



Verkenning benedenloop Ratumse beek

Gilbert J. Maas, Dinja Bol, Michael van Buuren, Bas van Delft, Tom Harkema, Ralf C.M. Verdonshot



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Verkenning benedenloop Ratumse beek

Gilbert J. Maas¹, Dinja Bol², Michael van Buuren¹, Bas van Delft¹, Tom Harkema¹, Ralf C.M. Verdonschot¹

1 Wageningen Environmental Research

2 Waterschap Rijn & IJssel

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van Waterschap Rijn & IJssel.

Wageningen Environmental Research

Wageningen, januari 2023

Gereviewd door:

Dr. H.A.G. Woolderink, Onderzoeker Geomorfologie en Landschapsvorming (WENR)

Akkoord voor publicatie:

Dr. ir. M.J.D. Hack-ten Broeke, teamleider van Bodem Water Landgebruik

Rapport 3223

ISSN 1566-7197

Gilbert J. Maas, Dinja Bol, Michael van Buuren, Bas van Delft, Tom Harkema, Ralf C.M. Verdonschot, 2023. *Verkenning benedenloop Ratumse beek*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3223. 64 blz.; 40 fig.; 7 tab.; 13 ref.

Het klimaat verandert. Het watersysteem op het Winterswijk plateau is hier door de bijzondere opbouw van bodem en ondergrond extra gevoelig voor, met als gevolg dat beken van ecologische waarde, zoals de Ratumse beek, droogvallen. De uitdaging is om een robuuster watersysteem te creëren dat minder gevoelig reageert op weersextremen: beken met een hogere basisafvoer, afgevlakte afvoerpieken die tot ver in het groeiseizoen voldoende grondwater kunnen leveren voor natuur, landbouw en andere gebruiksfuncties. Voor de Ratumse beek is onderzocht of een verlegging van de benedenloop bijdraagt aan een klimaat-robuster watersysteem en wat de respons van de ecologie daarop kan zijn.

The climate is changing. Due to the special structure of the soil and subsoil, the water system on the Winterswijk plateau is extra sensitive to this, with the result that streams of ecological value, such as the Ratumse brook, run dry. The challenge is to create a more robust water system that responds less sensitively to weather extremes: streams with a higher basic discharge, smoothed discharge peaks that can supply sufficient groundwater for nature, agriculture and other uses well into the growing season. For the Ratumse beek, research is being carried out into whether a diversion of the lower course of the river contributes to a climate-robust water system and what the ecology's response to this could be.

Trefwoorden: beekherstel, bodemonderzoek, droogval, erfgoed, grondwater, ground penetrating radar, GPR, landschappelijke bodemkaart, macrofauna, reconstructie, watersysteem, watermolen

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/584329> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3223 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Gilbert Maas

Inhoud

Verantwoording	5
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Een steen verleggen in de Ratumse beek	11
1.1 Robuuster watersysteem	11
1.2 Opgaven vallen samen	12
1.3 Een reële optie?	12
1.4 Studiegebied	13
2 Hoe hebben we het aangepakt?	14
2.1 Reconstructie van de oude loop van de Ratumse beek	14
2.2 Actuele en potentiële ecologische waarde van de Ratumse beek	15
2.2.1 Macrofauna bemonstering	15
2.2.2 Ecologische kwaliteit en milieu-indicaties macrofauna	16
2.3 Wat is het effect op het grond- en oppervlaktewater?	19
2.3.1 Oppervlakte- en grondwaterdynamiek	19
2.3.2 Kenmerken en geometrie van het watersysteem	19
2.4 Schetsontwerpen	20
3 Reconstructie van een oude loop	21
3.1 Historie	21
3.2 Natuurlijk laagtes	24
3.3 Geulstructuren in de bodem	26
3.3.1 Radarbeelden	26
3.3.2 Veldbodemkundig onderzoek	29
4 Een nieuwe beekloop in een oud dal	34
4.1 Reconstructie	34
4.2 Schetsontwerpen	35
4.2.1 Natuurlijk beekprofiel	35
4.2.2 Natuurlijke landschap	35
4.2.3 Drie inrichtingsalternatieven	37
5 Hydrologie	39
5.1 Schets van de huidige situatie	39
5.1.1 Grondwater	40
5.1.2 Afvoer en afvoerverdeling	40
5.1.3 Droogval	41
5.1.4 Inundaties	42
5.2 Scenario's	43
5.2.1 Scenario 1	43
5.2.2 Scenario 2	44
5.2.3 Effect van de scenario's op de grondwaterstand	45
5.2.4 Effect op de stroomsnelheid en watervoerendheid	46

6	Huidige en potentiële ecologische waarden voor de waternatuur	48
6.1	Huidige ecologische waarde van de macrofaunalevensgemeenschappen	48
6.2	Welke milieu- en habitateisen stelt de aangetroffen macrofauna?	49
6.3	Effect verlegging voor de benedenloop Ratumse beek	54
6.4	Ecologische randvoorwaarden en potenties nieuwe beekloop	54
7	Conclusie, discussie en aanbevelingen	56
7.1	Conclusie en discussie	56
7.2	Aanbevelingen	58
Literatuur		60
Bijlage 1	Indicatortaxa KRW watertype R5	61

Verantwoording

Rapport: 3223

Projectnummer: 5200046562

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker Geomorfologie en Landschapsvorming

naam: dr. H.A.G. Woolderink

datum: 9 december 2022

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: dr. ir. M.J.D. Hack-ten Broeke

datum: 9 januari 2023

Woord vooraf

Bij aanvang van dit onderzoek was het onze ambitie om in een korte tijd, met veel energie en interactie, een antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag van dit project; de coronapandemie stak daar een stokje voor. Nu, circa twee jaar na de start van het project, ligt voor u alsnog het eindresultaat van het onderzoek. Dit rapport is naast de inbreng van alle auteurs tot stand gekomen dankzij de medewerking van Jasper Candel (WUR), Bram Wennekes en Tijmen Heetebrij (WRIJ). De inhoudelijke begeleiding door het waterschap werd verzorgd door Johan de Putter (WRIJ) en de projectleiding door Ynte Bekema (WRIJ). Dankzij de constructieve en flexibele opstelling van alle betrokkenen in het onderzoek ligt er nu een projectresultaat waarmee stappen kunnen worden gezet in het klimaat- en ecologisch robuuster maken van het stroomgebied van de Ratumse beek.

Gilbert Maas
Projectleider WENR

Samenvatting

De opgaven voor klimaatadaptatie, waterkwaliteit, duurzame landbouw en ecologie zijn sterk met elkaar verweven en vragen om een integrale aanpak. Waterschap Rijn & IJssel staat voor de uitdaging op het plateau van Winterswijk een robuuster watersysteem te creëren. Een watersysteem dat minder gevoelig reageert op weersextremen; een gedempt systeem met een hogere basisafvoer en afgevlakte afvoerpieken dat tot ver in het groeiseizoen duurzaam voldoende grondwater kan leveren voor natuur, landbouw en andere gebruiksfuncties.

Een van de ideeën om het watersysteem van de Ratumse beek ten noorden van Winterswijk robuuster te maken, is om de benedenloop van deze beek te verleggen en de afvoer zo veel mogelijk af te laten stromen in de richting van de Beurzerbeek. In dit onderzoek is aan de hand van de volgende vragen verkend of dit een reële optie is:

- Is er in het verleden een natuurlijke verbinding geweest tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek in de omgeving van het tracé van de huidige gegraven Koppelleiding? Zo ja, waar heeft deze verbinding gelegen en hoe heeft deze verbinding in landschapsecologische zin gefunctioneerd?
- Wat is het effect van een verlegging van de bestaande benedenloop van de Ratumse beek op de huidige ecologische waarden en functies van de Ratumse beek en de directe omgeving?
- Welke potentiële nieuwe waarden (ecologie en watersysteem) leveren een verlegging van de benedenloop van de Ratumse beek in de richting van de Beurzerbeek op? En hoe kan een nieuw te ontwikkelen beekloop tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek er ecologisch en landschappelijk uitzien?
- Hoeveel ruimte vraagt een nieuwe loop en welke eventuele functiebeperkingen brengt een nieuwe loop met zich mee?

Uit het onderzoek blijkt dat er een natuurlijke verbinding is geweest tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek. Dit is vrijwel zeker af te leiden uit sporen in de bodem en het natuurlijke reliëf. Deze natuurlijke beekloop is vanaf de late middeleeuwen in onbruik geraakt doordat de beek werd omgeleid en opgeleid voor watermolen Ravenhorst. In het oorspronkelijke beekdal waren verschillende beekmilieus te onderscheiden: een meanderende zandbeek, een slingerende beek in een geïsoleerd veenmoeras en een ingesneden veenbeek in een smal beekdal tussen hoge dekzandruggen.

De huidige ecologische kwaliteit van de Ratumse beek is zeer hoog, met een voor laaglandbeken kenmerkende macrofauna. Met de Beurzerbeek is het veel slechter gesteld: deze beek scoort met name slecht op stromingscondities en heeft qua macrofauna het karakter van een landbouwbeek. De potentiële effecten van het verleggen van de beek op de unieke macrofauna van het benedenstroomse gedeelte van de Ratumse beek zouden beperkt kunnen zijn, omdat vrijwel alle kenmerkende taxa zowel in de Willinkbeek als de bovenloop van de Ratumse beek voorkomen en de Beurzerbeek opnieuw wordt ingericht.

Geïnspireerd op de natuurlijke loop van Ratumse beek zijn drie alternatieve inrichtingen voor een nieuwe verbinding met de Beurzerbeek geschetst. Het eerste ontwerp is het *Meest natuurlijke alternatief*; de nieuwe loop volgt hierin zo veel mogelijk het tracé van de oorspronkelijke beekloop met een natuurlijk profiel. In het tweede alternatief, *Natuurlijk waar het kan*, volgt de nieuwe loop deels het tracé van de huidige Koppelleiding met een aangepast profiel en daarna de natuurlijke loop zoals in het meest natuurlijke alternatief. In het derde alternatief, *Geen spijt*, volgt de loop het huidige tracé van de gegraven Koppelleiding met een aangepast profiel.

Om de hoogwaardige levensgemeenschap van de Ratumse beek/Willinkbeek een goede plek te geven, moet een nieuwe verbinding voldoen aan:

- Continu relatief hoge stroomsnelheid met gedempte dynamiek van de afvoer.
- Temperatuurdemping door beschaduwing: houtwalbeek of bosbeek.
- Beek met voldoende divers beddingssubstraat en structuur.

Het beeld dat uit deze verkenning naar voren komt, is dat bij twee van drie geschetste alternatieven zich op termijn een nieuwe beekloop kan ontwikkelen die aan boven gestelde randvoorwaarden voldoet. Mits er voldoende basisafvoer is, kan de nieuwe loop geschikt leefgebied worden voor de hoogwaardige levensgemeenschap uit de bestaande Ratumse beek/Willinkbeek: een houtwal- of bosbeek met op de oever beekbegeleidende bossen en overstromingsgraslanden.

De effecten van een nieuwe verbinding op de hydrologie hangen sterk samen met de dimensies van de nieuwe beekloop, zo blijkt uit de grondwaterberekeningen. Een ondiep en krap profiel leidt tot een vermindering van de drooglegging en een verhoging van de grondwaterstand, maar de inundatie bij een afvoer die eens in de tien jaar wordt overschreden (T10), neemt daarentegen sterk toe. Wordt het profiel met een factor 2 verbreed, dan zijn de gunstige effecten op de drooglegging en de grondwaterstand beperkt en is er geen sprake van inundatie. De voorkeur ligt bij een kleiner beekprofiel waarbij tijdens hoge afvoeren meer water buiten de bedding via het maaiveld wordt afgevoerd. Meer water dan T1 zorgt bij natuurlijke beeklopen normaliter voor inundatie en geen toename in stroomsnelheid, waardoor ook de dynamiek wordt gedempt; dit is gunstig voor de waterfauna-gemeenschap. Daarnaast is periodieke inundatie een van de randvoorwaarden voor de instandhouding en ontwikkeling van beekbegeleidende bossen, moerasruigten en graslanden en de levensgemeenschappen die daar weer afhankelijk van zijn. Vanwege bestaande functies zal inundatie niet overal plaats kunnen vinden, maar daar waar ruimte is, kan het bijdragen aan ecologische herstel en het klimaat-robuster maken van het bodem-watersysteem en staat overstroming niet per definitie gelijk aan wateroverlast.

Het verleggen van de benedenloop van de Ratumse beek alleen biedt geen oplossing voor het droogteprobleem. De huidige benedenloop van de Ratumse beek lekt weliswaar water weg naar de ondergrond, maar het echte probleem zit in het ontbreken van voldoende basisafvoer vanaf het plateau bovenstrooms. Aanvullende maatregelen bovenstrooms op het plateau zijn nodig om droogval te voorkomen.

De bestaande benedenloop van de Ratumse beek heeft een grote ecologische waarde en het tracé van de opgeleide molenbeek behoort tot het cultuurhistorisch watererfgoed van de streek. Deze waarden zouden bij een verlegging van de beek verloren gaan. Door het verleggen van de beek kan het watersysteem robuuster worden, met op termijn meer duurzaam leefgebied voor kwetsbare beekflora- en faunagemeenschappen. Voor een goede afweging vanuit een bredere perspectief adviseren we om een nieuwe natuurlijke verbinding tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek onderdeel te maken van een integraal stroomgebiedsplan voor de Ratumse beek/Willinkbeek, waarin ook water-conserverende en nutriëntinput-reducerende maatregelen op het plateau van Winterswijk worden betrokken, zoals het dempen van de Afwatering van Scheur. Een goede afweging kan pas dan worden gemaakt als de cumulatieve effecten van alle systeemmaatregelen op het grondwater, de afvoer en de ecologische respons daarop in beeld zijn.

1 Een steen verleggen in de Ratumse beek

1.1 Robuuster watersysteem

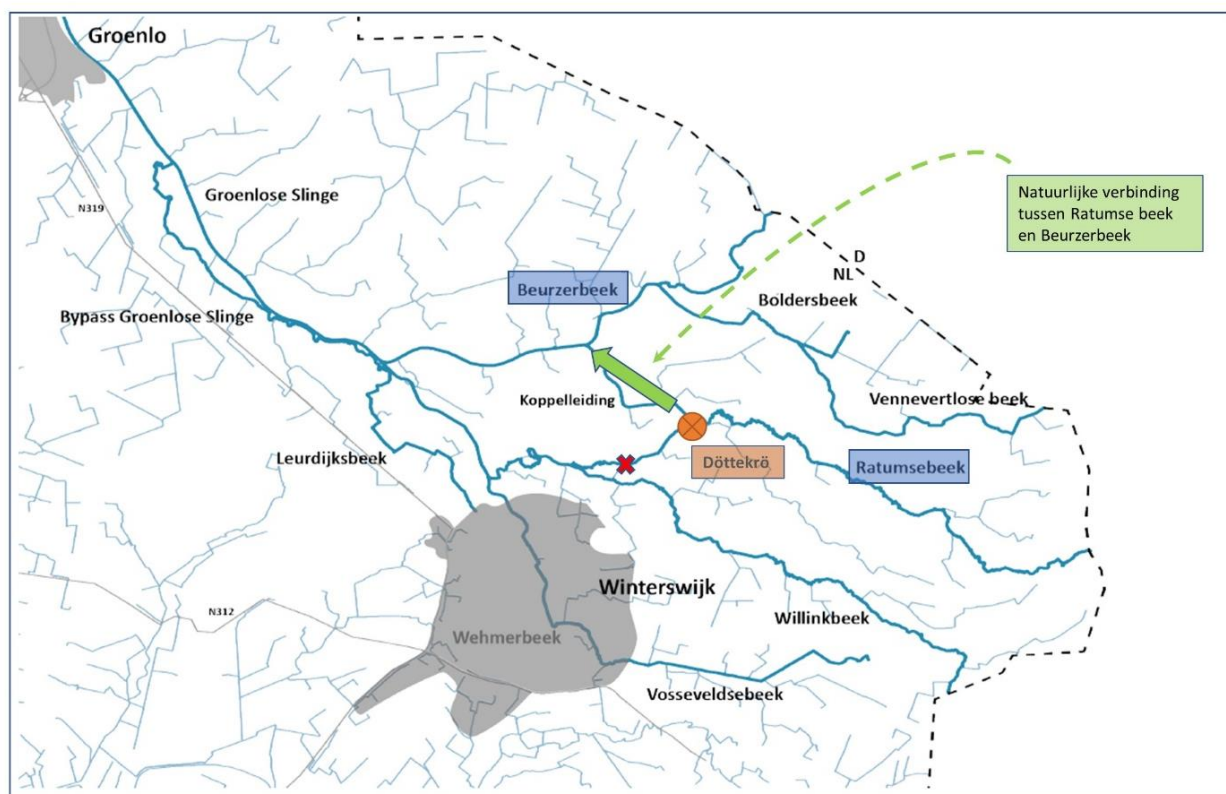
Het klimaat verandert. Piekbuien zorgen lokaal voor wateroverlast en vooral op de hogere zandgronden leiden perioden van extreme droogte, zoals in de afgelopen jaren, tot droogteschade in de landbouw en de natuur. Het watersysteem op het Winterswijks plateau is door de bijzondere opbouw van bodem en ondergrond extra gevoelig voor deze weersextremen. Ondanks investeringen van het waterschap Rijn en IJssel (WRIJ) in de afgelopen decennia, is het watersysteem rondom Winterswijk nog onvoldoende aangepast aan extremen en worden ecologische doelen (KRW, N2000) en klimaatdoelstellingen (Wb21, ZON) niet gehaald (figuur 1.1). De opgaven vanuit het perspectief van klimaatadaptatie, duurzame landbouw en ecologie zijn sterk met elkaar verweven en vragen om een integrale aanpak. De uitdaging is om een robuuster watersysteem te creëren dat minder gevoelig reageert op weersextremen: een gedempt watersysteem met een hogere basisafvoer, afgevlakte afvoerpieken dat tot ver in het groeiseizoen voldoende grondwater voor natuur, landbouw en andere gebruiksfuncties kan leveren. Door aan te sluiten op de natuurlijke gebiedskenmerken en de regulerende werking van natuurlijke processen, kunnen naar verwachting (kostbare) technische voorzieningen en kunstwerken zo veel mogelijke achterwege gelaten worden.



Figuur 1.1 Nagenoeg drooggevallen beekbedding op het Oost-Nederlands plateau, zomer 2022 (foto Vincent Grond).

1.2 Opgaven vallen samen

In de beekdalen op het Plateau van Winterswijk komen bovengenoemde klimaat-, KRW- en natuuropgaven bij elkaar. Om handelingsperspectieven voor deze opgaven te verkennen, is door Bureau Eelerwoude, in opdracht van het waterschap Rijn en IJssel, een globale landschapsecologische systeemanalyse (LESA) uitgevoerd (Eelerwoude, ongedateerd). De studie brengt een aantal opties in beeld die een bijdrage zouden kunnen leveren aan het realiseren van klimaatrobuust- en ecologisch hoogwaardig watersysteem. Als een van de kansrijkste opties wordt de Ratumse beek genoemd. Voorgesteld wordt om de waterverdeling over de Ratumse beek en de Koppelleiding bij Döttekro aan te passen door de benedenloop van de Ratumse beek te verleggen naar zijn 'natuurlijke dal' en de basisafvoer zo veel mogelijk af te laten stromen in de richting van de Beurzerbeek (figuur 1.2). Met deze maatregel zou waterverlies naar de ondergrond en droogval in de bestaande benedenloop van de Ratumse beek worden voorkomen, met als mogelijk positief neveneffect een toename van de basisafvoer van de Beurzerbeek/Groenlose Slinge en een verhoging van de grondwaterstand in dit deel van het stroomgebied.



Figuur 1.2 Situatieschets van de beken en waterlopen ten noorden van Winterswijk. De groene pijl geeft de locatie van de maatregel weer waar deze verkenning betrekking op heeft.

1.3 Een reële optie?

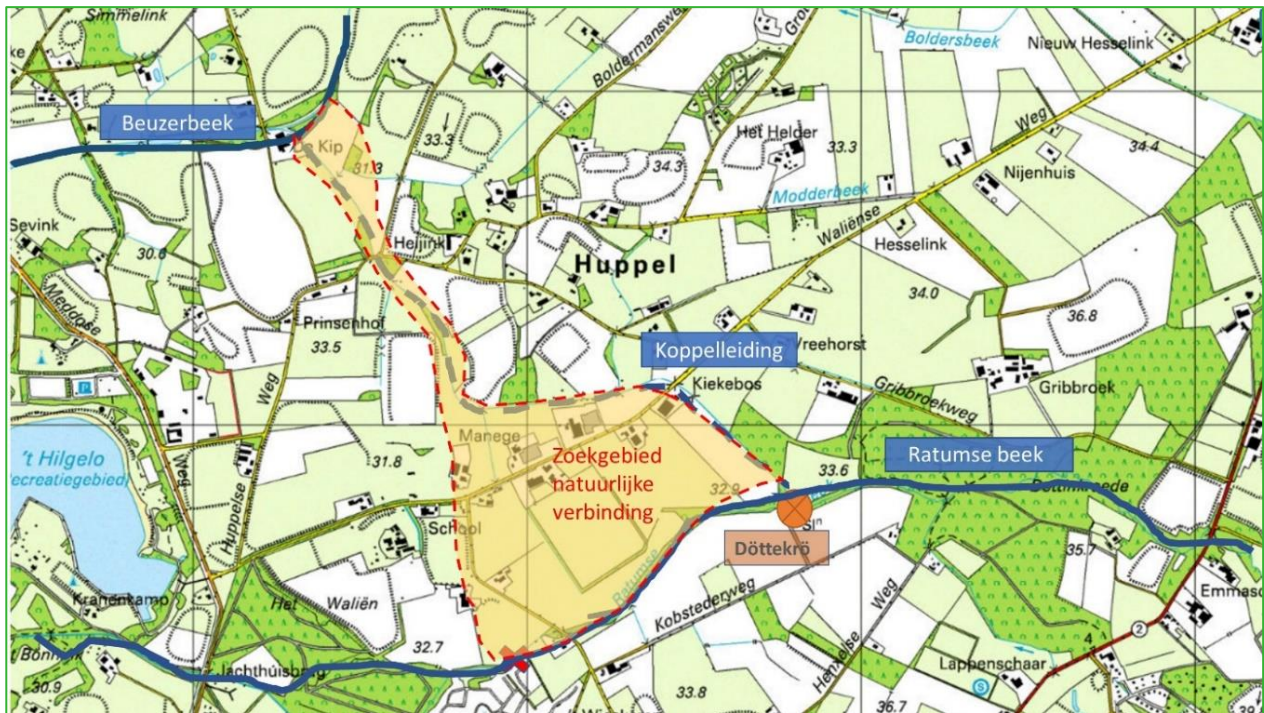
In dit onderzoek gaan we dieper in op dit idee en verkennen we of het een reële optie is om de benedenloop van de Ratumse beek te verleggen en anders te laten stromen. Is een beekloopverlegging vanuit historisch/paleografisch oogpunt te onderbouwen en wat kan de bijdrage zijn aan de realisatie van de ecologische (KRW) en klimaatdoelstellingen (Wb21, ZON)? Met andere woorden, is het een zinvolle maatregel? Om hier een antwoord op te kunnen geven, zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Is er een natuurlijke verbinding geweest tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek in de omgeving van het tracé van de huidige Koppelleiding? Zo ja, waar heeft deze verbinding gelegen, hoe zag deze eruit en in welke paleogeografische context heeft deze verbinding gefunctioneerd?

- Wat is het effect van een aanpassing van de waterverdeling bij Döttekro over de bestaande benedenloop van de Ratumse beek en de nieuw te ontwikkelen beekloop richting de Beurzerbeek op de huidige ecologische waarden en functies van de Ratumse beek en de directe omgeving?
- Welke potentiële nieuwe waarden (ecologie en watersysteem) leveren een verlegging van de benedenloop van de Ratumse beek in de richting van de Beurzerbeek op? Is er als gevolg van de maatregel een toename van de basisafvoer naar van de Beurzerbeek/Groenlose Slinge te verwachten?
- Hoeveel ruimte vraagt een nieuwe loop en welke eventuele functiebeperkingen brengt een nieuwe loop met zich mee?
- Hoe kan een nieuw te ontwikkelen beekloop tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek er ecologisch en landschappelijk uitzien?

1.4 Studieggebied

Het gebied dat we in deze studie onder de loep hebben genomen, ligt globaal tussen het verdeelwerk Döttekro en de Beurzerbeek met een focus op de zone rond de Koppelleiding (figuur 1.3). Dwars door het studiegebied loopt de Waliëneweg, met aan weerszijden woningen en bedrijfsgebouwen. In deze verkennende fasen hebben we met het waterschap afgesproken dat bij de uitwerking van alternatieven van een eventuele loopverlegging van de Ratumse beek de bestaande bebouwing, infrastructuur en eigendomspositie in beperkte mate worden meegewogen in het ontwerpproces.



Figuur 1.3 Ligging van het studiegebied.

2 Hoe hebben we het aangepakt?

2.1 Reconstructie van de oude loop van de Ratumse beek

Voor het lokaliseren en reconstrueren van de oude loop van de Ratumse beek hebben we de volgende werkwijze gevolgd:

In een bureaustudie zijn geografische gegevens van het gebied verzameld en bestudeerd, waaronder de verkennende LESA van Bureau Eelerwoude, het actueel hoogtebestand (AHN3), de Geomorfologische kaart van Nederland, gedetailleerde bodem- en geologische kaarten en boringen (Van den Bosch & Brouwer, 2008), geologische boringen in DINO-loket, historische kaarten (Bonnebladen, Kadasterkaart 1830) en geschreven bronnen, zoals de Cultuurhistorische Atlas van Winterswijk (Neeffjes & Willemsen, 2009). Met deze gegevens is een hypothese gevormd waar een natuurlijke loop van de Ratumse beek gelegen zou kunnen hebben.

In dit aandachtsgebied is met grondradar in raaien de opbouw van de bodem verkend. Grondradar (GPR) is een sensortechniek, geschikt om over grote afstanden de bodemopbouw gebiedsdekkend in beeld te brengen. De GPR is voor de locatiebepaling gekoppeld aan een gps. De maximale diepte waarop informatie nog herkenbaar is, is afhankelijk van de samenstelling en de vochttoestand van de bodem. Ervaring leert dat GPR onder gunstige omstandigheden tot ca. 2,5-3 m onder maaiveld nog bruikbare informatie verschaft. GPR is uitermate geschikt om afwijkingen in de bodem zoals een dichtgewerkte beekdalbodem of restgeul in kaart te brengen. In totaal zijn negen GPR-tracks gemeten (figuur 3.7).

