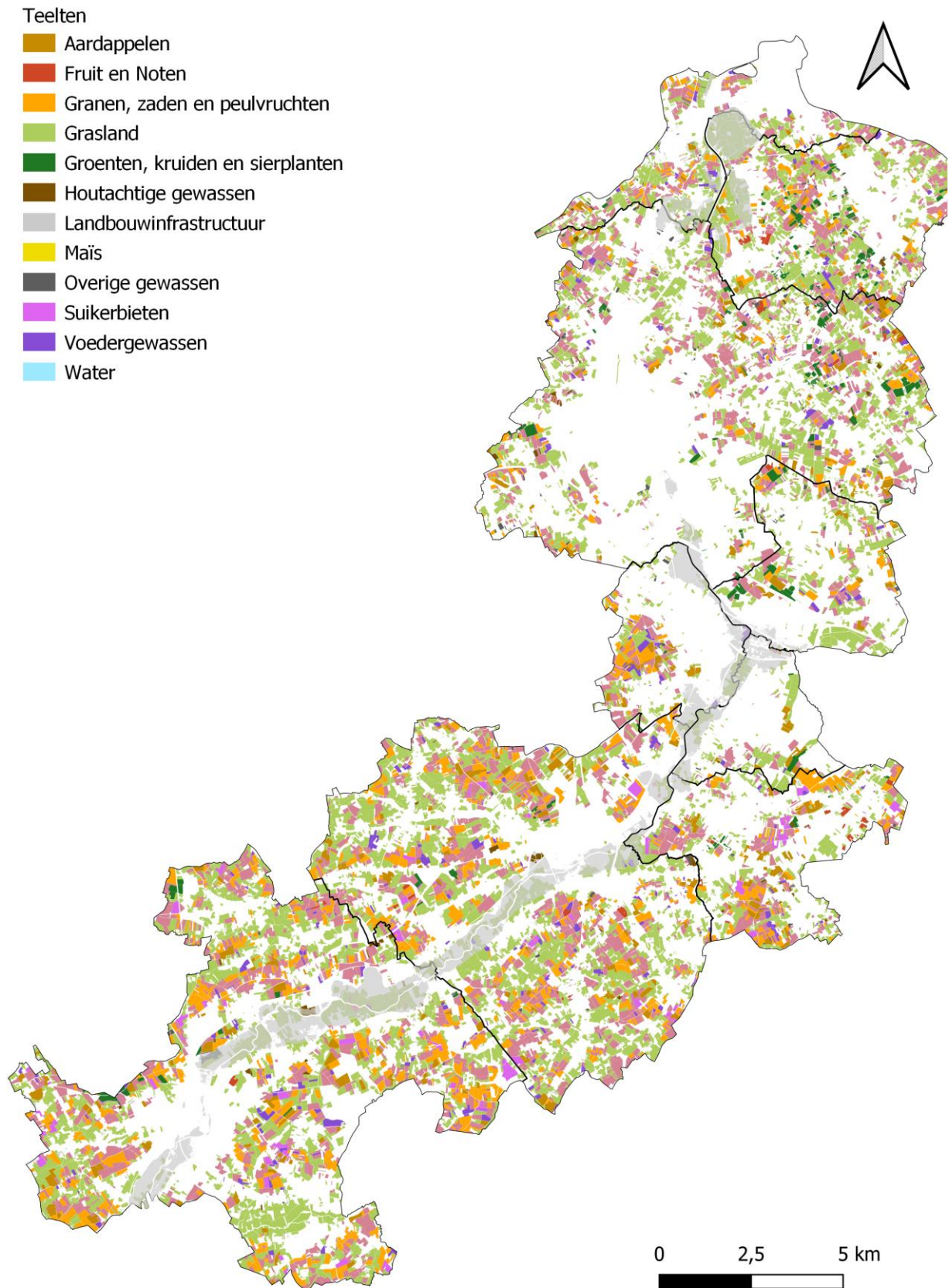
Figuur 8 Tijdreeks van de oppervlakte (ha) aan maïs, grasland, groenten, aardappelen en granen voor het Denderbekken.

Figuur 9 en Figuur 10 beschrijven het ruimtelijk voorkomen voor verschillende teelten in respectievelijk het Denderbekken en de Dendergemeentes voor 2021. Over het algemeen lijkt het dat het areaal aan landbouw het grootste is voor de zuidelijke gemeentes en dit vooral op de flanken van het Denderbekken. Voor de Dendergemeentes zijn dit Geraardsbergen en Ninove. De overstromingscontour T1 heeft het meeste landbouwareaal onder de REF, T10 onder B1, T100 onder HT (huidige toestand), en T1000 onder de REF (Tabel 1). Centraal in het Denderbekken is het landbouwareaal het kleinste per gemeente, dit komt omdat deze gemeentes ook kleiner zijn (let op bij de vergelijking tussen de gemeentes voor Figuur 11 en Figuur 12).

Voor de zuidelijke gemeentes lijken de landbouwpercelen groter in vergelijking met de noordelijke en centrale gemeentes (Figuur 9 en Figuur 10). Er is ook een grotere spatiale homogeniteit in de verdeling van de landbouwpercelen. Dit is vooral opvallend voor de graslandpercelen die vaak in clusters voorkomen, wat waarschijnlijk een direct gevolg is van de aanwezige bodemtypes.



Figuur 9 Geografische spreiding van de verschillende teelten overheen het Denderbekken.



Figuur 10 Geografische spreiding van de verschillende teelten overheen de Dendergemeentes. De REF T100 overstromingscontour is weergegeven in het lichtgrijs.

Tabel 1 De oppervlakte (ha) aan maïs, grasland, groenten, aardappelen en granen per alternatief en per overstromingscontour. Vetgedrukte waarden weergeven de grootste oppervlakte per overstromingscontour.

HT	Maïs	Grasland	Groenten	Aardappelen	Granen	Totaal
T1	4,6	290,5	0,0	0,0	0,0	295,1
T10	5,8	420,6	0,0	0,0	0,1	426,6
T100	21,1	739,2	0,0	4,4	1,3	766,0
T1000	45,0	875,1	0,0	5,3	4,7	930,1

REF	Maïs	Grasland	Groenten	Aardappelen	Granen	Totaal
T1	6,1	319,5	0,0	1,0	0,0	326,7
T10	8,8	546,6	0,0	1,0	0,2	556,7
T100	11,8	736,8	0,0	1,1	0,4	750,1
T1000	47,1	911,3	0,0	5,4	5,0	968,8

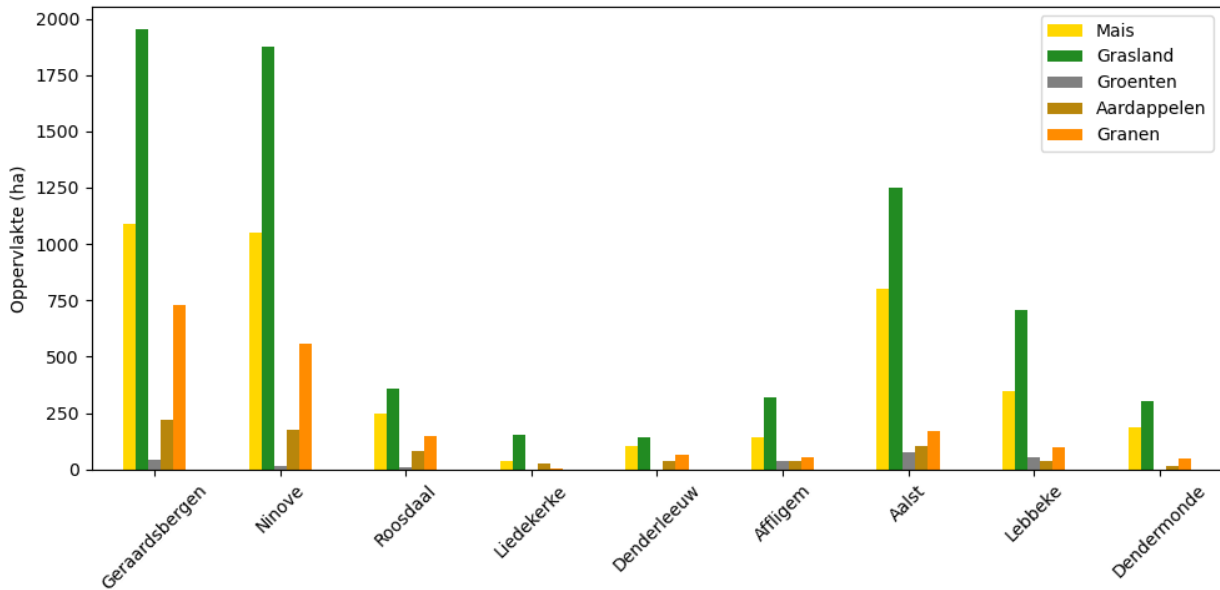
A1	Maïs	Grasland	Groenten	Aardappelen	Granen	Totaal
T1	4,6	254,1	0,0	0,0	0,0	258,7
T10	6,5	509,6	0,0	0,0	0,0	516,1
T100	9,2	719,5	0,0	0,5	0,3	729,5
T1000	46,4	903,9	0,0	5,3	4,7	960,3

B1	Maïs	Grasland	Groenten	Aardappelen	Granen	Totaal
T1	6,5	315,4	0,0	1,0	0,0	322,9
T10	8,9	548,1	0,0	1,0	0,2	558,2
T100	11,3	716,0	0,0	1,0	0,4	728,8
T1000	44,9	891,8	0,0	5,3	4,7	946,7

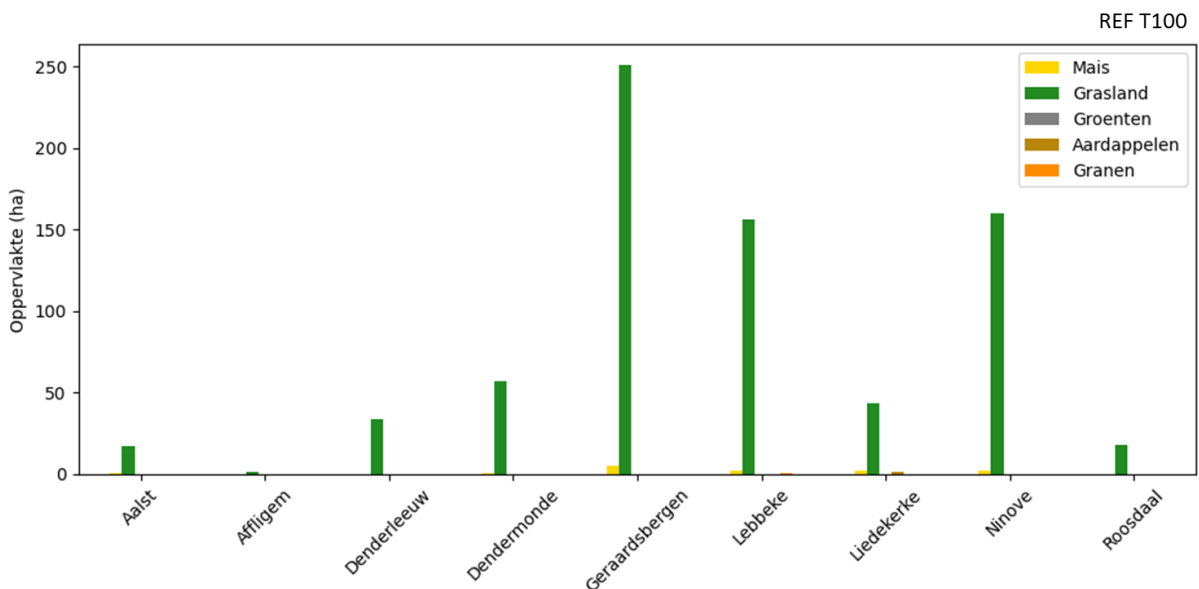
B2	Maïs	Grasland	Groenten	Aardappelen	Granen	Totaal
T1	6,5	315,4	0,0	1,0	0,0	322,9
T10	8,9	521,7	0,0	1,0	0,2	531,8
T100	11,4	710,7	0,0	1,0	0,4	723,4
T1000	43,8	883,8	0,0	5,2	4,5	937,4

B3	Maïs	Grasland	Groenten	Aardappelen	Granen	Totaal
T1	5,0	281,2	0,0	1,0	0,0	287,2
T10	8,5	537,3	0,0	1,0	0,2	547,0
T100	11,0	680,5	0,0	1,0	0,4	692,9
T1000	23,5	831,1	0,0	4,5	1,5	860,6

Enkele teelten zoals maïs en granen tonen een duidelijk geografisch patroon in het landschap. Zo komen er opvallend minder maïspcelen voor in de buurt van de Dender. Dit heeft vermoedelijk te maken met dat de bodems langsheen de Dender moeilijker draineren en dus te nat zijn voor maïs. Deze bodems worden vooral ingenomen door graslanden. Tabel 1 en Figuur 12 geven duidelijk weer dat elke overstromingscontour voornamelijk bestaat uit graslandpercelen. Verder is het grasland voornamelijk geconcentreerd in het stroomopwaarts en stroomafwaarts gedeelte van het Denderbekken. Granen situeren zich dan meer richting het zuiden van het Denderbekken.



Figuur 11 De oppervlakte (ha) van de verschillende teelten binnen elke Dendergemeente. De gemeentes zijn gerangschikt van stroomopwaarts (links) naar stroomafwaarts (rechts).



Figuur 12 De oppervlakte (ha) van de verschillende teelten voor de REF T100 overstromingscontour binnen elke Dendergemeente. De gemeentes zijn gerangschikt van stroomopwaarts (links) naar stroomafwaarts (rechts).

Vervolgens is de teelthistorie over een periode van 6 jaar bekeken per perceel. Percelen kunnen dan ingedeeld worden in 3 types, namelijk typische akkerbouwpercelen, waar steeds een akkerbouwteelt voorkomt, blijvend grasland, waar steeds grasland voorkomt en tijdelijk grasland, dat voor deze analyse gedefinieerd werd als een perceel waar minstens 1 keer in de geanalyseerde periode van 6 jaar grasland in de teeltrotatie voorkomt. In Tabel 2 is dan het percentage akker, blijvend grasland en tijdelijk grasland van het aantal percelen waarvoor deze informatie beschikbaar was, per gemeente in het Denderbekken weergegeven.

Tabel 2 Percentage van het aantal percelen die aangegeven werden in de verzamelaanvraag van de landbouwers in 2021 die tot 6 jaar terug (tot 2016) volledig onder akkerbouwgewassen (akker) of volledig onder grasland (blijvend grasland) lagen of waar minstens 1 keer grasland in de rotatie voorkwam (tijdelijk grasland) in het Denderbekken, met de 9 Dendergemeentes bovenaan de tabel. Let op, deze informatie was niet beschikbaar voor elk perceel en de percentages zijn bepaald ten opzichte van het aantal percelen waarvoor deze informatie beschikbaar is.

		% van het aantal percelen met deze info	Akker	Blijvend grasland	Tijdelijk grasland
De 9 Dendergemeentes	Aalst	56	48	44	8
	Affligem	50	45	50	5
	Denderleeuw	61	53	40	7
	Dendermonde	68	49	43	8
	Geraardsbergen	66	49	45	6
	Lebbeke	61	48	43	8
	Liedekerke	51	20	70	10
	Ninove	66	49	44	7
	Roosdaal	54	60	34	5
	Asse	58	50	41	9
	Bever	69	58	37	4
	Brakel	66	53	43	4
	Buggenhout	57	44	48	8
	Dilbeek	53	57	35	7
	Erpe-Mere	56	48	43	9
	Galmaarden	60	52	39	9
	Gooik	60	58	35	7
	Haaltert	62	46	45	8
	Herne	63	58	33	9
	Herzele	61	47	46	7
	Lede	67	46	47	7
	Lennik	55	65	28	7
	Lierde	66	52	43	5
	Merchtem	63	63	34	3
	Opwijk	61	50	44	7
	Pepingen	50	38	56	6
	Ternat	56	52	43	5
	Wichelen	76	59	29	12
	Zottegem	68	51	41	8

In het Denderbekken zijn percelen met grasland hoofdzakelijk blijvend grasland, verder is het aandeel grasland veelal hoger dan bekeken over geheel Vlaanderen (grasland is 35% (2021, <https://landbouwcijfers.vlaanderen.be/analyse-recentste-perceelsaangifte>)), zeker in de negen Dendergemeentes.

Voor de typische akkerbouwgewassen is er vervolgens gekeken hoe vaak een gewas terugkomt in de 6-jarige geanalyseerde periode, dus in een hypothetische 6-jarige akkerbouwrotatie (Tabel 3), per gemeente in de Denderbekken.

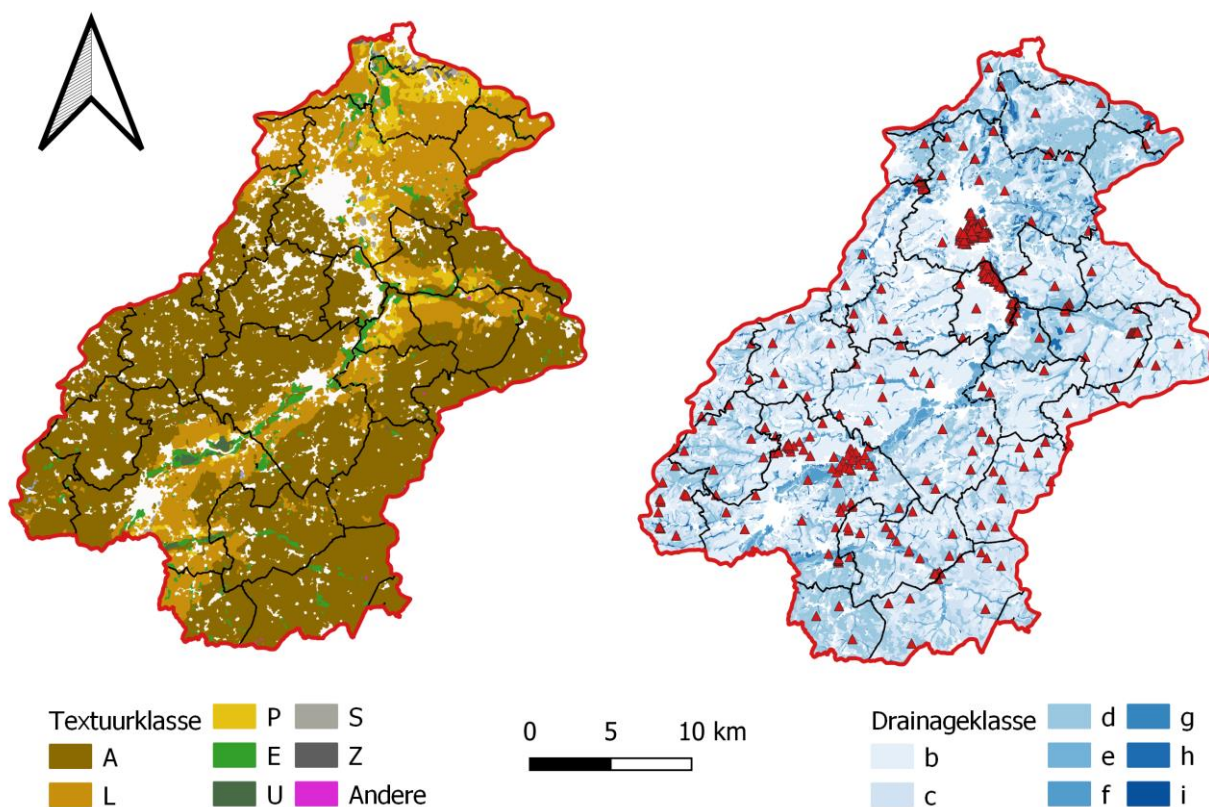
Tabel 3 Aantal keren dat de onderstaande akkerbouwgewassen gemiddeld per gemeente voorkomen in een 6-jarige akkerbouwrotatie in het Denderbekken, met de 9 Dendergemeentes bovenaan in de tabel, in de periode 2016-2021.

	Maïs	Granen	Groenten	Voeder gewassen	Aard appelen	Suiker bieten
Aalst	4	2	2	2	1	0
Affligem	4	2	2	2	1	1
Denderleeuw	4	2	1	3	1	1
Dendermonde	4	2	3	2	1	0
Geraardsbergen	3	2	1	2	1	1
Lebbeke	4	2	3	1	1	1
Liedekerke	4	2	2	2	1	0
Ninove	3	2	1	2	1	1
Roosdaal	3	2	3	3	1	1
Asse	3	2	2	2	1	1
Bever	3	3	2	2	1	1
Brakel	3	2	2	2	1	1
Buggenhout	4	2	3	2	1	1
Dilbeek	3	3	4	2	1	1
Erpe-Mere	3	2	2	2	1	1
Galmaarden	3	3	2	2	1	1
Gooik	3	2	1	2	1	1
Haaltert	3	2	2	2	1	1
Herne	3	3	1	3	1	1
Herzele	3	2	2	2	1	1
Lede	4	2	3	1	1	0
Lennik	3	3	1	2	1	1
Lierde	3	2	1	2	1	1
Merchtem	3	2	3	2	1	1
Opwijk	4	2	3	2	1	2
Pepingen	2	2	1	2	1	1
Ternat	3	3	3	2	1	1
Wichelen	3	2	2	1	1	0
Zottegem	3	2	1	2	1	1

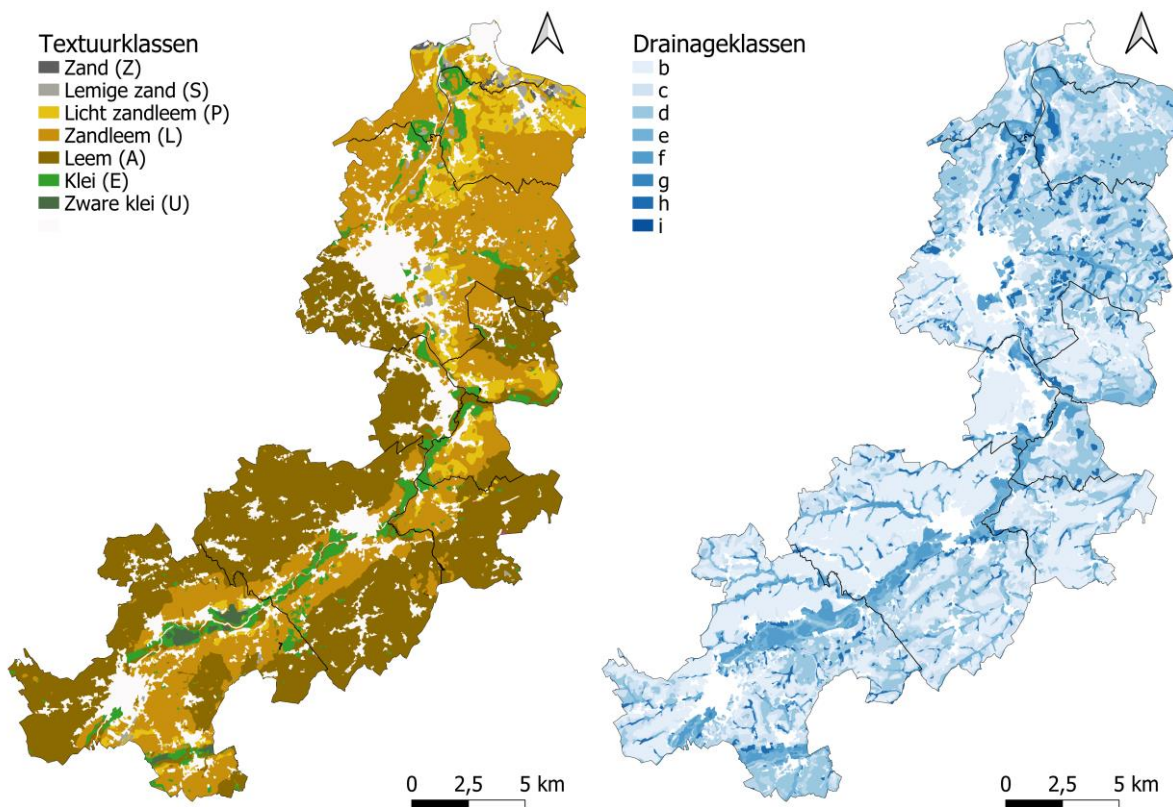
3.1.2 Inventarisatie van de voorkomende bodemtypes

Binnen de Dendervallei komen voornamelijk zandleem- (L) en leemgronden (A) voor (Figuur 15[A]). In de gemeentes Lebbeke en Dendermonde bevinden er zich enkele licht zandleemgronden (S), deze zijn echter beperkt in oppervlakte. Langsheen de Dender komen er ook klei- (E en U) en (licht) zandleemgronden (P en L) voor (Figuur 13). Dit zijn alluviale gronden, ontstaan uit afzettingen van de Dender. Hierbij bevinden de zwaarste kleigronden het dichtste bij de oevers van de Dender en de lichtere zandleemgronden verderaf. Op de flanken bestaan de gronden voornamelijk uit leem.

Dit proces is ook zichtbaar in de drainageklasse. De gronden het dichtste bij de Dender zijn het slechtst gedraineerd (op een natuurlijke wijze). Opmerkelijk is dat de westelijke oever van de Dender tussen Geraardsbergen en Aalst goed gedraineerde gronden heeft, beter in vergelijking met de oostelijke oever (Figuur 14).



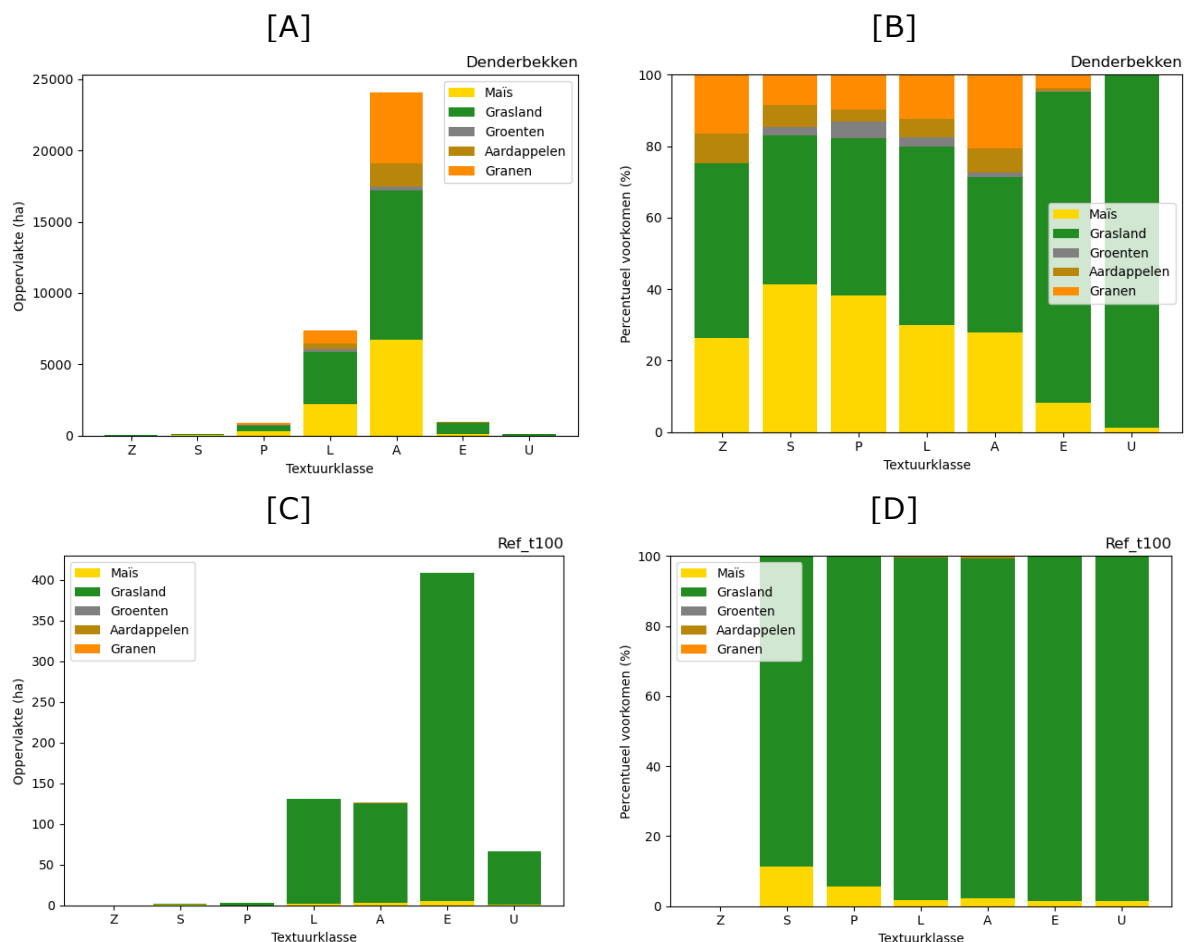
Figuur 13 De bodemkaart voor het Denderbekken beschreven doormiddel van de textuur- en drainageklassen. Grondwatermetingen van DOV zijn aangeduid door rode driehoeken.



Figuur 14 De bodemkaart voor de Dendergemeentes beschreven doormiddel van de textuur- en drainageklassen.

Het Denderbekken bestaat voornamelijk uit droge tot matige natte (Figuur 16 [A]), zandleem- tot leemgronden (Figuur 15 [A]). De gronden met een grove textuurklasse zoals zand, licht zandleem of zandleem worden voornamelijk ingenomen door grasland of maïs, gevolgd door granen. Merk op dat er maar zeer weinig zandgronden aanwezig zijn in het Denderbekken en het procentueel voorkomen niet erg representatief is en te vergelijken is met die van leemgronden. Men moet dus voorzichtig zijn met conclusies op basis van Figuur 15 [B] en [D] en Figuur 16 [B] en [D], de verschillende textuurklassen of drainageklassen onderling mogen niet met elkaar worden vergeleken. Enkel de gewassen binnen één bepaalde textuurklasse of drainageklasse kunnen worden vergeleken. Op leemgronden is er een grotere oppervlakte aan granen in vergelijking met grovere texturen, dit zowel in totale oppervlakte als in procentueel voorkomen. Dit komt door het geschikt vochthoudend vermogen en de geschikte vruchtbaarheid van deze gronden. Kleigronden (E en U) worden voornamelijk ingenomen door grasland, omdat deze minder geschikt zijn voor de andere teelten.

