

HERKOMST VAN BEEKSLIB IN VIER STROOMGEBIEDEN

Een verkennende systeemanalyse als onderdeel
van het Kennisimpuls-project Grip op Slib

▶▶ KIWK 2021-02



▶▶ KIWK IN HET KORT

In de Kennisimpuls Waterkwaliteit werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstututen aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Kennisimpuls Waterkwaliteit. Beter weten wat er speelt en wat er kan.

▶▶ COLOFON

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research
in opdracht van en gefinancierd door de 'Kennisimpuls Waterkwaliteit' (KIWK)

Wageningen, januari 2021

Auteurs Luuk van Gerven & Harry Massop (Wageningen Environmental Research)

Begeleidingscommissie Bastiaan van Zuidam (Waterschap Rijn en IJssel), Peter-Paul Schollema (Waterschap Hunze en Aa's), Iris van der laan (Waterschap De Dommel), Gertie Schmidt (Waterschap Vechtstromen), Peter van Beers (WaterschapVallei en Veluwe), Bert Knol (Waterschap Vechtstromen), Ineke Barten (Waterschap De Dommel), Carlo Rutjes (Waterschap Aa en Maas), Bart Brugmans (Waterschap Aa en Maas), Arjan Verhoeff (Waterschap Drents Overijsselse Delta), John Lenssen (Waterschap Rijn en IJssel), Rients Hofstra (Prolander), Rikje van de Weerd (Rechobot), Tim Termaat (De Bosgroepen), Uko Vegter (Drents landschap), Bas van der Wal (STOWA), Wim Wiersinga (OBN/VBNE), Fons Smolders (B-WARE), Roos Loeb (B-WARE), Gertie Arts (WUR)

Vormgeving Shapeshifter.nl | Utrecht

STOWA-rapportnummer 2021-02

ISBN 978.90.5773.926.2

Copyright De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding.
De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar.

Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteur(s) en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

Van Gerven, L.P.A., H.T.L. Massop, 2021. Herkomst van beekslib in vier stroomgebieden; Een verkennende systeemanalyse als onderdeel van het Kennisimpuls-project Grip op Slib. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Kennisimpuls Waterkwaliteit Rapport 2021-02.

De kwaliteit van de waterbodem is van invloed op de ecologische kwaliteit van beken. Als beekslib een goede ecologische kwaliteit in de weg staat, dan is het belangrijk om te weten hoe het slib zich vormt en waar het vandaan komt. Dit biedt namelijk handvatten voor het tegengaan van overmatige slibaanwas en het zo ecologisch gezonder maken van beeksystemen. In dit rapport wordt de herkomst van slib geanalyseerd in vier beeksystemen: het Gasterensche Diep, de Eefse Beek, de Tongelreep en de Lage Raam. Op basis van gebiedskenmerken is bepaald welke bronnen waar en wanneer een bijdrage leveren aan het beekslib. Gekeken is naar bronnen vanuit het omringende land zoals bodemerrosie door water en/of wind, naar externe slibbronnen zoals inlaatwater en riooloverstorten, maar ook naar lokale bronnen in de beek zelf zoals detritus, ijzerrijke kwel en oeverafkalving.

Trefwoorden Slib, sediment, beken, bodemerrosie, winderosie, watererosie, oeverafkalving.

▶▶ TEN GELEIDE

De waterkwaliteit is de afgelopen jaren verbeterd in veel Nederlandse beken. Toch blijft de vestiging van gewenste waterplanten vaak uit en hebben veel beken te maken met woekering van ongewenste soorten. In het project 'Grip op Slib' (2019 t/m 2021) werken het kennisnetwerk 'Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN)' en de Kennisimpuls Waterkwaliteit, onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater, samen. Twee hoofdvragen staan centraal: 1) wat is de herkomst van het slib in de beken?, en 2) is de samenstelling en de kwaliteit van dit slib beperkend voor de groei van waterplanten?

Dit rapport gaat in op het eerstgenoemde aspect. De herkomst van beekslib is in kaart gebracht voor vier beeksystemen, namelijk voor het Gasterensche Diep, de Eefse Beek, de Tongelreep en de Lage Raam. De slibherkomst is geanalyseerd op stroomgebiedsniveau, aan de hand van gebiedskenmerken, modelberekeningen, meetgegevens van de waterschappen en uit openbaar kaartmateriaal.

De zo opgedane kennis over de herkomst van het slib geeft de waterbeheerder handvatten om maatregelen te benoemen die de aanvoer van slib kunnen verminderen. Dit alles met het oog op het verder verbeteren van de ecologische kwaliteit van de beken.

▶▶ SAMENVATTING

De waterkwaliteit is de afgelopen jaren verbeterd in veel Nederlandse beken. Toch blijven de gewenste waterplanten vaak uit en hebben veel beken te maken met woekering van ongewenste soorten. Het project 'Grip op Slib' (2019 t/m 2021) onderzoekt of dit komt door de (beperkte) kwaliteit van de waterbodem, en hoe deze waterbodem tot stand komt. Dit rapport gaat in op het laatstgenoemde aspect en brengt de herkomst van beekslib in kaart voor vier beeksystemen, namelijk voor het Gasterensche Diep, de Eefse Beek, de Tongelreep en de Lage Raam. De slibherkomst is geanalyseerd op stroomgebiedsniveau, aan de hand van gebiedskenmerken die volgen uit model- en meetgegevens van het waterschap en uit openbaar kaartmateriaal.

De resultaten laten zien dat de bijdrage van de verschillende slibbronnen behoorlijk verschilt tussen de beeksystemen. Zo zijn de landbouw-beïnvloede stroomgebieden van de Eefse Beek en de Lage Raam gevoeliger voor sedimentaanvoer van het omringende land (via water- en winderosie van vooral kale akkerbouwpercelen) dan de meer natuurlijke stroomgebieden van de Tongelreep en het Gasterensche Diep. In deze laatstgenoemde meer meanderende en sneller stromende beken is de invloed van oeverafkalving groter, gerelateerd aan natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen. In de Eefse Beek en de Lage Raam dragen afgestorven waterplanten meer bij aan slibvorming, vooral in rechtgetrokken onbeschaduwde gestuwde delen die gevoelig zijn voor woekering van planten. De invloed van kwel en daaraan gerelateerd ijzerrijk sediment is het grootst in het Gasterensche Diep, al kan het beekslib ook rijk zijn aan ijzer in gebieden met weinig kwel maar met een ijzerrijke landbodem zoals het geval is in de Eefse Beek en de Lage Raam. De aanvoer van extern of buitenlands slib speelt vooral in de Eefse Beek (met inlaat van gebiedsvreemd water vanuit het Twentekanaal) en de Tongelreep (met bovenstroomse aanvoer van water vanuit België via de Warmbeek die in de zomer vaak wordt gevoed met gebiedsvreemd kanaalwater).

Niet alleen tussen de beeksystemen maar ook binnen het beekstelsel kan de herkomst van slib sterk verschillen. De verschillen zijn groter naarmate het stroomgebied heterogener is qua gebiedskenmerken zoals inrichting, bodemtype, kwel en landgebruik. Van de onderzochte beken is de Tongelreep in veel opzichten het meest heterogeen. Zo zijn de slibbronnen waarschijnlijk anders in delen waar de Tongelreep door het bos stroomt in vergelijking met delen waar de Tongelreep is omgeven door een open (landbouw)landschap. Dit uit zich bijvoorbeeld in de bijdrage van detritus aan het beekslib, omdat detritus in het bos-deel naar verwachting vooral bestaat uit bladval en dood hout en in het open landschap-deel voornamelijk zal bestaan uit afgestorven waterplanten.

De in deze studie verkregen inzichten over het belang en de locatie van de verschillende slibbronnen worden gebruikt voor de in 2020 geplande veldcampagne. Deze campagne richt zich op het meten van samenstelling van het beekslib in relatie tot de samenstelling van potentiële slibbronnen. De in dit rapport beschreven potentiële hotspots van slibbronnen helpen bij het bepalen van de juiste meetlocaties. Deze metingen creëren, in aanvulling op dit rapport, een nog beter en kwantitatiever beeld van de herkomst van slib. De zo opgedane kennis over de herkomst van het slib geeft de waterbeheerder handvaten om maatregelen te selecteren die de aanvoer van slib kunnen verminderen. Dit alles met het oog op het verder verbeteren van de ecologische kwaliteit van de beken.

▶▶ INHOUD

	Kennisimpuls Waterkwaliteit in het kort	2
	Ten geleide	4
	Samenvatting	5
1	INLEIDING	8
1.1	Scope, kennisvragen en aanpak van ‘Grip op Slib’	8
1.2	Scope, kennisvragen en aanpak van dit deelrapport	9
1.3	Leeswijzer	10
2	METHODE	11
2.1	Watersysteem	12
2.2	Externe bronnen	12
2.3	Detritus	12
2.4	IJzerrijke kwel	13
2.5	Winderosie	14
2.6	Watererosie	14
3	GASTERENSCHIE DIEP	19
3.1	Watersysteem	19
3.2	Externe bronnen	22
3.3	Detritus	22
3.4	IJzerrijke kwel	23
3.5	Winderosie	24
3.6	Watererosie	25
4	EEFSE BEEK	28
4.1	Watersysteem	28
4.2	Externe bronnen	29
4.3	Detritus	31
4.4	IJzerrijke kwel	32
4.5	Winderosie	33
4.6	Watererosie	34

5	TONGELREEP	37
5.1	Watersysteem	37
5.2	Externe bronnen	38
5.3	Detritus	40
5.4	IJzerrijke kwel	42
5.5	Winderosie	43
5.6	Watererosie	43
6	LAGE RAAM	45
6.1	Watersysteem	45
6.2	Externe bronnen	47
6.3	Detritus	49
6.4	IJzerrijke kwel	51
6.5	Winderosie	53
6.6	Watererosie	53
7	SYNTHESE EN DOORKijk	55
7.1	Belang van slibbronnen in de vier beeksystemen	56
7.2	Hotspots van slibherkomst met oog op veldcampagne	58
	LITERATUUR	62

►► 1 INLEIDING

1.1 Scope, kennisvragen en aanpak van 'Grip op Slib'

Scope

De waterkwaliteit is de afgelopen jaren verbeterd in veel Nederlandse beken. De nutriëntengehaltes in het beekwater zijn gedaald en steeds meer beken voldoen aan de stikstof- en fosfornormen die gelden vanuit de Kaderrichtlijn Water. Toch blijven de gewenste waterplanten vaak uit en hebben veel beken te maken met woekering van ongewenste soorten. De vraag is hoe dat komt. Het project 'Grip op Slib' gaat hierop in. Het project loopt van 2019 t/m 2021 en bestaat uit een OBN-deel en een Kennisimpuls-deel. Het OBN-onderzoek richt zich via veld- en laboratoriumonderzoek op de standplaatsen van woeker- en doelsoorten en de relatie tussen de soortsaanstelling en de samenstelling van de waterbodem. Het Kennisimpuls-project kijkt naar mogelijke bronnen van het slib die binnen het stroomgebied aanwezig zijn. Kennis over de herkomst van het slib geeft de waterbeheerder namelijk handvaten om maatregelen te selecteren die de aanvoer van slib kunnen verminderen.

Kennisvragen

De belangrijkste vragen die dit Kennisimpuls-project wil beantwoorden zijn:

1. Waar in het stroomgebied bevinden zich welke slibbronnen?
2. Kunnen we de slibbronnen koppelen aan de karakteristieken van het slib in de beek zelf?
3. Kunnen de bron-karakteristieken worden gekoppeld aan de standplaats-karakteristieken die bepalend zijn voor de vegetatiesamenstelling?
4. Hoe kan maatregelenselectie worden vormgegeven gebruikmakend van kennis over de herkomst van slib?

FIGUUR 1.1

Ligging van de onderzochte stroomgebieden.



Aanpak

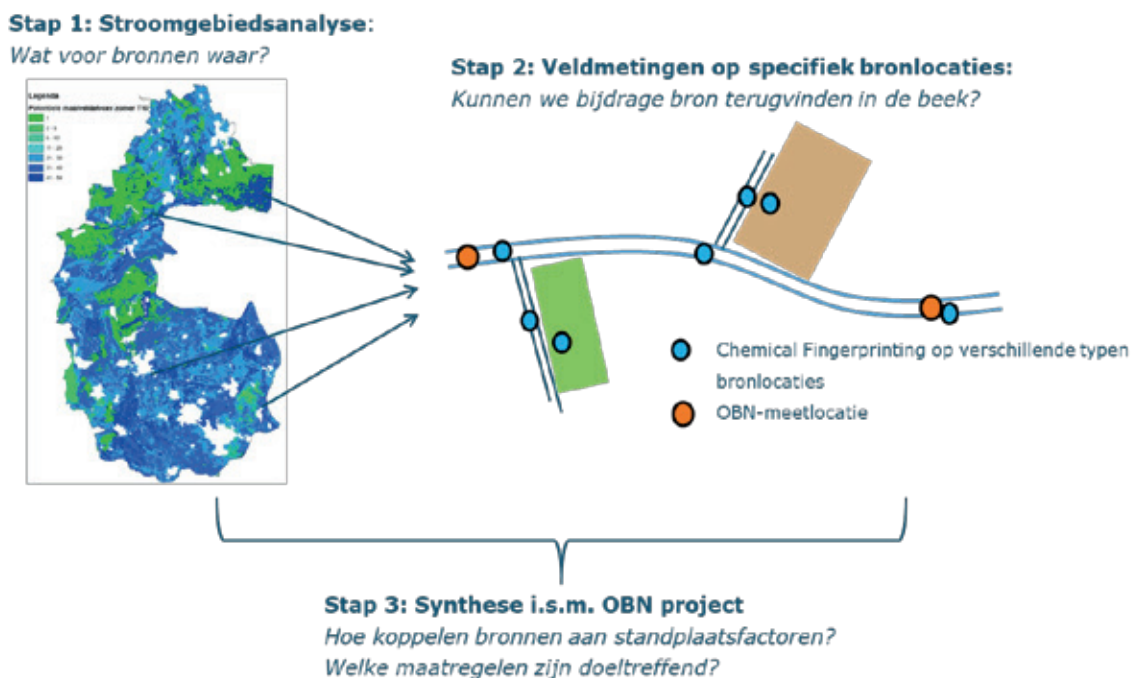
Het Kennisimpuls-project richt zich op vier beeksystemen die tevens worden onderzocht in het OBN-project. Dit zijn het Gasterensche Diep, de Eefse Beek, de Tongelreep en de Lage Raam (Figuur 1.1).

Om de kennisvragen te kunnen beantwoorden worden 3 stappen doorlopen (zie Figuur 1.2):

1. Stroomgebiedsanalyse (kennisvraag 1)
2. Veldmetingen op specifieke bronlocaties (kennisvraag 2)
3. Synthese i.s.m. het OBN-project (kennisvraag 3 en 4)

FIGUUR 1.2

Werkwijze die wordt gehanteerd in dit Kennisimpuls-project.



1.2 Scope, kennisvragen en aanpak van dit deelrapport

Scope en kennisvragen

Dit rapport vormt het eerste deelrapport van het Kennisimpuls-project en beschrijft de stroomgebiedsanalyse (stap 1). Deze stroomgebiedsanalyse gaat in op kennisvraag 1: Waar in het stroomgebied bevinden zich welke potentiële bronnen van beekslib?

Aanpak

Om te kunnen onderzoeken waar het slib in de beek vandaan komt, is het belangrijk om eerst de potentiële bronnen van slib op een rij te zetten. De belangrijkste sedimentbronnen zijn:

- Extern slib, bijvoorbeeld slib in RWZI-effluent of slib in ingelaten gebiedsvreemd water.
- Autigeen slib - slib dat is gevormd in de beek zelf:
 - Organisch van aard (zoals detritus afkomstig van bladval en afgestorven waterplanten).
 - Anorganisch van aard (zoals geflocculeerd ijzerhoudend sediment, kenmerkend voor beken met ijzerrijke kwel).

- Bodemerosie van het omringende land, via:
 - Winderosie, via verstuiving van het land, voornamelijk voorkomend in gebieden met een open landschap en geringe plantenbedekking (zoals akkerbouwgebieden).
 - Watererosie, via oppervlakkige afstroom van water, voornamelijk voorkomend in hellende gebieden met geringe plantenbedekking, en op gronden met geringe infiltratiecapaciteit.
- Oeverafkalving, erosie van aanliggende (steile) oevers door water, wind of vertrapping.
- Verweking van de onderliggende waterbodem.

In dit rapport analyseren we of bovenstaande slibbronnen een rol van betekenis spelen voor de vier beeksystemen waar deze studie zich op richt. Dat doen we op basis van beschikbare kenmerken en kaartmateriaal van de vier stroomgebieden. Het gaat om een eerste verkennende stap, om het belang van de slibbronnen kwalitatief in beeld te brengen; spelen ze wel of niet een rol, in welke mate en zijn er hotspots aan te wijzen binnen het stroomgebied. Deze informatie wordt vervolgens gebruikt in stap 2 van het project (veldmetingen op specifieke bronlocaties) voor het selecteren van geschikte meetlocaties. Deze metingen hebben als doel om de verschillende slibbronnen te kunnen kwantificeren, als vervolgstap op deze verkennende systeemanalyse.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport gaan we allereerst in op de methode die is gebruikt om de verschillende potentiële slibbronnen in kaart te brengen (Hoofdstuk 2). Daarna volgen de resultaten per stroomgebied, voor het Gasterensche Diep (Hoofdstuk 3), de Eefse Beek (Hoofdstuk 4), de Tongelreep (Hoofdstuk 5) en de Lage Raam (Hoofdstuk 6). In deze hoofdstukken wordt in de eerste paragraaf het watersysteem van de betreffende beek beschreven, en gaan de vervolgpargrafen in op de potentiële slibbronnen. Het rapport sluit af met een synthese (Hoofdstuk 7). De synthese bevat een samenvattende tabel met het belang van de verschillende slibbronnen. Deze tabel geeft per stroomgebied kwalitatief aan hoe groot de te verwachten bijdrage van een bepaalde bron aan het beeksediment is. Daarnaast geven we een korte doorkijk naar het vervolg van het 'Grip op Slib' project. Over hoe deze verkennende systeemanalyse kan worden ingezet voor het selecteren van de juiste meetlocaties in de veldmetingen (2020) naar de samenstelling van het beekslib in relatie tot de samenstelling van potentiële slibbronnen.

▶▶ 2 METHODE

Dit hoofdstuk gaat in op de analysestappen die per stroomgebied zijn uitgevoerd om de verschillende slibbronnen in kaart te brengen (Tabel 2.1). In de volgende paragrafen wordt de gehanteerde methodiek per analysestap nader toegelicht. Van de lijst van mogelijke slibbronnen (zie paragraaf 1.2) zijn twee slibbronnen niet nader toegelicht in dit hoofdstuk, namelijk 'oeverafkalving' en 'verweking van de onderliggende waterbodem'. De reden hiervoor is dat beide slibbronnen vaak zeer lokaal van aard zijn en/of lastig in kaart te brengen zijn met de beschikbare stroomgebiedsdata. Wel gaan we in de synthese (Hoofdstuk 7) kort in op de kans op oeverafkalving en verweking in de verschillende beeksystemen. Het daadwerkelijke belang van deze en de andere slibbronnen zal blijken uit de in 2020 geplande meetcampagne in het kader van de 'Grip op Slib'. In deze meetcampagne is er tevens meer aandacht voor de chemische signatuur en/of kwaliteit van de slibbronnen, zoals de nutriënten-rijkdom van het slib. Ook kan dan worden onderzocht of er meer slib ligt nabij belangrijke slibbronnen.

TABEL 2.1

Omschrijving van analysestappen die per stroomgebied zijn uitgevoerd, inclusief de sedimentbron (zie paragraaf 1.2) waarop de analysestap betrekking heeft.

Analysestap	Omschrijving	Sedimentbron
Watersysteem	In kaart brengen van het stroomgebied van de beek. Waar komt het water in de beek vandaan? Wat zijn de belangrijkste zijlopen/bovenlopen en wordt er gebiedsvreemd water ingelaten? Naast het watersysteem wordt ook het landgebruik, bodemtype en reliëf weergegeven.	
Externe bronnen	In kaart brengen van eventuele externe bronnen van slib, bijvoorbeeld door RWZI's, riooloverstorten of inlaat van gebiedsvreemd of buitenlands water.	Extern slib
Detritus	Bepalen in hoeverre detritus via bladval en afgestorven waterplanten een sedimentbron is.	Organisch autigeen slib
IJzerrijke Kwel	In kaart brengen van eventuele ijzerrijke kwel in beek/stroomgebied via beschikbare kwelkaarten en gegevens over het ijzergehalte van het kwelwater. Ook is gekeken naar de aanwezigheid van ijzerafzettingen in de landbodem.	Anorganisch autigeen slib
Winderosie	Bepalen in hoeverre het omringende land gevoelig is voor verstuiving, naar gelang de openheid van het landschap, type gewas en bodemsoort.	Bodemerosie omringende land
Watererosie	Bepalen in hoeverre het omringende land gevoelig is voor oppervlakkige afstroom van regenwater over het land naar de beek, en de bodemerosie die hiermee gemoeid is, naar gelang de kans op piekbuien, het bodemtype, het landgebruik en de helling van het omringende land.	Bodemerosie omringende land

2.1 Watersysteem

Per beek is in kaart gebracht waar het water vandaan komt. Dit op basis van Waterschaps-data over de ligging van het stroomgebied, de waterlopen en de eventuele locaties waar gebiedsvreemd water wordt ingelaten. Ook is gekeken naar landgebruik, bodemtype en hoogteverschillen binnen het stroomgebied. Met deze informatie zijn de beek en diens stroomgebied in het kort gekarakteriseerd.

Voor elke beek is het gehele stroomgebied beschouwd; het gehele vanggebied inclusief bovenlopen dat bijdraagt aan water en sediment in de beek. De analyse van potentiële slibbronnen heeft dan ook betrekking op het gehele stroomgebied. Uitzondering is de slibbron detritus waarvoor alleen is gekeken naar de beekloop zelf, en niet naar het gehele vanggebied. Van de stroomgebieden richt alleen de analyse van de Tongelreep zich niet op het gehele stroomgebied. De bovenloop van de Tongelreep (Warmbeek) ligt namelijk in België en gegevens misten om dit Belgische deel van het stroomgebied mee te nemen in de analyse. De aanvoer van water en sediment vanuit België via de Warmbeek is daarom beschouwd als 'externe' bron, terwijl het feitelijk gaat om gebiedseigen water. Het kan wel een externe bron zijn wanneer het vanuit de Warmbeek aangevoerde water en sediment afkomstig is van ingelaten gebiedsvreemd kanaalwater, zoals in de zomer het geval kan zijn.

2.2 Externe bronnen

Beekslib kan afkomstig zijn van externe bronnen. Denk dan aan slib dat wordt aangevoerd vanuit bebouwd gebied via riooloverstorten, rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) of via inlaat van gebiedsvreemd water. Per stroomgebied is in kaart gebracht of bovengenoemde bronnen aanwezig zijn en hoe groot ze zijn. Zoals aangegeven in de vorige paragraaf is de buitenlandse wateraanvoer van de Tongelreep via de Warmbeek ook noodgedwongen betiteld als 'externe' bron, terwijl het feitelijk geen externe bron is.

Riooloverstorten en RWZI's

Per beeksysteem is geanalyseerd hoeveel overstorten er in het stroomgebied zijn en waar ze liggen. Voor RWZI's was geen verdere analyse nodig, omdat de onderzochte stroomgebieden geen RWZI's herbergen. Alleen het water van de Tongelreep wordt beïnvloed door RWZI-effluent. Deze RWZI ligt echter in het Belgische deel van het stroomgebied. Omdat water vanuit het Belgische stroomgebied in deze studie is aangemerkt als 'inlaatwater', is de RWZI niet expliciet geanalyseerd en zit de bijdrage van de RWZI verdisconteerd in het 'inlaatwater'. IBA-systemen (individuele behandeling afvalwater) kunnen net als riooloverstorten en RWZI's een bron zijn van (stedelijk) slib, maar zijn niet beschouwd in deze studie.

Inlaat van gebiedsvreemd water

Per beeksysteem is geanalyseerd hoeveel, waar en wanneer er gebiedsvreemd water wordt ingelaten. De invloed van dit inlaatwater op de slibhuishouding in de beek is bepaald door te kijken naar het debiet en het zwevend-stof-gehalte van het inlaatwater, in vergelijking met debiet en zwevende stof van het beekwater bij het uitstroompunt. Dit is gedaan met meetgegevens die zijn aangeleverd door het Waterschap. De zwevend-stof-gehalten geven een beeld van eventueel slibtransport. Het gaat echter om een zeer grof beeld omdat het zwevend-stof gehalte vaak hooguit eens per maand wordt gemeten, terwijl het zwevend-stof-gehalte sterk kan variëren binnen een maand.

2.3 Detritus

Detritus kan een grote bijdrage leveren aan beekslib. De belangrijkste potentiële bronnen van detritus zijn afgestorven (water)plantresten en bladval van bomen. Om te bepalen of deze bronnen een rol van betekenis spelen is per stroomgebied gekeken naar het voorkomen van (water)planten in en langs de beek en het aantal bomen langs de beek. Deze analyses richten zich alleen op de beek zelf, en niet op bovenlopen of zijlopen.

Afgestorven planten

Het voorkomen van water- en oeverplanten is afgeleid uit gegevens van het Waterschap. Het betreft meetgegevens of expert judgement. Gekeken is naar het totale voorkomen van planten, ongeacht de soort. Deze abundantie is uitgedrukt in een bedekkingspercentage. Tevens is het maaibeheer geanalyseerd, zoals aangeleverd door het Waterschap. Intensief

maaieren van talud en beekprofiel stimuleert namelijk de aanwas van nieuwe planten en vergroot daarmee de kans op detritus, tenminste er van uitgaande dat het maaisel niet of beperkt wordt afgevoerd. Qua planten is vooral gekeken naar ondergedoken (submerse) waterplanten zoals waterpest, grof hoornblad of fonteinkruiden, omdat deze naar verwachting het meest bijdragen aan het beeksediment. Daar waar gegevens van andere planten beschikbaar waren (oeverplanten, drijvende planten, etc.) zijn deze ook meegenomen in de analyse.

Bladval

Aan de hand van luchtfoto's en een ongefilterde AHN2 hoogtekaart is bepaald welk percentage van de beekloop is omringd door bomen. Hoe groter dit percentage, hoe groter de kans dat bladval en dood hout bijdragen aan de vorming van beeksediment. Deze analyse geeft niet alleen inzicht in de kans op bladval maar ook op de potentiële abundantie van waterplanten; hoe meer bomen, hoe meer beschaduwing en hoe minder licht voor waterplanten om zich te kunnen ontwikkelen. Zo komen er in een beekloop in bosgebied meestal veel minder waterplanten voor dan in een loop in open landschap.

2.4. IJzerrijke kwel

Beekslib bevat soms veel ijzer. Dit kan voorkomen als de beek veel ijzerrijke kwel ontvangt en/of wanneer de landbodem veel ijzer bevat. Daarom is per beekstelsysteem gekeken naar het voorkomen van kwel in combinatie met het ijzergehalte van het grondwater. Daarnaast is gekeken naar de aanwezigheid van ijzerafzettingen in de landbodem. Dit alles geeft een idee van de kans op ijzerrijk beekslib. Het gaat echter om een zeer grove indicatie omdat er vaak grote lokale verschillen zijn in ijzerrijke kwel en het voorkomen van ijzer in de bodem, o.a. afhankelijk van de stroombanen waarlangs het grondwater zich een weg baant naar de beek. Dergelijke lokale verschillen zijn moeilijk te identificeren met de hier gebruikte methodiek, namelijk modelgegevens over het voorkomen van kwel, puntmetingen van het ijzergehalte van grondwater op verschillende dieptes, en bodemkarteringen met gegevens over de aanwezigheid van ijzer. Veldbezoek en veldmetingen, zoals gepland in 2020, vertellen meer over het daadwerkelijke voorkomen van ijzerhoudend beekslib. Dan kan gekeken worden naar ijzer-indicatoren zoals roodgekleurde ijzerafzettingen en ijzerfilms.

Voorkomen van kwel en wegzijging

Per stroomgebied is het voorkomen van kwel en wegzijging bepaald. Hiervoor zijn kwelkaarten opgevraagd bij het Waterschap, waarbij gevraagd is om kaarten die de kwelflux geven vanuit het eerste watervoerende pakket naar het freatisch pakket. Deze kwelkaarten volgen uit berekeningen met grondwatermodellen. Daarnaast is gekeken naar gemeten beekafvoeren. De watervoerendheid van een beek in droge periodes geeft namelijk een beeld van de aanwezigheid van kwel. Zo zal een beekstelsysteem met veel kwel het hele jaar door watervoerend zijn omdat de kwelstroom zorgt voor een bepaalde baseflow, en zal een beek zonder diepe kwel droogvallen in droge periodes. Dit geldt althans in een natuurlijke setting zonder inlaat van gebiedsvreemd water ter voorkoming van droogval.

Ijzergehalte van het kwelwater

Het ijzergehalte van het grondwater is afgeleid uit beschikbare grondwaterkwaliteitsmetingen in het DINO-loket (<https://www.dinoloket.nl>). Dit loket bevat een landelijke database met peilbuismetingen van o.a. provincies, gemeenten en waterschappen. Meestal gaat het om grondwaterstandmetingen, maar in sommige peilbuizen is ook de grondwaterkwaliteit gemeten. In deze studie zijn kwaliteitsmetingen gebruikt uit de periode 1980-2019. De in deze periode gemeten ijzergehaltes zijn weergegeven als boxplot, per peilbuis en per meetdiepte. Het is lastig om te bepalen welke meetdiepte het meest representatief is voor de kwaliteit van het (diepe) kwelwater. Dit hangt onder andere af van de dikte en ligging van het freatisch pakket, de scheidende lagen (aquitards) en de watervoerende pakketten (aquifers).