Het voordeel van GPR-metingen boven alleen veldbodemkundig booronderzoek is dat de trefkans op een afwijking in de bodem toeneemt. De gebruikte opstelling is te zien in figuur 2.1.



Figuur 2.1 De ground-penetrating radar (GPR, oranje kist) met gps (witte kastje op driepoot) in het veld.

Op basis van de resultaten van de bureaustudie en de grondradarmetingen is vervolgens een boorplan voor veldbodemkundig booronderzoek opgesteld. In totaal zijn in 9 raaien 26 grondboringen uitgevoerd tot een diepte van maximaal 2,5 m beneden maaiveld (figuur 3.9). De grondboringen zijn met de hand gezet met een Edelmanboor. Voor het bemonsteren en beschrijven van deel van de bodem beneden het grondwatervlakte is een zuigerboor gebruikt. Van elke boring is een profielbeschrijving gemaakt volgens de Handleiding bodemgeografisch onderzoek (Ten Cate et al., 1995). De boringen zijn met toelichting opgenomen in een aparte rapportage (zie ProVIVIsrapport, Van Delft, Harkema & Maas, 2021). Speciale aandacht hebben we tijdens het veldwerk besteed aan afwijkende bodemlagen die konden duiden op een begraven beekbedding zoals humeuze zand- en grindlaagjes, veen of houtresten. De boorbeschrijvingen zijn ten slotte uitgewerkt in:

- Geologische dwarsdoorsneden waarin de opeenvolging en hoogteligging van verschillende afzettingen in de bodem zijn weergegeven.
- Een revisie van de detailbodemkaart (Van den Bosch & Brouwer, 2008).
- Een landschappelijke bodemkaart waarop de landschappelijke samenhang van het beekdal goed herkenbaar is en waarvan natuurliggingen kunnen worden afgeleid (Van Delft & Maas, 2022).

De resultaten van het reconstructieonderzoek zijn gebruikt bij het maken van een schetsontwerp van de nieuwe beekloop in fase 3 van het project.

2.2 Actuele en potentiële ecologische waarde van de Ratumse beek

2.2.1 Macrofauna bemonstering

Wat is de huidige ecologische waarde van de macrofaunalevensgemeenschappen in de beken ten noorden van Winterswijk (Ratumse beek, Willinkbeek, Beurzerbeek) in termen van ecologische kwaliteit en indicatoren? Om een antwoord te kunnen geven op deze vraag, zijn bestaande gegevens van het biologische meetnet van waterschap Rijn en IJssel geanalyseerd over de periode 2000-2019. Op basis van deze macrofaunabemonsteringen zijn per beek(traject) taxonlijsten gegenereerd en zijn de kenmerkende en positief dominante indicatieve taxa op basis van de KRW-maatlat van het watertype R5 (langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand) aangegeven. Daarbij is niet alleen gekeken naar de data van de Ratumse beek zelf, maar zijn ook de omliggende beken, de Willinkbeek en de Beurzerbeek, in de analyse betrokken. In totaal waren bij het waterschap gegevens van 14 locaties in deze periode beschikbaar (tabel 2.1, figuur 2.2). Aanvullend zijn van het in Duitsland gelegen deel van het stroomgebied de gegevens van nog eens drie meetpunten meegenomen, een meetpunt in de Willinkbeek (Wellingbach) en twee in de bovenlopen van de Ratumse beek (Vitiventer Bach). In totaal leverde dit een dataset op van 57 macrofaunamonsters. Er zijn alleen in het voorjaar bemonsteringen uitgevoerd. In de Beurzerbeek liggen slechts twee monsterpunten, tegen negen monsterpunten in de Ratumsebeek en vijf in de Willinkbeek. Echter is monsterpunt BZB08 in de Beurzerbeek wel het frequentst bemonsterd in de tijd: elf keer in de periode 2000-2019, gevolgd door het punt RTB10 in de Ratumse beek (zeven keer).

Tabel 2.1 *Monsterpunten macrofaunabemonsteringen waterschappen beken ten noorden van Winterswijk.*

Beek	Locatiecode waterschap	Coördinaten		Monsterperiode	Opmerking
		x	y		
Beurzerbeek	BZB08	249.437	448.321		
	BZB14	245.383	446.798		
Ratumse beek (bovenstrooms potentiële verbinding)	RTB00	253.375	443.779		
	RTB05	249.400	445.810		
	RTB13	249.178	445.924		
	-	254.625	444.238	2006-2012	In Duitsland (als Vitiverter Bach
	-	257.253	444.009	2009	In Duitsland (als Vitiverter Bach
Ratumse beek (benedenstrooms potentiële verbinding)	RTB08	247.476	445.265		
	RTB09	247.720	445.273		
	RTB10	246.640	445.286		
	RTB14	246.100	445.100		
Willinkbeek	WLB00	252.447	442.643		
	WLB02	248.412	444.837		
	WLB05	250.999	443.436		
	WLB06	249.381	444.046		
	-	253.623	442.428	2007-2012	In Duitsland (als Wellingbach)
Bleekers overloop	BK000	247.699	445.150		Verbinding Ratumse beek-Willinkbeek

2.2.2 Ecologische kwaliteit en milieu-indicaties macrofauna

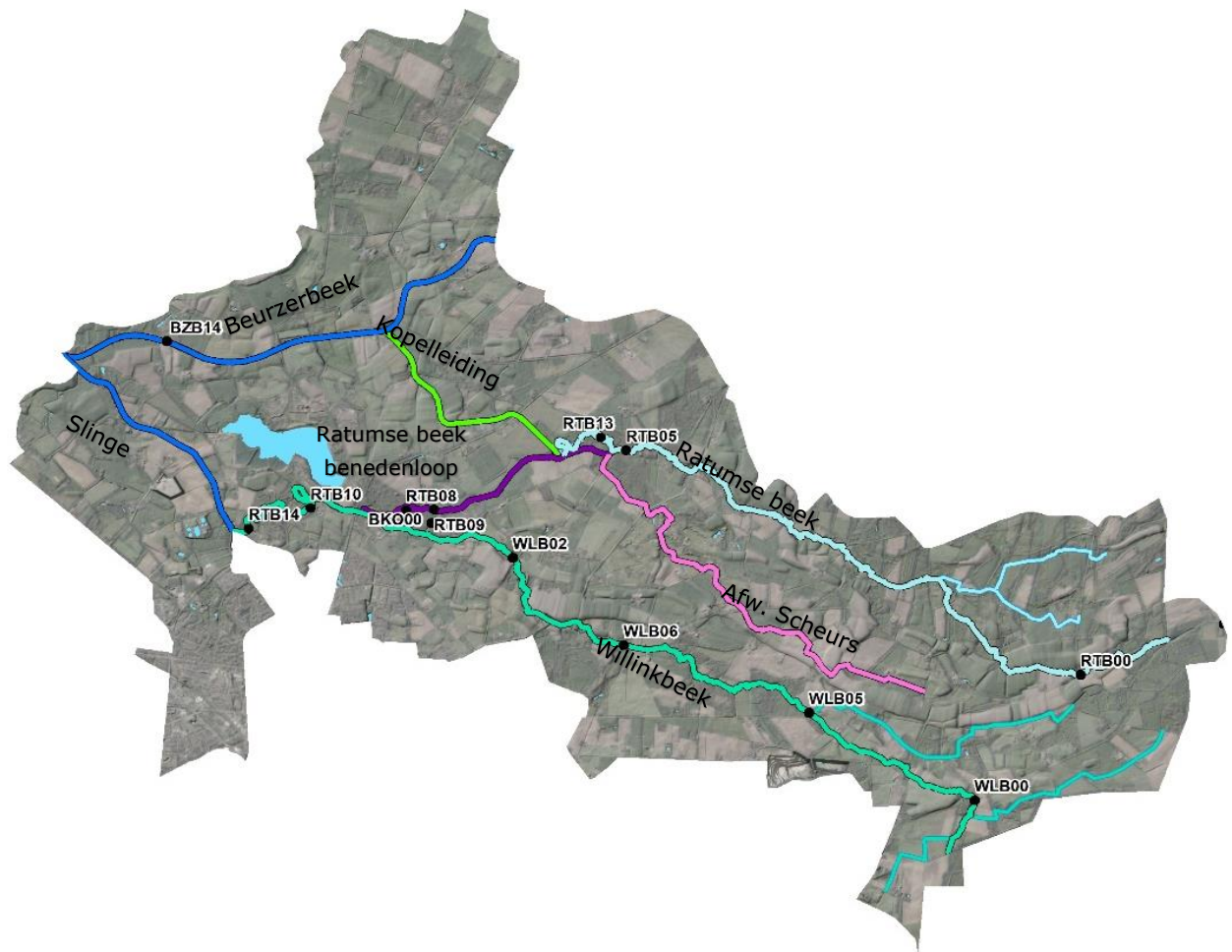
Om een beeld te krijgen van de toestand waarin de beken ten noorden van Winterswijk zich bevinden, is eerst de ecologische kwaliteit bepaald per locatie door de ecologische kwaliteitsratio (EKR) te berekenen op basis van de macrofaunamaatlat voor het watertype R5. De monsters uit Duitsland waren hiervoor niet geschikt, omdat de monstermethode en het determinatieniveau van een deel van de hoofdgroepen niet passend waren voor de Nederlandse monsters.

Vervolgens is bepaald wat de macrofaunasamenstelling zegt over de toestand van bepaalde sleutelfactoren in de beken. Hiervoor zijn de milieu- en habitatpreferenties van de macrofauna gebruikt zoals die zijn beschreven in de database van Verberk et al. (2012). In deze database zijn de indicatiewaarden per taxon verdeeld over verschillende klassen binnen de parameters, volgens de zogenoemde 'fuzzy coding'-techniek: afhankelijk van de habitat- en milieupreferentie van een taxon (meestal soort) zijn 10 punten verdeeld over de relevante klassen. Bijvoorbeeld een taxon met een voorkeur voor snelstromend water, maar die ook wel op plekken met matige stroming voorkomt krijgt de score: snelstromend = 8 punten, matig stromend = 2 punten, langzaam stromend = 0 punten etc. Per parameter zijn de relevante klassen geselecteerd en waar nodig samengevoegd (tabel 2.2). Voor ieder monster is de gewogen taxonscore bepaald door de totale score op basis van de aanwezige taxa gewogen naar hun $\log_2(x+1)$ abundantie te berekenen en te delen door de totale abundantie van de scorende taxa.

Door de scores te vergelijken, kunnen verschillen worden vastgesteld in bepaalde sleutelfactoren. Om de scores in perspectief te kunnen plaatsen, zijn ze vergeleken met de scores van Nederlandse referentiebekken van het type R5 uit de jaren 1980-2000 (n=12, bekentypologie Verdonschot & Nijboer, 2004) die zowel op basis van de KRW-maatlat voor R5 als onafhankelijke beoordelingen door experts het predicaat zeer goede ecologische kwaliteit hebben gekregen.

Vertaling eisen taxa naar inrichtingsmaatregelen

Deze eisen zijn vervolgens weer te vertalen naar concrete inrichtingsmaatregelen, die in het nieuwe verbindingstraject kunnen worden toegepast. In combinatie met de resultaten van de andere onderdelen (bijv. hydrologische modellering) is zo een realistisch streefbeeld opgesteld voor de ecologische invulling van het schetsontwerp.



Figuur 2.2 Ligging van de Macrofauna monsterpunten in Nederland.

Tabel 2.2 Milieu- en habitatpreferenties macrofauna (Verberk et al., 2012) gebruikt voor het achterhalen van sturende milieufactoren in de beken ten noorden van Winterswijk.

Factorgroep	Parameter	Indicatie	Geselecteerde klasse(n) WEW-lijst	Abiotische begrenzing WEW-lijst
Stroming (hydrologie)	Droogval	Droogvaltolerant	temporair 6 wk - 3mnd + temporair 3-5 mnd + temporair > 5 mnd	>6 weken droogval
	Stroming	Stromingsminnend (rheofiel)	Matig stromend + snelstromend	stroomsnelheid >25 cm/s
		Stilstaand	Stilstaand	stroomsnelheid <5 cm/s
	Diepte	Moeras-karakter	Zeer ondiep (moerassig)	Waarde niet gespecificeerd; afgeleid van voorkomen in moerassen
Bron/grondwatervoeding koud-stenotherm (lage watertemperatuur)		Zeer ondiep (bron)	Waarde niet gespecificeerd; afgeleid van voorkomen op plekken met lage watertemperatuur/uittredend grondwater	
Stoffen	Saprobie	Weinig belaste omstandigheden (oligosaproob)	Oligosaproob	<0.1 mg NH ₄ /L, >8 mg O ₂ /L, <1 mg BZV/L
		Organisch belaste omstandigheden (oligosaproob)	a-mesosaproob & polysaproob	>0.5 mg NH ₄ /L, <6 mg O ₂ /L, >5 mg BZV/L
	Zuurgraad	Zuurminnend (acidofiel)	zwak zuur + zuur	pH <6.5
	Trofie	Meso-eutrofe omstandigheden	Mesotroof + eutroof	Totaal-N >1.0 mg N/L, totaal-P >0.02 mg P/L
Structuren (habitat)	Substraat	Slib	Slib, klei, leem	Substraatvoorkeur
		Mineraal	Zand, grind	
		Detritus	Fijne detritus, grove detritus	
		Vegetatie	Waterplanten	
		Hard substraat	Hout, steen	

2.3 Wat is het effect op het grond- en oppervlaktewater?

2.3.1 Oppervlakte- en grondwaterdynamiek

De effecten van een verlegging van de benedenloop van de Ratumse beek op de hydrologie zijn door het waterschap doorgerekend met een grondwatermodel en een oppervlaktewatermodel. Van de modelberekeningen en de resultaten is een aparte notitie verschenen (Bol et al., 2022).

Voor de modellering van de grondwaterstanden (GXG) is het regionale grondwatermodel AMIGO 3.1 gebruikt. De modelinvoer voor de grondwaterberekeningen is uitgebreid beschreven in de rapportage van AMIGO 3.1. Ten opzichte van AMIGO 3.1 zijn voor deze studie de volgende modelaanpassingen gedaan:

- De bodemkaart is geactualiseerd naar de Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK2020; Heinen et al., 2021). De resultaten van het veldbodemkundig onderzoek zijn niet in de hydrologische modellering meegenomen.
- De invoer voor de leggerwatergangen is geëxporteerd uit de SOBEK-berekeningen.

Het grondwatermodel is gevalideerd op basis van vijf peilbuizen rond het studiegebied. Daarvoor zijn de stijghoogten van het model vergeleken met metingen in peilbuizen. De conclusie van de validatie is dat het model goed te gebruiken is voor effectbepaling van scenario's zoals in deze studie. Voor het bepalen van de absolute stijghoogten moet rekening gehouden worden met de modelonzekerheden.

Voor het modelleren van de veranderingen in het oppervlaktewatersysteem is gebruikgemaakt van SOBEK 2.13. SOBEK is een 1D stationair model waarin alle leggerwatergangen van het waterschap zijn opgenomen. Voor deze studie is gebruikgemaakt van een bestaande model-schematisatie. Aangezien de studie een verkenning betreft en geen inrichtingsontwerp, mag het model een grotere modelonzekerheid hebben. Het model is daarom voor deze studie niet opnieuw gekalibreerd. Om de resultaten te kunnen duiden, is wel een kleine validatie gedaan op de gemeten afvoeren op twee meetlocaties: een in de benedenloop van de Ratumse beek en een in de Beurzerbeek stroomafwaarts van de Koppelleiding. Voor de details daarvan verwijzen we naar de notitie van Bol et al. (2022).

Met het SOBEK-model zijn de drooglegging, de waterhoogte (basisafvoer en $T=10$), de inundatie ($T=10$) en de stroomsnelheid bij basisafvoer bepaald.

2.3.2 Kenmerken en geometrie van het watersysteem

Voorafgaand aan de hydrologische modellering zijn de kenmerken en de actuele situatie van het watersysteem gekenschetst. Daarbij is aandacht besteed aan de afvoerdynamiek, de verdeling van de afvoer bij Döttenkrö, de ligging en dimensies van de watergangen, kwel, wegzijging en droogval.

Op basis van huidige afvoercharacteristiek is een inschatting gemaakt van de geometrie van de beek in een evenwichtssituatie. De dominante of geulvormende afvoer is de bepalendste afvoer voor de geomorfologie van de beek. Bij deze afvoer kan sediment het effectiefst verplaatst worden. Uit onderzoek aan natuurlijke beek- en riviersystemen is gebleken dat de geulvormende afvoer de afvoer is die statistisch gezien een herhalingsperiode heeft van 1,58 jaar. De afvoer die een keer per jaar overschreden wordt ($T=1$) en in deze studie bekend is, benadert het best de geulvormende afvoer. Op basis van deze afvoer ($T=1$) is voor twee scenario's een ontwerpbreedte en -diepte voor een nieuwe beekloop bepaald. De achtergronden van deze benadering zijn beschreven in het Handboek Geomorfologisch Beekherstel (Makaske et al., 2021). De scenario's vormen de input voor de hydrologische modellering.

2.4 Schetsontwerpen

Op basis van de resultaten van het voorgaande onderzoek zijn drie ontwerpschetsen gemaakt van een potentiële nieuwe loop van de Ratumse beek door het gebied. Het oorspronkelijk idee was de ontwerpschetsen in gezamenlijke werksessies van het projectteam met specialisten van het waterschap en de provincie (ecologie en hydrologie) te maken. Door COVID konden de werksessies niet plaatsvinden en zijn door WENR drie ontwerpschetsen gemaakt die vervolgens aan WRIJ zijn voorgelegd. Een van de ontwerpschetsen is geselecteerd om de hydrologische effecten van een nieuwe verbinding tussen de Ratumsebeek en de Beurzerbeek door te rekenen. De ontwerpschetsen geven een 2D-beeld van de ligging, de dimensies en de ecologische-landschappelijke inrichting van de nieuwe beekloop.

3 Reconstructie van een oude loop

3.1 Historie

In onze collectieve herinnering, op historische kaarten en geschreven bronnen, heeft de benedenloop van de Ratumse beek altijd ongeveer zijn huidige loop gevolgd. We beschouwen dit dan vaak ook als de 'natuurlijke' beekloop. Uit onderzoek weten we dat het afwateringssysteem op het plateau van Winterswijk een stelsel is van natuurlijke beken én gegraven waterlopen. Een watersysteem dat waarschijnlijk al aan het einde van of kort na de middeleeuwen is gerealiseerd (Neeffjes & Willemse, 2009). Bekken werden gebruikt om gebieden te ontwateren voor landbouw, maar ook voor de aan- en afvoer van water naar grachten van havezaten en kastelen en voor de aandrijving van watermolens. Daarvoor werden nieuwe watergangen gegraven, soms dwars door dekzandruggen heen, stroomgebieden kortgesloten en bovenlopen aan- of afgekoppeld.

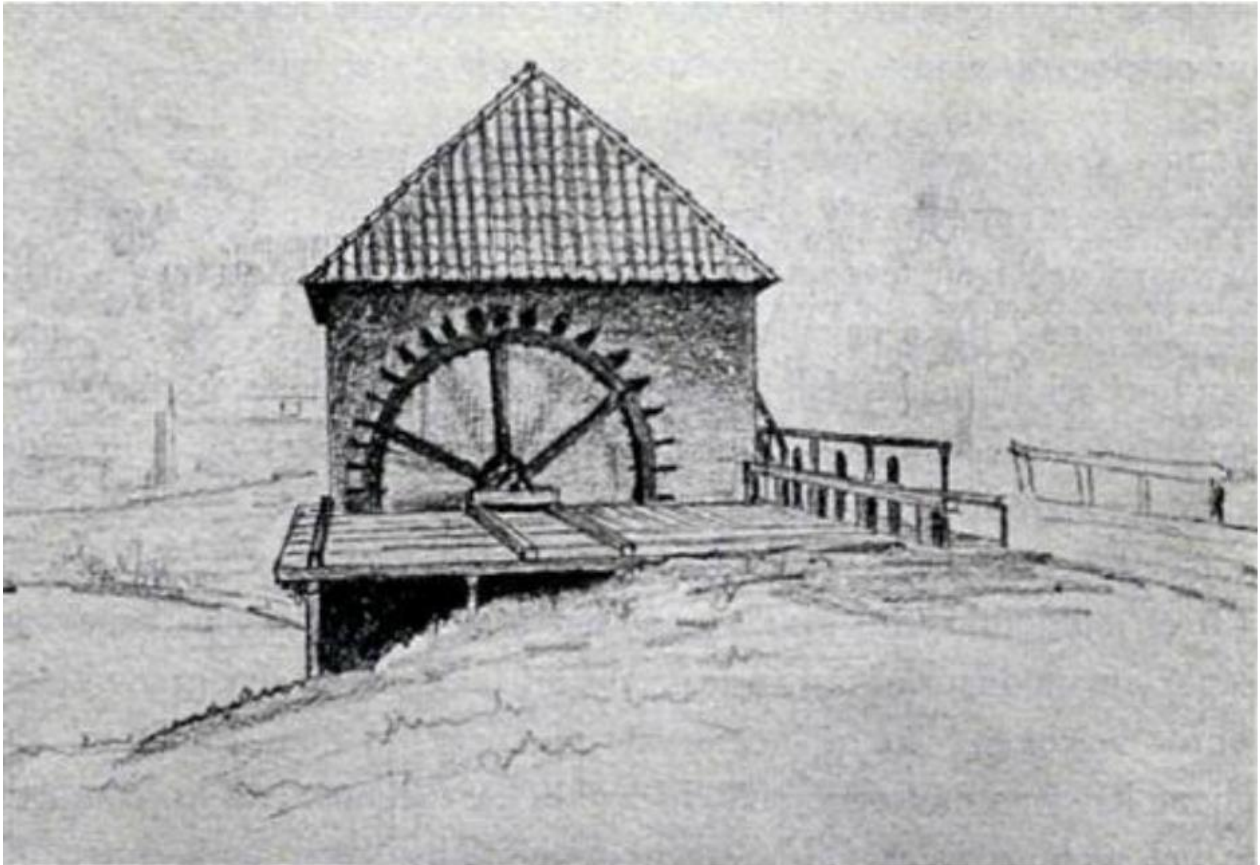
We kunnen er vrijwel zeker van zijn dat ook de benedenloop van de Ratumse beek een gegraven waterloop is. Daar zijn verschillende aanwijzingen voor. Landschappelijk gezien volgt de Ratumse beek vanaf Döttekro niet het natuurlijke reliëf, maar loopt vrijwel parallel aan de hoogtelijnen. Dit vertaalt zich in een vrij abrupte sterke afname van het verhang van de beekbedding in de benedenloop (van 1,3 naar 0,2 m/km). Opvallend is ook de rechte loop van de bedding. Deze landschappelijke aspecten diepen we later in het verhaal verder uit.

Een belangrijke historische aanwijzing voor een gegraven waterloop is de laatmiddeleeuwse Havezate Ravenhorst, die volgens de bronnen gelegen heeft op de plek waar de Ratumse beek de Waliënsestraat kruist. De oudste gegevens dateren uit de 13^e en 14^e eeuw, toen het geslacht Van Rhemen de Ravenhorst in bezit had (Stegeman, 1927). De Ravenhorst of Travenhorst komt voor het eerst voor op een kaart uit 1654 van de Graafschap Zutphen. Rond 1500 brandde het kasteel volledig af, maar werd daarna ook weer opgebouwd, zo blijkt uit een acte uit 1532. In 1712 werd het huis samen met 14 onderhorige boerderijen gekocht door Scholte Hesselink. Het kasteel moet daarna in verval zijn geraakt en zijn afgebroken. In een verslag uit 1845 wordt gemeld dat *"nog enkele puinhoopen zichtbaar zijn van een uitgestrekt slot, dat eeuwen tevoren daar ter plaatse gestaan heeft"*.

Het kasteel was ooit geheel door een gracht omgeven die met water uit de Ratumse beek werd gevoed. Uit datzelfde verslag: *"De beek omsloot de Ravenhorst halveemaanvormig waardoor een geheel natuurlijke beveiliging geschapen was..., maar wij houden het ervoor, dat de beek oorspronkelijk meer recht achter de Ravenhorst op de brug aan gelopen heeft en dat de cirkelvormige bocht van kunstmatige oorsprong is."*

Een misschien nog relevantere aanwijzing dat de benedenloop van de Ratumse beek is aangelegd, is de watermolen die bij de Ravenhorst heeft gelegen (figuur 3.1). Voor zover we na kunnen gaan, wordt de molen het eerst genoemd in een acte uit 1712, maar het is waarschijnlijker dat de molen ook middeleeuws is, net als de Havezate. Het is dus zeer aannemelijk dat de benedenloop van de Ratumse beek een opgeleide molenbeek is. Met de molenstuw werd het bovenstroomse waterpeil geregeld, waardoor de grachten rond de Havezate zich met water konden vullen. De reden om de Ratumse beek op te leiden, hangt er waarschijnlijk mee samen dat de Willinkbeek onvoldoende water voor het aandrijven van de molen en/of het op peil houden van de grachten kon leveren. De bedding van de oorspronkelijke beekloop tussen de Ratumse molenbeek en de Modderbeek raakte in onbruik. Vrijwel niets in het landschap herinnert nu nog aan deze loop.

Alle aanpassingen in het watersysteem op het plateau van Winterswijk leidden ook tot veranderingen in de waterhuishouding. In *Verslag over den toestand der rivieren en afwateringen in het Zutphensche (...)* van W.C.A. Staring uit 1847 lezen we dat de (Ratumse) molen een voortdurende bron van wateroverlast is voor de bovenstrooms wonende boeren. Staring adviseerde om de molen geheel op te ruimen en de beek te verbreden en uit te diepen. De molen is omstreeks 1870 gesloopt. De stuw heeft nog lang bestaan, maar is later ook verdwenen (Haagens, 1966). In deze periode is ook de Bleekers overloop aangelegd, een verkorte route tussen de Ratumse beek en Willinkbeek.



Figuur 3.1 Ravenhorster watermolen. "Dit kleine molentje lag onder grote bomen bij erva Ravenhorst. De molen lag op de rechteroever van de beek, mat slechts 5,80 m langs het water en de dakrand was vanaf de brug gemeten 3,20 m hoog." (Haagens, 1966).