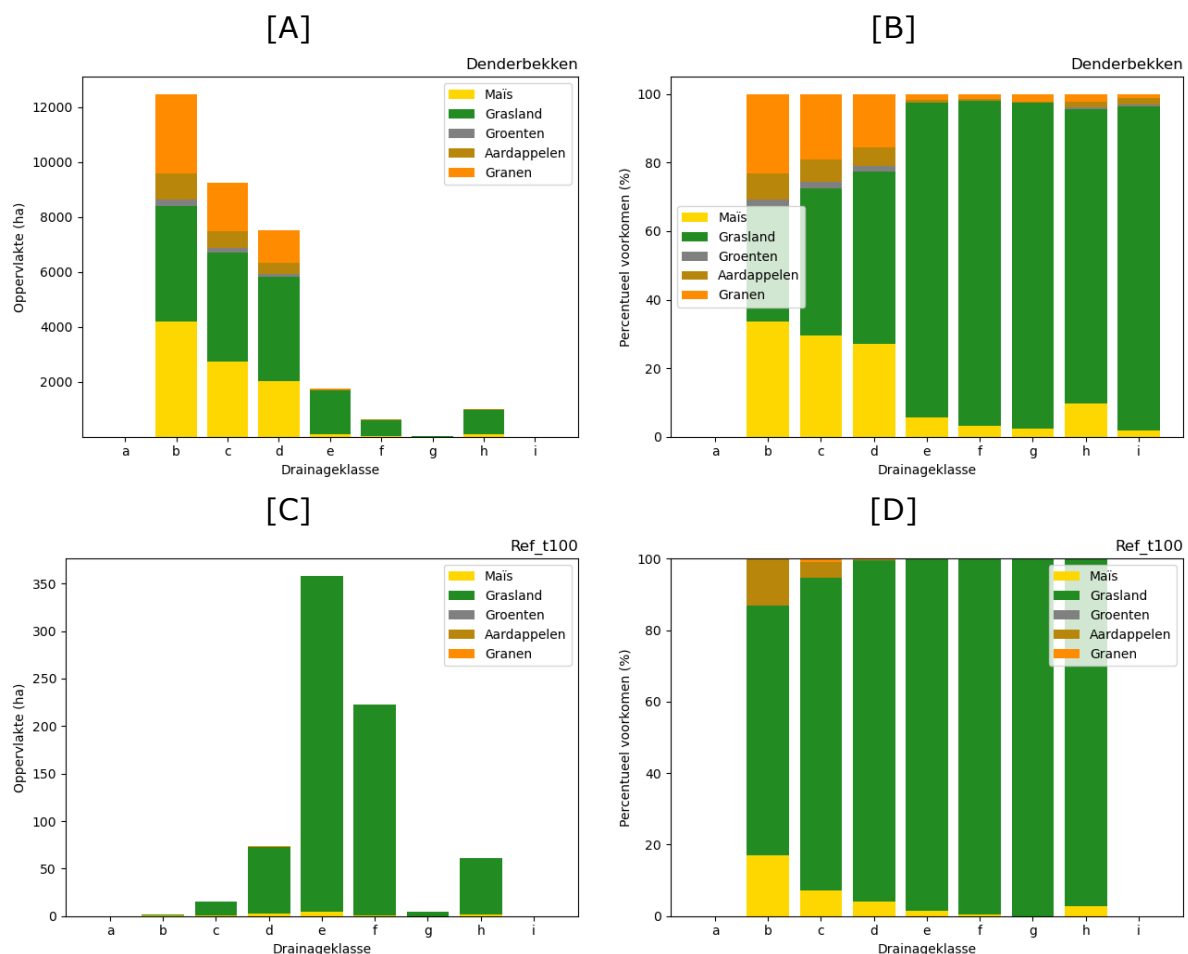
De REF T100 overstromingscontour wordt gedomineerd door grasland voor alle textuurklassen (Figuur 15 [C]). Maïs is aanwezig in zeer kleine oppervlaktes op de gronden met een grovere textuurklasse (Figuur 15 [D]).



Figuur 15 De oppervlakte (ha) aan maïs, grasland, groenten, aardappelen en granen per textuurklassen voor [A] het Denderbekken en [C] de REF T100 overstromingscontour. Het procentueel voorkomen van maïs, grasland, groenten, aardappelen en granen per textuurklassen voor [B] het Denderbekken en [D] de A1 T100 overstromingscontour.

Op de droge (b) tot matig droge (c) gronden binnen het Denderbekken bevindt er zich voornamelijk maïs of grasland en in mindere mate ook granen en aardappelen (Figuur 16 [A] en [B]). Het aandeel grasland wordt groter naarmate de gronden natter worden. Zeker vanaf natte gronden (e) komen er voornamelijk graslanden voor, bij andere teelten zou er wortelrot optreden indien er geen drainage aanwezig is. Voor de niet-graslandpercelen die op matig natte gronden (d) liggen, bestaat er de kans dat deze percelen kunstmatig zijn gedraineerd.

Gelijkaardige conclusies kunnen worden genomen op het niveau van de REF T100 overstromingscontour (Figuur 16 [C] en [D]). De nattere gronden worden vooral gedomineerd door graslanden. Enkel op de drogere gronden is er in mindere mate ook maïs en aardappelen aanwezig. Merk op dat er geen aardappelen voorkomen in Figuur 15 [D]. Mogelijks liggen zijn deze aardappelen gelegen op een textuurklasse verschillend van deze van Figuur 15.



Figuur 16 De oppervlakte (ha) aan maïs, grasland, groenten, aardappelen en granen per drainageklassen voor [A] het Denderbekken en [C] de REF T100 overstromingscontour. Het percentueel voorkomen van maïs, grasland, groenten, aardappelen en granen per drainageklassen voor [B] het Denderbekken en [D] de A1 T100 overstromingscontour.

Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6 en Tabel 7 geven de oppervlakte aan textuurklasse per teelt weer. Uit deze tabellen komen gelijkaardige conclusies al de bovenstaande figuren. Er zijn nog enkele opmerkingen bij in het interpreteren van deze tabellen.

- Men moet telkens rekening houden met de totale oppervlakte van een gewas of textuurklasse/drainageklasse. Indien men bijvoorbeeld wil weten op welke textuurklasse grasland preferentieel voorkomt kan men de

verkeerde conclusie maken dat deze voornamelijk preferentieel op leemgronden aanwezig is omdat deze de grootste oppervlakte heeft, namelijk 10461 ha. Men moet hierbij ook beseffen dat leem de meest voorkomende textuurklasse is binnen het Denderbekken (Figuur 15 [A])

- De totale oppervlakte komt niet overeen tussen Tabel 4 en Tabel 6, en Tabel 5 en Tabel 7. Dit komt omdat niet alle mogelijke textuurklassen of drainageklassen werden vermeld. Om een idee te hebben van de totale oppervlakte van één gewas gebruikt men best Figuur 8.

Tabel 4 De oppervlakte (ha) aan verschillende teelten per textuurklassen voor het gehele Denderbekken en de verschillende Dendergemeentes.

		Z	S	P	L	A	E	U	Totaal
Denderbekken	Maïs	6,5	43,9	338,0	2214,7	6720,9	80,1	1,0	9405,0
	Grasland	12,1	44,4	387,4	3678,4	10461,2	843,3	85,3	15512,2
	Groenten	0,0	2,4	39,2	175,2	308,3	1,8	0,0	526,8
	Aardappelen	2,0	6,6	31,3	386,6	1620,6	7,6	0,0	2054,7
	Granen	4,1	9,1	85,3	908,9	4982,4	36,6	0,0	6026,5
Aalst	Maïs	0,0	4,9	69,5	536,7	176,1	3,1	0,0	790,4
	Grasland	0,0	8,1	50,0	810,3	277,5	56,3	0,0	1202,1
	Groenten	0,0	0,1	8,7	47,6	15,6	0,0	0,0	72,0
	Aardappelen	0,0	0,1	11,3	57,7	32,2	0,2	0,0	101,5
	Granen	0,0	1,1	9,6	92,1	65,9	0,0	0,0	168,8
Affligem	Maïs	0,0	0,0	9,7	68,2	59,1	2,4	0,0	139,4
	Grasland	0,0	0,2	24,9	87,2	153,1	37,4	0,0	302,7
	Groenten	0,0	0,0	4,7	31,1	1,0	0,0	0,0	36,8
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	21,9	15,2	0,0	0,0	37,0
	Granen	0,0	0,0	0,8	28,9	23,4	0,0	0,0	53,2
Denderleeuw	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,6	102,6	0,0	0,0	103,2
	Grasland	0,0	0,0	0,0	9,4	114,9	15,0	0,0	139,2
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,7
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,2	37,5	0,0	0,0	37,7
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,1	66,8	0,0	0,0	66,9
Dendermonde	Maïs	3,8	15,0	44,3	122,7	0,0	1,5	0,0	187,3
	Grasland	9,3	8,3	36,9	196,4	0,0	44,0	0,9	295,7
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
	Aardappelen	1,2	0,1	3,5	10,6	0,0	0,0	0,0	15,5
	Granen	4,0	4,4	13,6	25,4	0,0	0,3	0,0	47,7
Geraardsbergen	Maïs	0,0	7,7	28,7	384,6	652,3	11,7	1,0	1086,0
	Grasland	0,0	1,9	45,6	617,0	980,4	183,3	76,3	1904,5
	Groenten	0,0	0,0	0,0	6,2	33,4	0,0	0,0	39,6
	Aardappelen	0,0	0,0	5,9	76,8	131,3	2,7	0,0	216,8
	Granen	0,0	1,6	4,7	267,8	442,3	9,4	0,0	725,8
Lebbeke	Maïs	2,0	15,1	147,7	178,1	0,0	2,0	0,0	345,0
	Grasland	1,1	21,5	146,8	391,4	0,0	135,9	4,8	701,6
	Groenten	0,0	2,3	24,9	25,2	0,0	0,0	0,0	52,3
	Aardappelen	0,8	6,3	8,2	21,7	0,0	0,0	0,0	37,0
	Granen	0,0	1,9	50,4	43,9	0,0	0,5	0,0	96,8
Liedekerke	Maïs	0,0	0,0	6,9	15,3	14,4	0,6	0,0	37,2
	Grasland	0,0	0,0	12,8	65,1	40,2	33,1	0,0	151,2
	Groenten	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
	Aardappelen	0,0	0,0	1,0	12,9	11,5	0,0	0,0	25,3

Ninove	Granen	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,2	0,0	1,6
	Maïs	0,0	0,0	2,8	142,2	885,3	13,1	0,0	1043,4
	Grasland	0,0	0,0	1,4	265,4	1449,2	115,4	0,0	1831,3
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,2	15,0	0,0	0,0	15,2
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	9,9	164,6	0,0	0,0	174,5
	Granen	0,0	0,0	0,9	94,7	460,3	3,6	0,0	559,5
Roosdaal	Maïs	0,00	0,86	4,66	69,97	169,09	3,55	0,00	248,13
	Grasland	0,00	1,40	4,98	74,20	267,57	6,40	0,00	354,55
	Groenten	0,00	0,00	0,00	4,20	4,54	0,07	0,00	8,82
	Aardappelen	0,00	0,00	0,00	8,81	68,41	0,00	0,00	77,22
	Granen	0,00	0,03	0,30	17,77	128,64	0,34	0,00	147,08

Tabel 5 De oppervlakte (ha) aan verschillende teelten per textuurklassen voor de gehele REF T100 overstromingscontour en de REF T100 overstromingscontour voor de verschillende Dendergemeentes.

		Z	S	P	L	A	E	U	Totaal
A1 T100	Maïs	0,0	0,3	0,2	2,1	2,7	5,5	1,0	11,8
	Grasland	0,0	2,1	2,8	128,1	122,8	403,2	65,4	724,4
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	1,1
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4
Aalst	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
	Grasland	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	7,2	0,0	15,1
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Affligem	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Grasland	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,4	0,0	1,4
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denderleeuw	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Grasland	0,0	0,0	0,0	4,3	14,8	14,3	0,0	33,3
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dendermonde	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,6
	Grasland	0,0	0,5	0,4	18,6	0,0	35,2	0,9	55,5
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Geraardsbergen	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9	2,8	1,0	5,1
	Grasland	0,0	0,0	1,2	28,1	56,9	101,4	59,8	247,4
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lebbeke	Maïs	0,0	0,2	0,1	1,2	0,0	0,7	0,0	2,3
	Grasland	0,0	1,6	1,1	30,5	0,0	116,2	4,8	154,3
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3

Liedekerke	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	1,8
	Grasland	0,0	0,0	0,0	4,6	7,5	31,2	0,0	43,3
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninove	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7
	Grasland	0,0	0,0	0,0	30,2	33,4	93,2	0,0	156,8
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Roosdaal	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Grasland	0,0	0,0	0,0	3,8	9,2	4,1	0,0	17,1
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 6 De oppervlakte (ha) aan verschillende teelten per drainageklassen voor het gehele Denderbekken en de verschillende Dendergemeentes.

		a	b	c	d	e	f	g	h	i	Totaal
Denderbekken	Maïs	0	4206	2723	2033	100	20	1	99	0,1	9181
	Grasland	0	4195	3983	3786	1596	597	24	876	6,2	15064
	Groenten	0	223	176	112	1,9	0,8	0	4,3	0	518,2
	Aardappelen	0	972	602	413	13	2,6	0	16,9	0,1	2019,5
	Granen	0	2885	1752	1165	31	9,6	0,6	24,0	0,1	5868,7
Aalst	Maïs	0	178	244,4	325,2	7,5	1,8	0	31,6	0	789,0
	Grasland	0	153	266,6	546,9	59,3	28,4	1,0	141,8	4,1	1201,2
	Groenten	0	21	28,1	21,8	0,1	0	0	1,2	0	72,0
	Aardappelen	0	15	43,9	38,5	0,7	0,1	0	2,3	0	100
	Granen	0	56	59,3	50,4	0,5	0,1	0	1,8	0	167,9
Affligem	Maïs	0	83	24,1	24,4	1,8	0,1	0,1	0,1	0	133,8
	Grasland	0	101	45,6	78,3	54,2	7,2	0,6	7,1	0	294,3
	Groenten	0	26	6,7	2,9	0	0	0	0,4	0	36,1
	Aardappelen	0	24	3,7	8,9	0	0	0	0,2	0	36,6
	Granen	0	38	11,2	4,3	0	0	0	0	0	53,2
Denderleeuw	Maïs	0	96	5,4	1,3	0,1	0,2	0,2	0,5	0	103,2
	Grasland	0	92	8,5	13,4	6,4	6,5	0,4	11,8	0	139,2
	Groenten	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0,7
	Aardappelen	0	35	2,5	0	0	0	0	0	0	37,7
	Granen	0	68	0,1	0	0	0,1	0	0	0	66,9
Dendermonde	Maïs	0	34	76,4	69,4	2,2	0,5	0	4,6	0	187,3
	Grasland	0	22	51,9	133,4	47,3	14,4	3,7	22,5	0	295,7
	Groenten	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0,2
	Aardappelen	0	2,5	5,1	7,1	0,5	0,1	0	0	0	15,5
	Granen	0	16	18,5	12,3	0,6	0	0	0,1	0	47,7
Geraardsbergen	Maïs	0	597	217,0	203,3	14,2	1,7	0,1	7,1	0	1040,3
	Grasland	0	469	371,5	386,5	303	175	4,1	126,6	0	1835,5
	Groenten	0	16,5	13,1	9,8	0,3	0	0	0	0	39,5
	Aardappelen	0	109	49,0	44,4	0,4	0,3	0	1,0	0	204,1
	Granen	0	398	131,8	145,4	2,9	1,6	0,1	2,7	0	682,6
Lebbeke	Maïs	0	26	112,6	197,7	5,6	0,4	0	3,0	0	345,0
	Grasland	0	25	89,9	361,3	136	26,9	0	60,6	0	698,9

	Groenten	0	11	21,3	19,4	0,2	0,1	0	0	0	52,3
	Aardappelen	0	2,8	14,0	20,2	0	0	0	0	0	37,0
	Granen	0	14	41,8	38,3	1,0	0,2	0	1,3	0	96,7
Liekekerke	Maïs	0	2,7	18,2	13,3	0,2	0,1	0	0,2	0	34,7
	Grasland	0	13	17,8	64,2	27,2	20,5	0	6,5	0	149,4
	Groenten	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0,6
	Aardappelen	0	0,8	4,1	20,5	0	0	0	0	0	25,4
	Granen	0	0,4	0	0,4	0	0	0	0	0	0,8
Ninove	Maïs	0	689	226,4	85,5	5,7	1,7	0	7,9	0	1016,2
	Grasland	0	692	444,8	291,3	195	83,3	1,7	73,1	0	1781,2
	Groenten	0	11,5	2,9	0,7	0	0	0	0	0	15,2
	Aardappelen	0	125	30,4	14,1	1,4	0,1	0	1,7	0	172,8
	Granen	0	412	103,6	32,7	0,6	0,4	0	1,1	0	550,5
Roosdaal	Maïs	0	188	36,3	8,3	0,9	0,2	0	0,2	0	233,6
	Grasland	0	154	79,1	56,6	29,4	12,5	0	12,4	0	344,2
	Groenten	0	6,1	0,5	0,4	0	0	0	0	0	7,1
	Aardappelen	0	51	17,3	5,9	1,5	0,2	0	1,1	0	77,2
	Granen	0	114	23,2	6,0	0,1	0	0	0	0	143,3

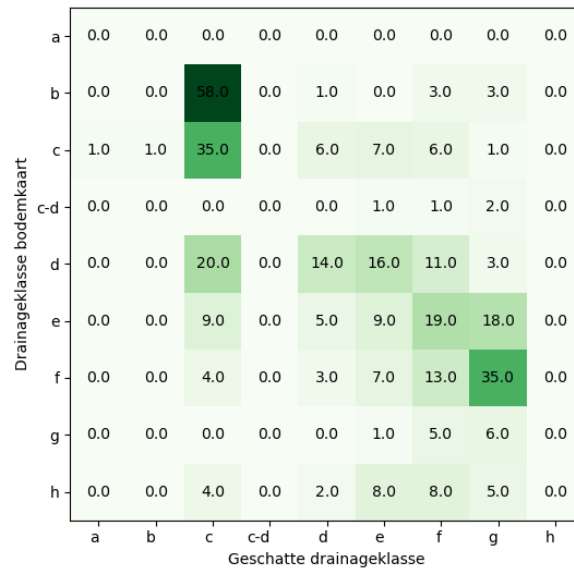
Tabel 7 De oppervlakte (ha) aan verschillende teelten per drainageklassen voor de gehele REF T100 overstromingscontour en de REF T100 overstromingscontour voor de verschillende Dendergemeentes.

		a	b	c	d	e	f	g	h	i	Totaal
A1 T100	Maïs	0,0	0,3	1,1	3,0	4,9	0,9	0,0	1,6	0,0	11,8
	Grasland	0,0	1,3	13,8	70,0	353,4	222,0	4,3	59,7	0,0	724,4
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,2	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
	Granen	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Aalst	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3
	Grasland	0,0	0,0	1,8	1,0	7,9	0,3	0,4	3,6	0,0	15,1
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Affligem	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Grasland	0,0	0,0	0,5	0,3	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	1,4
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Denderleeuw	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Grasland	0,0	0,1	2,5	11,1	5,5	3,6	0,0	10,5	0,0	33,3
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dendermonde	Maïs	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6
	Grasland	0,0	0,1	0,5	4,6	30,2	11,3	3,0	5,8	0,0	55,5
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Geraards beroen	Maïs	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6	0,4	0,0	0,0	0,0	5,1
	Grasland	0,0	0,2	5,1	30,3	116,3	91,6	0,7	3,1	0,0	247,4
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lebbeke	Maïs	0,0	0,0	0,1	0,4	0,5	0,0	0,0	1,3	0,0	2,3
	Grasland	0,0	0,8	2,2	10,7	81,0	25,0	0,0	34,5	0,0	154,3
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Liedekerke	Maïs	0,0	0,2	1,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
	Grasland	0,0	0,1	0,1	1,6	22,6	18,9	0,0	0,0	0,0	43,3
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,2	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ninove	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	1,7
	Grasland	0,0	0,0	0,4	7,7	78,9	68,1	0,2	1,5	0,0	156,8
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Roosdaal	Maïs	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Grasland	0,0	0,0	0,6	2,6	10,6	2,8	0,0	0,5	0,0	17,1
	Groenten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Aardappelen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Granen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3.1.2.1 Evaluatie van drainageklassen Belgische Bodemkaart

De drainageklassen van de Belgische Bodemkaart werden geëvalueerd door middel van grondwatermetingen in het Denderbekken. Figuur 17 vergelijkt de drainageklassen van de bodemkaart met de geschatte drainageklassen op basis van grondwatermetingen van DOV. Grondwatermetingen die op de diagonaal liggen, werden juist ingeschat. Hierbij komt de geschatte drainageklasse overeen met de drainageklasse van de Belgische Bodemkaart. Meetpunten onder de diagonaal duiden op dat de Belgische Bodemkaart te nat zou zijn voorgesteld en boven de diagonaal te droog. Tabel 8 vergelijkt de drainageklassen van de Belgische Bodemkaart met DOV metingen in absoluut aantal en relatief aantal. Men moet voorzichtig zijn met de interpretatie van droogste en natste drainageklassen. Er bestaat namelijk geen drainageklasse droger dan 'a' of natter dan 'i'.



Figuur 17 Vergelijking van de drainageklassen van de bodemkaart met de drainageklassen op basis van de DOV grondwatermetingen. De getallen stellen het aantal grondwatermetingen voor.

Men kan vaststellen dat de meeste bodems op de Belgische Bodemkaart te droog zijn ingeschat voor het Denderbekken, de meeste grondwatermetingen liggen boven de diagonaal (Figuur 17). Ongeveer 54% van de DOV grondwatermetingen zou natter zijn dan aangeduid op de Belgische Bodemkaart (Tabel 8). Op 58 grondwatermetingen zou een drainageklasse 'b' zijn volgens de Belgische Bodemkaart, die volgens de grondwatermetingen natter zou moeten zijn, namelijk drainageklasse c. Slechts een klein aandeel van de grondwatermetingen in het Denderbekken zou droger moeten zijn dan de Belgische Bodemkaart heeft ingeschat. In totaal duiden er 83 (of 24%) DOV grondwatermeetpunten op drogere gronden dan wat wordt aangegeven op de Belgische Bodemkaart (Tabel 8). Deze zou het grootste zijn voor drainageklasse 'd', waar 20 (of 31%) meetpunten van de 64 meetpunten droger ingeschat wordt dan de Belgische Bodemkaart, terwijl 30 (of 47%) meetpunten te nat worden ingeschat. Doordat dit aandeel te nat ingeschatte gronden zo klein is, is het niet nodig om de drainageklassen van de Belgische Bodemkaart aan te passen.

Tabel 8 Vergelijking van de drainageklassen van de Belgische Bodemkaart met DOV grondwatermetingen, in absoluut aantal meetpunten en relatief (%) aantal meetpunten per drainageklasse. Vetgedrukte waarden weergeven de meest voorkomende schatting (droger, correct of natter) weer per drainageklasse.

Drainageklasse bodemkaart	DOV meetpunten							
	Absoluut (# meetpunten)				Relatief (%)			
	Totaal	Droger	Correct	Natter	Droger	Correct	Natter	
a	0	/	0	0	/	/	/	/
b	65	0	0	65	0	0	100	
c	57	2	35	20	4	61	35	
d	64	20	14	30	31	22	47	
e	60	14	9	37	23	15	62	
f	62	14	13	35	23	21	56	
g	12	6	6	0	50	50	0	
h	27	27	0	/	100	0	/	
Totaal	347	83	77	187	24	22	54	

3.1.3 Analyse bodemvruchtbaarheid

De analyse van de bodemvruchtbaarheid wordt weergegeven in Tabel 9. Deze waarden kunnen vergeleken worden met de streefzones die de Bodemkundige Dienst hanteert (Tits et al., 2020), weergegeven in Tabel 10. Deze streefzones geven de minimum- en maximumwaarde van een specifieke bodemvariabele weer voor optimale gewasgroei. De streefzones werden opgesteld op basis van proefveldwerking per textuurklasse en organische koolstofgehalte, en zijn dus perceel specifiek. In Tabel 9 worden die waarden die onder de streefzones liggen in het vetgedrukt weergegeven. Er geldt dan dat voor die specifieke gemeente, gemiddeld gezien, de akkerpercelen of weidepercelen niet voldoen aan de streefzone van organisch koolstofgehalte of pH.

Tabel 9 Gemiddeld organisch koolstofgehalte en pH in de gemeentes van het Denderbekken, met de 9 Dendergemeentes weergegeven bovenaan de tabel. Waarden die onder de streefzones gehanteerd door de Bodemkundige Dienst van België liggen zijn in het vet gedrukt.

Gemeentes van het Denderbekken		Koolstofgehalte (%OC)		pH	
		akkers	weilanden	akkers	weilanden
De 9 Dendergemeentes	Aalst	1,32	2,97	6,1	5,7
	Affligem	1,21	2,91	6,4	5,8
	Denderleeuw	1,22	3,43	5,9	5,6
	Dendermonde	1,58	3,59	6,0	5,8
	Geraardsbergen	1,22	3,45	6,2	5,8
	Lebbeke	1,32	3,84	6,0	5,7
	Liedekerke	1,22	2,91	5,8	5,7
	Ninove	1,26	3,26	6,1	5,6
	Roosdaal	1,08	2,74	6,3	5,7
	Asse	1,16	2,39	6,3	5,7
	Bever	1,31	3,44	6,4	5,8
	Brakel	1,25	3,31	6,2	5,6
	Buggenhout	1,69	2,68	5,8	5,7
	Dilbeek	1,27	2,72	6,2	5,5
	Erpe-Mere	1,18	3,19	5,9	5,8
	Galmaarden	1,28	3,72	6,3	5,6
	Gooik	1,25	3,58	6,3	5,7
	Haaltert	1,23	2,84	6,0	5,8
	Herne	1,31	3,21	6,3	5,8
	Herzele	1,27	3,13	6,1	5,7
	Lede	1,24	3,24	5,9	5,7
	Lennik	1,23	2,63	6,4	5,7
	Lierde	1,20	4,04	6,3	5,7
	Merchtem	1,21	2,46	6,2	5,8
	Opwijk	1,15	3,07	6,3	5,9
	Pepingen	1,28	3,23	6,4	5,8
	Ternat	1,17	2,36	6,4	5,9

Wichelen	1,35	3,27	6,1	5,9
Zottegem	1,19	3,48	6,1	5,7

Tabel 10 Streefzones van de bodemvruchtbaarheidsvariabelen

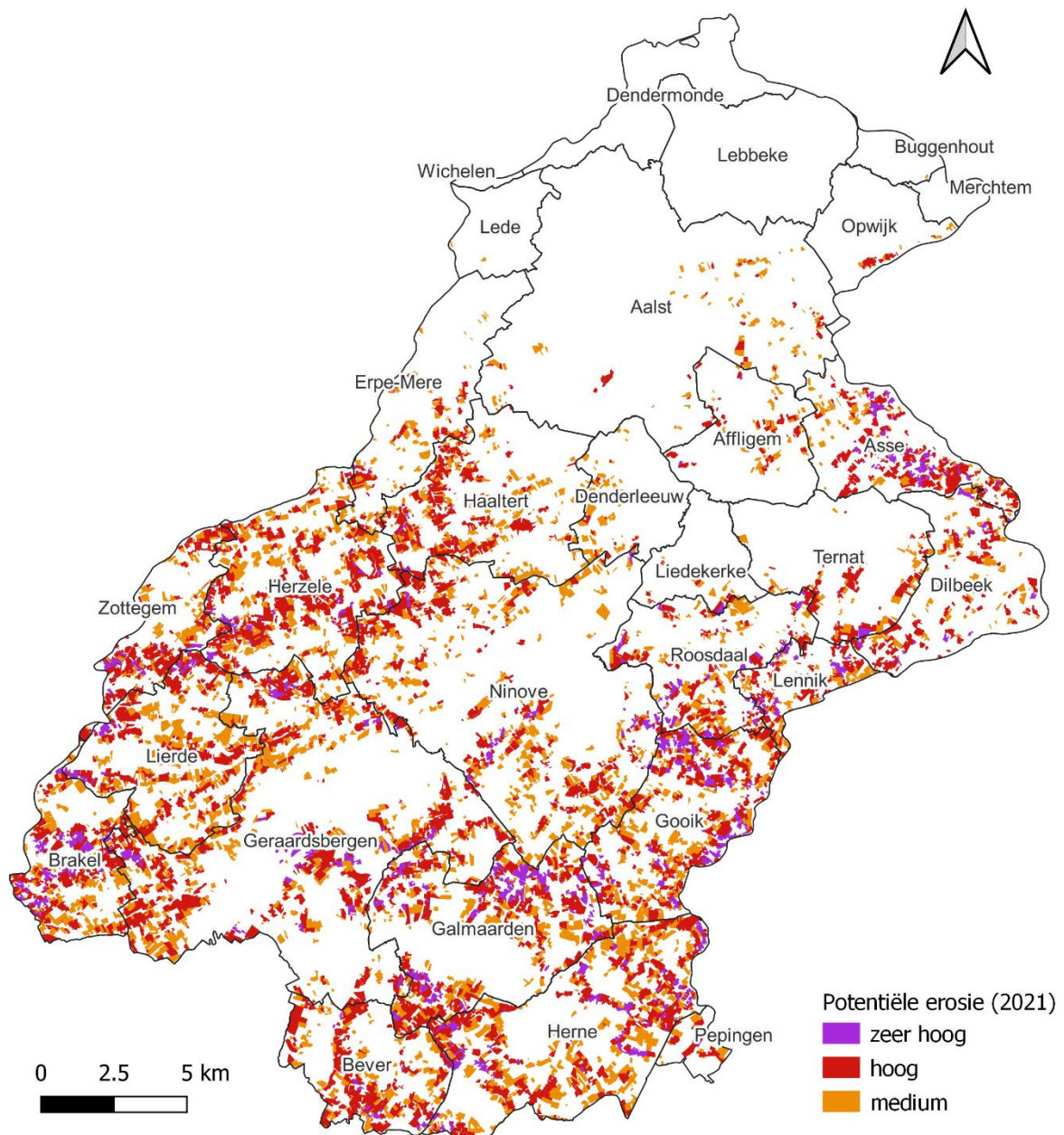
Landgebruik	Bodemtextuur	OC (%)	pH-KCl
Akkers	Zand	1,8 – 2,8	5,2 – 5,6
	Zandleem	1,2 – 1,6	6,2 – 6,6
	Leem	1,2 – 1,6	6,7 – 7,3
	Polders (klei)	1,6 – 2,6	7,2 – 7,7
Weilanden	Zand	3,6 – 5,5	5,1 – 5,6
	Zandleem	3,6 – 5,5	5,7 – 6,2
	Leem	2,6 – 4,2	5,7 – 6,2
	Polders (klei)	3,6 – 5,5	5,7 – 6,4