Kartering van ijzerrijke bodems

Het voorkomen van ijzer in de bodem is afgeleid uit twee verschillende bronnen: de 1:50.000 bodemkaart uit 2006, en de geologische kartering van P. Tesch uit de jaren '20 en '30 van de vorige eeuw (uit Wagenings archief, via Harry Massop). De bodemkaart geeft namelijk informatie over het voorkomen van ijzer in de bovenste 120 centimeter van de bodem. De geologische kaart geeft informatie over het voorkomen van ijzeroer in de bovenste meters van de bodem. Dit ijzeroer komt onder andere voor in de vorm van korrels, klompen en samenhangende platen.

2.5 Winderosie

Harde wind kan zorgen voor het verstuiven van landbodems en vormt daarmee een potentiële bron van beekslib (Figuur 2.1). De kans op winderosie neemt toe naarmate het land gevoeliger is voor verstuiving. De stuifgevoeligheid hangt onder andere af van het lutum- en leemgehalte van de bouwvoor en de mate waarin de grond is bedekt of begroeid. De kans op verstuiving is groter naarmate de grond kaler is en minder lutum en leem bevat. Zo staan de Veenkoloniën in Groningen en Drenthe bekend om hun stuifgevoelige gronden.

In deze studie is de stuifgevoeligheid van de vier stroomgebieden afgeleid met de landelijke verstuivingsrisico-kaart (Hackten Broeke *et al.* 2009). Deze kaart is gebaseerd op bodemtype en landgebruik. Eerst is met de 1:50.000 bodemkaart bepaald wat het lutum- en leemgehalte van de bouwvoor is. Aangenomen is dat de grond gevoelig is voor verstuiven als deze minder dan 3% lutum en minder dan 10% leem bevat (Ten Cate *et al.* 1995). Het zo verkregen verstuivingsrisico is vervolgens gecombineerd met de LGN5-landgebruikskaart. Hierbij is aangenomen dat verstuiving alleen een rol speelt bij (kale) akkerbouwgronden en niet bij grasland, natuur en stedelijk gebied. Dit geeft inzicht in de stuifgevoeligheid binnen het stroomgebied en het hieraan gerelateerde risico op winderosie. De volgende stuifgevoeligheidsklassen zijn onderscheiden: zeer laag (gras en natuur), gering (akkerbouw), matig (akkerbouw) en sterk (akkerbouw). De kans dat winderosie bijdraagt aan de vorming van beekslib neemt toe naarmate de stuifgevoelige gronden dichterbij de beek liggen.

FIGUUR 2.1

Voorbeeld van winderosie (foto: Hessel *et al.* 2011).



2.6 Watererosie

Er zijn twee methodes gebruikt om de kans op watererosie van het omringende land te bepalen:

- Berekening bodemerosie door maaiveldafvoer: Voor elk landbouwperceel in het stroomgebied is de kans op bodemerosie berekend. Dit is gedaan met de 'Universal Soil Loss Equation' (USLE) die de langjarig gemiddelde bodemerosie berekend, naargelang het gemiddelde weer, het bodemtype, het landgebruik en de helling van het omringende land. Het gaat om een grove inschatting: een langjarig gemiddelde dat geen rekening houdt met de variabiliteit in het weer

en met ruimtelijke verschillen binnen het perceel. Een betere inschatting kan worden verkregen via erosiemodellen zoals LAPSUS (Schoorl *et al.* 2002) en LISEM (De Roo *et al.* 1996) die bodemerosie in meer ruimtelijk en temporeel detail in kaart brengen. De toepassing van dergelijke modellen is echter tijdrovend en paste daarom niet binnen dit project.

- Berekening potentiële maaiveldafvoer: In aanvulling op bovenstaande methode is in meer detail gekeken naar de kans dat neerslag over het omringende land afstroomt naar de waterlopen. Waar bovenstaande methode kijkt naar het gemiddelde weer, kijkt deze methode naar het voorkomen van piekbuien per stroomgebied, en de kans dat dit regenwater tot afstroom komt, gezien de infiltratiecapaciteit van de bodem. Deze methode kijkt echter niet naar het transport van bodemdeeltjes in het afstromende water.

FIGUUR 2.2

Voorbeeld van bodemerosie door maaiveldafvoer.



Combinatie van de resultaten van beide methodes geeft een impressie van de kans op sedimentaanvoer via watererosie. In een vervolgonderzoek zou je de uitkomsten van beide methodes kunnen bundelen, bijvoorbeeld via een slim rekenkundig algoritme. Dat is nu niet gedaan, ook omdat de berekening van de bodemerosie niet gebiedsdekkend is, omdat voor nu alleen is gekeken naar de landbouwgebieden en niet naar de natuurgebieden (zie de alinea's op de volgende pagina).

Berekening bodemerosie door maaiveldafvoer

De Universal Soil Loss Equation (USLE) is een internationaal veel gebruikte vergelijking om de jaargemiddelde bodemerosiesnelheid A te berekenen (Renard *et al.* 1991):

$$A=R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (2.1)$$

Waarin

A	Jaargemiddelde bodemerosiesnelheid door oppervlakte-erosie (door uniforme stroming over bodemoppervlak) en rilerosie (door stroming via stroombanen). A zegt niets over watererosie via geulerosie, evenals bodemerosie door wind. Klimaat: 'rainfall erosivity' als maat voor eroderend vermogen van het weer	ton uur ⁻¹ jaar ⁻¹ MJ mm ha ⁻¹ uur ⁻¹ jaar ⁻¹
K	Bodem: 'soil erodibility' als maat voor kwetsbaarheid van bodem voor bodemerosie	ton ha ⁻¹
LS	Topografie: 'slope length gradient factor' afhankelijk van de helling en hellingslengte van het perceel	- -
C	Landgebruik: 'crop type & tillage factor' naar gelang gewastype en beheer	-
P	Management: 'support practice factor' die aangeeft hoe land wordt bewerkt	

De USLE is toegepast op alle landbouwpercelen binnen het stroomgebied. Stedelijk gebied en natuurgebied zijn buiten beschouwing gelaten omdat de kans op bodemerosie in deze gebieden erg klein is, gezien de beperkte erosiegevoeligheid van (natuurlijk) grasland, heide, bos en bebouwd/verhard oppervlak in vergelijking met landbouwpercelen. De ligging van de landbouwpercelen en hun gewas is overgenomen uit de BasisRegistratiePercelen (BRP) van 2018. Via GIS-analyses zijn de landbouwpercelen voorzien van bodemtype (1:50.000 bodemkaart), helling (op basis van hoogtekaart AHN2) en hellingslengte. Deze perceelskenmerken, in combinatie met het gewastype, zijn gebruikt om per perceel waarden voor **K**, **LS** en **C** te bepalen. Voor **K** en **C** zijn hiervoor invultabellen gebruikt (zie Stone & Hilborn, 2012). Voor de bepaling van **LS** is de volgende formule gebruikt (Stone & Hilborn, 2012):

$$LS=(0.065+0.0456 \cdot S+0.006541 \cdot S^2) \cdot (L/22.1)^{NN} \quad (2.2)$$

Waarin

		%
S	gemiddelde helling van het perceel	m
L	lengte van de helling (bepaald met GIS-analyse)	-
NN	factor die invloed van hellingslengte op LS bepaalt:	
	NN=0.2 voor $S < 1$	
	NN=0.3 voor $1 \leq S < 3$	
	NN=0.4 voor $3 \leq S < 5$	
	NN=0.5 voor $S \geq 5$	

Uit de formule kan worden afgeleid dat **LS** de waarde één heeft voor een perceel met een helling **S** van 9% en een hellingslengte **L** van 22.1m. **LS** en daarmee de bodemerosie is groter naarmate het perceel meer en langer helt, en is kleiner bij een kleinere en kortere helling.

Voor **P** is voor alle percelen een waarde van één aangenomen, die inhoudt dat het land niet volgens hoogtecontouren wordt bewerkt (Stone & Hilborn, 2012). De waarde voor **R** is overgenomen uit een studie naar de wereldwijde 'rainfall

erosivity' op basis van hoogfrequente en gedetailleerde neerslaggegevens (Panagos *et al.* 2017). **R** bedraagt 358 voor het stroomgebied van het Gasterensche Diep, is 349 voor de Eefse Beek, 431 voor de Tongelreep en 344 voor de Lage Raam.

De zo berekende bodemerosiesnelheid **A** is vertaald naar een watererosie-risicokaart. Per stroomgebied is aangegeven hoe groot de kans op bodemerosie is voor de ingelegende landbouwpercelen. [Tabel 2.2](#) geeft de hierbij gehanteerde bodemerosie-risicoklassen.

TABEL 2.2

Risico op bodemerosie door oppervlakkige afstroom, volgens Stone & Hilborn (2012), uitgebreid met de klasse 'extreem laag'.

Risicoklasse	Jaargemiddelde bodemerosiesnelheid A (ton uur ⁻¹ jaar ⁻¹)
extreem laag	$A < 3.5$
zeer laag	$3.5 \leq A < 6.7$
laag	$6.7 \leq A < 11.2$
middelmatig	$11.2 \leq A < 22.4$
hoog	$22.4 \leq A < 33.6$
zeer hoog	$A \geq 33.6$

Berekening potentiële maaiveldafvoer

Er zijn grofweg twee manieren waardoor regenwater over het maaiveld tot afvoer kan komen. Ten eerste kan dit door langdurige buien waarbij de bodem verzadigd raakt (zogenaamde 'Dunne flow') en ten tweede door piekbuien waarbij de bodem dichtslaat doordat er meer regen valt dan er kan infiltreren (zogenaamde 'Horton flow'; Horton, 1933). In Nederland komt 'Dunne flow' vooral voor in de winter, in gebieden met hoge grondwaterstanden. 'Horton flow' vindt vooral plaats tijdens heftige zomerbuien bij gronden met beperkte infiltratiecapaciteit. In deze studie richten we ons op 'Horton flow', omdat hier in korte tijd veel water mee gemoeid kan zijn, en dit water sediment mee kan nemen onderweg naar de waterloop en zodoende een bron kan zijn van beeksediment. Voor een mogelijk vervolgonderzoek verdient het een aanbeveling om nader te kijken naar sedimenttransport door 'Dunne flow', die lokaal een grote rol kan spelen. Bijvoorbeeld op natte gronden nabij de beek, met hoge grondwaterstanden, bijvoorbeeld door ondoorlatende lagen in de ondiepe ondergrond, zoals keileem (in het stroomgebied van het Gasterensche Diep) of potklei.

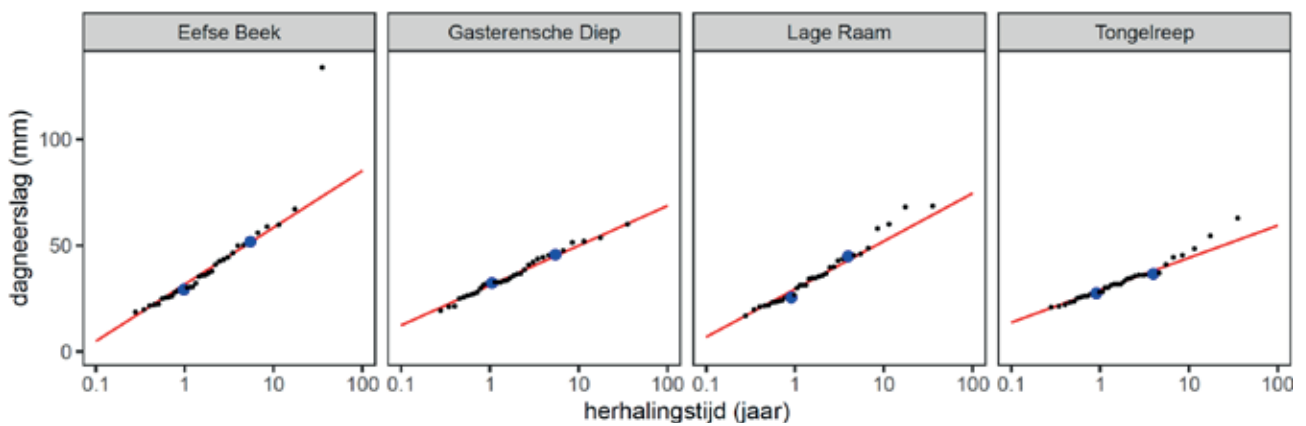
De methode waarmee de kans op oppervlakkige afvoer ('Horton flow') is bepaald is overgenomen van Massop *et al.* (2017). Op hoofdlijnen werkt de methode als volgt. Als eerste stap worden hevige zomerse piekbuien bepaald met KNMI-neerslaggegevens per uur. In deze studie is gekeken naar een T1 bui en een T5 bui. Dit zijn buien die gemiddeld eens per jaar (T1) of eens per 5 jaar (T5) voorkomen. De buien zijn bepaald door te kijken naar gesommeerde uur-neerslag over 24 uur in de zomerperiode (1 april tot 1 oktober), over een periode van 35 jaar ([Figuur 2.3](#)). Het neerslagverloop binnen de dag van de T1 en T5 buien is te zien in [Figuur 2.4](#). Als tweede stap is de infiltratiecapaciteit van de bodem bepaald door het bodemtype volgend uit de BOFEK2012 bodemkaart te koppelen aan een infiltratiecapaciteit (Massop *et al.* 2017). Als laatste stap is bepaald in hoeverre de uur-neerslag van de T1 bui en T5 bui kan infiltreren gezien de infiltratiecapaciteit van de bodem. Aangenomen is dat het teveel aan water dat niet kan infiltreren bijdraagt aan oppervlakkige afstroom. Deze hoeveelheden per uur zijn opgeteld tot een dagelijkse hoeveelheid die vervolgens ruimtelijk in kaart is gebracht, voor zowel de T1 bui als de T5 bui. Deze hoeveelheid kan in potentie via oppervlakkige afstroom in de waterlopen terecht komen.

De gehanteerde methode houdt geen rekening met berging van water in lokale depressies in het maaiveld (plasvorming) en met het daadwerkelijke pad dat het afstromend water aflegt (van hoog naar laag) richting de waterlopen. Ook houdt

de methode geen rekening met verdichting van de bodem door machines. In een mogelijk vervolgonderzoek zou de infiltratiecapaciteit van de bodem kunnen worden aangepast aan de hand van de landelijke ondergrondverdichtingskaart (Van den Akker *et al.* 2012). De gebruikte methode geeft desondanks een goede indicatie van de kans op oppervlakkige afstrom. Verdere details over de methode zijn terug te vinden in Massop *et al.* (2017).

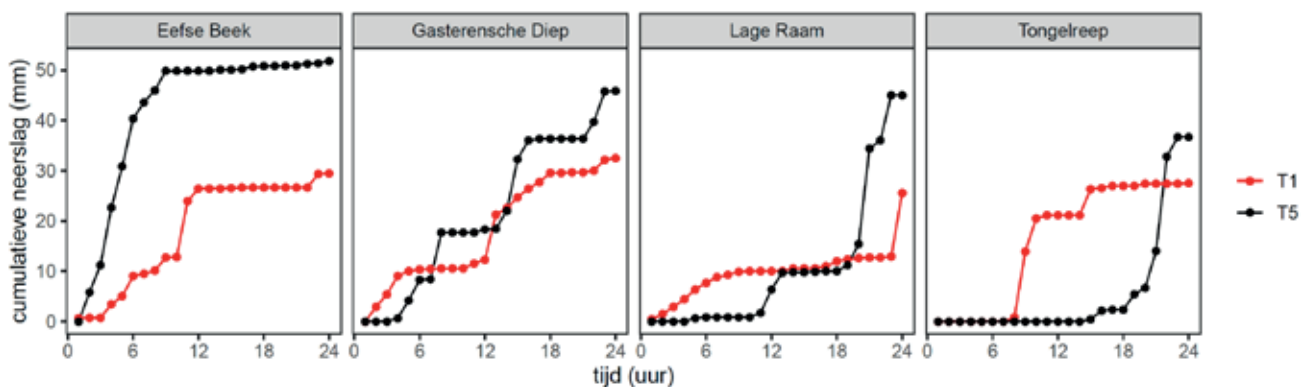
FIGUUR 2.3

Kans op hevige zomerbuien per stroomgebied, waarbij elk punt staat voor een maximale zomerbui in een bepaald jaar uit de periode 1985 t/m 2019. De blauwe punten geven per stroomgebied de T1 en T5 buien die zijn gebruikt om de kans op oppervlakkige afstrom in het stroomgebied te berekenen. Deze buien zijn weergegeven in Figuur 2.4. Per stroomgebied zijn neerslaggegevens van de volgende KNMI-stations gebruikt: Deelen (Eefse Beek), Eelde (Gasterensche Diep), Volkel (Lage Raam) en Eindhoven (Tongelreep). De rode lijn geeft de fit van de punten volgens een Gumble-verdeling.



FIGUUR 2.4

Neerslagverloop van de geselecteerde T1 bui en T5 bui in de verschillende stroomgebieden.



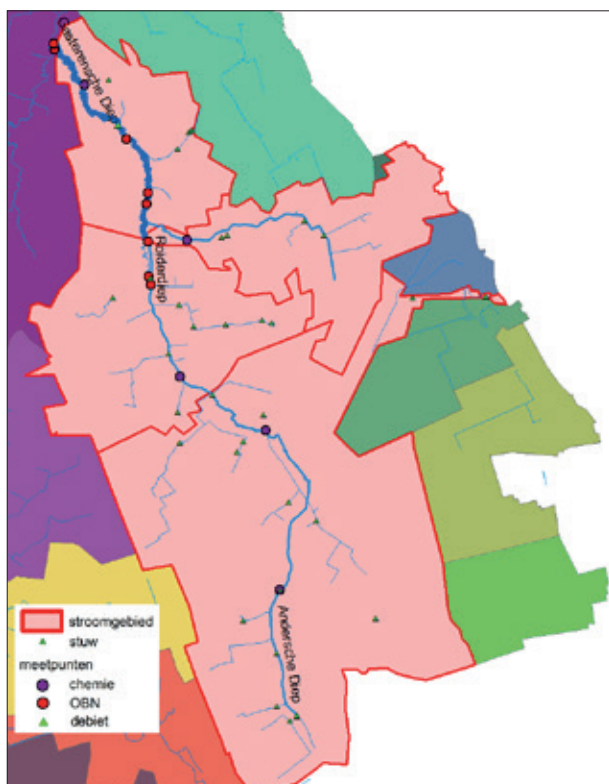
▶▶ 3 GASTERENSCHIE DIEP

3.1 Watersysteem

Het Gasterensche Diep is ongeveer 8 km lang en maakt deel uit van de oosttak van de Drentse Aa. De oosttak ontspringt als het Andersche Diep (bovenstrooms) en verandert onderweg van naam in het Rolderdiep (middenstrooms) en het Gasterensche diep (bedenenstrooms) om uiteindelijk samen te vloeien met de westtak van de Drentse Aa (Figuur 3.1). Het Scheebroekerloopje is de belangrijkste zijloop. In deze studie beschouwen we het gehele stroomgebied van de oosttak, omdat dit gehele gebied bijdraagt aan het water en sediment in het Gasterensche Diep.

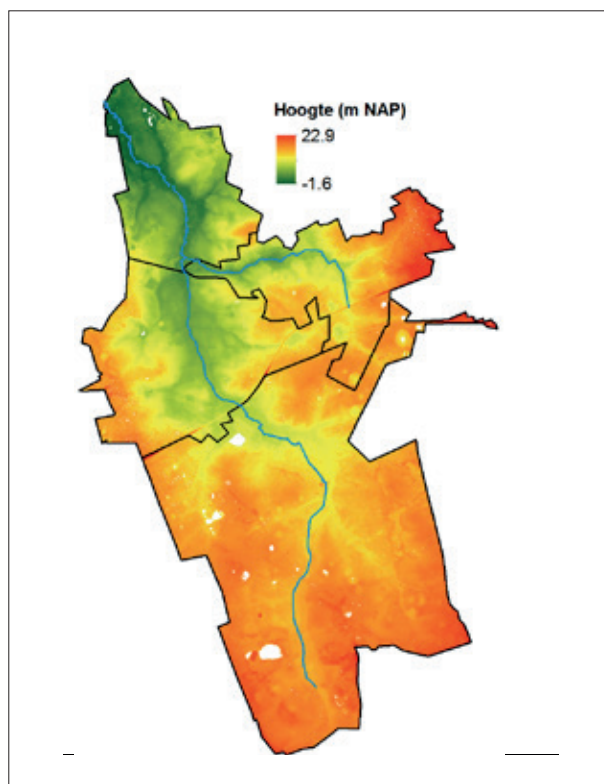
FIGUUR 3.1

Stroomgebied van de oosttak van de Drentse Aa, met ingelegene beken, stuwen en meetpunten.



FIGUUR 3.2

Hoogtekaart van het stroomgebied (bron: AHN2).



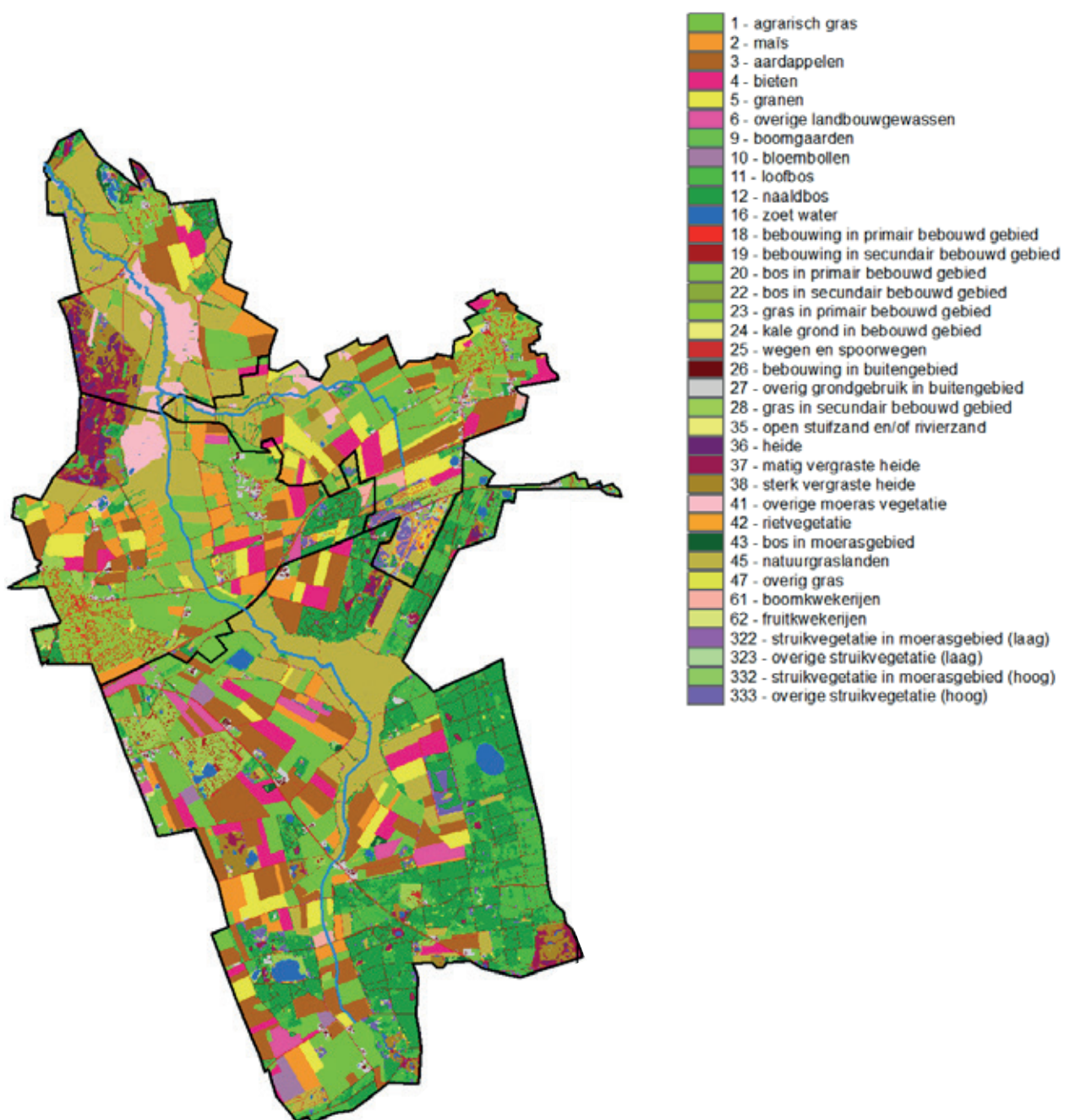
Het water stroomt overal onder vrij verval zoals is af te leiden uit de hoogtekaart (Figuur 3.2). Het Gasterensche Diep meandert door het landschap, terwijl het Rolderdiep en grote delen van het Andersche Diep in het verleden zijn rechtgetrokken en voorzien van stuwen. Inlaat van gebiedsvreemd water is niet aan de orde omdat de waterlopen zelfs in droge periodes watervoerend zijn. Dit komt door de kwelstroom vanuit de hoger gelegen Hondsrug aan de oostkant. De Hondsrug omvat onder andere de vier oostelijke vanggebieden in Figuur 3.1. Deze vanggebieden eindigen allemaal in zogenaamde zakputten waarin het water naar de bodem infiltreert en via grondwaterstromen uiteindelijk alsnog in de Drentse Aa belandt. Deze vanggebieden zijn niet beschouwd in deze studie, gezien hun indirecte bijdrage aan het water en sediment van het Gasterensche Diep.

Het gehele stroomgebied van de oosttak van de Drentse Aa heeft een oppervlak van 60 km². Qua landgebruik bestaat de helft uit natuur (47%), 40% uit landbouwgrond en 13% uit stedelijk gebied (Figuur 3.3). De beeklopen zijn vooral omringd door natuurgrasland (Gasterensche Diep), en soms door agrarisch gras (Rolderdiep) en/of akkerbouw (Andersche Diep).

De beeklopen zijn duidelijk terug te zien in de bodemkaart (Figuur 3.4). De beeklopen en het bijbehorende beekdal bestaan namelijk vooral uit moerige gronden en veengronden, terwijl het omringende land wordt gekenmerkt door zandgronden, veelal lemig of zwak lemig van aard.

FIGUUR 3.3

Landgebruik van het stroomgebied (bron: LGN2018).



FIGUUR 3.4

Bodemtype van het stroomgebied (bron: BOFEK2012).

Moerige gronden

- 203 Kleiarm veen op zandondergrond
- 205 Zanddek op moerige tussenlaag op zandondergrond

Veengronden

- 103 Kleiarme moerige bovengrond op veen met binnen 120 cm-mv. vaak een zandondergrond
- 107 Oligotroof veen tot dieper dan 120 cm-mv.
- 108 Veen op zandondergrond binnen 120 cm-mv.

Zandgronden

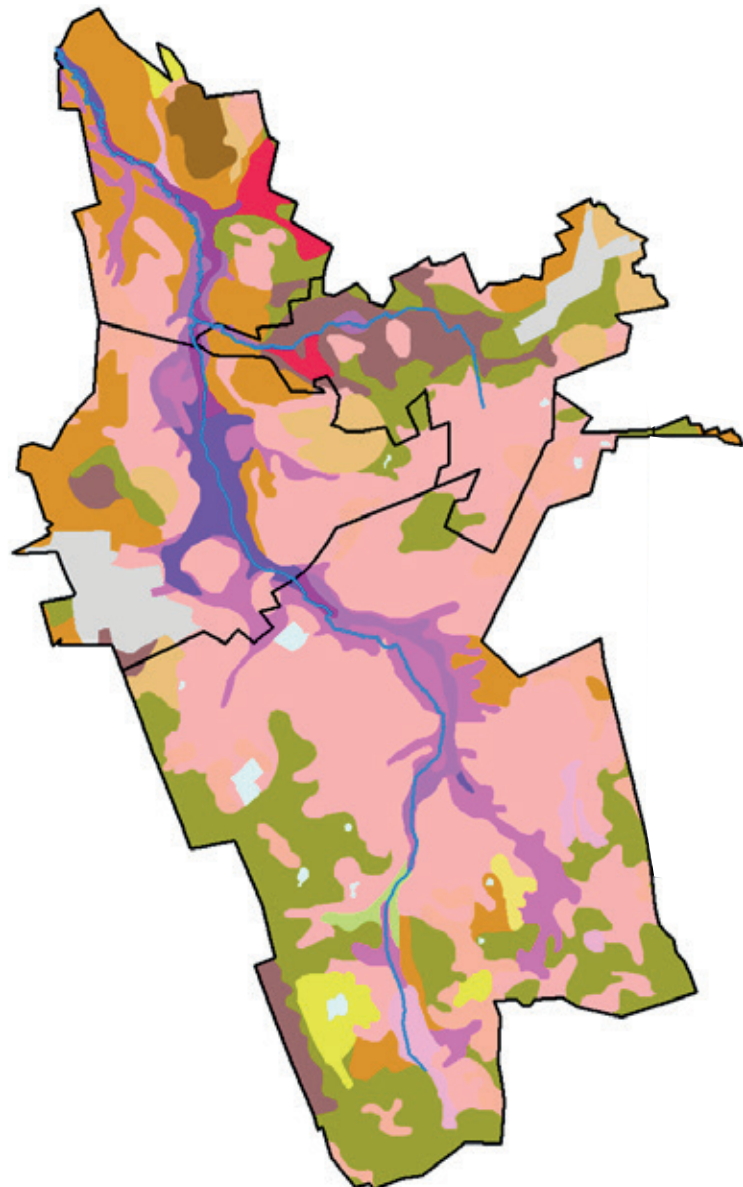
- 301 Leemarme (podzol-)gronden
- 302 Leemarme (stuif-)zandgronden
- 304 Zwak lemige (podzol-)gronden
- 310 Zwak lemige zandgronden met een matig dik cultuurdek
- 311 Zwak lemige zandgronden met een dik cultuurdek (enkeerdgronden)
- 312 Lemige (podzol-)gronden
- 313 Lemige (beekeerd-)gronden
- 315 Lemige zandgronden met keileem in de ondergrond
- 319 Lemige zandgronden met een cultuurdek en keileem in de ondergrond
- 320 Grof zandige (podzol-)gronden

Leemgronden

- 502 Keileemgronden

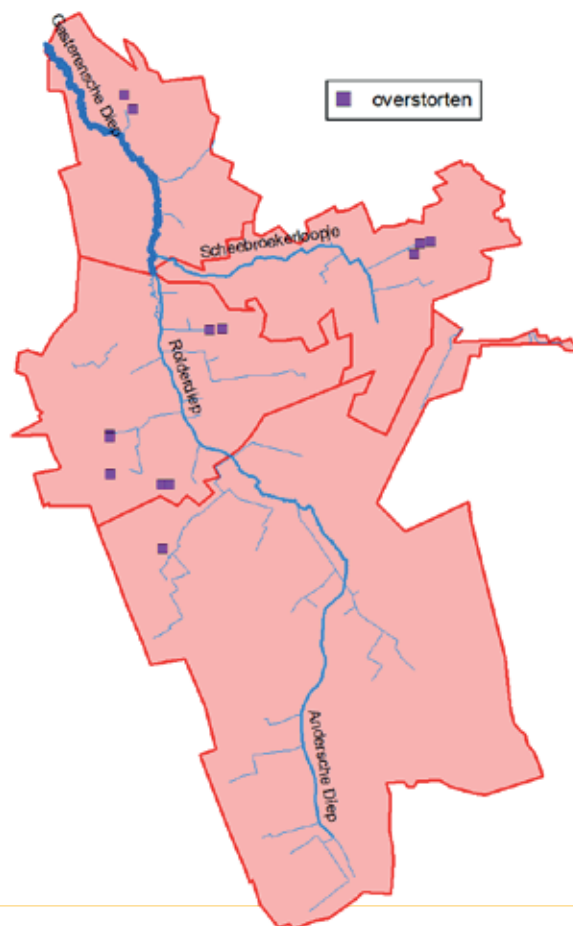
Overig

- 999 Bebouwing, dijken, groeves enz.
- 998 Water



FIGUUR 3.5

Externe slibbronnen in het stroomgebied.