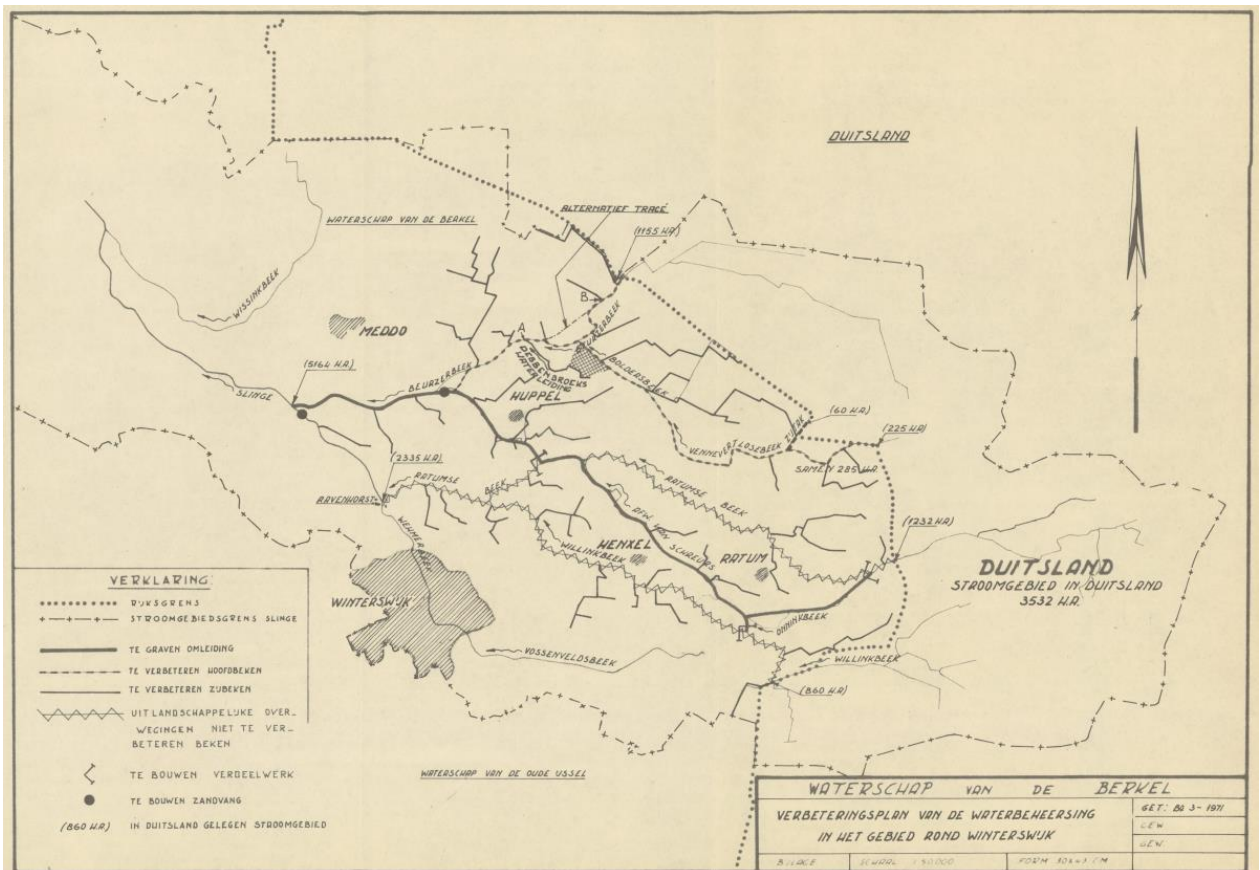
Dat aanpassingen aan het watersysteem niet alleen tot wateroverlast leidden, maar ook tot droogte met als gevolg daarvan risico's voor de volksgezondheid, lezen we in een [Winterswijkse krantenbericht](#) uit 1872: "In eene op heden gehouden vergadering van den gemeenteraad, werd besloten in het volgend voorjaar eene proef te nemen, om de door dit dorp loopende Wheme-beek, die in den zomer dikwijls droog is en waarvan de uitdamping voor de gezondheid nadeelig wordt geacht, voortdurend van stroomend water te voorzien, door haar in verbinding te brengen met de Slinge- of Grootbeek. Mogt deze proef slagen, dan zoude daardoor eene groote verbetering aan ons dorp worden aangebragt."

Na de sloop van de watermolen en de stuw werd in de 20^e en 21^e eeuw het watersysteem in het stroomgebied van de Ratumse beek/Willinkbeek nog diverse keren aangepast. In de vooroorlogse crisisjaren (1930-1933) werd voor een betere drooglegging voor de landbouw de afwatering van Scheurs gegraven (figuur 3.2). In de jaren 70 van de vorige eeuw is er, voorafgaand aan de ruilverkaveling, een 'verbeteringsplan van de waterbeheersing' uitgevoerd (Pleijter et al., 1973). Uit het rapport: "De waterhuishouding van het gebied vormt een vrij complex geheel. Door de relatief sterke oppervlakteafvoer wordt ondanks de gebrekkige ontwatering welhaast een te groot deel van de neerslag afgevoerd. Geconstateerd is dat ca. 80% van de oppervlakte van het gebied te nat is of periodiek te nat of te droog." Ook wordt melding gemaakt van: "een hoog zand transporterend vermogen van de leidingen... en dat de bodem en taluds worden aangetast". Naast verbeteringen aan de Groenlose Slinge en een verlegging van de Beurzerbeek is in die periode ook de Koppelleiding, de verbinding tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek via de Modderbeek, gegraven. De plannen voorzagen ook in de optimalisering van de Afwatering van Scheurs tot een omleidingskanaal voor de Ratumse beek en Willinkbeek (figuur 3.3). Maar dat is nooit gerealiseerd.

De laatste grote aanpassingen aan de Ratumse beek dateren uit 2003/2004. Stroomopwaarts van het verdeelwerk tussen de Ratumse beek en de Koppelleiding bij Döttekrö zijn een retentiebekken en nieuwe bosloop van de beek aangelegd om piekafvoeren tijdelijk te kunnen bergen (figuur 5.1).



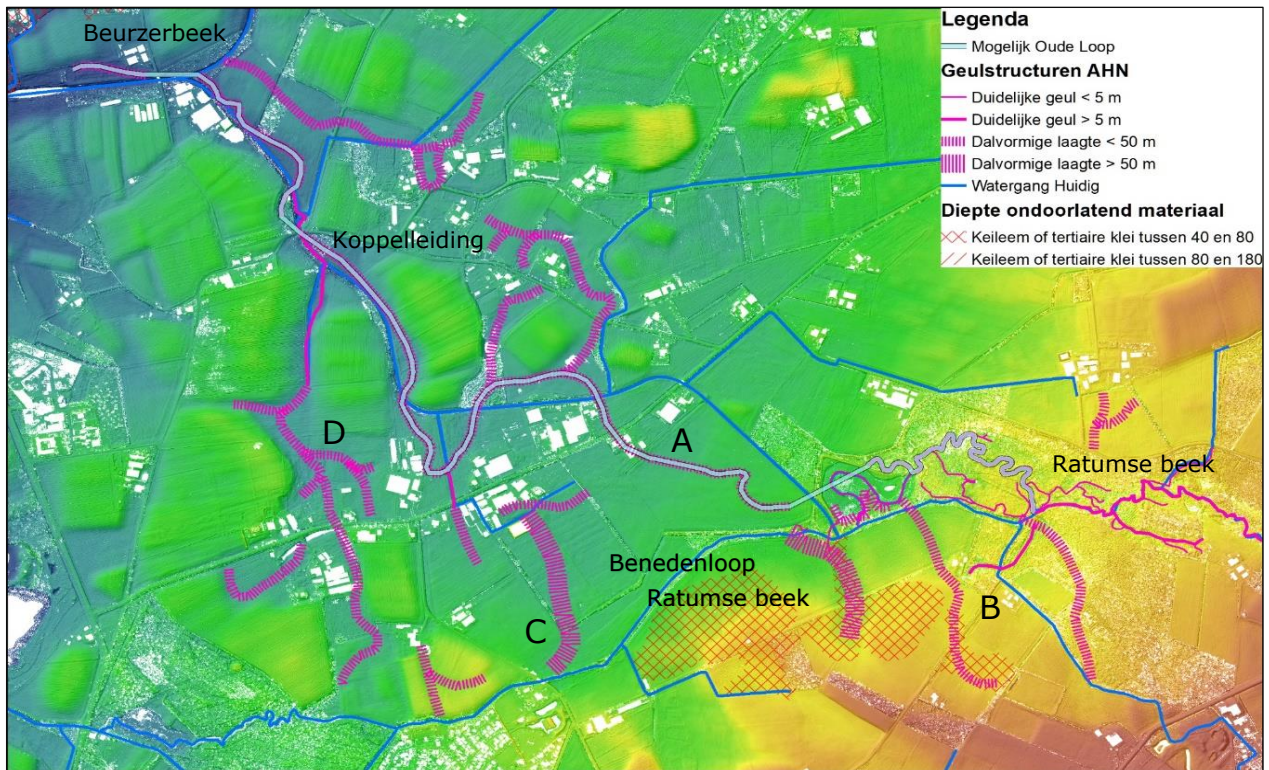
Figuur 3.2 Verbeteringen aan het watersysteem in de crisisjaren (1931, Whemerbeek).



Figuur 3.3 Verbeteringsplan waterbeheersing in het gebied rond Winterswijk 1971.

3.2 Natuurlijk laagtes

Hoewel er in het veld op het eerste gezicht weinig of niets meer terug te vinden is van een verbinding tussen de Ratumse beek en de Modderbeek – die op zijn beurt weer uitmondt in de Beurzerbeek – is één blik op het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) genoeg om op z'n minst te veronderstellen dat er ooit een beekloop gelegen heeft (figuur 3.4). De diep ingesneden dalen tussen de dekzandruggen ten noorden van de Waliënseweg verraden dat hier ooit meer water gestroomd heeft dan het stroomgebied van de huidige Modderbeek ooit kon voortbrengen.



Figuur 3.4 Geulstructuren en dalvormige laagtes op gedetailleerd hoogtemodel (AHN3, 0,5 m grid).

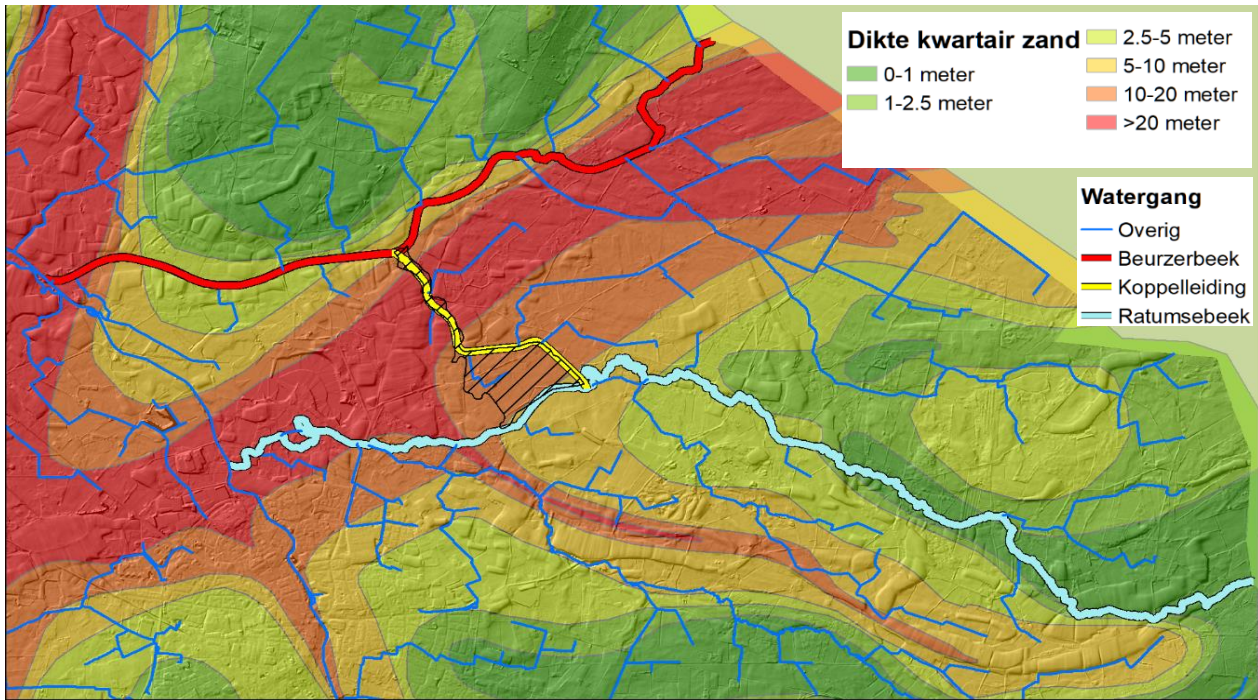
Met behulp van het AHN3 zijn in het reliëf zichtbare geulstructuren en dalvormige laagtes in het studiegebied geïnventariseerd. Dit levert een beeld op van een natuurlijk afwateringssysteem dat met de helling van het plateau afloopt van zuidoost naar noordwest. In het bovenstroomse deel zijn dit meestal duidelijk herkenbare geulen, verlaten beddingen die bij het oude meanderende systeem van de Ratumse beek horen. Een uitzondering daarop is de gegraven loop in de waterberging bij Dottekrö. Vanaf het verdeelwerk naar de Koppelleiding is een dalvormige laagte te vervolgen die als mogelijke oude loop van de Ratumse beek gezien kan worden (A). Vanaf het plateau in het zuidoosten zijn enkele brede dalvormige laagtes te onderscheiden, die mogelijk als afvoer gediend hebben van gronden met ondiep keileem (B). Verder naar het westen in het vlakkere deel van het studiegebied is ook een dalvormige laagte te onderscheiden die hier een brongebied aan de rand van het plateau vertegenwoordigt (C). Een vergelijkbaar bronsysteem werd ook bij Willinks Weust op het plateau gevonden (Van Delft et al., 2010). De gegraven benedenloop van de Ratumse beek die haaks op deze geul loopt, vangt mogelijk een deel van de kwel af van dit brongebied. Ten noorden en westen van dit vlakke deel liggen dalvormige laagtes tussen hoge dekzandruggen (D).

In figuur 3.5 zijn de natuurlijke geulstructuren afgeleid van het AHN3 geprojecteerd op de kadastrale kaart 1832 die hier het grondgebruik in die periode weergeeft. De mogelijke oude loop van de Ratumse beek valt hier grotendeels samen met wei- of hooilanden te midden van oude bouwlanden en heide. Het afwijkende grondgebruik in 1832 kan een aanwijzing zijn voor de aanwezigheid van een relict van een oude beekloop.



Figuur 3.5 Kadastrale kaart 1811-1832. Lichtgroen: Weiland/hooiland; Donkergroen: Bos; Bruin: Bouwland; lila: Heide. (<https://hisgis.nl/kaartviewer/gelderland/>). Zwarte pijlen geven weer waar gereconstrueerde beekloop samenvalt met weiland/hooiland.

Naast oppervlakkige dal- en geulstructuren speelt ook een diepe geologische structuur een rol in de landschapsgenese en -dynamiek en de (geo)hydrologie. Glaciale smeltwaterdalen met een diepte van ca. 60 m doorkruisen het gebied (figuur 3.6). Van deze dalen is in de huidige topografie weinig meer zichtbaar, omdat ze naderhand geheel opgevuld zijn met smeltwaterzanden en dekzand (kwartair zand). Deze opgevulde dalen fungeren als natuurlijk grondwaterreservoir. Door ontwatering en grondwaterwinning is de grondwaterstand de afgelopen decennia gedaald ten opzichte van het natuurlijke referentieniveau op basis van (fossiele) grondwaterkenmerken in de bodem. In de grove landschapsecologische systeemanalyse van bureau Eelerwoude wordt gerefereerd aan het verdrogende effect van de zandgeul op de benedenloop van de Ratumse beek. In hoofdstuk 5 komen we hierop terug.



Figuur 3.6 Ligging en diepte van de met kwartair zand opgevulde smeltwaterdalen.

3.3 Geulstructuren in de bodem

3.3.1 Radarbeelden

Op 17 februari 2021 is er in het studiegebied een verkennende veldcampagne met een ground-penetrating radar (GPR) uitgevoerd. Met GPR is gekeken naar discontinuïteiten, afwijkende patronen in de bodem die mogelijk kunnen duiden op restgeulen of een dichtgewerkte beekdalbodem. Op basis van de voorstudie naar geulpatronen in het reliëf (3.4) is bepaald om op drie locaties (A, B en C) binnen het studiegebied een aantal raaien te meten, in totaal zijn er elf raaien gedaan (figuur 3.7).

Op basis van de radarbeelden zijn 'verdachte' locaties aangegeven waar zich mogelijk geulpatronen bevinden. Deze locaties zijn tijdens het booronderzoek nader onderzocht. In figuur 3.8 A en B zijn twee uitgewerkte voorbeelden van afwijkingen in de bodem te zien die duiden op een oude beekbedding. Beide voorbeelden zijn uit zoekgebied A (figuur 3.8).

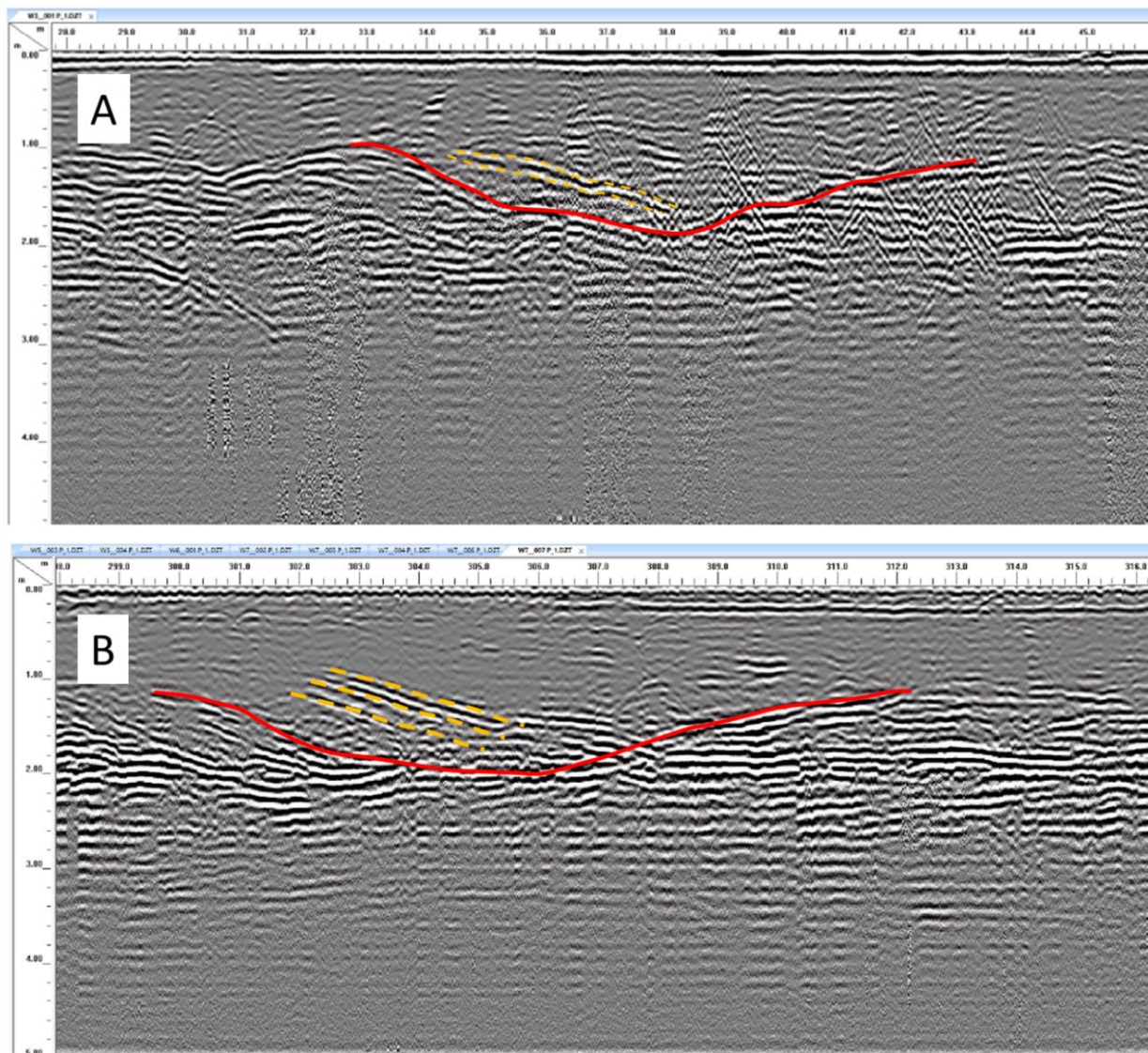


--- Transecten

▨ Gebieden met mogelijke geulpatronen

Figuur 3.7 De GPR-raaien die gelopen zijn in de verschillende zoekgebieden. Locaties van mogelijke geulen in de radarbeelden zijn aangegeven in rood.

Met rode lijnen is in figuur 3.8 (A, B) aangegeven hoe oude beekbeddingen er in de radarbeelden uitzien. In beide gevallen gaat het om een relatief ondiepe bedding waarvan de basis op ongeveer 1 m onder het maaiveld ligt. Daarnaast suggereren de radarbeelden een relatief brede bedding van ongeveer 10 m. Dit beeld kan echter vertekend zijn doordat de oude bedding onder een hoek is aangesneden. Een andere verklaring voor de brede geulstructuur in het radarbeeld is dat we hier naar de lithologische gelaagdheid van de totale meandergordel van de beek kijken. Een indicatie daarvoor zijn zogenaamde laterale accretievlakken (oranje lijnen in figuur 3.8 (A, B)), een sedimentaire gelaagdheid die ontstaat in de binnenbocht van een meanderende beek of rivier die zich zijwaarts verplaatst. Een dergelijke geulactiviteit past in het beeld van een dynamische Ratumse beek zoals we deze nu nog kennen bovenstrooms van het verdeelwerk.



Figuur 3.8 Geïnterpreteerde GPR-beelden. Met een rode lijn is de basis van een mogelijke geul aangegeven. Met oranje stippellijn zijn mogelijke laterale accretievlakken binnen in de geul aangeduid.

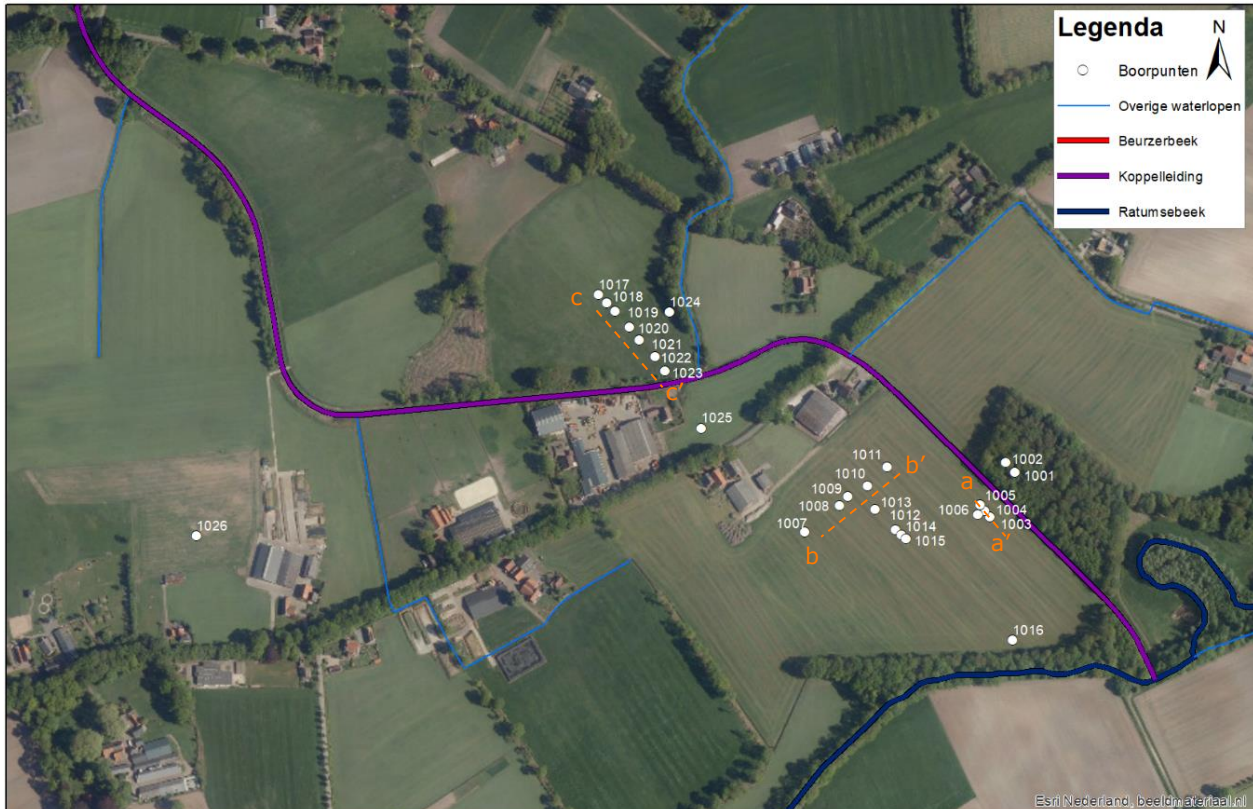
Opvallend aan de radarbeelden is dat de eerste meter van de bodem een relatief homogene samenstelling lijkt te hebben met weinig gelaagdheid. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de bovenste meter is opgebracht of gehomogeniseerd door bioturbatie of een diepe grondbewerking. Dit soort diepe bewerkingen van de bodem maakt het lastiger om restgeulen echt goed te kunnen detecteren. Daarom is ervoor gekozen om ook locaties met onvolledige discontinuïteiten mee te nemen in het veldbodembkundig booronderzoek.

Daarnaast liet het GPR-sigitaal op meerdere plekken in het studiegebied een sterk reflecterende laag op ongeveer 2 m diepte zien. Dit zou kunnen duiden op de aanwezigheid van een slecht doorlatende laag. Een dergelijke laag is niet teruggevonden tijdens booronderzoek. Een mogelijke andere verklaring voor de sterke reflectie van het sigitaal is de hoge grondwaterstand en waterverzadiging van de bodem tijdens het veldwerk.

Het GPR-onderzoek heeft zeven locaties opgeleverd waar op het radarbeeld duidelijke geulpatronen zichtbaar waren en/of discontinuïteiten die nader bodembkundig onderzocht dienden te worden. De GPR-beelden waren niet goed genoeg om met enige mate van zekerheid de geometrie (breedte en diepte) van de beddingen uit af te kunnen leiden.