De dominante bodemtexturen in het projectgebied zijn weergegeven in grijs

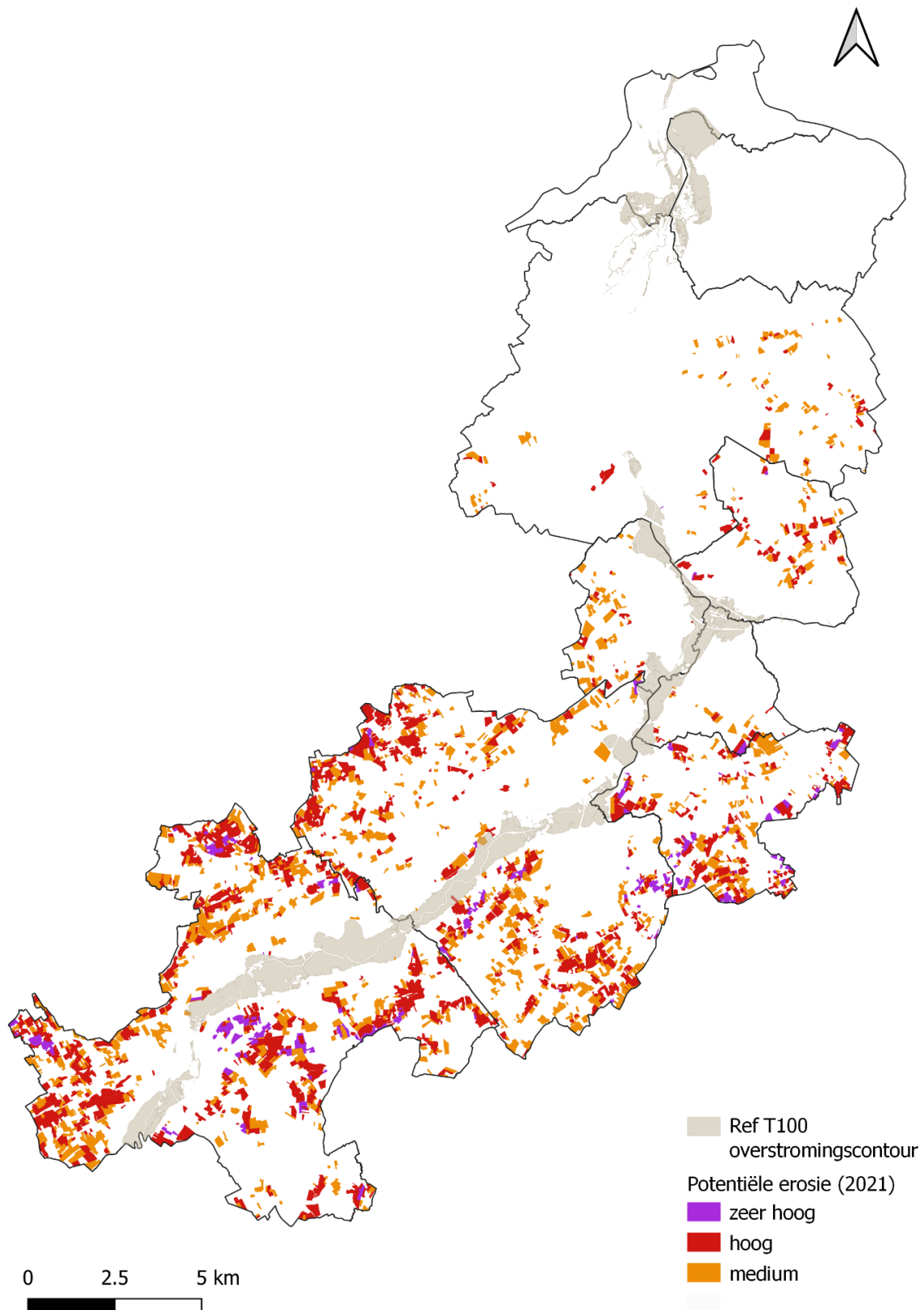
Gemiddeld per gemeente in het projectgebied is het OC-gehalte veelal net binnen de streefzone, op enkele gemeentes na. De pH in akkers daarentegen is systematisch te laag, wat negatieve gevolgen kan hebben op de gewasopbrengst.

3.1.4 Beschrijving erosiegevoeligheid

De potentiële erosiegevoeligheid van de percelen binnen het Denderbekken is weergegeven in Figuur 18 en Figuur 19. Enkel de 3 hoogste klassen van erosiegevoeligheid (zeer hoog, hoog en medium) zijn weerhouden op deze figuur. Het is duidelijk dat er een groot aantal erosiegevoelige percelen in het Denderbekken aanwezig is, behalve in het noorden van het gebied en in de Dendervallei.



Figuur 18 Potentiële erosiekaart van het Denderbekken. Enkel de drie hoogste klassen van potentiële erosie zijn weerhouden op deze kaart.



Figuur 19 Potentiële erosiekaart van de 9 Dendergemeentes binnen het Denderbekken. Enkel de drie hoogste klassen van potentiële erosie zijn weerhouden op deze kaart.

Binnen de gemeentes van het Denderbekken is er tussen 0 en 67% van de landbouwoppervlakte geklasseerd zijn onder deze 3 hoogste erosiegevoeligheidsklassen (Tabel 11).

Tabel 11 Procentuele oppervlakte van de landbouwpercelen waar de potentiële erosie in de klasse medium, hoog en zeer hoog (en hun som) valt in de gemeentes van het Denderbekken, met de 9 Dendergemeentes bovenaan in de tabel.

gemeente		% oppervlakte landbouwpercelen 2021			
		medium	hoog	zeer hoog	som
De 9 Dendergemeentes	Aalst	4	2	<0,1	7
	Affligem	10	12	0,3	23
	Denderleeuw	23	6		29
	Dendermonde				
	Geraardsbergen	18	23	4	44
	Lebbeke				
	Liedekerke	9	7	3	19
	Ninove	17	16	1	34
	Roosdaal	21	25	7	52
	Asse	12	36	10	59
	Bever	16	27	2	45
	Brakel	22	29	8	60
	Buggenhout	0,3			0,3
	Dilbeek	16	26	3	45
	Erpe-Mere	12	10	0,2	22
	Galmaarden	18	26	8	52
	Gooik	22	28	9	59
	Haaltert	19	25	1	44
	Herne	22	22	4	49
	Herzele	20	30	2	52
	Lede	1			1
	Lennik	22	36	9	67
	Lierde	26	24	2	52
	Merchtem				
	Opwijk	2	4		6
	Pepingen	20	33	1	54
	Ternat	9	12	1	22
	Wichelen				
	Zottegem	16	29	4	50

Lege cellen=geen van de landbouwpercelen van de gemeente valt in de respectievelijke potentiële erosieklasse

3.2 Kansen op betere waterretentie in het Denderbekken

3.2.1 Kansen voor aangepast peilbeheer

3.2.1.1 Peilgestuurde drainage

Drainage wordt toegepast op natte kwelgronden waar watergevoelige gewassen worden geteeld. Kwelgronden zorgen ervoor dat de grondwaterstand gemakkelijk en snel hersteld na het afvoeren van het grondwater als de peilgestuurde drainage openstaat. Natte kwelgronden worden aangeduid op de Belgische Bodemkaart door drainageklasse 'd' of hoger. Het meeste van deze gronden bevinden zich in de Dendervallei zelf (Figuur 13 en Figuur 14). Vaak worden deze gronden ingenomen door permanent grasland. De kans op de aanwezigheid van drainage op permanent grasland is zeer klein.

Op een deel van de gronden met drainageklasse 'd' worden ook granen, maïs en aardappelen geteeld (Figuur 16). Deze gewassen zijn gevoeliger aan hoge grondwaterstanden. De kans op drainage vergroot hier in vergelijking met permanent grasland. De meeste van deze gewassen bevinden zich in de zuidelijke gemeentes (Figuur 9).

De kans op de aanwezigheid van drainage wordt voorgesteld door Figuur 20. Hier vindt men gelijkaardige trends als hierboven werd beschreven:

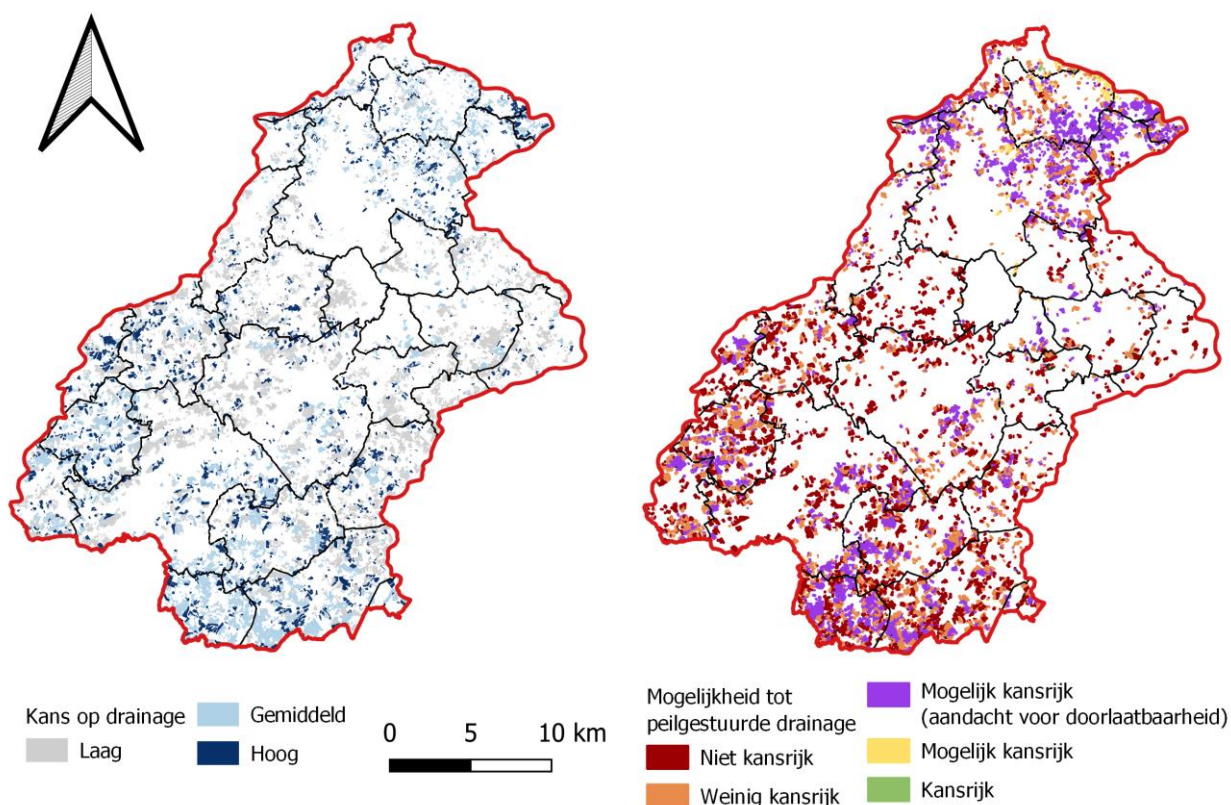
- Centraal in de Dendervallei is er minder kans op de aanwezigheid van drainage (Figuur 21) omdat natte gronden worden ingenomen door permanente graslanden.
- Op de flanken van de vallei in de zuidelijke gemeentes (Galmaarden, Herne en Bever) wordt de kans op drainage groter ingeschat.

Waar drainage aanwezig is op het perceel is het mogelijk interessant om deze om te vormen naar peilgestuurde drainage. Bij peilgestuurde drainage heeft men meer controle over wanneer het perceel wordt gedraineerd. Figuur 20 geeft de mogelijkheid weer tot omvorming tot peilgestuurde drainage (enkel voor de percelen waar de kans op drainage gemiddeld tot hoog is). Een groot deel van de percelen is niet kansrijk of weinig kansrijk voor peilgestuurde drainage. Een perceel is niet kansrijk als één factor (textuurklasse, drainageklasse of topografie) ongeschikt wordt geacht voor peilgestuurde drainage. Dit heeft mogelijks te maken met de topografie in de Dendervallei. Deze laat niet toe om met één drainagesysteem een perceel te draineren. Verschillende drainagesystemen in serie op één perceel met elkaar kunnen dan peilgestuurd worden. Dit is vaak kostelijk en niet praktisch haalbaar.

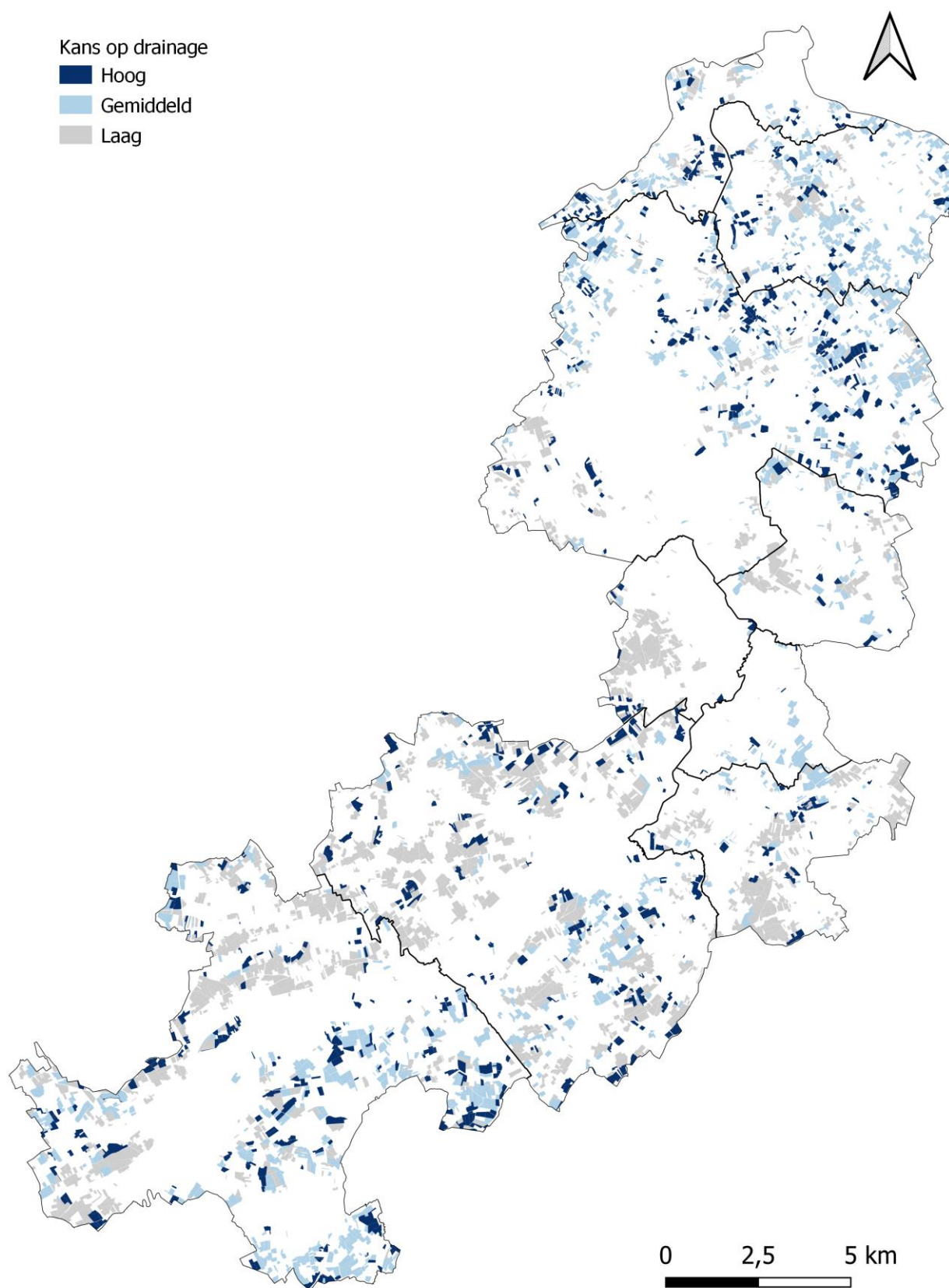
Echter een groot deel van percelen kan worden omgevormd met aandacht voor de doorlaatbaarheid. Deze percelen situeren zich in de zuidelijke (Bever en Herne) en noordelijke (Aalst, Opwijk, Lebbeke, Merchtem en Buggenhout) gemeentes. Vaak is de textuurklasse te zwaar waardoor het effect op de grondwaterstanden te traag is. Hierdoor wordt er aangeraden om meer drainagebuizen aan te leggen op een kortere afstand van elkaar. Indien de limiterende factor de helling is kan er gewerkt worden met verschillende drainagesystemen, zoals eerder gezegd is dit vaak kostelijk.

Een klein aantal van de percelen is kansrijk tot zeer kansrijk voor de omvorming tot peilgestuurde drainage. Deze bevinden zich voornamelijk in aan de noordelijke grens van het Denderbekken in de gemeentes Dendermonde, Lebbeke en Buggenhout.

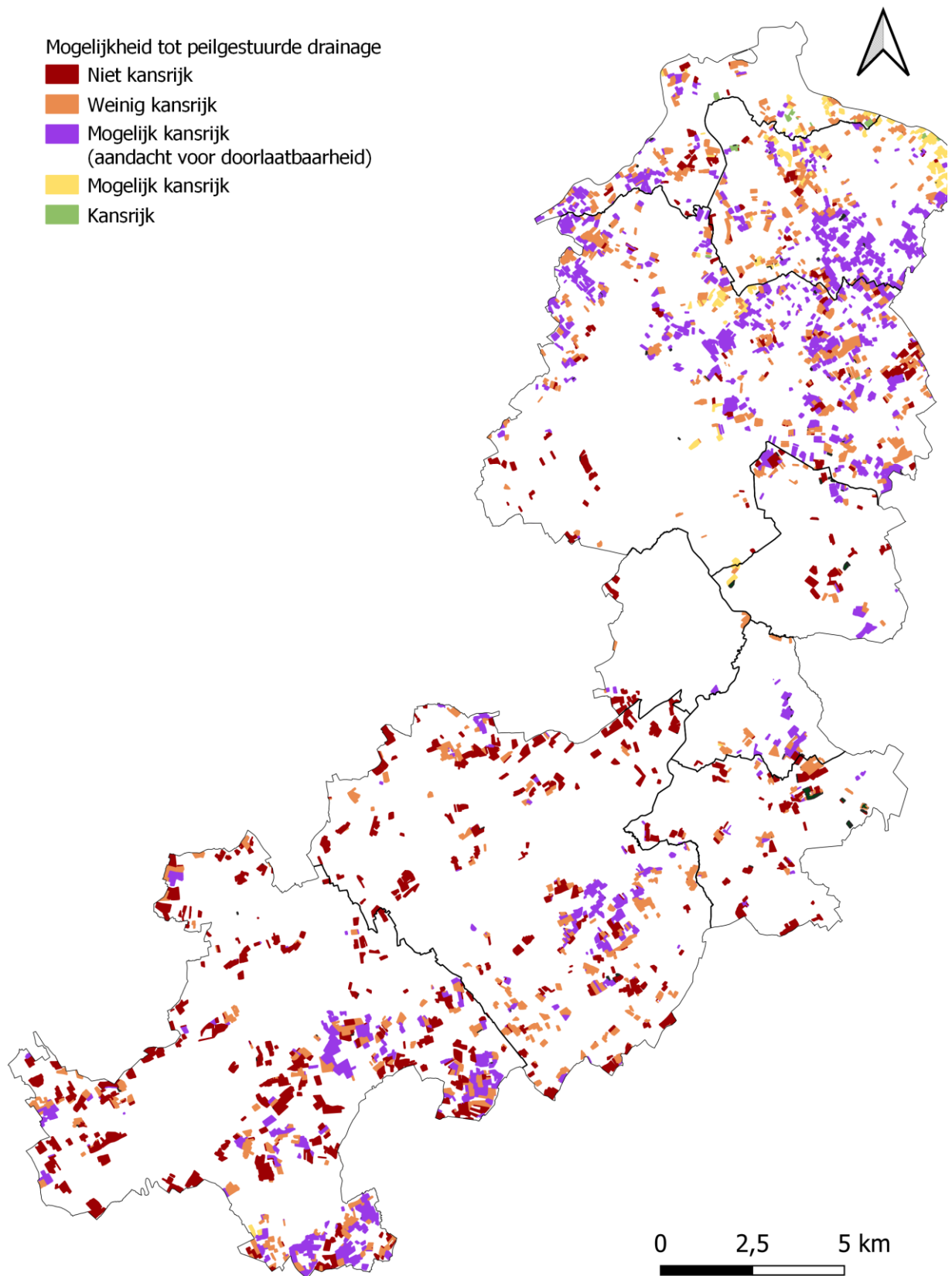
Peilgestuurde drainage is enkel **waterbesparend** als klassieke drainage wordt **omgevormd tot peilgestuurde drainage**. De aanleg van peilgestuurde drainage op een niet gedraineerd perceel leidt netto tot waterverlies.



Figuur 20 Kans op drainage per perceel en de mogelijkheid van omvorming tot peilgestuurde drainage.



Figuur 21 De kans op de aanwezigheid van drainage op perceelsniveau voor de verschillende Dendergemeentes.



Figuur 22 De mogelijkheid op de omvorming van klassieke drainage naar peilgestuurde drainage op perceelsniveau voor de verschillende Dendergemeentes.

3.2.1.2 Regelbare stuwen

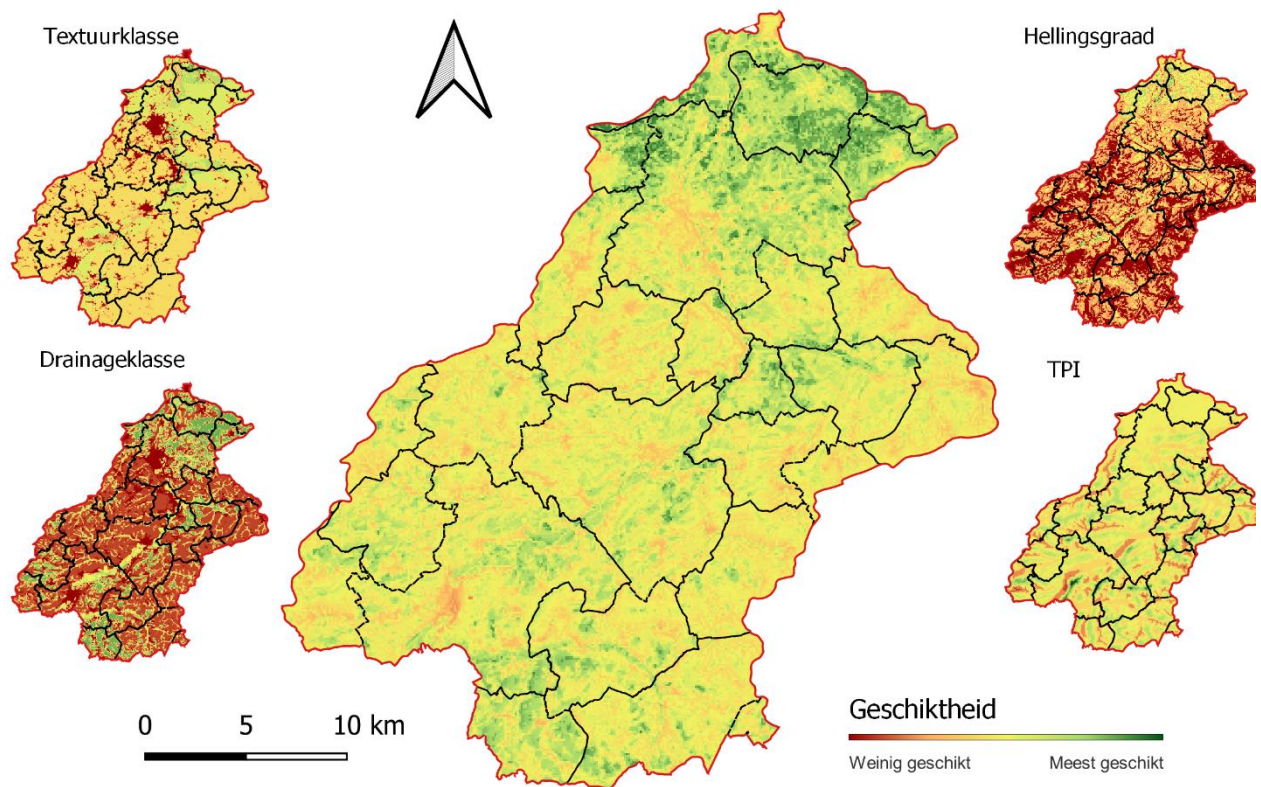
Regelbare stuwen houden het water tegen in grachten om de infiltratietijd en – afstand te vergroten. Een aantal factoren beïnvloeden de effectiviteit van een stuw: textuurklasse, drainageklasse, hellingsgraad en topografie. Figuur 23 geeft de geschiktheid voor een regelbare stuw weer voor het gehele Denderbekken. De noordelijke gemeentes (Dendermonde, Lebbeke, Opwijk, Buggenhout, Lede en Merchtem) lijken het meest geschikt te zijn voor de plaatsing van regelbare stuwen.

Stuwen worden preferentieel op lichtere gronden geplaatst met een grove textuur. Deze zijn voornamelijk aanwezig in het noorden van het Denderbekken (Figuur 23). Stuwen zullen nog altijd water ophouden en functioneren in zwaardere gronden. Het verschil zit in de reactietijd, wanneer een stuw wordt opengezet zal de grondwaterstand sneller zakken in een zandige bodem in vergelijking met een klei bodem. Dit heeft vooral voordelen naar de landbouw. Het is niet praktisch voor een landbouwer om de stuw te openen 2 weken (of meer afhankelijk van de weersomstandigheden) voor hij op het perceel moet zijn. Voor een zandgrond kan de reactietijd enkele uren of dagen zijn. De grovere textuurklassen bevinden zich voornamelijk in het noorden van het Denderbekken.

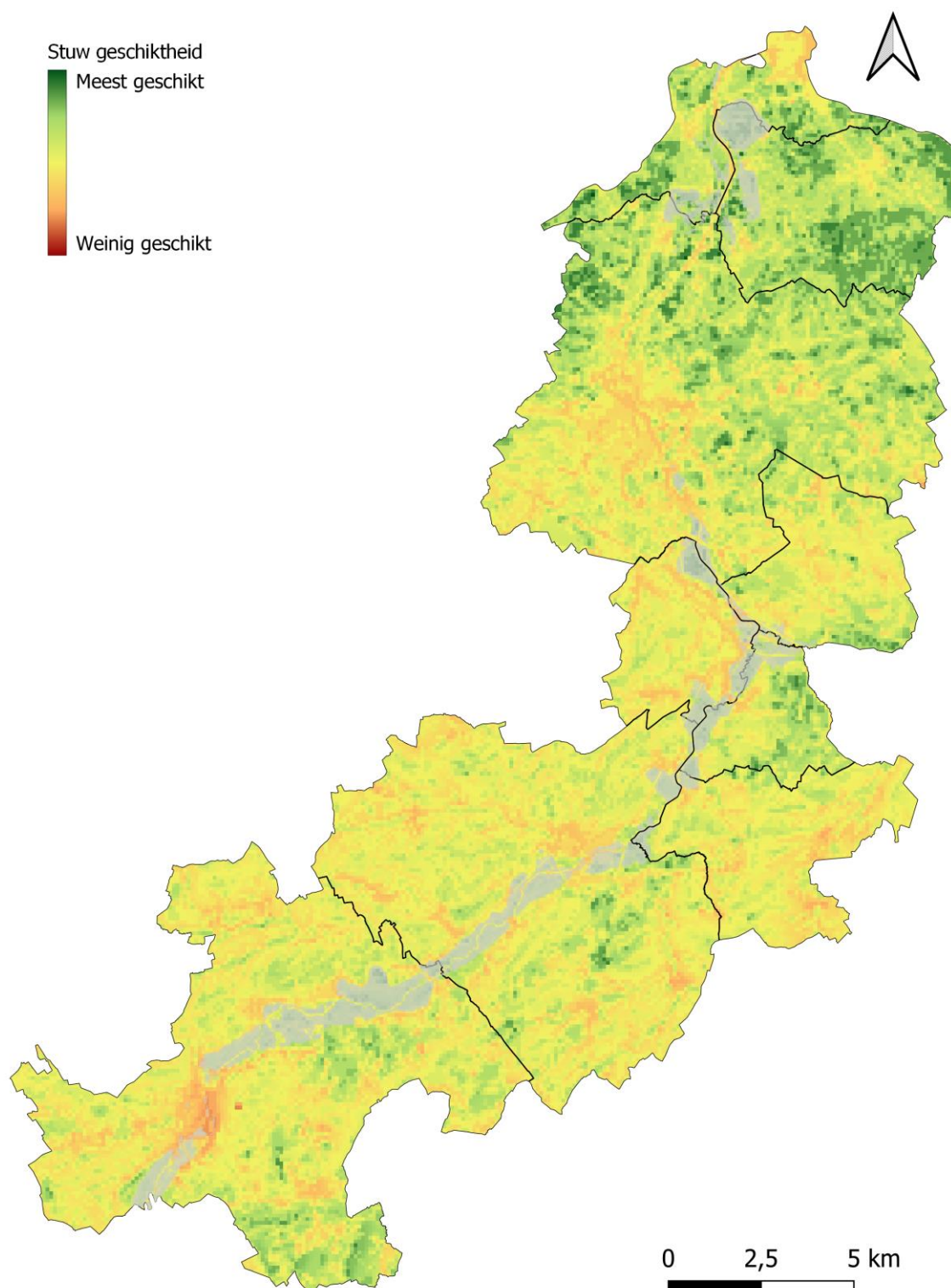
De drainageklasse geeft een idee over hoeveel water er aanwezig is in de bodem. Voor droge drainageklassen zoals 'a', 'b' of 'c' zit het grondwater vaak diep, waardoor het zeer moeilijk is tot onmogelijk is om dit op te stuwen. Op deze droge gronden zijn er ook zeer weinig grachten aanwezig omdat men nooit de behoefte heeft gehad om het grondwater af te voeren. Zeer natte gronden hebben vaak het nadeel dat deze lager gelegen zijn in het landschap en het water hier al (tijdelijk) stagneert. De grondwaterstand is hier vaak hoog waardoor de landbouwers ook minder interesse hebben om een stuw te plaatsen. Op matig natte tot natte gronden is het potentieel om stuwen te plaatsen groter. Hier komt de grondwaterstand in het voorjaar vaak hoog, waardoor er voldoende water is in de grachten om water op te stuwen. Een stuw heeft hier een groter potentieel om het grondwater op te stuwen omdat het beter wordt gevoed met water. Vaak hebben deze gronden ook een dichte netwerk aan grachten. Geschikte drainageklassen bevinden zich voornamelijk in het noorden van het Denderbekken.