3.2 Externe bronnen

Het stroomgebied van het Gasterensche Diep heeft als enige bron van 'extern slib' een aantal riooloverstorten (Figuur 3.5). Het stroomgebied heeft geen RWZI's en wordt ook nergens voorzien van gebiedsvreemd inlaatwater. Dat laatste komt mede door de kwelstroom vanuit de Hondsrug waardoor de waterlopen ook in droge periodes watervoerend zijn en er geen behoefte is aan waterinlaat.

Het gaat in totaal om twaalf overstortlocaties verdeeld over het stroomgebied. De overstorten zijn waarschijnlijk alleen actief bij hevige regenval, wanneer de riolen (gemengd rioleringsstelsel) dreigen over te lopen en de overstorten fungeren als noodventiel. Dit gebeurt naar verwachting hooguit enkele keren per jaar. De hiermee gemoeide aanvoer van rioolslib is waarschijnlijk klein in vergelijking met het gebiedseigen slib, zeker op jaarbasis. Ook is het de vraag in hoeverre dit rioolslib het Gasterensche Diep bereikt, omdat geen enkele riooloverstort direct op de beek loost.

3.3 Detritus

Waterplanten

Het voorkomen van waterplanten is intensief gemeten gedurende een meerjarig onderzoek naar de habitatbehoeften van de rivierprik (Winter *et al.* 2019). Het Gasterensche Diep fungeert namelijk als paai- en opgroeigebied voor de rivierprik, en het voortbestaan van de rivierprik hangt mede af van het voorkomen van waterplanten. Daarom is de waterplantenbedekking intensief bemeaten vanaf 2006 t/m 2018. Tabel 3.1 toont de meetresultaten waaruit blijkt dat het Gasterensche Diep gemiddeld genomen voor ongeveer 20% bedekt is met waterplanten.

Wat betreft onderhoud wordt er sinds 2003 niet meer gemaaid in het Gasterensche Diep. Er vindt wel onderhoud plaats in het meer bovenstrooms gelegen Rolderdiep en Andersche Diep. In het Rolderdiep wordt het grootste deel van het profiel gemaaid, met uitzondering van het benedenstroomse ongemaaide meanderende deel van het Rolderdiep, een deel dat overloopt in het Gasterensche Diep. In het Andersche diep is het maaibeheer iets extensiever dan in het Rolderdiep, omdat een kleiner deel van het profiel wordt gemaaid.

Bladval

Het Gasterensche Diep is nauwelijks omgeven door bomen. Sporadisch staan er bomen langs de kant. Over het gehele traject van het Gasterensche Diep is dit niet meer dan 5%.

Bijdrage detritus aan beekslib

Door de relatief lage plantenbedekking (20%) en het beperkte voorkomen van bomen langs de beek (minder dan 5%) zal de bijdrage van detritus aan het beekslib van het Gasterensche Diep waarschijnlijk gering tot matig zijn in vergelijking met beeksystemen met meer waterplanten en bomen. Bovendien wordt het Gasterensche Diep niet gemaaid. Hierdoor ontbreekt de stimulerende werking van maaien op slibaanwas, via niet afgevoerd maaisel en de snelle teruggroei van planten na maaien. Wel is er mogelijk sprake van aanvoer van detritus vanuit boven- en zijlopen, die wel deels gemaaid worden.

TABEL 3.1

Voorkomen van waterplanten in het Gasterensche Diep zoals gemeten gedurende rivierprik-onderzoek (Winter et al. 2019). De waterplanten zijn elke 50 meter gemeten, met 4 metingen per locatie, verdeeld over de dwarsdoorsnede van de beek. Het betreft metingen in juli (eens per 3 tot 4 jaar in gehele Gasterensche diep) en metingen in oktober (jaarlijks in een kleiner deel van het Gasterensche Diep).

jaar	maand	aantal metingen	PLANTENBEDEKKING (VERDELING %)				PLANTENBEDEKKING (%) gemiddeld
			0%	<10%	10-50%	>50%	
2006	juli	476	41	33	12	13	15
2009	juli	476	22	24	20	34	33
2009	oktober	120	34	33	13	19	20
2010	oktober	120	47	35	12	7	10
2011	oktober	120	35	25	17	23	24
2012	oktober	120	27	38	16	20	21
2013	juli	476	14	28	23	36	35
2013	oktober	120	43	32	8	18	17
2014	oktober	120	63	19	10	8	10
2015	oktober	120	43	33	8	17	17
2016	oktober	120	56	28	13	3	8
2017	juli	476	17	29	31	22	28
2017	oktober	120	58	26	12	5	9
2018	oktober	120	40	31	16	13	16
alle jaren	juli		37	30	15	18	20
	oktober		40	30	15	16	18
	totaal		39	30	15	17	19

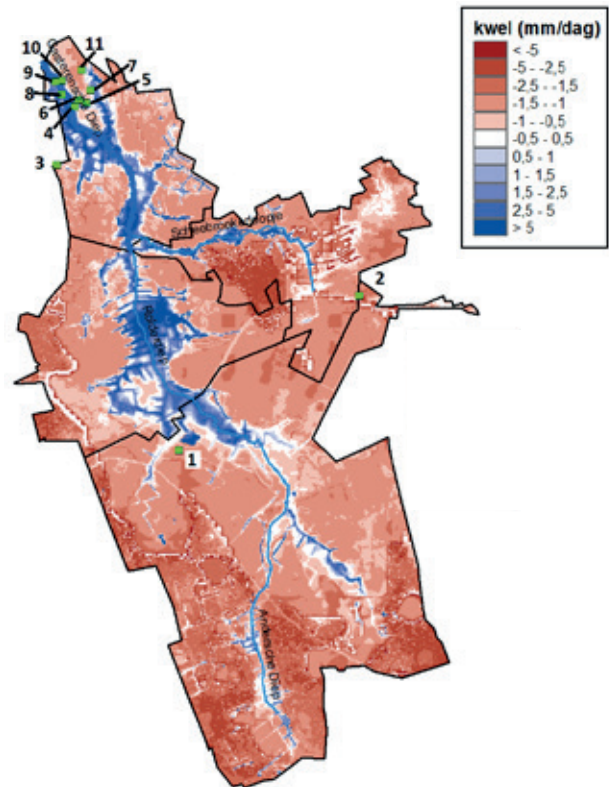
3.4 IJzerrijke kwel

Het gehele beekdal van de Oosttak van de Drentse Aa staat onder invloed van kwel. De kweldruk is vooral hoog in het Gasterensche Diep en het Rolderdiep (Figuur 3.6). De kweldruk wordt grotendeels veroorzaakt door het omliggende hogergelegen plateaugebied (Hondsrug) in het oosten. Vanuit hier infiltreert water dat uiteindelijk omhoog kwelt in het beekdal en ondertussen is verrijkt met ondermeer calcium, bicarbonaat en ijzer. Deze kweldruk is ook terug te zien in de beekafvoer. Met uitzondering van sommige bovenlopen vallen de beeklopen namelijk niet droog in de zomer als gevolg van de baseflow door kwel. Dat verklaart tevens waarom er geen behoefte is aan de inlaat van gebiedsvreemd water. Ook is de kwel terug te zien in het veld. Zo bestaat het beekdal van het Gasterensche Diep voor een groot deel uit sterk kwelgevoede veengronden met een vegetatie van blauwgraslanden en dotterbloem hooilanden (Maas, 2018).

Het precieze ijzergehalte van dit kwelwater is lastig te achterhalen met de beschikbare gegevens, al wijzen de gegevens wel duidelijk in de richting van ijzerrijke kwel. Grondwaterkwaliteitsmetingen geven namelijk aan dat het grondwater plaatselijk rijk is aan ijzer (Figuur 3.7). Bovendien is de bodem in het beekdal plaatselijk ijzerrijk (Figuur 3.8), waarschijnlijk als gevolg van ijzerrijke kwel.

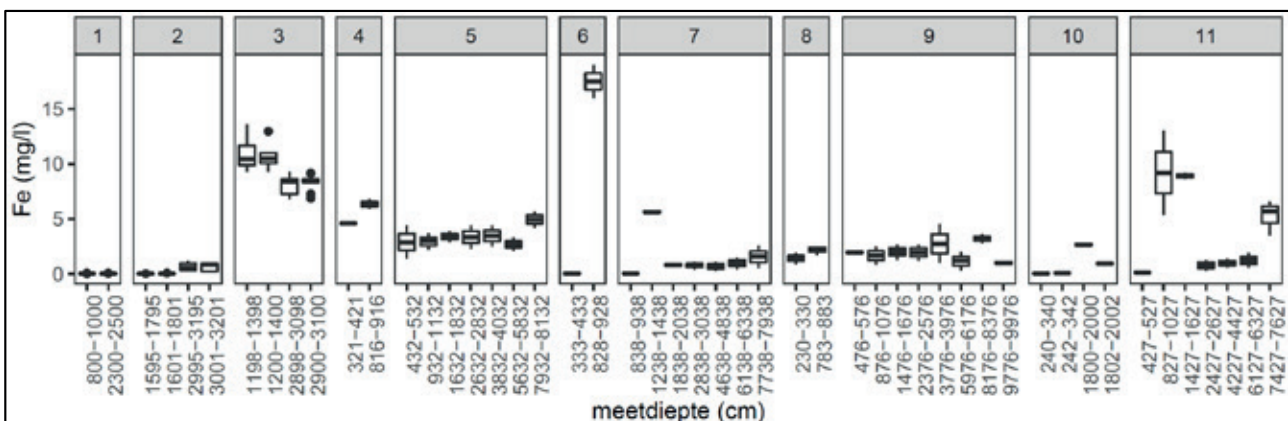
FIGUUR 3.6

Kwelflux (mm/dag) in het stroomgebied berekend door het MIP-WA-grondwatermodel. Kwel = positieve waarde (blauw), wegzijging = negatieve waarde (rood). De groene vierkanten geven de locaties waar de grondwaterkwaliteit is bemeaten op ijzergehaltes.



FIGUUR 3.7

Ijzergehaltes in het grondwater, zoals gemeten op verschillende dieptes en in verschillende peilbuizen (1 t/m 11) in de periode 1980-2019. De peilbuislocaties staan in Figuur 3.6.



Ook in het veld zijn indicatoren van ijzerrijke kwel zichtbaar, zoals roodgekleurd water en ijzerafzettingen in de beek en het beekdal van het Gasterensche Diep (Maas, 2018). Afzettingen van ijzeroer komen niet voor in het stroomgebied volgens historische geologische kaarten (Figuur 3.8).

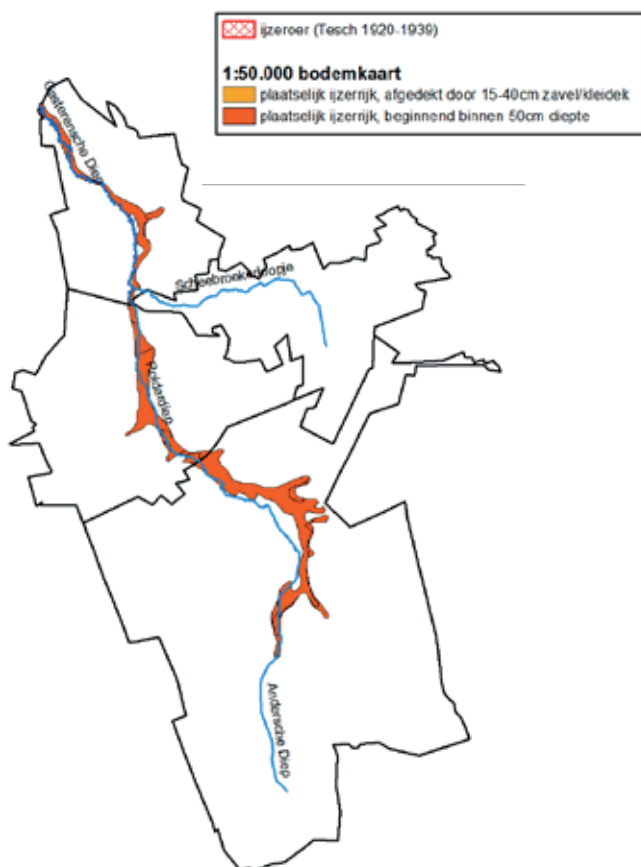
Samenvattend levert ijzerrijke kwel waarschijnlijk een grote bijdrage aan het beekslib van het Gasterensche Diep, althans in vergelijking met de andere onderzochte beeksystemen, en wel in de vorm van ijzerhoudende (gefloculeerde) afzettingen.

3.5 Winderosie

Het verstuiwingsrisico in het stroomgebied is weergegeven in Figuur 3.9. Dit risico speelt vooral in (kale) akkerbouwgronden en niet in (begroeid) grasland en natuur. Het is dus vooral van belang om naar de akkerbouwgebieden te kijken en de bijbehorende rode kleurtinten. Een kleine 25% van het stroomgebied bestaat uit akkerbouwgronden: 10% met gering risico en 15% met matig risico. De zones met matig-risico (rode vlakken) bevinden zich vooral in het middenstroomse deel van het stroomgebied en bij het Scheebroekerloopje. In de omgeving van het Gasterensche Diep is het verstuiwingsrisico zeer gering. Verder valt op dat het risico op winderosie zeer gering is in de beekdalen, omdat de beken vaak zijn omgeven door grasland. Winderosie zal daardoor waarschijnlijk vooral via zijlopen een (geringe) bijdrage leveren aan het beeksediment.

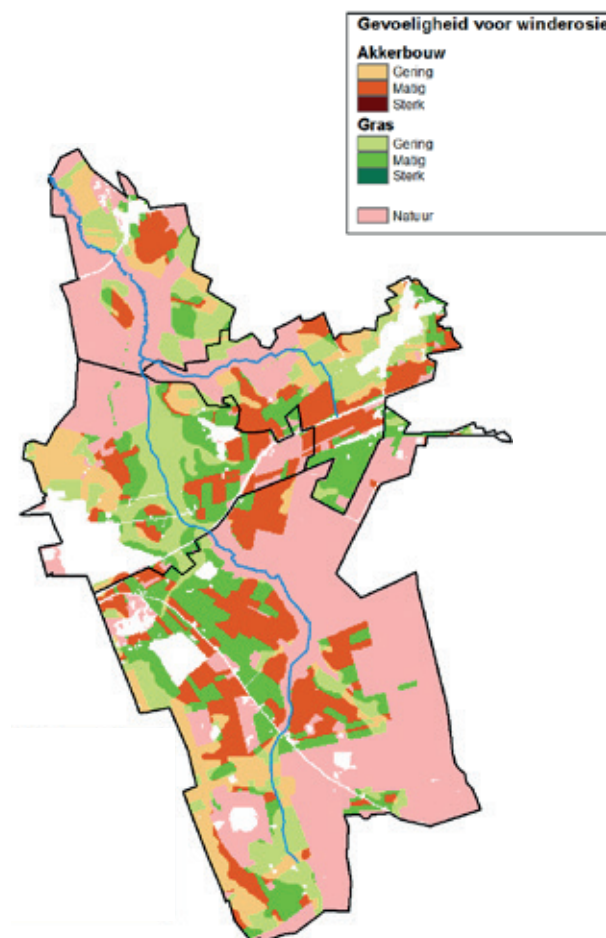
FIGUUR 3.8

Het voorkomen van ijzer in de bodem volgens de 1:50.000 bodemkaart van 2006. De aanwezigheid van ijzeroer is afgeleid uit historische geologische kaarten (H. Tesch, '20 en '30 van vorige eeuw).



FIGUUR 3.9

Gevoeligheid voor verstuiwing in stroomgebied.



3.6 Watererosie

Het risico op bodemerosie door oppervlakkige afstroom is gemiddeld genomen klein in het stroomgebied van het Gasterensche Diep (Figuur 3.10). Dit is vooral het geval voor de percelen in het beekdal, waarvan het risico valt in de categorie extreem laag tot zeer laag. De percelen met een laag en middelmatig risico, grenzen niet gelijk aan de beek, met uitzondering van een paar percelen langs het Scheebroekerloopje.

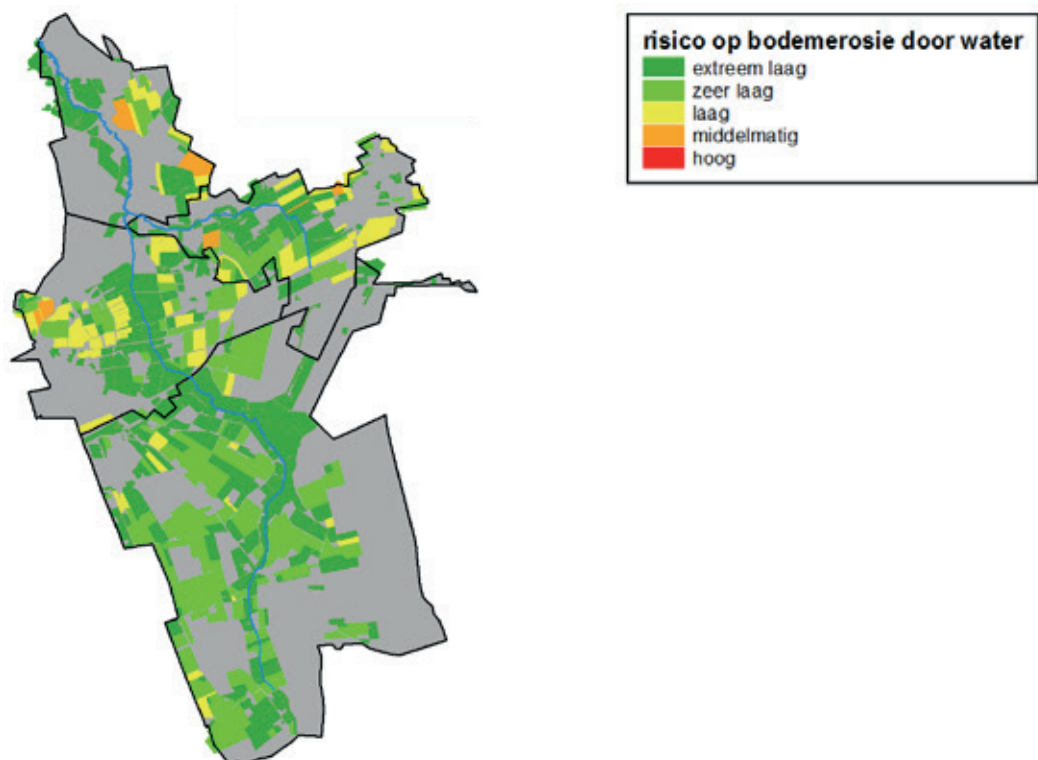
De kans op oppervlakkige afstroom na hevige zomerse buien is het grootst in de beekdalen (Figuur 3.11). Dit komt doordat het beekdal vooral bestaat uit veengronden en moerige gronden die eerder dichtslaan bij hevige regenval dan de omliggende zandgronden met een hogere infiltratiecapaciteit. De kans dat er sediment wordt meegevoerd door deze oppervlakkige afstroom is naar verwachting gering (zoals voorspeld door de Universal Soil Loss Equation, zie Figuur 3.10) omdat de kans op erosie klein is voor veengronden en het beekdal bovendien begroeid is (graslanden).

Samenvattend is de bijdrage aan het beeksediment via watererosie van het omliggende land waarschijnlijk gering. Als er al een bijdrage is dan zal deze vooral verlopen via een aantal zijlopen die zijn aangesloten op percelen met hoogste (maar nog steeds laag tot middelmatig) risico op bodemerosie door water.

Echter, zoals aangegeven in de methode (paragraaf 2.6) is in de analyse niet gekeken naar de bijdrage van 'Dunne flow'; oppervlakkige afstroom van water die ontstaat na lange buien waardoor de bodem verzadigd raakt. Deze 'Dunne flow' komt vooral voor in natte gebieden met een hoge grondwaterstand. Zo zijn de gronden in het beekdal van het Gasterensche Diep zeer nat, waardoor deze 'Dunne flow' mogelijk een belangrijke bron is van sediment of slurry. Dit is echter niet nader onderzocht in dit rapport, maar verdient wel een aanbeveling voor een mogelijke vervolgstudie.

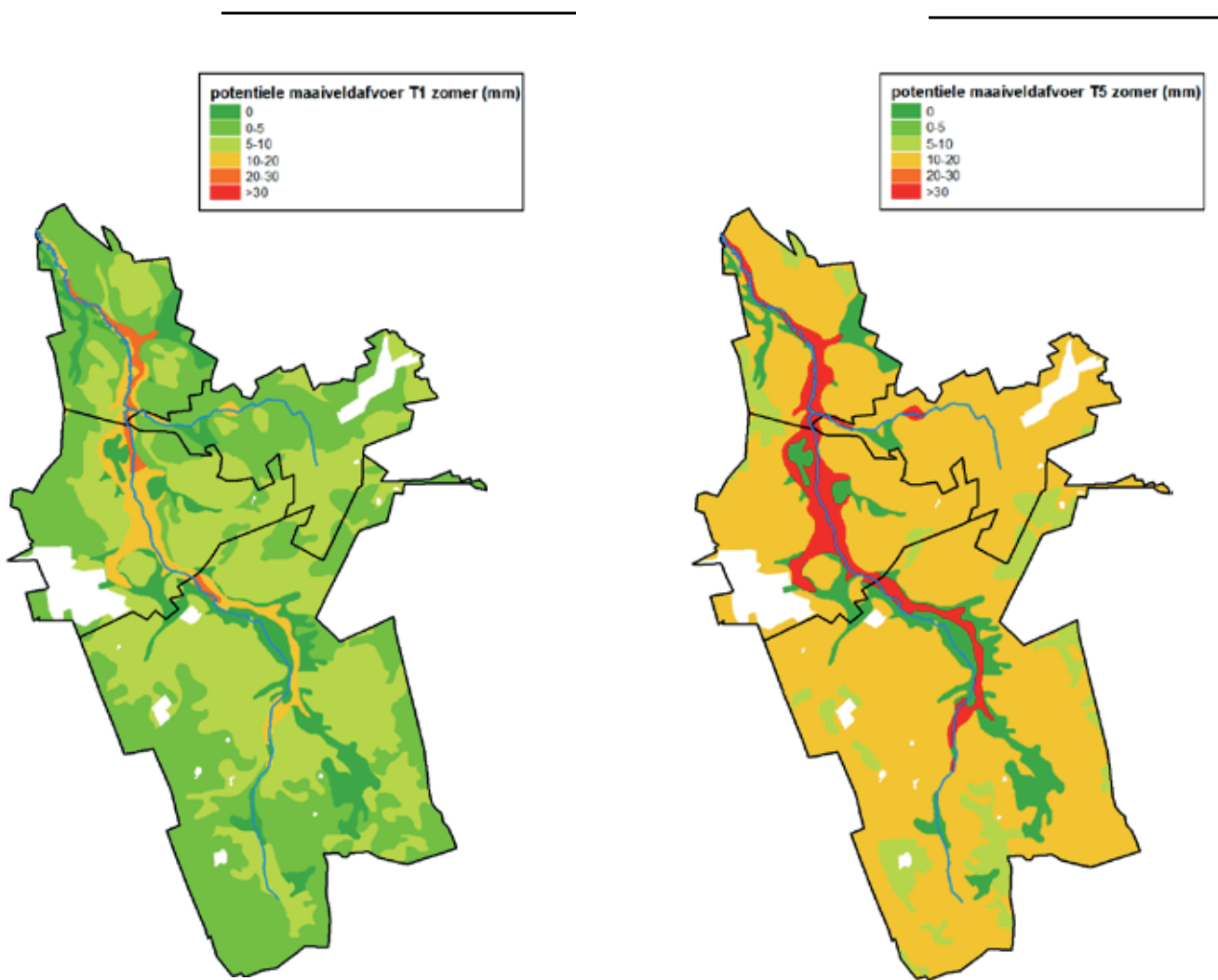
FIGUUR 3.10

Kans op bodemerosie door maaiveldafvoer, zoals berekend voor alle landbouwpercelen met de 'Universal Soil Loss Equation'. In de grijze gebieden (natuur en bebouwd gebied) is de kans op bodemerosie niet berekend, vanwege de zeer geringe kans in vergelijking met landbouwpercelen.



FIGUUR 3.11

Berekende potentiële maaiveldafvoer na een hevige zomerbui die gemiddeld eens per jaar voorkomt (links) en eens per vijf jaar (rechts). De bebouwde gebieden (wit) zijn buiten beschouwing gelaten in deze analyse.



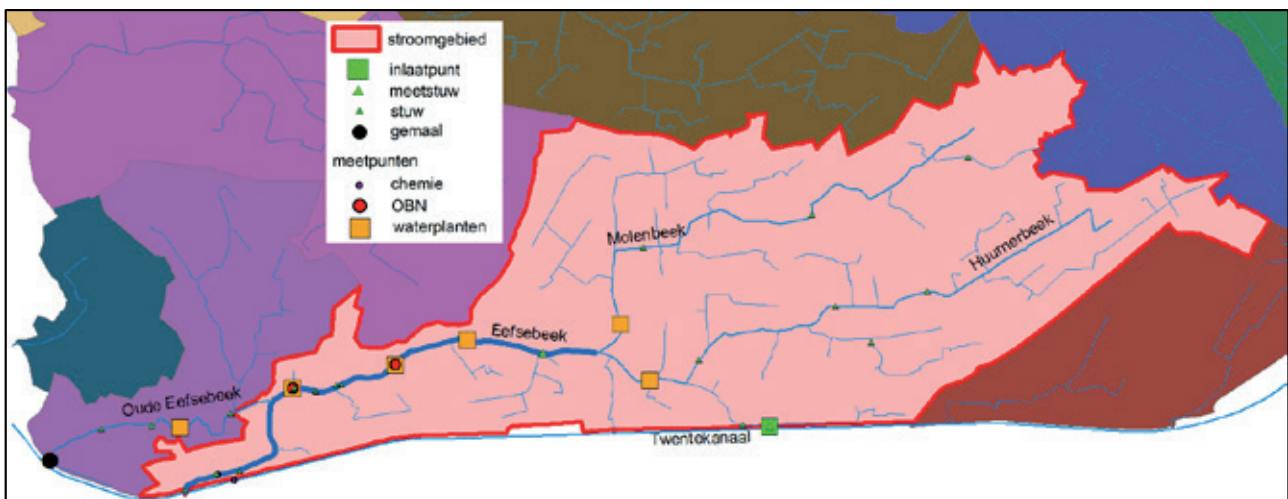
▶▶ 4 EEFSE BEEK

4.1 Watersysteem

De Eefse Beek is ruim 7 km lang en wordt gevoed door water uit de Molenbeek en de Huurnerbeek (Figuur 4.1). In droge periodes wordt er water ingelaten vanuit het Twentekanaal. Dit inlaatwater komt via de Huurnerbeek in de Eefse Beek terecht. De Eefse Beek stroomt onder vrij verval (via een stuw) uit op het Twentekanaal dat in verbinding staat met de IJssel. Het water kan de Eefse beek ook verlaten via de Oude Eefse Beek, waar het water via een gemaal wordt uitgeslagen op het Twentekanaal. Deze afvoerroute is vooral actief in natte periodes als de waterstand van de IJssel en het Twentekanaal dermate hoog is dat afvoer via de andere route (onder vrij verval) niet meer mogelijk is.