3.3.2 Veldbodembkundig onderzoek

Om bodemsporen van het vroegere beekdal of de beekloop te traceren, hebben wij 26 beschreven grondboringen (figuur 3.9) en een aantal tussenboringen in raaien verricht op plaatsen waarvan wij op basis van de analyse van het AHN en het GPR-onderzoek verwachten dat de Ratumse beek gestroomd zou kunnen hebben voordat deze in de middeleeuwen werd omgeleid. De boorbeschrijvingen zijn met een toelichting opgenomen in een aparte rapportage (zie ProVIVisrapport, Van Delft, Harkema & Maas 2021). De resultaten van het booronderzoek zijn verwerkt tot bodembkundige dwarsprofielen en een beperkte revisie van de detailbodemaart (Kleijer et al., 1998). Ook de boringen uit de detailkartering zijn daarbij geraadpleegd.

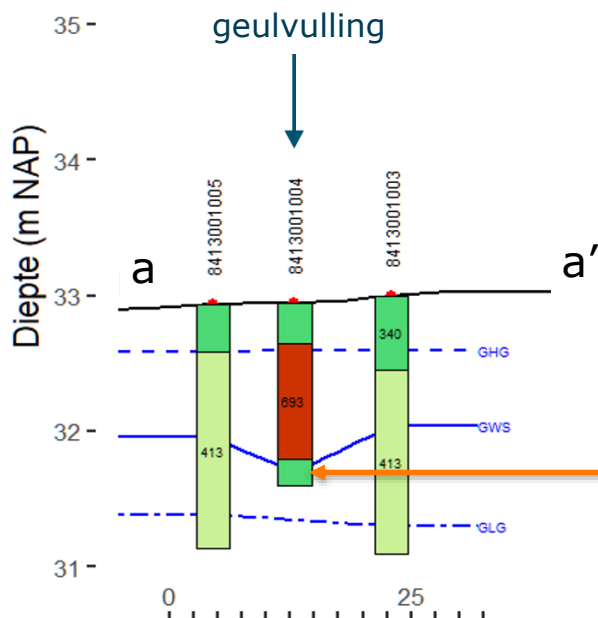


Figuur 3.9 Boorpuntenkaart met de positie van de dwarsprofielen a-a', b-b' en c-c'. In werkelijkheid lopen de dwarsprofielen door de boorpunten. De boorbeschrijvingen zijn met een toelichting opgenomen in een aparte rapportage (zie ProVIVisrapport, Van Delft, Harkema & Maas 2021).

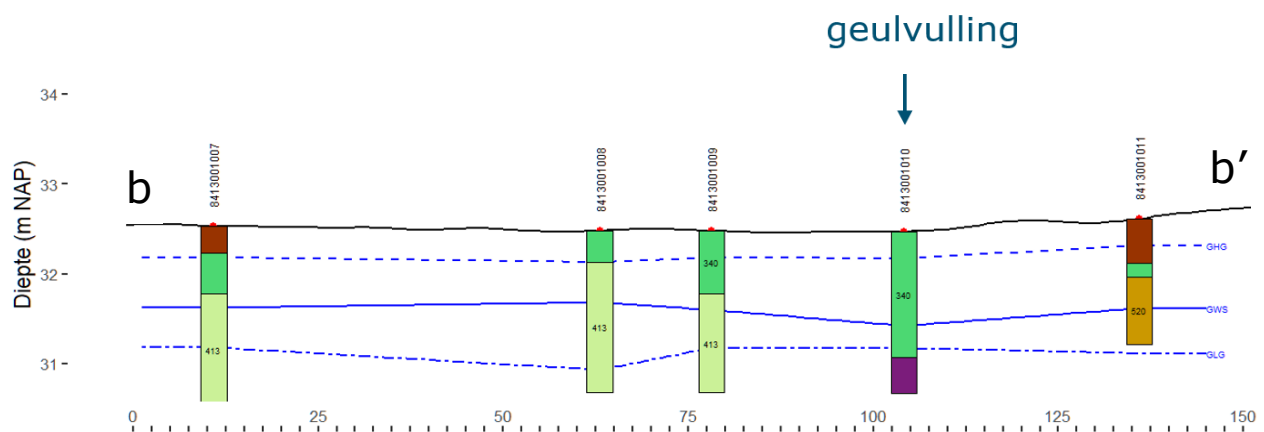
Dwarsprofielen

Met drie dwarsprofielen illustreren we welke relictten van de oude loop van de Ratumse beek in het bodemprofiel teruggevonden zijn. Ook bij de alleenstaande boringen 1016 en 1026 zijn aanwijzingen voor een oude beekdalbodem in de ondergrond aangetroffen.

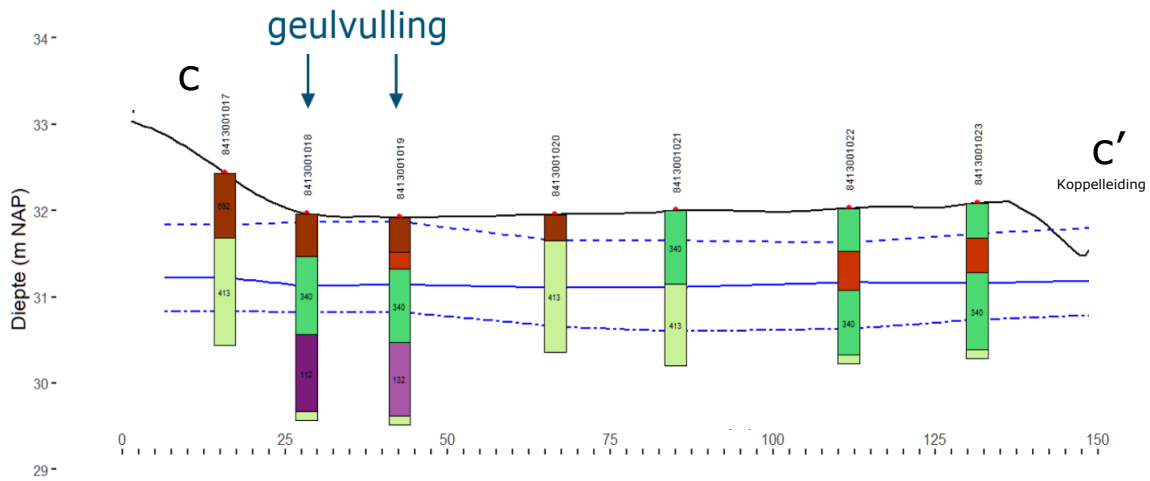
Dwarsprofiel a-a' (figuur 3.10) is het meest bovenstrooms gelegen dwarsprofiel en ligt parallel aan de Koppelleiding (figuur 3.9). In het bos aan de overzijde van de Koppelleiding liggen aan maaiveld relictten van oude geulpatronen. Ter hoogte van dwarsprofiel a-a' kruist een oude geul de Koppelleiding en zet zich voort in het naast gelegen grasperceel. Aan maaiveld is dat nauwelijks zichtbaar, maar bodemsporen geven aan dat hier ooit een beekbedding gelegen moet hebben. In de middelste van drie boringen (1004) met een onderlinge afstand van 10 m is op 1,15 m diepte, onder een laag verwerkt/opgebracht materiaal, weinig beddingmateriaal aangetroffen. Deze opeenvolging van lagen duidt op een door de mens dichtgeworkte oude loop. De bovengrond van het profiel bestaat uit kleihoudend zand. We interpreteren dit als overstromingsmateriaal dat onder min of meer natuurlijke omstandigheden door een beek is afgezet nadat de geul is dichtgemaakt. In de naastgelegen boringen (1003 en 1005) treffen we onder een laag beekafzettingen een ongestoord pakket fluvio-periglaciaal zand aan.



Figuur 3.10 Dwarsprofiel a-a' Boring 1004: opgevulde oude loop van de Ratumse beek met op 1,15 m beneden maaiveld een laag venige beekbodemaafzettingen (foto). Voor een verklaring van de kleuren en codes zie tabel 3.1.



Figuur 3.11 Dwarsprofiel b-b' Boring 1010: met beekafzettingen opgevulde oude loop van de Ratumse beek met op 1,40 m beneden maaiveld een laag oud beekdalveen (foto figuur 3.13a). Voor een verklaring van de kleuren en codes zie tabel 3.1.



Figuur 3.12 Dwarsprofiel c-c' Boring 1018 en 1019: onder een oud bouwlanddek een oude met beekafzettingen opgevulde loop van de Ratumse beek met op een diepte van 1,40-2,30 m beneden maaiveld een laag oud beekdalveen (foto figuur 3.13b). Voor een verklaring van de kleuren en codes zie tabel 3.1.



Figuur 3.13a Bodemprofiel boring 1010 in dwarsprofiel b-b' en **Figuur 3.13b** Bodemprofiel boring 1018 in dwarsprofiel c-c'. Toelichting in tekst.

Tabel 3.1 Verklaring van de geologische pakketten in figuur 3.10-3.12.

Geo	Omschrijving	Formatie
100	Moerig materiaal	
112	Moerig materiaal zonder herkenbare planteresten (bijv. veraard of sterk verveerd), in de beekdalen	Formatie v. Boxtel, Laagpakket v. Singraven
132	Zeggeveen, rietzeggeveen, mesotroof broekveen, in de beekdalen	Formatie v. Boxtel, Laagpakket v. Singraven
300	Fluviatiele afzettingen	
340	Afzetting van overige rivieren (bijv. Vecht, Berkel, Roer) en beekklei	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven
400	Eolische en fluvioperiglaciale afzettingen	
413	Fluvioperiglaciaal	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven
500	Glaciale en fluvioglaciale afzettingen	
520	Keizand	Formatie van Drente, Laagpakket van Gieten (evt. Laag van Gasselte)
600	Overige afzettingen	
691	Overige geogene afzettingen (bijv. kalksteen, tertiaire klei)	Tertiair of ouder
692	Antropogeen homogeen (bijv. mestdek, toemaakdek)	Antropogeen homogeen
693	Antropogeen heterogeen (bijv. zand + veen)	Antropogeen heterogeen

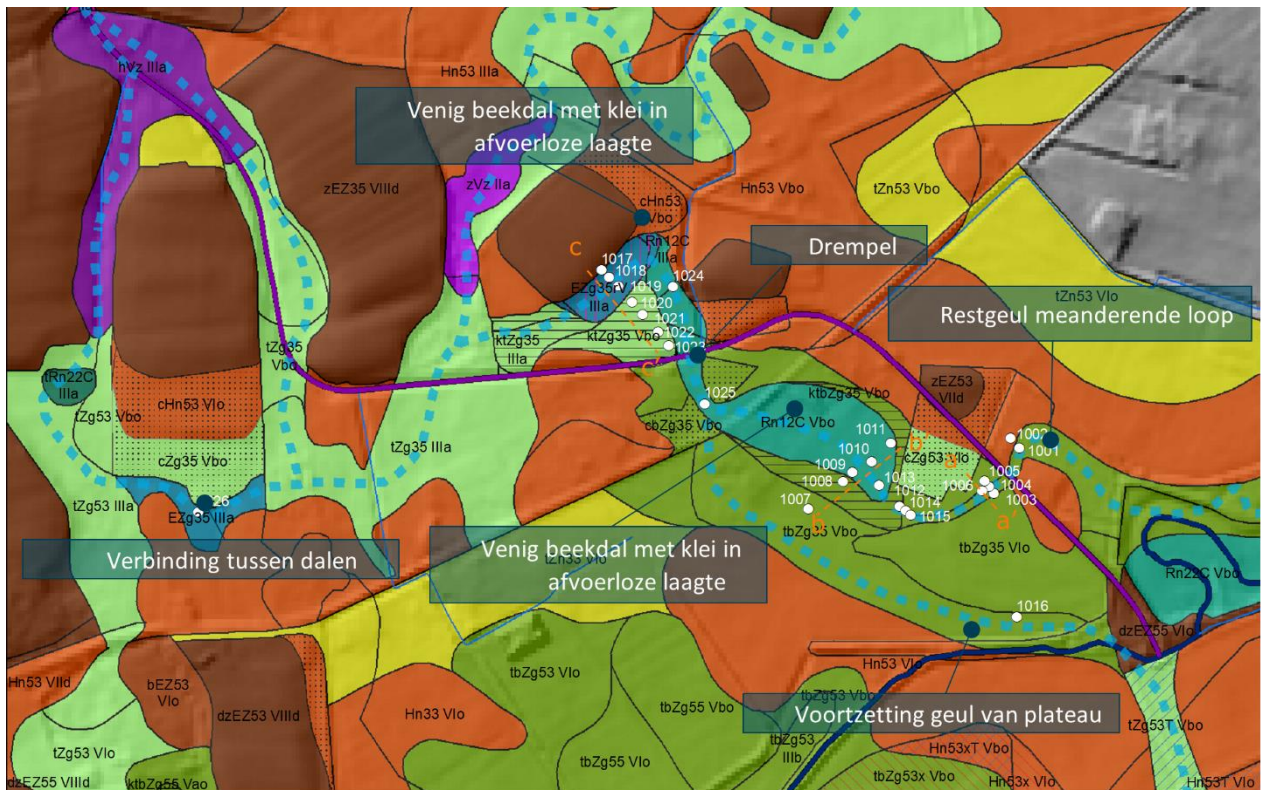
Vanaf dwarsprofiel a-a' kunnen we de oude beekloop volgen naar dwarsprofiel b-b' (figuur 3.9 en 3.11). Hier lijkt het beekdal zich te verbreden. Tussen boring 1009 en 1011 ligt een 50 m brede, min of meer afvoerloze laagte met op het diepste punt, bij boring 1010, op 1,40 m diepte een laag, oud beekdalveen met een dikte van minimaal 40 cm (figuur 3.13a). We hebben de basis van het veen binnen 1,80 m -mv niet aan kunnen boren, dus het veen kan ook dikker zijn. Tot 1,40 m -mv is de laagte opgevuld met zavelige beekafzettingen met zandige tussenlaagjes. De oostelijke begrenzing van dit oude beekdal is een akker met een 50 cm dik oud bouwlanddek op een ondergrond van verspoelde keileem. Aan de westzijde van het dal (boring 1008 en 1009) treffen we onder een dunne laag beekafzettingen een ongestoord pakket fluvio-periglaciaal dekzand aan. Boring 1007 ligt in een opgevulde laagte die we kunnen volgen in de richting van boring 1016. Wij interpreteren dit als een ondiepe erosiegeul die vanaf het terras parallel loopt aan de oude loop van de Ratumse beek (zie figuur 3.14).

Dwarsprofiel c-c' ligt aan de noordzijde van de Koppelleiding in een laaggelegen graslandperceel. Aan de noordzijde (links in het dwarsprofiel, figuur 3.12) wordt deze laagte begrensd door een dekzandrug met een oud bouwlanddek. Aan de voet daarvan hebben we in twee boringen op een diepte van ca. 1,40 m -mv een veenlaag aangetroffen van in totaal 90 cm dik (figuur 3.13b). Onder een 50 cm dik plaggendek dat van de es in de laagte is geschoven, vinden wij hier tot 140 cm zware zavel met een zandig tussenlaagje op 1 m, beide beekafzettingen. De eerste 20 cm van het veenpakket bestaat uit moerige klei. Het veen loopt door tot 2,30 -mv, waar de geulbodem zich bevindt. We gaan ervan uit dat hier over een langere periode in een afvoerloze laagte veenvorming heeft plaatsgevonden. De veenvorming is opgehouden nadat de Ratumse beek in het veen een bedding heeft gevormd en klei is gaan afzetten. Vanaf de middeleeuwen is, na de verlegging van de Ratumse beek en eventuele veranderingen in de afvoer door ontbossing in het stroomgebied, de kleisedimentatie toegenomen. Met tussenboringen is nagegaan of het veenpakket in dwarsprofiel b-b' en c-c' met elkaar verbonden zijn. We hebben geen verbinding kunnen vaststellen, waardoor we ervan uitgaan dat het twee geïsoleerde laagtes zijn met een drempel ertussen.

Op basis van de boorresultaten en de dwarsprofielen hebben we de bestaande detailbodemkaart (Kleijer et al., 1998) aangepast en de loop van de beek gereconstrueerd (figuur 3.14). Vanuit het oosten komt de vermoedelijke hoofdstroom van de Ratumse beek bij dwarsprofiel a-a' het gebied binnen. Aanvankelijk is het een nog smalle loop die bij dwarsprofiel b-b' uitloopt in een brede moeraslaagte die na de verlegging van de beek met klei is opgevuld (Rn12C). Vanuit het zuiden komt ter hoogte van het verdeelwerk een tweede geul het gebied binnen. Deze buigt af in noordwestelijke richting langs boring 1016 en 1007 en komt vermoedelijk uit in dezelfde opgevulde moeraslaagte. Tussen de Waliënseweg en Koppelleiding vinden we alleen een geulrestant bij boring 1025. Het lijkt erop dat hier tussen de venige laagtes een drempel gelegen heeft waar de beek doorheen gesneden is. Ten noorden van de Koppelleiding volgt de beek de moeraslaagte (EZg35rV) aan de voet van de dekzandrug (dwarsprofiel c-c') en buigt dan naar het westen af. Hoe het verloop verder is, weten wij niet, maar wij vermoeden dat deze via boring 1026 (EZg35) westwaarts gegaan is om daarna

naar het noorden af te buigen. Maar ook een loop door het dal waarin later de Koppelleiding is aangelegd, sluiten wij niet uit.

De bodemsamenstelling en -opbouw passen in het beeld, dat na de middeleeuwse omleiding van de beek het gebied veelvuldig met wateroverlast kampte. In de laagste delen in het landschap die frequent overstromden is veel sediment afgezet waardoor het oorspronkelijke beekdalreliëf niet overal meer zichtbaar is. Met name het grote perceel ten zuiden van de Waliënsesweg lijkt vrij sterk afgevlakt, waarbij we in de bovenste decimeters zeer sterk lemig beeksediment herkennen. Daarnaast is dit perceel in de ruilverkaveling waarschijnlijk verder geëgaliseerd. Ook het reliëf bij dwarsprofiel c-c' is afgevlakt tijdens de ruilverkaveling. Materiaal van de es is over de lagere gronden van het beekdal geschoven, waardoor de laagte nu aan het zicht onttrokken is.



Legenda

Detailbodemkaart

Veengronden

- hVz Koopveengronden op zand
- zVz Meerveengronden op zand

Moerige gronden

- vWz Moerige eerdgrond

Podzolgronden

- Hn44 Veldpodzolgronden
- cHn54 Laarpodzolgronden

Dikke Eerdgronden

- EZg35 Lage enkeerdgronden

- zEZ44 Zwarte enkeerdgronden
- bEZ53 Bruine enkeerdgronden

Kalkloze zandgronden

- tZg44 Beekerdgronden
- tbZg44 Bruine beekerdgronden
- cZg44 Zwarte beekerdgronden, matig dikke bovengrond
- cbZg44 Bruine beekerdgronden, matig dikke bovengrond
- tZn44 Gooreerdgronden

Beekleigronden

- Rn12C poldervaaggronden
- tRn22C Leekeerdgronden

Toevoegingen ondergrond

KEPR_ACHT

- rV Klei 40 - 120; Veen tussen 120 en 180 cm - mv.
- x Keileem tussen 40 en 120 cm
- xT Keileem tussen 40 en 120; tertiaire klei tussen 120 en 180
- T Tertiaire klei tussen 120 en 180 cm

Toevoegingen bovengrond

KEPR_VOOR

- f
- fk
- k

- Boorpunten

- Overige waterlopen

- Beurzerbeek

- Koppelleiding

- Ratumsebeek

- Oude loop

Figuur 3.14 Detailbodemkaart, gereviseerd naar Kleijer et al. (1998), met daarop een reconstructie van de oude loop van de Ratumse beek op basis van het bodemonderzoek.

4 Een nieuwe beekloop in een oud dal

4.1 Reconstructie

Op grond van de historische en bodemkundige verkenning kunnen nu we vrijwel zeker vaststellen dat er een natuurlijk verbinding is geweest tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek. Het veldbodemkundig onderzoek heeft ook opgeleverd dat er in die verbinding verschillende beekmilieus te onderscheiden waren. Met deze kennis gewapend, hebben we een reconstructie gemaakt van de Ratumse beek voordat hij werd afgeleid naar de watermolen van Ravenhorst (figuur 4.1). Deze reconstructie is vervolgens het uitgangspunt geweest voor het opstellen van drie alternatieve inrichtingsschetsen.

In stroomafwaartse richting onderscheiden we drie beektrajecten (figuur 4.1). Het meest bovenstroomse traject sluit aan op de huidige loop van de Ratumse beek voor het verdeelwerk. Deze loop had, net als de huidige beekloop nu nog, het karakter van een sterk meanderende beek in een zandige bodem (A). Het middelste traject typeren we als een slingerende moerasbeek in een venig-kleilig beekdal (B). Een overloopgeul verbond de twee moerassig laagtes die door een drempel van elkaar gescheiden werden. In het benedenstroomse traject lag de beek ingesneden in een venig beekdal tussen hoge dekzandruggen met een oud bouwlanddek (C). Door de geringe bewegingsvrijheid had de beek hier ook onder natuurlijke omstandigheden een vrij rechte loop.



Figuur 4.1 Reconstructie van de oude natuurlijke loop van de Ratumse beek. De witte lijnen geven de ligging aan van het glaciële smeltwaterdal in de ondergrond (paragraaf 3.2; figuur 3.6).

4.2 Schetsontwerpen

De reconstructie van de natuurlijke loop van Ratumse beek is een inspiratie geweest voor drie alternatieve ontwerpen voor een eventueel herstel van deze verbinding met de Beurzerbeek. Het eerste ontwerp is het *Meest natuurlijke alternatief*, de nieuwe loop volgt hierin zo veel mogelijk het tracé van de oorspronkelijke beekloop met een natuurlijk profiel. Het tweede alternatief, *Natuurlijk waar het kan*, volgt de nieuwe loop het tracé van de huidige Koppelleiding tot de Waliëneweg, maar met een aangepast profiel en daarna de natuurlijke loop zoals in het meest natuurlijke alternatief. In het derde alternatief, *Geen spijt*, volgt de loop het huidige tracé van de Koppelleiding over de gehele lengte met een aangepast profiel. De geschetste alternatieven dienen op hun beurt weer als inspiratie voor een eventueel toekomstig ontwerpproces voor verlegging van de benedenloop van de Ratumse beek.

4.2.1 Natuurlijk beekprofiel

Voor het berekenen van de dimensies van het profiel van een beek in een natuurlijke evenwichtssituatie zijn hydraulisch-geometrische relaties ontwikkeld. Dit zijn empirische vergelijkingen die breedte en diepte via een exponentiële vergelijking relateren aan de afvoer. De afvoer met de meeste invloed op de morfologie van een beek is de dominante of geulvormende afvoer. Statistisch gezien komt deze afvoer eens in de 1.58 jaar voor. Omdat deze afvoer vaak niet exact bekend is, wordt in de ontwerppraktijk gerekend met een debiet dat één keer per jaar overschreden wordt (T1). Op basis van verschillende potentiële geulvormende afvoeren zijn de evenwichtsbreedte en -diepte voor een nieuwe beekloop berekend. Bij de berekening is rekening gehouden met het cohesieve karakter van de bodem in de oeverzone. Beken in sterk lemig/kleihoudend zand zijn over het algemeen wat smaller en dieper dan beken in zwak lemig zand. De formules en de literatuur over deze formules zijn terug te vinden in het Handboek Geomorfologisch Beekherstel (Makaske et al., 2020).

Tabel 4.1 Evenwichtsdimensies Ratumse beek bij diverse afvoeren op basis van Makaske et al. (2020).

Evenwichtsdimensies Ratumse beek	Debiet m ³ /sec				
	0.65	1.75	2	2.2	2.4
Evenwichtsbreedte (m)	3.2	5.3	5.7	5.9	6.2
Evenwichtsdiepte (m)	0.49	0.73	0.77	0.8	0.82

Het debiet van 0,65 m³/sec is gelijk aan de afvoer die nu bij T1 door de benedenloop van de Ratumse beek wordt afgevoerd; 2,2 m³/sec is de afvoer door de Koppelleiding bij T1. Een afvoer van 2,2 m³/sec beschouwen we als een reële geulvormende afvoer voor de nieuwe loop in de uitwerking van de drie alternatieven. Voor de dwarsprofielen hebben we een breedte van 5,9 m en een diepte van 0,8 m ten opzichte van het maaiveld aangehouden. Dit betekent dat in alle drie de alternatieven de nieuwe beekloop een breedte krijgt die ongeveer gelijk is aan de bovenbreedte van de huidige Koppelleiding, maar gemiddeld minimaal 40 cm ondieper wordt. En waar het kan, krijgt de nieuwe loop, afhankelijk van het alternatief, de gelegenheid een breder natuurlijk beekprofiel te ontwikkelen. In de schetsprofielen bij de drie alternatieven is ter referentie ook het huidige profiel van de Koppelleiding weergegeven. De dimensies en de beddinghoogte van de Koppelleiding zijn afgeleid uit de legger.