Stuwen hebben de grootste impact op vlakke percelen, waar de stuwafstand het grootste is. Bij hellende percelen zal het grondwater maar voor een deel worden opgestuwd en zal er gewerkt moeten worden met een serie aan stuwen om het grondwater op het gehele perceel op te stuwen. Vaak is dit niet rendabel. De hellingsgraad is de meest limiterende factor in de Denderbekken om stuwen te plaatsen. Enkel voor de noordelijke gemeentes (Lebbeke, Dendermonde, Lede) zijn er vlakke percelen die meer geschikt zijn om stuwen te plaatsen.

Ten slotte is de ligging van een stuw in het landschap belangrijk. Stuwen worden preferentieel niet op de hoogste punten in het landschap geplaatst omdat hier het water weg stroomt en het grondwater diep zit. Op de laagste delen stagneert het water zich vaak, een stuw is hier vaak overbodig. De interessante plaatsen bevinden zich tussen beiden. De TPI beschrijft de ligging in het landschap. Deze is voornamelijk belangrijk in het centrale en zuidelijke deel van het Denderbekken, waar een uitgesproken topografie aanwezig is.



Figuur 23 Stuwgeschiktheid voor de Dendervallei samen met de verschillende criteria waarop de kaart is gebaseerd.



Figuur 24 Stuwgeschiktheid voor de negen Dendergemeentes van het Denderbekken.

3.2.2 Erosiebestrijding

Tabel 12 geeft erosiebestrijdingsmaatregelen weer bij de erosiegevoelige teelten, samen met een inschatting van hun erosiereducerend effect en eventueel negatief effect op de gewasopbrengst.

Tabel 12 Brongerichte erosiebestrijdingsmaatregelen bij een aantal verschillende erosiegevoelige teelten, samen met een inschatting van hun erosiereductie en opbrengstderving op basis van proefveldonderzoek.

Teelt	Maatregel	Erosie reductie ^a (%)	Opbrengstderving ^a (%)	Haalbaarheid
Maïs	Niet-kerende bodembewerking	91	6-7 – na braak of grasachtige groenbedekker 0 – na vorstgevoelig mengsel van groenbedekkers	Ok voor grotere bedrijven, investeringskost kleinere bedrijven. Bij veel monocultuur maïs (geen groenbedekker) of bij snede gras of rogge voor maïs kan opbrengstderving te hoog zijn.
	Strip-till (enkel in de rij wordt de bodem bewerkt)	94	10-13 – na braak of grasachtige groenbedekker 0 – na vorstgevoelig mengsel van groenbedekkers Opmerking: betere opbrengsten wanneer voor de winter een diepe (25-30 cm) niet-kerende bodembewerking wordt uitgevoerd	Laag. Moet best gecombineerd worden met drijfmestinjectie wat het machinaal een grote uitdaging maakt, zeker op kleine percelen.
	Volleveldszaai (rijafstand kleiner, afstand tussen de planten groter)	51	0 – bij kwalitatieve zaai	Pneumatische graanzaaimachine nodig voor kwalitatieve zaai, tijd steken in afdraaiproeven om te zaaien. Voor dorsen voorlopig nog geen machines -> niet voor korrelmaïs
	Drempeltjes	77	0	Geen machines op de markt
Aard appelen	Drempeltjes	90	0	Drempelmachine nodig, correcte afstelling
Suiker bieten	Niet-kerende bodembewerking	Geen kwantitatieve data	0-10 – vorstgevoelige groenbedekker met niet te veel biomassa, voldoende afdoding groenbemester	Diepe bodembewerking uitvoeren om splitsen penwortel tegen te gaan bij voldoende droge ondergrond
Andere ruggen teelten	Drempeltjes	77	0	Aangepaste drempelmachine afhankelijk van ruggenafstand (die afhankelijk is van de teelt) + goede afstelling noodzakelijk.
	Tandbewerking tussen de ruggen	78-84	0	Goed. Bodem mag niet te nat zijn bij aanleg

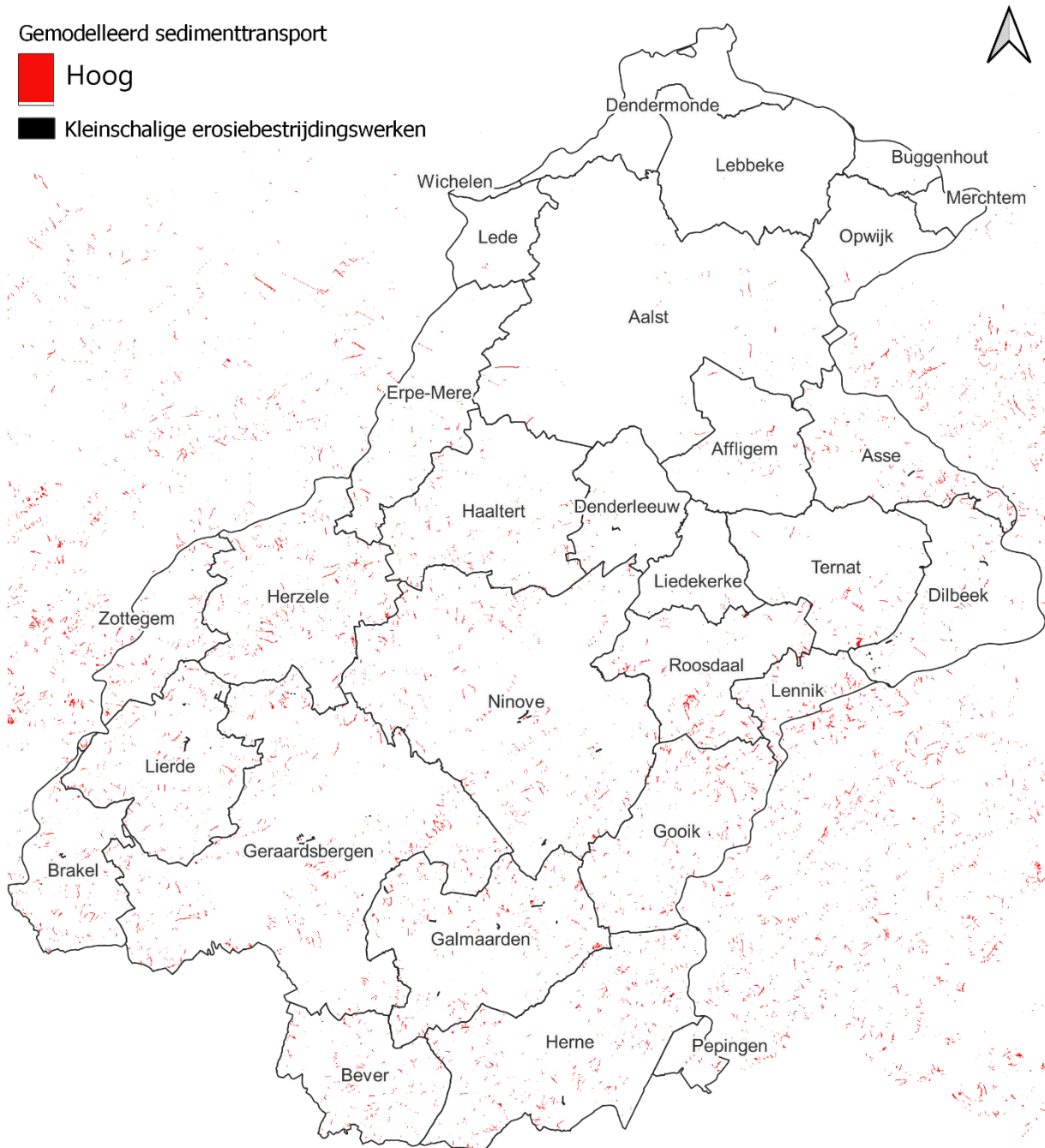
Tabel 12 Vervolg

Teelt	Maatregel	Erosie reductie ^a (%)	Opbrengstderving ^a (%)	Haalbaarheid
Vlak veldse groenten (geplant)	Drempeltjes + ruwe aandruklijn Niet-kerende bodembewerking	77 81	0 0	Drempeltjes zijn hinderlijk voor geschoffelde teelten. Geldig bij percelen waar veel erosie is. Getest op perceel met groenbedekker.
Vlak veldse groenten (gezaaid)	Niet-kerende bodembewerking (erwt)	61	0 – tijdstip en wijze van zaaibedbereiding moet aangepast worden aan bodemvochtigheid en weersomstandigheden	Geldig bij percelen waar veel erosie is. Getest op perceel met groenbedekker. Niet na snede gras.

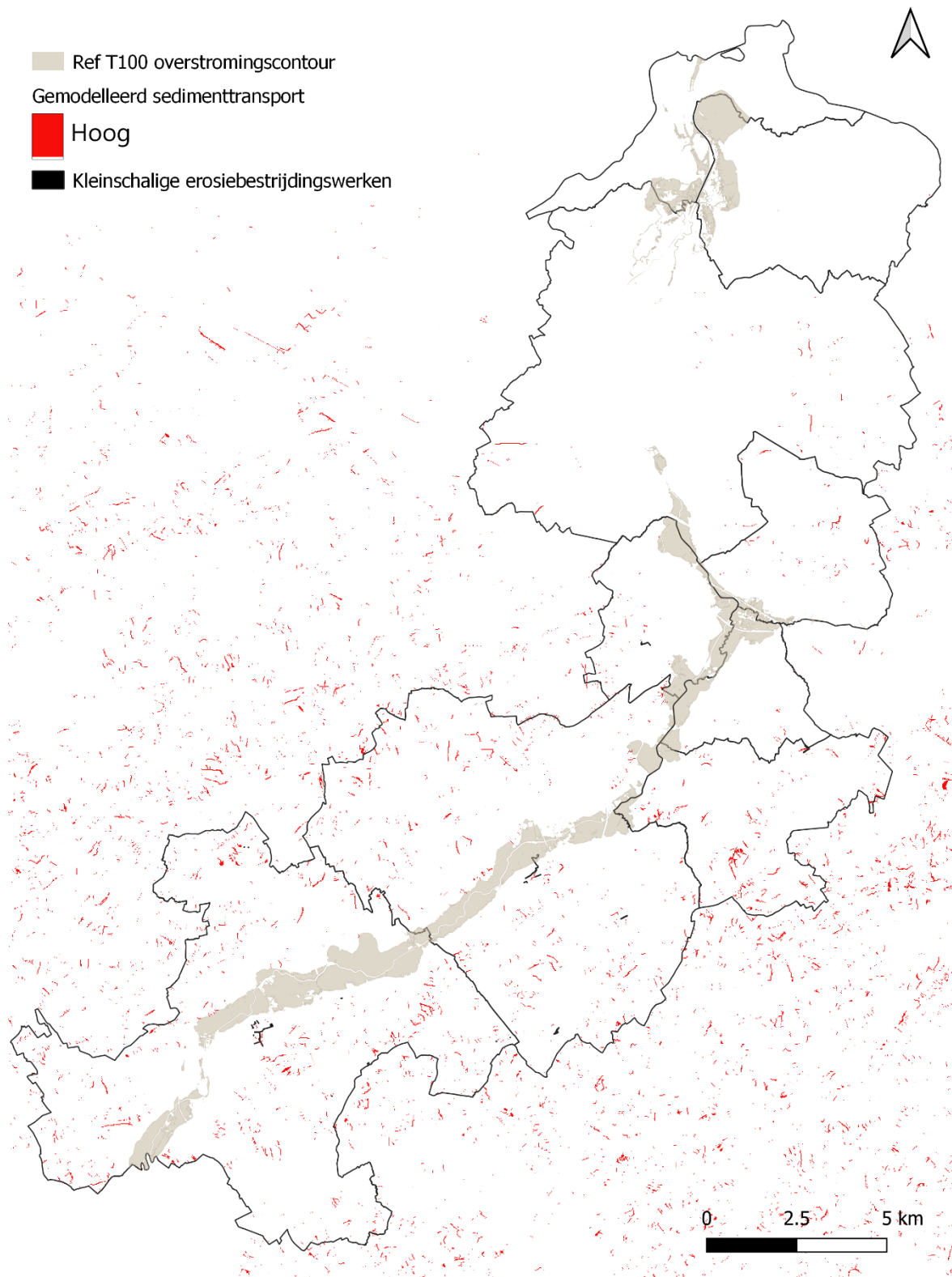
^arelatief tot een business-as-usual referentie

In Figuur 25, Figuur 26 en Figuur 27 is het gemodelleerd sedimenttransport in het Denderbekken weergegeven (en meer specifiek in de negen Dendergemeentes, met een lokale vergroting om weer te geven hoe nauwkeurig dit kaartmateriaal kan gebruikt worden).

Net zoals de potentiële erosiekaart toont, is er weinig sedimenttransport in het noorden van het Denderbekken en in de centrale Dendervallei.

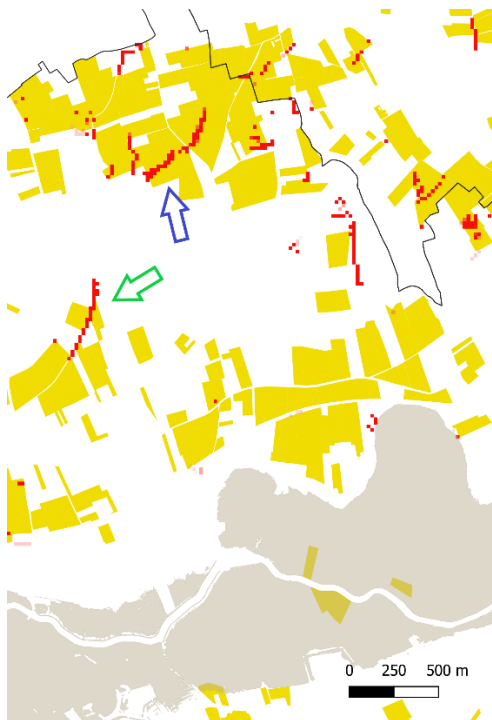


Figuur 25 Gemodelleerd sedimenttransport in het Denderbekken. Akkerbouwpercelen zijn weergegeven in geel, gebaseerd op de informatie beschikbaar via de landbouwgebruikspcelen van 2021. De typische akkerbouwgewassen op deze percelen zijn aardappel, maïs, groenten, granen en suikerbiet. De gekende erosiebestrijdingstechnieken (gegevens December 2022) zijn weergegeven in zwart.



Figuur 26 Gemodelleerd sedimenttransport in de negen gemeentes van het Denderbekken. Akkerbouwpercelen zijn weergegeven in geel, gebaseerd op de informatie beschikbaar via de landbouwgebruikspcelen van 2021. De typische akkerbouwgewassen op deze percelen zijn aardappel, maïs, groenten, granen en suikerbiet. De gekende erosiebestrijdingstechnieken (gegevens December 2022) zijn weergegeven in zwart.

Figuur 27 geeft een lokale vergroting van bovenstaande kaart weer, ter illustratie van de mogelijkheden van dit kaartmateriaal. Op deze lokale vergroting zijn ook de typische akkerbouwpercelen weergegeven. De analyse van de landbouwpercelen uit Tabel 2 toont aan dat er relatief weinig percelen zijn waar grasland en akkerbouw wordt gecombineerd (ofwel tijdelijk grasland), waardoor we met redelijke zekerheid kunnen aannemen dat een perceel waar aan akkerbouw gedaan wordt, een typisch akkerbouwperceel is. Op onderstaande figuur kan dan afgeleid worden waar hoog sedimenttransport verwacht kan worden binnen een perceel (blauwe pijl), waar brongerichte erosiebestrijdingsmaatregelen prioritair zijn. Daarnaast zijn er ook locaties zijn waar hoog sedimenttransport kan verwacht worden naast of tussen 2 percelen (groene pijl), waar effectgerichte maatregelen zoals de kleine erosiebestrijdingswerken belangrijk zijn. In bijlage zijn Figuur 25 en Figuur 26 mét aanduiding van de typische akkerbouwpercelen bijgevoegd.



Figuur 27 Lokale vergroting van Figuur 26, met aanduiding van de typische akkerbouwpercelen ter illustratie.

Vervolgens zijn de gekende kleinschalige erosiebestrijdingsmaatregelen in de gemeentes van het Denderbekken opgelijst (Tabel 13).

Tabel 13 Huidige kleinschalige erosiebestrijdingsmaatregelen in de gemeentes van het Denderbekken, met de 9 Dendergemeentes bovenaan in de tabel.

Gemeentes	Aarden dam	Buffer bekken	Dam plantaardige materialen	Erosie poel	Gracht	Gras bufferstrook	Grasgang	Houtige KLE*	Talud	Toegangs zone	Water infrastructuur
Aalst											
Affligem											
Denderleeuw		1			3						2
Dendermonde											
Geraardsbergen	1	1	7	2	9	7	1			3	4
Lebbeke											
Liedekerke											
Ninove	1	1			8	7				4	5
Roosdaal		1			1	1					
Asse						1				2	1
Bever											
Brakel	2		1	2	1	1					3
Buggenhout											
Dilbeek	3		9	2	1	5		2			
Erpe-Mere											
Galmaarden	5		2	3	7	9			2	5	
Gooik			2								
Haaltert											
Herne	1		1	1		1					1
Herzele			3								
Lede											
Lennik											
Lierde	4		5		13	12					11
Merchtem											
Opwijk											
Pepingen											
Ternat											
Wichelen											
Zottegem			1								

*KLE=kleine landschapselementen

3.2.3 Verhoging koolstofgehalte in de bodem

In Tabel 14 worden koolstofopbouwende maatregelen en de kwantificatie ervan weergegeven. Verdere beschrijving van deze maatregelen volgt hieronder en verder onder de tabel.

3.2.3.1 Compost

De organische stof in compost is vaak van hoge kwaliteit, dit wil zeggen dat de koolstof aanwezig in compost bestaat uit relatief stabiele organische componenten. De kwaliteit van het organisch materiaal kan gedefinieerd worden met de humificatiecoëfficiënt, namelijk, de fractie van initiële organische koolstof die na 1 jaar nog aanwezig is in de bodem (dus niet gemineraliseerd tot CO₂ door bodem micro-organismen). Uit verschillende veldstudies kan afgeleid worden dat 0,26 ton C in de bodem kan worden opgebouwd per ton C toegediend via compost, tot ongeveer 30 cm bodemdiepte, afgeleid van studies lopende tussen 3 en 17 jaar (D'Hose & Ruyschaert, 2017). Doordat compost ook een bron van N en fosfor (P) is, valt compost ook onder de huidige mestwetgeving, en is de maximale toediening gelimiteerd. Voor maïs bijvoorbeeld, op een bodem met fosfaatklasse III, is maximaal 70 kg P₂O₅ /ha toegelaten. Compost is echter erg divers, door gebruik van verschillende uitgang producten en composteringsomstandigheden. Als voorbeeld kunnen we wel berekenen dat, bij een P-gehalte van 2,4 g P per kg compost afkomstig van GFT (groenten, fruit en tuinafval, (vanden Nest et al., 2014)), een maximale dosis van 25 ton compost/ha toegelaten is. Indien deze dosis dan elke drie jaar wordt toegediend over een periode van 30 jaar, kan dit gemiddeld leiden tot een stijging van 10 ton C/ha tot 30 cm (of, bij een gemiddelde bodemdichtheid van 1,4 ton/m³, een stijging van het C-gehalte met 0,24 % organische koolstof).

3.2.3.2 Houtsnippers

Omwille van het hoge gehalte resistent organisch materiaal kan de toediening van houtsnippers in akkers op relatief korte termijn het bodemorganische stofgehalte positief beïnvloeden. Er is ingeschat dat de toediening van houtsnippers voor een gemiddelde C-opbouw van 0,46 ton C/ton toegediende C via houtsnippers per ha (tot 23 cm bodemdiepte) kan zorgen. Deze inschatting werd gedaan op basis van een veldproef uitgevoerd in België (in 2006) aangevuld met modelberekeningen met het bodem organische koolstof-simulatiemodel C-SLIM (ontwikkeld door Bodemkundige Dienst van België, gebaseerd op het C-simulatiemodel Roth-C (Coleman et al., 1997) en uitgevoerd met gegevens van projectwerking (Tits & Lammens, 2018; Vervoort et al., 2020)). Indien er dan 10 ton verse houtsnippers elke 5 jaar wordt toegediend over een periode van 30 jaar, zou dit een stijging van 9 ton C/ha betekenen (of, bij een gemiddelde bodemdichtheid van 1,4 ton/m³, een stijging van het C-gehalte met 0,28 % organische koolstof). Er moet echter aandacht besteed worden aan de beste praktijk om houtsnippers toe te dienen, omwille van mogelijke effecten op stikstofvoorziening naar de gewassen toe. De bodemmicro-organismen kunnen namelijk een grote hoeveelheid stikstof (N) opnemen en om de houtsnippers af te breken, wat tot een N-tekort voor het gewas kan leiden. Het wordt daarom aanbevolen om houtsnippers in het najaar toe te dienen, gevolgd door de inzaai van een groenbemester en met een voorjaarsgewas als volgende teelt (Vervoort et al., 2020).

Tabel 14 Verschillende maatregelen die kunnen genomen worden om aan koolstofopbouw in de bodem te doen en hun geschatte koolstofopbouwsnelheid. Voor sommige maatregelen zijn enkele realistische aannames gemaakt om vergelijking tussen de verschillende maatregelen mogelijk te maken. De opbouwsnelheid is weergegeven in ton C/ha/jaar en in %OC/jaar, met de aanname dat de opbouwsnelheid geldt voor de bovenste 20 tot 30 cm van de bodem, bij een algemene bulkdichtheid van 1,4 g/cm³ bodem. Let op, deze C-opbouwsnelheden zijn slechts een inschatting, C-opbouw is steeds relatief ten opzichte van een bepaalde referentiesituatie die afhangt van lokale omstandigheden en ook slechts geldig voor de bijhorende periode waarover de opbouwsnelheid gemeten is.

Maatregel	C-opbouwsnelheid geldig voor 30 jaar en ±20 - 30 cm bodemdiepte		C-verhoging na 30 jaar tot ±20 - 30 cm bodemdiepte		Opmerkingen
	Ton C/ha/jaar	%OC/jaar	Ton C/ha	%OC	
Compost	0,33	0,008	10	0,24	<u>tot 30 cm</u> , elke 3 jaar een dosis van 25 ton/ha
Houtsnippers	0,30	0,009	9	0,28	<u>tot 23 cm</u> , elke 5 jaar een dosis van 10 ton/ha
Akker naar gras	0,63	0,015	19	0,45	<u>tot 30 cm</u> , gemiddelde veldstudies EU
Meer C-rijke teelten in gewasrotatie/wisselbouw	0,22	0,008	6,6	0,24	<u>tot 20 cm</u> , hoger wanneer aandeel gras hoger is
Bodembedekkers	0,32	0,011	10	0,34	<u>tot 20 cm</u> , 2/3 jaar cover crop aanwezig
Agroforestry	0,29	0,010	9	0,31	<u>tot 20 cm</u> , voor bomenrijen in akkerland of aan de akkerrand, C-verhoging in de omgeving van de bomen
Aangepast graasbeheer	0,28	0,010	8	0,30	<u>tot 20 cm</u> , maatregel grasland
Introductie vlinderbloemigen in grasland	0,35	0,008	11	0,25	<u>tot 30 cm</u> , maatregel grasland
Lagere frequentie van graslandvernieuwing	0,35	0,008	11	0,25	<u>tot 30 cm</u> , maatregel grasland

3.2.3.3 Omzetten akker naar grasland

Het veelal hoge organische koolstofgehalte onder grasland, door de continue aanvoer van organisch materiaal en de minimale verstoring van de bodem, maakt het omzetten van akker naar grasland de meest efficiënte mogelijkheid om koolstofopbouw te stimuleren. Uit verschillende veldstudies komt een range voor tussen 0,5 en 1 ton C/ha/jaar (gemiddeld 0,63 ton C/ha/jaar) tot ongeveer 30 cm bodemdiepte bij studies lopende tussen 5 en 80 jaar wanneer een akkerperceel wordt omgezet naar grasland (D'Hose & Ruyschaert, 2017). Als deze gemiddelde C-opbouwsnelheid wordt geëxtrapoleerd tot 30 jaar, kan er een stijging van de C-stock behaald worden van gemiddeld 19 ton C/ha tot 30 cm bodemdiepte (of, bij een gemiddelde bodemdichtheid van 1,4 ton/m³, een stijging van het C-gehalte met 0,45 % organische koolstof). Deze maatregel is uiteraard niet relevant voor alle akkerbouwpercelen, omdat er akkerbouwareaal verloren gaat, en heeft een transitie naar meer gras (of grasklaver) in het voederrantsoen van vee nodig.

3.2.3.4 Meer C-rijke gewassen in de teeltrotatie/wisselbouw

Verschillende gewassen zorgen voor verschillende hoeveelheden biomassa (onder- en bovengrondse plantenresten) die zorgen voor C-opbouw. Naast de hoeveelheid biomassa, is ook het type biomassa bepalend voor C-opbouw. Zo hebben graangewassen een hoge aanvoer van biomassa met een hoge humificatiecoëfficiënt, terwijl beiden wat lager zijn voor bijvoorbeeld aardappel (LNE, 2014). Een gediversifieerde teeltrotatie kan zorgen voor een stijging van de C-stock met 0,22 ton C/ha/jaar tot ongeveer 20 cm diepte vergeleken met een monocultuur (Tiefenbacher et al., 2021). Als deze gemiddelde C-opbouwsnelheid wordt geëxtrapoleerd tot 30 jaar, kan er een stijging van de C-stock behaald worden van gemiddeld 6,6 ton C/ha tot ongeveer 20 cm diepte (of, bij een gemiddelde bodemdichtheid van 1,4 ton/m³, een stijging van het C-gehalte met 0,16 % organische koolstof). Volgens modelresultaten met het bodemkoolstof simulatiemodel C-SLIM, gekalibreerd op proefveldresultaten en labo-experimenten, kan een rotatie grasklaver (3 jaar)-kuilmaïs (2 jaar, met 1 jaar + gras)- wintertarwe (1 jaar) vergeleken met monocultuur kuilmaïs een stijging van het C-gehalte op een zandbodem met 0,2 % organische koolstof na 30 jaar betekenen (tot 23 cm bodemdiepte, BDB, 2019). Een apart geval van deze maatregel is graanstro. Wanneer het stro van het geteelde graan niet op een of andere manier terugkeert naar de eigen percelen via stalmest of boerderijcompost, kan het een meerwaarde zijn voor het organische koolstofgehalte in de bodem om het stro niet af te voeren en in te werken in de bodem.

3.2.3.5 Bodembedekkers

Het inzaaien van een gewas dat de periode tussen 2 hoofdteelten overbrugt (via inzaai na oogst of onderzaai bij maïs) wordt ook wel groen- of bodembedekker, vanggewas of groenbemester genoemd, al naargelang de doelstelling, namelijk de bodem bedekken om erosie te verminderen, stikstof (N) te "vangen" na het groeiseizoen van de hoofdteelt of N vrij te zetten in het voorjaar uit mineralisatie van de geproduceerde biomassa. Naast deze functies wordt er ook, door fotosynthese en transport van C van plant naar bodem en door het gewas na de winter onder te werken in de bodem, organische stof opgebouwd in de bodem. Uit een globale meta-analyse van paarsgewijs proefveld onderzoek (vergelijking van een perceel met en zonder groenbedekker dat niet geoogst wordt, met het referentie perceel in monocultuur of rotatie (Poeplau & Don, 2015)), kan ingeschat worden dat deze techniek de C-stock in de bovenste bodemlaag (tot ±20 cm diepte) verhoogt met 0,32 ton C/ha/jaar. De opgenomen studiesites in bovengenoemde meta-analyse liepen, op 3 van de 37 na, minder dan 30 jaar, dus we nemen aan dat we de C-opbouwsnelheid door het

toepassen van deze maatregel tot 30 jaar mogen extrapoleren. Echter, het inpassen van groenbedekkers is niet altijd mogelijk, bijvoorbeeld, na late oogst van de hoofdteelt. Daarom schatten we in dat in 2/3 van de tijd een groenbedekker kan ingezaaid worden in een periode van 30 jaar. Dit zou betekenen dat een stijging van de C-stock kan behaald worden van gemiddeld 6,6 ton C/ha tot ongeveer 20 cm diepte (of, bij een gemiddelde bodemdichtheid van 1,4 ton/m³, een stijging van het C-gehalte met 0,34 % organische koolstof).