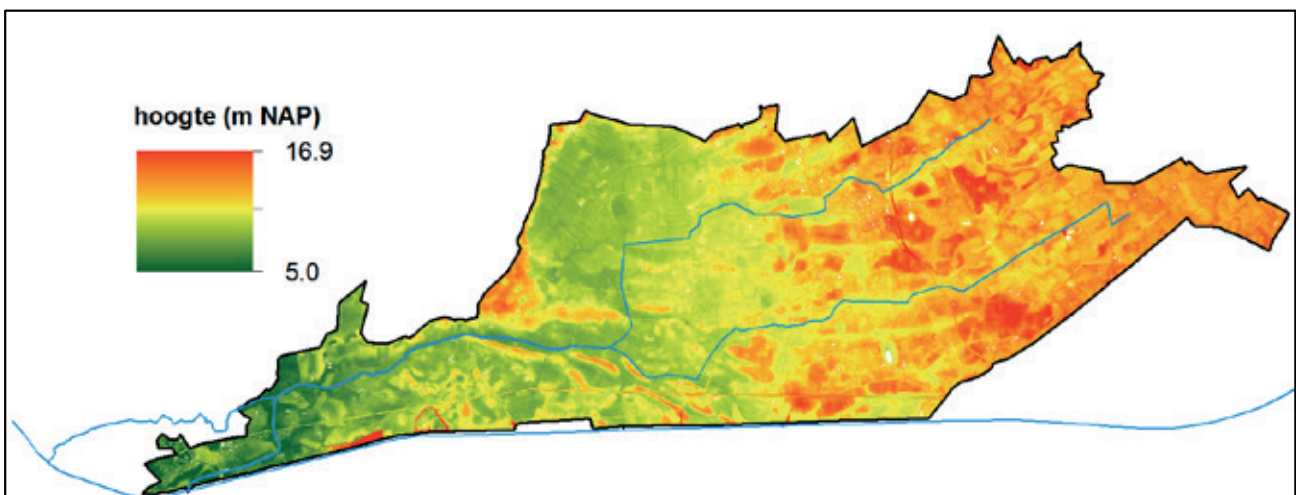
FIGUUR 4.1

Stroomgebied van de Eefse Beek, inclusief bovenstroomse beken, stuwen en meetpunten.



FIGUUR 4.2

Hoogtekaart van het stroomgebied (bron: AHN2).



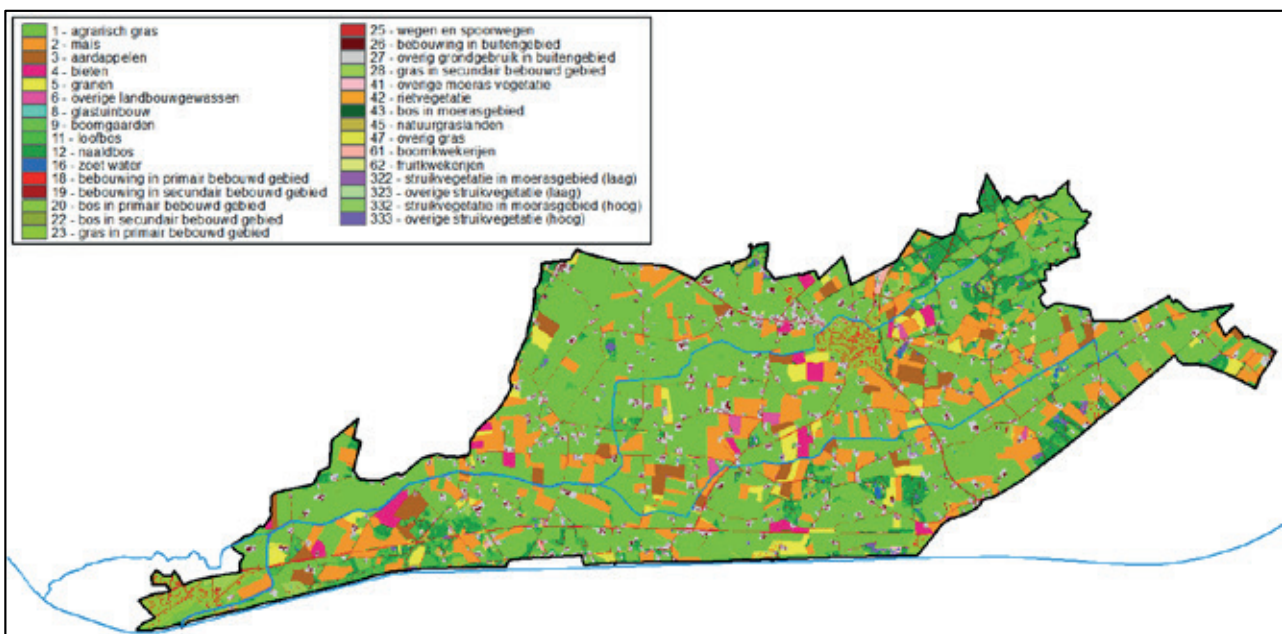
Het water stroomt binnen het stroomgebied onder vrij verval zoals af te leiden uit de hoogtekaart [Figuur 4.2](#), afgezien van de zeer natte periodes, waarin het water het stroomgebied verlaat via het gemaal. De Eefse Beek en z'n bovenstroomse beken zijn in het verleden genormaliseerd en voorzien van stuwen. Van meanderen is geen sprake meer.

Het gehele stroomgebied van de Eefse Beek (inclusief Huurnerbeek en Molenbeek) beslaat een oppervlak van ruim 40 km². Qua landgebruik bestaat het voor driekwart uit landbouw (74%), voor 14% uit stedelijk gebied en voor 11% uit natuur ([Figuur 4.3](#)). De beeklopen zijn voornamelijk omringd door agrarisch grasland en her en der door akkerbouwpercelen.

De bodemkaart laat zien dat het stroomgebied vrijwel alleen maar bestaat uit zandgronden ([Figuur 4.4](#)). Deze zandgronden zijn vooral lemig en zwak lemig van aard. Alleen in het beekdal zijn deze zandgronden voorzien van een kleidek. Dit kleidek is in het verleden ontstaan bij hoogwatersituaties, waarbij de beken buiten hun oevers traden en het kleidek werd gevormd door bezinking van kleine sedimentdeeltjes (lutum).

FIGUUR 4.3

Landgebruik van het stroomgebied (bron: LGN2018).



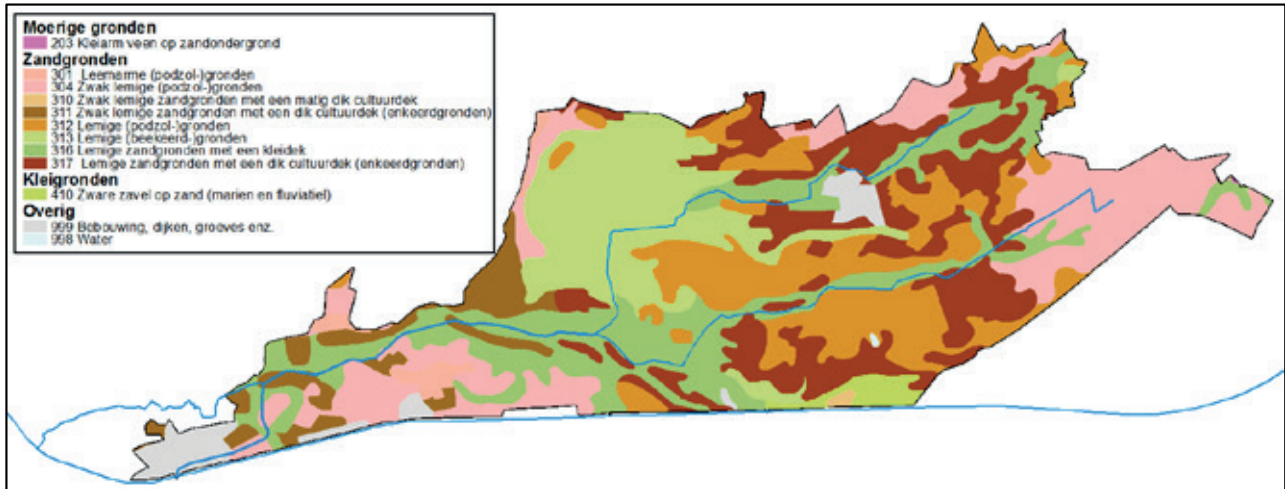
4.2 Externe bronnen

De Eefse Beek heeft twee verschillende bronnen van extern slib, namelijk rioolwateroverstorten en inlaatwater uit het Twentekanaal ([Figuur 4.5](#)).

Qua overstorten gaat het om vijf locaties verdeeld over het stroomgebied, allen overstorten van een gemengd rioleringsstelsel. De overstorten zijn alleen actief bij hevige regenval, wanneer de riolen dreigen over te lopen en de overstorten fungeren als noodventiel. Dit gebeurt naar verwachting hooguit enkele keren per jaar. De hiermee gemoeide aanvoer van rioolslib is naar verwachting klein in vergelijking met het gebiedseigen slib, zeker op jaarbasis. Ook is het de vraag in hoeverre dit rioolslib de Eefse Beek bereikt, omdat vier van de vijf overstorten niet direct op de beek lozen.

FIGUUR 4.4

Bodemtype van het stroomgebied (bron: BOFEK2012).

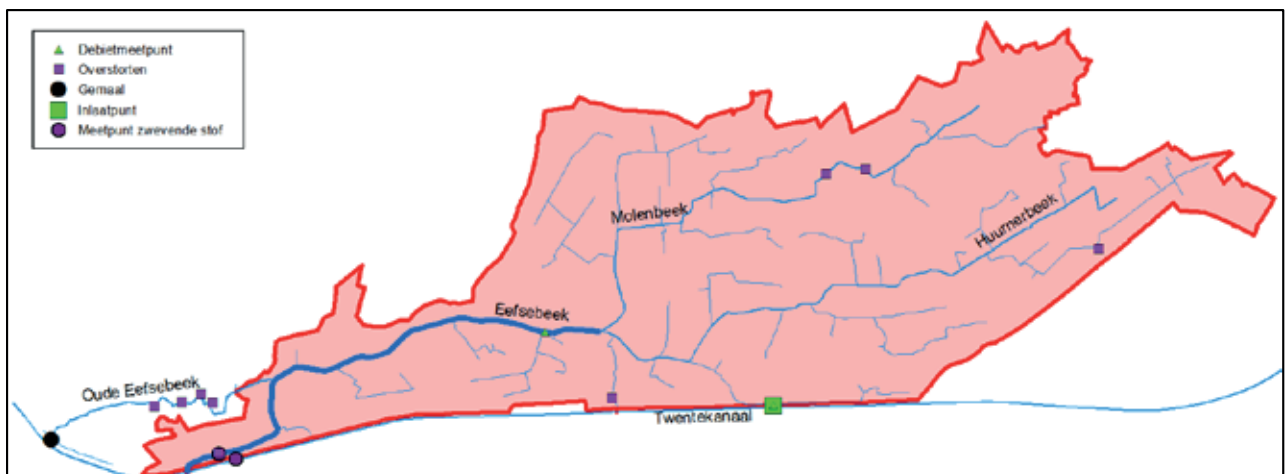


Inlaat van water speelt vooral in droge periodes in de zomer (Figuur 4.6). Er wordt dan water ingelaten vanuit het Twentekanaal. Dit water bereikt de Eefse Beek via de Huurnerbeek. Op jaarbasis bedraagt deze inlaat gemiddeld 10% van het totale debiet van de Eefse Beek, ervan uitgaande dat de debietmetingen kloppen. In droge jaren kan dit percentage oplopen tot 20% en zelfs 40% in een extreem droog jaar als 2018. Het inlaatwater bevat op basis van maandelijkse steekmonsters gemiddeld 2.5 maal zoveel zwevende stof als de Eefse Beek zelf.

Samenvattend spelen externe bronnen waarschijnlijk een matige rol bij de vorming van slib in de Eefse Beek. De bijdrage komt vooral van het inlaatwater vanuit het Twentekanaal en niet zozeer van de overstorten. In de zomerperiode kan de invloed van het inlaatwater en de daarin meegevoerde zwevende stof groot zijn, vooral nabij het inlaatpunt. Dat is vooral het geval in droge jaren omdat dan veel water wordt ingelaten.

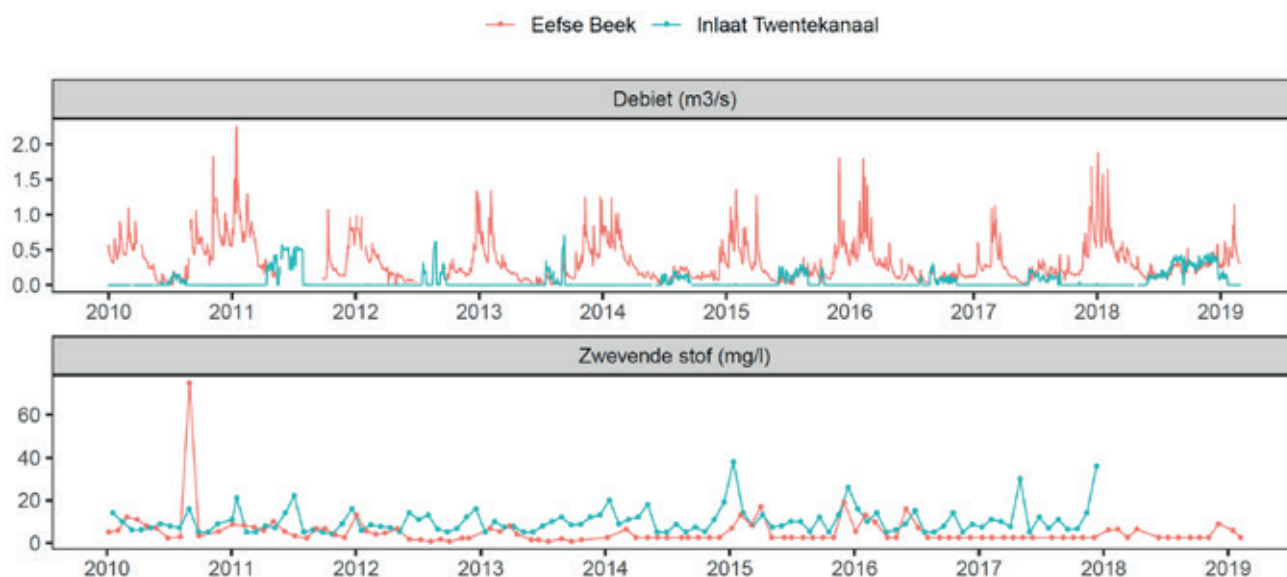
FIGUUR 4.5

Locatie van externe slibbronnen (waterinlaat en overstorten) in het stroomgebied. Ook zijn de locaties aangegeven waar het debiet en gehalten aan zwevende stof zijn gemeten.



FIGUUR 4.6

Debiet (boven) en gehalte aan zwevende stof (onder) van de Eefse Beek (rood) en de waterinlaat vanuit het Twentekanaal (blauw), volgend uit metingen. De meetlocaties zijn terug te vinden in Figuur 4.5.



4.3 Detritus

Waterplanten

Uit metingen in de afgelopen 10 jaar blijkt dat de Eefse Beek in juni/juli voor 30 tot 90% bedekt is met ondergedoken waterplanten, met een gemiddelde bedekking van ongeveer 60% (Tabel 4.1). De Eefse Beek wordt intensief gemaaid. Drie keer per jaar wordt het natte profiel gemaaid met een maaiboot, waarbij na elke maaibeurt ongeveer 10% van de ondergedoken vegetatie blijft staan. Het maaisel drijft af en wordt bij een stuw uitgeschept en afgevoerd. Daarnaast wordt de oevervegetatie op de taluds een keer per jaar gemaaid, waarbij het maaisel deels op de taluds blijft liggen. Twee stuwpannen van de Eefse Beek worden sinds kort extensiever gemaaid. Het gaat om stroombaanmaaien waarbij het natte profiel alleen in het midden wordt gemaaid met de breedte van de maaiboot en de planten in het overige deel van profiel blijven staan. Dit gebeurt echter nog maar zo kort, dat dit nauwelijks relevant is ten opzichte van de periode waarin het beekslib zich heeft opgebouwd. Het is niet bekend wanneer de Eefse Beek voor het laatst is gebaggerd. Dit is waarschijnlijk minstens 20 tot 30 jaar geleden. De Eefse Beek kent geen baggercyclus, dus er wordt niet regelmatig gebaggerd.

Bladval

De Eefse Beek is nauwelijks omgeven door bomen. Sporadisch staan er bomen langs de kant. Over het gehele traject is dit niet meer dan 5%. Bladval speelt dus nauwelijks een rol.

Bijdrage detritus aan beekslib

Naar verwachting speelt detritus door waterplanten een grote rol bij de vorming van het beekslib in de Eefse Beek. De waterplantenbedekking is namelijk vrij groot met 60%. Daarnaast wordt de waterplantengroei gestimuleerd door het intensieve maaibeheer en de grote lichtbeschikbaarheid door het open landschap (Figuur 4.7). Dit verhoogt de aanwas van slib, ook al wordt een deel van het maaisel afgevoerd.

TABEL 4.1

Het voorkomen van ondergedoken waterplanten in juni/juli, zoals gemeten in 2008, 2011, 2014 en 2017. Zie Figuur 4.1 voor de exacte meetlocatie onder 'meetpunten-waterplanten'.

Meetlocatie	Bedekking met ondergedoken waterplanten (%)				
	2008	2011	2014	2017	gemiddeld
Heurnerbeek	80	40	95	15	58
Molenbeek	40	80	90	100	78
Eefsebeek (bovenstrooms)	40	60	90	80	68
Eefsebeek (middenstrooms)	40	30	50		40
Eefsebeek (benedenstrooms)	70	40	90	80	70
Oude Eefsebeek		70			70

FIGUUR 4.7

Impressie van de Eefse Beek (foto: Bastiaan van Zuidam).



4.4 IJzerrijke kwel

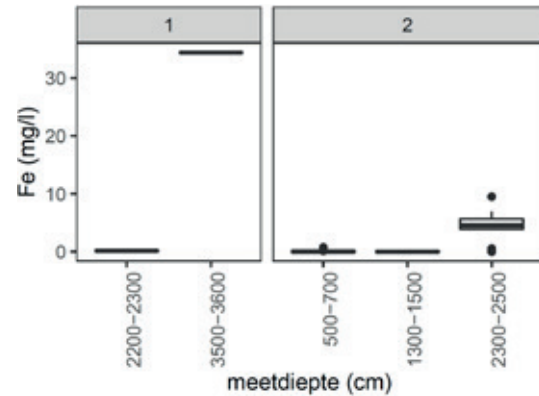
Het stroomgebied van de Eefse Beek staat nauwelijks onder invloed van kwel. In de meeste delen is er lichte wegzijging, alleen in het beekdal komt lichte kwel voor (Figuur 4.9). Het ontbreken van grote kwel blijkt ook uit de beekafvoer. De beperkte kwel leidt namelijk tot een lage baseflow van de Eefse Beek waardoor er in droge periodes water moet worden ingelaten vanuit het Twentekanaal ter voorkoming van droogval (Figuur 4.6). Het ijzergehalte van het kwelwater is niet te bepalen met beschikbare gegevens. Er zijn namelijk geen grondwaterkwaliteit-metingen in het stroomgebied. De twee dichtstbijzijnde metingen geven blijk van ijzerrijk diep grondwater (Figuur 4.8).

Het grotendeels ontbreken van (ijzerrijke) kwel hoeft overigens niet te betekenen dat het beeksediment weinig ijzer bevat. Dit ijzer kan namelijk ook in de beek terecht komen via ondiepere uitspoeling van grond- en neerslagwater, zeker omdat de bodem in het stroomgebied plaatselijk rijk is aan ijzer en ijzeroer (Figuur 4.10).

Samenvattend speelt ijzer waarschijnlijk een matige rol in de vorming van het beekslib. De aanwezigheid van (ijzerrijke) kwel lijkt weliswaar beperkt, maar de bodem in het beekdal is op veel plekken rijk aan ijzer. Hierdoor vormt ondiep uitspoelend neerslag- en grondwater waarschijnlijk een belangrijke bron van ijzer, vooral als dit water onderweg de ijzerrijke bodemafzettingen passeert.

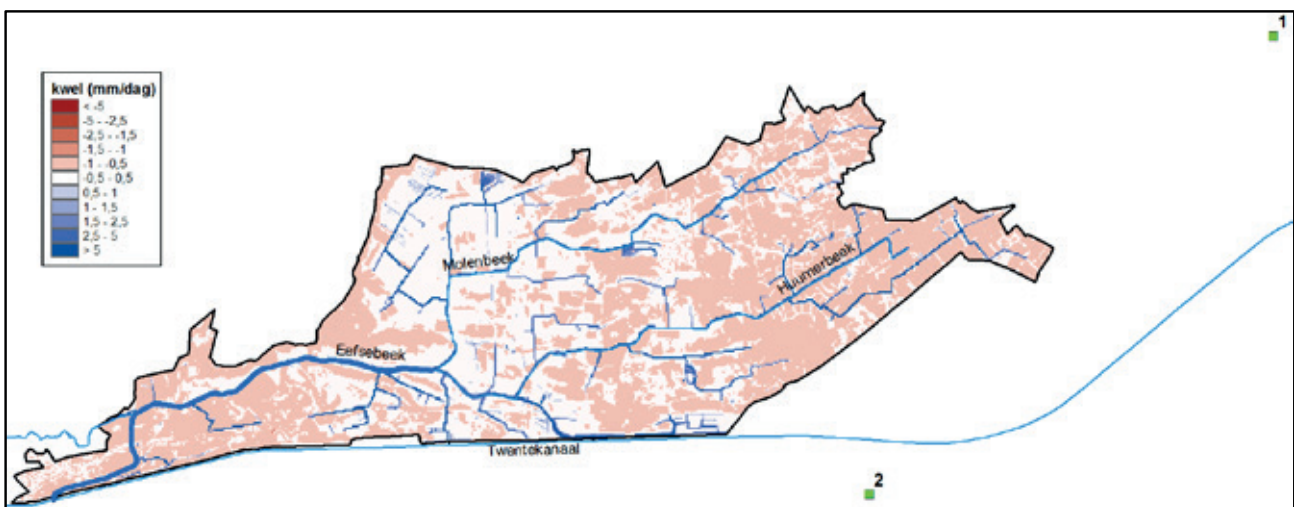
FIGUUR 4.8

Ijzergehaltes in het grondwater, gemeten op verschillende dieptes en in verschillende peilbuizen (1 en 2) in de periode 1980-2019. De peilbuislocaties staan in Figuur 4.9.



FIGUUR 4.9

Kwelflux (mm/dag) in het stroomgebied, volgend uit het Amigo grondwatermodel. Het gaat om de gemiddelde flux in de periode 2009-2016. Kwel = positieve waarde (blauw), wegzijging = negatieve waarde (rood). De groene vierkanten tonen de locaties waar de grondwaterkwaliteit is bemeaten op ijzergehaltes.

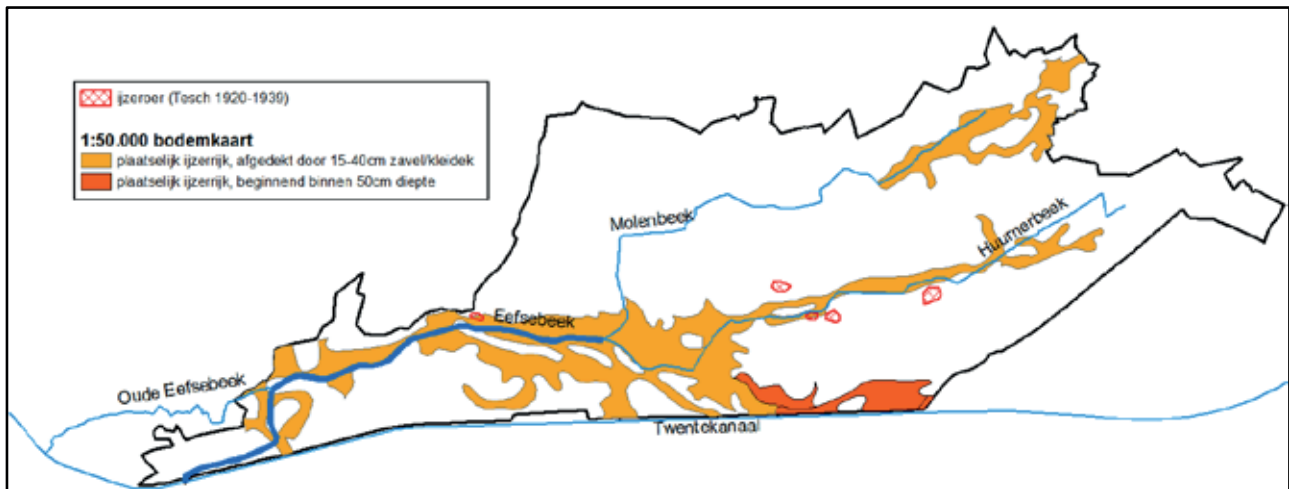


4.5 Winderosie

Het verstuijingsrisico in het stroomgebied is weergegeven in Figuur 4.11. Dit risico speelt vooral in (kale) akkerbouwgronden en niet in (begroeid) grasland en natuur. Het is dus vooral van belang om naar de akkerbouwgebieden te kijken en de bijbehorende rode kleurtinten. Ruim 20% van het stroomgebied bestaat uit akkerbouwgronden: 18% met gering risico en 4% met matig risico op verstuijing. De zones met matig risico (rode vlakken) bevinden zich vooral in het benedenstroomse deel van het stroomgebied, ter hoogte van de Eefse Beek zelf. In en vanuit de bovenlopen (Huurnerbeek en Molenbeek) is de bijdrage van winderosie aan beekslib zeer gering. Nabij de Eefse Beek kan winderosie lokaal wel een rol spelen, vooral in de verstuijingsgevoelige akkerbouwpercelen die grenzen aan de beek. Eendoordeel is dat de bijdrage van winderosie aan beekslib waarschijnlijk gering is, afgezien van een aantal hotspots langs de Eefse Beek.

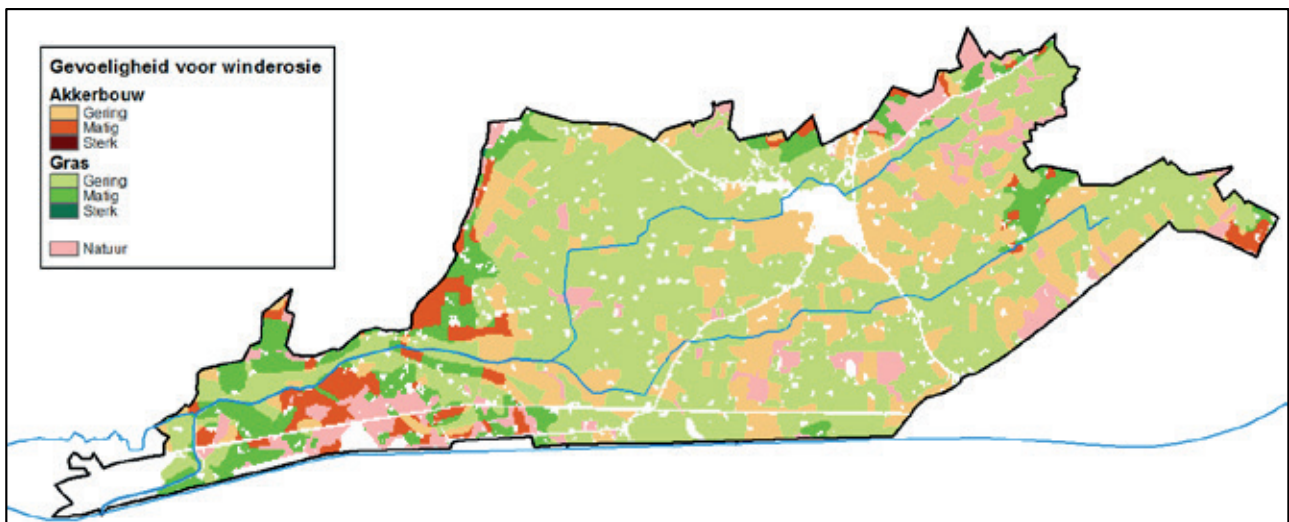
FIGUUR 4.10

Het voorkomen van ijzer in de bodem volgens de 1:50.000 bodemkaart van 2006. De aanwezigheid van ijzeroer is afgeleid uit historische geologische kaarten (H. Tesch, '20 en '30 van vorige eeuw).



FIGUUR 4.11

Gevoeligheid voor verstuiving in stroomgebied.

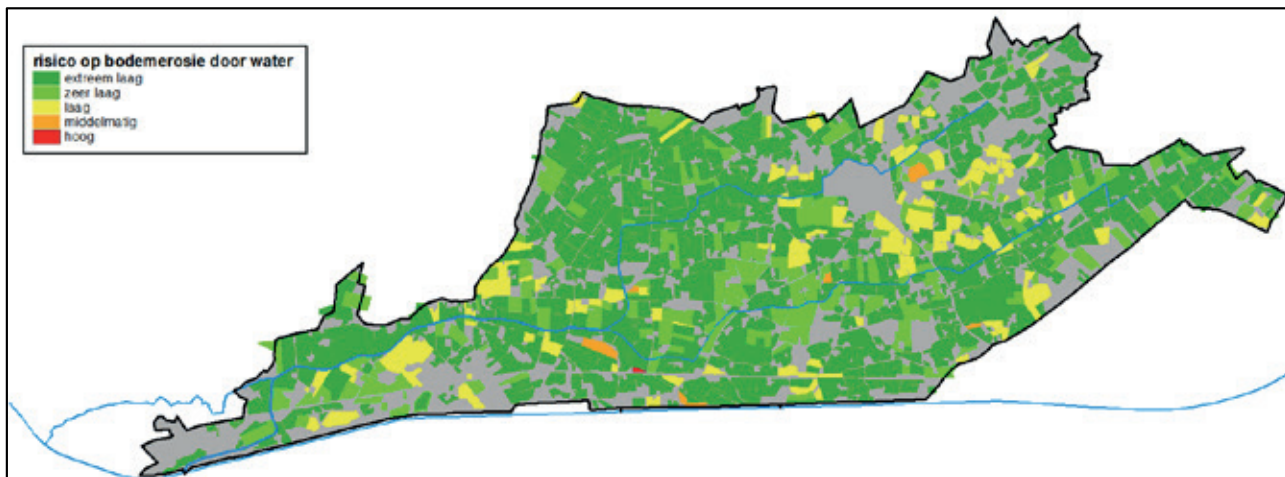


4.6 Watererosie

Het risico op bodemerosie door oppervlakkige afstroom is gemiddeld genomen klein in het stroomgebied van de Eefse Beek (Figuur 4.12). Het gros van de percelen heeft risicoklasse 'extreem laag' en 'zeer laag'. De beken grenzen vooral aan deze percelen, met uitzondering van kleine stukjes beek die grenzen aan percelen met de risicoklasse 'laag'. De handvol percelen met risicoklasse 'middelmatig' en het ene perceel met risico 'hoog' grenzen niet direct aan de beek. Dit hoog-risico perceel grenst aan de snelweg en heeft daardoor een flinke helling waardoor de kans op bodemerosie hoog is.