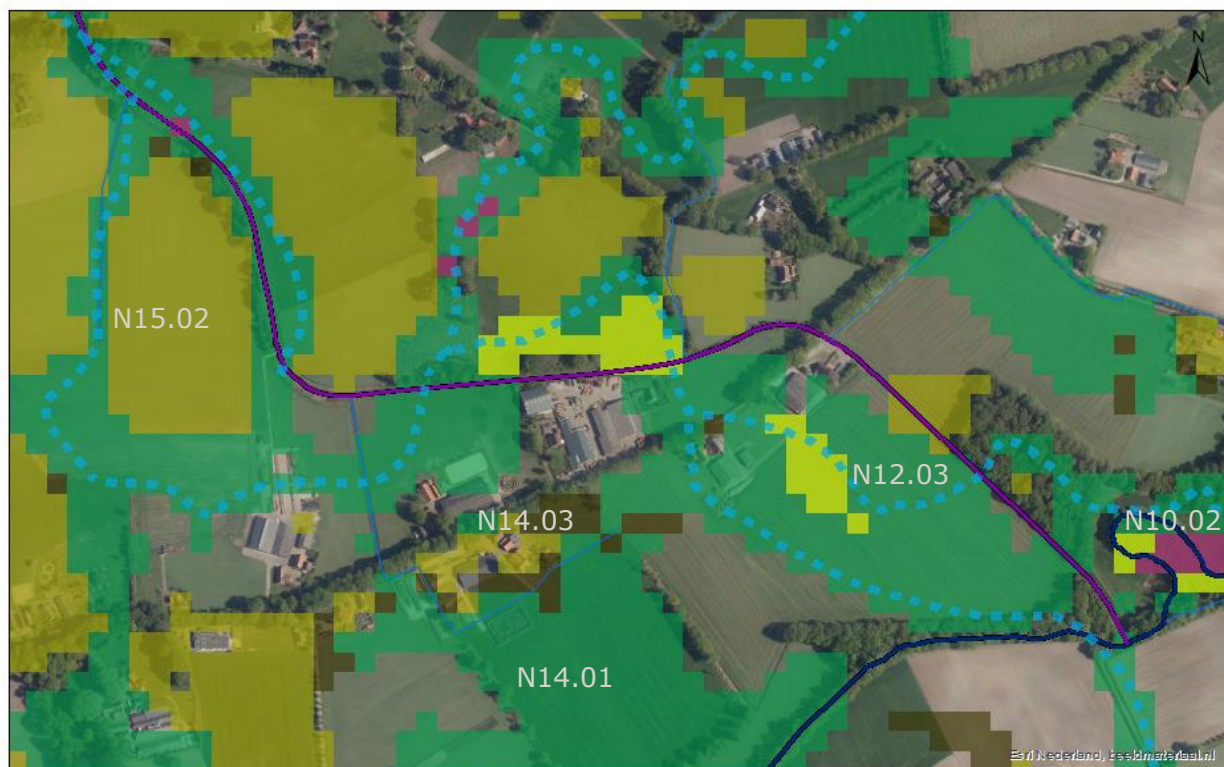
4.2.2 Natuurlijke landschap











Hoe het natuurlijk landschap eruit kan gaan zien na verlegging van de beekloop: ook daar zegt de bodemkaart iets over. Met de methode van de Landschappelijke Bodemkaart (LBK, Van Delft, 2022) kan een voorspelling worden gedaan welke vegetaties zich, gegeven de natuurlijke bodemvorming en de heersende grondwaterstanden (GXG), waar kunnen ontwikkelen. Deze analyse is in deze studie uitgevoerd met de aangepaste bodemkaart en de grondwaterstanden (GXG) in de huidige situatie en na verlegging van de loop van de Ratumse beek op basis van modelberekeningen (hoofdstuk 5).

In figuur 4.2 zijn de kansrijkste natuurtypen weergegeven die zich, na verlegging van de beekloop zonder dat het maaiveld naast de beek is verlaagd, kunnen ontwikkelen. Ten opzichte van de oorspronkelijke

situatie is het gebied nu sterk verdroogd. De gevonden actuele potenties zijn duidelijk minder dan in de referentiesituatie. Het kansrijkste natuurtype in het beekdal is het rivier- en beekbegeleidend bos (N14.01). Tot dit natuurtype behoren de wilgen-, elzen- en essen(broek)bossen die het best gedijen bij een regelmatige overstroming met beekwater. Aan de grondwaterstand stelt dit natuurtype niet al te hoge eisen. Het kan goed omgaan met het wegzakken van het grondwater gedurende het groeiseizoen. Aan de flanken van de dalen komen geschikte Haagbeuken-essenbos groeiplaatsen voor (N14.03). Dit bostype heeft zijn natuurlijke groeiplaats op kleihoudende en leemrijke bodems met periodiek hoge grondwaterstanden, maar net buiten de invloed van de beek. De hogere dekzandkoppen vormen een geschikte groeiplaats voor natuurtype dennen-, eiken- en beukenbossen (N15.02).

Langs de beek komen slechts een paar locaties voor die geschikt zijn voor de ontwikkeling van vochtig hooiland (N10.02) en glanshaverhooiland (N12.03). Vochtige hooilanden zijn bloemrijke graslanden met soorten als ratelaar, gewone roklaver, moerasroklaver, geel walstro, scherpe boterbloem, kruipende boterbloem of dotterbloem. Deze hooilanden komen voor op klei-op-veen- en klei- en zavelgronden die regelmatig (kort) overstromen, of waar in het verleden overstroming heeft plaatsgevonden. De meest soortenrijke vegetaties in dit type komen hier voor op plekken die in de winter plasdras staan en waar de grondwaterstand in de zomer slechts ondiep wegzakt. Meer kansen liggen er voor de ontwikkeling van glanshaverhooilanden (N12.03). Dit natuurtype komt voor op matig vochtige tot periodiek overstroomde kleigronden. Het type ontleent zijn naam aan de dominantie van glanshaver naast andere hoge grassen en een grote rijkdom aan kruiden met opvallend veel schermbloemigen. Bij dit natuurtype mag het grondwater in de zomer diep uitzakken.



Legenda	Beken
 N14.01 Rivier- en beekbegeleidend bos	 Overig
 N14.03 Haagbeuken- en essenbos	 Beurzerbeek
 N15.02 Dennen-, eiken- en beukenbos	 Koppelleiding
 N10.02 Vochtig hooiland	 Ratumsebeek
 N12.03 Glanshaverhooiland	 Mogelijk oude loop

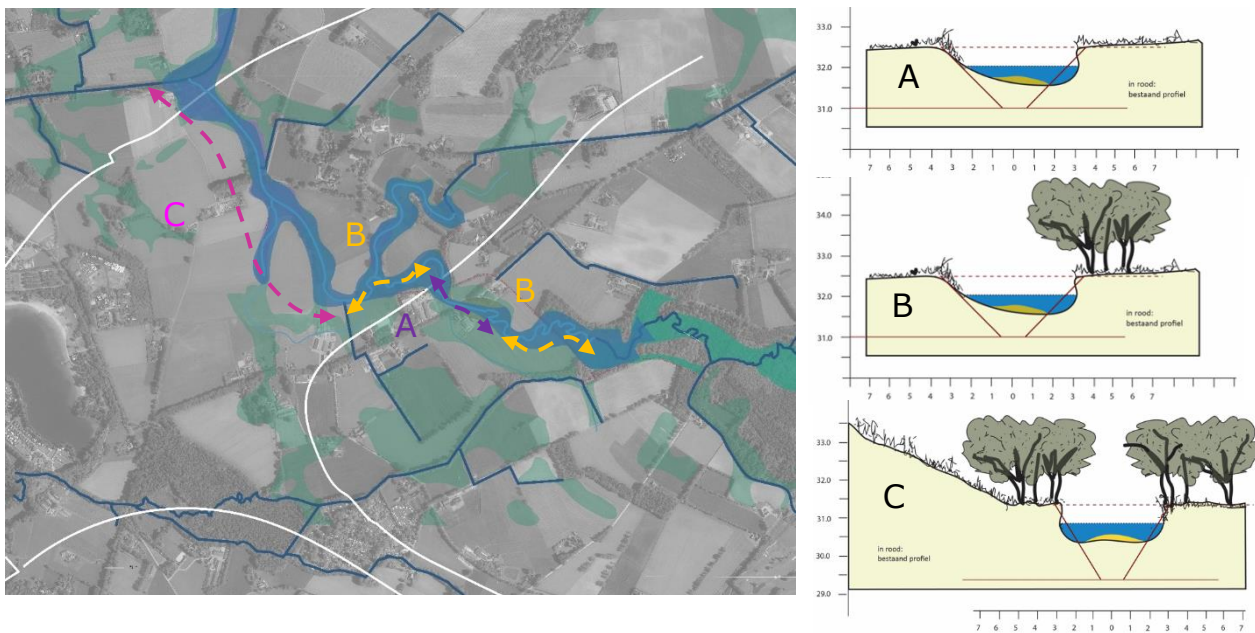
Figuur 4.2 Natuurtypen met de hoogste realisatiekans (Van Delft & Maas, 2022).

Het verleggen van de loop en de veranderingen van de grondwaterstanden die daarmee samenhangen, hebben nauwelijks invloed op de realisatiekansen voor de beekbegeleidende natuurtypen. Dit blijkt uit de vergelijking die we hebben gedaan en tussen de actuele situatie en de situatie na aanleg van de nieuwe loop (alternatief 2). De kansen voor vochtig hooiland (N10.02) nemen iets toe ten koste van glanshaver hooiland (N12.03). Wel hebben meer overstromingen vanuit de beek een positief effect op de realisatiekansen voor alle beekbegeleidende natuurtypen.

4.2.3 Drie inrichtingsalternatieven

Alternatief 1: Het meest natuurlijke alternatief

In alternatief 1, het *Meest natuurlijke alternatief*, volgt de loop het gereconstrueerde tracé van de oude loop (figuur 4.3). Over de gehele lengte heeft de beek een natuurlijk dwarsprofiel met steile en ondergraven oevers in de buitenbocht en flauwe oevers in de binnenbocht. In rechte delen zijn beide oevers steil. We onderscheiden drie profieltypen: A) weidebeek; B) eenzijdige houtwalbeek en C) bosbeek.

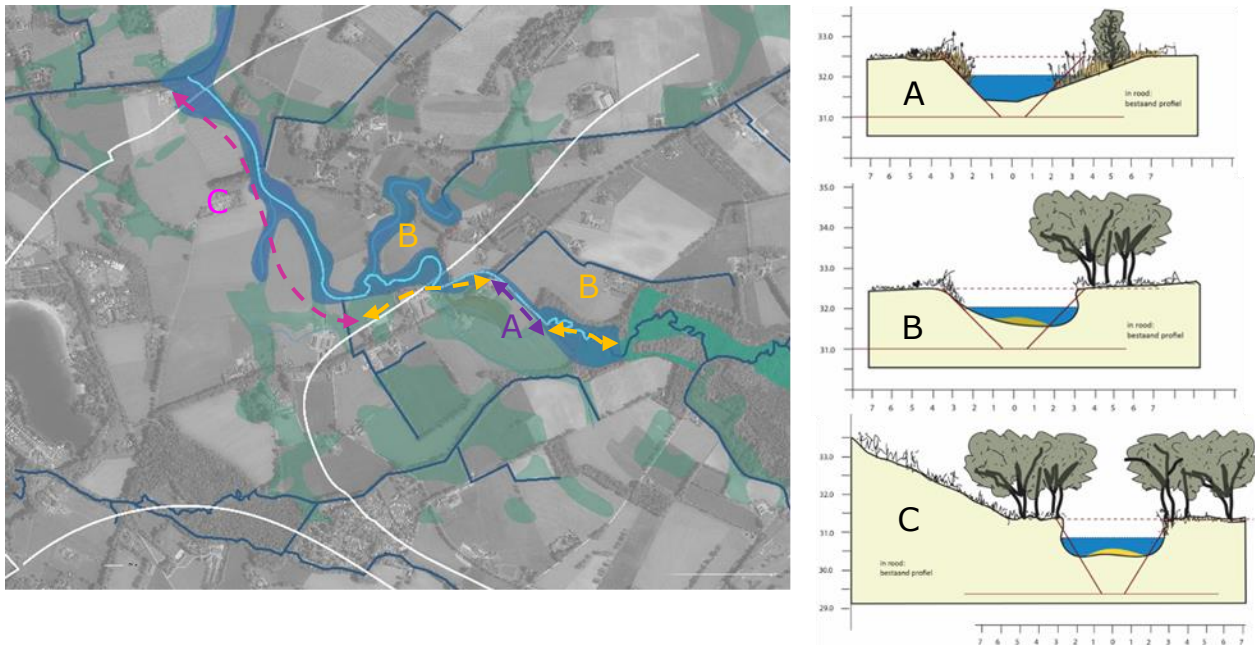


Figuur 4.3 Inrichtingsalternatief 1 'Het meest natuurlijk'. De trajecten A, B en C corresponderen met de profielen aan de rechterzijde van de figuur.

Het weidebeektype (A) staat voor een beekloop met een moerassige oevervegetatie te midden van vochtige hooilanden/glanshaverhooilanden. De eenzijdige houtwalbeek (B) heeft een eenzijdige begroeiing van beekbegeleidend bos met aan overzijde van de beek een moerasoever- en hooilandvegetatie. Beekbegeleidend bos op de rand van een hogere dekzandrug gaat geleidelijk over in een haagbeuken-essenbos. In het bosbeektype (C) is de beek aan weerskanten omgeven door beekbegeleidend bos met hoger op de dalflank het haagbeuken-essenbos. Op kleine open plekken in het beekdal kan vochtig hooiland voorkomen.

Alternatief 2: Natuurlijk waar het kan

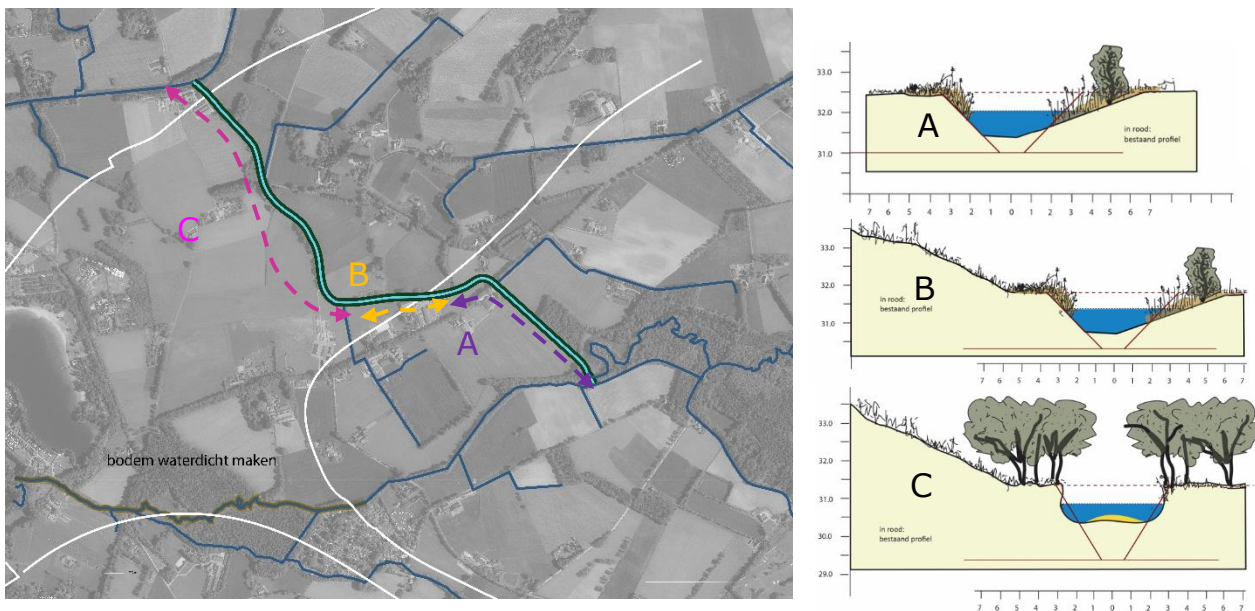
Inrichtingsalternatief 2, *Natuurlijk waar het kan*, volgt vanaf het bos tot de Waliëneweg de bestaande loop van de Koppelleiding (figuur 4.4). Het profiel van de Koppelleiding wordt verondiept en krijgt een eenzijdige flauwe natuurvriendelijke oever met een moerasruigte vegetatie (A). De watergang behoudt daarmee in principe voldoende afvoercapaciteit, maar de waterstanden worden wel hoger. Het grasland aan weerszijden van de beek bestaat uit natuurtype droog schraalland (N11.01) of kruiden- en faunarijk grasland (N12.02) Vanaf de Waliëneweg vervolgt het de natuurlijke loop, zoals in het meest natuurlijke alternatief. Hier is meer ruimte voor een natuurlijke ontwikkeling van de beek.



Figuur 4.4 Inrichtingsalternatief 2 'Natuurlijk waar het kan'. De trajecten A, B en C corresponderen met de profielen aan de rechterzijde van de figuur.

Alternatief 3: Geen spijt

In inrichtingsalternatief 3, Geen spijt, blijft het tracé van de huidige Koppelleiding intact, maar wordt het profiel aangepast (figuur 4.5). Over de gehele lengte wordt het profiel verondiept en in traject A en B wordt eenzijdig een natuurvriendelijke oever aangelegd, waardoor in principe de afvoercapaciteit wordt gewaarborgd. In traject C vervolgt het de natuurlijke loop zoals in het meest natuurlijke alternatief met een bosbeek. *Geen spijt* heeft betrekking op het gunstige effect van het verhogen van de drainagebasis van de waterloop op het tegengaan van verdroging en past binnen de bestaande ruimte van de Koppelleiding.



Figuur 4.5 Inrichtingsalternatief 3 'Geen spijt'. De trajecten A, B en C corresponderen met de profielen aan de rechterzijde van de figuur.

In hoofdstuk 5 (hydrologie) is doorgerekend wat de effecten zijn van twee inrichtingsalternatieven:

- Scenario 1 is een doorrekening van alternatief 3 Geen spijt.
- Scenario 2 is een doorrekening van alternatief 2 Natuurlijk waar het kan.

5 Hydrologie

Dit hoofdstuk is een samenvatting van de WRIJ-memo Hydrologische studie Ratumse beek – Koppelleiding (Bol et al., 2022) en analyseresultaten gedurende de looptijd van het project, aangeleverd door het waterschap.

5.1 Schets van de huidige situatie

De huidige Koppelleiding functioneert als een hoogwaterafvoer. Vooral in de wintermaanden wordt overtollig water via deze weg van de Ratumse beek naar de Beurzerbeek geleid (figuur 5.1).

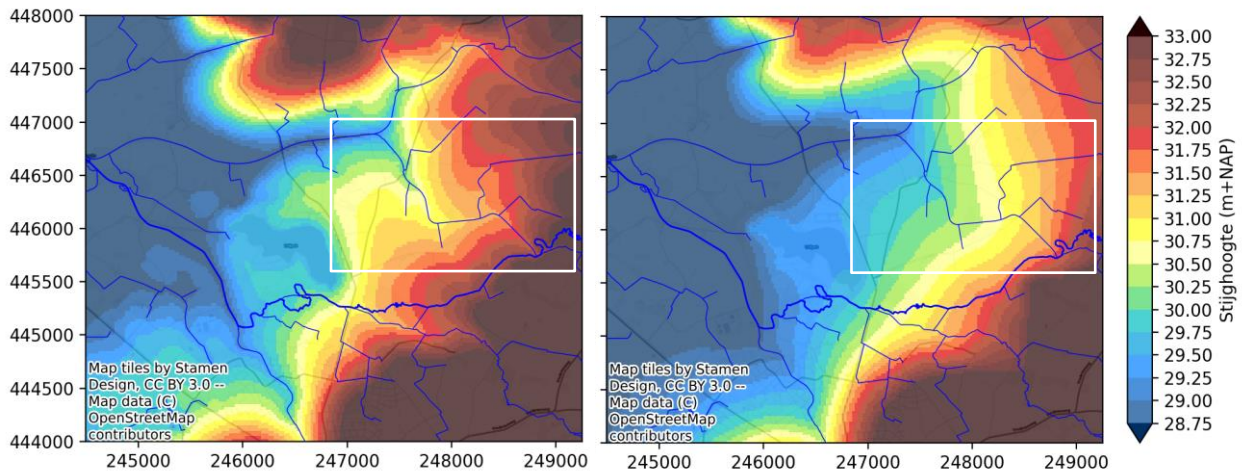


Figuur 5.1 Afvoer via de Koppelleiding vanuit het retentiebekken Döttekro (17-02-2021, Gilbert Maas).

De Koppelleiding is ongeveer 2,5 km lang en er is een verval van ongeveer 2 m over dit traject. De huidige bodembreedte van de Koppelleiding ligt tussen de 65 en 80 cm, met een talud van 1:2 en een bodemhoogte van circa 1 m onder het maaipad. Het maaipad ligt veelal lager dan het aangrenzende maaiveld, waardoor de feitelijke drainagebasis dieper dan 1 m -mv is. De Koppelleiding ligt daarmee erg diep in het landschap, waardoor de drooglegging bijna overal 120 cm of meer is (figuur 5.5a).

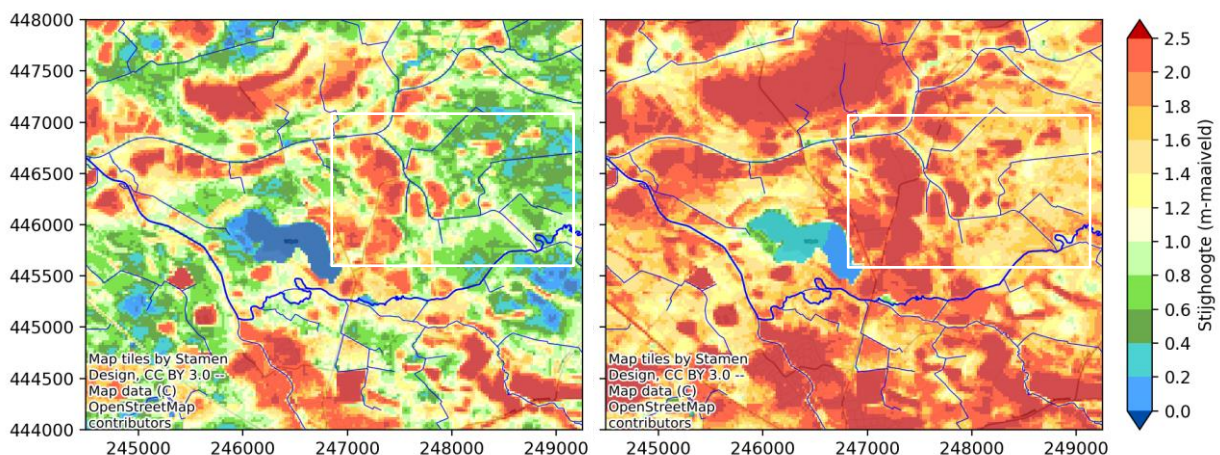
5.1.1 Grondwater

Uit de grondwaterberekeningen blijkt dat in de huidige situatie de Koppelleiding een drainerende werking heeft op het grondwatersysteem. Dat is met name goed zichtbaar in de afbuigende isohypsen van de berekende GHG in m +NAP (figuur 5.2a). Daarin is goed zichtbaar dat op het traject van de Koppelleiding de stijghoogten afbuigen naar de watergang toe. Dit duidt op een sterk drainerend effect. Dit effect is in mindere mate ook zichtbaar in de berekende GLG (figuur 5.2b).



Figuur 5.2a Links: GHG in m +NAP voor de huidige situatie (2010-2020); **Figuur 5.2b** Rechts: GLG in m +NAP voor de huidige situatie (2010-2020). Studiegebied Koppelleiding in kader.

De berekende GHG ten opzichte van maaiveld (figuur 5.3a) in het bovenstroomse gedeelte van de Koppelleiding ligt rond de 1,0 m -mv en in het benedenstroomse gedeelte rond de 0,6 m -mv. De berekende GLG ten opzichte van maaiveld (figuur 5.3b) in het bovenstroomse gedeelte van de Koppelleiding ligt rond de 1,6 m -mv en in het benedenstroomse gedeelte rond de 1,2 m -mv.



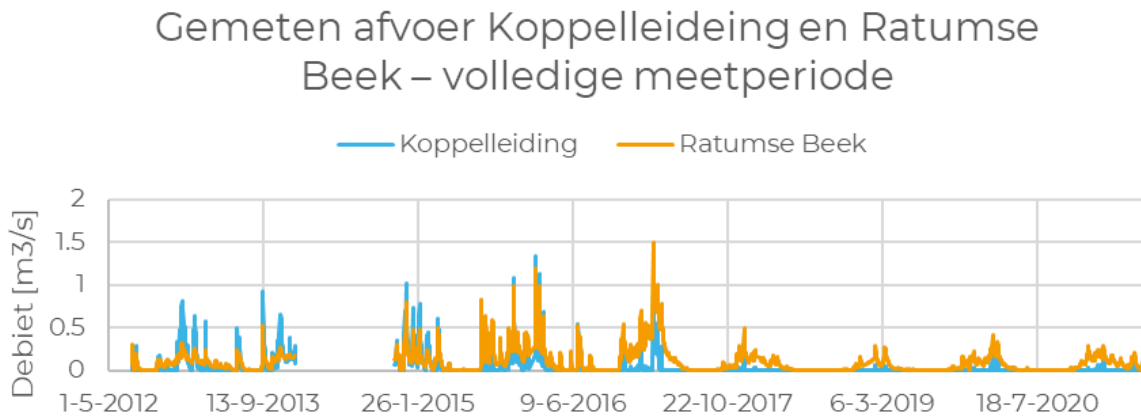
Figuur 5.3a Links: GHG in m -mv voor de huidige situatie (2010-2020); **Figuur 5.3b** Rechts: GLG in m -mv voor de huidige situatie (2010-2020). Studiegebied Koppelleiding in kader.

5.1.2 Afvoer en afvoerverdeling

De afvoerverdeling over de Ratumse beek en de Koppelleiding wordt geregeld door het verdeelwerk bij Döttekrö. Bij een basisafvoer van ca. 0,2 m³/sec of lager gaat vrijwel al het water naar de Ratumse beek

(figuur 5.4) De Koppelleiding staat dan droog (figuur 5.5a). Bij hogere afvoeren gaat ca. 70-75% in de richting van de Koppelleiding en wordt 25-30% via de Ratumse beek afgevoerd. Een groot deel van het water stroomt bij hoge afvoeren via de overlaat uit het retentiebekken naar de Koppelleiding (figuur 5.1). Voor de hydrologische berekeningen zijn de volgende maatgevende afvoeren gehanteerd:

- Basisafvoer: 0,2 m³/sec.
- T1: 2,2 m³/sec.
- T10: 3,1 m³/sec.