3.2.3.6 Agroforestry

Het combineren van bomen of heggen met akkerbouw of veehouderij op grasland wordt ook wel agroforestry of boslandbouw genoemd. Wanneer het gaat over bomen/struiken in combinatie met een akkerbouw- of tuinbouwgewas, wordt dit ook wel een silvicultureel systeem genoemd, wanneer bomen/struiken worden gecombineerd met landbouwdieren, wordt het een silvopastoraal systeem genoemd. Het wordt als een veelbelovende landbouwmethode naar voren geschoven om het bodemorganische stofgehalte te verhogen of op peil te houden door de continue boven- en ondergrondse input van organisch materiaal vanuit de houtige beplanting.

Om dit te kwantificeren hebben we gebruikt gemaakt van een recente meta-analyse die de resultaten van verschillende studies combineerde die steeds agroforestry percelen vergelijkt met een controle percelen, waarbij hetzelfde management aangehouden wordt op percelen met bomen en struiken en percelen zonder deze beplanting (Mayer et al., 2022). Deze meta-analyse focust op studies uit regio's met gematigd klimaat (EU (41 studies), Noord-Amerika (17 studies) en het oosten van China (3 studies)), wat het meest aansluit bij het klimaat in Vlaanderen, vergeleken met andere studies rond agroforestry, die vaak studies uit tropische gebieden omvatten. Een silvicultureel agroforestry systeem (bomen + akkerbouw) leidt tot een stijging van het bodem organisch koolstofgehalte met gemiddeld 0,32 ton C/ha/jaar in een systeem met heggenrijen of 0,26 ton C/ha/jaar in een systeem met bomenrijen. Bij silvopastorale agroforestry systemen (bomen + veehouderij/grasland) daarentegen werd geen C-opbouw waargenomen, gemiddeld over de 10 studies opgenomen in de meta-analyse werd 0,17 ton C/ha/jaar aan bodem organische koolstof verloren. Deze C-opbouwsnelheid werd afgeleid van studies met een gemiddelde periode van 28 jaar, tot 20 cm bodemdiepte. Wanneer we de gemiddelde C-opbouwsnelheid in het silvicultureel systeem dan aanhouden over 30 jaar, kan er een stijging van de C-stock behaald worden van gemiddeld 9 ton C/ha tot ongeveer 20 cm diepte (of, bij een gemiddelde bodemdichtheid van 1,4 ton/m³, een stijging van het C-gehalte met 0,31 % organische koolstof). Deze verhoging van het OC-gehalte wordt echter meestal in de omgeving van de bomen opgemeten en de aanwezigheid van de bomen in de akkers zorgt vaak voor een opbrengstverlies, vooral bij zomergewassen (Pardon et al., 2018). De bomen zelf kunnen op termijn ook voor inkomsten zorgen (hout, noten of fruit).

3.2.3.7 Grasland beheer

Grasland management kan belangrijk zijn om de verlaagde C-gehaltes in grasland aan te pakken. Begrazing, het type van graasbeheer, een intermediair intensief beheer (=bemesting + veebezetting/maai frequentie), het toepassen van runderstalmest en een lage frequentie van graslandvernieuwing kunnen positief zijn voor de bodem organische stof vergeleken met enkel maaien, continue begrazen, te intensief of te extensief beheer, het gebruik van andere bemestingstypes dan stalmest en te frequent scheuren van grasland (Conant et al., 2017; D'Hose & Ruysschaert, 2017). Het effect van deze types beheermaatregelen kan voor enkele maatregelen ingeschat worden op basis van een globale meta-analyse van

verschillende studies waarin het standaard beheer wordt vergeleken met een aangepast beheer (Conant et al., 2017). Zo kan een aangepast graasbeheer (en hier worden verschillende types onder verstaan, bijvoorbeeld lagere veebezetting, verschillende types omweiden met verschillende looptijden) leiden tot een C-opbouw van 0,28 ton C/ha/jaar (studies van gemiddeld 38,5 jaar) tot een bodemdiepte van ongeveer 20 cm. Uit een modelstudie (aangevuld met proefveldgegevens) uit Frankrijk kon worden afgeleid dat er een gemiddelde koolstofopbouw tussen 0,2 en 0,5 ton C/ha/jaar kan bereikt worden tot 30 cm bodemdiepte over een periode van 20 jaar door i) het verminderen van de bemestingsdosis in intensief beheerd grasland, ii) de graslandfase in een wisselbouwsysteem (type van rotatie waar akkerbouw en tijdelijk grasland wordt afgewisseld) verlengen, iii) omzetten van tijdelijk naar blijvend grasland, iv) klaver introduceren en v) extensief grasland intensiever beheren (D'Hose & Ruyschaert, 2017).

3.2.3.8 Dierlijke mesten

Een maatregel die nog niet gekwantificeerd werd, is het gebruik van dierlijke mesten. Zoals eerder aangehaald, is het toedienen van dierlijke mest op de bodem als bemesting voor de gewassen, ook een belangrijke bron van C voor het organische koolstofgehalte in de bodem. Hier geldt echter dat niet elke mestsoort evenveel C aanbrengt. Verder moet er ook rekening gehouden worden met de stikstof (N) en fosfor (P) inhoud van de mest, om te voldoen aan de N en P-bemestingsadviezen en bemestingsnormen. In Tabel 15 wordt dit voorgesteld voor 4 veelgebruikte mestsoorten (runder- en varkensmest, voor beide types de vaste stalmest en de vloeibare drijfmest). De totale C, N en P_2O_5 aanvoer per ton mest wordt weergegeven (LNE, 2014), vervolgens werd de toegelaten dosis mest bij 170 kg N/ha (de Europese norm) of bij 70 kg P_2O_5 /ha (de P-bemestingsnorm voor maïs, graangewassen of aardappelen bij een bodem met fosfaatklaas III) berekend. De laagste dosis bij beide normen (N of P) werd dan geselecteerd en berekend hoeveel totale C deze mest dosis zou aanleveren. Let op, dit is niet gelijk aan een C-opbouwsnelheid, deze toegediende C is enkel de C-input, waar de bodemprocessen dan mee aan de slag gaan. Naar C-opbouw toe is de effectieve organische C (EOC) nog meer informatief, dit is de C die 1 jaar na toediening aan de bodem, nog aanwezig is. Voor de mesten in Tabel 15 is dit tussen de 30 en de 50% van de totale C. Let op, dit is nog steeds niet hetzelfde als een C-opbouwsnelheid, aangezien de EOC enkel geldt op korte termijn (namelijk 1 jaar).

Tabel 15 Aanvoer C bij gebruik van verschillende mestsoorten.

Mestsoort	Aanvoer totale C (kg/ton)	Aanvoer totale N (kg N/ton)	Aanvoer totale P (kg P_2O_5 /ton)	Toegelaten dosis bij 170 kg N/ha (ton)	Toegelaten dosis bij 70 kg P_2O_5 /ha (ton)	Aanvoer C bij toegelaten dosis (ton C/ha)	Aanvoer EOC (ton EOC/ha)
Runderstalmest	0,93	7,1	2,9	24	24	22	11
Runderdrijfmest	0,38	4,8	1,4	35	50	13	5
Varkensstalmest	1,13	7,5	9	23	8	9	4
Varkensdrijfmest	0,37	9,2	4,9	18	14	5	2

Er kan dan besloten worden dat runderstalmest het meest zal bijdragen aan het OC-gehalte in de bodem, terwijl varkensdrijfmest dit het minst doet.

De cijfers in Tabel 14 tonen aan dat koolstofopbouw in de bodem traag is en dat het effect van de meeste afzonderlijke maatregelen relatief laag is. Dit wil zeggen dat zoveel mogelijk koolstof-opbouwende maatregelen in de dagelijkse werking van de landbouwer worden opgenomen, wat tot op zekere hoogte op de dag van vandaag reeds gebeurt. Vanuit de Bodemkundige Dienst wordt aangeraden om te streven naar een organisch koolstofgehalte in de range van de landbouwkundige streefzones, die per textuur zijn afgeleid uit langetermijn proefveld onderzoek (Tabel 16). In het kader van verschillende actieplannen en wetgevingen zijn er ook verschillende koolstof-opbouwende maatregelen opgenomen, direct of indirect. Verschillende van de conditionaliteiten (voorwaarden waar een landbouwer aan moet voldoen om de basisbetaling te ontvangen in het kader van het Europees Gemeenschappelijk LandbouwBeleid (GLB)) hebben rechtstreeks een effect op het organisch koolstofgehalte. Deze zijn het behoud van blijvend grasland, de controle op het OC-gehalte (periodieke aftoetsing van het OC-gehalte met de actiegrenzen (zie Tabel 16)), sommige maatregelen in het kader van erosiebestrijding, minimale bodembedekking en een bredere gewasrotatie wanneer dan gekozen wordt voor gewassen die een hogere C-input via gewasresten hebben dan aanwezig in het huidige teeltplan. Op bedrijfsniveau kan er nog aan C-opbouw gedaan worden op het niet-productieve areaal via grasbufferstroken, groenbedekkers, akkerranden en houtige kleine landschapselementen.

Tabel 16 De OC streefzones die door BDB worden gehanteerd, voor de 4 verschillende veralgemeende bodemtexturen, alsook de actiegrenzen die gehanteerd wordt binnen het GLB (nieuwe grenzen sinds januari 2023).

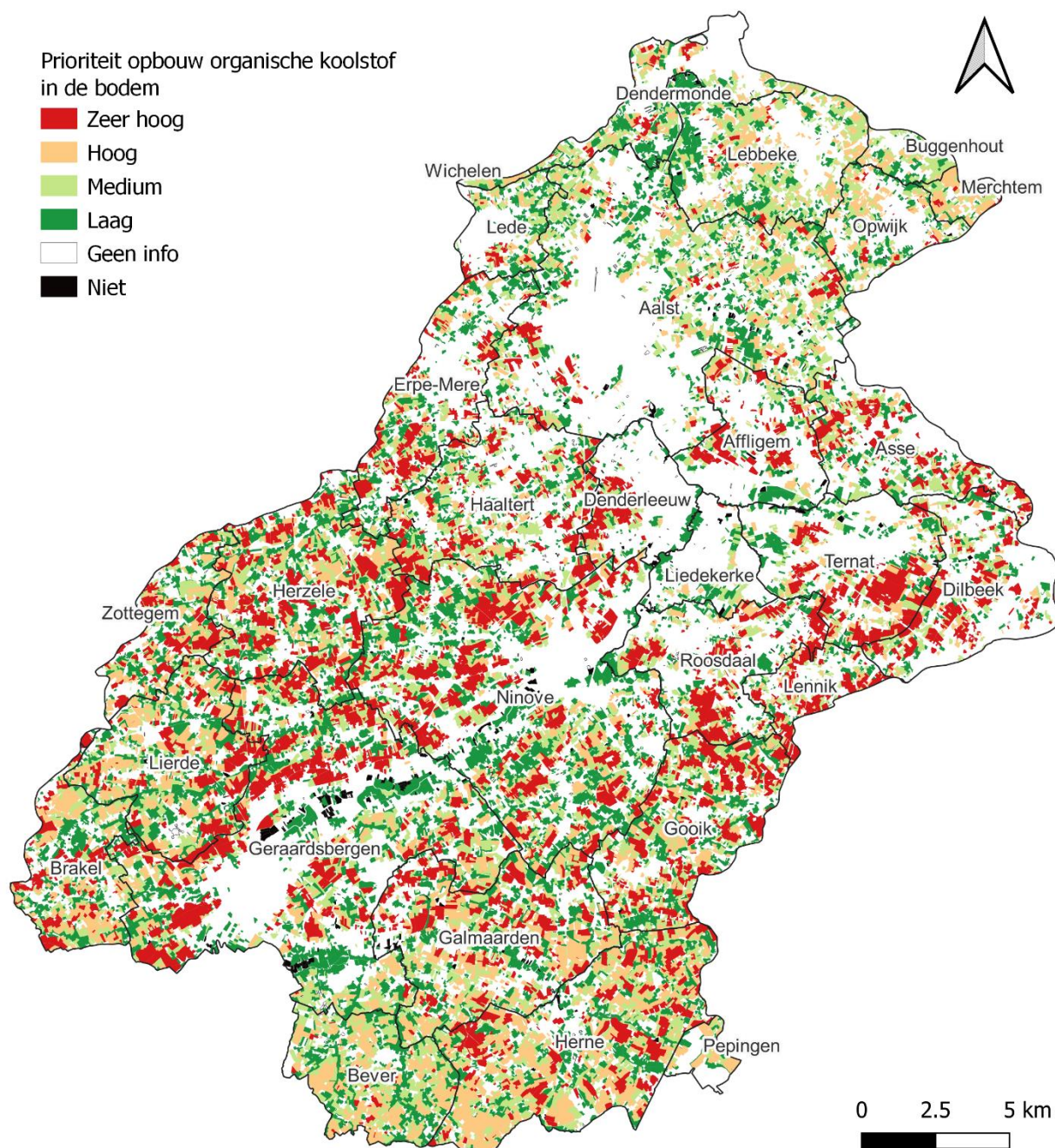
% OC	Limiet GLB	Streefzone BDB akkers	Streefzone BDB weiland
Zand	$\leq 1,2$	1,8 – 2,8	3,6 – 5,5
Zandleem	$\leq 1,0$	1,2 – 1,6	3,6 – 5,5
Leem	$\leq 1,2$	1,2 – 1,6	2,6 – 4,2
Klei	$\leq 1,6$	1,6 – 2,6	3,6 – 5,5

Naast de conditionaliteiten zijn er nog extra ondersteuningsmaatregelen via de ecoregelingen en de agromilieuklimaatmaatregelen, die ook een effect hebben op koolstofopbouw in de bodem. Deze zijn omschakeling naar boslandbouw (agroforestry), aanleg van meerjarige bloemenstroken in de fruitteelt, omzetting van tijdelijk naar blijvend grasland, verschillende eenjarige of meerjarige ecoteelten, wanneer deze een hogere C-input via gewasresten hebben dan aanwezig in het huidige teeltplan, behoud van blijvend grasland, erosiebestrijdingsmaatregelen en aanleg van bufferstroken. Finaal zijn er via de Vlaamse Landmaatschappij (VLM) 5-jarige beheersovereenkomsten (echter niet beschikbaar in heel Vlaanderen) die ook een positief effect op het OC-gehalte van de bodem hebben, zoals aanleg van akker- en faunaranden, bloemenakkers, faunavoedselgewas en luzernehooiland, wederom wanneer deze een hogere C-input via gewasresten hebben dan aanwezig in het huidige teeltplan.

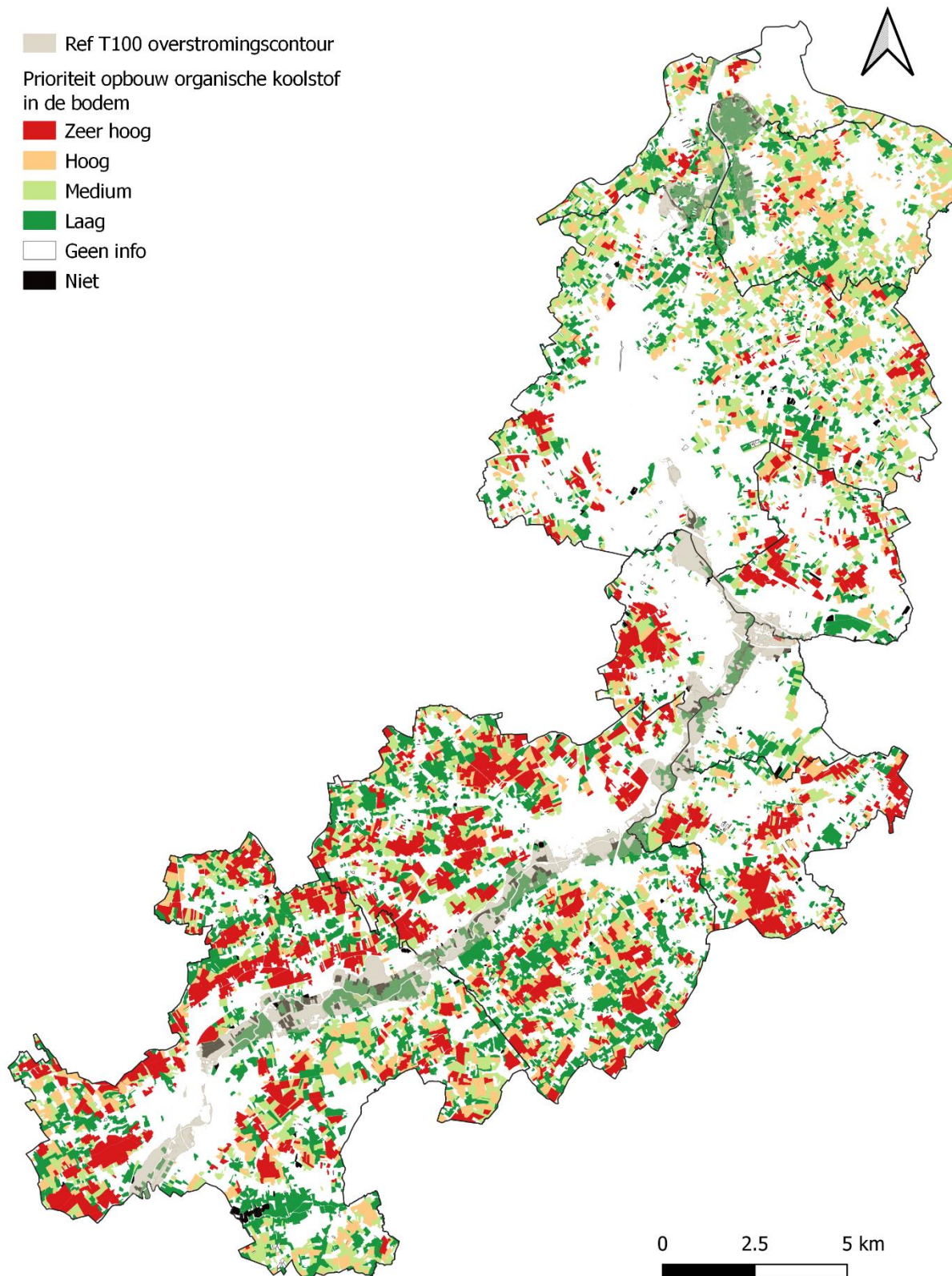
3.2.3.9 Prioritering van percelen om aan C-opbouw te doen

Figuur 28 en Figuur 29 geven de prioriteit van de landbouwpercelen in het Denderbekken weer om koolstofopbouwende maatregelen te nemen. Deze prioritering kan gebruikt worden om percelen te screenen, die hiervoor in aanmerking komen. Deze prioritering is een op zichzelf gecalibreerde prioritering, een aanvullende bodemanalyse is aangewezen, om te bepalen hoe het huidige OC-

gehalte zich verhoudt tot de streefzones (Tabel 10). De analyse van de bodemvruchtbaarheid toonde aan dat gemiddeld gezien het organische koolstofgehalte veelal binnen de landbouwkundige streefzones liggen. Er kan dan nog steeds gestreefd worden om het organische koolstofgehalte te verhogen tot aan de bovenste grens van de streefzone.



Figuur 28 Prioriteit om koolstof-opbouwende maatregelen te treffen in het Denderbekken.



Figuur 29 Prioriteit om koolstof-opbouwende maatregelen te treffen in de 9 Dendergemeenten in het Denderbekken.

3.2.4 Nieuwe, meer klimaatrobuuste, teelten

3.2.4.1 Verdroging

Om impact van dalende en onvoorspelbare neerslag en stijgende evapotranspiratie als gevolg van de klimaatveranderingen op te vangen is het nog meer dan ooit belangrijk om te kijken naar de bodem. De pH, organische stof en de nutriëntensamenstelling en –balans in de bodem zijn van uiterst belang om de gewasproductie optimaal te houden. Enig verlies in opbrengst dat kan vermeden worden door de bodem in optimale conditie te houden, zal zeker onder tekorten aan water welkom zijn.

Verder kunnen wijzigingen aan het teeltplan het risico op droogteschade mogelijk beperken. Er kunnen bijvoorbeeld meer vroege en late rassen ingezaaid worden, terwijl het areaal aan droogtegevoelige teelt in het zomerseizoen afgestemd is op de irrigatie capaciteit van het bedrijf. Anderzijds kan diversificatie van de rotatie hier ook aan bijdragen, de impact van het onvoorspelbare verloop van het teeltseizoen zal mogelijk lager zijn wanneer er meer verschillende gewassen worden geteeld, dan wanneer er enkel wordt ingezet in een aantal hoofdteelten.

Daarnaast zal inzetten op droogte- en hittetolerante variëteiten en (nieuwe) gewassen belangrijk zijn. Voor het gebruik van droogte- en hittetolerante variëteiten van de gangbare teelten, is de landbouwer afhankelijk van het huidig lopende veredelingsonderzoek en het vermarkten van het nodige zaadgoed. Als aanvulling kan de landbouwer gedeeltelijk inzetten op andere gewassen die van nature droogtetoleranter zijn dan de meer gangbare teelten. Al wat beter gekende voorbeelden hiervan zijn sorghum, rode klaver, soja, quinoa, kikkererwt, linzen en bataat. De gangbare groenten in Vlaanderen zijn bijna zonder uitzondering allemaal droogtegevoelige teelten, een uitzondering hierop zijn knoflook, rode biet en spruitkool.

De grootste uitdagingen bij het inzetten op andere gewassen zijn, naast teelttechnische uitdagingen, de vermarkting van deze gewassen en de veredeling van deze gewassen om tot een droogtetolerant, maar ook hoogproductief gewas te komen. Het is voornamelijk ook de grotere variabiliteit in weersomstandigheden die de verandering van ons klimaat met zich meebrengt, dat de uitdagingen rond voedselproductie vergroot en het “beste” gewas doet het goed onder droge maar ook onder nattere omstandigheden. Verschillende praktijkcentra gaan vandaag al aan de slag met droogtetolerante variëteiten en gewassen zoals ILVO, Inagro, PCG in Kruishoutem, Proefstation voor de groenteteelt in Sint-Katelijne-Waver en pionier landbouwers gaan ermee aan de slag.

3.2.4.2 Vernatting

Het telen van natte teelten is in Vlaanderen zo goed als onbekend. In Nederland is hier al veel meer informatie over te vinden, daar gaat het echter vaak over natte percelen op veenbodems of op vernatte percelen in natuurgebied (Weterhof, n.d.). Deze manier van landbouw wordt ook wel paludicultuur genoemd, wat het productief gebruik van natte gebieden inhoudt. Paludicultuur zou een alternatief voor gangbare landbouw kunnen zijn in diverse vernattingsprojecten. Echter, de mogelijkheden voor specifieke natte teelten zullen verschillen afhankelijk van de aanwezigheid van veen en van de hoogte van de grondwaterstand na vernatting. Specifieke teelten voor natte veenbodems zijn veenmos en veenbes (cranberries). Veenmos is een langzaam groeiend meerjarig gewas waarvoor de grondwaterstand tussen -10 cm en 0 cm onder het maaiveld ligt. Veenmos kan gebruikt worden als alternatief voor veen in potgrond, dus als plantensubstraat. Veenbes is een meerjarig struikgewas waarbij de grondwaterstand niet dieper dan

-30 cm onder het maaiveld mag zijn. Veenbes is ook gekend als cranberry en wordt geteeld voor de bessen en afgeleide producten.

Kroosvaren (Azolla) wordt naar voren geschoven als een plant die interessant kan zijn in vernalle natuurgebieden. Dit plantje groeit ontzettend snel, fixeert N uit de lucht en kan door zijn hoge hoeveelheid droge stofproductie, tot 70 kg P/ha/jaar opnemen. Hiermee zou het plantje ideaal zijn om in te zetten om P uit te mijnen uit vernalle landbouwbodems die herbestemd zijn naar natte natuur. Het plantje groeit namelijk best bij een waterstand van +5 cm boven het maaiveld of meer in sterk eutroof water (vooral P, omwille van de symbiose met N₂-fixerende cyanobacteria). Echter, het is ook een invasieve exoot, die onder de ideale omstandigheden (eutroof water) sterk uitbreidt, wat het toepassen van deze soort mogelijks niet gewenst maakt. De kroosvaren kan geoogst worden en gebruikt als eiwitrijk veevoer, in verschillende biochemische toepassingen (vetzuren, eiwitten) of als meststof voor andere gewassen (Smolders & van Kempen, 2015).

Lisdodde en riet zouden alternatieven kunnen zijn op niet-veengrond. Lisdodde is een meerjarig gewas dat tot 3 m hoog kan worden met een optimale waterstand van 10-30 cm boven het maaiveld. Oogst in de zomer leidt tot veevoer of substraat voor vergisting (biogas), oogst in de winter leidt tot uitgangsmateriaal droog substraat en isolatiemateriaal. Oogstmachines maken gebruik van rupsbanden. Riet is ook een meerjarig gewas, dat groeit bij waterstanden +20 tot -20 cm. Zomeroogst voor substraat vergisting voor biogasproductie, winteroogst voor dakdekkersriet, isolatiemateriaal en biomassa voor energie. De zomeroogst van lisdodde en riet zorgt ook voor verwijdering nutriënten wanneer verarming van de bodem gewenst is voor natuurontwikkeling.

3.3 Impact van de voorgestelde alternatieven op de gewasproductie

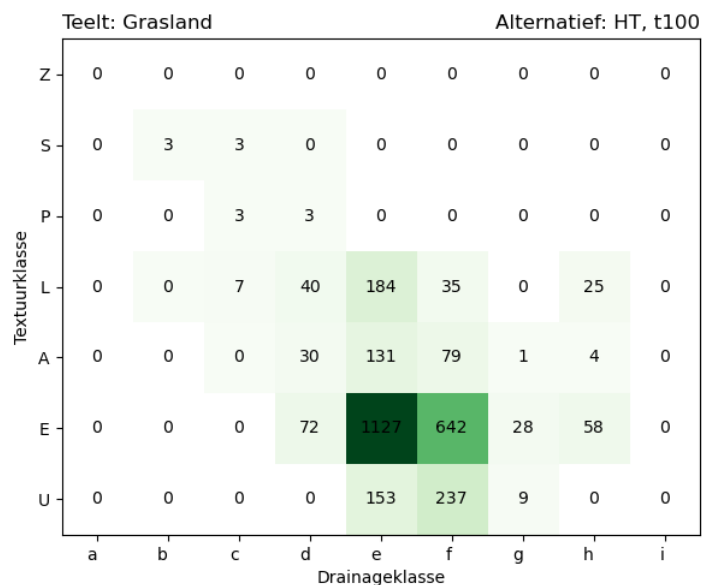
3.3.1 Beschrijving van de modelsituaties

Impactberekeningen worden uitgevoerd voor modelsituaties. Dit is één bepaalde combinatie van textuurklassen, drainageklasse, teelt, neerslag en evapotranspiratie die de realiteit proberen te benaderen en tevens input zijn aan het bodemwaterbalans model. Vanuit de resultaten uit de vorige sectie (3.1) weten we al welke landbouwteelten, textuurklassen, drainageklassen aanwezig zijn in de Dendervallei en de overstromingscontouren.

Vanuit Figuur 12 en Tabel 1 is het duidelijk dat de REF T100 overstromingscontour gedomineerd wordt door grasland. Dit laat toe de modelberekeningen te beperken tot slechts 1 teelt, namelijk grasland. Figuur 15 [C] weergeeft de textuurklassen voor dezelfde overstromingscontour. Deze duidt op voornamelijk kleigronden (E en U) (zand)leemgronden (L en A). Figuur 16 [C] weergeeft de drainageklassen binnen de REF T100 overstromingscontour, de meest voorkomende zijn de natte drainageklassen ('d' tot 'f'). Figuur 30 weergeeft welke combinaties van textuur- en drainageklassen het vaakste voorkomen binnen de verschillende T100 overstromingscontouren van de alternatieven. Vanuit deze bevindingen werden twee modelsituaties opgesteld:

- Grasland op natte kleibodem
- Grasland op natte (zand)leem bodem

Deze twee modelsituaties vertegenwoordigen ongeveer **94% van de totale landbouwgrond binnen één overstromingscontour**. Dit rechtvaardigt de beperking van de modelberekeningen tot slechts 1 teelt.



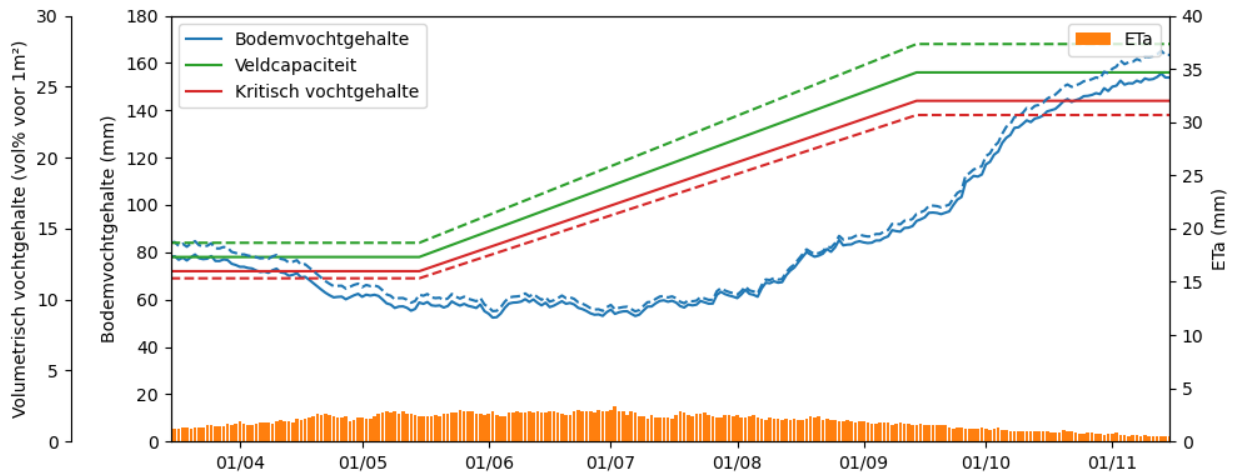
Figuur 30 De oppervlakte (ha) aan grasland per drainageklasse en textuurklasse voor de huidige toestand (HT) voor de overstromingscontour T100.