FIGUUR 4.12

Kans op bodemerisatie door maaiveldafvoer, zoals berekend voor alle landbouwpercelen met de 'Universal Soil Loss Equation'. In de grijze gebieden (natuur en bebouwd gebied) is de kans op bodemerisatie niet berekend, vanwege de zeer geringe kans in vergelijking met landbouwpercelen.

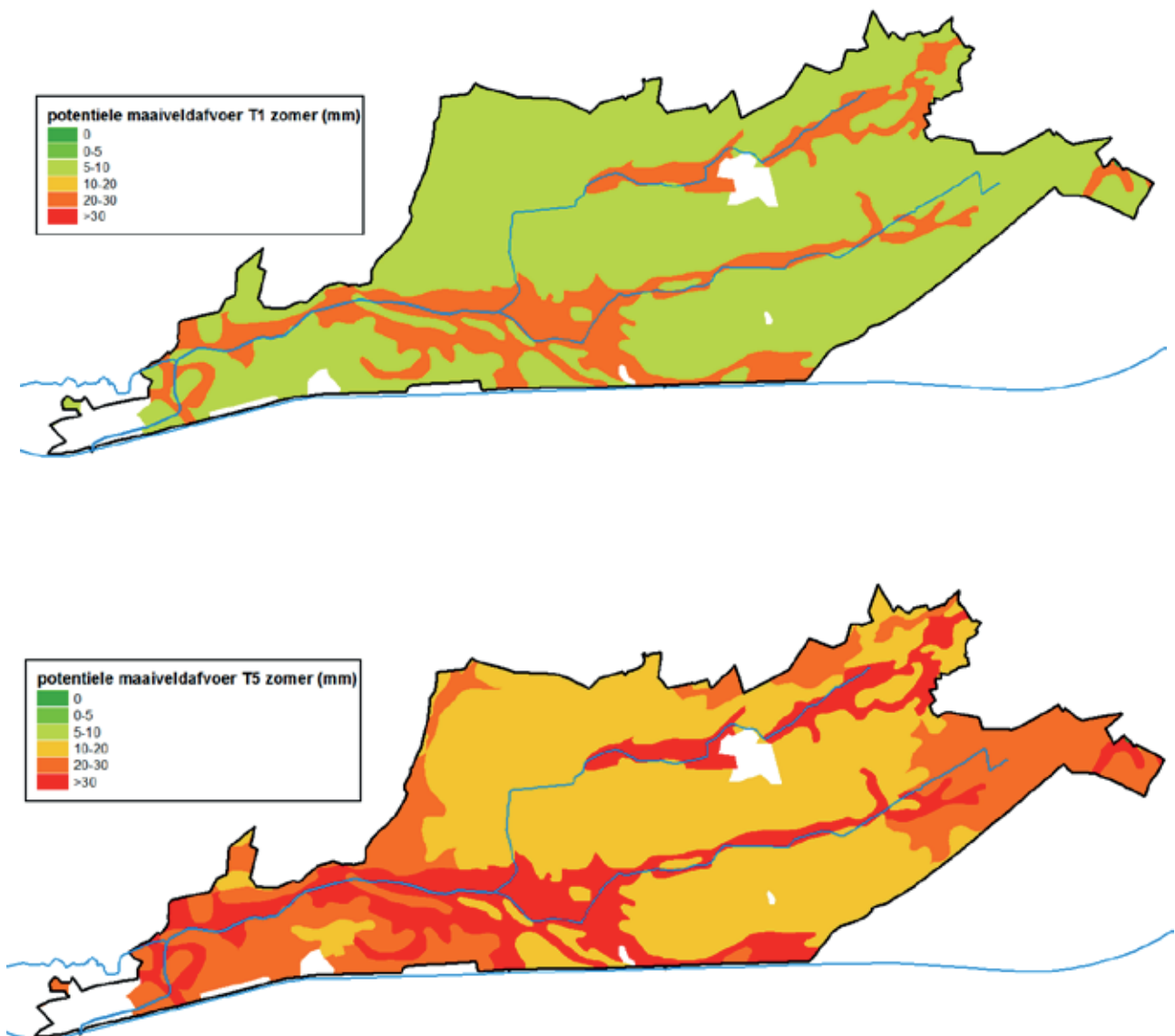


De kans op oppervlakkige afstroom na hevige zomerse buien is het grootst in de beekdalen (Figuur 4.13). Dit komt doordat de bodem in het beekdal op veel plekken een kleidek heeft en daardoor eerder dichtslaat bij hevige regenval dan de omliggende zandgronden zonder kleidek. De kans dat er in het beekdal sediment wordt meegevoerd door deze oppervlakkige afstroom is gering (zoals voorspeld door de Universal Soil Loss Equation, zie Figuur 4.12) omdat de meeste percelen begroeid zijn (graslanden). Het risico is hoger voor akkerbouwpercelen langs de beek, zeker als deze percelen zijn voorzien van een kleidek.

Samenvattend is de bijdrage aan het beeksediment via watererosie van het omliggende land waarschijnlijk gering. Lokaal zijn er echter hotspots met een iets hoger risico. Dat geldt vooral voor een aantal akkerbouwpercelen langs de beek die zijn voorzien van een kleidek. Hier kan het risico op bodemerisatie door water oplopen van laag tot eventueel middelmatig bij hevige piekbuien.

FIGUUR 4.13

Berekende potentiële maaiveldafvoer na een hevige zomerbui die gemiddeld eens per jaar voorkomt (boven) en eens per vijf jaar (onder). De witte gebieden (bebouwing) zijn buiten beschouwing gelaten.



►► 5 TONGELREEP

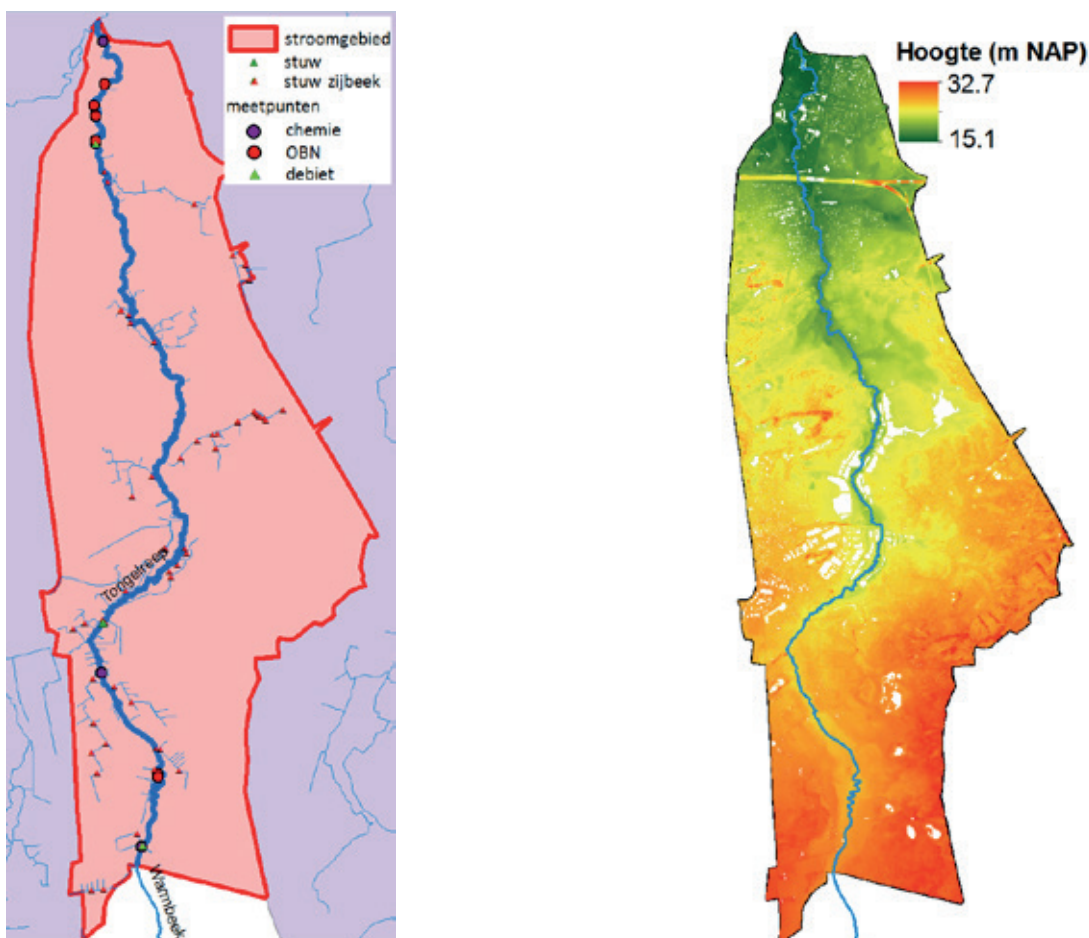
5.1 Watersysteem

De Tongelreep ontspringt in België als de Warmbeek. Na zo'n 25 km door België te hebben gestroomd passeert de Warmbeek de Nederlandse grens en heet vanaf dan de Tongelreep. Deze studie richt zich op het Nederlandse deel van het stroomgebied (Figuur 5.1 linkerhelft). Het vanuit België aangevoerde water beschouwen we als 'externe inlaat'. De samenstelling en het debiet van dit inlaatwater wordt regelmatig gemeten. Het inlaatwater bevat onder andere effluent van een RWZI vlakbij de Nederlandse grens.

De Tongelreep is bijna 21 kilometer lang, heeft enkele kleine zijwaterlopen en mondt ten zuiden van Eindhoven uit in de Dommel. Het water stroomt overal onder vrij verval zoals te zien aan de hoogtekaart (Figuur 5.1 rechterhelft). De Tongelreep bevat slechts een stuw, namelijk middenstrooms nabij Driebruggen. De zijlopen van de Tongelreep zijn wel grotendeels gestuwd. Naast deze stuwen wordt het slibtransport beïnvloed door de zandvang 'De Vleut' (traject 13 in Figuur 5.5), nabij de monding met de Dommel. De Tongelreep is in de 19^e en 20^e eeuw deels gekanaliseerd, vooral in het middenstroomse deel nabij Valkenswaard waar destijds visvijvers zijn aangelegd voor commerciële doeleinden (zie waterpartijen in Figuur 5.2 links). Inmiddels hebben de visvijvers een natuurlijke functie en is de natuurlijke meandering van de Tongelreep in de meeste delen hersteld.

FIGUUR 5.1

Links: stroomgebied van de Tongelreep, inclusief stuwen en meetpunten. Rechts: hoogtekaart van het stroomgebied (bron: AHN2).

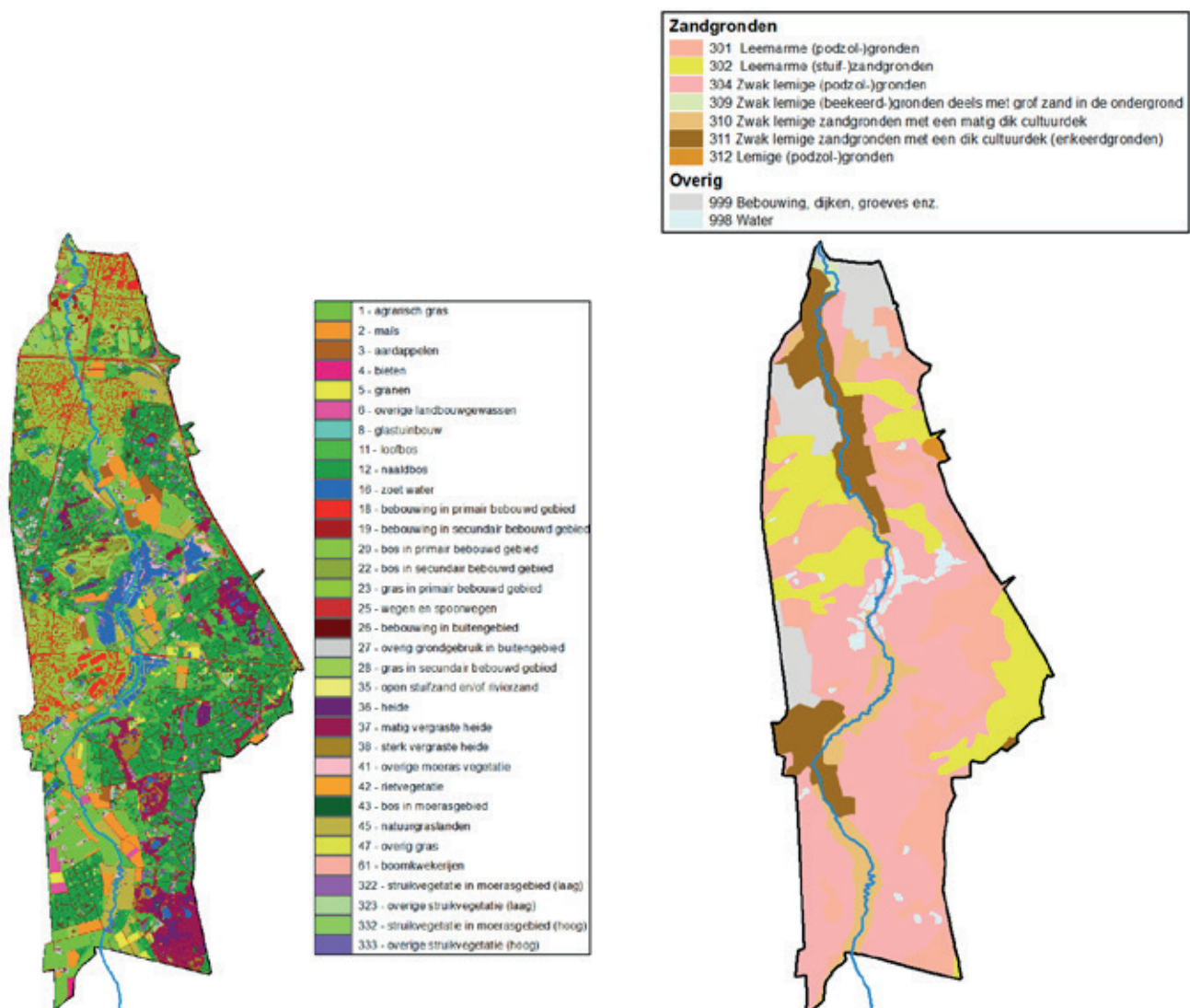


Het Nederlandse deel van het stroomgebied van de Tongelreep beslaat een oppervlak van ruim 50 km². Qua landgebruik bestaat het stroomgebied voor meer dan de helft uit natuur (57% waarvan 4% open water), voor 29% uit stedelijk gebied en voor 14% uit landbouw (Figuur 5.2 links). De beekloop is voornamelijk omringd door grasland. In het bovenstroomse deel gaat het vooral om natuurlijke omgeving (natuurgraslanden, struikvegetatie en sporadisch rietvegetatie), terwijl het grasland in het bovenstroomse deel voornamelijk bestaat uit stedelijk groen. De middenloop is omgeven door waterrijk gebied o.a. bestaande uit een aantal voormalige viskweekvijvers.

De bodemkaart laat zien dat het stroomgebied volledig bestaat uit zandgronden (Figuur 5.2 rechts). Het beekdal bestaat hoofdzakelijk uit zwak lemige zandgronden met een matig dik of dik cultuurdek (enkeerdgronden). De rest van het stroomgebied bestaat vooral uit podzolgronden, en her en der komen stuifzandgronden voor.

FIGUUR 5.2

Links: Landgebruik van het stroomgebied (bron: LGN2018). Rechts: Bodemtype van het stroomgebied (bron:BOFEK2012).



5.2 Externe bronnen

De Tongelreep heeft twee verschillende bronnen van extern slib, namelijk riooloverstorten en de instroom van Belgisch water via de Warmbeek (Figuur 5.3).

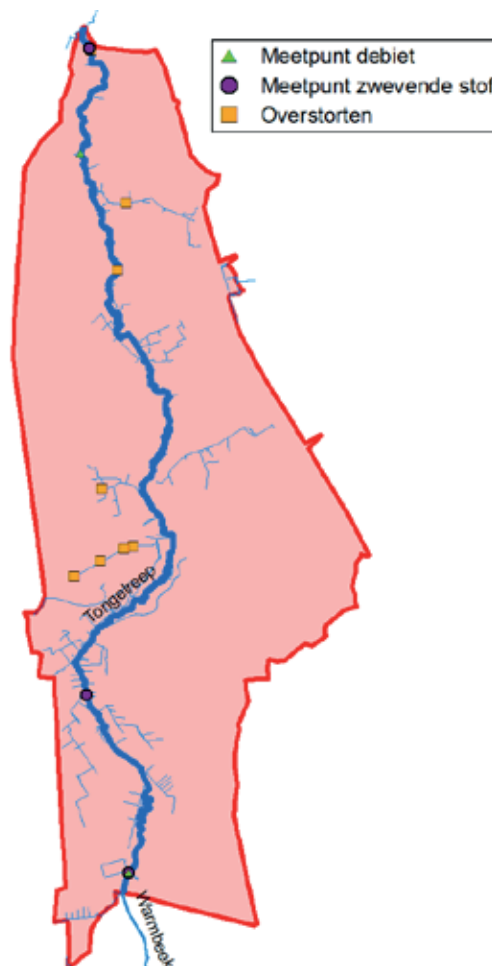
Qua overstorten gaat het om acht locaties, waarvan vijf middenstreams nabij Valkenswaard. Het betreft overstorten van een gemengd rioleringsstelsel. Ze zijn vooral actief bij hevige regenval, wanneer de riolen dreigen over te lopen en de overstorten fungeren als noodventiel. Dit gebeurt naar verwachting hooguit enkele keren per jaar. De hiermee gemoeide aanvoer van rioolslib is waarschijnlijk klein in vergelijking met het gebiedseigen slib, zeker op jaarbasis. Ook is de vraag in hoeverre dit rioolslib de Tongelreep bereikt, omdat zes van de acht overstorten niet direct op de beek lozen, al is de zijloop met de vier overstorten niet gestuwd waardoor het slib een vrije route heeft richting beek.

De instroom van Belgisch water via de Warmbeek is groot (Figuur 5.4). Op jaarbasis bedraagt de Belgische instroom gemiddeld twee-derde van het totale debiet dat uitstroomt naar de Dommel. Dit aandeel varieert tussen de 60% tot 75% per jaar. Binnen het jaar is het procentuele aandeel het grootst in droge zomerperiodes, wanneer het water van de Warmbeek voornamelijk bestaat uit water ingelaten vanuit Belgische kanalen. Zo was het water in de Tongelreep in de droge zomer van 2018 vrijwel geheel afkomstig uit België. Het water vanuit de Warmbeek bevat op basis van maandelijkse steekmonsters gemiddeld 1.8 maal zoveel zwevende stof als het water bij het uitstroompunt.

Samenvattend spelen externe bronnen in de vorm van de wateraanvoer via de Warmbeek waarschijnlijk een grote rol bij de slibhuishouding van de Tongelreep. Het grootste deel van het water in de Tongelreep is namelijk afkomstig uit België, vooral in droge zomerperiodes. Daarbij bevat het Belgisch water gemiddeld gezien meer zwevende stof dan het water bij het uitstroompunt. Al is het zwevend stofgehalte bij de uitstroom waarschijnlijk lager vanwege zandvang 'De Vleut' die net bovenstrooms ligt van de locatie waar zwevende stof wordt gemeten.

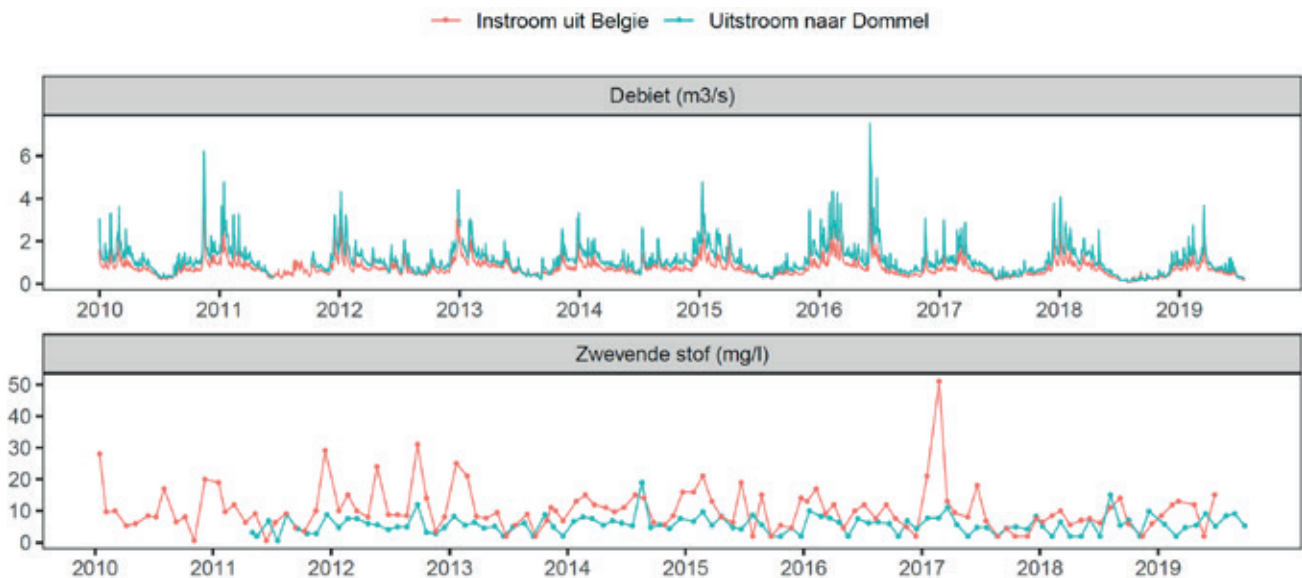
FIGUUR 5.3

Locatie van externe slibbronnen (wateraanvoer vanuit België en overstorten) in het stroomgebied. Ook zijn de locaties aangegeven waar het debiet en gehalten aan zwevende stof zijn gemeten.



FIGUUR 5.4

Debiet (boven) en gehalte aan zwevende stof (onder) van de wateraanvoer vanuit de Warmbeek (rood) en de uitstroom naar de Dommel (blauw), volgend uit metingen. De meetlocaties zijn terug te vinden in Figuur 5.3.



5.3 Detritus

Waterplanten

De plantenbedekking in de Tongelreep varieert sterk, zoals volgt uit inschattingen van het Waterschap (Tabel 5.1) per deeltraject (Figuur 5.5). De grote variatie komt onder andere door verschillen in beschaduwing, stroming en waterdiepte. Zo komen er meer planten voor in ondiepe delen in een open landschap, dan in delen die zijn omringd en beschaduwd door bos. De gemiddelde plantenbedekking in de gehele Tongelreep bedraagt volgens het Waterschap ongeveer 70%. Het gaat om een maximale plantenbedekking waarbij niet alleen is gekeken naar ondergedoken planten maar ook naar oeverplanten. De werkelijke bedekking zal waarschijnlijk lager liggen, zeker wanneer alleen wordt gekeken naar ondergedoken planten.

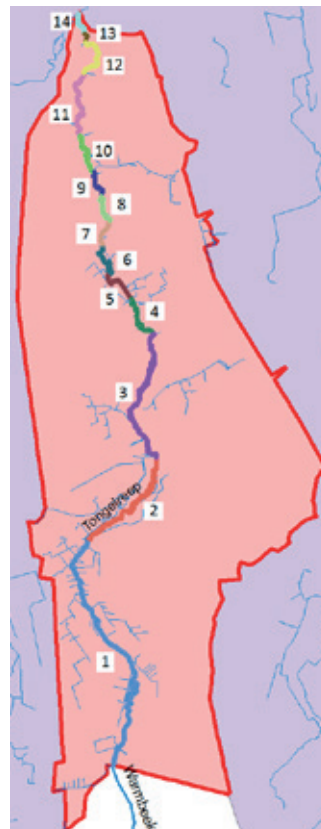
Het maaibeheer in de Tongelreep is beperkt (Tabel 5.1). Het bovenstroomse deel (traject 1) wordt jaarlijks gemaaid en in traject 3 (middenstrooms) wordt incidenteel gemaaid. De overige trajecten worden niet gemaaid.

Bladval

Gemiddeld genomen is ongeveer 40% van de Tongelreep omgeven door bomen. Binnen de beekloop is er echter een grote variatie; beektrajecten in open landschap wis-

FIGUUR 5.5

Deeltrajecten van de Tongelreep waarvoor de waterplantenbedekking en beschaduwing is geschat.



selen zich af met trajecten die zijn omgeven door bos. Bladval speelt vooral in de beboste delen een rol van betekenis.

Bijdrage detritus aan beekslib

Naar verwachting speelt detritus een matige rol bij de vorming van het beekslib van de Tongelreep, althans gemiddeld gezien. Lokaal zijn er grote verschillen, niet alleen in de hoeveelheid detritus, maar ook in het type. In beboste delen is bladval het belangrijkste type van detritus en is de rol van waterplanten kleiner (door minder plantengroei als gevolg van beschaduwing), terwijl in open delen de rollen omgedraaid zijn. In het bovenstroomse deel (traject 1) is de bijdrage van detritus aan beekslib waarschijnlijk het grootst. Dit traject bevat veel waterplanten (maximaal 90% bedekking) en wordt bovendien jaarlijks gemaaid waardoor de slibaanwas door (opnieuw aangegroeide) waterplanten wordt gestimuleerd.

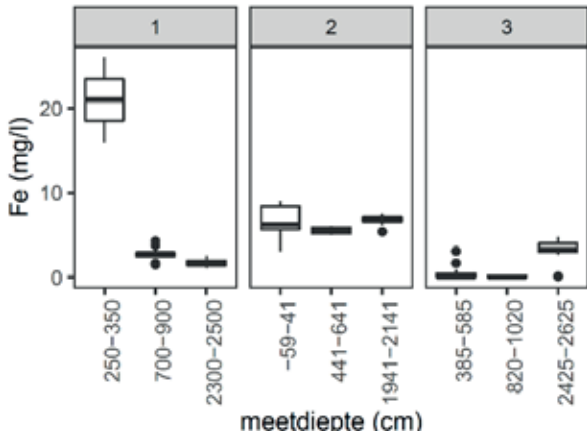
TABEL 5.1

Het voorkomen van water- en oeverplanten in deeltrajecten van de Tongelreep (zie Figuur 5.5), zoals geschat door het Waterschap (Mark Scheepens) op basis van veldkennis. Aanvullend is per traject het maaibeheer weergegeven en de beschaduwing door bomen bepaald. De laatste rij geeft de gemiddelde waarden voor de gehele Tongelreep. Deze waarden zijn verkregen door lengte-gewogen middeling: langere trajecten tellen zwaarder mee in het gemiddelde dan kortere trajecten.

Traject	Lengte (m)	Maximale bedekking (%)	Voorkomende plantensoorten	Maaibeheer	Beschaduwing (%)
1	5435	90	Veelal ondergedoken planten , brede en smalle waterpest, stomphoekig sterrenkroos en schedefonteinkruid. Oevers her en der wat riet.	jaarlijks	10
2	2865	70	Veelal ondergedoken planten , brede en smalle waterpest, stomp fonteinkruid, stomphoekig sterrenkroos en schedefonteinkruid. Oevers her en der wat riet.	geen	80
3	3532	80	Riet, Lisodde en grote en kleine egelskop overheersen hier vooral in onbeschaduwde delen. Beek is redelijk smal en wat dieper vandaar minder ondergedoken planten .	incidenteel met maaiboot	40
4	1094	40	Beek stroomt hier door volwassen bos. Vandaar sterke beschaduwing waardoor er weinig planten groeien. Veel hout in beek, van nature alsmede ingebracht in 2009.	geen	80
5	778	90	Beekherstel heeft hier plaatsgevonden, de beek is ondieper geworden en dat zorgt voor forse plantenbegroeiing .	geen	10
6	1000	30	Beek stroomt hier door volwassen bos. Vandaar sterke beschaduwing waardoor er weinig planten groeien. Steile oevers en daardoor weinig oeverplanten.	geen	80
7	528	75	Onbekend omdat de beek hier door privaat gebied stroomt (tuinen).	geen	20
8	664	50	Vegetatie hier meer ondergedoken , oevers vaak begroeid met liesgras.	geen	10
9	621	20	Weinig water- en oeverplanten door hoge beschaduwingsgraad en redelijk stijle oevers.	geen	70
10	937	80	Veelal ondergedoken planten , brede en smalle waterpest, stomphoekig sterrenkroos en schedefonteinkruid. Oevers her en der wat riet.	geen	10
11	1536	40	Weinig water- en oeverplanten door hoge beschaduwingsgraad en redelijk stijle oevers. In 2015 zijn houtpakketten ingebracht in de oevers en grindbanken aangelegd.	geen	50
12	930	75	Her en der bomen langs de oever. De beek stroomt hier minder snel.	geen	30
13	160	0	Zandvang: weinig planten door grote waterdiepte.	geen	0
14	461	25	De beek is hier vrij diep en ligt in het bos. Vandaar weinig planten .	geen	100
alle	20540	70	Grote verschillen in plantengroei binnen de Tongelreep, o.a. door variatie in beschaduwing, stroming, diepte en oeversteilheid	alleen in traject 1 en 3	40

FIGUUR 5.7

Ijzergehaltes in het grondwater, zoals gemeten op verschillende dieptes en in verschillende peilbuizen (1 t/m 3) in de periode 1980-2019. De peilbuislocaties staan in Figuur 5.6.