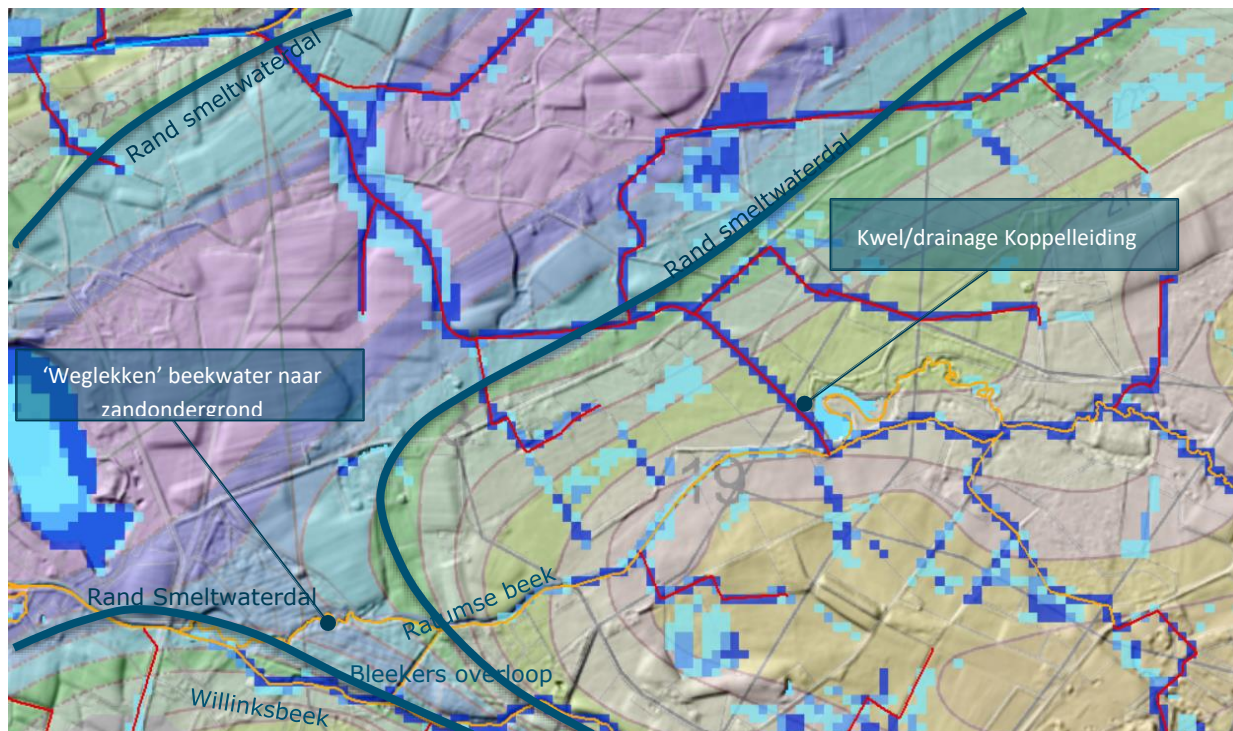
Figuur 5.4 Gemeten afvoeren over de Ratumse beek en de Koppelleiding tussen voorjaar 2012 en 2021.

5.1.3 Droogval

De afvoer over de Ratumse beek zakt in droge perioden onder de basisafvoer van 0,2 m³/sec. In de droge jaren 2018-2020 was de beek in de zomerperiode afvoerloos (figuur 5.4 en figuur 5.5b) en viel de bedding droog. Dit gold ook voor de Willinkbeek, Beurzerbeek en andere beken op het plateau van Winterswijk. Bij de steengroeve en de golfbaan is met grondwaterpompen water naar de Willinkbeek en de Ratumse beek aangevoerd om kwetsbare vis en macrofauna te doen overleven. Verleggen van de benedenloop van de Ratumse beek kan deze droogval bovenstrooms op het plateau niet voorkomen. Daarvoor zullen verstreckende maatregelen in het stroomgebied genomen moeten worden om water langer vast te houden.



Figuur 5.5a Vanaf basisafvoer en lager staat de Koppelleiding droog. In het voorjaar is de drainerende werking van de watergang dan goed zichtbaar. De vegetatie met o.a. Dotterbloem geeft het niveau aan waaronder het grondwater uittreedt (stippellijn). **Figuur 5.5b** Droogval van beken op het plateau van Winterswijk in de droogtejaren 2018-2019 (Spikmans et al., 2020).



Figuur 5.6 Droogval (watergang = rood), afvoerstop (watergang = oranje) en het voorkomen van kwel (blauwe pixels) in relatie tot de dikte van de pleistocene zandondergrond.

Verleggen van de Ratumse beek kan wel van invloed zijn op droogval van de benedenloop. In figuur 5.6 is in één figuur de droogval, afvoerstop en kwel/drainage in de waterlopen weergegeven tegen de achtergrond van de dikte van de pleistocene zandondergrond. De meeste waterlopen zijn drainerend, maar de in Ratumse beek lekt water vanaf de Bleekeroverloop tot aan de Willinkbeek weg naar de zandondergrond. Dit infiltratietraject valt samen met een uitloper van het glaciale smeltwaterdal dat met een dik pakket Kwartair zand is opgevuld. Het tracé van de Koppelleiding naar de Beurzerbeek is over de gehele lengte kwelgevoed/drainerend en daardoor mogelijk ook langer watervoerend indien de Ratumse beek via die route wordt verlegd.

5.1.4 Inundaties

De inundaties bij een T10 waterstand zijn weergegeven in figuur 5.7. Hierbij zien we dat er een aantal stroken langs de Koppelleiding inundeert en nog wat lageregelegen gronden. De oppervlakte die inundeert, valt binnen de norm van wateroverlast.



Figuur 5.7 Inundatie bij een T10 waterstand in de huidige situatie.

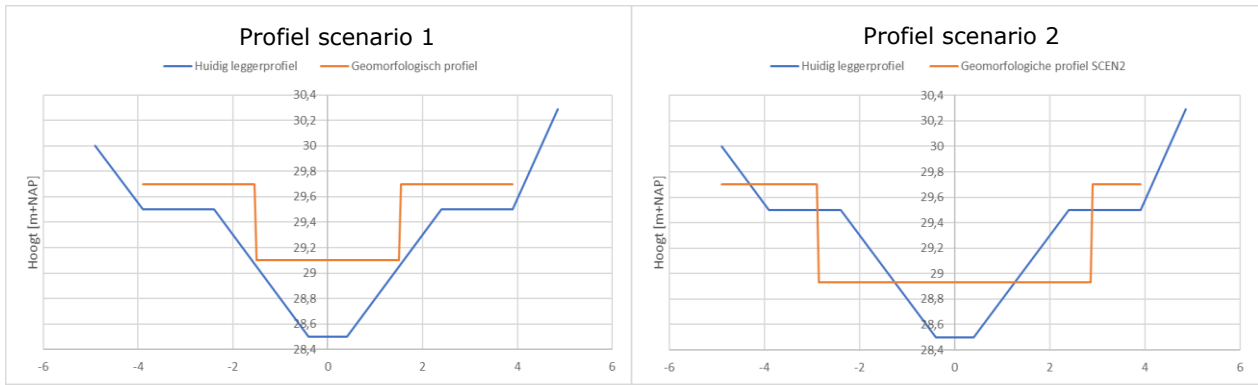
5.2 Scenario's

5.2.1 Scenario 1

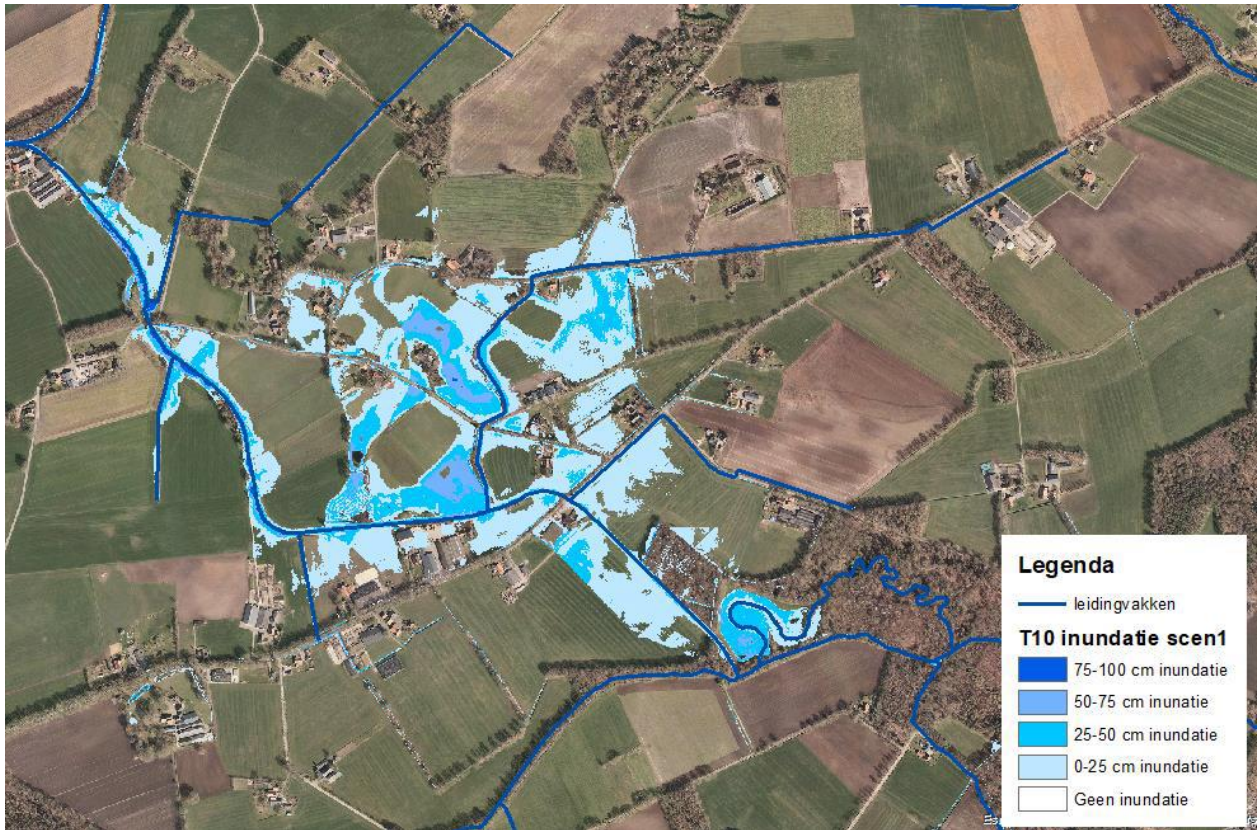
Dit scenario is in grote lijnen een uitwerking van alternatief 3, *Geen spijt*, waarbij de benedenloop van de Ratumse beek via de Koppelleiding naar de Beurzerbeek gaat stromen. Het geschematiseerde profiel heeft een bodembreedte van 3 m en heeft een diepte van 60 cm. De bodemhoogte komt op 40 cm onder het maaipad. De bodem komt hiermee circa 60 cm hoger dan in de huidige situatie (figuur 5.8a). Voor de berekeningen is in het model een te krappe duiker vergroot van 1x1,25 m naar 2x2,5 m en zijn de bruggen over de Koppelleiding verhoogd zodat er geen opstuwing ontstaat.

Dit scenario zorgt ervoor dat bij een basisafvoer van 0,2 m³/s de waterstand grofweg 75 cm hoger ligt dan in de huidige (droge) situatie. De drooglegging rond de Koppelleiding in een zone van 50-100 m vanaf de watergang neemt door deze maatregel af van > 120 cm onder maaiveld in de referentie naar 80-120 cm. En aantal laaggelegen percelen in het oorspronkelijke dal van de Modderbeek behaalt een drooglegging van minder dan 60 cm -mv. Verderaf van de watergang blijft de drooglegging ongewijzigd.

Bij een T10 afvoer van 3,1 m³/s treden er verschillende inundaties op langs de Koppelleiding (figuur 5.9). Te zien is dat het profiel van scenario 1 voor veel en soms diepere (50 cm) inundaties leidt. Het blijkt dat de bij dit scenario gekozen dimensies van de beek binnen de bestaande randvoorwaarden ontoereikend zijn voor het verwerken van een T10-afvoer.



Figuur 5.8a, b Geschematiseerde profielen scenario 1 en 2 voor herinrichting Koppelleiding.



Figuur 5.9 Inundatie bij een T10 waterstandscenario 1 (alternatief 3).

5.2.2 Scenario 2

Scenario 2 is een uitwerking van alternatief 2, *Natuurlijke waar het kan*. In dit scenario heeft de beek een bodembreedte van 5,70 m en heeft een diepte van 77 cm (figuur 5.8b). De bodemhoogte komt op 60 cm onder het maaipad. De bodem komt hiermee circa 40 cm hoger dan in de huidige situatie. Het maaiveld is als uitgangspunt gebruikt. Door het toepassen van dit profiel komt de beek dus hoger in het landschap te liggen. Daarnaast zijn er enkele meanders voorzien vanaf de kruising met de Waliënseweg, daarom is in dit scenario de lengte van de Koppelleiding met 321 m verlengd. Ook zijn, evenals in scenario 1, de bruggen verhoogd en is de duiker vergroot.

Dit scenario zorgt ervoor dat bij basisafvoer van 0,2 m³/s de waterstand grofweg 50-75 cm hoger ligt dan in de huidige (droge) situatie. De drooglegging rond de Koppelleiding neemt door deze maatregel iets af, maar in vergelijking met scenario 1 is het effect kleiner. Op een aantal percelen wordt de drooglegging verkleind naar 80-100 cm -mv ten opzichte van de huidige situatie. Verder van de watergang blijft de drooglegging ongewijzigd.

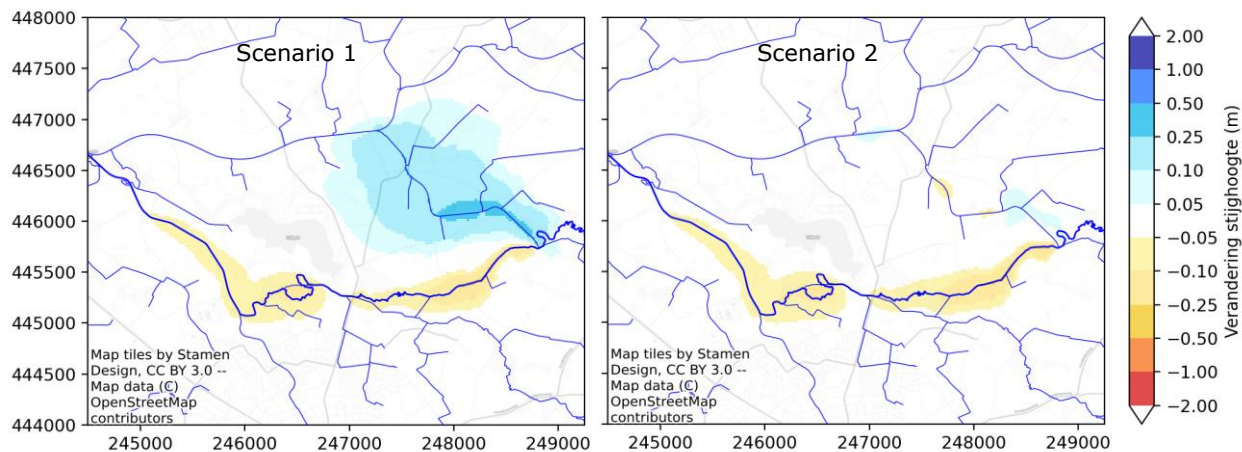
Bij een T10-afvoer van 3,1 m³/s treden ongeveer dezelfde inundaties op langs de Koppelleiding als in de huidige situatie, maar zijn iets groter van omvang (figuur 5.10). De T10-waterstand is 10-25 cm hoger dan in de huidige T10.



Figuur 5.10 Inundatie bij een T10 waterstand scenario 2 (alternatief 2).

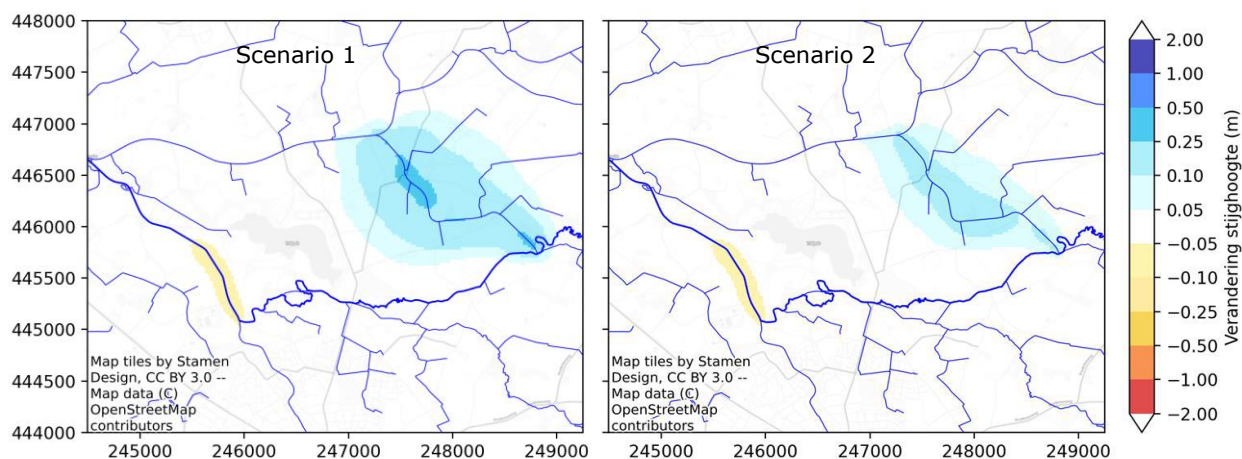
5.2.3 Effect van de scenario's op de grondwaterstand

Uit de grondwaterberekeningen blijkt dat de profielaanpassing in scenario 1 rondom de Koppelleiding voor een hogere stijghoogte in de GHG van 10 à 25 cm zorgt en in het bovenstroomse gedeelte zelfs een verhoging van 25 à 50 cm. (figuur 5.11a). Ten opzichte van het eerste scenario zijn de vernattende effecten van scenario 2 een stuk minder groot (figuur 5.11b). In de GHG wordt zelfs op enkele plekken een verdrogend effect berekend. Het verschil in effect is te verklaren door de keuze van het profiel. De mate van uitwisseling tussen het grondwater en oppervlaktewater wordt bepaald door de natte omtrek van de watergang. Door het brede profiel is de natte omtrek in dit scenario een stuk groter dan in de referentie. Dus ondanks de peilstijging, zorgt dit profiel in de GHG toch voor een verdrogend effect op sommige plekken, omdat de drainerende werking sterker is geworden.



Figuur 5.11a, b Effect GHG scenario 1 (links) en scenario 2 (rechts) ten opzichte van de referentie.

In de GLG (figuur 5.12a, b) is in beide scenario's wel een vernattend effect zichtbaar, van 10 à 25 cm. En in scenario 1 in het benedenstroomse gedeelte zelfs een verhoging van 25 à 50 cm ten opzichte van de referentie. Dat in de GLG wel in beide scenario's een vernattend effect te zien is, komt doordat door het hogere peil de watergang minder lang kan draineren dan in de referentie.

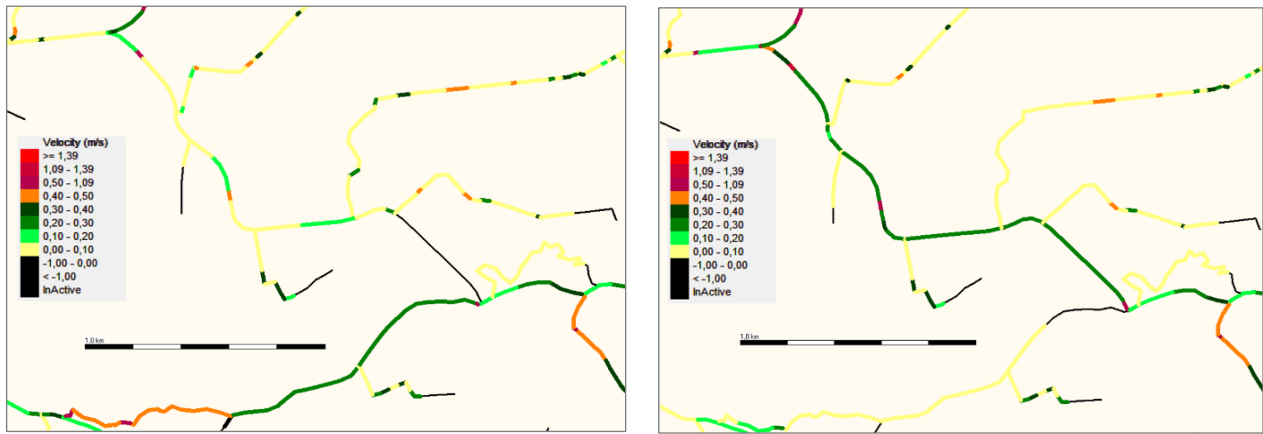


Figuur 5.12a, b Effect GLG scenario 1 (links) en scenario 2 (rechts) ten opzichte van de referentie.

In beide scenario's wordt het peil van de huidige Ratumse beek lager, aangezien hier minder water naartoe gaat. Dit heeft als gevolg dat de stijghoogten hier lager worden, voornamelijk in de GHG: 10 à 25 cm. Ondanks de hogere peilen blijft de Koppelleiding een drainerende werking op de omgeving hebben.

5.2.4 Effect op de stroomsnelheid en watervoerendheid

In figuur 5.13 is het effect van scenario 1 op de stroomsnelheid bij basisafvoer weergegeven in vergelijking met de huidige situatie. Bij een verlegging van de basisafvoer over het tracé van de Koppelleiding valt vrijwel het hele traject binnen de een stroomsnelheidsklasse van 0,2-0,3m/sec. Deze waarden vallen binnen de optimale range voor de referentietoestand van het KRW-watertype R5. In de huidige benedenloop nemen de stroomsnelheden af naar nul, omdat er bij basisafvoer onvoldoende water is om over twee takken te verdelen.



Figuur 5.13 Vergelijking van de stroomsnelheid bij basisafvoer tussen de huidige situatie (links) en scenario 1 (rechts).

Of een verlegde loop via het tracé van de Koppelleiding ook bij lage afvoeren in de zomerperiode watervoerend blijft, is maar de vraag. De huidige Koppelleiding ligt diep ingesneden en heeft daarmee een drainerende werking op de omgeving. De Koppelleiding ligt deels in en deels op de flank van de smeltwatergeul. Het kwartaire zand heeft een hoge doorlatendheid en bij verondieping komt de bodem boven de GLG te liggen. Een eerste inschatting is dat de verhoogde beek, in de goed doorlatende zandgeul, veel tot al het water in de zomer kan verliezen. Toch zou dit ook mee kunnen vallen, omdat uit het bodemonderzoek wel is gebleken dat de bodemsamenstelling en opbouw in de smeltwatergeul veel gevarieerder zijn dan veelal wordt aangenomen. Een bedding die het oude met klei en veen opgevulde dal volgt, is minder doorlatend dan de huidige bedding van de Koppelleiding die in het zand ligt.

6 Huidige en potentiële ecologische waarden voor de waternatuur

6.1 Huidige ecologische waarde van de macrofaunalevensgemeenschappen

In totaal zijn 114 kenmerkende taxa voor het watertype R5 gevonden in de beken (Bijlage 1). De ecologische kwaliteit wordt als gemiddeld zeer goed beoordeeld in de Ratumse beek en Willinkbeek, met relatief hoge aantallen kenmerkende en positief dominante taxa (tabel 6.1). In totaal zijn in de Ratumse beek 100 indicatortaxa aangetroffen en de Willinkbeek 75 taxa. De Bleekers overloop, die tussen beide beken ligt, scoort lager, namelijk matig. In het Duitse deel van de Willinkbeek en de Ratumse beek zijn geen additionele indicatoren gevonden die niet ook in het Nederlandse deel voorkomen. Met name in de Ratumse beek komen veel taxa (19 taxa) voor die niet in de andere beken zijn gevonden, waarbij het zwaartepunt in de benedenloop ligt (tab 6.2). De ecologische kwaliteit in de Beurzerbeek ligt duidelijk lager, gemiddeld ontoereikend tot matig. Ook het aantal indicatoren ligt er met 49 taxa aanmerkelijk lager, waarvan 7 taxa alleen in deze beek en niet in de andere beken zijn gevonden.

Tabel 6.1 Gemiddelde ($\pm 1SD$) ecologische kwaliteitsratio (EKR) macrofauna maatlat KRW-watertype R5 macrofaunamonsters periode 2000-2019 Nederlandse macrofaunamonsters. Kleuren geven de EKR-kwaliteitsklassen aan: slecht (0.0-0.2), oranje: ontoereikend (0.2-0.4), geel: matig (0.4-0.6), groen: goed (0.6-0.8), blauw: zeer goed (0.8-1.0).

Beek	Locatiecode	EKR-score maatlat macrofauna R5		Aantal K en DP taxa		n
		Gemiddelde	SD	Gemiddelde	SD	
Beurzerbeek	BZB08	0.57	0.15	9.6	4.2	11
	BZB14	0.40	0.05	6.4	2.1	5
Ratumse beek (bovenstrooms potentiële verbinding)	RTB00	0.92	0.02	37.0	5.7	2
	RTB05	0.86	0.05	15.2	3.8	5
	RTB13	0.92	0.02	26.8	6.6	5
Ratumse beek (benedenstrooms potentiële verbinding)	RTB08	0.93	0.02	33.0	1.4	2
	RTB09	0.67	-	0.67	-	1
	RTB10	0.91	0.02	29.9	6.7	7
	RTB14	0.88	0.02	27.0	4.2	2
Willinkbeek	WLB00	0.69	-	0.7	-	1
	WLB02	0.87	-	0.9	-	1
	WLB05	0.88	0.01	27.5	2.1	2
	WLB06	0.91	0.02	33.5	6.6	4
Bleekers overloop	BKO00	0.45	0.06	4.5	0.7	2

Tabel 6.2 Indicatoren die slechts in één beek(traject) zijn aangetroffen in de periode 2000-2019 en hun frequentie van voorkomen. Zie Bijlage 1 voor meer details. Kanttekening bij dit overzicht is dat unieke waarnemingen soms op determinatiefouten kunnen berusten, dit is echter niet te verifiëren.