Deze modelsituaties werden nog aangevuld met weersfactoren. Deze bestaan uit neerslag- en evapotranspiratiegegevens. Modelleringen werden uitgevoerd voor een gemiddeld jaar (Figuur 31) en voor een nat jaar (Figuur 33). In totaal komt men dan op 4 verschillende modelsituaties (Tabel 17).

Tabel 17 Beschrijving van teelt, textuurklasse, drainageklasse en weersfactoren voor de verschillende modelsituaties.

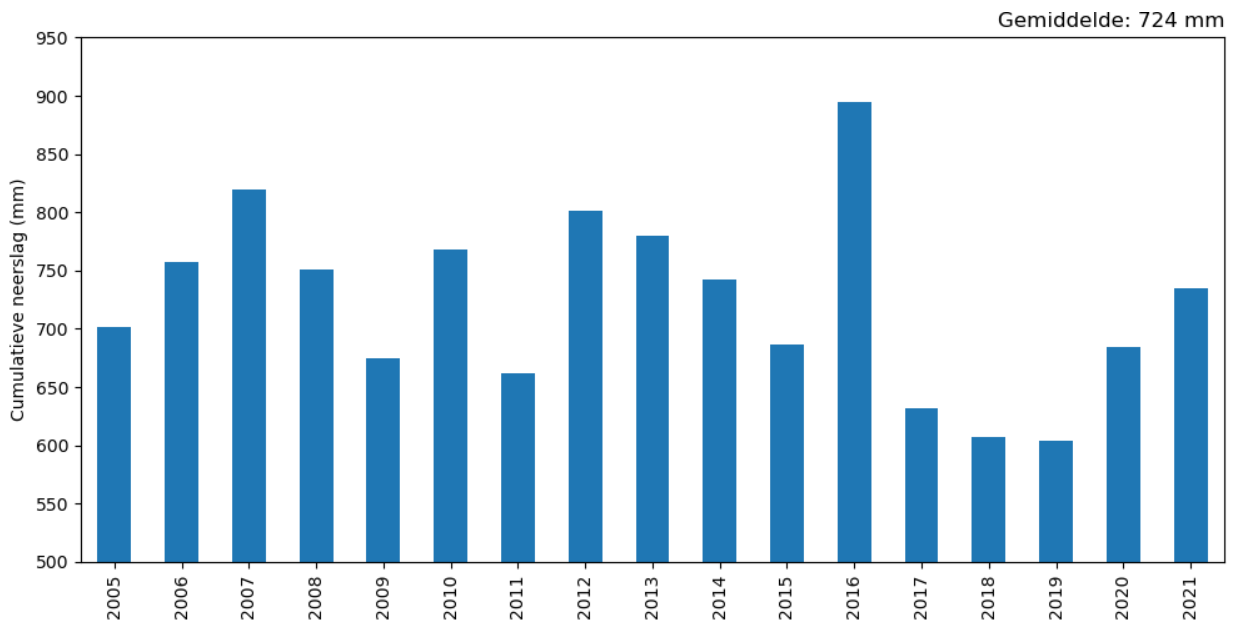
Modelsituatie	Teelt	Textuurklassen	Drainageklasse	Weersfactoren
1	Grasland	Klei	Nat	Gemiddeld jaar
2	Grasland	Licht zandleem	Nat	Gemiddeld jaar
3	Grasland	Klei	Nat	Nat jaar
4	Grasland	Licht zandleem	Nat	Nat jaar

Voor een gemiddeld jaar zijn de bodemvochtgehalten op veldcapaciteit aan het begin van het groeiseizoen (15 maart) (Figuur 31). Deze dalen tot 1 juni, waarna ze terug beginnen te stijgen tot ze terug veldcapaciteit bereiken op het einde van het groeiseizoen. Merk op dat de natte zandleembodems een hoger bodemvochtgehalte hebben op het begin en het einde van het groeiseizoen. Tijdens de zomer zijn deze bijna gelijk. De evapotranspiratie bereikt de hoogste waarden tijdens de zomermaanden.

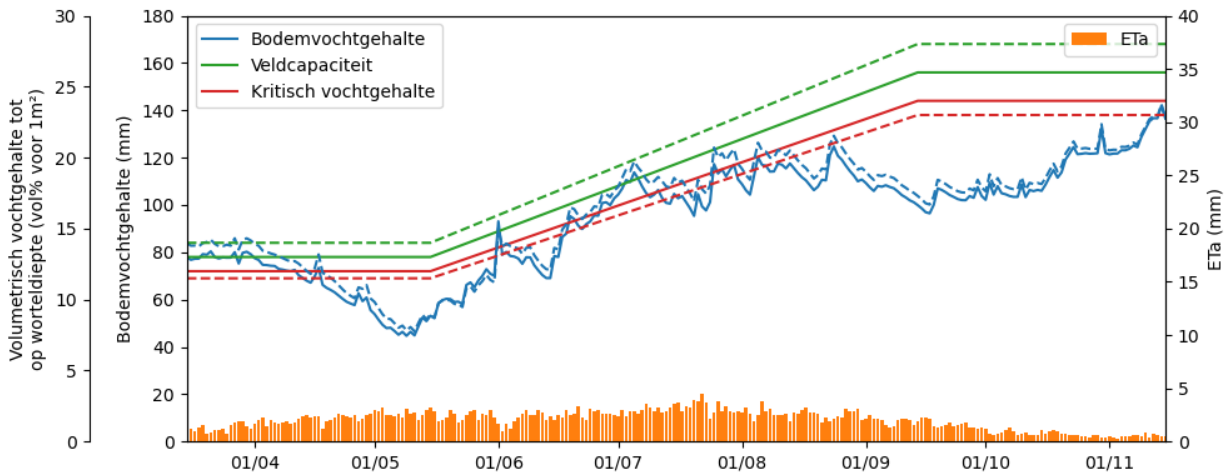


Figuur 31 Het 14-jarig klimatologisch vochtgehalte (mm of vol%) en actuele evapotranspiratie (mm) samen met veldcapaciteit (mm of vol%) en kritisch vochtgehalte (mm of vol%). Volle lijnen zijn voor een natte kleibodem, stippellijnen voor een natte zandleembodem.

Het nat jaar is gebaseerd op gemiddelde van de 10% natste jaren (cumulatieve neerslag) van 2005 tot 2021, deze zijn 2007 en 2016 (Figuur 32). Een nat jaar (Figuur 33) heeft een andere dynamiek in het bodemvochtgehalte in vergelijking met een gemiddeld jaar en zal dus ook andere opbrengsten tot gevolg hebben. Terwijl voor een gemiddeld jaar het bodemvochtgehalte veldcapaciteit bereikt op het begin en het einde van het groeiseizoen, wordt veldcapaciteit voor een nat jaar verschillende keren bereikt in de zomermaanden. Het bodemvochtgehalte varieert ook meer in vergelijking met een gemiddeld jaar. Dit komt deels door meer neerslaghoeveelheden maar ook omdat er rekening werd gehouden met minder jaren. Voor een gemiddeld jaar werd er rekening gehouden met 14 jaar, terwijl voor het nat jaar enkel met de 10% natste jaren (van deze 14). Hetzelfde effect zien we terug voor de evapotranspiratie.



Figuur 32 Cumulatieve neerslaghoeveelheid (mm) voor weerstation te Liedekerke tussen 2005 en 2021.



Figuur 33 Het vochtgehalte (mm of vol%) en actuele evapotranspiratie (mm) samen met veldcapaciteit (mm of vol%) en kritisch vochtgehalte (mm of vol%) voor een nat jaar. Volle lijnen zijn voor een natte kleibodem, stippellijnen voor een natte zandleembodem.

3.3.2 Bepalende factoren: bodemtype, periode en overstromingsduur

Om de impactsfunctie op te stellen wordt in een eerste stap wordt de impact per hectare getroffen landbouwgrond van een overstroming met een bepaalde duur berekend (Figuur 4). De impact wordt hier beschreven als:

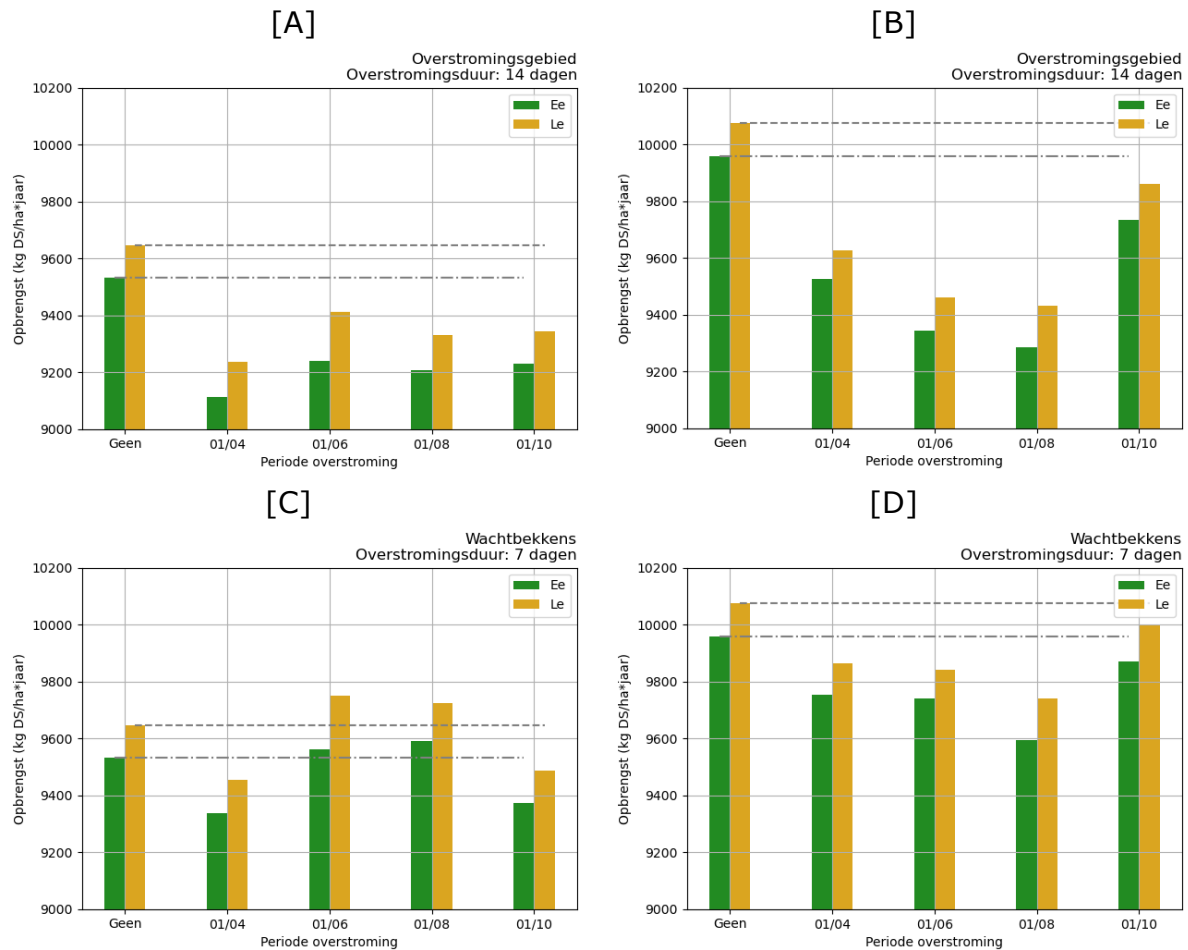
$$Impact = opbrengst_{overstroming} - opbrengst_{geen\ overstroming}$$

Deze impact werd berekend voor landbouwgebied in natuurlijk overstromingsgebied en in een wachtbekken. Er werd aangenomen dat een wachtbekken dubbel zo snel zou leeglopen als natuurlijk overstromingsgebied. Figuur 34 geeft eerst de totale opbrengst per hectare landbouwgrond weer, voor elk van de vooropgestelde modelsituaties (grasland op natte klei, grasland op natte lichte zandleem) en dit voor een gemiddeld en nat jaar. De totale opbrengst werd berekend als beschreven in de vorige paragraaf eerst zonder overstroming en dan met een hypothetische overstroming van 200 cm diep, ofwel 14 dagen voor een overstromingsgebied en 7 dagen voor een wachtbekken, die gebeurde op verschillende tijdstippen in het jaar (april-juni-augustus-oktober).

Hieruit kan men de volgende conclusies trekken:

- De totale opbrengst is groter voor een nat jaar in vergelijking met een gemiddeld jaar.
- De totale opbrengst is altijd groter op een natte (zand)leembodem dan op een natte kleibodem, ongeacht de overstromingsduur en de periode van de overstromingen.

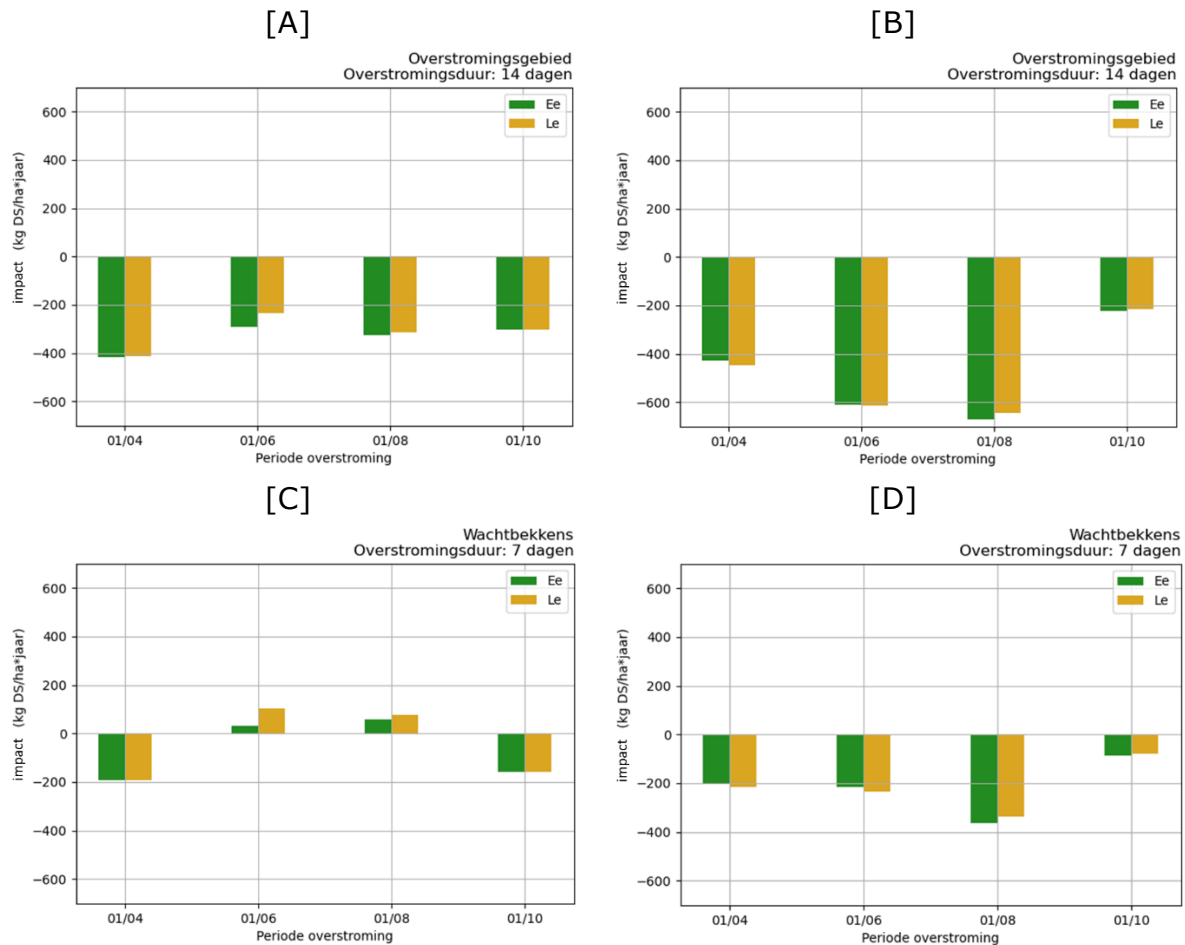
Gemiddelde opbrengst voor grasland in Vlaanderen is ongeveer 11500 tot 13000 kg DS/ha/jaar (LCV, 2022)) afhankelijk van de teelttechniek, bodemtype, ... Voor een nat jaar zijn de gesimuleerde opbrengsten gelijkaardig aan de gemiddelde opbrengsten. Voor een gemiddeld jaar liggen zijn de gesimuleerde opbrengsten een lichte onderschatting. Het is mogelijk dat het gemiddeld jaar vrij droog wordt gesimuleerd. De gemiddelde cumulatieve neerslaghoeveelheid in België is ongeveer 832 mm per jaar (*Klimaatnormalen te Ukkel*, 2023). De gemiddelde cumulatieve neerslaghoeveelheid voor te Liedekerke is 724 mm per jaar (Figuur 32).



Figuur 34 De opbrengst per hectare getroffen landbouwgrond voor een natte kleibodem (Ee) en een natte (zand)leembodem (Le). De opbrengst is weergegeven zonder overstromingen en met één overstroming die zich voordoet begin april, juni, augustus of oktober en voor als de overstroming zich voordoet in [A] natuurlijk overstromingsgebied voor een gemiddeld jaar, [B] natuurlijk overstromingsgebied voor een nat jaar, [C] wachtbekkens in een gemiddeld jaar en [D] wachtbekkens voor een nat jaar. De streepjeslijnen geven het niveau van de opbrengst zonder overstromingen weer.

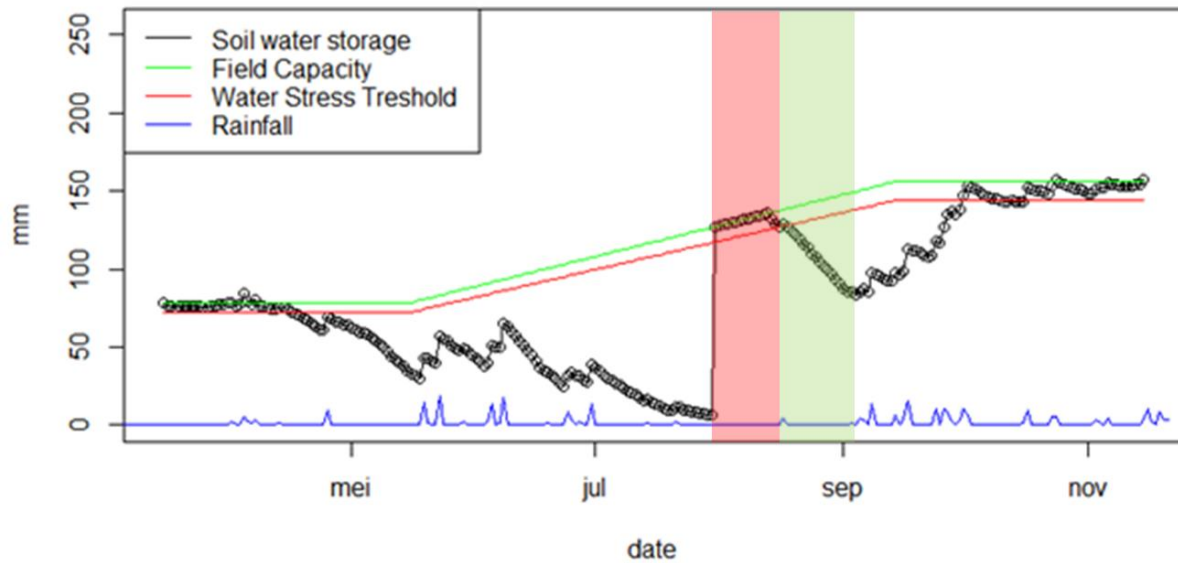
Vervolgens kan de impact van een overstroming in de verschillende modelsituaties berekend worden als het verschil van de berekende totale opbrengsten zonder overstroming en de totale opbrengst wanneer er wel een overstroming is. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 35. Van deze impactberekeningen kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Hoe groter de overstromingsduur, hoe groter de impact is: Natuurlijk overstromingsgebied heeft grotere verliezen dan wachtbekkens.
- Voor een gemiddeld jaar en korte overstromingsduur is de impact niet altijd negatief.
- De impact hangt sterk af van het bodemvochtgehalte. Wanneer het bodemvochtgehalte lager is voor een bepaalde periode. Voor een nat jaar is de grootste negatieve impact in de zomer, in oktober zou het bodemvochtgehalte lager zijn, hierdoor is de impact op de gewasproductie kleiner.



Figuur 35 De impact op de gewasopbrengst van een overstroming per hectare getroffen landbouwgrond voor een natte kleibodem (Ee) en een natte (zand)leembodem (Le). De impact is weergegeven voor één overstroming indien deze voordoet begin april, juni, augustus of oktober en voor als de overstroming zich voordoet in [A] overstromingsgebied voor een gemiddeld jaar, [B] overstromingsgebied voor een nat jaar, [C] wachtbekkens in een gemiddeld jaar en [D] wachtbekkens voor een nat jaar.

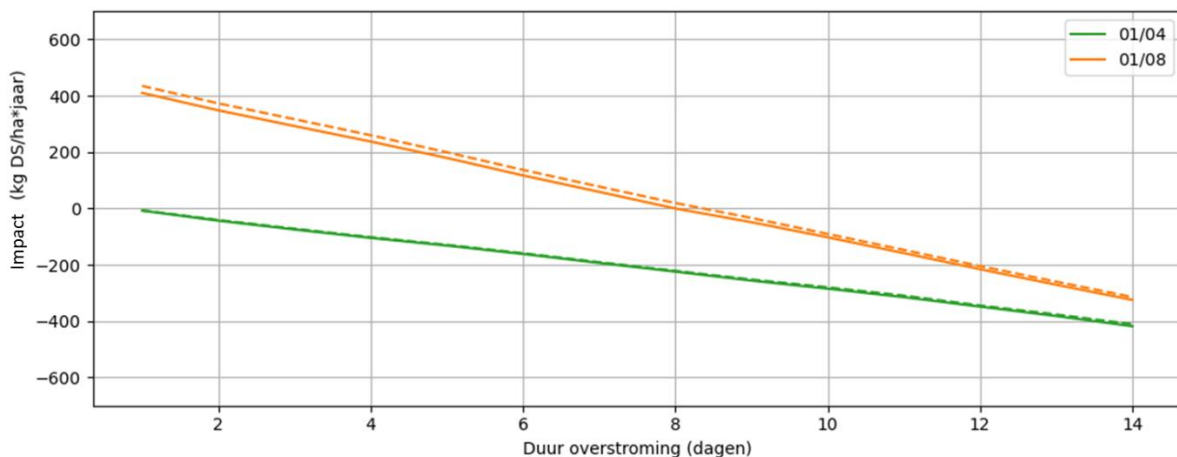
De gemodelleerde impact op de gewasopbrengst is te verklaren door een wisselwerking tussen twee factoren (Figuur 36). Enerzijds ondervindt men schade aan het gewas tijdens de periode van de overstroming omdat er geen groei meer mogelijk is. Men ondervindt daneen negatieve impact op de gewasopbrengsten. Anderzijds ondervindt men een hogere opbrengst na de overstroming, omdat de bodem terug op veldcapaciteit werd gebracht. De positieve impact vindt plaats wanneer het bodemvochtgehalte onder het stressniveau is en wanneer dit groter is dan het bodemvochtgehalte van de referentie situatie (nat jaar of gemiddeld jaar zonder overstromingen). Afhankelijk van de duur en intensiteit van deze twee periodes zal de totale impact van de overstroming anders zijn. **Merk op dat deze positieve impact na de overstroming lager zal zijn voor een nat jaar omdat de bodemvochtgehaltes voor een nat jaar al tegen veldcapaciteit zijn.**



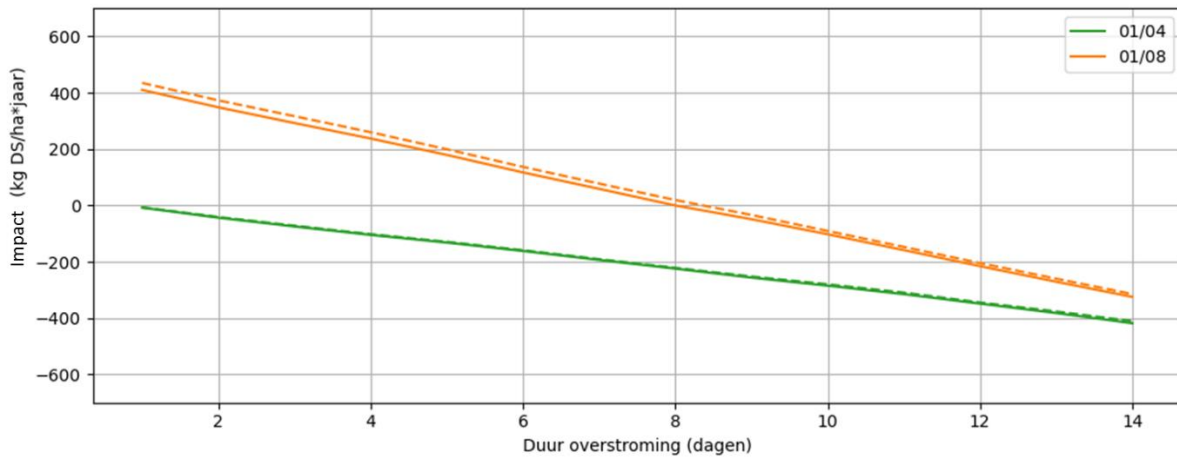
Figuur 36 Simulatie van bodemvochtgehalte. Op 1 augustus werd er een overstroming van een bepaalde duur gesimuleerd. Rood duidt de periode aan waar men een negatieve impact ondervindt door de overstroming, groen wanneer men een positieve impact ondervindt van de overstroming.

3.3.3 Opschaling impactmodellering

Voor de opschaling van de impactmodellering wordt de impact van een overstroming per hectare getroffen landbouwgrond gerelateerd aan de overstromingsduur, deze relatie wordt beschreven door de impactsfunctie (

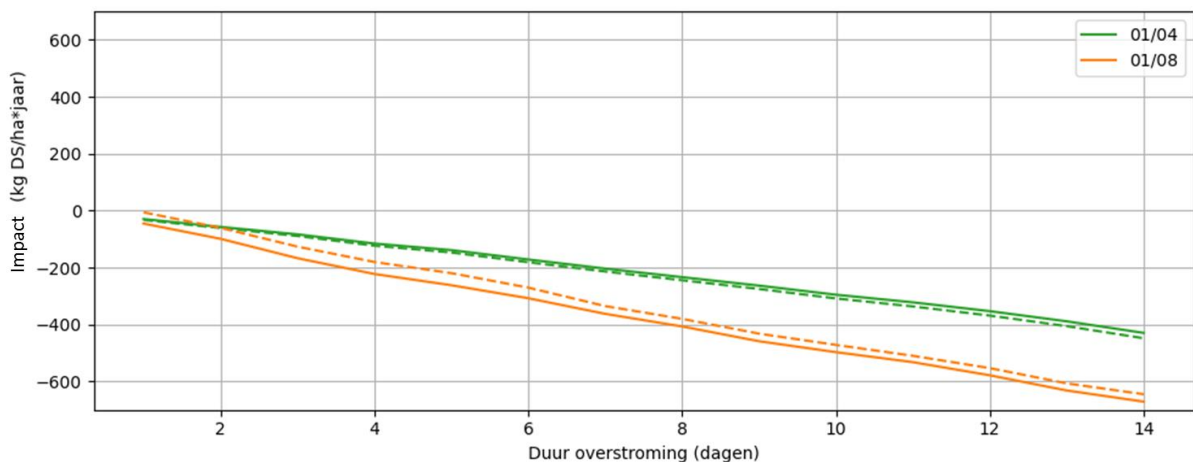


Figuur 37 en Figuur 38). Voor elke modelsituatie werd er een impactsfunctie opgesteld door de opbrengstverliezen ten opzicht van de situatie waar geen overstroming plaatsvindt voor verschillende overstromingsduren uit te rekenen, en hier het best fittende regressiemodel door te fitten.



Figuur 37 De impactsfunctie voor een gemiddeld jaar indien de overstrooming zich voordoet op een natte kleibodem (volle lijnen) of een natte (zand)leembodem (streepjeslijnen). De overstrooming vond plaats begin april of begin augustus.

Voor de impactsfuncties van een gemiddeld jaar kan men duidelijk de omschakeling zien van een positieve impact naar een negatieve impact. Voor een overstrooming in augustus zou men een negatieve impact ondervinden als de overstrooming 8 dagen of langer duurt. Indien de overstrooming korter is dan 8 dagen zal het positieve effect na de overstrooming groter zijn dan het negatieve effect tijdens de overstrooming.



Figuur 38 De impactsfunctie voor een nat jaar indien de overstrooming zich voordoet op een natte kleibodem (volle lijnen) of een natte (zand)leembodem (streepjeslijnen). De overstrooming vond plaats begin april of begin augustus.

Voor de opschaling werden enkel de periodes met de grootste negatieve impact doorgerekend (april in een gemiddeld jaar en augustus in een nat jaar). Zo bekomt men volgende impactfuncties:

Voor natte kleibodem, gemiddeld jaar, maand april:

$$I(t) = -0.0009t^2 - 0.0625t + 0.0845$$

Voor natte licht zandleembodem, gemiddeld jaar, maand april:

$$I(t) = -0.0008t^2 - 0.0621t + 0.0874$$

Voor natte kleibodem, nat jaar, maand augustus:

$$I(t) = 0.0016t^2 - 0.1417t + 0.0134$$

Voor natte licht zandleembodem, nat jaar, maand augustus:

$$I(t) = 0.0017t^2 - 0.1476t + 0.1276$$

Met $I(t)$ [kg DS/jaar/25m²] de impact binnen een 5m x 5m pixel (resolutie waarvoor de impact werd berekend) en t [dagen] de overstromingsduur.

3.3.4 Reflecties impactmodellering

De bovengenoemde modelopzet beoogt om de impact van een overstroming op de gewasopbrengst te simuleren als gevolg van een beperking van de gewasgroei door de aanwezigheid van een overmaat aan water op het perceel. De gesimuleerde opbrengstverliezen zijn dus een inschatting van de realiteit. Er zijn bepaalde processen die niet in rekening konden gebracht worden in de modellering of die een vereenvoudiging zijn van de realiteit. Hierdoor zal de simulering altijd een benadering zijn en moeten de tekortkomingen worden besproken.