5.4 IJzerrijke kwel

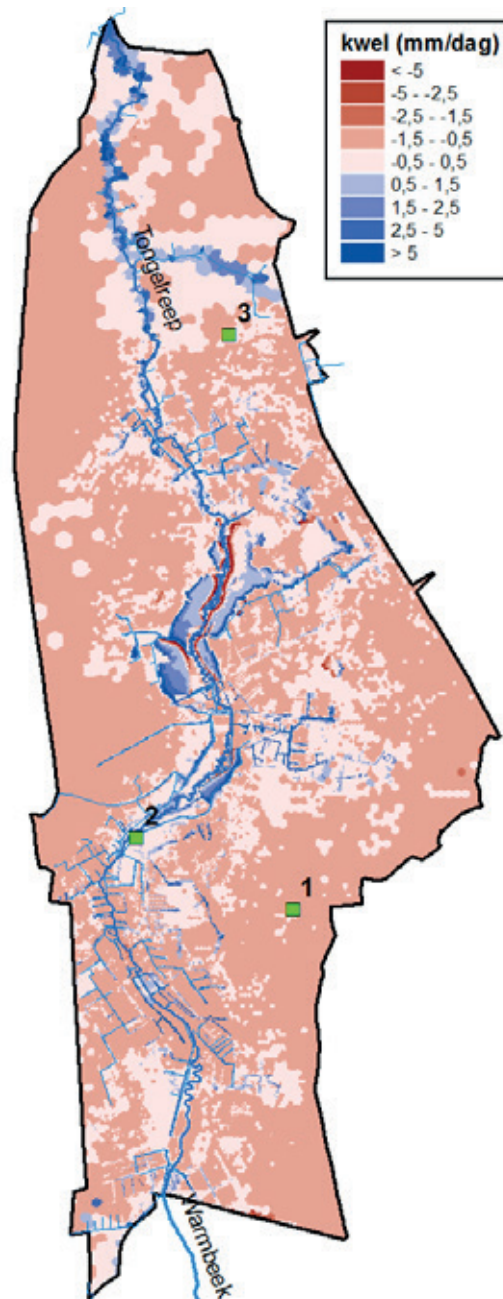
De kweldruk in het beekdal van de Tongelreep varieert van licht op de meeste plekken tot matig en lokaal sterk in delen van de middenloop en benedenloop (Figuur 5.6). Voor het gehele stroomgebied lijkt de bijdrage van kwel beperkt, afgaand op de beekafvoeren. Hieruit blijkt namelijk dat de baseflow (door kwel) beperkt is, omdat in droge periodes het grootste deel van het water in de Tongelreep bestaat uit ingelaten Belgisch kanaalwater dat via de Warmbeek naar de Tongelreep stroomt (Figuur 5.4).

Lokaal speelt kwel dus wel een rol, vooral in delen van de midden- en benedenloop. Het is lastig te bepalen hoe ijzerrijk dit kwelwater is. Grondwaterkwaliteitsmetingen laten zien dat het grondwater plaatselijk en op bepaalde dieptes rijk is aan ijzer (Figuur 5.7). De bodem in het stroomgebied van de Tongelreep bevat geen ijzerrijke plekken volgens de 1:50.000 bodemkaart. Ook is er geen ijzeroer aanwezig volgens historische geologische kaarten.

Samenvattend speelt ijzerrijke kwel op basis van de beschikbare gegevens waarschijnlijk een geringe rol bij de vorming van het beekslib. In het beekdal is sprake van lichte tot matige kwel en lokaal sterke kwel, al is niet duidelijk hoe ijzerrijk dit kwelwater precies is. Aanvoer van ijzer via ondiepe uitspoeling van water via de landbodem lijkt nauwelijks aan de orde, omdat de bodem weinig ijzer en/of ijzeroer bevat.

FIGUUR 5.6

Jaargemiddelde kwelflux (mm/dag) in het stroomgebied over 1997-2005, berekend met grondwatermodel DmGHLB2014F (Vreugdenhil en Westerhof, in prep.). Kwel = positieve waarde (blauw), wegzijging = negatieve waarde (rood). De groene vierkanten tonen de locaties waar de grondwaterkwaliteit is bemeaten op ijzergehaltes.



5.5 Winderosie

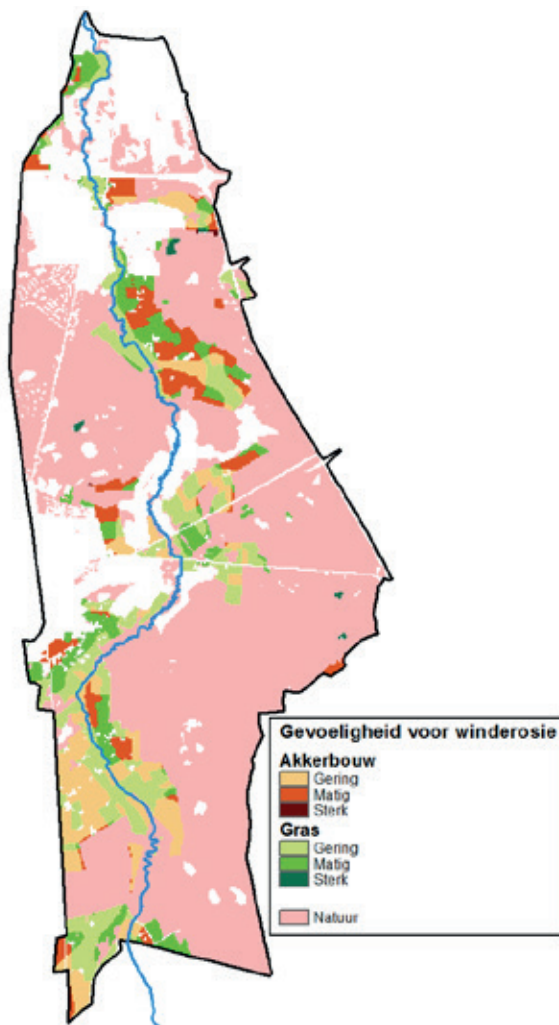
Het verstuiwingsrisico in het stroomgebied is weergegeven in [Figuur 5.8](#). Dit risico speelt vooral in (kale) akkerbouwgronden en niet in (begroeid) grasland en natuur. Het is dus vooral van belang om naar de akkerbouwgebieden te kijken en de bijbehorende rode kleurtinten. Een kleine 10% van het stroomgebied bestaat uit akkerbouwgronden: 5% met gering risico en 4% met matig risico op verstuiving. De zones met matig risico (rode vlakken) bevinden zich vooral in het middenstroomse deel van het stroomgebied. Deze zones grenzen echter niet direct aan de beek, omdat het beekdal voornamelijk bestaat uit grasland. Winderosie zal daardoor waarschijnlijk vooral via zijlopen een zeer lokale en zeer geringe bijdrage leveren aan het beeksediment.

5.6 Watererosie

Het risico op bodemerosie door oppervlakkige afstroom is gemiddeld genomen zeer klein in het stroomgebied van de Tongelreep ([Figuur 5.9](#)). Dit komt vooral doordat het gros van het stroomgebied bestaat uit (begroeide) natuur met een zeer gering risico op bodemerosie. Het beperkte aantal landbouwpercelen in het gebied vallen vooral in de risicoklasse 'extreem laag' tot 'zeer laag'. Een handvol percelen heeft het risico 'laag' en een perceel heeft het risico 'middelmatig'. Dit laatste perceel grenst echter wel aan de beek, evenals een aantal laag-risico percelen. Dit zijn lokale hotspots die mogelijk (in geringe mate) bijdragen aan het beeksediment.

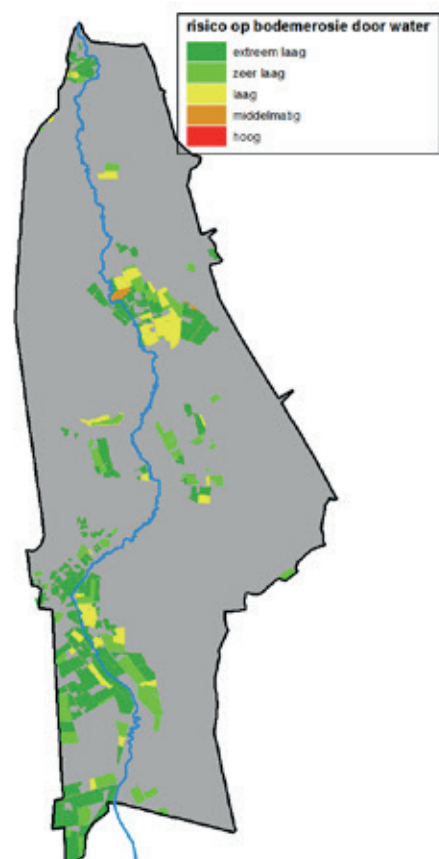
FIGUUR 5.8

Gevoeligheid voor verstuiving in stroomgebied.



FIGUUR 5.9

Kans op bodemerosie door maaiveldafvoer, zoals berekend voor alle landbouwpercelen met de 'Universal Soil Loss Equation'. In de grijze gebieden (natuur en bebouwd gebied) is de kans op bodemerosie niet berekend, vanwege de zeer geringe kans in vergelijking met landbouwpercelen.

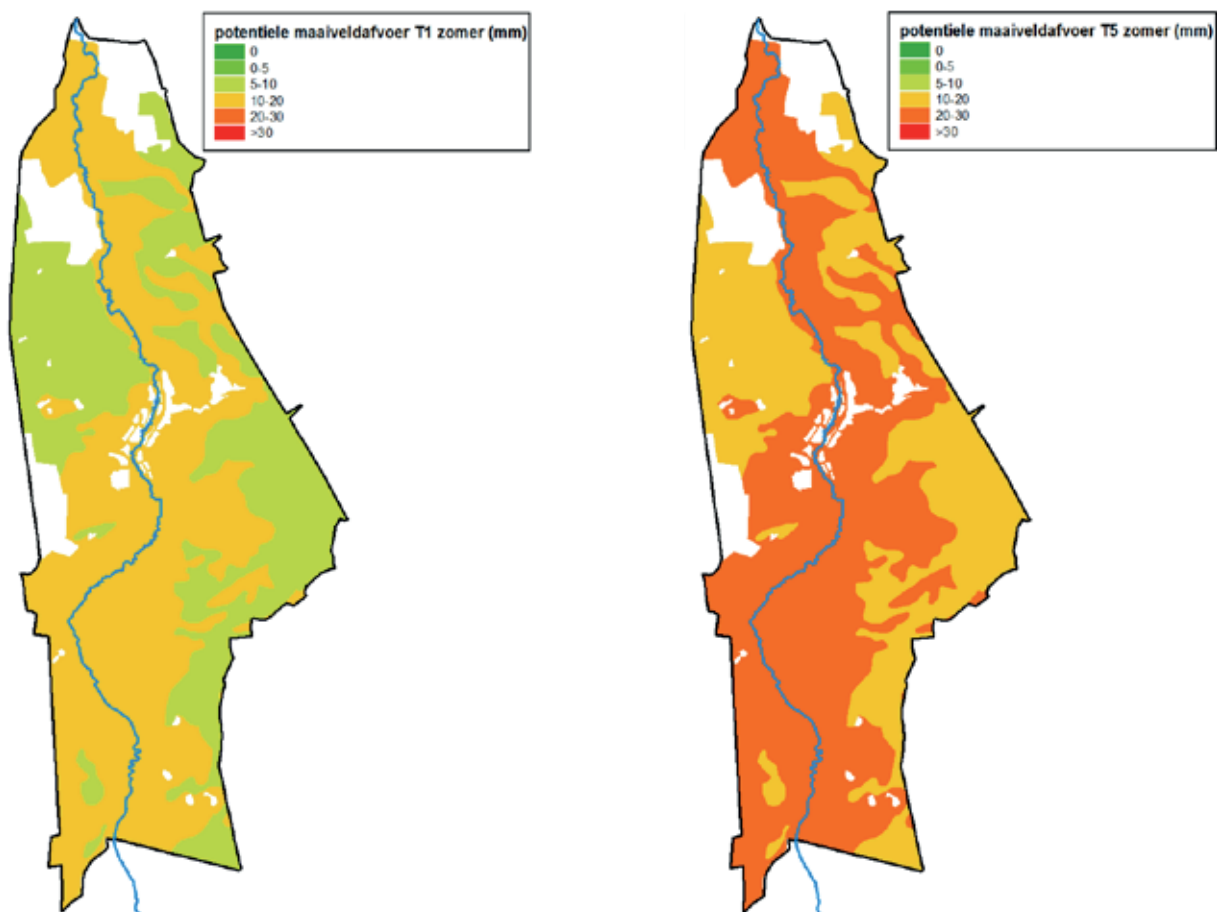


De kans op oppervlakkige afstroom na hevige zomerse buien is groter dicht bij de beek dan verder van de beek (Figuur 5.10). Het verschil tussen beekdal en omgeving is echter kleiner dan bij de Eefse Beek en het Gasterensche Diep. De beekdalbodem van de Tongelreep heeft namelijk een hogere infiltratiecapaciteit dan het kleidek en de veenlaag in de beekdalen van de Eefse Beek en het Gasterensche Diep. Hierdoor is de potentiële maaiveldafvoer nabij de beek kleiner in de Tongelreep, en daarmee de kans op bodemerosie.

Samenvattend draagt het omringende land via watererosie waarschijnlijk nauwelijks bij aan het beeksediment. Dit komt vooral door het grote areaal aan natuur en de goed doorlatende bodem (zelfs in het beekdal). Zeer lokaal zijn er hotspots waar de bijdrage iets groter kan zijn. Het gaat dan om aan de beek grenzende percelen in de risicoklasse 'laag' tot 'middelmatig'.

FIGUUR 5.10

Berekende potentiële maaiveldafvoer na een hevige zomerse bui die gemiddeld eens per jaar voorkomt (links) en eens per vijf jaar (rechts). De witte gebieden (bebouwing en open water) zijn buiten beschouwing gelaten.



▶▶ 6 LAGE RAAM

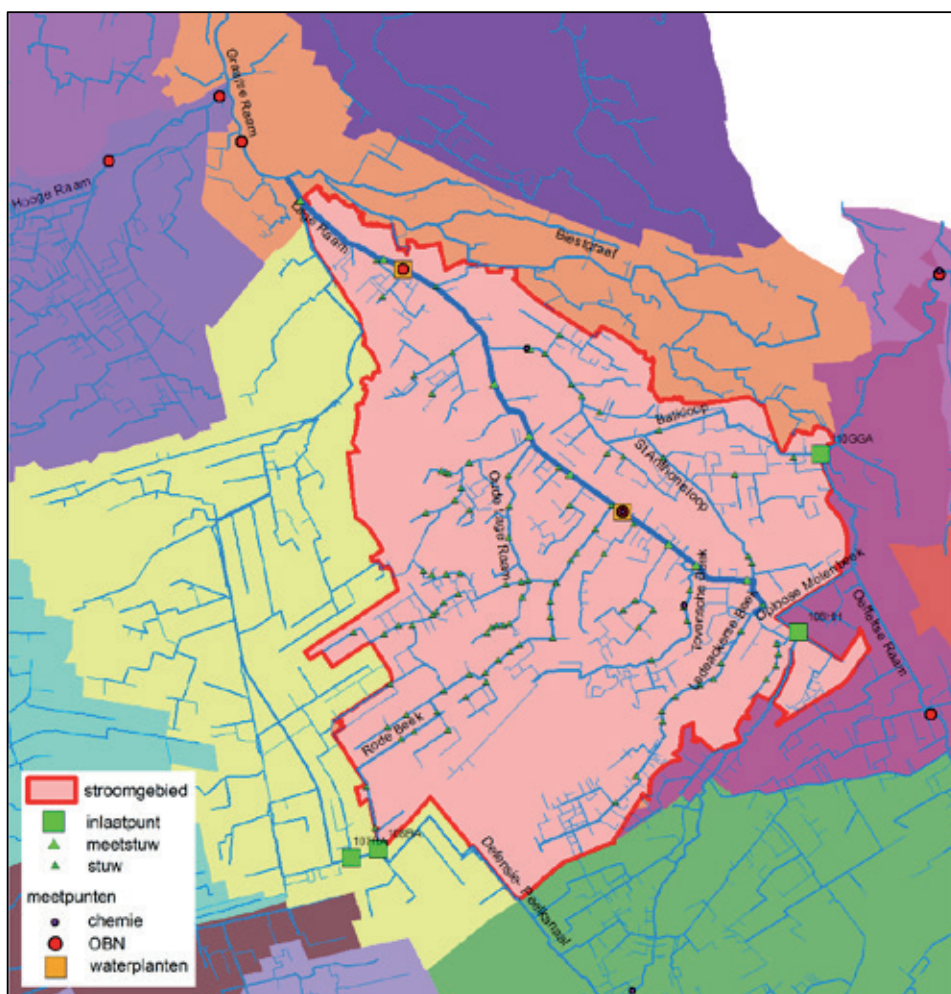
6.1 Watersysteem

De Lage Raam is zo'n 14 kilometer lang, stroomt in noordwestelijke richting en watert via de Graafse Raam af op de Maas (Figuur 6.1). Het stroomgebied van de Lage Raam bevat veel zijlopen die uitstromen op de Lage Raam, zoals de Rode Beek, de Tovensche Beek en de Balkloop. Het stroomgebied ontvangt zowel aan de zuid- als de oostkant gebiedsvreemd water. Aan de zuidkant betreft het kleine waterinlaat (tot maximaal 0.1 m³/s) in droge periodes vanuit het Defensie-Peelkanaal via twee locaties. Aan de oostkant zijn twee inlaatpunten die zeer sporadisch actief zijn tijdens piekbuien of hoogwatersituaties van de Maas. Het water van de Oploose Molenbeek en de Oeffeltse Raam stroomt dan niet meer allemaal rechtstreeks naar de Maas, maar wordt deels afgevoerd via de Lage Raam (via o.a. de Balkloop). De inlaat via de Balkloop wordt in de toekomst mogelijk ook in droge periodes gebruikt voor de aanvoer van (Maas)water.

Het water stroomt binnen het stroomgebied onder vrij verval zoals is af te leiden uit de hoogtekaart (Figuur 6.2). De Lage Raam en haar bovenstroomse beken zijn genormaliseerd en voorzien van stuwen. Van meandering is geen sprake. Het stroomgebied bevat geen RWZI.

FIGUUR 6.1

Stroomgebied van de Lage Raam, inclusief zijbeken, waterinlaatpunten, stuwen en meetpunten.

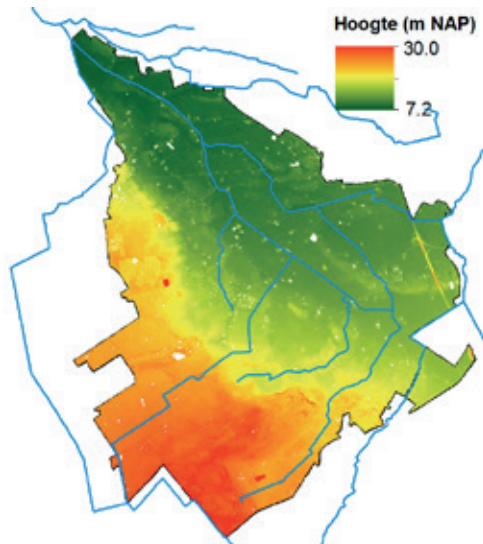


Het gehele stroomgebied van de Lage Raam (inclusief zijbeken) beslaat een oppervlak van bijna 85 km². Qua landgebruik bestaat het voor bijna twee-derde uit landbouw (63%), voor 17% uit stedelijk gebied en voor 20% uit natuur (Figuur 6.3). De natuur (naaldbos en heide) ligt vooral in de hoger gelegen bovenstroomse delen, terwijl het beekdal van de Lage Raam vrijwel alleen maar bestaat uit landbouwgebied. De percelen langs de Lage Raam zijn vooral in gebruik voor akkerbouw (vooral mais) en agrarisch gras. Natuurgrasland komt alleen voor in het meeste benedenstroomse deel van de Lage Raam.

De bodemkaart laat zien dat het stroomgebied vrijwel alleen maar bestaat uit zandgronden, met uitzondering van enkele kleigronden in het uiterst benedenstroomse deel van het stroomgebied (Figuur 6.4). De zandgronden zijn vooral zwak lemig van aard. Het beekdal van de Lage Raam bestaat met name uit zwak-lemige beekkeerdegronden.

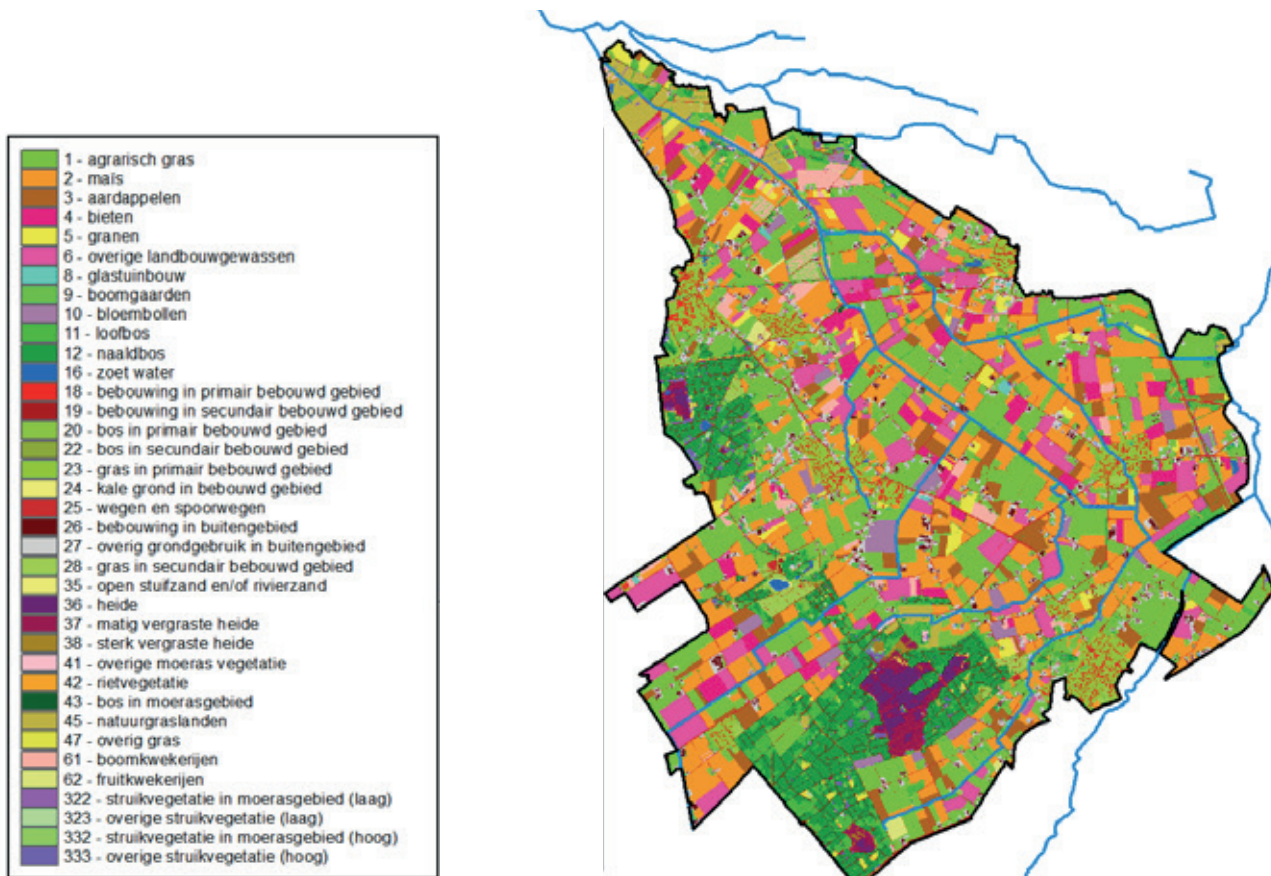
FIGUUR 6.2

Hoogtekaart van het stroomgebied (bron: AHN2).



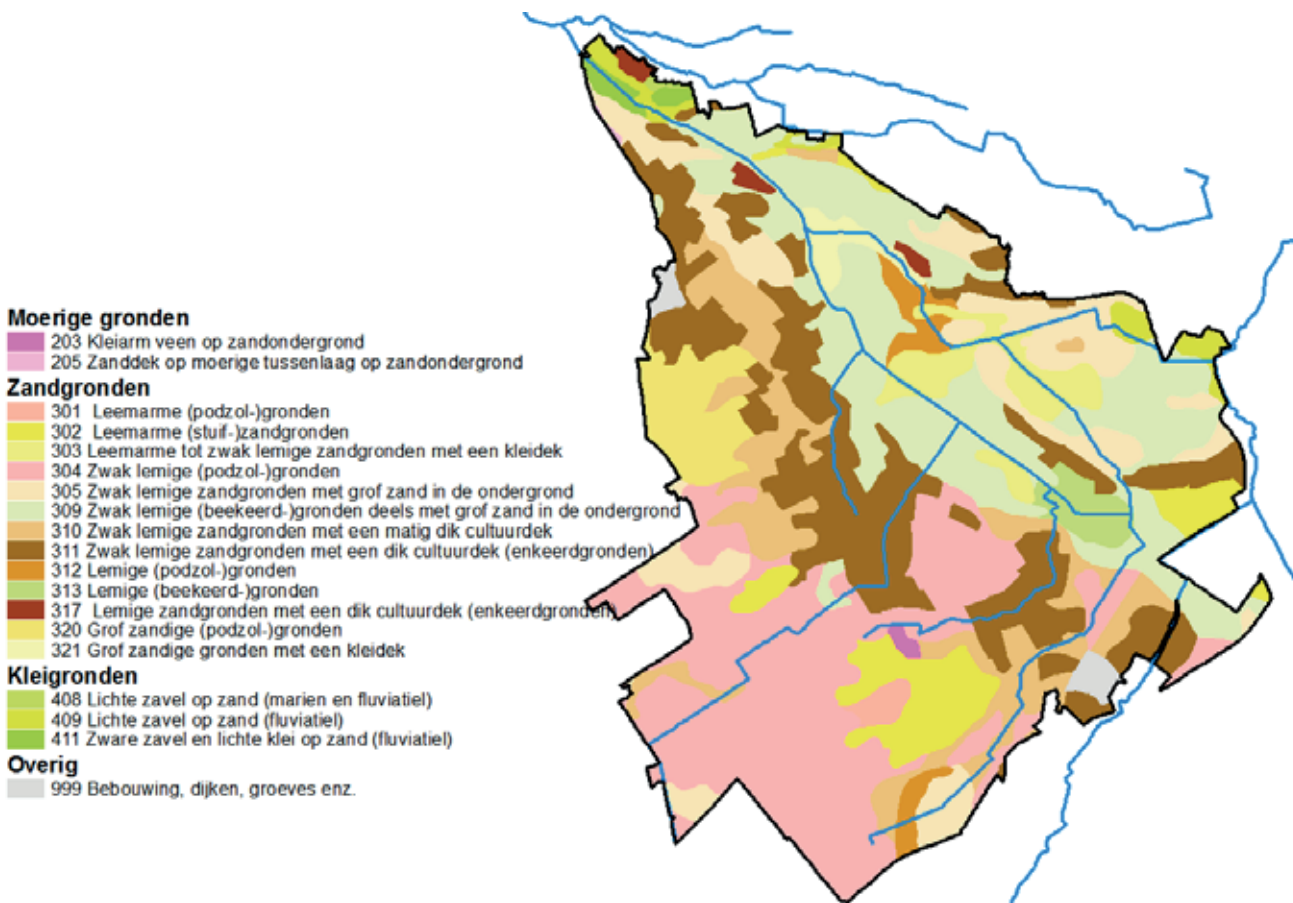
FIGUUR 6.3

Landgebruik van het stroomgebied (bron: LGN2018).



FIGUUR 6.4

Bodemtype van het stroomgebied (bron:BOFEK2012).



6.2 Externe bronnen

De Lage Raam heeft verschillende bronnen van extern slib, namelijk riooloverstorten en inlaatwater vanuit het Peelkanaal, de Oeffeltse Raam en de Oploose Molenbeek (Figuur 6.5).

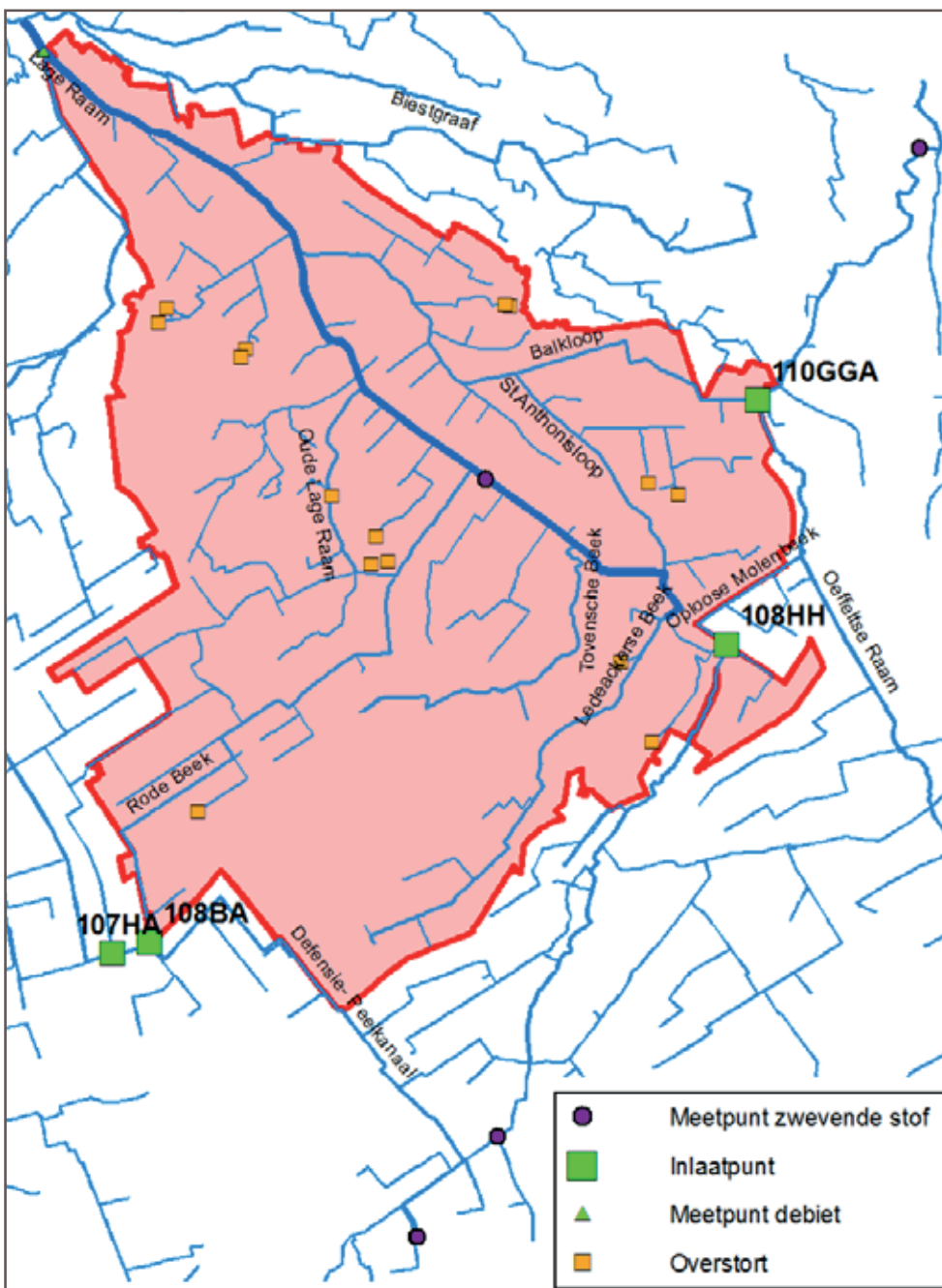
Qua overstorten gaat het om vijftien locaties verdeeld over het stroomgebied. Het betreft overstorten van een gemengd riooleringsstelsel die alleen actief zijn bij hevige regenval, wanneer de riolen dreigen over te lopen en de overstorten fungeren als noodventiel. Dit gebeurt naar verwachting hooguit enkele keren per jaar. De hiermee gemoeide aanvoer van rioolslib is waarschijnlijk klein in vergelijking met het gebiedseigen slib, zeker op jaarbasis. Ook is het de vraag in hoeverre dit rioolslib de Lage Raam bereikt, omdat geen van de locaties direct loost op de Lage Raam.