Beek(traject)	# unieke taxa	Taxa (frequentie)
Beurzerbeek	7	Kokerjuffers: <i>Limnephilus centralis</i> (1), <i>Molanna angustata</i> (3), <i>Tinodes waeneri</i> (1) Vedermuggen: <i>Micropsectra atrofasciata</i> (2), <i>Potthastia longimanus</i> (1) Libellen: <i>Platycnemis pennipes</i> (2) Tweekleppigen: <i>Pisidium supinum</i> (1)
Ratumse beek (bovenstrooms potentiële verbinding)	6	Watermijten: <i>Arrenurus cylindricus</i> (2) Haften: <i>Baetis rhodani</i> (1) Kokerjuffers: <i>Brachycentrus subnubilus</i> (1), <i>Micropterna sequax</i> (1) Kevers: <i>Limnebius truncatellus</i> (1) Vedermuggen: <i>Thienemanniella flaviforceps</i> (1)
Ratumse beek (benedenstrooms potentiële verbinding)	13	Libellen: <i>Calopteryx virgo</i> (5) Kevers: <i>Haliplus laminatus</i> (2) Vedermuggen: <i>Harnischia</i> (1), <i>Paracladopelma laminatum</i> agg. (1), <i>Rheocricotopus chalybeatus</i> (1) Haften: <i>Heptagenia flava</i> (2) Watermijten: <i>Hygrobates fluviatilis</i> (1), <i>Sperchon squamosus</i> (2) Borstelwormen: <i>Nais barbata</i> (1), <i>Stygodrilus heringianus</i> (1) Kokerjuffers: <i>Psychomyia pusilla</i> (1), <i>Tinodes unicolor</i> (1) Kriebelmuggen: <i>Simulium aureum</i> (1)
Willinkbeek	6	Kokerjuffers: <i>Chaetopteryx villosa</i> (1), <i>Silo nigricornis</i> (1) Vedermuggen: <i>Micropsectra apposita</i> (1), <i>Nanocladius bicolor</i> (1) Gaasvliegen: <i>Osmylus fulvicephalus</i> (1) Haften: <i>Siphonurus aestivalis</i> (1)

6.2 Welke milieu- en habitateisen stelt de aangetroffen macrofauna?

De fauna van de Beurzerbeek indiceert een duidelijk ander beekarakter dan voor de Ratumse beek en de Willinkbeek wat betreft stromingscondities, met meer taxa die moerassen en stilstaand water prefereren ten opzichte van de veel meer op de voorgrond tredende stromingsminnende (rheofiele) taxa in de Ratumse beek en Willinkbeek (figuur 6.1). Dit geeft aan dat de fauna van de Beurzerbeek daarmee meer neigt naar die van sloten, weteringen en kanalen. Overigens scoren de Ratumse beek en de Willinkbeek wel lager dan de referentiesituatie op rheofilie en veel lager op het voorkomen van grondwater-gebonden (koud-stenotherme) taxa, terwijl de preferentie voor stilstaand water hoger ligt. Dit geeft aan dat wat betreft stromingscondities en grondwatervoeding er mogelijk nog verbetering zou kunnen optreden in deze systemen wanneer er herstelmaatregelen worden uitgevoerd.

Wat betreft waterkwaliteit scoren alle beken hoger dan de referentiesituatie op voedselrijkdom, wat een bepaalde mate van verrijking aangeeft (figuur 6.2). Op organische belasting scoort de Beurzerbeek slechter dan de Ratumse beek en Willinkbeek, met een hogere score voor α -mesosaprobe en polysaprobe taxa en een lagere score voor oligosaprobe taxa (zie box 6.1). Deze beken halen echter niet de waarden van de referentiesituatie voor organische belasting, wat aangeeft dat er wel sprake is van beïnvloeding voor deze factor. Wat betreft zuurgraad scoren alle beken lager dan de referentiesituatie, waarbij de score voor het benedenstroomse gedeelte van de Ratumse beek het laagst ligt.

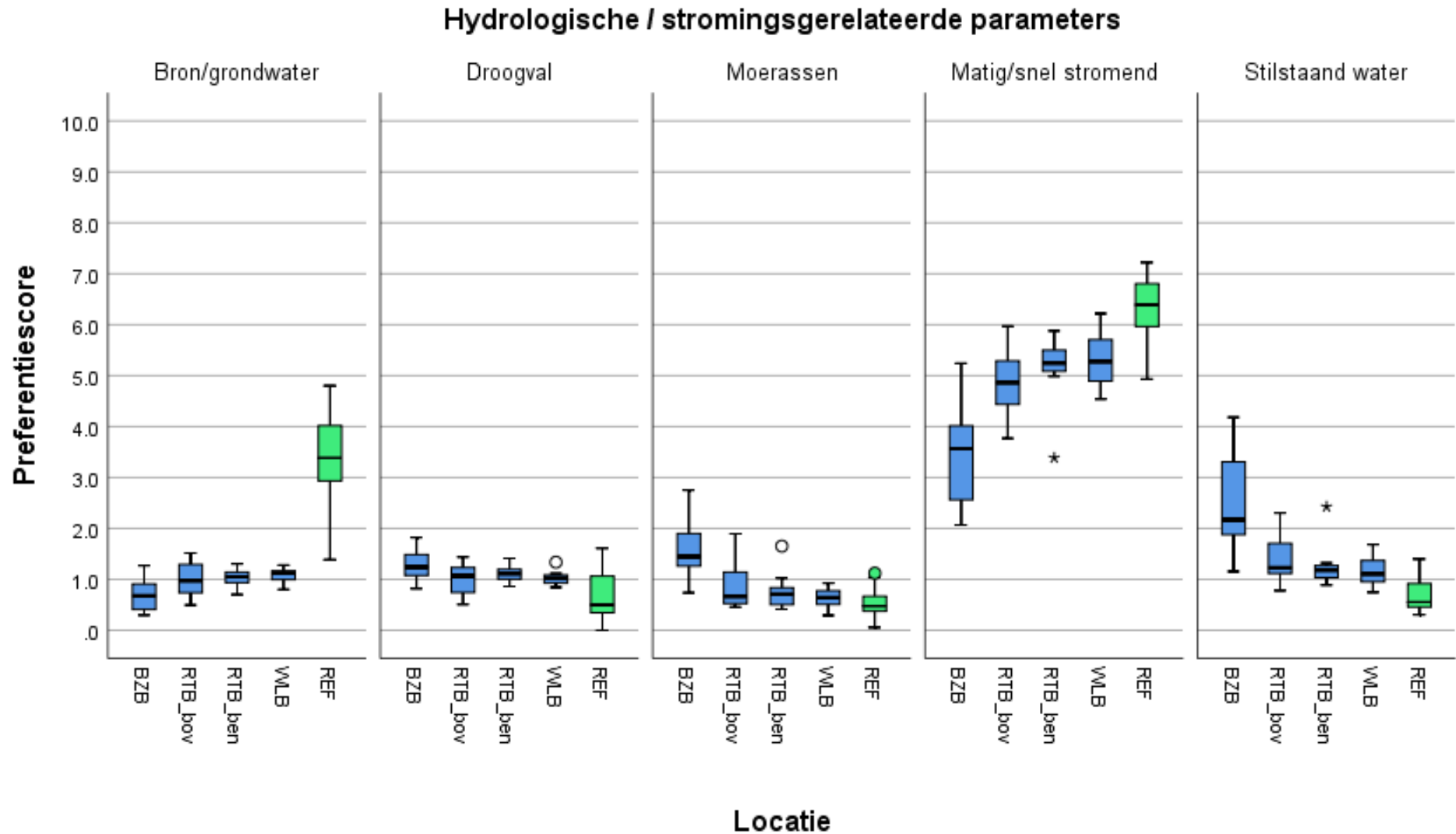
De indicatie voor substraatsamenstelling verschilt tussen de beken wat betreft hard substraat, waterplanten en slib (figuur 6.3). De score voor hard substraat ligt het hoogst in de referentiesituatie, de Ratumse beek en de Willinkbeek nemen een tussenpositie in en de score is relatief laag in de Beurzerbeek. Dit geeft aan dat in deze beek minder taxa voorkomen gebonden aan steen en hout. Waterplanten- en slibbinding komt in alle beken meer voor dan in de referentiesituatie en dit is relatief het sterkst in de Beurzerbeek. Dit past in het beeld van de andere parameters dat minder stroming en meer het moeraskarakter van deze beek aangeeft.

Box 6.1 Saprobie en stroming

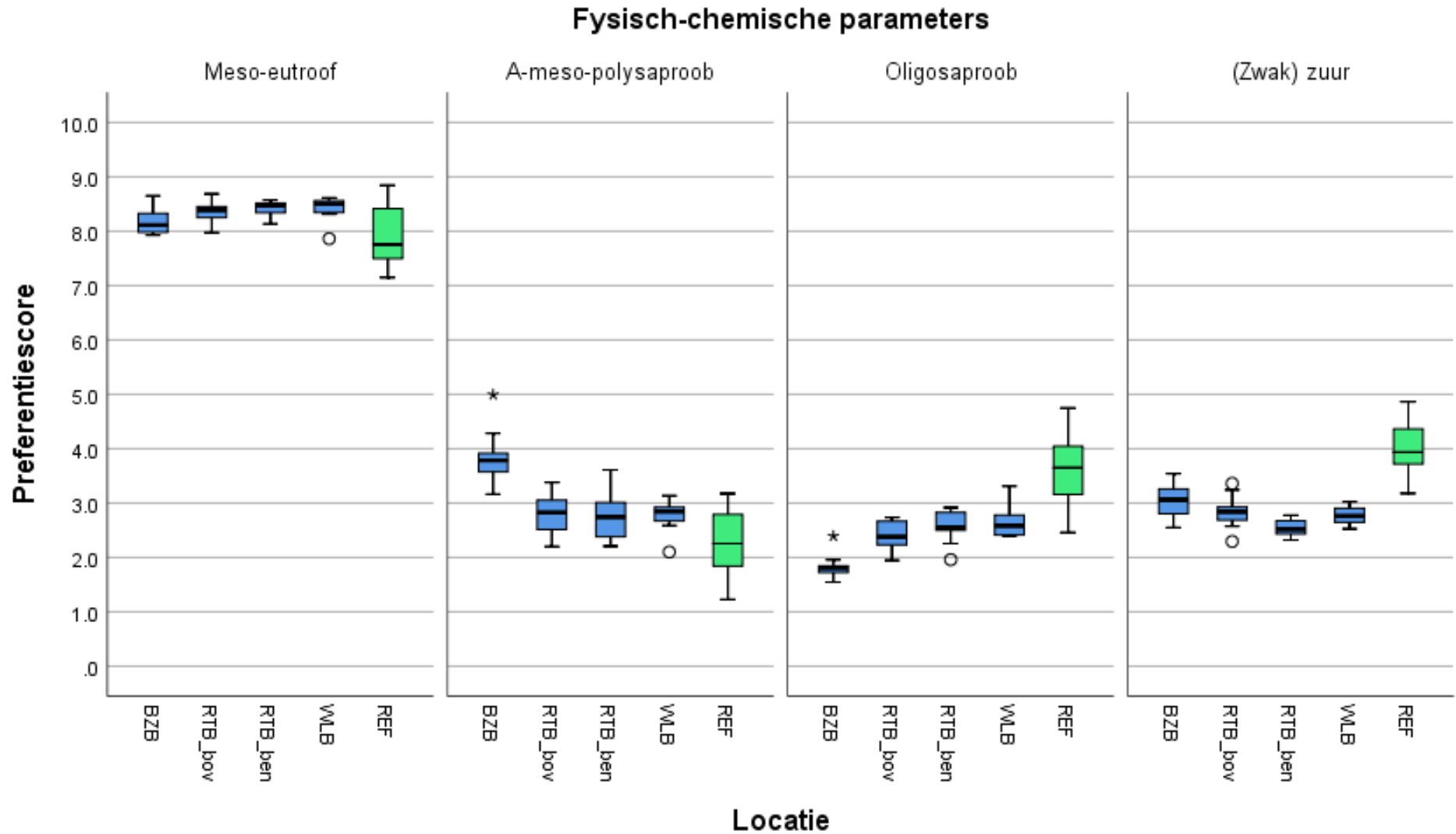
De organische belasting van het water wordt aangeduid met de term **saprobie**. Dit is de aanwezige hoeveelheid organisch materiaal in het waterlichaam dat kan worden omgevormd door met name bacteriën, waarbij stoffen vrijkomen en zuurstof wordt verbruikt. De herkomst van organische verontreiniging is vaak een combinatie van puntbronnen zoals overstorten en oppervlakkige afspoeling van organisch materiaal van landbouwpercelen en erven. Dit heeft consequenties voor de milieuomstandigheden in het waterlichaam en daarmee voor de daar voorkomende organismen. In Nederland wordt vaak gewerkt met een systeem met vier klassen van organische belasting (Verberk et al., 2012) van weinig tot sterk belaste omstandigheden:

- Oligosaproob: <0,1 mg NH₄/L, >8 mg O₂/L, <1 mg bodemzuurstofverbruik (BZV) per L.
- β-mesosaproob: 0,1-0,5 mg NH₄/L, 6-8 mg O₂/L, 1-5 mg BZV/L.
- α-mesosaproob: (0,5-4,0 mg NH₄/L; 2-6 mg O₂/L; 5-13 mg BZV/L.
- Polysaproob: >4,0 mg NH₄/L, <2 mg O₂/L, >13 mg BZV/L.

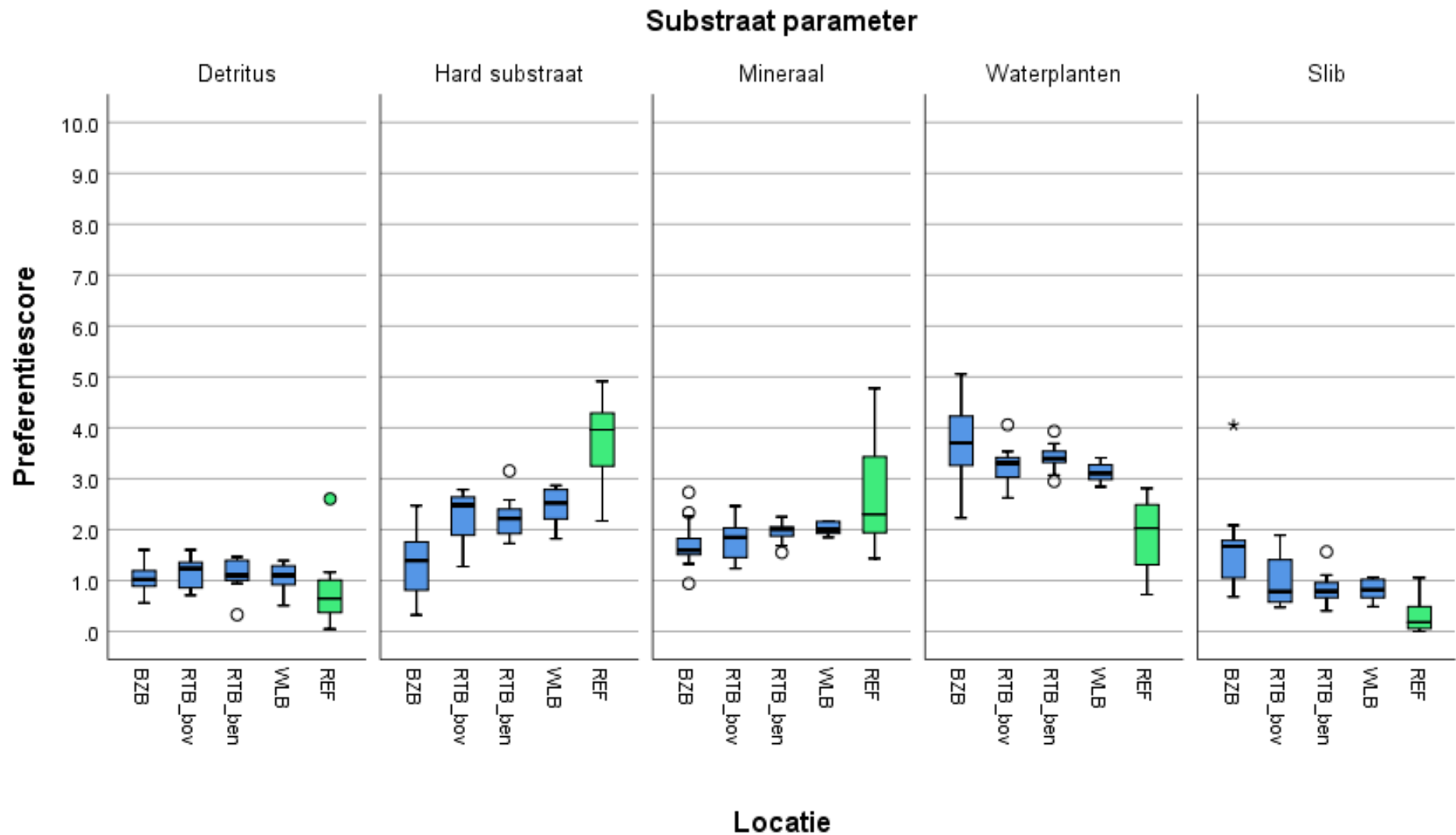
Van **stromingsminnend** wordt in laaglandbeken gesproken wanneer organismen een stroomsnelheid van >15 cm/s (matig stromend) of >25 cm/s (snelstromend) prefereren. Deze dieren hebben stroming nodig om te kunnen overleven, omdat ze ervan afhankelijk zijn voor bijvoorbeeld hun voeding of ademhaling en hebben vaak aanpassingen om zich goed vast te kunnen houden, zodat ze niet met de stroming meegevoerd worden. Soorten van stilstaand water komen voor bij een stroomsnelheid van maximaal 5 cm/s en kunnen zich niet handhaven bij veel stroming.



Figuur 6.1 Boxplots preferentiescores macrofauna gerelateerd aan hydrologie/stroming. Afkortingen beeknamen: Beurzerbeek (BZB), Ratumse beek boven (RTB_bov) of benedenstrooms (RTB_ben) potentiële verbinding, Willinkbeek (WLB) en referentiewaarde Nederlandse beken van het watertype R5 (REF, in groen). De boxen geven de mediaan en het 25-75%-percentiel weer, de whiskers de spreiding zonder de outliers en de stippen en sterretjes de outliers.



Figuur 6.2 Boxplots preferentiescores macrofauna gerelateerd aan fysisch-chemische parameters. Afkortingen beeknamen: Beurzerbeek (BZB), Ratumse beek boven (RTB_bov) of benedenstrooms (RTB_ben) potentiële verbinding, Willinkbeek (WLB) en referentiewaarde Nederlandse beken van het watertype R5 (REF, in groen). De boxen geven de mediaan en het 25-75%-percentiel weer, de whiskers de spreiding zonder de outliers en de stippen en sterretjes de outliers.



Figuur 6.3 Boxplots preferentiescores macrofauna gerelateerd aan het beddingsubstraat. Afkortingen beeknamen: Beurzerbeek (BZB), Ratumse beek boven (RTB_bov) of benedenstrooms (RTB_ben) potentiële verbinding, Willinkbeek (WLB) en referentiewaarde Nederlandse beken van het watertype R5 (REF, in groen). De boxen geven de mediaan en het 25-75%-percentiel weer, de whiskers de spreiding zonder de outliers en de stippen en sterretjes de outliers.

6.3 Effect verlegging voor de benedenloop Ratumse beek

Hoe de ecologische condities precies veranderen als gevolg van een verlegging van de Ratumse beek is nu nog niet te zeggen. Dit zal sterk afhankelijk zijn van de verhouding in de voeding Ratumse beek/Willinkbeek in het benedenstroomse gedeelte en het risico op droogval. Voor een nadere effectbepaling zijn meer hydrologische details nodig. Wel kan op basis van de nu voorkomende taxa in de trajecten een inschatting worden gemaakt van hoe uniek de benedenloop van de Ratumse beek is in vergelijking met de andere beektracés.

Van de 100 indicatoren gevonden in de Ratumse beek zijn er 87 aangetroffen in het gedeelte van de Ratumse beek benedenstrooms van de potentiële nieuwe verbinding (vier monsterlocaties). Hiervan zijn dertien taxa niet bovenstrooms of in de andere beken gevonden (tabel 6.3). Monsterpunt RTB08 en RTB09 liggen direct na de potentiële nieuwe verbinding en staan daardoor het sterkst onder invloed van wijzigingen in de milieucondities in de beek. Slechts één taxon is beperkt in het voorkomen tot dit gedeelte; de vedermug *Harnischia*. Monsterpunt RTB10 en RTB14 liggen benedenstrooms van de uitmonding van de Willinkbeek, waardoor ze niet volledig afhankelijk zijn van de aanvoer van water van de Ratumse beek. Hier zijn de overige twaalf unieke taxa aangetroffen: ofwel alleen in dit deel van de beek, ofwel daar als verder bovenstrooms in het geval van de waterkever *Haliphus laminatus*, de haft *Heptagenia flava* en de bosbeekjuffer (*Calopteryx virgo*) (tabel 6.3). Mits de Willinkbeek blijft zorgen voor vergelijkbare condities in het meest benedenstroomse gedeelte van de beek, zijn de potentiële effecten van de ingreep op de macrofauna (uniek voor het benedenstroomse gedeelte) van de Ratumse beek daarmee klein.

Tabel 6.3 Taxa die alleen zijn aangetroffen in het benedenstroomse gedeelte van de Ratumse beek en hun kwaliteitsindicatie (PD = positief dominant, K = kenmerkend voor het watertype R5). De groen gearceerde locaties liggen direct na de nieuwe verbinding.

Taxon	groep	Indicatie	#	Locatie
<i>Nais barbata</i>	Wormen	PD	1	RTB14
<i>Stylodrilus heringianus</i>	Wormen	K	1	RTB10
<i>Hygrobates fluviatilis</i>	Watermijten	K	1	RTB10
<i>Sperchon squamosus</i>	Watermijten	K	2	RTB10
<i>Harnischia</i>	Vedermuggen	K	1	RTB08
<i>Paracladopelma laminatum agg.</i>	Vedermuggen	K	1	RTB10
<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	Vedermuggen	K	1	RTB10
<i>Simulium aureum</i>	Kriebelmuggen	K	1	RTB10
<i>Haliphus laminatus</i>	Waterkevers	K	2	RTB09/RTB14
<i>Heptagenia flava</i>	Haften	K	2	RTB08/RTB14
<i>Calopteryx virgo</i>	Libellen	K	5	RTB08/RTB10
<i>Psychomyia pusilla</i>	Kokerjuffers	K	1	RTB10
<i>Tinodes unicolor</i>	Kokerjuffers	K	1	RTB14

6.4 Ecologische randvoorwaarden en potenties nieuwe beekloop

Om de levensgemeenschap van de benedenloop van de Ratumse beek/Willinkbeek een goede plek te geven, moet een nieuwe verbinding tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek voldoen aan de volgende condities:

- Continu relatief hoge stroomsnelheid met gedempte dynamiek: dimensies van het nieuwe beekprofiel zo klein mogelijk houden met voldoende basisafvoer.
- Temperatuurdemping door beschaduwing: ten minste een houtwalbeek, maar liefst een bosbeek.
- Diversiteit beddingsubstraat met voldoende structuur in beek (dood hout).

Het beeld dat uit deze verkenning naar voren komt, is bij twee van drie geschetste alternatieven zich op termijn een nieuwe beekloop kan ontwikkelen die aan de randvoorwaarden kan voldoen. Mits er voldoende

basisafvoer is, kan een nieuwe loop geschikt leefgebied worden voor de levensgemeenschap uit de Ratumse beek/Willinkbeek: een houtwal/bosbeek (zie par. 4.2.2) met beekbegeleidende bossen en overstromingsgraslanden (natuurtype N14.01 & N12.03) op de oever. Het *meest natuurlijke* alternatief (1) biedt de meeste kans op ecologisch succes. De nieuwe beek volgt in dat scenario het gereconstrueerde oude beekdal met een grote variatie aan bodemsubstraten (zand, klei veen). Over de hele lengte heeft de beek een meanderende of (zwak) slingerende loop met een natuurlijk beekprofiel; steile oevers in de buitenbocht en rechte delen en in de zandige tracés ook flauwe binnenbochten met zand-, slib-, en detritusbanken. Grondmorene-afzettingen met grof zand en stenen, aangetroffen in een van de boringen, kan dienen als natuurlijk bronmateriaal voor grindbankjes. Het beekbegeleidend bos zorgt op termijn voor voldoende aanvoer van hout naar de beek om de structuur te versterken en kan de beek van schaduw voorzien. In de jaren dat het bos nog in ontwikkeling is kan dood hout worden ingebracht om de habitatcondities al op korte termijn te verbeteren. De dimensies van het nieuwe profiel zijn zo klein mogelijk (evenwichtsprofiel) met voldoende waterdiepte bij basisafvoer. Regelmatige inundatie van de dalvlakte hoort bij een natuurlijke afvoerdynamiek, zorgt voor een dempende werking op de hydrodynamiek en is een belangrijke randvoorwaarde voor de ontwikkeling van beekbegeleidend bos. Door het relatief hoge dalverhang is er naar verwachting voldoende stroomsnelheid bij basisafvoer. In alternatief 2, *Natuurlijk waar het kan*, ligt de beek voor een klein deel buiten het oorspronkelijke dal met een niet-natuurlijk profiel. Hiervoor zijn de ecologische potenties iets minder optimaal. Alternatief 3, *Geen spijt*, is vooral gunstig voor de grondwaterstand. Dit alternatief biedt onvoldoende potenties voor de ontwikkeling van geschikt leefgebied voor beekfaunagemeenschappen zoals nu in de Ratumse beek voorkomen.

Op het moment dat de nieuwe verbinding wordt gerealiseerd kan de toegenomen wateraanvoer vanuit de Ratumse beek ook zorgen voor betere stromingscondities in het benedenstroomse deel van de Beurzerbeek. Dit kan de ecologische kwaliteit een impuls geven, aangezien deze in de Beurzerbeek momenteel duidelijk lager ligt dan in de Ratumse en Willinkbeek. De verwachting is dat meer stromingsminnende soorten zich kunnen vestigen, echter hangt de mate waarin dit optreedt af van de uiteindelijk gerealiseerde stromingscondities.

Door de directe verbinding met bovenstroomse bronpopulaties van indicatorsoorten in de Ratumse beek zal de kolonisatie van de aangelegde verbinding en mogelijk (bij voldoende stroming) ook het benedenstroomse deel van de Beurzerbeek een snel verlopend proces zijn, mits aan de set van habitateisen zoals eerder beschreven wordt voldaan. De verwachting is dat in dat geval al binnen een jaar na de ingreep de eerste indicatoren uit de Ratumse beek aangetroffen kunnen worden, waarna dit aantal zich in de jaren erna steeds verder zal uitbreiden. Randvoorwaarde is wel dat de condities voor deze soorten in het traject op orde zijn. Bepalende factoren zijn hierbij de populatiegrootte in de Ratumse beek, de afstand tot het nieuwe traject en de dispersiecapaciteit van de soort (kan deze bijvoorbeeld vliegen als volwassen dier of laat die zich gemakkelijk met de stroming naar benedenstrooms afdrijven?).

De directe waterverbinding tussen het bovenstroomse deel en het benedenstroomse deel van de Ratumse beek wordt onderbroken door de ingreep wanneer alle afvoer door de nieuwe verbinding loopt. Hierdoor zouden in theorie geïsoleerde deelpopulaties van verschillende indicatorsoorten kunnen ontstaan. Omdat het echter soorten betreft met vliegende terrestrische volwassen stadia of soorten die in staat zijn mee te liften met vliegende insecten (watermijten), wil het onderbreken van de continuïteit van het water niet zeggen dat er geen uitwisseling meer plaatsvindt, omdat de dieren zich ook over het land verplaatsen tussen de beektrajecten. Voor watergebonden organismen wordt de weg tussen de beeksystemen van de Willinkbeek en de Ratumse beek langer, het tussenliggende gedeelte van het watersysteem moet wel qua milieuomstandigheden geschikt zijn om passage mogelijk te maken.