Ten eerste werd de modellering beperkt tot slechts 1 overstroming per jaar tijdens het groeiseizoen wanneer deze de grootste negatieve impact heeft, dit wil zeggen dat, binnen de modelaannames, de modellering de maximale te verwachten negatieve impact inschat. Een overstroming buiten de gemodelleerde periode (april voor een droog jaar, augustus voor een nat jaar) zal steeds een minder negatieve impact op de gewasproductie hebben.

Een tweede tekortkoming zit in de manier hoe een overstroming wordt gesimuleerd in het model. Op de eerste dag van de overstroming wordt het bodemvochtgehalte meteen op veldcapaciteit gebracht, ongeacht de voorgaande vochtgehalten (Figuur 5). Deze abrupte sprong in bodemvochtgehalte zal weinig waarschijnlijk voorkomen in de realiteit. Men verwacht eerder een graduele opbouw van het bodemvochtgehalte tot veldcapaciteit bereikt is op de eerste dag van de overstromingen. **Voor een nat jaar is dit effect minder sterk.** Het bodemvochtgehalte is al dichtbij veldcapaciteit wanneer de overstroming zal plaatsvinden (Figuur 33). Hierdoor zal deze 'sprong' in bodemvochtgehalte naar veldcapaciteit, klein of onbestaand zijn. Na de overstroming wordt het bodemvochtgehalte weer gesimuleerd volgens de gegeven inputdata van het model, waarbij er echter vertrokken wordt van veldcapaciteit. Deze sprong in bodemvochtgehalte zal daarom voor korte overstromingen mogelijks het bodemvochtgehalte na de overstroming overschatten, wat een (te) positief effect op de gewasgroei kan hebben. Hierdoor kan indirect de impact van een korte overstroming op de gewasopbrengst onderschat worden, doordat vlak na de overstroming het bodemvochtgehalte te hoog is.

Een derde tekortkoming is het niet in rekening nemen van andere processen die tijdens een overstroming kunnen zorgen voor een negatieve impact op de gewasopbrengst. Zoals hierboven beschreven neemt onze modelaanpak enkel vermindering van gewasgroei door een overmaat aan water in rekening, gesimuleerd door een stop in de transpiratie van het gewas (ETa waarden gelijk aan nul, men neemt zo aan dat de fotosynthese naar een minimum wordt gebracht (Figuur 6)). Andere processen zoals slibafzetting op het gewas, platvallen van het gewas door het stromende water en beperkingen op landbewerking of beweiding

kunnen additionale schade en verlies van inkomsten veroorzaken. Deze extra schade werd echter niet mee gemodelleerd.

Op basis van bovenstaande opmerkingen kan men dus stellen dat de opbrengstverliezen gesimuleerd door de modellering slechts een inschatting zijn van de realiteit. Men moet dus voorzichtig zijn met de interpretatie van absolute waarden. Algemene grootteordes tussen de verschillende modelsituaties en alternatieven zijn wel vergelijkbaar, de modellering kan dus wel gebruikt worden om de impact van de verschillende alternatieven onderling te vergelijken.

Er werd gezocht binnen de wetenschappelijke literatuur naar schattingen van de overstomingsimpact op grasland. Naar ons weten is hiervan vanuit de huidige literatuur geen kennis van, een mogelijke verklaring hiervoor is dat grasland niet de meest winstgevende teelt is. Er werden wel studies teruggevonden met een focus op maïs maar deze waren zeer regio afhankelijk (Chen et al., 2017, Shrestha et al., 2017).

De gemodelleerde impact van overstromingen op de gewasopbrengst kan ook uitgedrukt worden in een impact op inkomsten voor de landbouwer. Voor grasland, de teelt die veruit dominant is in de mogelijke getroffen gebieden in het Denderbekken, kan de impact op gewasopbrengst vertaald worden in een monetaire waarde door middel van de jaarlijk gepubliceerde kostprijsraming van voedergrassen door het Landbouwcentrum voor Voedergrassen (LCV, 2022). Deze kostprijsraming schat de waarde van een ton gras afkomstig van grasland (in droge stof, één keer maaien en begrazen en enkel maaien) door de kosten die gemaakt worden tijdens de teelt in rekeningen te brengen. Gemiddeld over de verschillende graslandmanagementstechnieken kost een ton gras (zonder btw en zonder extra kosten voor inkuilen en vervoederen) 169 euro/ton droge stof. Dit wil zeggen dat, onder de modelaannames, een negatieve impact van een overstroming van 1 ton DS/ha/jaar overeenkomt met een inkomstenverlies van 169 euro/ha/jaar. Net zoals bij de impactberekeningen op de gewasopbrengst, neemt deze schatting enkel het effect op verminderde gewasgroei door een overmaat aan water in rekeningen, geen andere processen die tot verminderde inkomsten voor de landbouwer kunnen leiden door overstromingen zijn in rekening gebracht.

3.3.5 Impact van de voorgestelde alternatieven

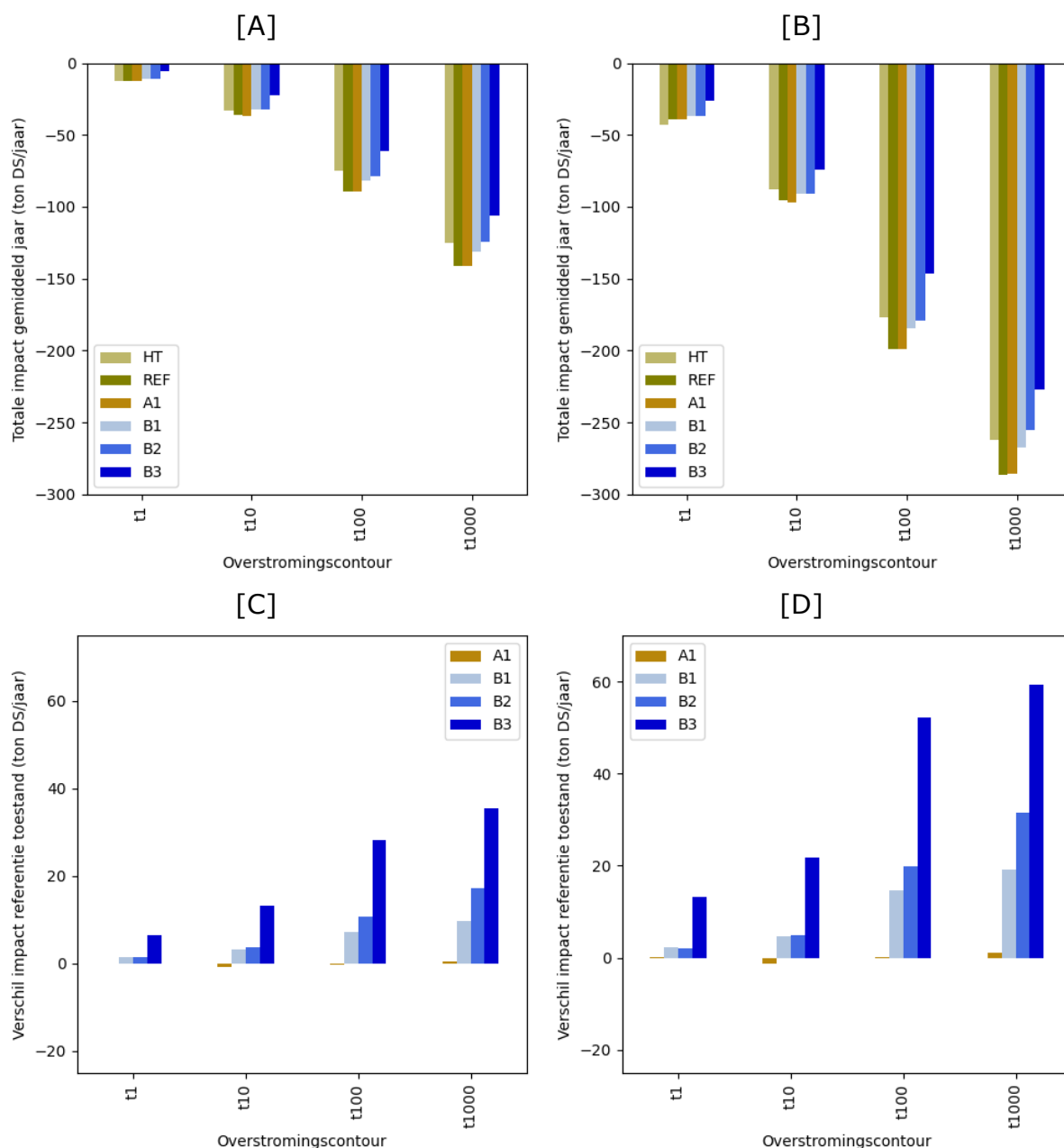
De totale impact van een overstroming op de gewasopbrengst voor elk alternatief werd berekend door aan elke pixel binnen een overstromingscontour een bepaalde modelsituatie te kennen. Vervolgens werd voor elke 5x5m pixel de impact berekend door middel van de juiste impactsfunctie, afhankelijk van de modelsituatie, toe te passen op de overstromingsduur. De totale impact van een bepaald alternatief wordt dan berekend door de som van de impact voor elke pixel.

Deze totale impact van elk alternatief per overstromingscontour wordt weergegeven in Figuur 39 voor een gemiddeld jaar [A] en een nat jaar [B], aangevuld met het verschil in impact van de referentie toestand voor een gemiddeld jaar [C] en nat jaar [D]. Op basis van deze resultaten kan men het volgende vaststellen:

- In een nat jaar heeft een overstroming een grotere impact bij elk alternatief voor elke overstromingscontour in vergelijking met een gemiddeld jaar. Deze verschillen zijn het grootst voor de overstromingscontour t1000.

- Algemeen zorgen de alternatieven voor een lagere impact van een overstroming op de gewasopbrengst in vergelijking met de referentie toestand. Dit geldt echter niet voor het A1 alternatief t10 voor een gemiddeld jaar en een nat jaar. Voor het A1 alternatief zijn over het algemeen de verschillen met de referentie toestand zeer klein.
- Bij een nat jaar zijn de verschillen in impact tussen de alternatieven groter dan bij een droog jaar.
- Over het algemeen scoren alternatieven met wachtbekkens beter dan alternatieven zonder wachtbekkens.
- Het B3 alternatief heeft de grootste impactsvermindering (tov referentie toestand) voor alle overstromingscontouren, bij zowel een gemiddeld als een nat jaar.
- Voor alle overstromingscontouren zal de impact binnen de wachtbekkens altijd het grootste zijn bij alternatief B3. Het omgekeerde geldt voor het natuurlijk overstromingsgebied. Daarbij zal voor alle overstromingcontouren de impact het laagste zijn bij B3 (Tabel 18).

De gemodelleerde impact op de gewasopbrengst vertaald zich voor het gehele Denderbekken op een verlies aan inkomsten in een gemiddeld jaar tussen de €850 en €24 000 en in een nat jaar tussen de €5100 en €47 000, afhankelijk van de ernst van de overstroming (dus de terugkeerperiodes T). De verschillen tussen de verschillende alternatieven liggen in een gemiddeld jaar tussen de €340 meer negatieve impact en €5900 minder impact dan de referentiesituatie en in een nat jaar tussen de €340 meer negatieve impact en €10 000 minder negatieve impact dan de referentiesituatie.



Figuur 39 De totale impact van de 4 alternatieven, de huidige toestand en de referentie toestand voor 4 verschillende overstromingscontouren voor [A] een gemiddeld jaar en [B] een nat jaar. De impact ten opzichte van de referentie toestand voor de 4 alternatieven per overstromingscontour voor [C] een gemiddeld jaar en [D] een nat jaar.

Tabel 18 toont hoe de impact in het gehele Denderbekken van de alternatieven met wachtbekkens zich verdeelt over impact binnenin de wachtbekkens en impact in de rest van het natuurlijk overstromingsgebied. Dit wordt weergegeven voor de 4 verschillende terugkeerperiodes.

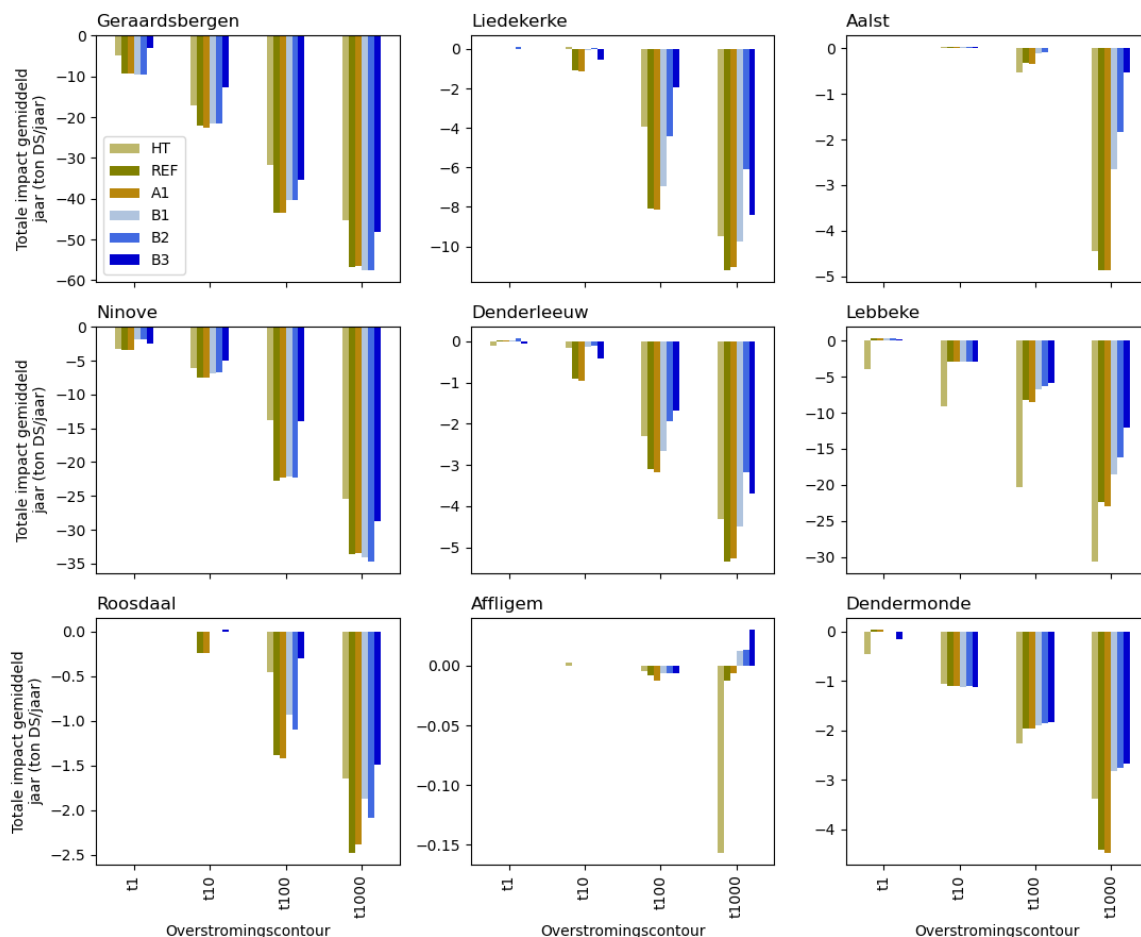
Tabel 18 De totale impact voor elk alternatief per overstromingscontour samen met de impact voor enkel het natuurlijk overstromingsgebied en de wachtbekkens.

Alternatief	Totale impact	Impact overstromingsgebied	Impact wachtbekkens
B1 t1	-37004.5	-36997.0	-7.6
B1 t10	-91174.5	-85479.7	-5694.8
B1 t100	-184400.0	-160010.8	-24389.3
B1 t1000	-267518.4	-235627.7	-31890.7
B2 t1	-37124.6	-37082.1	-42.5
B2 t10	-90956.8	-83555.7	-7401.2
B2 t100	-179111.3	-142549.2	-36562.1
B2 t1000	-255128.1	-207987.5	-47140.6
B3 t1	-26023.1	-24982.0	-1041.1
B3 t10	-73981.9	-56607.1	-17374.8
B3 t100	-146700.9	-98286.8	-48414.1
B3 t1000	-227221.7	-154790.0	-72431.7

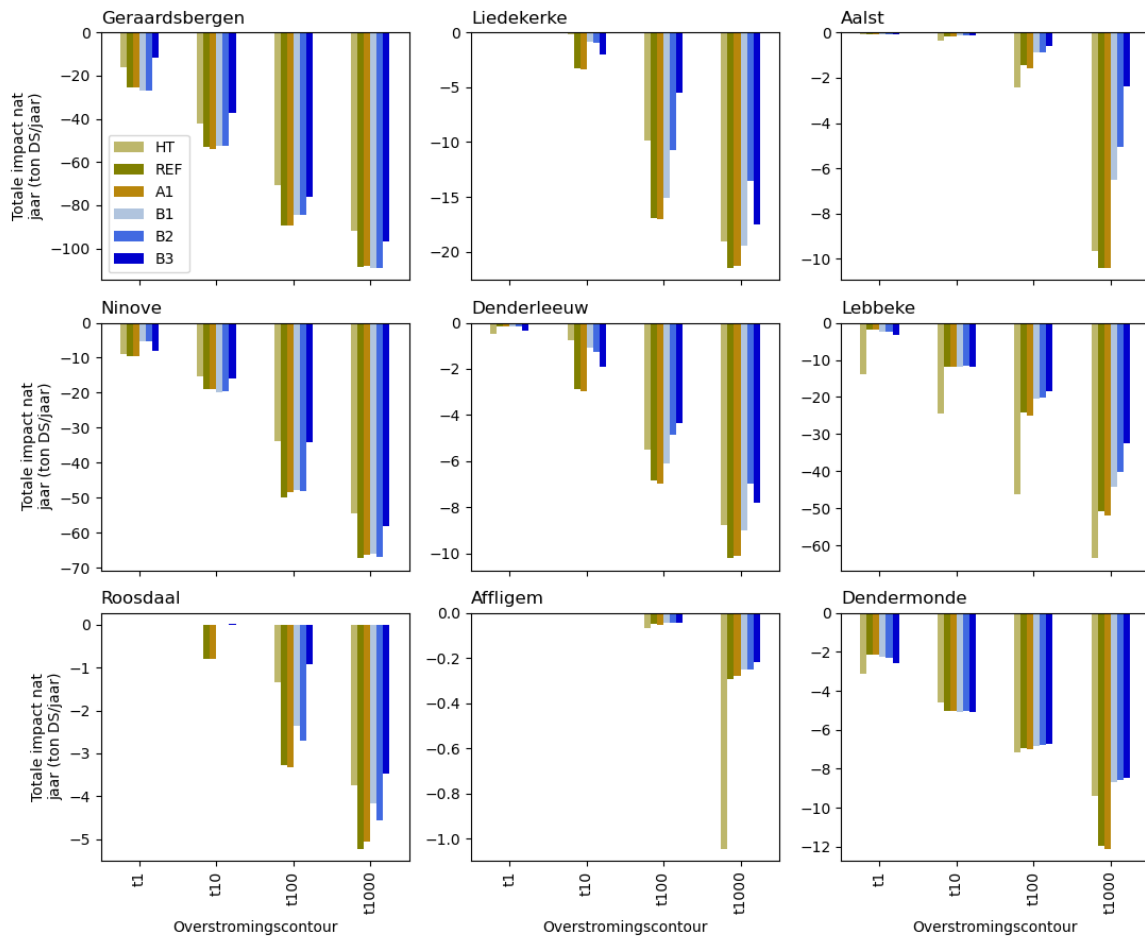
De totale impact per Dendergemeente wordt weergegeven door Figuur 40 voor een gemiddeld jaar en door Figuur 41 of Tabel 19 voor een nat jaar. De gemeentes die de grootste impact ondervinden van een overstroming zijn Geraardsbergen, Lebbeke en Ninove. De impact op gemeenteniveau toont vaak andere trends in vergelijking met de trends waargenomen voor de gehele Denderbekken. Enkele opvallende lokale verschillen zijn:

- Voor Geraardsbergen (waar de grootste impact zal zijn) zal de impact verminderen voor alternatief B3 en dit voor alle overstromingscontouren. Voor overstromingscontour t1 zal de impact licht toenemen bij alternatief B1 en B2. Bij overstromingscontour t10 geldt dit voor A1. Voor overstromingscontour t1000 zal de impact ook licht toenemen voor alternatief B1 en B2.
- Gelijkaardige trends gelden voor Ninove, enkel zal bij overstromingscontour t1 de impact van alternatief B1 en B2 kleiner zijn ten opzichte van de referentie en kleiner dan alternatief B3.
- Voor Lebbeke zal elk alternatief voor elke overstromingscontour een positief effect hebben ten opzichte van de referentie toestand voor zowel het gemiddeld jaar als het nat jaar, buiten het A1 alternatief. Gelijkaardige trends gelden in Dendermonde; enkel de t1 en t10 overstromingscontour zal een negatief effect (= meer impact) hebben voor alle alternatieven ten opzichte van de referentie toestand. Voor t100 en t1000 heeft enkel alternatief A1 een negatief effect ten opzichte van de referentietoestand.
- Voor een aantal gemeentes (Roosdaal, Liedekerke, Denderleeuw en Aalst) wordt de impact van een overstroming op de gewasopbrengst als onbestaande of zeer klein voorspeld voor overstromingscontouren T1 en T10. Pas vanaf overstromingscontour T100 en T1000 wordt deze impact groter.
- Affligem heeft voor sommige overstromingscontouren een positieve impact in het gemiddeld jaar. Dit wil zeggen dat een overstroming voor extra

opbrengsten zal zorgen, deze extra opbrengsten zijn echter zeer klein (0,03 ton DS/jaar). In dit geval is de positieve impact van een verhoogd bodemvochtgehalte na de overstroming groter dan de negatieve impact door verminderde gewasgroei door de overstroming. In een nat jaar is dit effect minder en is er geen totale positieve impact meer.



Figuur 40 De totale impact van de 4 alternatieven, de huidige toestand en de referentie toestand voor 4 verschillende overstromingscontouren op de Dendergemeentes voor een gemiddeld jaar.



Figuur 41 De totale impact van de 4 alternatieven, de huidige toestand en de referentie toestand voor 4 verschillende overstromingscontouren op de Dendergemeentes voor een nat jaar.

De alternatieven werden op basis van de impact per overstromingscontour een bepaalde rank toegekend. Per overstromingscontour kreeg elk alternatief een rank, 1 voor het beste alternatief en 6 voor het slechtste alternatief. Vervolgens werden alle ranken per alternatief opgeteld om de totale rank per alternatief te bekomen. Tabel 19 geeft de totale impact weer per alternatief per overstromingscontour samen met de rank. Over het gehele Denderbekken zou alternatief B3 de laagste impact hebben, gevolgd door de B2, de huidige toestand, B1, A1 en de referentie toestand. Het slechtst scorende alternatief is de referentie situatie. Merk op dat alternatieven A1 en B1 slechter scoren dan de huidige situatie.

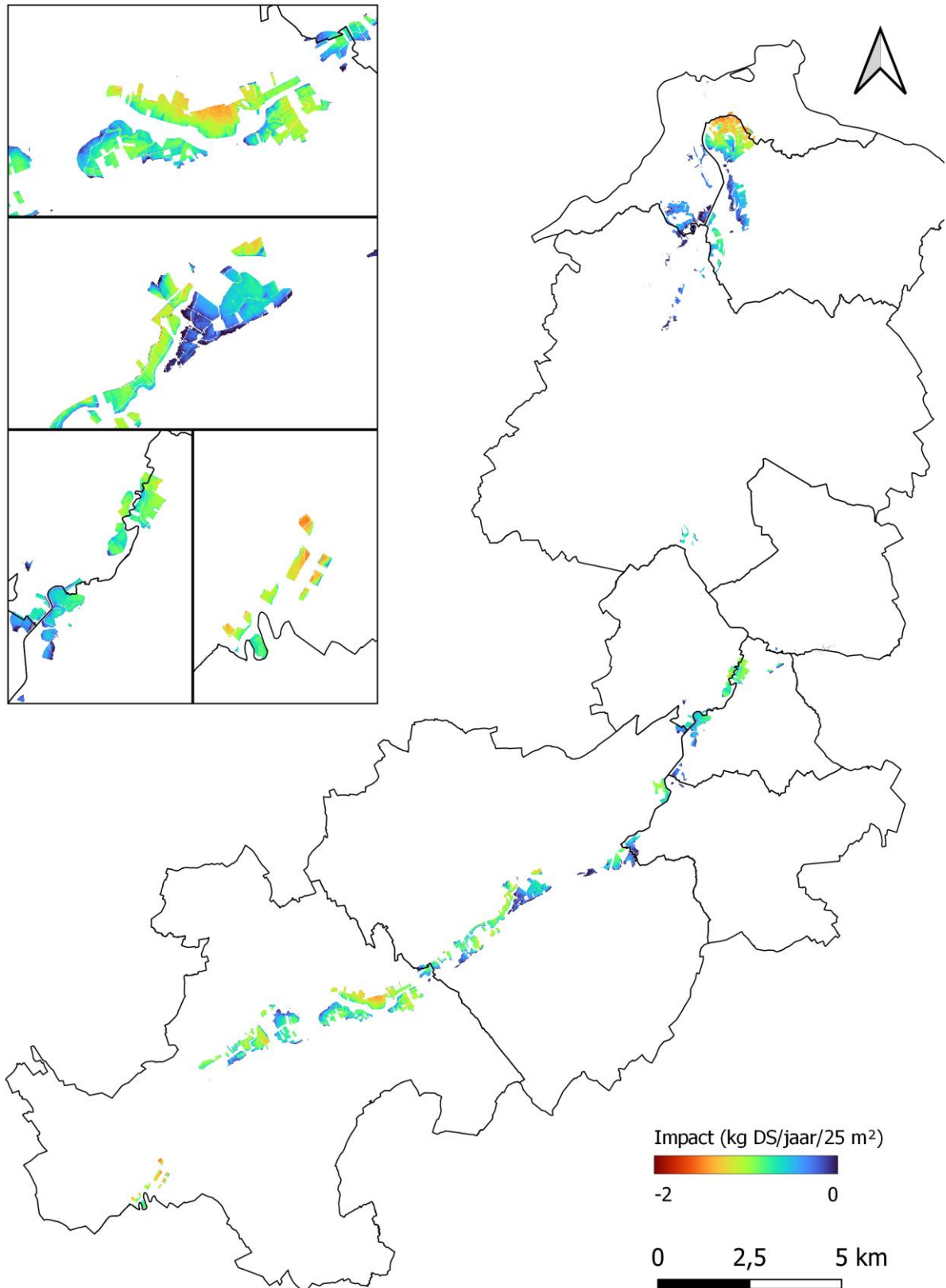
Op gemeenteniveau is B3 niet altijd het best scorende alternatief. Dit is enkel het geval voor Geraardsbergen. Vaak is B2 of de huidige toestand het best scorend scenario over alle overstromingscontouren heen. Merk wel op dat alle overstromingscontouren gelijk worden gesteld in deze ranking, dit wil zeggen dat een t1 overstroming even belangrijk wordt geacht als een t1000 overstroming. Men moet oppassen als men de ranking van verschillende gemeentes gaat vergelijken met elkaar. Het slechtst scorende alternatief in Aalst heeft een maximale impact van -9.6 ton DS/jaar, terwijl het best scorende alternatief in Geraardsbergen een maximale impact heeft van -92.1 ton DS/jaar. Het beste alternatief van Geraardsbergen scoort slechter dan het best scorende alternatief van Aalst. Dit komt omdat Aalst een vele kleinere landbouwoppervlakte binnen het natuurlijk overstromingsgebied heeft dan Geraardsbergen.

Tabel 19 De totale impact (ton DS/jaar) van de 4 alternatieven, de huidige toestand en de referentie toestand voor 4 verschillende overstromingscontouren op het gehele Denderbekken en de verschillende Dendergemeentes voor een nat jaar. Voor elk alternatief werd de totale rank weergegeven, groene cellen duiden het best scorende alternatief aan en rode cellen het slechts scorende alternatief.