Er wordt nauwelijks water ingelaten in het stroomgebied van de Lage Raam (Figuur 6.6). Er zijn dan wel vier verschillende inlaatlocaties, maar deze zijn nauwelijks actief of het gaat om kleine hoeveelheden water. Zo bedraagt de inlaat vanuit het Peelkanaal (via inlaat 107HA en 108BA) jaargemiddeld nog geen 5% van de totale afvoer bij het uitstroompunt van de Lage Raam. Deze inlaat is vooral actief in droge zomerperiodes en het water bevat gemiddeld ongeveer net zo veel zwevende stof als het uitstromende water. De inlaten vanuit de Oploose Molenbeek (108HH) en de Oeffeltse Raam (110 GGA) zijn alleen actief in natte periodes en bij hoogwaterstanden van de Maas. Het debiet van inlaat 108HH wordt niet gemeten. Het debiet van inlaat 110GGA wordt vanaf maart 2018 gemeten waaruit blijkt dat de inlaat sindsdien nauwelijks actief is geweest. De laatste keer dat beide inlaten actief zijn ingezet was tijdens hevige buien in de natte juni maand van 2016.

Samenvattend spelen externe bronnen waarschijnlijk een geringe rol bij de vorming van slib in de Lage Raam. De bijdrage via overstorten is waarschijnlijk minimaal. De inlaat van water vanuit het Peelkanaal is beperkt en zal vooral lokaal (nabij de inlaat) en in droge periodes van invloed zijn op de slibhuishouding. De inlaten vanuit de Oeffeltse Raam en Oploose Molenbeek zijn zeer sporadisch actief (minder dan eens per jaar) bij hoogwatersituaties op de Maas. Als deze inlaten actief zijn dan is er waarschijnlijk wel veel water en sediment gemoeid met de inlaat, al zijn er geen gegevens om dit te kunnen staven.

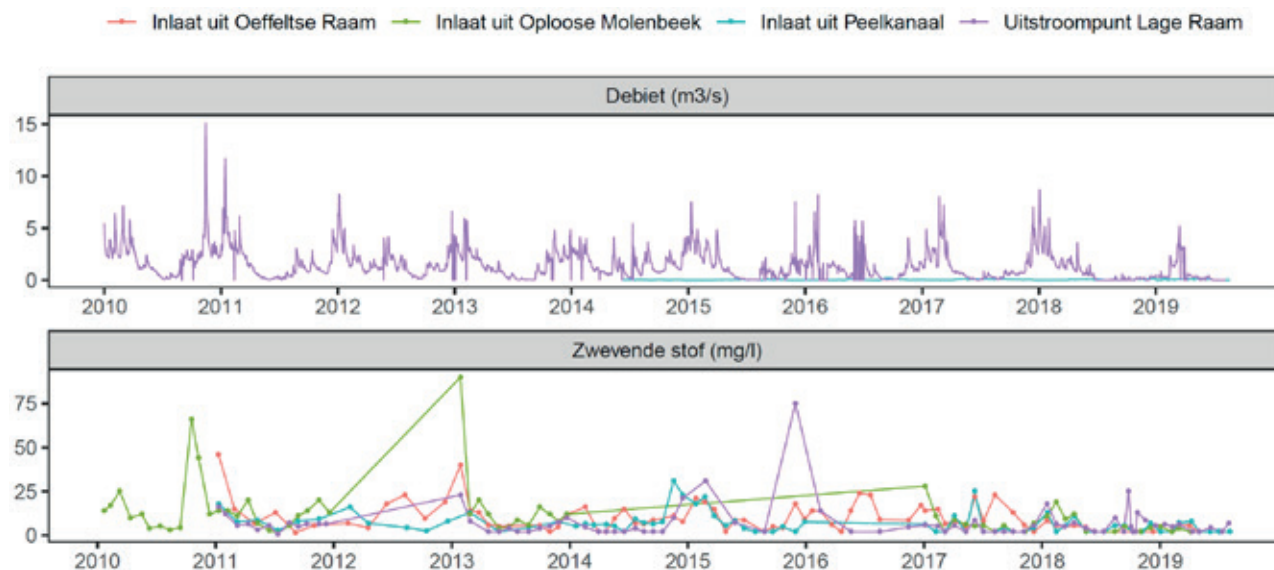
Figuur 6.5

Locatie van externe slibbronnen (waterinlaat en overstorten) in het stroomgebied. Ook zijn de locaties aangegeven waar het debiet en gehalten aan zwevende stof zijn gemeten.



FIGUUR 6.6

Debiet (boven) en gehalte aan zwevende stof (onder) van de Lage Raam (paars) en van de waterinlaat vanuit de Oeffeltse Raam (rood), de Oploose Molenbeek (groen) en het Peelkanaal (blauw), volgend uit metingen. De meetlocaties zijn terug te vinden in Figuur 6.5. NB. Debietgegevens ontbreken voor de inlaten vanuit de Oeffeltse Raam en de Oploose Molenbeek.



6.3 Detritus

Waterplanten

Uit metingen in de afgelopen jaren blijkt dat de Lage Raam rijk is aan waterplanten, resulterend in een bedekking aan ondergedoken waterplanten van 80 tot 95% (Tabel 6.1). De vraag is hoe representatief deze bedekkingsgraad is voor de gehele Lage Raam, omdat het gaat om weinig metingen (4) op weinig plekken (2). Echter, gezien het redelijk homogene karakter van de Lage Raam is er geen reden om aan te nemen dat de bedekking in andere delen van de Lage Raam compleet anders is.

Het maaibeheer van de Lage Raam varieert van intensief in het bovenstroomse deel tot extensiever in benedenstroomse richting (Figuur 6.7). Bovenstrooms worden het natte profiel en de taluds twee keer per jaar volledig gemaaid, terwijl in het midden- en benedenstroomse deel alleen een stroombaan wordt gemaaid met een breedte van respectievelijk 4 en 2 meter. Het baggeren van de Lage Raam is opgedeeld in cyclisch groot onderhoud (7 jaarcyclus) en baggeren dat door de aannemer van het maaibestek wordt uitgevoerd.

Bladval

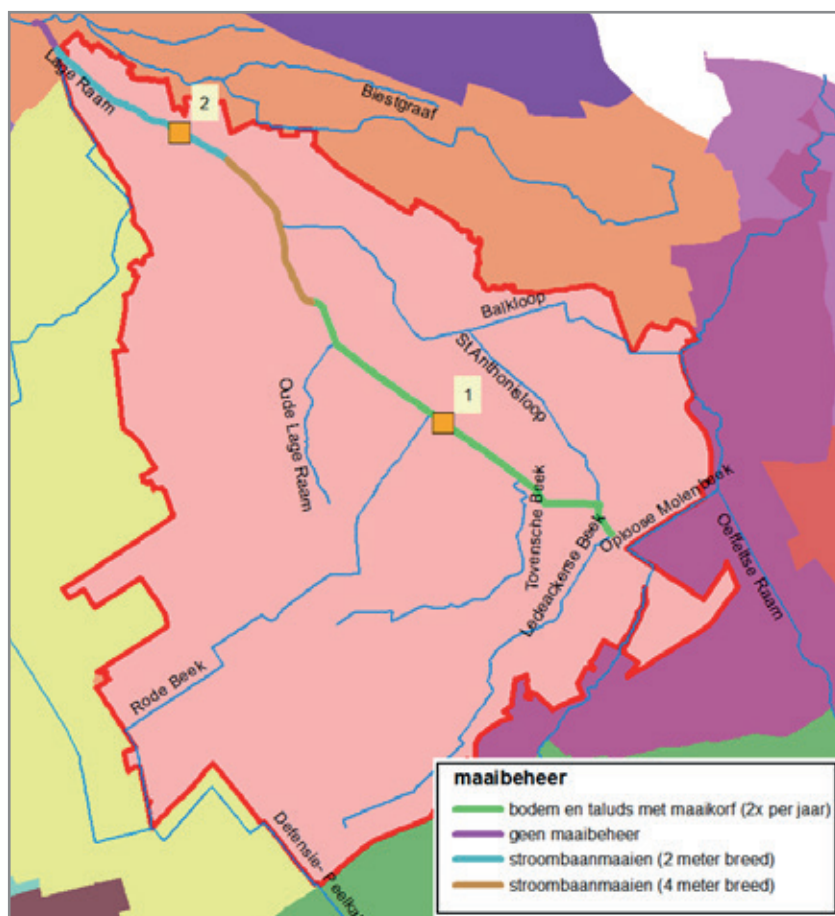
Gemiddeld is ongeveer 20% van de Lage Raam omgeven door bomen. Dit percentage varieert lichtelijk binnen de beekloop, van 20% in het bovenstroomse deel, en 5% in het middenstroomse deel, naar 30% in het benedenstroomse deel. Het belang van bladval is daarmee beperkt tot matig en speelt vooral lokaal.

Bijdrage detritus aan beekslib

Naar verwachting speelt detritus een matige tot grote rol bij de vorming van het beekslib in de Lage Raam. Dit komt vooral door de grote abundantie aan waterplanten, en niet zozeer door bladval. In het bovenstroomse deel is de rol van detritus waarschijnlijk het grootst, omdat dit deel vrij intensief wordt gemaaid. Niet alleen doordat het maaisel deels achterblijft, maar ook doordat maaien zorgt voor nieuwe (terug)groei van waterplanten en daarmee de hoeveelheid detritus stimuleert.

FIGUUR 6.7

Maaibeheer in de Lage Raam. Ook zijn de locaties te zien waar de waterplantenbedekking is gemeten (oranje vierkanten).



TABEL 6.1

Het voorkomen van ondergedoken waterplanten in juni/juli, zoals gemeten in 2016-2018 op de in Figuur 6.7 weergegeven meetlocaties. Submerse vegetatie = ondergedoken waterplanten, emerse vegetatie = deels boven het water uitstekende waterplanten.

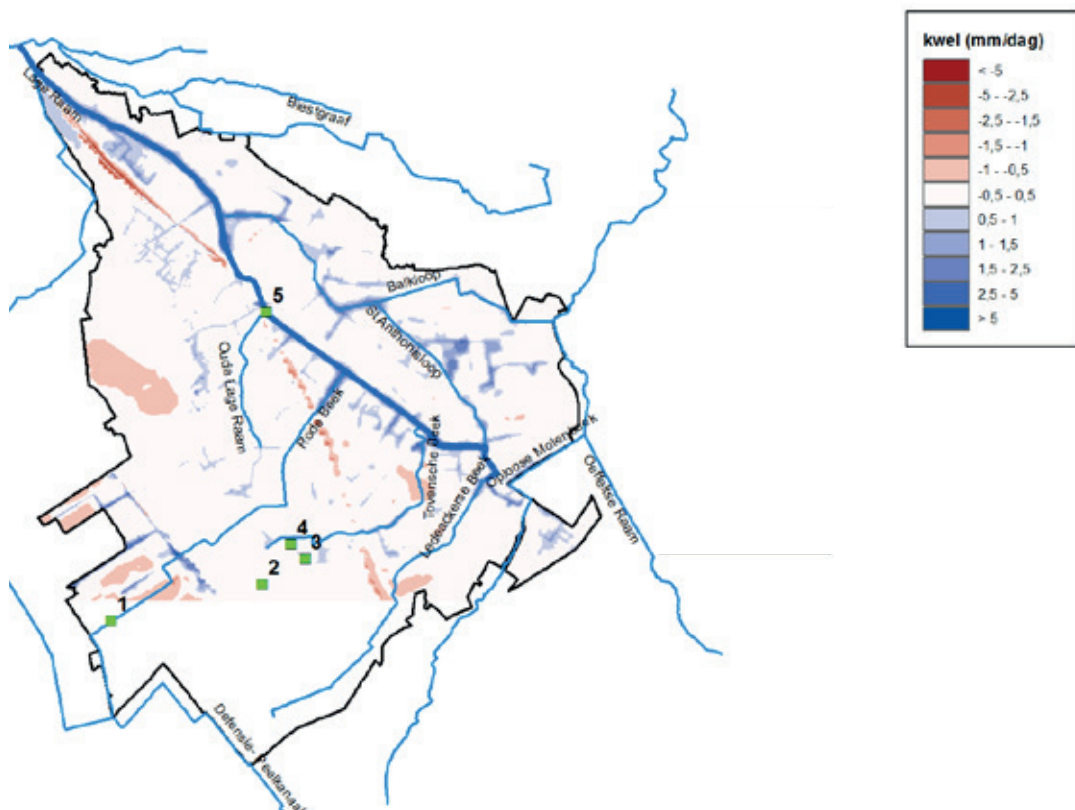
Meetpunt	Datum	Omschrijving	Bedekking (%)
2	4 juli 2016	Bedekking totaal vegetatie	80
		Bedekking draadalgen	10
		Bedekking drijfslag vegetatie	5
		Bedekking emerse laag vegetatie	4
		Bedekking submerse laag vegetatie	80
1	16 juni 2016	Bedekking totaal vegetatie	60
		Bedekking totaal vegetatie	65
		Bedekking totaal vegetatie	70
		Bedekking draadalgen	90
		Bedekking drijfslag vegetatie	10
		Bedekking emerse laag vegetatie	10
		Bedekking submerse laag vegetatie	95

6.4 IJzerrijke kwel

In het stroomgebied van de Lage Raam staan met name de beekdalen onder invloed van kwel. De kweldruk is het hoogst in de beekdalen van de Lage Raam en de St. Anthonisloop, en varieert van licht tot matig en lokaal sterk. Deze beekdalen liggen het laagst in het stroomgebied en ontvangen waarschijnlijk kwelwater van het hoger gelegen zuidwestelijke deel (Figuur 6.2). De gemeten beekafvoeren bevestigen de aanwezigheid van kwel. In de zomer is er namelijk maar een beperkte behoefte aan inlaatwater (Figuur 6.6). Alleen in droge periodes wordt mondjesmaat water ingelaten vanuit het Peelkanaal. Het ijzergehalte van het kwelwater is lastig te bepalen. Metingen van de grondwaterkwaliteit laten zien dat het grondwater plaatselijk en vooral op grotere dieptes rijk is aan ijzer (Figuur 6.9).

FIGUUR 6.8

Kwelflux (mm/dag) in het stroomgebied. Kwel = positieve waarde (blauw), wegzijging = negatieve waarde (rood). De groene vierkanten tonen de locaties waar de grondwaterkwaliteit is bemeten op ijzergehaltenes. NB. Voor het zuidelijk deel van het stroomgebied waren geen modelgegevens beschikbaar.

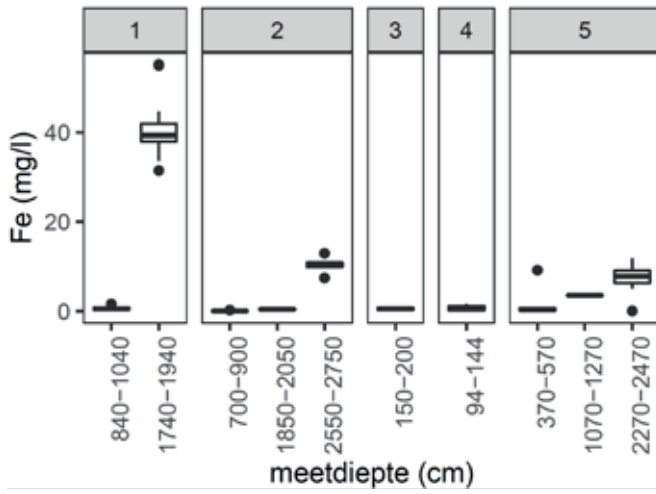


Naast ijzerrijke (diepe) kwel draagt de ondiepe uitspoeling van neerslag- en grondwater waarschijnlijk ook bij aan het ijzer in het beekslib. Dit ondiep uitspoelend water doorstroomt namelijk de bodem en deze bodem is lokaal rijk aan ijzer en ijzeroer, zoals blijkt uit de 1:50.000 bodemkaart en historische geologische kaarten (Figuur 6.10). De ijzerrijke bodems liggen vooral in het beekdal van de Lage Raam en de St. Anthonisloop en zijn mogelijk ontstaan onder invloed van ijzerrijke kwel.

Samenvattend speelt ijzer waarschijnlijk een matige rol in de vorming van het beekslib. Lokaal is er in het beekdal van de Lage Raam matige tot sterke kwel die mogelijk ijzerrijk is. Daarnaast is de bodem in het beekdal op veel plekken rijk aan ijzer en/of ijzeroer. Hierdoor vormt ondiep uitspoelend neerslag- en grondwater waarschijnlijk een bron van ijzer, vooral als dit water onderweg ijzerrijke bodemafzettingen passeert.

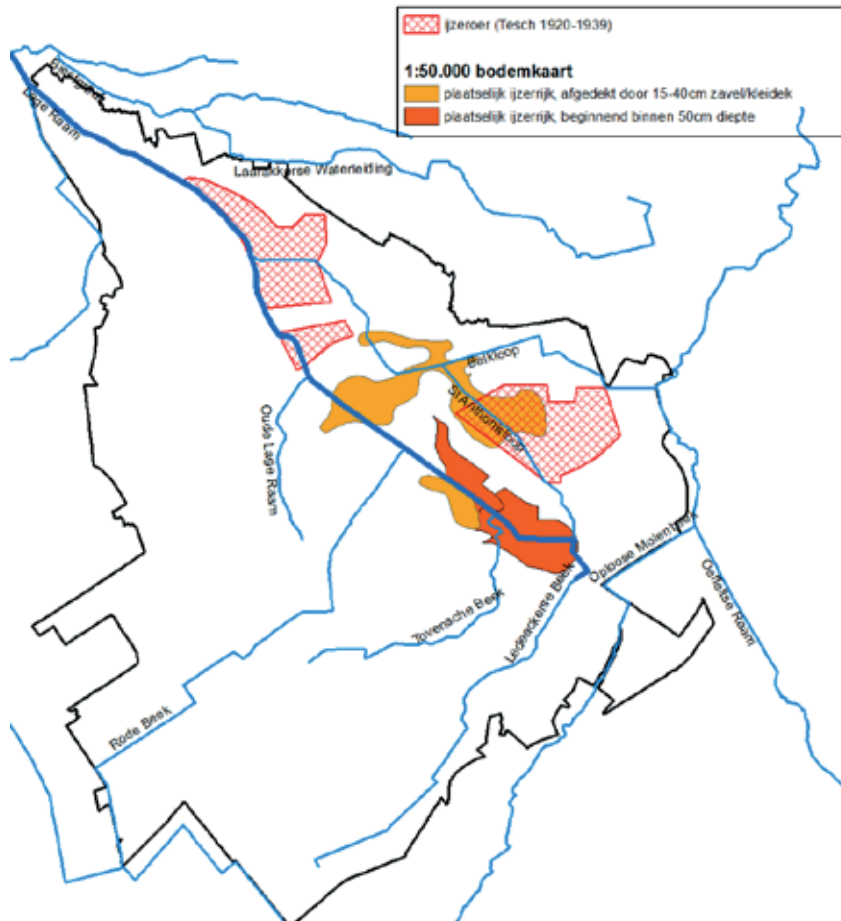
FIGUUR 6.9

Ijzergehaltes in het grondwater, zoals gemeten op verschillende dieptes en in verschillende peilbuizen (1 en 2) in de periode 1980-2019. De peilbuislocaties staan in Figuur 6.8.



FIGUUR 6.10

Het voorkomen van ijzer in de bodem volgens de 1:50.000 bodemkaart van 2006. De aanwezigheid van ijzeroer is ingetekend op basis van historische geologische kaarten (H. Tesch, '20 en '30 van vorige eeuw).

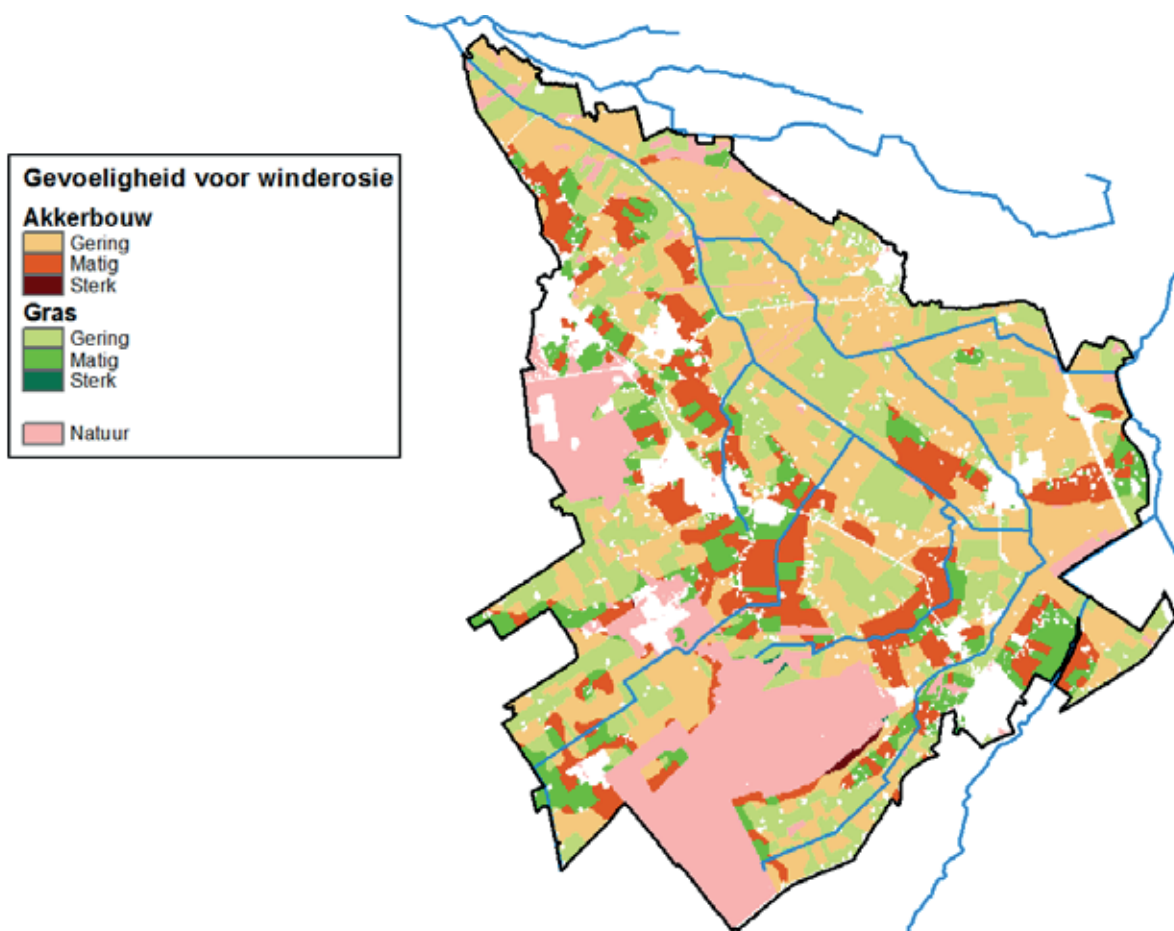


6.5 Winderosie

Het verstuivingsrisico in het stroomgebied is weergegeven in [Figuur 6.11](#). Dit risico speelt vooral in (kale) akkerbouwgronden en niet in (begroeid) grasland en natuur. Het is dus vooral van belang om naar de akkerbouwgebieden te kijken en de bijbehorende rode kleurtinten. Ongeveer 45% van het stroomgebied bestaat uit akkerbouwgronden: 33% met gering risico en 12% met matig risico op verstuiving. De waterlopen grenzen vaak direct aan akkerbouwgrond, in tegenstelling tot de Tongelreep en het Gasterensche diep waar het beekdal voornamelijk bestaat uit grasland. Dat betekent dat het winderosie in het Lage Raam stroomgebied waarschijnlijk een grotere bijdrage levert aan het beekslib dan in de andere onderzochte stroomgebieden. Daarbij zijn een aantal hotspots aan te wijzen in de Lage Raam, de Rode Beek en de Tovensche Beek, waar zones met matig risico (rode vlakken) direct grenzen aan de beek.

Figuur 6.11

Gevoeligheid voor verstuiving in stroomgebied.



6.6 Watererosie

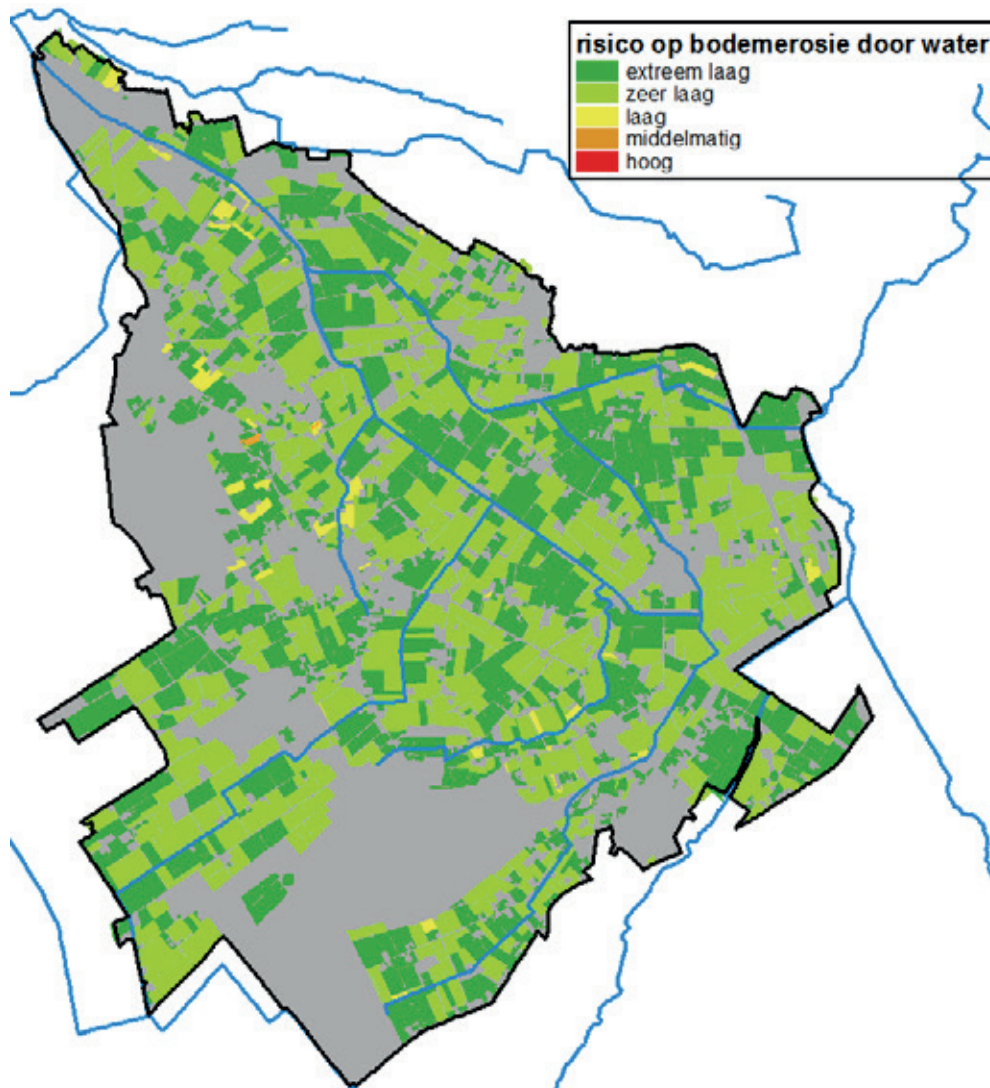
Het risico op bodemerosie door oppervlakkige afstroom is gemiddeld genomen klein in het stroomgebied van de Lage Raam ([Figuur 6.12](#)). Het gros van de percelen heeft risicoklasse 'extreem laag' en 'zeer laag'. De beken grenzen vooral aan deze percelen, met uitzondering van kleine stukjes beek die grenzen aan een handvol percelen met de risicoklasse 'laag'. De twee percelen met risicoklasse 'middelmatic' grenzen niet direct aan de beek.