7 Conclusie, discussie en aanbevelingen

7.1 Conclusie en discussie

Natuurlijke verbinding

Er is een natuurlijke verbinding geweest tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek. We kunnen dit met grote zekerheid afleiden uit sporen in de bodem en het natuurlijke reliëf. De historie van watermolen Ravenhorst verklaart de huidige ligging van de benedenloop van de Ratumse beek vanaf de late middeleeuwen en vormt de reden dat de natuurlijke loop sindsdien in onbruik is geraakt.

In een reconstructie van de natuurlijke beekloop onderscheiden we verschillende beekmilieus: een meanderende zandbeek vanaf het plateau van Winterswijk die uitmondde in een klein geïsoleerd veenmoeras ten zuiden van de Waliëneweg. De beek slingerde door het moeras en stroomde via een drempel naar een volgende moeraslaagte (ten noorden van de Waliëneweg), om ten slotte met een vrij rechte loop door een smal met veen opgevuld beekdal tussen hoge dekzandruggen richting de Beurzerbeek af te stromen.

Veenlagen tot 90 cm dik indiceren dat het natuurlijke referentielandschap in de benedenloop van de Ratumse beek lange perioden een zeer nat milieu is geweest. Ook na het opleiden van de beek naar de watermolen Ravenhorst in de late middeleeuwen liep het gebied tot in de jaren vijftig van de vorige eeuw nog veelvuldig onder water. Met deze overstromingen is een laag klei afgezet, die in de van oorsprong laagste delen in het landschap een dikte bereikte van 80 cm. Het kleipakket en de groundbewerking nadien hebben de oorspronkelijk loop van de beek aan het zicht onttrokken.

Inrichtingsschetsen

De reconstructie van de natuurlijke loop van Ratumse beek is een inspiratie voor drie alternatieve ontwerpen voor een nieuwe verbinding met de Beurzerbeek. Het eerste ontwerp is het *Meest natuurlijke alternatief*, de nieuwe loop volgt hierin zo veel mogelijk het tracé van de oorspronkelijke beekloop met een natuurlijk profiel. In het tweede alternatief, *Natuurlijk waar het kan*, volgt de nieuwe loop tot de Waliëneweg het tracé van de huidige Koppelleiding met een aangepast profiel en daarna de natuurlijke loop zoals in het meest natuurlijke alternatief. In het derde alternatief, *Geen spijt*, volgt de gehele loop van het huidige tracé van de Koppelleiding, maar met een aangepast profiel.

In alle alternatieven komt de bedding van de beek gemiddeld 40-60 cm hoger in het landschap te liggen dan de huidige koppelleiding. De nieuwe beekloop krijgt, daar waar het kan, de ruimte om een natuurlijk profiel te vormen. Dit natuurlijke evenwichtsprofiel zal bij de huidige afvoercondities niet veel breder zijn dan de bovenbreedte van de bestaande Koppelleiding (max. 6 m). Alternatief Geen spijt is een optie om verdroging van het gebied tegen te gaan zonder directe ruimtelijke functiebeperkingen.

Langs alle drie de alternatieven zijn de beekoevers geschikt voor de ontwikkeling van beekbegeleidende bossen en krijgt de beek vrijwel overal het karakter van een houtwal- of bosbeek.

Effecten hydrologie

De effecten van een nieuwe verbinding op de hydrologie hangen sterk samen met de dimensies van de nieuwe beekloop. Uit de doorrekening van alternatief 3 Geen spijt bleek dat een ondiep en krap profiel leidt tot een vermindering van de drooglegging en een verhoging van de grondwaterstand; de inundatie bij een T10-afvoer neemt daarentegen sterk toe. Alternatief 2, Natuurlijk waar het kan, waarin het profiel met een factor 2 verbreed is, heeft daarentegen maar een beperkt effect op de drooglegging en de verhoging van de grondwaterstand en daardoor ook een kleiner effect op inundatie.

Effecten ecologie

De Ratumse beek en Willinkbeek hebben beide een zeer hoge ecologische kwaliteit, met een voor laaglandbeken (KRW-watertype R5) kenmerkende macrofaunalevensgemeenschap die een groot aantal

indicatoren bevat. Met de ecologie van de Beurzerbeek is het veel slechter gesteld, deze beek scoort met name slecht op stromingscondities en heeft qua macrofauna het karakter van een landbouwwatergang. Van de in totaal honderd macrofauna-indicator taxa die in de Ratumse beek zijn gevonden, is slechts één taxon, een vedermug, uniek voor de benedenloop tussen Döttekro en de Willinkbeek. Zowel benedenstrooms als bovenstrooms van dit traject komen grote aantallen indicatoren voor. De potentiële effecten van het verleggen van de beek op de kenmerkende macrofauna van het benedenstroomse gedeelte van de Ratumse beek is waarschijnlijk beperkt, omdat de voeding vanuit de tevens rijke Willinkbeek in stand blijft. Voorwaarde is wel dat de milieucondities in het benedenstroomse gedeelte zich niet wijzigen. Het bovenstroomse gedeelte van de Ratumse beek vormt een belangrijke bron van kolonisten voor de aan te leggen verbinding, zeker wanneer het *Meest natuurlijke alternatief* wordt gerealiseerd, omdat dit de gunstigste habitatcondities voor de indicatoren creëert. De verwachting is dat er snel indicatoren verschijnen in het nieuwe traject, binnen enkele jaren, wanneer de juiste condities aanwezig zijn. Bij voldoende stroming kan de verbinding mogelijk ook de ecologische toestand van benedenstroomse gedeelte van de Beurzerbeek lokaal verbeteren, mits hier de stromingscondities verbeteren. Het 'opknippen' van de Ratumse beek zorgt naar verwachting niet voor isolatie van populaties, omdat er voldoende dispersieroutes mogelijk blijven.

Ecologische randvoorwaarden nieuwe loop

Een nieuwe verbinding tussen de Ratumse beek -Beurzerbeek moet voldoen aan de volgende condities om de levensgemeenschap van de benedenloop van de Ratumse beek/Willinkbeek een goede plek te geven:

- Continu relatief hoge stroomsnelheid met gedempte afvoerdynamiek.
- Temperatuurdemping door beschaduwing: tenminste houtwalbeek, liefst bosbeek.
- Diversiteit beddingssubstraat met voldoende structuur in beek.

Houtwal/bosbeek: de standplaatscondities op de beekoevers zijn zeer geschikt voor de ontwikkeling van beekbegeleidende bossen. In twee van de drie geschetste inrichtingsalternatieven gaan we ervan uit dat na herinrichting langs de beek in het merendeel van het tracé op natuurlijke wijze bos zal opslaan en er met het juiste beheer een houtwal- of bosbeek kan ontstaan voor beschaduwing van de beek. Bij alternatief 3 *Geen spijt* is slecht een derde van de loop voorzien van beekbegeleidend bos en voldoet daarmee beperkt aan deze randvoorwaarde.

Beddingssubstraat: de natuurlijke variatie in de bodem (zie bodemkaart en profielen) biedt vooral in de alternatieven met een natuurlijk tracé (1 & 2) voldoende mogelijkheden voor de ontwikkeling van een divers beddingssubstraat. Bij alternatief 3 *Geen spijt* zullen daarvoor aanvullende maatregelen genomen moeten worden om te voldoen aan de randvoorwaarden voor een divers beddingssubstraat. Het aanbrengen van houtpakketten kan de substraatvariatie versterken, maar dient alleen te worden toegepast in combinatie met bomen op de beekoever.

Basisafvoer en stroomsnelheid: mits de basisafvoer voldoende is, zullen ook in een nieuwe verbinding de juiste relatief hoge stromingscondities optreden, mede door een toename van het verhang. Voldoende basisafvoer kan echter onder de huidige omstandigheden niet gegarandeerd worden. De droogval van de laatste jaren is daarvan helaas het bewijs. Het verleggen van de benedenloop van de Ratumse beek alleen biedt geen oplossing voor het droogteprobleem. De huidige benedenloop van de Ratumse beek lekt weliswaar water weg naar de ondergrond, maar het echte probleem zit in het ontbreken van voldoende basisafvoer vanaf het plateau bovenstrooms. Een nieuwe loop via het tracé Koppelleiding trekt meer kwel aan en zou daardoor ook langer watervoerend kunnen zijn, maar door een verhoging van de bedding, zoals we voorstellen in de drie alternatieven, komt de beekbedding waarschijnlijk boven het grondwater te liggen en vervalt dit effect, waardoor de beek ook periodiek droog zal vallen. Met een diepere bedding valt het grondwater-verhogende effect weer weg en draagt de maatregel weer minder bij aan het klimaat-robuster maken van het bodem-watersysteem.

Gedempte afvoerdynamiek: herstel van een natuurlijk beekloop betekent ook dat er weer ruimte moet zijn voor inundatie. Bestaande beekprofielen zijn zo ontworpen dat een T10-afvoer zonder grote problemen binnen de bedding kan worden afgevoerd zonder dat het tot inundaties leidt. Het gevolg daarvan is een onnatuurlijke hydro- en morfodynamiek bij piekafvoeren met een negatief effect op de levensgemeenschap in de beek. Met een kleiner beekprofiel zal meer water buiten de bedding via het maaiveld worden afgevoerd, waardoor de dynamiek wordt gedempt. Meer water dan T1 zorgt bij natuurlijke beeklopen

normaliter voor inundatie en geen toename in stroomsnelheid. Daarnaast is inundatie een van de randvoorwaarden voor de instandhouding en ontwikkeling van beekbegeleidende bossen, moerasruigten en graslanden en de levensgemeenschappen die daar weer afhankelijk van zijn. De nat-drooggradiënten die ontstaan, zijn van groot belang voor de flora en fauna en leiden zo tot een verhoogde biodiversiteit. Vanwege bestaande functies zal inundatie niet overal plaats kunnen vinden, maar daar waar ruimte is, kan het bijdragen aan ecologische herstel en het klimaat-robuster maken van het bodem-watersysteem. In deze context is inundatie niet per definitie gelijk aan wateroverlast.

Een aspect dat in deze studie onderbelicht is gebleven, is de vraag hoe om te gaan met de huidige benedenloop van de Ratumse beek. De huidige basis afvoer is onvoldoende om te verdelen over twee beeklopen. Bij een keuze voor een nieuwe verbinding met de Beurzerbeek zal de opgeleide benedenloop van de Ratumse beek in de zomer droogvallen en zal daarmee lokaal habitatverlies optreden tot de instroom van de Willinkbeek. Het dempen van de opgeleide beekloop, waarmee de drainerende werking ervan wordt opgeheven, is vanuit herstel van het bodem-watersysteem een logische vervolgstap.

Of een nieuwe loop op termijn dit habitatverlies kan opvangen, is op basis van dit onderzoek nog niet goed te zeggen. Dit kans hierop is het grootst in het Meest natuurlijke alternatief. Gedetailleerde hydrologische informatie is nodig om een nauwkeurige inschatting te kunnen doen van de effecten van beekverlegging, met name op de stromingscondities in de verschillende delen van het systeem. Het zal in het gunstigste geval een aantal jaren duren voordat de nieuwe loop zich ontwikkeld heeft en aan de ecologische randvoorwaarden voldoet om de levensgemeenschap van de benedenloop van de Ratumse beek/Willinkbeek een goede plek te geven. Voor de fauna is door bronpopulaties bovenstrooms in de Ratumse beek de verwachting dat kolonisatie bij de juiste omstandigheden relatief snel kan verlopen.

De verbinding tussen de leefgebieden in de Ratumse beek en Willinkbeek valt weg wanneer de basisafvoer via de nieuwe verbinding gaat lopen. In hoeverre dit invloed heeft op de populaties in de beken hangt af van de dispersiecapaciteit van soorten. Bijvoorbeeld insecten met een vliegend volwassen stadium kunnen zich ook over land verspreiden als de oude loop geen water meer bevat, maar de mate waarin, verschilt tussen soorten. Watergebonden soorten moeten een langere route afleggen dan nu het geval is; of dit mogelijk is, wordt vooral gestuurd door de omstandigheden in het tussenliggende traject. Anderzijds wordt er nieuw vervangend leefgebied gecreëerd en kan er ook uitbreiding plaatsvinden naar potentieel nieuw leefgebied in de Beurzerbeek na herinrichting.

7.2 Aanbevelingen

In het scenario waarbij een nieuwe verbinding tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek de hoofdloop wordt, is in de huidige berekeningen nog niet het effect op het grondwater meegenomen van het dempen van de bestaande benedenloop van de Ratumse beek. Ook het effect van de herinrichting van de benedenloop van de Beurzerbeek (uitvoering 2023) waarbij het doorstroomprofiel sterk wordt verkleind, is in deze verkenning niet meegenomen in de modelberekeningen. Geadviseerd wordt om aanvullende modelberekeningen te doen voor het cumulatieve effect van de maatregelen op het grondwater.

Ook indien de bestaande benedenloop van de Ratumse beek de hoofdloop voor de basisafvoer blijft, is het vanuit het oogpunt van een klimaat-robuster bodem-watersysteem een zinvolle maatregel om de Koppelleiding anders in te richten. Verhogen van de drainagebasis leidt, zo blijkt uit de modelberekeningen, tot een verhoging van de grondwaterstand in het gebied. Ook liggen er langs het gehele tracé kansen om de natuurkwaliteit in en om de waterloop te vergroten, met name ten noorden van de Waliënseseweg.

Idealiter zouden aanvullende maatregelen bovenstrooms op het plateau tot een basisafvoer moeten leiden waarbij een verdeling over beide beeklopen tot de mogelijkheden zou behoren. De bestaande benedenloop van de Ratumse beek heeft immers een grote ecologische waarde en vertegenwoordigt het tracé van de opgeleide molenbeek ook een cultuurhistorische waarde. Deze zouden bij een verlegging van de beek verloren gaan. Voor een goede afweging vanuit een bredere perspectief adviseren we om een nieuwe natuurlijke verbinding tussen de Ratumse beek en de Beurzerbeek onderdeel te maken van een integraal stroomgebiedsplan voor de Ratumse beek/Willinkbeek, waarin ook water-conserverende maatregelen op het

plateau van Winterswijk worden betrokken, bijvoorbeeld het dempen van de Afwatering van Scheurs. De grondwatertoevoer naar de Ratumse beek en de Willinkbeek zal daardoor toenemen. Het advies is om ook deze systeemmaatregelen mee te nemen in een doorrekening van cumulatieve effecten op het grondwater en deze in de afweging te betrekken. Daarnaast geldt een aantal algemene maatregelen om het stroomgebied te versterken zoals:

- Minder in/afspoeling nutriënten en slib.
- Terugdringen organische belasting (saneren lozingen).

Literatuur

- Eelerwoude, (ongedateerd). Werken aan een klimaatrobuust watersysteem op het Winterwijkse plateau in het beheergebied van de Berkel.
- Hagens, H. 1966. De Winterswijkse watermolens. Art. in Honderd Jaar Geldersche Maatschappij van Landbouw, Winterswijk 1966.
- Heinen, M., Brouwer, F., Teuling, C., & Walvoort, D. J. J. (2021). BOFEK2020 - Bodemfysische schematisatie van Nederland: update bodemfysische eenhedenkaart. (Rapport / Wageningen Environmental Research; No. 3056). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/54154>.
- Kleijer, H. & Ten Cate, J.A.M., 1998. De bodemgesteldheid van het herinrichtingsgebied Winterswijk - Oost; Resultaten van een Bodemgeografisch onderzoek. Wageningen, DLO-Staring Centrum. SC-Rapport 603. 176 p.
- Makaske, Bart & Maas, Gilbert & Candel, Jasper. (2020). Handboek Geomorfologisch Beekherstel - Herziene Uitgave. Amersfoort, STOWA.
- Pleijter, G., D.J. Groot Obbink, A.A. van de Hurk, 1973. Ruilverkaveling Winterswijk-West: bodem, bodemgeschiedenis en landschap. Wageningen: STIBOKA (Rapport / Stichting voor Bodemkartering no. 901).
- Spikmans, F., M. Groen, M. de Vos (2020) Beekprik in de Achterhoek in tijden van droogte en lozingen, IN Ravon 76, maart 2020, jaargang 22, nr 1.
- Stegeman, B. 1927. Het oude kerspel Winterswijk. <https://www.oudwinterswijk.nl/?s=Ravenhorst>.
- Van Delft, Bas, Maas, Gilbert & Harkema, Tom, 2021. Profielen Ratumsebeek. Wageningen, WENR. ProVIVis rapport 79 p.
- Van Delft, Bas, & Gilbert Maas, (2022). De Landschappelijke Bodemkaart Nederland; Achtergronden en technische documentatie. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport.
- Verdonschot, P.F.M., Nijboer, R.C. (2004) Macrofauna en vegetatie van de Nederlandse beken. Een aanzet tot beoordeling van de ecologische toestand. Alterra-rapport 756, Alterra, Wageningen.
- Verberk, W.C.E.P., Verdonschot, P.F.M., Haaren, T. van, Maanen, B. van (2012). Milieu- en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwatermacrofauna. WEW Themanummer 23. Van de Garde-Jémé, Eindhoven.
- WRIJ, Memo Hydrologische studie Ratumse beek – Koppelleiding (2022).

Bijlage 1 Indicatortaxa KRW watertype R5

Aantal positief dominante (PD) en kenmerkende (K) indicatortaxa KRW watertype R5 in de beken ten noorden van Winterswijk (inclusief Duitse deel stroomgebieden) periode 2000-2019 op basis van 57 monsters op 17 locaties. De Ratumse beek is verdeeld in een gedeelte bovenstrooms en benedenstrooms de potentiële verbinding richting de Beurzerbeek.

Taxonnaam	Groep	Indicatie	Frequentie van voorkomen indicatortaxa per beek			
			BZB	WLB	RTB boven	RTB beneden
<i>Amphinemura standfussi</i>	INREM	K	0	7	5	10
<i>Anabolia nervosa</i>	INTRI	K	12	8	10	12
<i>Anacaena globulus</i>	INCOL	K	1	3	1	4
<i>Ancylus fluviatilis</i>	MOGAS	K	0	5	4	6
<i>Aquarius najas</i>	INHET	K	0	8	10	4
<i>Arrenurus cylindricus</i>	ARACH	K	0	0	2	0
<i>Athripsodes cinereus</i>	INTRI	K	2	3	5	1
<i>Baetis rhodani</i>	INEPH	K	0	0	1	0
<i>Beraea pullata</i>	INTRI	K	0	1	2	1
<i>Beraeodes minutus</i>	INTRI	K	1	4	4	2
<i>Brachycentrus subnubilus</i>	INTRI	K	0	0	1	0
<i>Brillia bifida</i>	IDCHI	K	0	1	2	2
<i>Brillia longifurca</i>	IDCHI	K	2	1	4	5
<i>Calopteryx splendens</i>	INODO	K	1	0	4	1
<i>Calopteryx virgo</i>	INODO	K	0	0	0	5
<i>Centroptilum luteolum</i>	INEPH	K	0	2	0	2
<i>Chaetopteryx villosa</i>	INTRI	K	0	1	0	0
<i>Corynoneura coronata</i>	IDCHI	K	0	0	1	1
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	INTRI	K	1	0	1	1
<i>Deronectes latus</i>	INCOL	K	0	0	1	1
<i>Dicranota</i>	IDREM	K	1	5	5	1
<i>Dicranota bimaculata</i>	IDREM	K	0	4	2	4
<i>Diplocladius cultriger</i>	IDCHI	K	3	4	1	0
<i>Elmis aenea</i>	INCOL	K	1	6	10	10
<i>Enoicyla pusilla</i>	INTRI	K	0	3	0	2
<i>Ephemera danica</i>	INEPH	K	0	9	11	12
<i>Epoicocladius ephemerae</i>	IDCHI	K	0	2	7	4
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	IDCHI	K	1	1	1	1
<i>Forelia variegator</i>	ARACH	K	1	1	2	1
<i>Gammarus pulex</i>	CRAMP	PD	10	11	15	12
<i>Gammarus roeseli</i>	CRAMP	PD	14	11	16	12
<i>Glyptotendipes pallidus</i>	INTRI	PD	2	4	9	3
<i>Goera pilosa</i>	INTRI	K	0	0	3	1
<i>Habrophlebia fusca</i>	INEPH	K	2	10	13	12
<i>Halesus digitatus</i>	INTRI	K	0	4	5	5
<i>Halesus radiatus</i>	INTRI	K	7	6	11	10
<i>Haliphus laminatus</i>	INCOL	K	0	0	0	2
<i>Harnischia</i>	IDCHI	K	0	0	0	1
<i>Heptagenia flava</i>	INEPH	K	0	0	0	2
<i>Heptagenia sulphurea</i>	INEPH	K	0	0	6	8
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	INTRI	K	3	5	6	5
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	INTRI	K	0	2	3	2
<i>Hydropsyche saxonica</i>	INTRI	K	0	2	1	3

Taxonnaam	Groep	Indicatie	Frequentie van voorkomen indicatortaxa per beek			
			BZB	WLB	RTB boven	RTB beneden
<i>Hydropsyche siltalai</i>	INTRI	K	0	1	0	4
<i>Hygrobates fluviatilis</i>	ARACH	K	0	0	0	1
<i>Hygrobates setosus</i>	ARACH	PD	3	4	3	4
<i>Ironoquia dubia</i>	INTRI	K	2	5	6	4
<i>Lebertia fimbriata</i>	ARACH	K	0	1	1	2
<i>Lebertia insignis</i>	ARACH	K	0	0	1	1
<i>Limnebius truncatellus</i>	INCOL	K	0	0	1	0
<i>Limnephilus centralis</i>	INTRI	K	1	0	0	0
<i>Limnephilus extricatus</i>	INTRI	K	1	1	1	0
<i>Limnius volckmari</i>	INCOL	K	0	5	3	6
<i>Lype phaeopa</i>	INTRI	K	0	1	1	0
<i>Micropsectra</i>	IDCHI	PD	3	2	3	3
<i>Micropsectra apposita</i>	IDCHI	PD	0	1	0	0
<i>Micropsectra apposita/notescens</i>	IDCHI	PD	1	0	1	0
<i>Micropsectra atrofasciata</i>	IDCHI	K	2	0	0	0
<i>Micropsectra atrofasciata gr.</i>	IDCHI	PD	0	1	1	0
<i>Micropterna sequax</i>	INTRI	K	0	0	1	0
<i>Microtendipes pedellus</i>	IDCHI	K	1	5	9	6
<i>Mideopsis crassipes</i>	ARACH	K	0	2	3	3
<i>Molanna angustata</i>	INTRI	K	3	0	0	0
<i>Mystacides azureus</i>	INTRI	K	0	0	2	2
<i>Nais barbata</i>	APOLI	PD	0	0	0	1
<i>Nanocladius bicolor</i>	IDCHI	K	0	1	0	0
<i>Nanocladius rectinervis</i>	IDCHI	K	0	1	1	1
<i>Nebrioporus elegans</i>	INCOL	K	1	0	0	1
<i>Nemoura cinerea</i>	INREM	K	14	8	8	11
<i>Odontomesa fulva</i>	IDCHI	K	2	3	0	1
<i>Orectochilus villosus</i>	INCOL	K	1	3	7	8
<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i>	IDCHI	K	1	1	0	0
<i>Orthocladius oblidens</i>	IDCHI	K	0	1	1	0
<i>Orthocladius thienemanni</i>	IDCHI	K	0	0	1	1
<i>Osmylus fulvicephalus</i>	INREM	K	0	1	0	0
<i>Oulimnius tuberculatus</i>	INCOL	K	3	6	10	11
<i>Paracladopelma laminatum</i>	IDCHI	K	3	7	6	9
<i>Paracladopelma laminatum agg.</i>	IDCHI	K	0	0	0	1
<i>Paracladopelma nigrifulvum</i>	IDCHI	K	1	0	0	1
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	INEPH	K	0	5	5	7
<i>Paratrichocladius rufiventris</i>	IDCHI	K	0	1	1	1
<i>Pisidium supinum</i>	MOBIV	PD	1	0	0	0
<i>Platambus maculatus</i>	INCOL	K	2	5	8	5
<i>Platycnemis pennipes</i>	INODO	K	2	0	0	0
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	INTRI	K	0	2	2	1
<i>Polypedilum convictum</i>	IDCHI	K	0	3	3	3
<i>Polypedilum laetum</i>	IDCHI	K	0	2	0	4
<i>Polypedilum pedestre</i>	IDCHI	K	1	4	5	4
<i>Polypedilum scalaenum</i>	IDCHI	PD	3	5	2	3
<i>Potamophylax rotundipennis</i>	INTRI	K	4	8	10	9
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	MOGAS	PD	5	0	0	4
<i>Potthastia longimanus</i>	IDCHI	K	1	0	0	0
<i>Psychomyia pusilla</i>	INTRI	K	0	0	0	1
<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	IDCHI	K	0	0	0	1
<i>Rheocricotopus fuscipes</i>	IDCHI	K	3	4	3	1
<i>Rheotanytarsus</i>	IDCHI	K	2	3	5	9
<i>Sialis fuliginosa</i>	INREM	K	0	1	0	1
<i>Silo nigricornis</i>	INTRI	K	0	1	0	0
<i>Simulium aureum</i>	IDSIM	K	0	0	0	1

Taxonnaam	Groep	Indicatie	Frequentie van voorkomen indicatortaxa per beek			
			BZB	WLB	RTB boven	RTB beneden
<i>Simulium venum</i>	IDSIM	K	0	5	2	6
<i>Siphonurus aestivalis</i>	INEPH	K	0	1	0	0
<i>Siphonurus armatus</i>	INEPH	K	0	1	4	3
<i>Sperchon clupeifer</i>	ARACH	K	2	4	3	11
<i>Sperchon squamosus</i>	ARACH	K	0	0	0	2
<i>Sperchonopsis verrucosa</i>	ARACH	K	0	5	4	8
<i>Stylodrilus heringianus</i>	APOLI	K	0	0	0	1
<i>Thienemanniella flaviforceps</i>	IDCHI	K	0	0	1	0
<i>Thienemanniella majuscula</i>	IDCHI	K	0	1	1	1
<i>Tinodes unicolor</i>	INTRI	K	0	0	0	1
<i>Tinodes waeneri</i>	INTRI	K	1	0	0	0
<i>Tvetenia discoloripes</i>	IDCHI	K	1	1	0	3
<i>Tvetenia discoloripes agg.</i>	IDCHI	K	0	1	1	0
<i>Velia caprai</i>	INHET	K	0	5	3	1
<i>Wettina podagrica</i>	ARACH	K	1	2	0	2

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3223
ISSN 1566-7197



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

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



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3223
ISSN 1566-7197

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