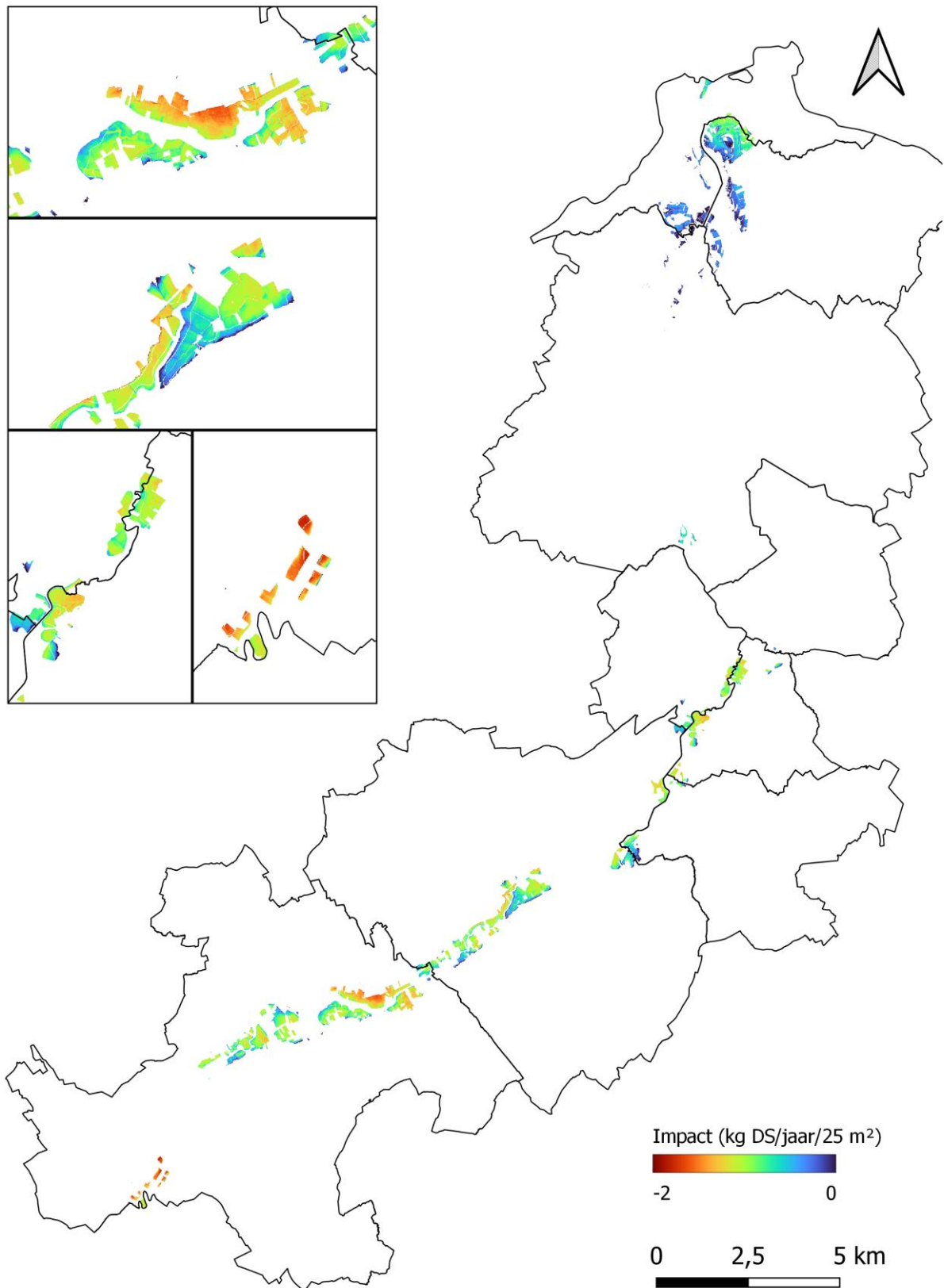
		Huidig	REF	A1	B1	B2	B3
Denderbekken	Rank	13	22	20	14	11	4
	T1	-42.9	-39.3	-39.1	-37.0	-37.1	-26.0
	T10	-88.0	-95.8	-97.2	-91.2	-91.0	-74.0
	T100	-177.0	-198.9	-198.9	-184.4	-179.1	-146.7
	T1000	-262.0	-286.5	-285.4	-267.5	-255.1	-227.2
Aalst	Rank	22	17	19	8	6	8
	T1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	T10	-0.4	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	T100	-2.4	-1.4	-1.6	-0.9	-0.9	-0.6
	T1000	-9.6	-10.4	-10.4	-6.5	-5.1	-2.4
Affligem	Rank	19	11	11	5	7	9
	T1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T100	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0
	T1000	-1.0	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2
Denderleeuw	Rank	13	18	18	13	10	12
	T1	-0.5	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.4
	T10	-0.7	-2.9	-3.0	-1.1	-1.3	-1.9
	T100	-5.5	-6.8	-6.9	-6.1	-4.8	-4.4
	T1000	-8.8	-10.2	-10.1	-9.0	-7.0	-7.8
Dendermonde	Rank	17	13	15	14	12	13
	T1	-3.1	-2.2	-2.2	-2.3	-2.3	-2.6
	T10	-4.6	-5.0	-5.0	-5.1	-5.0	-5.1
	T100	-7.2	-7.0	-7.0	-6.8	-6.8	-6.7
	T1000	-9.4	-11.9	-12.1	-8.7	-8.6	-8.5
Geraardsbergen	Rank	6	18	18	17	19	6
	T1	-16.1	-25.4	-25.3	-26.8	-26.8	-11.6
	T10	-42.3	-53.0	-54.0	-52.3	-52.3	-37.0
	T100	-70.7	-89.2	-89.3	-84.7	-84.7	-76.0
	T1000	-92.1	-108.7	-107.9	-109.2	-109.2	-96.6
Lebbeke	Rank	24	12	14	13	9	12
	T1	-14.0	-2.0	-2.0	-2.4	-2.4	-3.4
	T10	-24.6	-11.8	-11.8	-11.9	-11.7	-11.9
	T100	-46.2	-24.3	-25.1	-20.4	-20.2	-18.5
	T1000	-63.4	-50.8	-51.9	-44.2	-40.1	-32.5
Liedekerke	Rank	7	17	18	11	13	8
	T1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T10	-0.1	-3.3	-3.4	-0.9	-1.0	-2.0
	T100	-9.9	-17.0	-17.1	-15.1	-10.8	-5.5
	T1000	-19.1	-21.5	-21.3	-19.5	-13.5	-17.5
Ninove	Rank	7	21	18	13	16	9
	T1	-9.1	-9.5	-9.4	-5.3	-5.3	-8.1
	T10	-15.2	-18.8	-19.0	-19.9	-19.5	-15.9
	T100	-33.7	-49.9	-48.4	-47.9	-48.2	-34.0

	T1000	-54.4	-67.4	-66.3	-65.9	-66.8	-58.2
	Rank	7	18	17	9	11	4
Roosdaal	T1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T10	0.0	-0.8	-0.8	0.0	0.0	0.0
	T100	-1.3	-3.3	-3.3	-2.4	-2.7	-0.9
	T1000	-3.8	-5.2	-5.1	-4.2	-4.6	-3.5

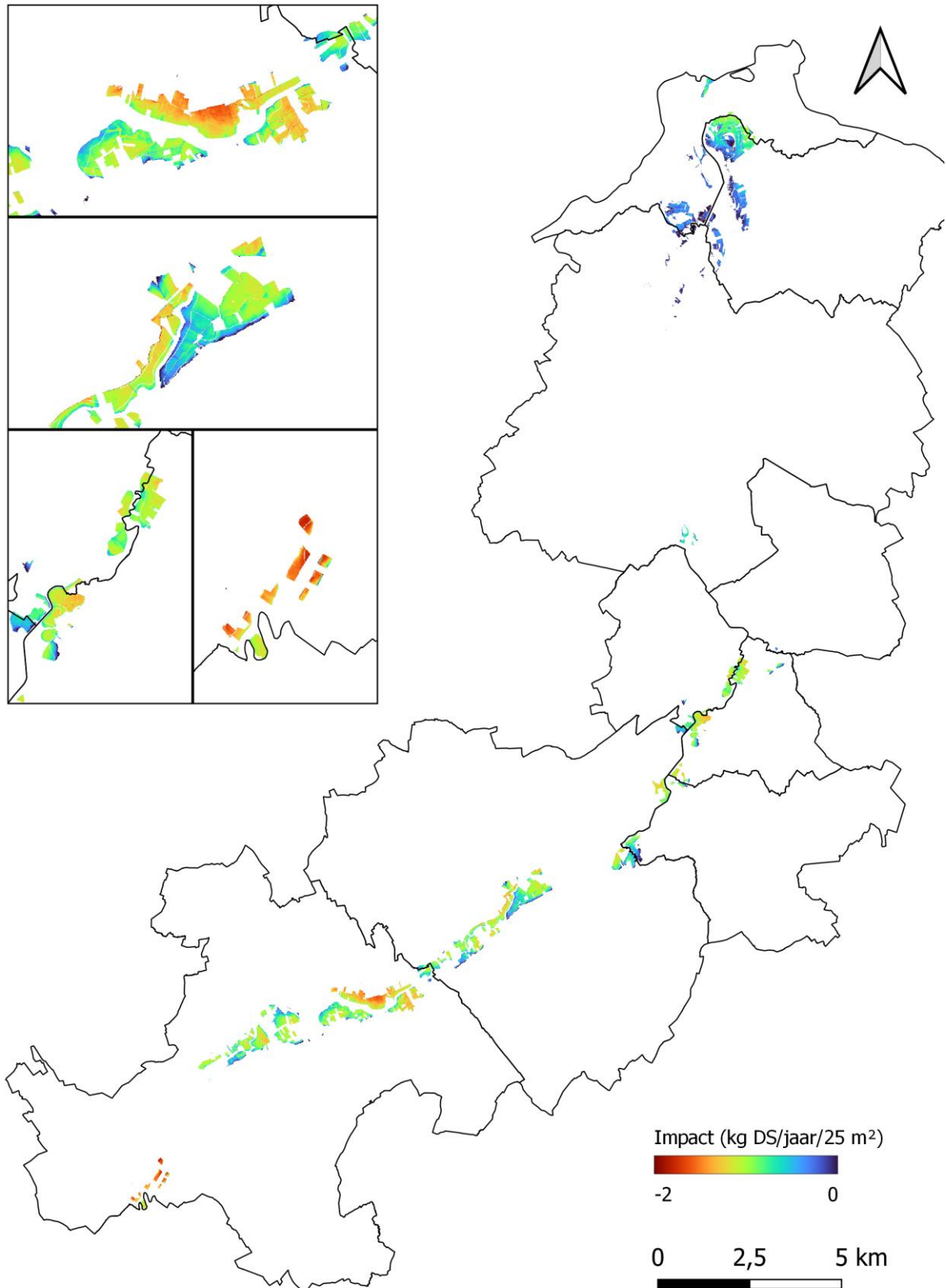
De impact wordt geografisch weergegeven door Figuur 43 tot Figuur 47. Deze figuren geven duidelijk de impact van de wachtbekkens weer. Hier kan men duidelijk waarnemen dat de impact in de wachtbekkens afneemt ten opzichte van de referentie toestand voor alternatief B1, B2 en B3. Voor de percelen die stroomopwaarts van een wachtbekken liggen merken we een toename in de totale impact. Dit is het duidelijkste voor de percelen stroomopwaarts van wachtbekkens in alternatief B3. Voor dit alternatief is er ook een afname van de impact voor de percelen stroomafwaarts, al is deze zeer beperkt.



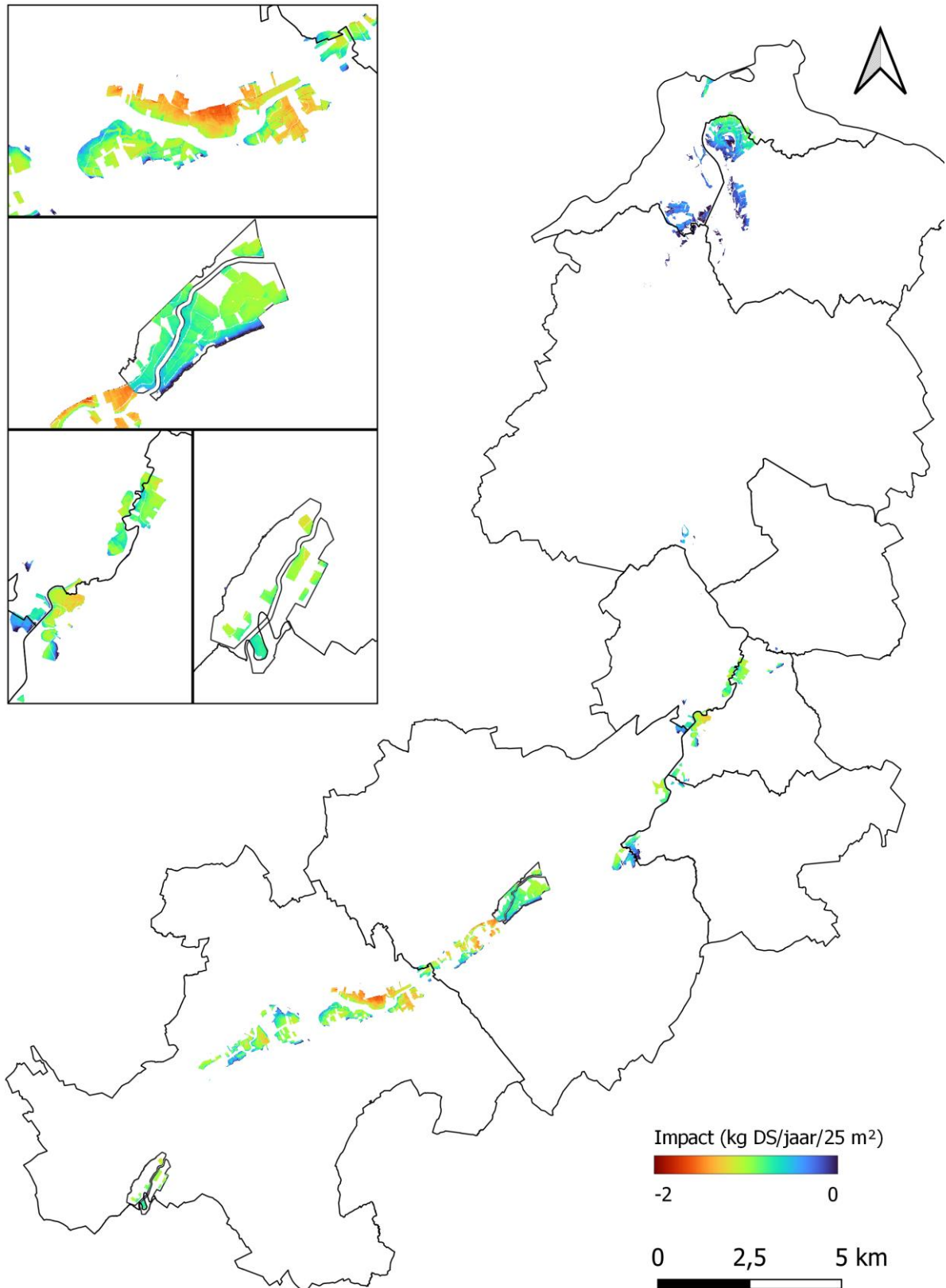
Figuur 42 De geografische spreiding van de impact voor de huidige toestand T100 overstromingscontour voor een overstroming op 01/08 voor een nat jaar. Wachtbekkens worden weergegeven in het detail, als de wachtbekkens aanwezig zijn, zijn ze omlijnd aangeduid. Resolutie: 5m x 5m.



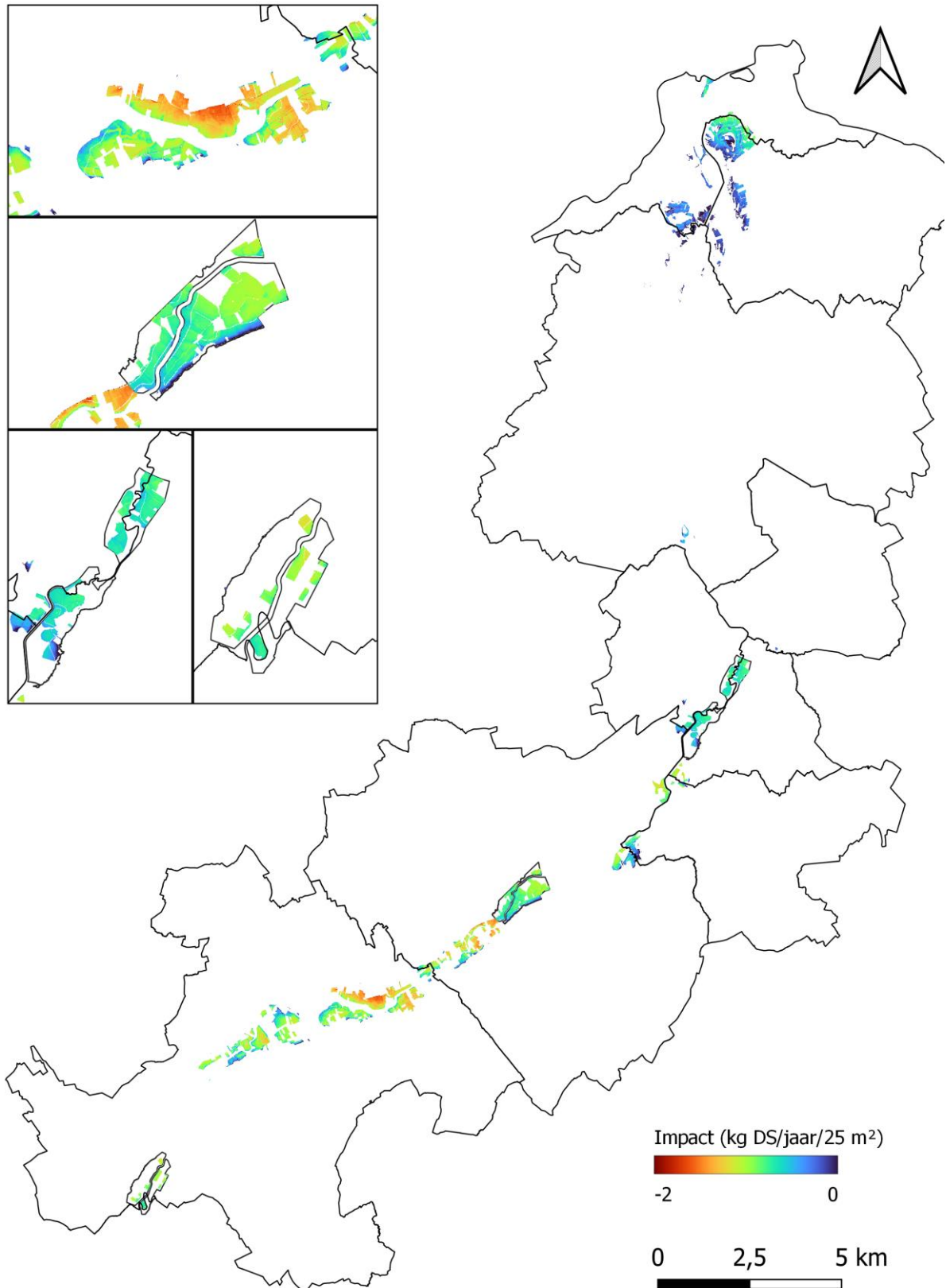
Figuur 43 De geografische spreiding van de impact voor de REF T100 overstromingscontour voor een overstroming op 01/08 voor een nat jaar. Wachtbekkens worden weergegeven in het detail, als de wachtbekkens aanwezig zijn, zijn ze omlijnd aangeduid. Resolutie: 5m x 5m.



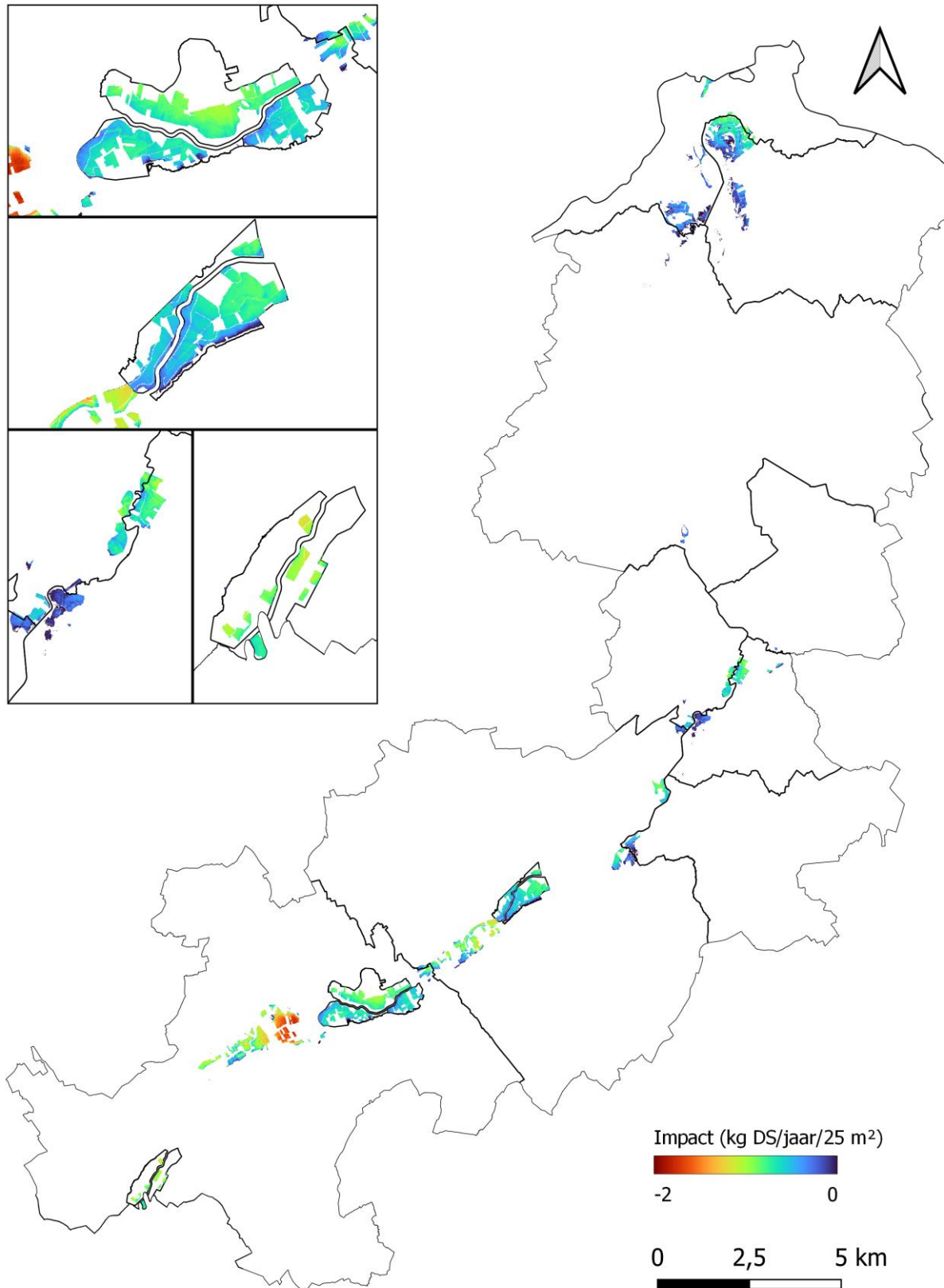
Figuur 44 De geografische spreiding van de impact voor de A1 T100 overstroomingscontour voor een overstroming op 01/08 voor een nat jaar. Wachtbekkens worden weergegeven in het detail, als de wachtbekkens aanwezig zijn, zijn ze omlijnd aangeduid. Resolutie: 5m x 5m.



Figuur 45 De geografische spreiding van de impact voor de B1 T100 overstroomingscontour voor een overstroming op 01/08 voor een nat jaar. Wachtbekkens worden weergegeven in het detail, als de wachtbekkens aanwezig zijn, zijn ze omlijnd aangeduid. Resolutie: 5m x 5m.



Figuur 46 De geografische spreiding van de impact voor de B2 T100 overstroomingscontour voor een overstroming op 01/08 voor een nat jaar. Wachtbekkens worden weergegeven in het detail, als de wachtbekkens aanwezig zijn, zijn ze omlijnd aangeduid. Resolutie: 5m x 5m.



Figuur 47 De geografische spreiding van de impact voor de B3 T100 overstromingscontour voor een overstroming op 01/08 voor een nat jaar. Wachtbekkens worden weergegeven in het detail, als de wachtbekkens aanwezig zijn, zijn ze omlijnd aangeduid. Resolutie: 5m x 5m.

4 Referenties

- Allen, R. G., & Food and Agriculture Organization of the United Nations (Red.). (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- BDB. (2019). *CSLIM maïsscenario's uitgewerkt in kader van het project "Richtsnoeren voor een betere bodemvruchtbaarheid door het doorbreken van de monocultuur maïs"*. Webapplicatie beschikbaar op <https://bdbnet.bdb.be/pls/apex/f?p=131:48>.
- Chen, H., Liang, Z., Liu, Y., Liang, Q., & Xie, S. (2017). Integrated remote sensing imagery and two-dimensional hydraulic modeling approach for impact evaluation of flood on crop yields. *Journal of Hydrology*, 553, 262–275. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.08.001>
- Coleman, K., Jenkinson, D. S., Crocker, G. J., Grace, P. R., Klir, J., Körschens, M., Poulton, P. R., & Richter, D. D. (1997). Simulating trends in soil organic carbon in long-term experiments using RothC-26.3. *Geoderma*, 81, 29–44.
- Conant, R. T., Cerri, C. E. P., Osborne, B. B., & Paustian, K. (2017). Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications*, 27, 662–668.
- D'Hose, T., & Ruysschaert, G. (2017). *Mogelijkheden tot koolstofopslag onder gras- en akkerland in Vlaanderen*. ILVO Mededeling 231. 76.
- Euben, R., Eeckhout, I., de Blauwer, V., van de Ven, G., Peumans, M., & Depoorter, J. (2018). *Demonstratieproject_Erosie in de akkerbouw*.
- Hoffland, E., Kuyper, T. W., Comans, R. N. J., & Creamer, R. E. (2020). Eco-functionality of organic matter in soils. *Plant and Soil*, 455, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04651-9>
- Ingram, J. S. I., & Fernandes, E. C. M. (2001). Managing carbon sequestration in soils: Concepts and terminology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87, 111–117. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00145-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00145-1)
- Jensen, J. L., Christensen, B. T., Schjønning, P., Watts, C. W., & Munkholm, L. J. (2018). Converting loss-on-ignition to organic carbon content in arable topsoil: pitfalls and proposed procedure. *European Journal of Soil Science*, 69(4), 604–612. <https://doi.org/10.1111/ejss.12558>
- Klimaatnormalen te Ukkel. (z.d.). KMI. Geraadpleegd 2 februari 2023, van <https://www.meteo.be/nl/klimaat/klimaat-van-belgie/klimaatnormalen-te-ukkel/neerslag/neerslagtotaal>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1–2), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>
- LA-trajecten 2021, V. (z.d.). Home. OP-PEIL. Geraadpleegd 2 februari 2023, van <https://www.peilgestuurd drainage.be/>
- LCV (2022). Kostprijsraming voedergewassen-2022. Landbouwcentrum voor voedergewassen. https://www.lcvvzw.be/wp-content/uploads/2022/02/2022_02_08_Kostprijsraming-voedergewassen-2022.pdf
- LNE. (2014). *Organische stof in de bodem. Sleutel tot bodemvruchtbaarheid*. 39 pp. Beschikbaar op <https://www.vlaanderen.be/publicaties/organische-stof-in-de-bodem-sleutel-tot-bodemvruchtbaarheid>.
- Mayer, S., Wiesmeier, M., Sakamoto, E., Hübner, R., Cardinael, R., Kühnel, A., & Kögel-Knabner, I. (2022). Soil organic carbon sequestration in temperate agroforestry systems – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 323. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107689>
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). 29 *Total Carbon, Organic Carbon, and*

- Organic Matter. From Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties - Agronomy Monograph no. 9. (2nd Edition). ASA-SSA.*
- Pardon, P., Reubens, B., Mertens, J., Verheyen, K., de Frenne, P., de Smet, G., van Waes, C., & Reheul, D. (2018). Effects of temperate agroforestry on yield and quality of different arable intercrops. *Agricultural Systems*, 166, 135–151. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.08.008>
- Poeplau, C., & Don, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops - A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.024>
- Raes D., Steduto P., Hsiao T.C., Fereres E. 2017. AquaCrop Version 6. Reference manual
- RRES. (2012). *Dataset: Hoosfield soil organic carbon content. Rothamsted Research archive data. Beschikbaar op <http://www.era.rothamsted.ac.uk/dataset/rhb2/01-HBSOC1852>.*
- Shrestha, R., Di, L., Yu, E. G., Kang, L., Shao, Y., & Bai, Y. (2017). Regression model to estimate flood impact on corn yield using MODIS NDVI and USDA cropland data layer. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(2), 398–407. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61502-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61502-2)
- Smolders, F., & van Kempen, M. (2015). Azolla: Van plaagsoort tot groenproduct. *Vakblad Natuur Bos Landschap*, 31–33.
- Swerts, M., & Vandekerckhove, L. (2015). *Haalbaarheid en effectiviteit randvoorwaarden erosie. Eindrapport expertengroep evaluatie beheereisen randvoorwaarden erosie. Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, Brussel. 99 pp.*
- Tiefenbacher, A., Sandén, T., Haslmayr, H.-P., Miloczki, J., Wenzel, W., & Spiegel, H. (2021). Optimizing Carbon Sequestration in Croplands: A Synthesis. *Agronomy*, 11, 882. <https://doi.org/10.3390/agronomy110>
- Tits, M., Elsen, F., Coussement, T., Devenyns, D., Elsen, A., Bries, J., & Vandendriessche, H. (2015). Integrale aanpak van waterkwaliteits- en kwantiteitsverbetering van de Horstgaterbeek en de Lossing in de omgeving van ruilverkaveling Molenbeersel rekening houdend met een mogelijk irrigatieproject. Bodemkundige Dienst van België vzw.
- Tits, M., Elsen, A., Deckers, S., Bries, J., & Vandendriessche, H. (2020). *Bodemvruchtbaarheid van de Akkerbouw- en weilandpercelen in België en Noordelijk Frankrijk (2016-2019). Publicatie van de Bodemkundige Dienst van België. 235 pp.*
- Tits, M., & Lammens, B. (2018). *Koester de Koolstof_Inhoudelijk Eindrapport (PDPO Leaderproject), Bodemkundige Dienst van België, Eco² agrobeheercentrum, 27p.*
- vanden Nest, T., Vandecasteele, B., Ruysschaert, G., Cougnon, M., Merckx, R., & Reheul, D. (2014). Effect of organic and mineral fertilizers on soil P and C levels, crop yield and P leaching in a long term trial on a silt loam soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 197, 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.07.019>
- vanden Nest, T., van de Sande, T., de Boever, M., Dekeyser, D., & Ruysschaert, G. (2019). *ILVO Mededeling 257 Brongerichte erosiebestrijdingstechnieken bij groenten en maïs.*
- Van Ranst, E., & Sys, C. (2000). Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen. Universiteit Gent.
- Vervoort, L., Tits, M., Vancampenhout, K., & van de Ven, G. (2020). *Van houtkant*

tot in de bodem Praktijkgids. Praktijkgids in kader van het project Koester de Kempense Koolstof, uitgevoerd door Boerennatuur Vlaanderen, Bodemkundige Dienst van België, Hooibeeekhoeve en KU Leuven Campus Geel, met de financiële steun van LEADER Kempen Oost en de gemeenten Balen, Oud-Turnhout, Ravels en Retie. www.vlaanderen.be/pdpo

Weterhof, R. (n.d.). *Factsheet natte teelten. Nationaal kennisprogramma bodemdaling.*