De kans op oppervlakkige afstroom na hevige zomerse buien is het grootst in bepaalde delen van het beekdal waar de zandgrond is voorzien van een kleidek (Figuur 6.13). Het gaat om enkele plekken in het beekdal van de Balkloop, de St. Anthonisloop en de Lage Raam. De overige gebieden hebben een goede infiltratiecapaciteit en daardoor geringere kans op maaiveldafvoer.

Samenvattend draagt het omringende land via watererosie waarschijnlijk nauwelijks bij aan het beeksediment. Lokaal zijn er hotspots met een iets hoger risico. Dat geldt voor de paar percelen langs de beek met risicoklasse 'laag', en voor akkerbouwpercelen daar waar het beekdal is voorzien van een kleidek.

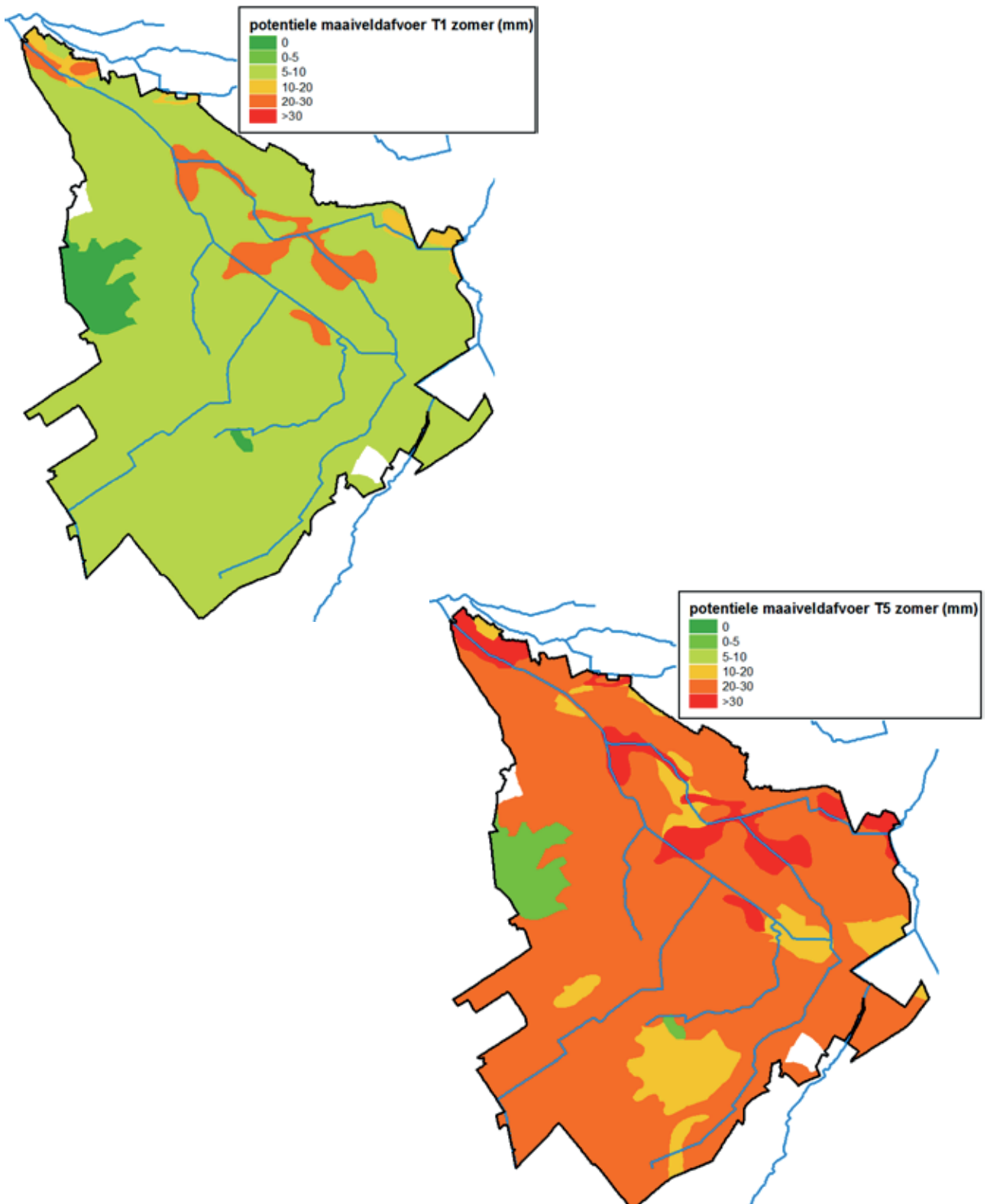
FIGUUR 6.12

Kans op bodemerosie door maaiveldafvoer, zoals berekend voor alle landbouwpercelen met de 'Universal Soil Loss Equation'. In de grijze gebieden (natuur en bebouwd gebied) is de kans op bodemerosie niet berekend, vanwege de zeer geringe kans in vergelijking met landbouwpercelen.



FIGUUR 6.13

Berekende potentiële maaiveldafvoer na een hevige zomerbui die gemiddeld eens per jaar voorkomt (links) en eens per vijf jaar (rechts). De witte gebieden (bebouwing en open water) zijn buiten beschouwing gelaten.



►► 7 SYNTHESE EN DOORKIJK

7.1 Belang van slibbronnen in de vier beeksystemen

Het belang van de verschillende slibbronnen in de vier onderzochte beeksystemen is samengevat in [Tabel 7.1](#). Het gaat om een kwalitatieve inschatting voor het stroomgebied als geheel, op basis van de resultaten die zijn beschreven in [hoofdstuk 3 t/m 6](#). Van de in [Tabel 7.1](#) benoemde slibbronnen zijn alleen oeverafkalving en verweking niet beschreven in de voorgaande hoofdstukken, omdat de bijdrage van deze bronnen lastig te bepalen is op basis van de beschikbare gegevens. Deze paragraaf sluit daarom af met een grofstoffelijke beschouwing over de kans op oeverafkalving en verweking in de onderzochte beeksystemen, waarin het geschatte belang in [Tabel 7.1](#) wordt onderbouwd.

Bij de interpretatie van [Tabel 7.1](#) is een aantal zaken van belang. Ten eerste geven de gebruikte kleuren geen waardeoordeel. Groen betekent dat een slibbron geen of een beperkte rol speelt. Voor de kleuren geel, oranje en rood neemt de rol van de slibbron toe, al hoeft dit niet te betekenen dat dit per definitie slecht is. Zo streef je in beekstelsystemen juist een grote rol voor oeverafkalving na, als teken van een goede hydromorfologie als gevolg van een natuurlijke stromingsdynamiek. De oeverafkalving kleurt in de tabel dus roder in natuurlijkere beeksystemen dan in overgedimensioneerde rechtgetrokken beken. Ten tweede geven de plusjes in de tabel niet de hoeveelheid slib per bron weer, maar de waarschijnlijkheid dat de bron een rol speelt. De plusjes van de verschillende bronnen zijn dus niet onderling te vergelijken. Het doel van de tabel is vooral om het belang van een bepaalde slibbron te vergelijken voor de verschillende beken, en niet om voor een bepaalde beek te bekijken welke bron het meeste slib produceert. De tabel is dus vooral kwalitatief. Dit kwalitatieve aspect van de tabel is tevens de reden dat de bijdrage van een bron is weergegeven met plusjes in plaats van met getallen. Het gebruik van getallen zou een bepaalde schijnnaauwkeurigheid introduceren. Het kwantitatieve aspect van de bronnen (welke bron levert het meeste slib op een bepaalde locatie) komt aan de orde in het vervoltraject van 'Grip op slib', namelijk bij de meetcampagne waarin de samenstelling van het slib wordt gemeten in relatie tot de samenstelling van de slibbronnen.

[Tabel 7.1](#) laat zien dat de gemiddelde bijdrage van de verschillende slibbronnen behoorlijk verschilt tussen de beeksystemen. Zo zijn de landbouw-beïnvloede stroomgebieden van de Eefse Beek en de Lage Raam gevoeliger voor sedimentaanvoer van het omringende land (via water- en winderosie van vooral kale akkerbouwpercelen) dan de meer natuurlijke stroomgebieden van de Tongelreep en het Gasterensche Diep. In deze laatstgenoemde meer meanderende en sneller stromende beken is de invloed van oeverafkalving waarschijnlijk groter, gerelateerd aan natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen. In de Eefse Beek en de Lage Raam is daarentegen de bijdrage aan slib door afgestorven waterplanten groter, zeker in de rechtgetrokken, gestuwde delen die gevoelig zijn voor woekering van planten.

TABEL 7.1

Kwalitatieve inschatting van de rol van sedimentbronnen per stroomgebied (0=geen/zeer beperkte rol, +=geringe rol, ++=matige rol, +++=grote rol). De bronnen zijn ingedeeld naar categorieën (bovenste rij). 'Autigeen' staat voor slib dat is gevormd in de beek zelf en bestaat uit een organische component (via detritus) en een anorganische component (ijzerhoudend slib dat ontstaat via ijzerrijke kwel en/of een ijzerrijke landbodem).

	Extern	Autigeen	Omringende land			Overig	
	Extern	Organisch	Anorganisch	Winderosie	Watererosie	Oeverafkalving	Verweking
Gasterensche Diep	0	+/**	+++	+	+	++	+/**
Eefse Beek	++	+++	++	+	+/**	0	0
Tongelreep	+++ ¹	++	+	0	0/+	++	0
Lage Raam	+	+/**/+++	++	++	+	0	0

1 de instroom vanuit België via de Warmbeek wordt beschouwd als 'externe' bron.

De invloed van ijzerrijke kwel en daaraan gerelateerde vorming van ijzerhoudend sediment is het grootst in het Gasterensche Diep, al kan het beekslib ook rijk zijn aan ijzer in gebieden met minder kwel maar met een ijzerrijke landbodem zoals het geval is bij de Eefse Beek en de Lage Raam. De aanvoer van extern slib speelt vooral een rol in de stroomgebieden met waterinlaat, zoals de Eefse Beek (inlaat vanuit het Twentekanaal) en de Tongelreep (aanvoer van 'extern' water vanuit België via de Warmbeek).

Binnen het stroomgebied en binnen de beekloop kunnen de bronbijdrages sterk afwijken van de gemiddelde inschatting van Tabel 7.1. Dat is vooral zo naarmate het stroomgebied heterogener is qua gebiedskenmerken. Denk bijvoorbeeld aan ruimtelijke verschillen in landgebruik, bodemtype, kwel en hydromorfologie die leiden tot andere bronbijdrages. De ruimtelijke kaarten in de voorgaande hoofdstukken (3 t/m 6) geven een gedetailleerder beeld, over de heterogeniteit van de gebiedskenmerken en het daaraan gerelateerde belang en hotspots van slibbronnen. Van de onderzochte stroomgebieden is de Tongelreep in veel opzichten het meest heterogeen, bijvoorbeeld wat betreft inrichting en landgebruik. Zo is de bijdrage van detritus aan het slib waarschijnlijk anders in de delen waar de Tongelreep door bos stroomt (detritus bestaat hier vooral uit bladval en dood hout) dan delen waar de Tongelreep door een open (landbouw)landschap stroomt (detritus bestaat hier vooral uit afgestorven waterplanten).

FIGUUR 7.1

Morfologisch actief deel van het Gasterensche Diep (foto: Maas, 2018)



Oeverafkalving

Oeverafkalving kan een belangrijke bron van beeksediment zijn. Dat is vooral zo in morfologisch actieve beken met natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen. Denk daarbij aan erosie in buitenbochten en sedimentatie in binnenbochten, resulterend in oevererosie, plaatsvasten banken en oeverwallen. Van de onderzochte beeksystemen zijn de Tongelreep en het Gasterensche Diep morfologisch het meest actief. Ze hebben een hogere stroomsnelheid dan de Eefse Beek en de Lage Raam, en hebben een hoge mate van meandering. Zo laat recent hydromorfologisch onderzoek in het Gasterensche Diep zien dat het benedenstroomse deel alle kenmerken vertoont van een morfologisch actieve beek (Maas, 2018) (). Het bovenstroomse deel is morfologisch gezien minder actief.

In de Eefse Beek en de Lage Raam speelt oeverafkalving waarschijnlijk nauwelijks een rol. Beide beeksystemen zijn overgedimensioneerd, rechtgetrokken en gestuwd, resulterend in lage stroomsnelheden en zeer geringe morfologische activiteit (zie bijvoorbeeld [Figuur 4.7](#) met een sfeerimpressie van de Eefse Beek). Daarbij zijn de oevers doorgaans volledig begroeid, waardoor de kans op oevererosie verder afneemt. Wel draagt beheer en onderhoud mogelijk bij aan oevererosie. In de Eefse Beek worden de oevers namelijk jaarlijks gemaaid en in het midden- en bovenstroomse deel van de Lage Raam gebeurt dit zelfs tweemaal per jaar. De Lage Raam wordt bovendien gemiddeld eens in de zeven jaar gebaggerd. Bij deze maai- en baggerwerkzaamheden kan oevererosie optreden. Daarnaast kan vertrapping van de oever door vee (koeien) een bron van oevererosie zijn, ook voor het Gasterensche Diep en de Tongelreep. Al is voor de verschillende beeksystemen niet onderzocht in hoeverre de graslanden rondom de beek worden begraaasd door koeien.

Verweking

Verweking van de onderliggende waterbodem draagt bij aan de vorming van beekslib op plekken waar nauwelijks beekslib ligt waardoor het moedermateriaal is blootgesteld. Bij een dikke sliblaag speelt verweking dus nauwelijks een rol. Daarnaast is niet al het moedermateriaal gevoelig voor verweking. Zo treedt er nauwelijks verweking op in zandig moedermateriaal. Daardoor zal verweking nauwelijks een rol spelen in de Eefse Beek, de Tongelreep en de Lage Raam, omdat deze beken zijn ingesneden in zandgrond. Verweking speelt waarschijnlijk een grotere rol in het Gasterensche Diep, omdat deze beek een veenpakket doorsnijdt en veen gevoeliger is voor verweking dan zand, evenals klei. Overigens kan een beek wel in het veen liggen, maar alsnog een zandbodem hebben, bijvoorbeeld omdat de beek er doorheen steekt of omdat de aanvoer van slib daar in het verleden voor heeft gezorgd. Dit speelt ook in delen van het Gasterensche diep.

7.2 Hotspots van slibherkomst met oog op veldcampagne

In 2020 vindt in het kader van 'Grip op Slib' een veldonderzoek plaats naar de herkomst van slib. Deze veldcampagne richt zich op het meten van de samenstelling van het beekslib in relatie tot de samenstelling van potentiële slibbronnen, om zo te achterhalen welke bronnen het meest bijdragen aan het beekslib. De uitkomsten van dit rapport helpen bij het selecteren van de juiste meetlocaties, namelijk door per bron te meten op hotspots die in dit rapport zijn geïdentificeerd. [Figuur 7.4](#) t/m [Figuur 7.6](#) laten per stroomgebied de voorgestelde meetlocaties zien, op basis van hotspots voor watererosie, winderosie en extern slib. Hierbij is vooral gezocht naar hotspots in de buurt van OBN-locaties. Deze OBN-locaties zijn in 2019 gemeten in het kader van het OBN-deel van het project 'Grip op slib'. Er is gemeten aan de samenstelling van het beekslib en de samenstelling van waterplanten. Door de veldcampagne in 2020 te centreren rond deze OBN-meetpunten kan optimaal gebruik worden gemaakt van de OBN-meetresultaten. Aandachtspunt bij de in [Figuur 7.4](#) t/m [Figuur 7.6](#) weergegeven hotspots van wind- en watererosie is of de betreffende percelen zijn voorzien van een begroeide bufferstrook tussen perceel en waterloop. Zo ja, dan is de kans kleiner dat het sediment via wind- en vooral watererosie daadwerkelijk in de beek belandt.

FIGUUR 7.2

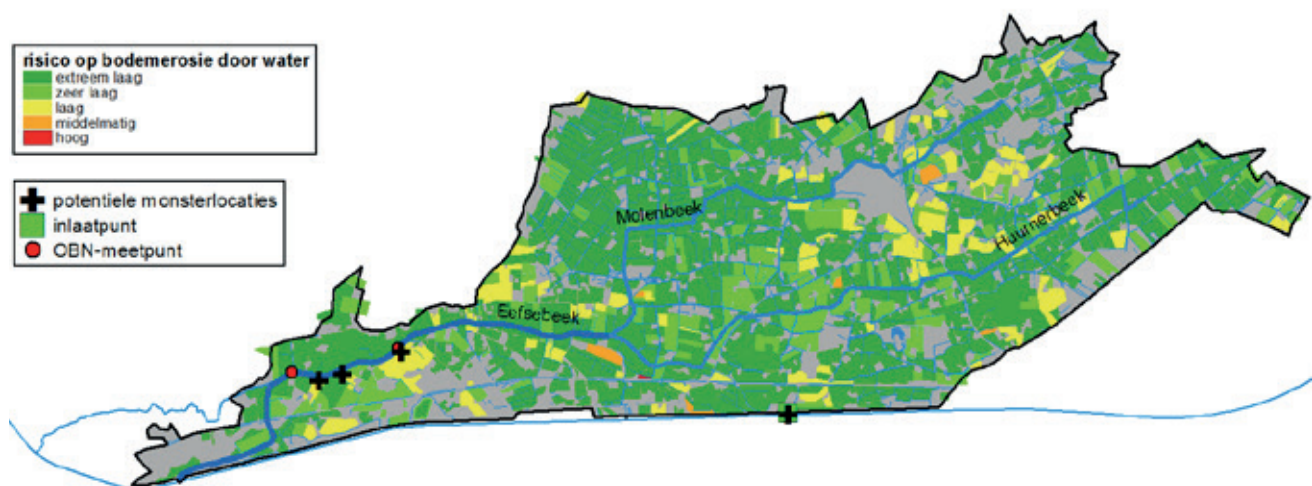
Voorbeeld in de Tongelreep van een steile, kale oever die gevoelig is voor oevererosie (foto: Dick Belgers).



De hierboven beschreven selectie van potentiële meetlocaties werkt echter niet voor alle bronnen, omdat niet voor alle bronnen hotspots te bepalen zijn op basis van de beschikbare (kaart)gegevens. Dit geldt voor de bronnen oeverafkalving, verweking, detritus (organisch autigeen slib) en de vorming van ijzerhoudend sediment door kwel of ijzerrijke bodems (anorganisch autigeen slib). Voor deze bronnen is het beter om hotspotlocaties te bepalen in het veld. Zoek voor oeverafkalving bijvoorbeeld naar steile kale oevers die gevoelig zijn voor oevererosie (Figuur 7.2), en neem hier een monster. Voor anorganisch autigeen slib kan gezocht worden naar locaties met roodgekleurde ijzerafzettingen. Zoek voor organisch autigeen slib naar geschikte monsterlocaties met veel bladval of veel waterplanten. Voor verweking zijn locaties interessant met een zeer dunne sliblaag waar het moedermateriaal is blootgesteld en gevoelig is voor verweking.

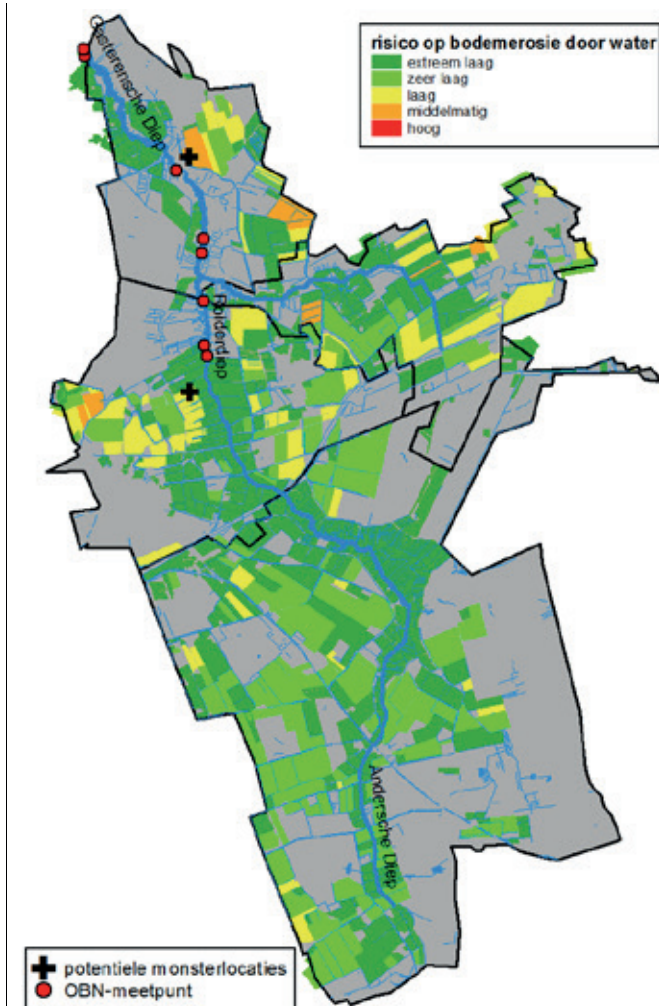
FIGUUR 7.3

Hotspots (zwarte kruizen) van winderosie, watererosie en extern slib in het stroomgebied van de Eefse Beek. De watererosie-risicokaart fungeert als achtergrond.



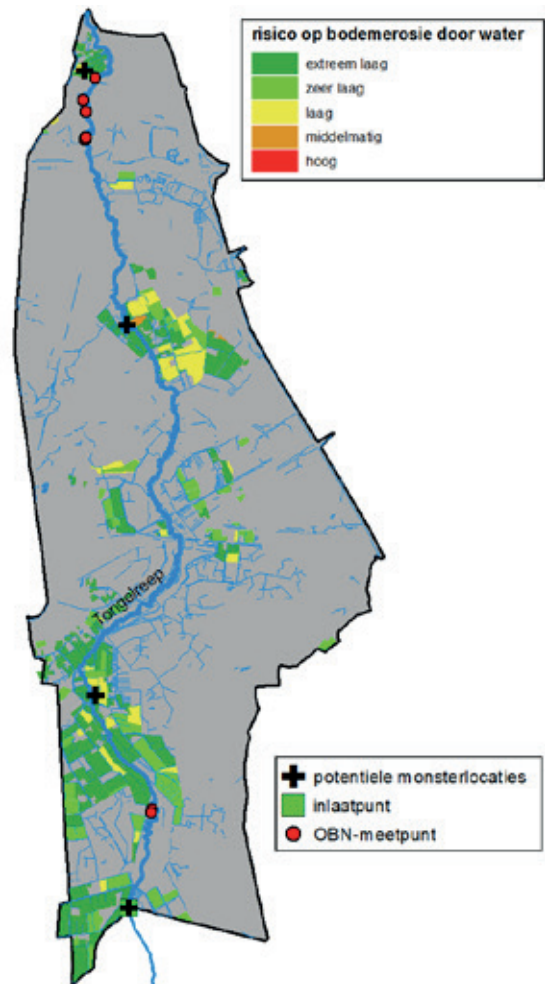
FIGUUR 7.4

Hotspots (zwarte kruizen) van wind- en watererosie in het stroomgebied van het Gasterensche Diep. De watererosie-risico kaart fungeert als achtergrond.



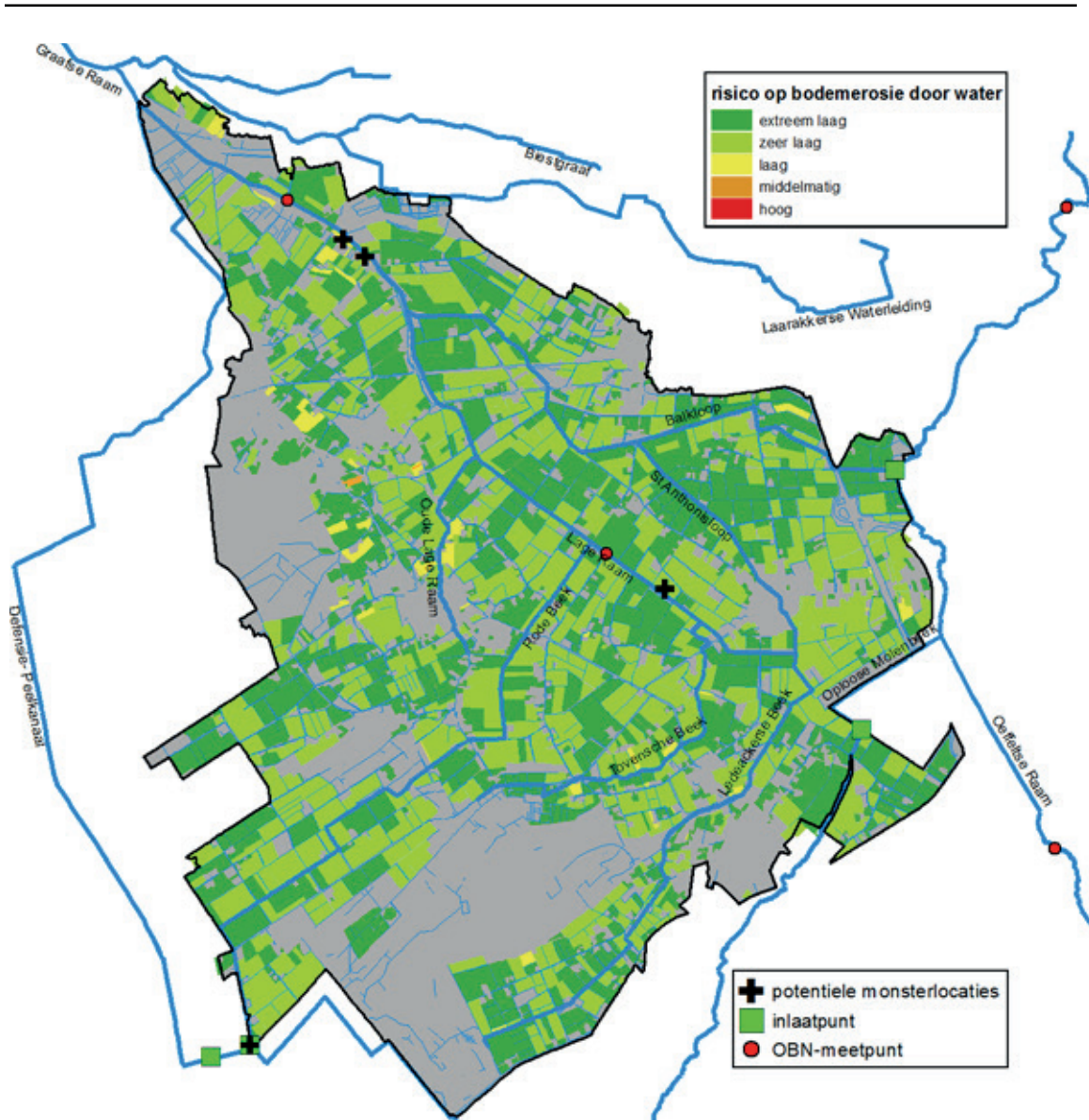
FIGUUR 7.5

Hotspots (zwarte kruizen) van winderosie, watererosie en extern slib in het stroomgebied van de Tongelreep. De watererosie-risicokaart fungeert als achtergrond.



FIGUUR 7.6

Hotspots (zwarte kruizen) van winderosie, watererosie en extern slib in het stroomgebied van de Lage Raam. De watererosie-risicokaart fungeert als achtergrond.



►► LITERATUUR

- Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D. Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten, 2012. Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 2409.
- Cate J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer, J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel D: Interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse vormen van landgebruik. Wageningen. DLO-Staring centrum. Technisch document 19D.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., C.L. Beek, T. Hoogland, M. Knotters, J.P. Mol-Dijkstra, R.L.M. Schils, A. Smit, F. de Vries, 2009. Kader-richtlijn bodem: basismateriaal voor eventuele prioritaire gebieden. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2007.
- Hessel, R., J. Stolte, M. Riksen, 2011. Huidige maatregelen tegen water- en winderosie in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2131.
- Horton, R.E., 1933. The role of infiltration in the hydrologic cycle. Transactions of the American Geophysics Union, 14th Annual Meeting, pp. 446–460.
- Maas, G., 2018. Hydro-geomorfologische analyse Gasterense- en Rolder Diep. Studie in het kader van ecologische sleutelfactoren stromende wateren.
- Massop, H.Th.L., P.J.T. van Bakel en P.G.B. de Louw, 2017. Maatgevende afvoer en maaiveldafvoer in waterschap Vechtstromen. Beschouwing over de bruikbaarheid van afvoernormen voor bepaling van de maatgevende afvoer, als gevolg van veranderingen in de waterhuishouding en optreden van maaiveldafvoer. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2839.
- Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Yu B., Klik A., Lim K.J., Yang J.E, Ni J., Miao C., Chattopadhyay N., Sadeghi S.H., Hazbavi Z., Zabihi M., Larionov G.A., Krasnov S.F., Garobets A., Levi Y., Erpul G., Birkel C., Hoyos N., Naipal V., Oliveira P.T.S., Bonilla C.A., Meddi M., Nel W., Dashti H., Boni M., Diodato N., Van Oost K., Nearing M.A., Ballabio C., 2017. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. Scientific Reports 7: 4175.
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., & Porter, J., 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. Journal of soil and water conservation, 46(1), 30-33.
- Roo, A. P. de, Wesseling, C. G. and Ritsema, C. J., 1996. LISEM: A single-event physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. I: Theory, input and output. Hydrol. Process., 10: 1107-1117
- Schoorl, J.M., Veldkamp, A., and Bouma, J., 2002, Modelling water and soil redistribution in a dynamic landscape context: Soil. Sci.Soc.Am.J., v. 66, p. 1610-1619.
- Stone, R.P., Hilborn, D. Factsheet, Universal Soil Loss Equation (USLE), 2012. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Ontario, Canada.
- Vreugdenhil, I., H. Westerhof, in prep. Technisch achtergrondrapport grondwatermodellering Tongelreep. In opdracht van Waterschap de Dommel.
- Winter, H.V., A.B. Griffioen en P.P. Schollema, 2019. Zijn de Ruiten Aa en Westerwoldsche Aa na beekherstel geschikt voor rivierprik? Een vergelijkende studie met Gasterense Diep (Drentsche Aa). Wageningen University & Research rapport C103/18.



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT