



Verdiepende analyse Eelder- Peizerdiep en Storymap

Rapportage

Waterschap Noorderzijlvest

22 mei 2024

Project Verdiepende analyse Eelder-Peizerdiep en Storymap
Opdrachtgever Waterschap Noorderzijlvest

Document Rapportage
Status Definitief 02
Datum 22 mei 2024
Referentie 138746/24-007.410

Projectcode 138746
Projectleider K.M. van der Werf MSc
Projectdirecteur Ir. H J. Mondeel

Auteur(s) L.F.A. Mathu MSc, dr. R.E. Reitsema, F.G. Versteegen MSc, E.J. van Noppen MSc
Gecontroleerd door K.M. van der Werf MSc
Goedgekeurd door Ir. H J. Mondeel

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
2	MORFOLOGISCHE ANALYSE	5
2.1	Introductie	5
2.2	Methode	5
2.3	Resultaten	7
2.4	Conclusies	14
3	ECOLOGISCHE ANALYSE ESF'S	16
3.1	Introductie	16
3.2	Methode	16
3.3	Resultaten	18
	3.3.1 Slokkert - Peizerdiep	18
	3.3.2 Broekenloop - Oostervoortsediep	25
	3.3.3 Steenbergerloop	31
	3.3.4 Eekhoornsche Loop - Eelderdiep	34
	3.3.5 Grote Masloot - Peizerschipsloot	40
	3.3.6 Runslot	46
3.4	Conclusies en aanbevelingen	49
4	SCENARIOSTUDIE MET HET GRONDWATERMODEL	51
4.1	Introductie	51
4.2	Methode: Grondwatermodel Eelder- en Peizerdiep	51
4.3	Het scenario: geen ontwateringsmiddelen binnen stroomgebieden	53
4.4	Resultaten scenarioberekening	55
5	REFERENTIES	58
	Laatste pagina	61

1

INLEIDING

Complementair aan de Integrale systeemanalyse (ISA) Eelder-Peizerdiep zijn er verdiepende analyses uitgevoerd voor het stroomgebied van het Eelder-en Peizerdiep. De verdiepende analyses hebben tot doel het systeembegrip van de werking van het beekstelsysteem verder te vergroten. Dit systeembegrip geeft onder meer inzicht in de staat van het watersysteem inclusief het landschap er omheen, en de sturende factoren die de werking van het stroomgebied bepalen. Deze kennis wordt gebruikt door het waterschap en haar gebiedspartners om uiteindelijk passend beleid te maken voor de uitdagingen in dit stroomgebied, zoals droogteproblematiek en klimaatverandering, stikstofproblematiek en doelen voor de Kaderrichtlijn Water (KRW), en effectieve maatregelen te kunnen inzetten. Wanneer doelen en maatregelen worden gestoeld op systeembegrip, kunnen de eigenschappen van het (water)systeem beter benut worden. Ook kan voorkomen worden dat veel tijd en geld geïnvesteerd wordt in maatregelen die vervolgens ongewenste bijwerkingen tot gevolg hebben, als deze maatregelen niet passen bij de systeemwerking.

De verdiepende analyses bestaan uit:

- een morfologische analyse, waarbij de morfologie van beken in het watersysteem wordt geduid. Dit is praktisch relevant voor KRW doelen en geschikte habitats voor flora en fauna (hoofdstuk 2);
- een uitgebreide analyse van de aquatische ecologie met behulp van de Ecologische Sleutelfactoren voor de staat van het ecosysteem in de waterlopen (hoofdstuk 3);
- een scenariostudie met behulp van het MIPWA grondwatermodel dat in de ISA is gekalibreerd en gevalideerd. Het scenario dat wordt doorgerekend geeft inzicht in de invloed van het oppervlaktewatersysteem op het grondwatersysteem, en hoeveel water er in het systeem beschikbaar zou kunnen zijn, zonder gerichte aanvoer en afvoer door beheer (hoofdstuk 4).

In dit rapport worden de resultaten van de Verdiepende analyses per onderdeel besproken. De resultaten vormen ook input voor de integrale analyse die in het ISA project plaatsvindt en zullen daarom in beknopte vorm terug te vinden zijn in de ISA rapportage. Daarnaast wordt bij de Verdiepende analyse ook een Storymap opgeleverd, waarin de resultaten van zowel de Verdiepende analyse als de ISA in beeld worden gebracht voor een breed publiek.

2

MORFOLOGISCHE ANALYSE

2.1 Introductie

Morfologie is de studie van de vorm van een waterloop op basis van processen in beekdal: het samenspel tussen de hydrologie, het type sediment, de bodem en de vegetatie. Het ontwikkelen van de vorm van een beek op natuurlijke wijze is over het algemeen een langzaam fenomeen, en levert randvoorwaarden voor de huidige situatie zoals het debiet, het plaatsvinden van overstromingen, de waterretentiecapaciteit en vegetatieontwikkeling in en langs de beek. In de context van een systeemanalyse kan morfologie grofweg opgedeeld worden tussen de morfologie in de geul (breedte-diepte verhouding en beekprofiel) en het patroon van in dit geval een beek (het bovenaanzicht van de beekloop, recht, kronkelend, etc.). Het beekpatroon is belangrijk voor waterhuishouding van een systeem. Het verhang van een beek bepaalt hoeveel water de beek kan vasthouden, of dat het water snel wordt afgevoerd naar benedenstroomse delen. Een beek met meer bochten per lengteafstand heeft een lager verhang, en daarmee een lagere stroomsnelheid en een langere retentiecapaciteit.

Morfologisch herstel vormt een belangrijke sleutelfactor in hydrologisch herstel, en is daarmee een voorwaarde van ecologisch herstel. Vaak wordt er bij morfologisch herstel van beken gesproken over hermeandering. Het meanderen van een waterloop betekent dat de waterloop dynamisch is, en door erosie van de buitenbocht, sedimentatie van de binnenbocht, en bochtafsnijdingen haar loop verlegt gedurende haar bestaan (Kleinhans, 2010). De waterstroom in de waterloop moet hierbij krachtig genoeg zijn om het substraat (sediment en organisch materiaal) van bodem en oever in beweging te brengen. Het debiet en de stroomsnelheid van beken zijn hier over het algemeen niet toe in staat. De huidige beekpatronen van de Nederlandse beken zijn vaak overgeërfd vanuit andere tijden, onder andere klimaatomstandigheden (zoals de ijstijden). Het klimaat speelt een belangrijke rol in de hydrodynamiek (bijvoorbeeld piekafvoeren van smeltwater) en vegetatie, die de stabiliteit van de oevers bepaalt (Kleinhans, 2010). Vegetatie en veen op de oevers betekent dat er meer stromingskracht van de waterloop vereist is om verandering in het geulpatroon te kunnen brengen. Omdat meanderen een actief en dynamisch proces inhoudt dat vandaag de dag vaak niet meer in beken kan plaatsvinden door de huidige (klimatologische) omstandigheden, spreken we liever van slingerende beken voor in ieder geval het Eelder-Peizerdiep.

Na plotselinge veranderingen, zoals het graven van een watergangen door de mens, zal het systeem opzoek gaan naar een nieuw dynamisch evenwicht. Deze adaptatiefase kost echter tijd en is niet direct terug te zien in de beek. De huidige morfologie van de beek hoeft dus nog niet in dynamisch evenwicht te zijn. Dit kan jaren tot decennia duren. In deze paragraaf is uitgelegd hoe de morfologie van de beken in het Eelder-Peizerdiep ontstaan is en wat de huidige morfologie is.

2.2 Methode

De morfologie van het Eelder-en Peizerdiepsysteem is in beeld gebracht door de historische beeklopen (1832 en 1958), de huidige beeklopen, hoogtekaarten en afzettingen in de ondergrond te vergelijken. De beeklopen van 1832 is als shapefile door HISGIS aangeleverd en de beeklopen van 1958 zijn overgetrokken van een historische kaart (Topotijdreis) in GIS. Het jaartal 1958 is gebruikt, omdat van dit jaar de COLN grondwaterstandskarten beschikbaar zijn.

Voor de huidige situatie zijn de primaire waterlopen van de legger van waterschap Noorderzijlvest aangehouden. Daarnaast is literatuur gebruik (onder andere Makaske et al., 2020; Candel et al., 2017) en is het geulpatroonvoorspellingsmodel van STOWA (Makaske & Maas, 2015) gebruikt, zie onderstaande toelichting.

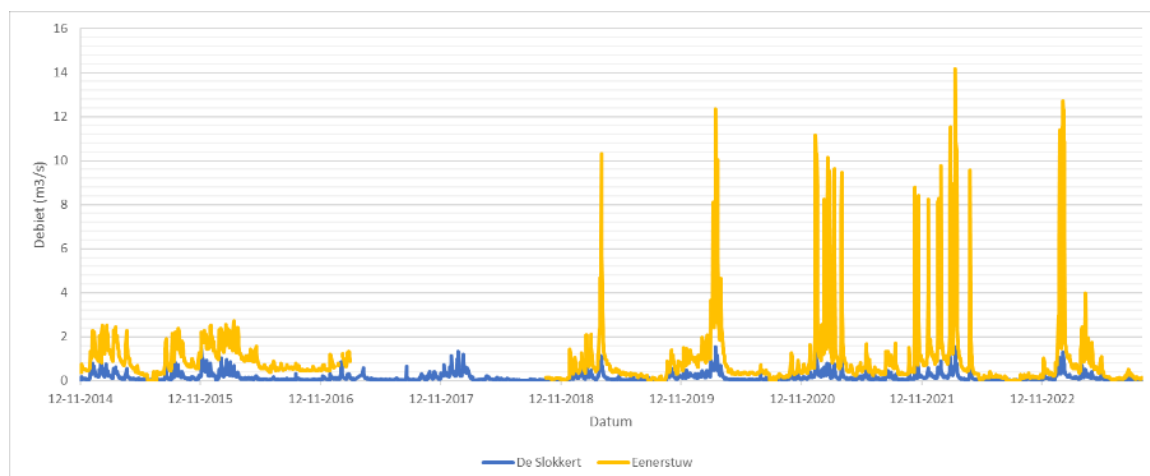
Geulpatroonvoorspellingsmodel

Er zijn vier factoren die de morfologische toestand van een geul in evenwicht bepalen: (1) de dominante afvoer, (2) de terreinhelling, (3) het sediment in de beekbedding, en (4) de cohesiviteit van de oever. Op basis van deze vier factoren is een model gemaakt om de geultypen te voorspellen. Dit model is gemaakt op basis van het Handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske & Maas, 2015). Echter, het model is niet van toepassing voor beken in een venige vallei (zie toelichting in onderstaand kader).

Het geulpatroonvoorspellingsmodel van STOWA (Makaske & Maas, 2015) kan niet gebruikt worden voor het Eelder- en Peizerdiepsysteem, maar het model kan wel inzichtelijk maken of de beken genoeg energie hebben om te meanderen in een situatie zonder veen. Als voorbeeld casus is de Slokkert, de bovenloop van het Grootte Diep, en het Grootte Diep zelf genomen. De input voor het model is gebaseerd op debietgegevens tussen 2014 tot 2022 (afbeelding 2.1) en getallen uit de systeemanalyse bovenlopen Peizerdiep (Witteveen+Bos, 2015). De volgende aannames zijn gebruikt:

- er is van uitgegaan dat de korrelgrootte in de beek varieert van 2 μm tot 63 μm (silt) en van 63 tot 210 μm (zeer fijn tot matig fijn zand). Het model liet een minimale korrelgrootte van het beddingmateriaal toe van 100 μm . Zowel een korrelgrootte van 100 als 200 μm zijn gebruikt om een bandbreedte aan te geven;
- als de geulvormende afvoer is een bandbreedte aangegeven:
 - Slokkert: als geulvormende afvoer is de gemeten gemiddelde jaarlijkse piekafvoer genomen. Gegevens Slokkert: Gemiddeld jaarlijkse afvoer: 0,16 m^3/s . Mediaan jaarlijkse afvoer: 0,10 m^3/s . Gemiddeld jaarlijkse piekafvoer: 1,3 m^3/s ;
 - voor het Grootte Diep uitgegaan van een bandbreedte, waarbij de minimum geulvormende afvoer die gelijk is aan de 50 % afvoer tussen 2002 en 2014 van ongeveer 4,3 m^3/s gebaseerd op Witteveen+Bos (2015), en een maximum afvoer die gelijk is aan de gemiddelde jaarlijkse piekafvoer tussen 2018 en 2022 van circa 12 m^3/s . Opvallend is dat de piekafvoer van het Grootte Diep bij de Eenerstuw na 2017 sterk is toegenomen. Daarnaast is er in de studie van Witteveen+Bos uitgegaan van een geulvormende afvoer van 4,3 m^3/s , wat minder dan de helft is dan de gemiddeld jaarlijkse piekafvoer. Gegevens Grootte Diep: Gemiddeld jaarlijkse afvoer: 1 m^3/s . Mediaan jaarlijkse afvoer: 0,73 m^3/s . Gemiddeld jaarlijkse piekafvoer: 12 m^3/s .

Afbeelding 2.1 Debietgegevens van de Slokkert en het Grootte Diep (Eenerstuw)



Geulpatroonvoorspeller van STOWA (Makaske & Maas, 2015)

In 2015 is een geulpatroonvoorspellingsmodel ontwikkeld, bijbehorend bij het handboek geomorfologisch beekherstel (Makaske & Maas, 2015). De geulpatroonvoorspeller is oorspronkelijk ontwikkeld voor rivieren, maar Harkema (2019) liet zien dat de geulpatroonvoorspeller ook toe te passen is voor de Nederlandse beeksystemen. Echter, het model plot soms toch lateraal stabiele geulen, waaronder die van enkele Nederlandse beken, in het veld van de meanderende geulen. Dit komt door de sterkte van de oevers. Hoe erosie-resistenter de oever, hoe meer energie er nodig is om een meanderend patroon te vormen (Makaske et al., 2020). Oeversterkte wordt voornamelijk bepaald door vegetatie en de gemiddelde silt-plus-kleifractie (SK) van de oever. De geulpatroonvoorspeller is daarom ook aangevuld met de parameter silt-plus-kleifractie oever. Als oeversterkte als derde as in het diagram wordt opgenomen kan de voorspeller een onderscheid maken tussen de lateraal stabiele, meanderende en zelf vastleggende patronen. Echter, venige oevers zijn (nog) niet opgenomen in de geulpatroonvoorspeller, maar moeten ook beschouwd worden als geulpatroonstabiliserend. Zodra de vallei grotendeels gevuld is met veen, is de geulpatroonvoorspeller niet van toepassing, en kan een lateraal stabiel patroon verwacht worden, of een diagonaal aggraderend patroon als de beek op sommige plekken ook langs de valleirand ligt (Makaske et al., 2020). De beken van het Eelder-en Peizerdiepsysteem zijn voornamelijk venig, en daarom is de morfologie van deze beken niet volledig te voorspellen met het geulpatroonvoorspellingsmodel.

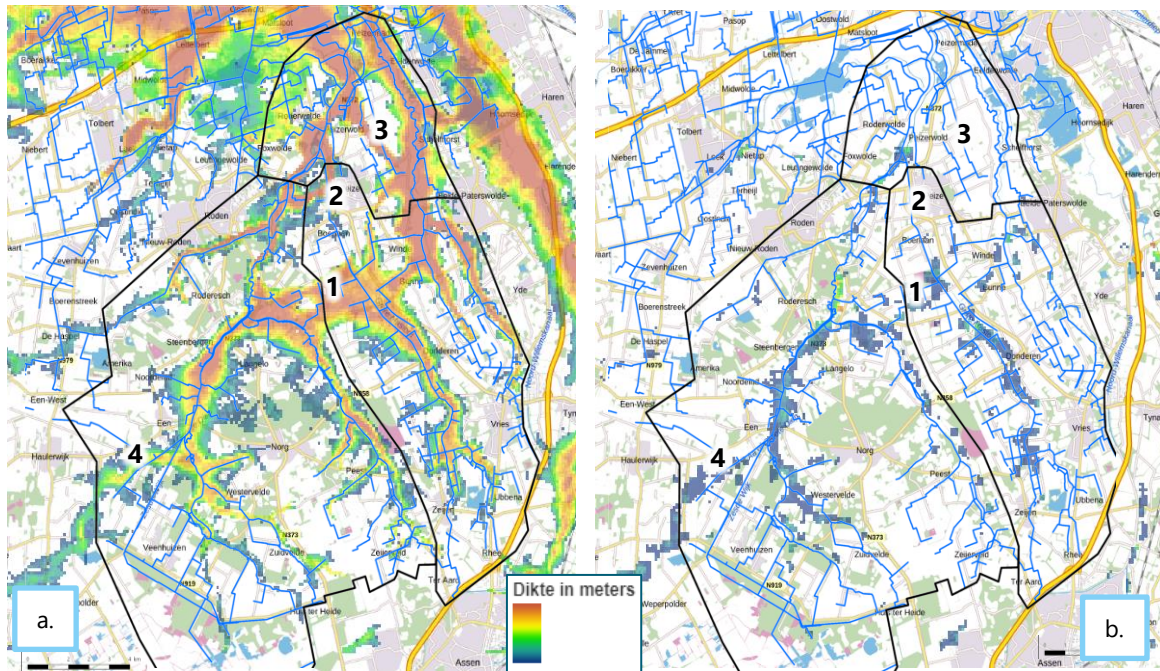
2.3 Resultaten

Historische ligging van de beken-Laagpakket van Singraven

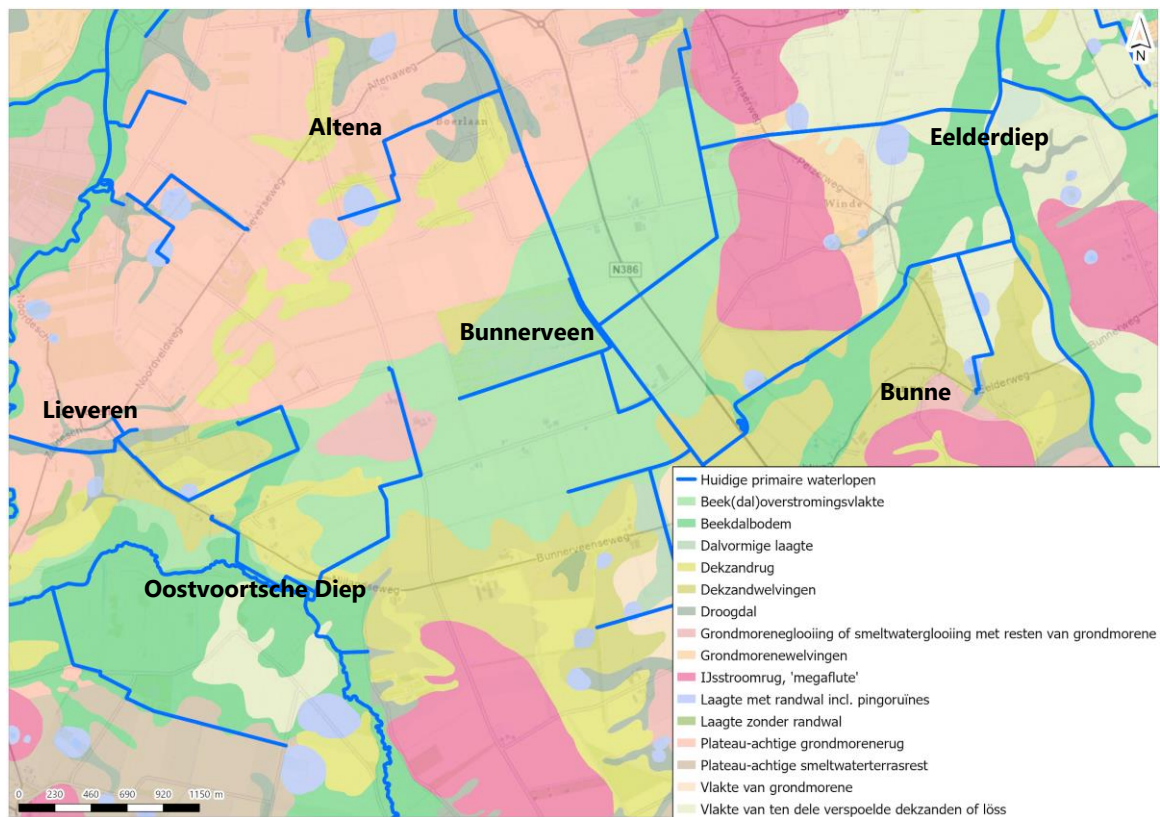
Geologische eenheid het laagpakket van Singraven bestaat uit beekafzettingen die de vroegere ligging van beken indiceert vóór de veengroei. Dit laagpakket werd afgezet in het midden-laat Weichselien of Holoceen, vaak uitgesleten in de Pleistocene dalen. De huidige ligging van de beken komt grotendeels overeen met de ligging van het laagpakket van Singraven. Het is onbekend hoe oud de afzettingen precies zijn en wat voor klimaat en vegetatie er toen aanwezig was. Om dit te achterhalen zouden grondboringen in het beekdal gedetermineerd en gedateerd moeten worden.

Op afbeelding 2.2 is het laagpakket van Singraven weergegeven. Opvallend is de aanwezigheid van het laagpakket van Singraven tussen het Oostervoortsediep en de Grote Masloot (1), ten oosten van het Liewersediepje (2), rondom Roderwolde (3) en onder de Eener Schipsloot (4). Hier lag op basis van het laagpakket van Singraven vermoedelijk vroeger een beek of overstromingsvlakte. Tussen het Oostervoortsediep en de Grote Masloot is op de geomorfologische kaart ook een 'overstromingsvlakte' aangegeven (zie afbeelding 2.3), dit sluit aan bij deze hypothese. Verder is het laagpakket van Singraven maar op een relatief smal stuk aanwezig rondom het Liewersediepje in vergelijking met andere beken. Dit deel van de beek ligt tussen twee schollen Peelo klei, waardoor laterale erosie van de beek waarschijnlijk beperkt werd. Er ligt geen laagpakket van Singraven bij de Masloot tussen Bunne en de Peizerschipsloot. De Grote Masloot was gegraven door de mens om het Eelder-en het Peizerdiep te verbinden, en is niet gebaseerd op oude beeklopen.

Afbeelding 2.2 Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven (onderste deel in figuur a, bovenste deel in figuur b) (BRO GeoTOP v1.6) Het laagpakket van Singraven indiceert de vroegere ligging van beken in het holoceen. De zwarte lijnen geven het de deelgebieden benedenloop, Eelderdiepsysteem en Peizerdiepsysteem aan



Afbeelding 2.3 Geomorfeologische kaart (50 % transparant) en waterlopen op topografische kaart rondom het Bunnerveen. Op de geomorfeologische kaart is te zien dat tussen het Eelderdiep en het Oostvoortsche Diep een beekdaloverstromingsvlakte lag (ligt groene kleur)

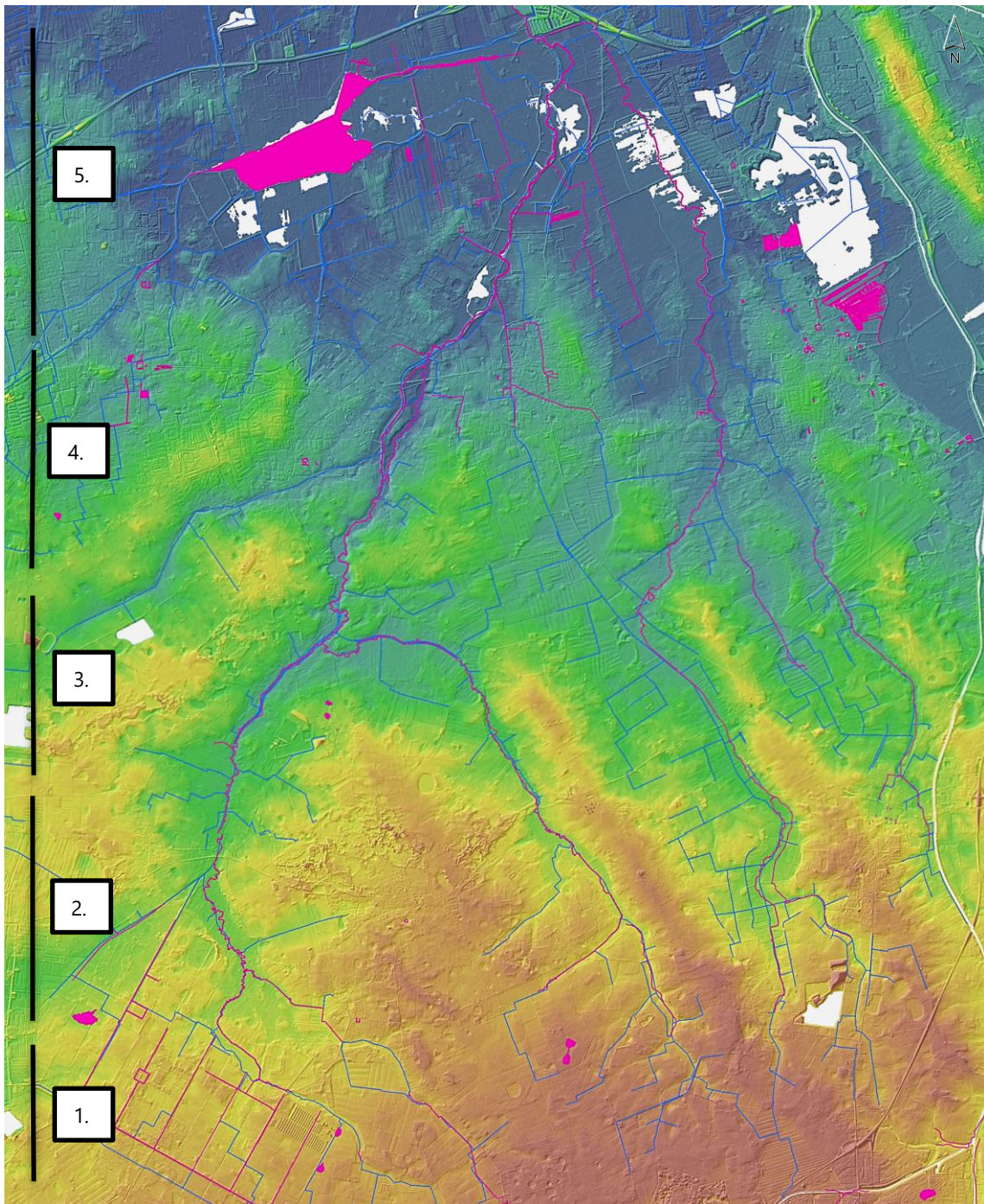


Huidige ligging van de beken

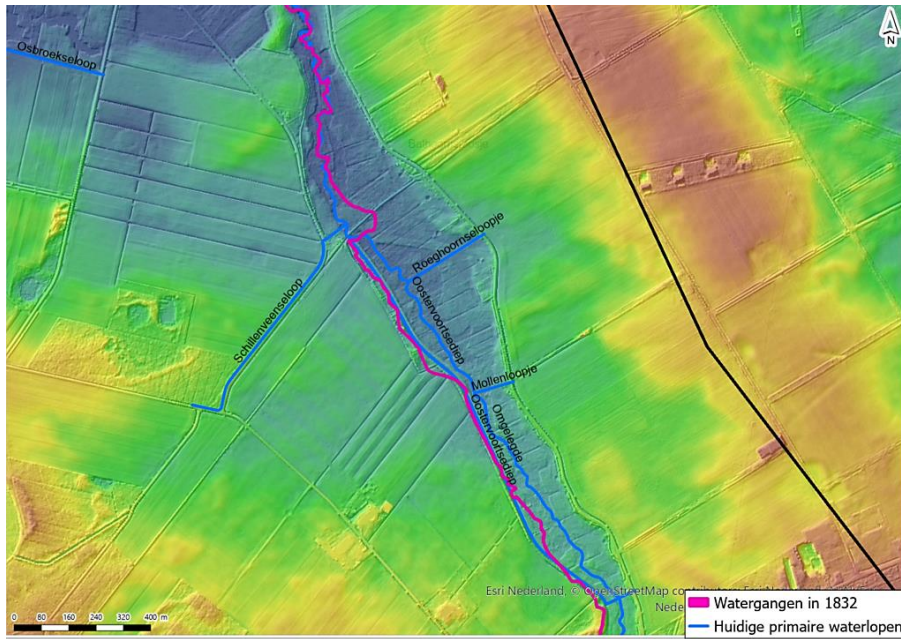
In afbeelding 2.4 zijn de huidige en de vroegere beeklopen in 1832 ingetekend op de hoogtekaart. Hierop is de ligging van de beken ten opzichte van het landschap goed te zien. De beken in 1832 hadden een meer natuurlijke vorm; de meest ingrijpende veranderingen in de beken zijn namelijk rond de jaren '60 geweest. Het is belangrijk op te merken dat de beeklopen in 1832 niet volledig overeenkwamen met de natuurlijke situatie. In 1832 waren grote delen van de beekdelen al ontgonnen en werden de beken al onderhouden (zie ISA deelrapport deel II). Onderstaand is een omschrijving van opvallendheden in de morfologie van de beeklopen gegeven, beschreven van bovenstrooms naar benedenstrooms (dus van zuid naar noord) en opgedeeld in deeltrajecten (zie ook afbeelding 2.4):

- 1 op de rand van het Drents Plateau zijn de waterlopen recht, omdat dit gegraven waterlopen zijn. Vroeger lag hier de rand het hoogveenpakket Smildiger Venen. De meest bovenstroomse delen van de bovenlopen van de beken zijn ook relatief recht, vermoedelijk lagen hier ook geen beken maar wellicht een doorstroommoeras;
- 2 de Slokkert bevatte in 1832 relatief veel slingers tot net iets bovenstrooms van de aantakking van het Tonckensdiepje, in de huidige situatie is de beek rechter. Het Oostervoortsediep heeft voornamelijk aantakkende bovenlopen (onder andere Lebstockloop, Peesterdiepje, Oosterdijkseloop) vanaf de Rug van Norg, en minder vanaf de rug van Zeijen;
- 3 het Oostervoortsediep ligt in een laagte met relatief steile randen, en ligt opvallend veel aan de westkant in deze laagte (zie afbeelding 2.5). De beek is hier ook relatief recht, of dit op natuurlijke wijze is ontstaan of door menselijk handelen is onduidelijk;
- 4 het beekdal van het Lieversediepje is relatief smal, en de randen van het beekdal zijn relatief stijl. Of dit door de beek is uitgesleten is niet duidelijk. Het Eelderdiep doorkruist de Rug van Zeijen in 1832, nu ligt hier een sloot ('De Koppeling'). De huidige Grote Masloot volgt geen laagte, maar is in een rechte loop gegraven tot aan het Peizerdiep. Rechts van de Grote Masloot ligt de lager gelegen overstromingsvlakte (zie afbeelding 2.3 voor de locatie van de overstromingsvlakte). De Grote Masloot volgt niet deze laagste vlaktes, maar gaat recht door over hogere stukken land;
- 5 in de benedenloop krijgt voornamelijk het Peizerdiep een rechtere loop met minder kleine slingers. Dit kan deels menselijke ingrepen zijn. De benedenlopen werden gebruikt voor scheepvaart, waarvoor de beek waarschijnlijk voor een deel is rechtgetrokken.

Afbeelding 2.4 Waterlopen in 1832 (roze lijnen, bron: HISGIS) en huidige waterlopen op een hoogtekaart (AHN3 50 cm in combinatie met hillshade)



Afbeelding 2.5 Het beekdal van het Oostervoortsediep ligt lager in het landschap, met een relatief steile rand.
 Het Oostervoortsediep ligt zelf voornamelijk aan de westelijke kant van het beekdal

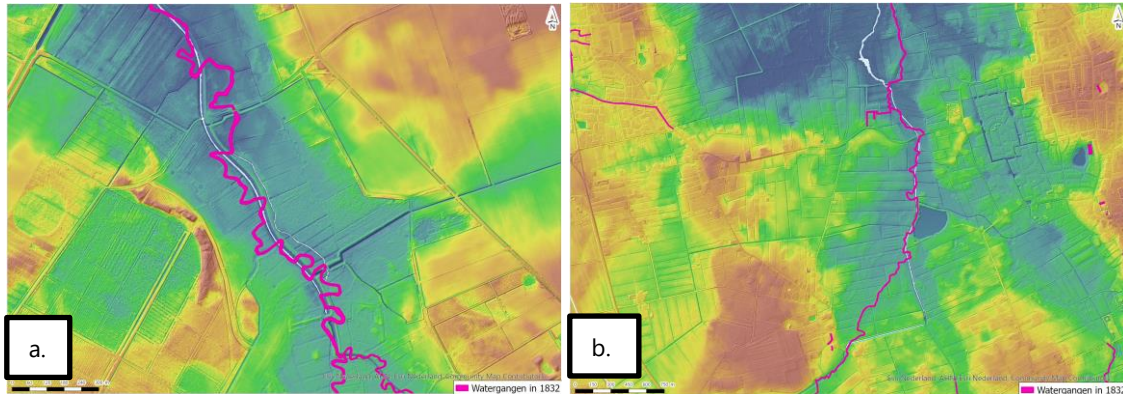


Dynamiek en vorm van de beken: kronkelende beek door het veen

De beken in het Eelder- en Peizerdiepsysteem hebben opvallende rechthoekige slingers in het beekpatroon (zie afbeelding 2.6). Meanders in de beek zijn niet verwacht onder de huidige condities, omdat er moeilijk erodeerbaar veen in de beekdalen ligt. Het is niet met zekerheid te zeggen op welke manier de slingerende vorm van de beken is ontstaan, er zijn meerdere theorieën:

- de slingerende vorm is ontstaan door 'diagonale aggradatie' (zie uitleg in onderstaande paragraaf), net zoals in het Drentsche Aa gebied;
- de bovenlopen waren doorstroommoerassen, waar in de loop van de tijd natte laagtes door de mens verbonden zijn met elkaar om tot een slingerende beekloop te komen;
- de beek is gaan meanderen als gevolg van bodemdaling. Door de ontwatering van het beekdal is het veen gaan oxideren, met bodemdaling als gevolg. Mogelijk is de beek door bodemdaling meer buiten de oevers gaan treden, met erosie van de oevers en daardoor worden meanders gecreëerd. Echter, deze hypothese wordt onwaarschijnlijk geacht, omdat er weinig stromingsenergie in beken is (zie paragraaf Geulpatroonvoorspellingsmodel) en omdat veraard veen ook relatief moeilijk te eroderen is;
- de slingering in de beekloop is mogelijk door biologische activiteit ontstaan. Ecosysteembouwers zoals bevers kunnen in korte tijd een beekloop aanpassen met hun dammen, spoelgaten en graafwerk. Ook kunnen dode bomen of takken in de beek vallen waardoor de loop lokaal wijzigt. In hoeverre dit soort natuurlijke 'verstoringen' van de beekloop het hele slingerende patroon heeft veroorzaakt is niet duidelijk.

Afbeelding 2.6 Slingerende beekloop in 1832 van de Slokkert (a) en van het Eelderdiep (b) op een hoogtekartaart



Diagonale aggregatie

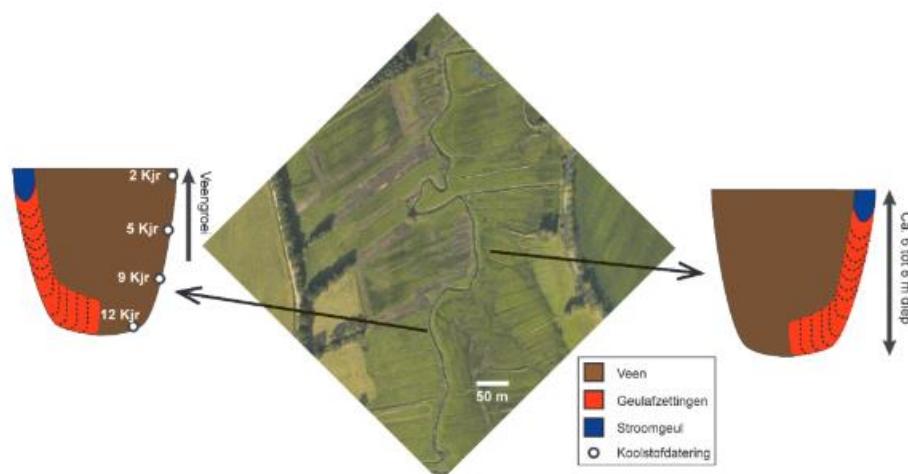
De Drentsche Aa heeft een sterk slingerend patroon, maar is lateraal stabiel en ligt in een met veen gevulde vallei met zandige valleiranden. Candel et al. (2017) hebben aangetoond dat het sterk slingerende patroon in de Drentsche Aa is ontstaan door zogenaamde 'diagonale aggradatie' (zie uitleg in onderstaand kader). De beken in het Eelder- en Peizerdiepsysteem hebben vergelijkbare omstandigheden, ze liggen ook in venige valleien met zandige valleiranden, en zijn daarom mogelijk (deels) op dezelfde wijze ontstaan. Verder onderzoek met onder andere dateringen zou deze hypothese kunnen onderbouwen.

Voor welke delen van het Eelder- en Peizerdiep diagonale aggradatie kan gelden is niet duidelijk. In de bovenstroomse delen heeft waarschijnlijk geen diagonale aggradatie plaats gevonden. Waarschijnlijk heeft er in de meest bovenstroomse delen nooit een beek gestroomd maar lag hier een doorstroommoeras. De beken hier zijn vaak gegraven door de mens. In de Runsloot heeft waarschijnlijk ook geen diagonale aggradatie plaats gevonden. De Runsloot heeft geen venige valleibodem en heeft ook een relatief rechte loop.

Diagonale aggradatie van de Drentsche Aa

De venige ondergrond in het Drentsche Aa gebied is volgens het onderzoek van Candel et al. (2017) bepalend voor het geulpatroon. Het rechthoekige bochtige patroon is door de tijd ontstaan tijdens de veenvorming in het dal. Tijdens de veengroei heeft de geul de neiging om zich te hechten aan de zandige valleiranden, omdat deze makkelijker erodeerbaar is dan de venige valleivulling. De overstromingsvlakte van de beek wordt breder doordat de valleiranden eroderen en omdat het veen in een V-vormige vallei omhoog groeit. De hechting van de geul aan de valleiranden in combinatie met het verbreden van de overstromingsvlakte resulteert in het langzaam uitrekken van de bochten van de beek, waardoor de beek steeds grotere bochten krijgt (Candel et al, 2020). Hierbij ontstaat een karakteristiek patroon met rechthoekige bochten en relatief rechte stukken. Dit wordt door Candel et al. (2017) 'diagonale aggradatie' genoemd, voor een conceptuele weergave zie afbeelding 2.7.

Afbeelding 2.7 Conceptueel model van diagonale aggradatie van een beek in een vallei met veen (figuur overgenomen uit Candel et al, 2020)



Geulpatroonvoorspellingsmodel: potentiële specifieke stromingsvermogen

STOWA (2015) heeft een model gemaakt om de geultypen te voorspellen. Het geulpatroonvoorspellingsmodel van kan niet gebruikt worden voor het Eelder-en Peizerdiepsysteem, omdat het model niet van toepassing is op een beek in een venige vallei. Echter, het model kan wel inzichtelijk maken of de beken genoeg energie hebben om te meanderen in een situatie zonder veen.

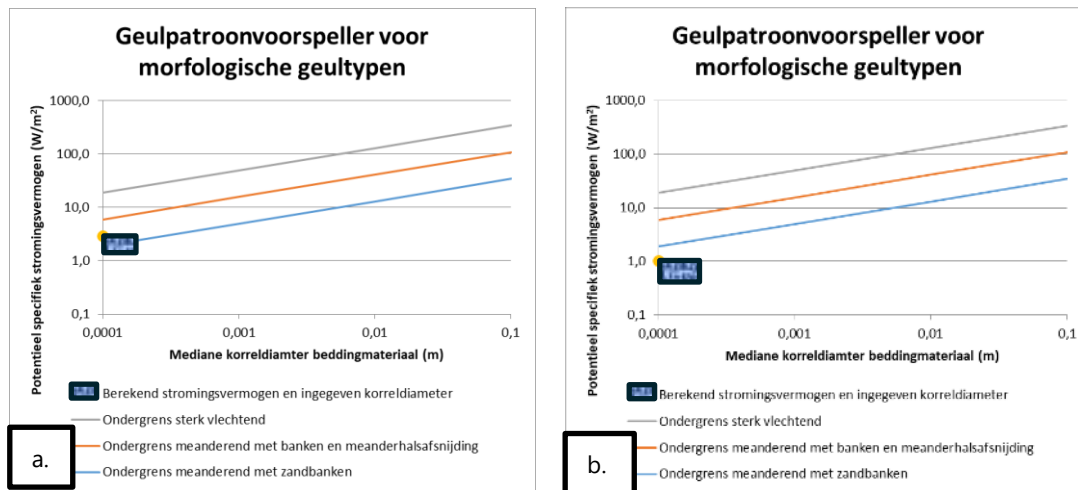
In afbeelding 2.8 zijn de resultaten van het model weergegeven, waarbij met een rechthoek de bandbreedte is aangegeven. Er zijn de volgende gegevens voor het model gebruikt:

- er is vanuit gegaan dat de korrelgrootte in de Slokkert en het Grootte Diep varieert van 2 μm tot 63 μm (silt) en van 63 tot 210 μm (zeer fijn tot matig fijn zand);
- Grootte Diep:
 - verhang: 0,40 m/km;
 - dominante of geulvormende afvoer: uitgegaan van een bandbreedte, waarbij de minimum geulvormende afvoer die gelijk is aan de 50 % afvoer tussen 2002 en 2014 van ongeveer 4,3 m^3/s gebaseerd op Witteveen+Bos (2015), en een maximum afvoer die gelijk is aan de gemiddelde jaarlijkse piekafvoer tussen 2018 en 2022 van 12 m^3/s ;
- Slokkert:
 - verhang: 0,45 m/km;
 - dominante of geulvormende afvoer: omdat de gemiddeld jaarlijkse afvoer en de piekafvoer veel verschillen, is uitgegaan van een bandbreedte van de geulvormende afvoer die tussen de piekafvoer van 1,3 m^3/s en de gemiddeld jaarlijkse afvoer van 1 m^3/s ligt.

Volgens het model heeft de Slokkert niet genoeg energie om meanders de vormen, en is de beek lateraal stabiel, zie afbeelding 2.8. Het Grootte Diep is volgens de studie van Witteveen+Bos (2015) lateraal stabiel, maar met de gegevens van 2014 tot 2022 heeft de beek volgens genoeg energie om te meanderen, losgezien van de erodeerbaarheid van de oevers. Sinds 2018 zijn er veel hogere pieken bij de Eenerstuw te zien, in vergelijking met 2014 en 2015 (zie afbeelding 2.1) en in vergelijking met de pieken bij de Alteveerstuw (benedenstrooms van de Eenerstuw) tussen 2002 en 2014 in de studie van Witteveen+Bos (2015). Waarschijnlijk is deze verhoging van de piekafvoer door menselijk handelen veroorzaakt, bijvoorbeeld door meer inlaatwater via de Zesde Wijk. Dit kan als consequentie hebben dat de morfologie van de beek verandert en de beek meer de oevers gaat eroderen op plekken waar geen veen zit (zoals op locaties met een dun veendek waar de beek de zandige laag eronder raakt en uitslijt). Het model laat op deze manier de gevoeligheid van het beekstelsel zien voor veranderingen.

Op plekken waar het veenpakket dun is en de beek het zandige materiaal eronder raakt, kan oeverondergraving optreden bij hoog genoeg piekafvoeren. Het Grootte Diep heeft namelijk genoeg energie om zandig materiaal te eroderen volgens het model, maar waarschijnlijk niet om het veen te eroderen. Waar oeverondergraving precies kan is onduidelijk, de bodem in de beekdalen is sterk variabel volgens de 1:10.000 bodemkaart, en het verhang en debiet verschillen ook per beekloop van het Eelder-en Peizerdiepsysteem. In de studie van Witteveen+Bos (2015) is oeverondergraving bij het Lieverdediepje al wel waargenomen. Naast ondergraving, kan de oever van een beek mogelijk lokaal eroderen door het uittreden van grondwater.

Afbeelding 2.8 Geulpatroonvoorspeller voor het Grootte Diep (a) en voor De Slokkert (b) op basis van het model van STOWA (2015). Met een rechthoek is aangegeven waarbinnen de resultaten vallen met verschillende aannames



2.4 Conclusies

De beken in het Eelder-en Peizerdiepsysteem zijn over het algemeen lateraal stabiele beken, liggend in een venige vallei met zandige valleiranden en zijn op veel locaties rechtgetrokken. De meeste beken zullen niet genoeg energie hebben om de venige oevers te eroderen, maar voor het Grootte Diep is vermoedelijk wel genoeg energie om zandig materiaal te eroderen. Dit kan plaatselijk voor oeverondergraving zorgen. De huidig kronkelende stukken en de historische lopen hebben een karakteristiek slingerende vorm. Het is niet met zekerheid te zeggen hoe de slingerende vorm in de beken zijn ontstaan, voornamelijk voor de bovenlopen. Er zijn meerdere theorieën:

- de kronkelende vorm zijn ontstaan door 'diagonale aggregatie', net zoals in het Drentsche Aa gebied. De beeklopen zijn gaan 'hechten' aan de makkelijkere erodeerbare zandige valleiranden toen veenvorming opgang kwam in de vallei, waardoor rechthoekige bochten met rechte stukken zijn ontstaan;
- de bovenlopen waren doorstroommoerassen, waarbij in de loop van de tijd natte laagtes door de mens verbonden zijn met elkaar om tot een kronkelende beekloop te komen;
- de beek is gaan meanderen als gevolg van bodemdaling. Door de ontwatering van het beekdal is het veen gaan oxideren, met bodemdaling als gevolg. Mogelijk is de beek door bodemdaling meer buiten de oevers gaan treden, met erosie van de oevers en daardoor worden meanders gecreëerd. Echter, deze hypothese wordt onwaarschijnlijk geacht, omdat er weinig stromingsenergie in beken is (zie paragraaf Geulpatroonvoorspellingsmodel) en omdat verhard veen relatief moeilijk te eroderen is;
- de slingering in de beekloop is mogelijk door biologische activiteit ontstaan. Ecosysteembouwers zoals bevers kunnen in korte tijd een beekloop aanpassen met hun dammen, spoelgaten en graafwerk. Ook kunnen dode bomen of takken in de beek vallen waardoor de loop lokaal wijzigt. In hoeverre dit soort natuurlijke 'verstoringen' van de beekloop het hele slingerende patroon heeft veroorzaakt is niet duidelijk.

Het vaststellen van een referentiesituatie voor beekherstel is lastig, omdat de huidige hydrologische en bodemcondities niet meer gelijk zijn aan vroeger. Onder andere het veen is veraard of verdwenen, het gebied wordt meer ontwaterd met onder andere sloten en het klimaat is veranderd. De historische ligging (begin holoceen, vóór de veengroei en tijdens een ander klimaat) van de beken is op veel plekken gelijk aan de huidige ligging op basis van het laagpakket van Singraven. Op sommige plekken wijkt deze af, zoals rondom het Bunnerveen. Tevens liggen er op sommige locaties gegraven beken waar oorspronkelijk geen beek lag, zoals mogelijk in de bovenlopen.

Door verschillende factoren, zoals landgebruik, klimaatverandering, watersysteem- en beheer, is de variatie tussen lage en hoge afvoeren toegenomen, met hogere piekafvoeren en langere perioden van droogval (zonder waterinlaat) van de beken. Dit heeft effect op de morfologie. De hogere piekafvoeren leiden tot erosie in de beek en sedimentatie door de overstroming in het beekdal.

3

ECOLOGISCHE ANALYSE ESF'S

3.1 Introductie

In dit hoofdstuk wordt het ecologisch functioneren van de beeksystemen beschreven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de Ecologische Sleutelfactoren (Schep & Verbeek, 2018; STOWA, 2015-W-06). Deze ESF's geven inzicht in de relatie tussen het abiotische en biotische systeem (levende natuur). Er wordt gekeken wat belangrijke randvoorwaarden (processen en systeemkenmerken) vertellen over de werking van het ecosysteem. Voor de hoofdlopen worden de volgende randvoorwaarden beschreven. Het gaat voornamelijk om stroming (afvoer en verhang en beekprofiel) en beschaduwing van de beeklopen. Relevante Ecologische Sleutelfactoren hierbij zijn: afvoerdynamiek, grondwater, natte doorsnede, stagnatie (stroming) en bufferzone (beschaduwing). De Ecologische Sleutelfactoren worden uitgebreider beschreven in het hoofdrapport van de ISA. In het hoofdrapport worden daarnaast ook de andere sleutelfactoren uitgewerkt voor het Peizer-en Eelderdietsysteem. De resultaten van deze verdiepende analyse op stroming en beschaduwing wordt in het hoofdrapport in bredere context geplaatst en vergeleken met resultaten van de ecologische toestand.

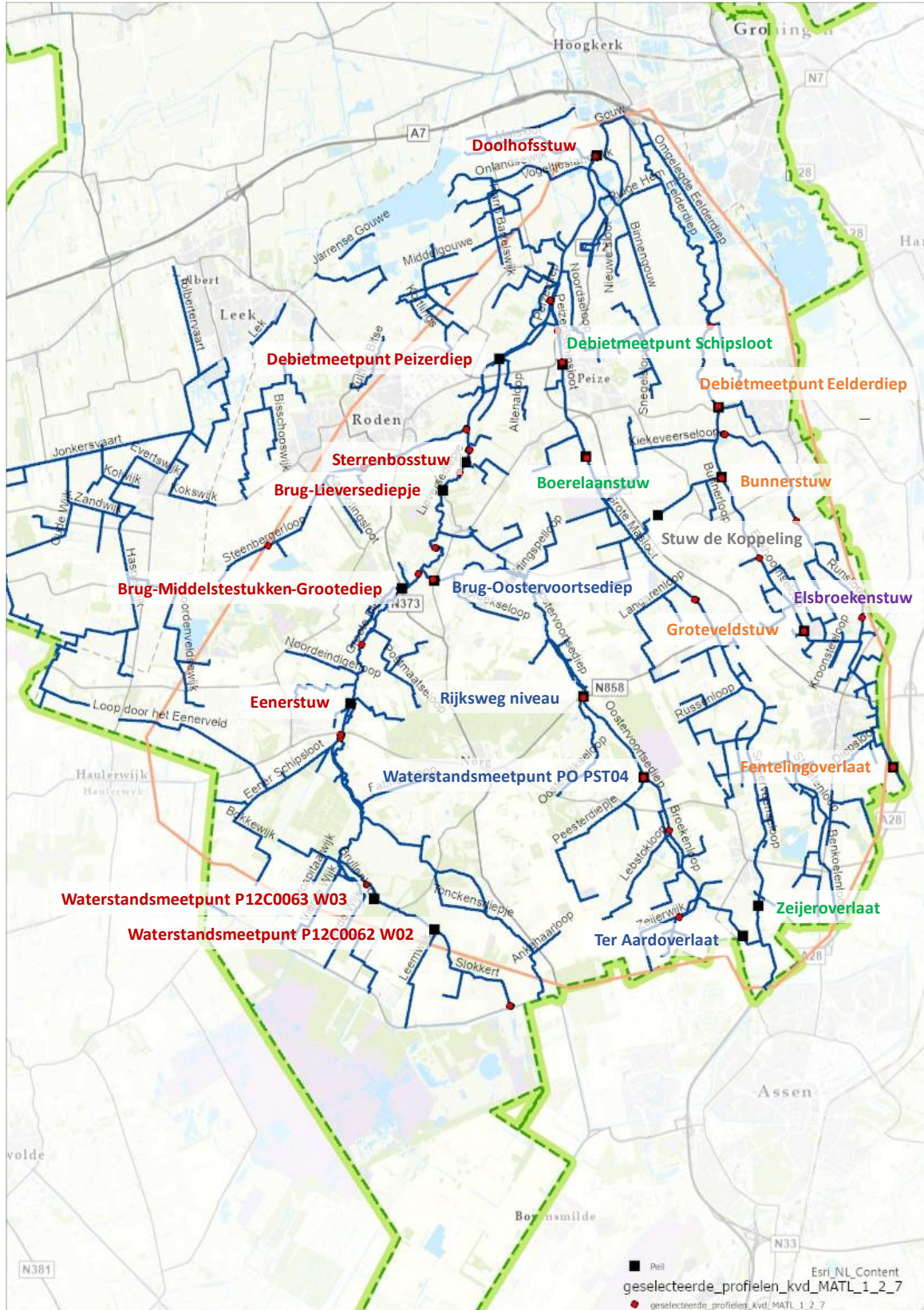
3.2 Methode

In deze analyse wordt gekeken naar de randvoorwaarden stroming en beschaduwing. Voor stroming is gekeken naar gemeten debieten, er is gekeken naar het verhang van de beekbodem (gebaseerd op gemeten beekprofielen) en het maaiveld (gebaseerd op de AHN hoogtekaart), naar stuwen in de beeklopen en het dwarsprofiel van de beek.. Aan de hand van gemeten beekprofielen is er per beekloop een overzicht gemaakt van het verhang, de breedte van de watergang en het nat oppervlak. Voor deze analyse is een selectie gemaakt van een aantal gemeten beekprofielen per beekloop. Beschaduwing is weergegeven op kaarten. De aanwezigheid van beschaduwing is bepaald op basis van satellietfoto's uit 2023 (het gaat om een globale inschatting van bomen en bebouwing naast de watergang, waarbij bomen en bebouwing aan de noordkant niet zijn meegenomen).

De analyse is uitgevoerd voor zes trajecten: De Slokkert-Groote Diep-Lieversediepje-Peizerdiep, Broekenloop-Oostervoortsediep, Steenbergerloop, Grote Masloot-Peizerschipsloot, Eekhoornsche Loop-Eelderdiep en de Runslot.

In afbeelding 3.1 is de locatie van de gebruikte beekprofielen en de locaties van stuwen en debiet- en waterstandsmeeptpunten weergegeven.

Afbeelding 3.1 Locaties van beekprofielen die zijn gebruikt voor de analyse (rode punten) en locaties van stuwen en debiet- en waterstandsmetpunten. In kleur is aangegeven in welk traject elke stuw/meetpunt ligt. Rood is het traject Slokkert - Peizerdiep, blauw is het traject Broekenloop - Oostervoortsediep, groen het traject Grote Masloot - Peizerschipsloot, Oranje het traject Eekhoornsche Loop - Eelderdiep en paars de Runsloot. Stuw de Koppeling (in grijs aangegeven) ligt in de Oude Winderloop, tussen de Grote Masloot en de Eekhoornsche Loop. In de Steenbergerloop zijn geen gegevens beschikbaar.



3.3 Resultaten

In de volgende paragrafen worden per beektraject stroming en daarna beschaduwning beschreven. Hierbij worden eerst de trajecten van het Peizerdiepsysteem beschreven, met eerst het traject Slokkert-Peizerdiep en daarna de trajecten Broekenloop-Oostervoortsediep en Steenbergerloop, die beiden uitkomen op het traject Slokkert-Peizerdiep. Daarna wordt het Eelderdiepsysteem beschreven, met eerst het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep, daarna Grote-Masloot-Peizerschipsloot en de Runslot. Deze beide trajecten staan in verbinding met het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep. Zie ook afbeelding 3.1.

Met de term Peizerdiep wordt het deeltraject van het Peizerdiepsysteem bedoeld dat benedenstrooms ligt van het Lieversediepje. Als het gaat om het gehele Peizerdiepsysteem (waar ook de Slokkert, de Broekenloop, het Grootte Diep, het Lieversediepje en het Oostervoortsediep onder vallen) wordt de term 'Peizerdiepsysteem' gebruikt. Hetzelfde geldt voor het Eelderdiep (deeltraject van het Eelderdiepsysteem) en het gehele Eelderdiepsysteem.

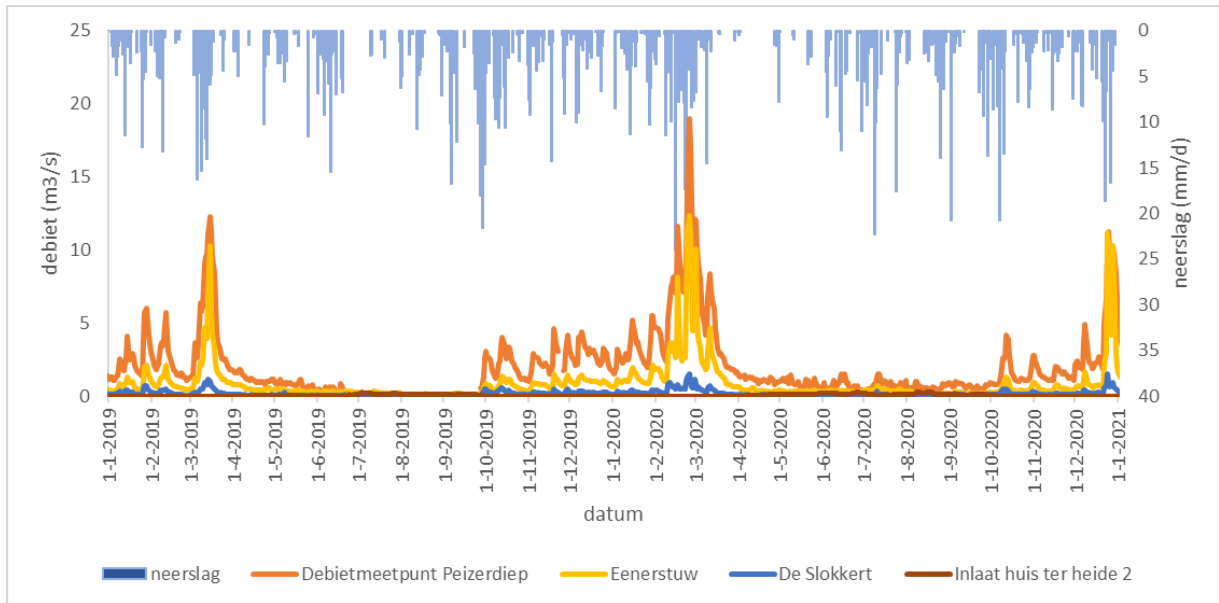
3.3.1 Slokkert-Peizerdiep

Stroming-afvoer

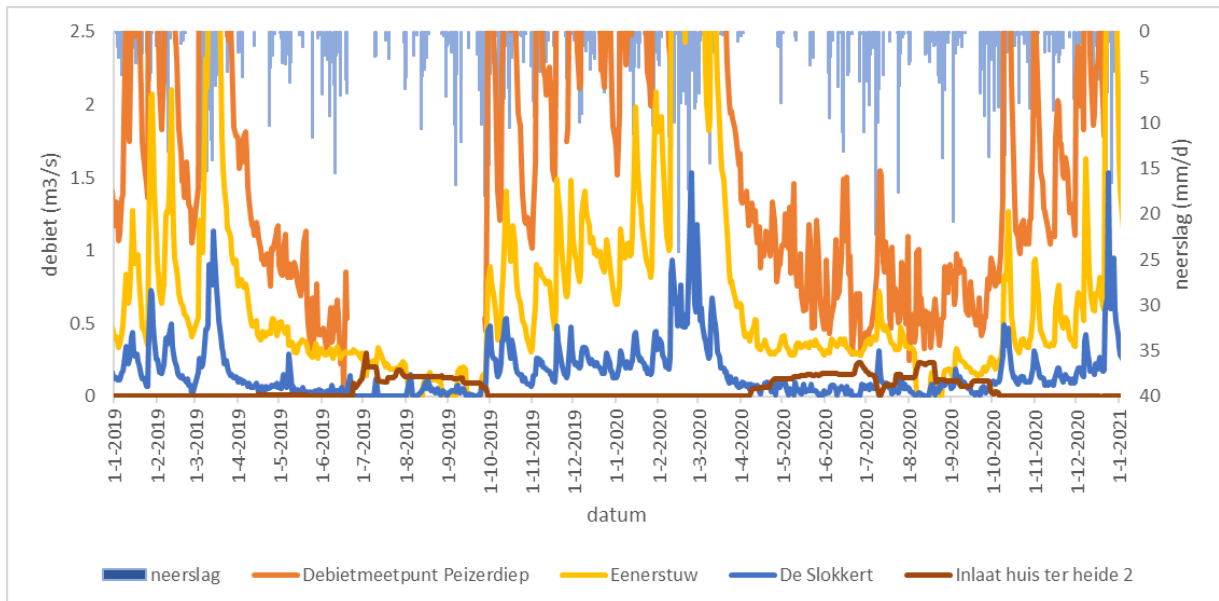
In het traject Slokkert-Peizerdiep zijn afvoergegevens beschikbaar van verschillende locaties. In afbeelding 3.2 en afbeelding 3.3 is de afvoer te zien op verschillende punten op het traject, inclusief het inlaatdebiet bij inlaat Huis ter Heide. Er is ingezoomd op de jaren 2019 en 2020 (vanwege de beschikbaarheid van data en omdat dit relatief droge jaren zijn). Het debiet is benedenstrooms in de Slokkert het laagst. In de zomer staat het water af en toe een aantal dagen stil, ondanks dat er wel water wordt ingelaten. Mogelijk infiltreert/verdampt dit water grotendeels. Er wordt in de zomer water ingelaten bij inlaat Huis ter Heide. Het gemeten inlaatdebiet is ook weergegeven in de grafieken. De Slokkert mondt uit in het Grootte Diep. Iets verder benedenstrooms ligt in het Grootte Diep de Eenerstuw. Bij de Eenerstuw is het debiet een stuk hoger dan in de Slokkert. Voor deze stuw komen verschillende waterlopen samen: de Eener Schipsloot, de Zesde Wijk en de Slokkert. Het hogere debiet kan deels verklaard worden doordat er meer kwel is in het Grootte Diep dan in de Slokkert. Bij piekafvoer komt er veel water vanuit de Zesde wijk naar het Grootte Diep.

Wat opvalt is dat piekafvoer bij de Eenerstuw vaak bijna even hoog is als bij debietmeetpunt Peizerdiep. Debietmeetpunt Peizerdiep ligt veel verder benedenstrooms, en er zijn bovenstrooms van het debietmeetpunt verschillende waterlopen bijgekomen, zoals het Oostervoortsediep en de Steenbergerloop. Met name in 2021 en 2022 (niet te zien in de grafiek), maar ook bijvoorbeeld in het voorjaar van 2019 en 2020 is het debiet bij de Eenerstuw bijna net zo hoog als bij debietmeetpunt Peizerdiep. In de jaren 2015 en 2016 was dit niet het geval. Piekafvoer was toen veel lager bij de Eenerstuw. Bij piekafvoer lijkt het grootste debiet niet uit de bovenlopen te komen (zoals de Slokkert of Oostervoortsediep) maar vermoedelijk uit de Zesde wijk. Mogelijk zat het kanalenstelsel vol en overstroomde dit via de Kolonievaart naar de zesde wijk.

Afbeelding 3.2 Gemeten debieten op verschillende punten in het traject De Slokkert-Peizerdiep. Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde. Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



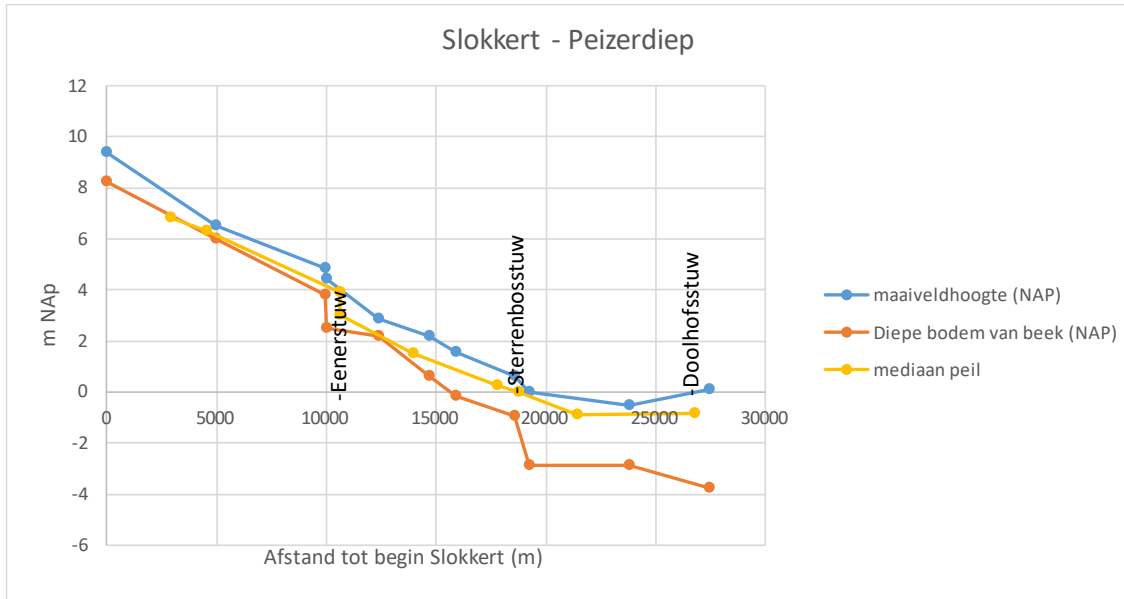
Afbeelding 3.3 Gemeten debieten op verschillende punten in het traject De Slokkert-Peizerdiep, waarbij is ingezoomd op de y-as. Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde. Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



Stroming-verhang en stuwen

Het verhang in het hele traject, van de Slokkert tot het eind van het Peizerdiep is 0,44 m/km en daarmee niet heel groot (zie afbeelding 3.4 en tabel 3.1). Het verhang in de Slokkert en het Groote Diep is groter dan in het Liefersediepje en het Peizerdiep. In het Peizerdiep is het verhang in principe laag, alleen bij de Sterrenbosstuw neemt de waterbodemoogte abrupt af. Weinig verhang betekent dat de stroomsnelheid vermoedelijk vrij laag is. Het maaiveldverhang is meestal ongeveer gelijk aan het waterbodemverhang.

Afbeelding 3.4 Maaiveldhoogte, bodemhoogte (diepste punt) en waterpeil (mediaan) in het traject Slokkert-Peizerdiep

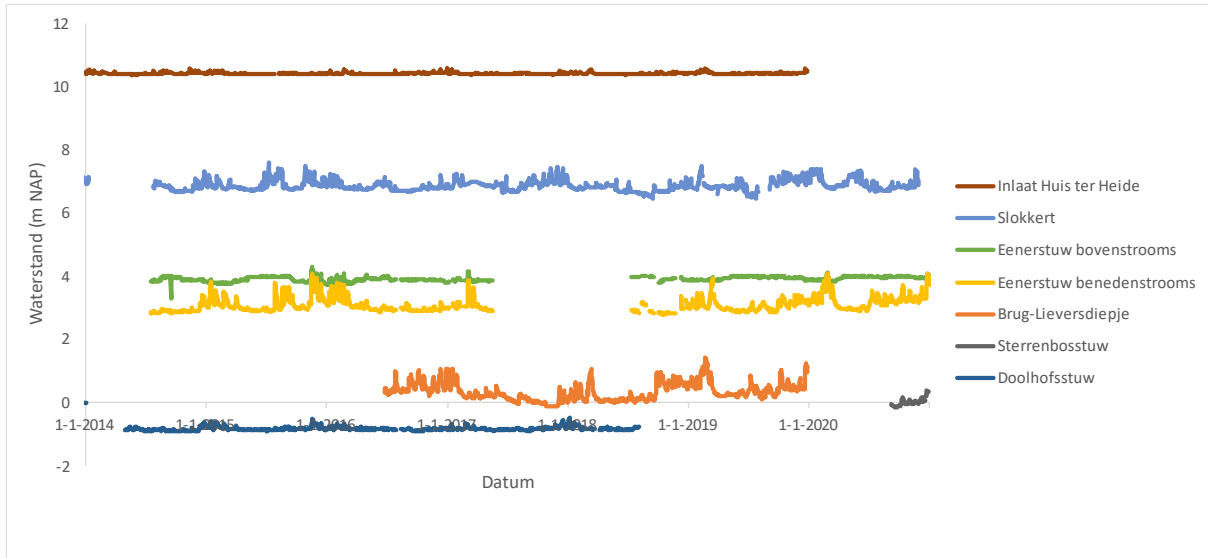


Tabel 3.1 Piekafvoer (geschat, op basis van debietmetingen), maaiveldverhang en waterbodemplang in het traject De Slokkert-Peizerdiep

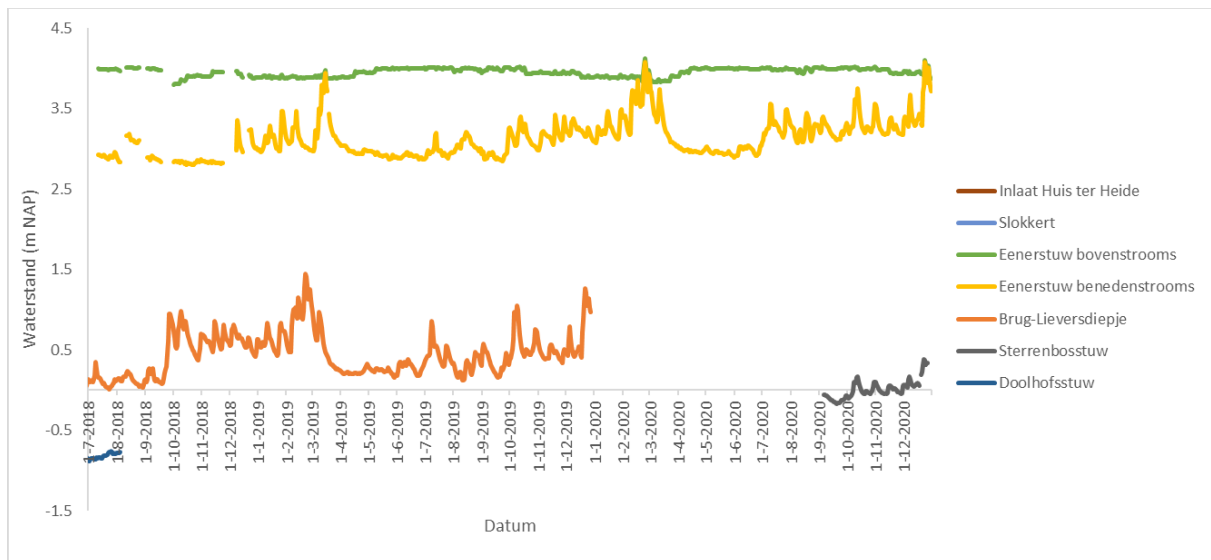
Traject	Afvoer T=1 (m ³ /s)	Maaiveldverhang (m/km)	Waterbodemplang (m/km)
hele traject		0,34	0,44
Slokkert	1,2	0,46	0,45
Groote Diep	10	0,57	0,67
Lieversediepje		0,40	0,40
Peizerdiep	12	0,06	0,44

De waterstanden zijn bij de stuwen (Eenerstuw en Doolhofstuw) vrij constant (zie afbeelding 3.5). In de Slokkert varieert het peil van ongeveer NAP +6,5 m tot NAP +7,5 m. Het peil zakte het meest uit in de droge zomers van 2018 en 2019. Bij de Eenerstuw is een groot peilverschil tussen boven- en benedenstroms van de stuw. In de zomer kan er tot ongeveer een meter peilverschil zijn. In de winter, bij piekafvoer loopt het benedenstroomse peil flink op en gaat het een tijdje gelijk op met het peil bovenstrooms (zie afbeelding 3.6). In het Lieversediepje (brug Lieversediepje) is ook een flink peilverschil te zien, van ongeveer 0 tot maximaal NAP +1,5 m. Bij de Sterrenbosstuw en Doolhofstuw is het peil constanter.

Afbeelding 3.5 Waterstanden op het traject De Slokkert-Peizerdiep



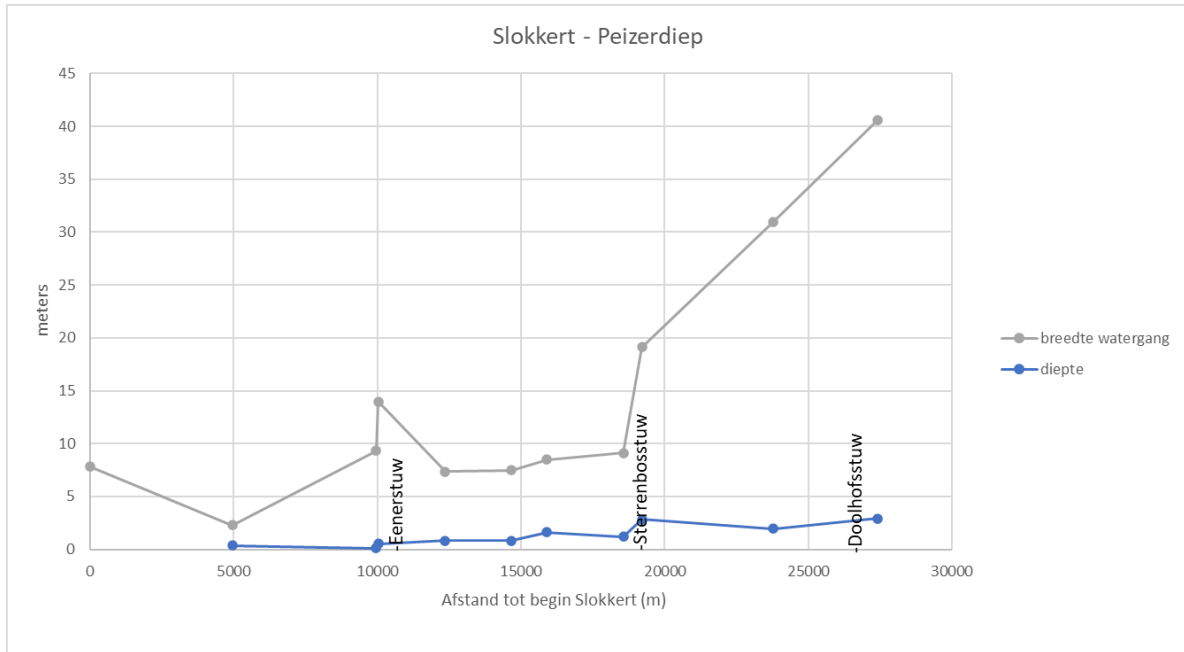
Afbeelding 3.6 Waterstanden op het traject De Slokkert-Peizerdiep



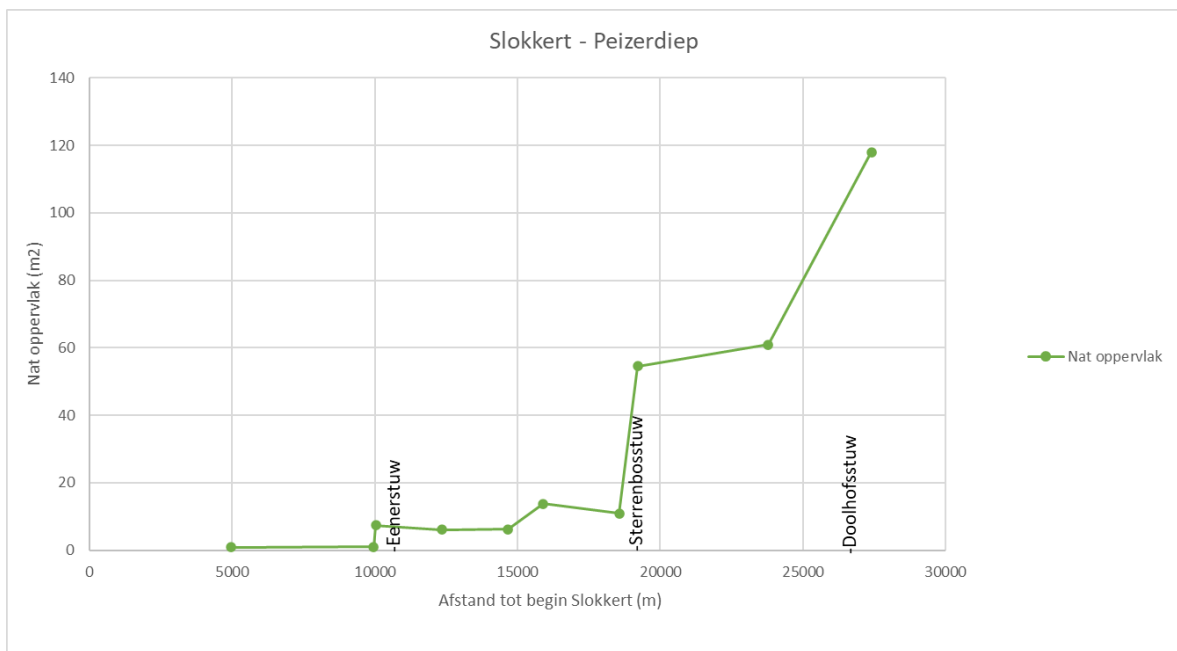
Stroming-dwarsprofiel

In afbeelding 3.7 zijn de breedte en diepte van de watergang te zien en in afbeelding 3.8 het nat profiel. De grootste veranderingen treden op vlak voor de Eenerstuw en bij de Sterrenbosstuw. Voor de Eenerstuw komen verschillende waterlopen samen. De beek wordt daar breder. De Sterrenbosstuw markeert het einde van het Lieversdiepje en het begin van het Peizerdiep. Ook daar wordt de beekloop en stuk breder en ook dieper. Na de Sterrenbosstuw neemt de breedte verder toe.

Afbeelding 3.7 Breedte en diepte van de watergang in het traject De Slokkert-Peizerdiep



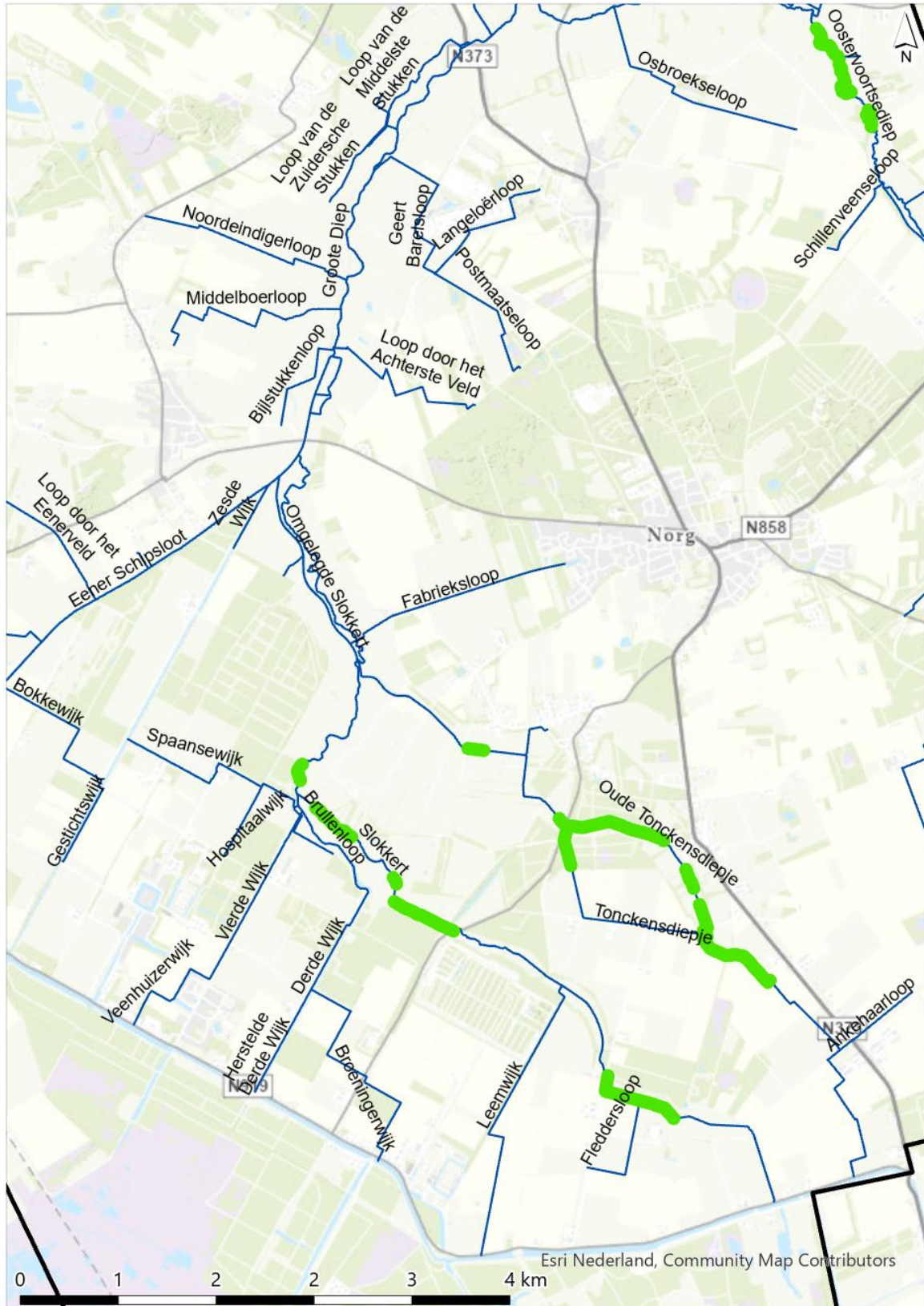
Afbeelding 3.8 Nat profiel in het traject De Slokkert-Peizerdiep



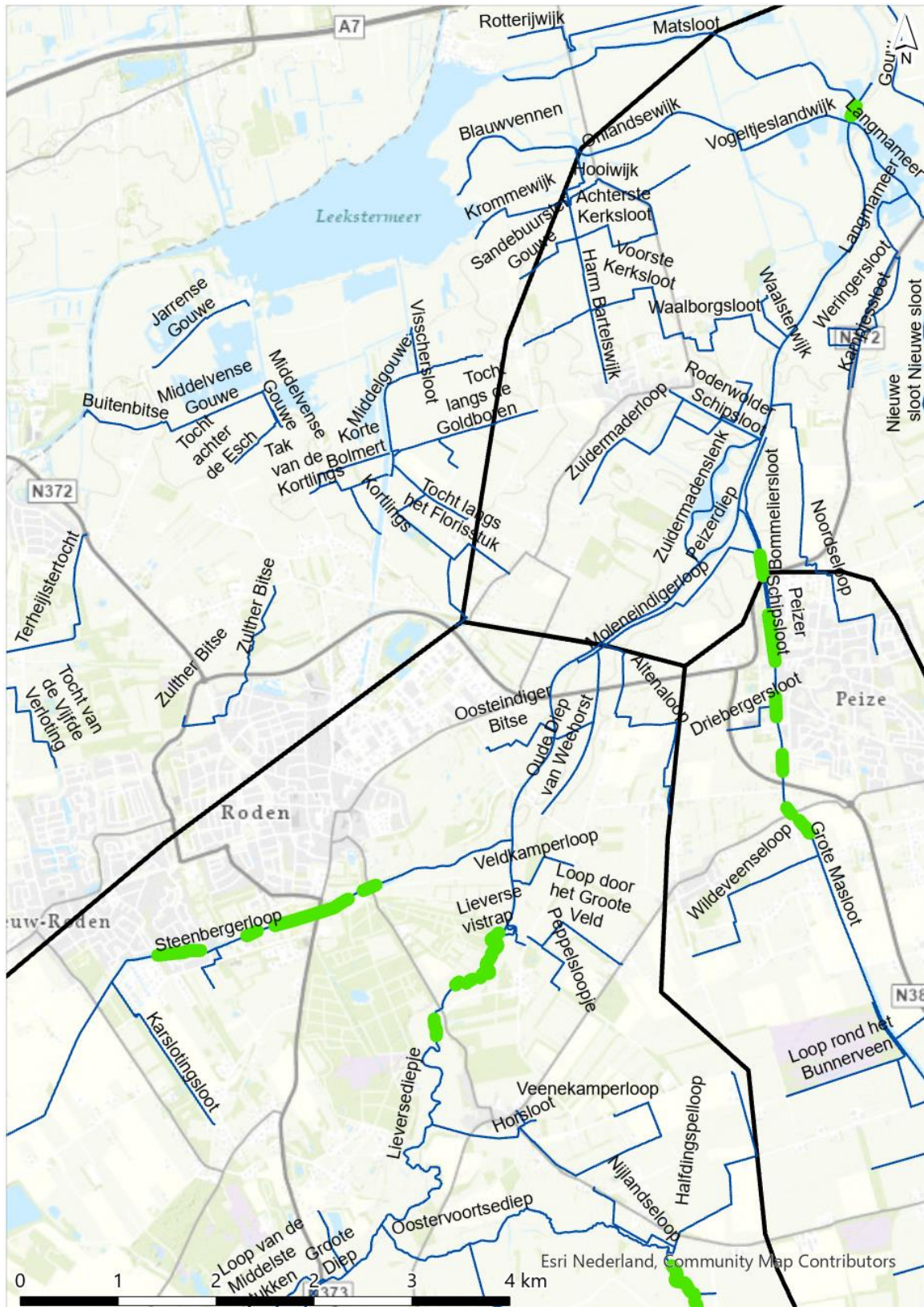
Licht-beschaduwing

In afbeelding 3.9 is de aanwezigheid van beschaduwing door bomen te zien in de Slokkert en het Grootte Diep en in afbeelding 3.10 beschaduwing in het Lieversediepje en het Peizerdiep. In De Slokkert zijn een aantal beschaduwde delen, echter niet zoveel in het naastgelegen Tonckensdiepje. In het Grootte Diep ontbreekt beschaduwing in zijn geheel. In het Lieversediepje is beschaduwing in het meest benedenstroomse deel. Het Peizerdiep is zeer weinig beschaduwd.

Afbeelding 3.9 Beschaduwing in de Slokkert en het Grootte Diep (weergegeven in groen)



Afbeelding 3.10 Beschadiging in het Lieversediepe en het Peizerdiep (weergegeven in groen)



Samenvatting traject Slokkert-Peizerdiep

In het traject Slokkert-Peizerdiep is bovenstrooms sprake van vrij lage afvoer, met stilstaand water in (droge) zomers en er is weinig verhang. Dit betekent dat de stroomsnelheid er vermoedelijk over het algemeen vrij laag is. In het Grootte Diep komt er veel water vanuit de Zesde Wijk in de beekloop, wat in de winter leidt tot hoge piekafvoer in het Grootte Diep en benedenstrooms gelegen trajecten. In het Peizerdiep neemt de breedte van de beek sterk toe. In de Slokkert en het Liewersediepje zijn delen van de beek beschaduwd. In het Grootte diep en het Peizerdiep is nauwelijks beschaduwing.

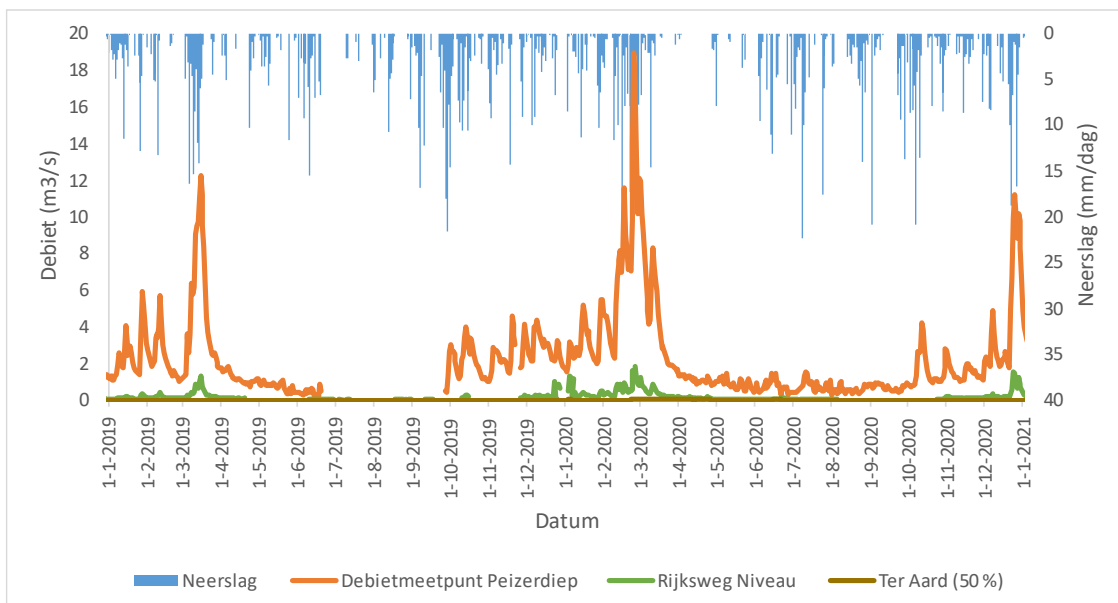
3.3.2 Broekenloop-Oostervoortsediep

Stroming-afvoer

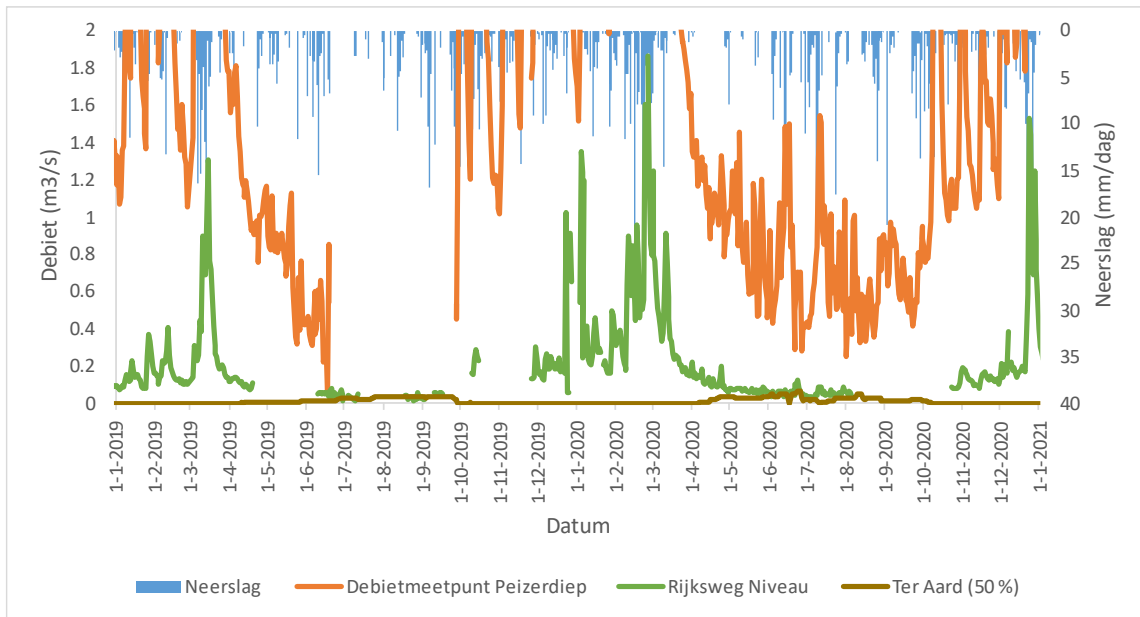
In afbeelding 3.11 worden debietmetingen weergegeven in het Oostervoortsediep, met het Peizerdiep als referentie. In afbeelding 3.12 is verder ingezoomd op de y-as zodat debietverschillen in het Oostervoortsediep beter zichtbaar zijn. Het debiet in het Oostervoortsediep is vrij laag, in dezelfde orde van grootte als de Slokkert. Er lijkt geen sprake te zijn van stilstand in de zomer, maar de data is in de zomerperiode niet compleet, mogelijk is er wel sprake geweest van stilstand. In de Broekenloop wordt water ingelaten vanuit inlaat Ter Aard. Het inlaatwater vanuit Ter Aard wordt verdeeld over de Broekenloop en de Grote Masloot. Dit debiet wordt ongeveer gelijk verdeeld over de twee beeklopen. In de grafiek is 50 % van het gemeten debiet bij Ter Aard getoond, dit is ongeveer wat er wordt ingelaten in de Broekenloop. Het gaat om een veel lager inlaatdebiet dan in de Slokkert. Zo wordt er bijvoorbeeld in 2020 zo'n vijf keer minder ingelaten in de Broekenloop dan in de Slokkert. Het traject Broekenloop-Oostervoortsediep lijkt dus veel minder afhankelijk te zijn van inlaat dan de Slokkert. Dit komt waarschijnlijk vooral omdat er meer kwel is in het traject Broekenloop-Oostervoortsediep dan in de Slokkert.

In het Oostervoortsediep zijn ook stroomsnelheidsmetingen beschikbaar. Deze zijn te zien in afbeelding 3.13, samen met stroomsnelheidsmetingen in het Peizerdiep. Het gaat voornamelijk om metingen in de winter. In deze periode wordt er vaak zon 0,1 tot 0,2 m/s gemeten. In de zomer is eigenlijk alleen in 2022 gemeten in het Oostervoortsediep. De stroomsnelheid was toen zeer laag, rond de 0,01 m/s. In het Peizerdiep zijn in de zomer hogere stroomsnelheden gemeten, maar vaak wel lager dan 0,1 m/s. Voor stromingsminnende fauna is het belangrijk dat er in het beekprofiel gedeeltes zijn met stroomsnelheden van zo'n 0,2 tot 0,3 m/s.

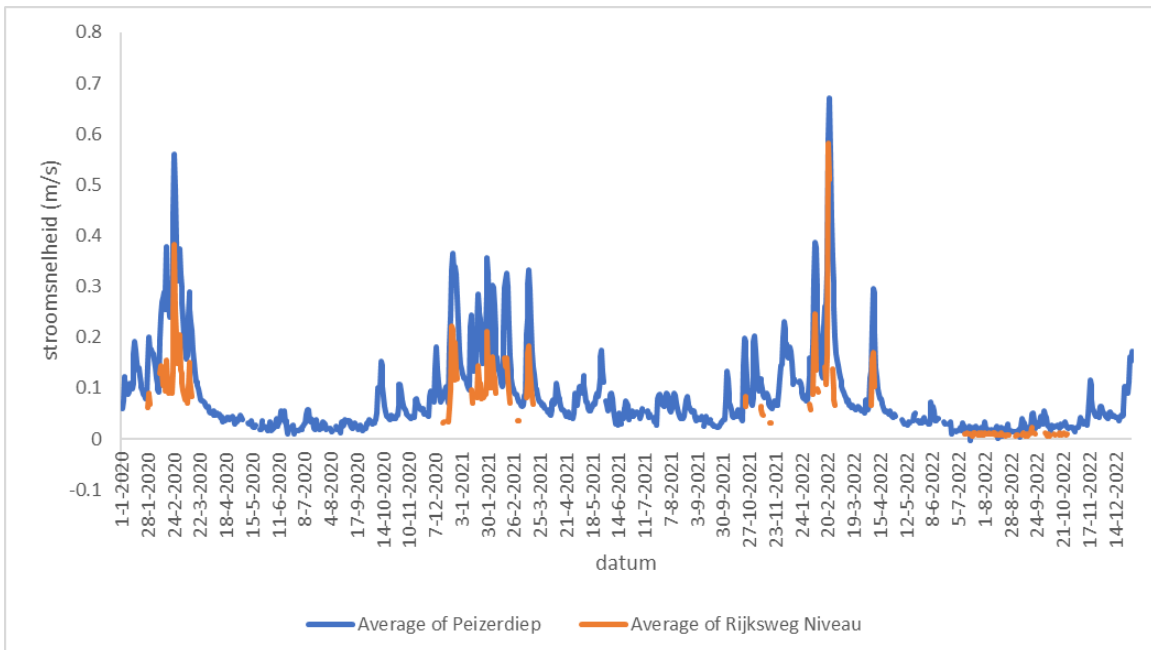
Afbeelding 3.11 Gemeten debieten in het Oostervoortsediep en bij inlaat Ter Aard (en meetpunt Peizerdiep). Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



Afbeelding 3.12 Gemeten debieten in het Oostervoortsediep, inlaat Ter Aard (en meetpunt Peizerdiep). Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde. Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



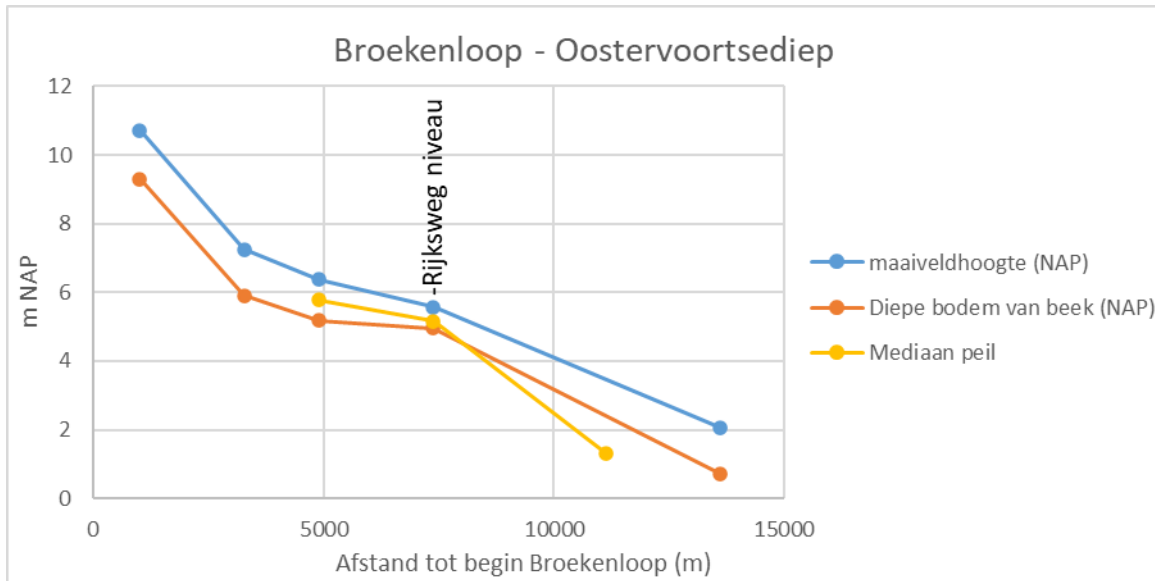
Afbeelding 3.13 Gemeten stroomsnelheid in het Oostervoortsediep (Rijksweg Niveau) en het Peizerdiep (debietsmeetpunt Peizerdiep)



Stroming-verhang en stuwen

Het verhang in de Broekenloop is ruim 1 m/km. Hiermee is het verhang een stuk hoger dan in de rest van het Peizerdiepsysteem (zie afbeelding 3.14 en tabel 3.2). Het maaiveldverhang is bij de Broekenloop iets hoger dan het waterbodembverhang. In het Oostervoortsediep zijn zowel het maaiveldverhang als het waterbodembverhang ongeveer 0,5 m/km. Dit is vergelijkbaar met de Slokkert en het Grote Diep.

Afbeelding 3.14 Maaiveldhoogte, bodemhoogte (diepste punt) en waterpeil (mediaan) in het traject Broekenloop-Oostervoortsediep. Benedenstrooms is het peil volgens de grafiek lager dan de waterbodem. Dit heeft vermoedelijk te maken met het lage aantal beekprofielen dat is meegenomen, dit leidt tot onnauwkeurigheden

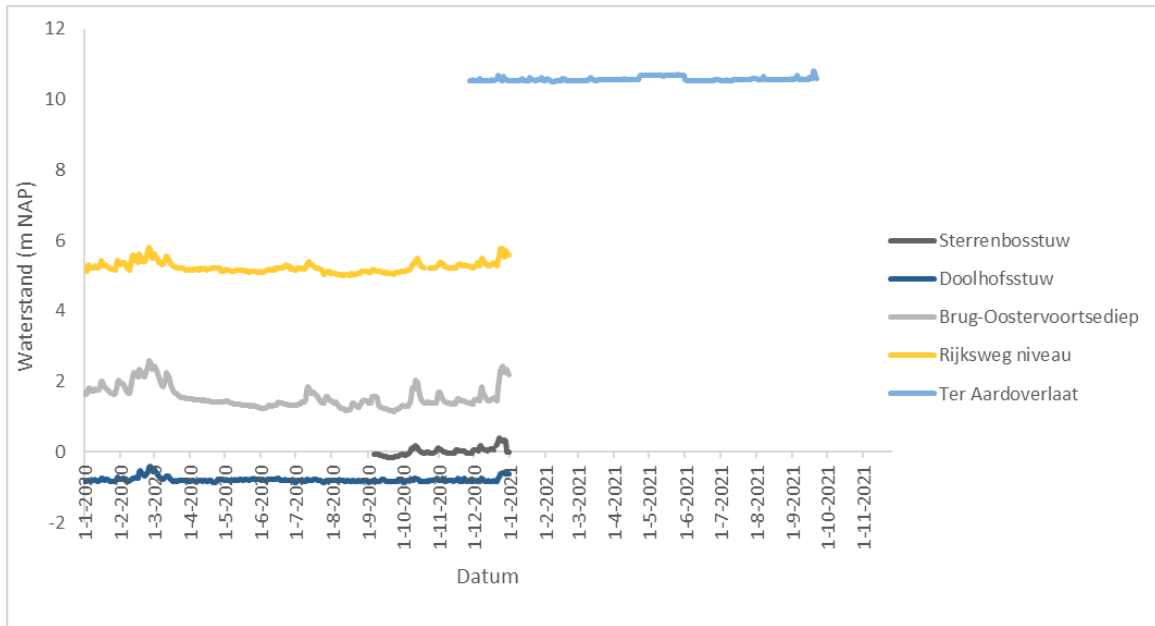


Tabel 3.2 Piekafvoer (geschat, op basis van debietmetingen), maaiveldverhang en waterbodemverhang in het traject Broekenloop-Oostervoortsediep

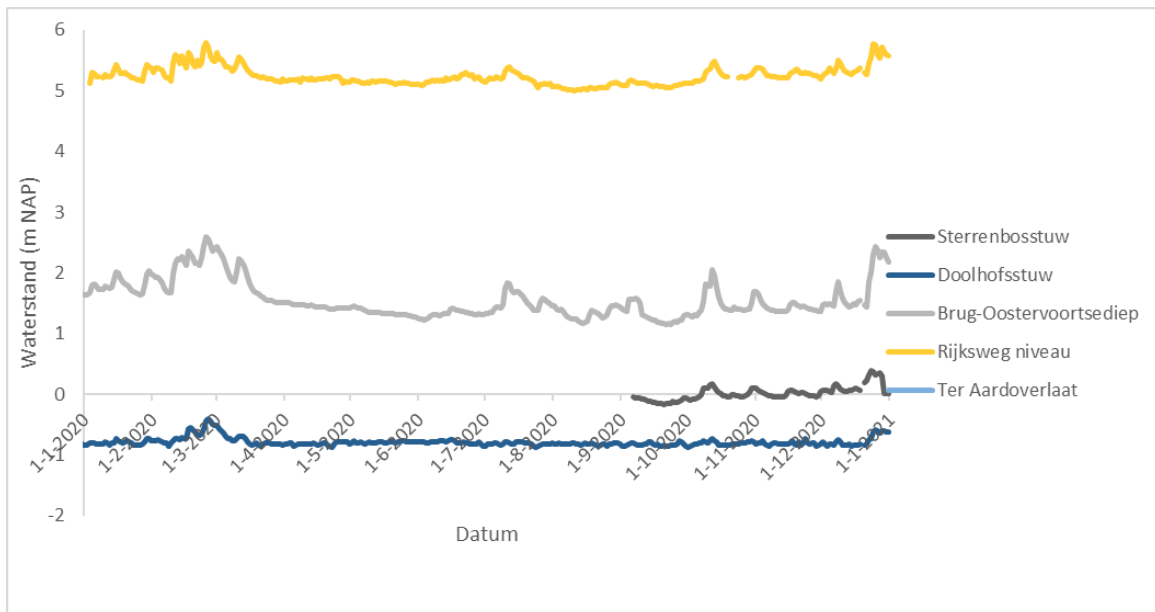
Traject	Afvoer T=1 (m ³ /s)	Maaiveldverhang (m/km)	Waterbodemverhang (m/km)
hele traject		0,69	0,68
Broekenloop		1,53	1,04
Oostervoortsediep	1,3	0,50	0,50

Het waterpeil is bovenstrooms bij de Ter Aardoverlaat vrij constant. In het Oostervoortsediep is meer jaarlijkse variatie (zie afbeelding 3.15, en afbeelding 3.16 waarbij is ingezoomd op de y-as). In 2020 schommelde het peil bij meetpunt Rijksweg niveau tussen NAP +5,1 m en NAP +5,7 m en bij Brug Oostervoortsediep tussen NAP +1,15 m en NAP +2,5 m.

Afbeelding 3.15 Waterstanden in het traject Broekenloop-Oostervoortsediep (en een aantal benedenstroomse meetpunten in het Peizerdiep)



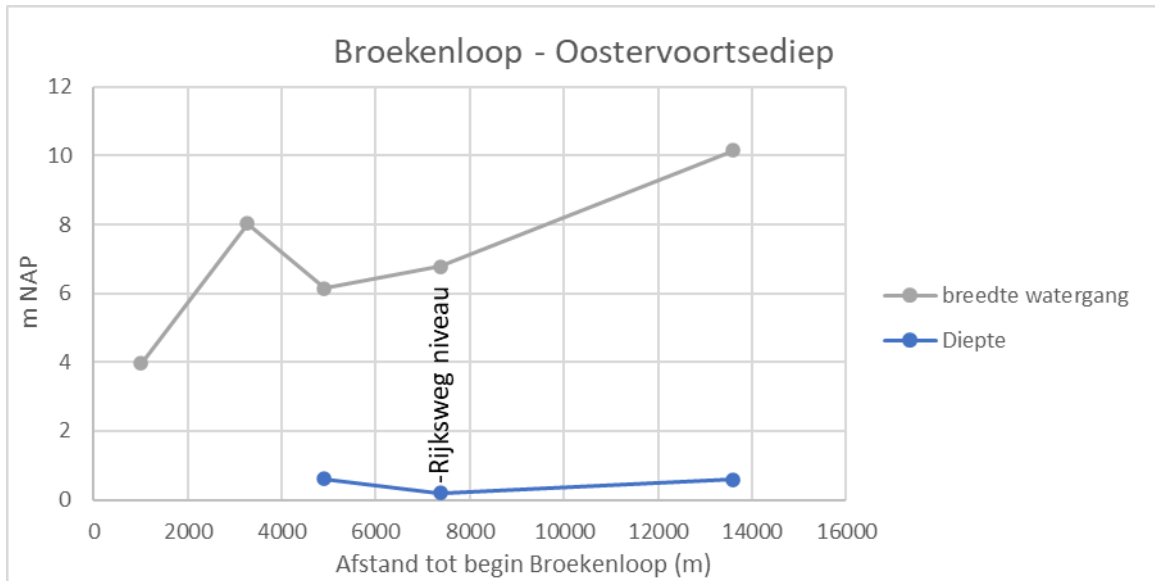
Afbeelding 3.16 Waterstanden in het traject Broekenloop-Oostervoortsediep (en een aantal benedenstroomse meetpunten in het Peizerdiep)



Stroming-dwarsprofiel

In afbeelding 3.17 zijn de breedte en diepte van de watergang te zien en in afbeelding 3.18 het nat profiel. De breedte van de Broekenloop (de eerste twee punten in de grafiek) neemt van boven- naar benedenstrooms toe. De Broekenloop mondt uit in het Oostervoortsediep. Daar is de beek weer wat smaller, maar ook hier neemt de breedte langzaam toe tot benedenstrooms. In de diepte en het nat oppervlak zitten veel onzekerheden, omdat ze op weinig datapunten zijn gebaseerd.

Afbeelding 3.17 Breedte en diepte van de watergang in het traject Broekenloop-Oostervoortsediep. Van de Broekenloop kon diepte berekend worden aangezien er geen peilmetingen zijn



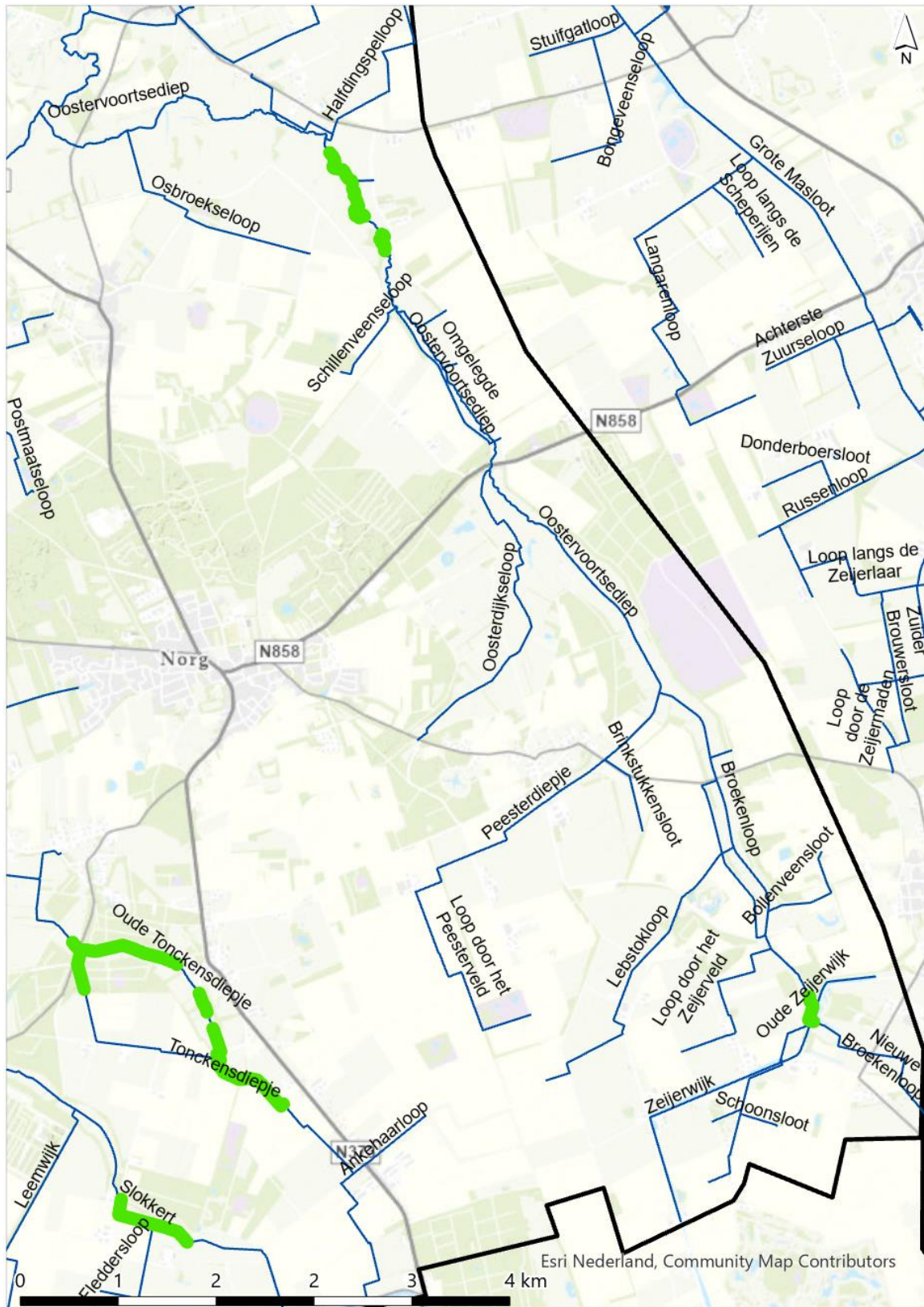
Afbeelding 3.18 Nat oppervlak in het traject Broekenloop-Oostervoortsediep. De drie punten liggen allen in het Oostervoortsediep. Van de Broekenloop kon geen natte doorsnede berekend worden aangezien er geen peilmetingen zijn



Licht-beschaduwing

In afbeelding 3.19 is beschaduwing door bomen te zien in de Broekenloop en het Oostervoortsediep. In de Broekenloop is weinig beschaduwing. In het Oostervoortsediep eigenlijk alleen ten noorden van de Schillenveenseloop.

Afbeelding 3.19 Beschaduwing in de Broekenloop het Oostervoortsediep



Samenvatting traject Broekenloop-Oostervoortsediep

In het Oostervoortsediep zijn relatief lage afvoeren gemeten. Het verschil met de Slokkert is wel dat er veel minder water wordt ingelaten in dit traject dan in de Slokkert. In het Oostervoortsediep zijn ook stroomsnelheidsmetingen beschikbaar. Deze laten zien dat de stroomsnelheid in de zomer erg laag is in het Oostervoortsediep, over het algemeen lager dan wat nodig is voor stromingsminnende soorten. Bovenstrooms, in de Broekenloop, is wel een vrij groot verhang. Hier liggen dus wel potenties voor stroming. Er is weinig beschaduwing op dit traject. De meeste beschaduwing is in het noorden van het Oostervoortsediep.

3.3.3 Steenbergerloop

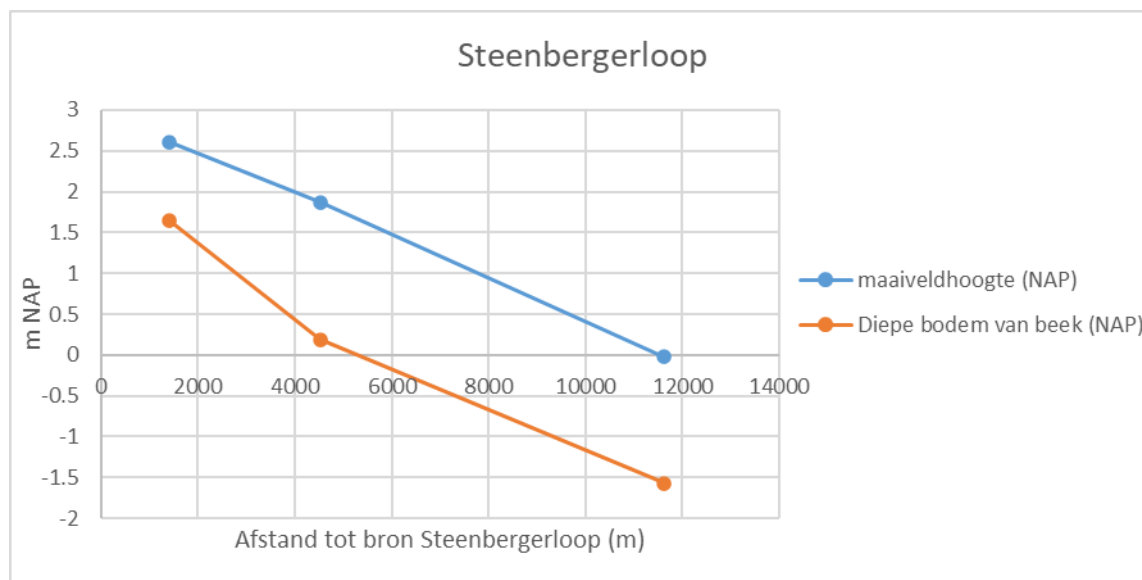
Stroming-afvoer

In de Steenbergerloop zijn geen metingen van afvoer beschikbaar. Hierdoor is het moeilijker in te schatten of stroming op orde is in de Steenbergerloop en hoe dit varieert door het jaar heen. Het is wel bekend dat het systeem op snelle afvoer (van landbouw- en stedelijk gebied) is gericht, dus er zijn korte pieken in tijden van veel neerslag en daarna snel uitzakken richting stuwstanden. In de zomer zakt het water beneden de stuwstanden bij gebrek aan aanvoermogelijkheden. Het systeem ligt te hoog om dieper grondwater te kunnen ontvangen, maar trekt wel aan het lokale grondwatersysteem tot dit is uitgezakt tot de drainagebasis.

Stroming-verhang en stuwen

Het verhang in de Steenbergerloop is 0,31 m/km (afbeelding 3.20 en tabel 3.3) en daarmee lager dan de meeste bovenlopen in het Peizerdiepsysteem. Dit betekent dat de stroomsnelheid in de Steenbergerloop vermoedelijk laag is en het daarmee niet de meest kansrijke beekloop is voor stromingsminnende soorten. Het maaiveldverhang gaat ongeveer gelijk op met het waterbodemverhang.

Afbeelding 3.20 Maaiveldhoogte en waterbodemhoogte in de Steenbergerloop



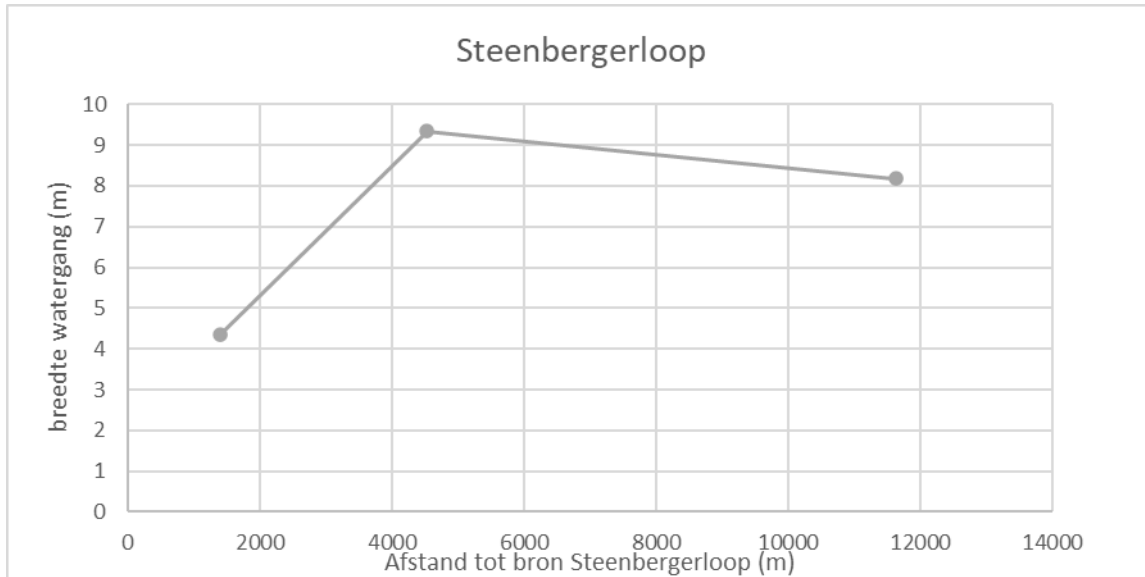
Tabel 3.3 Maaiveldverhang en waterbodemverhang in de Steenbergerloop

Traject	Maaiveldverhang (m/km)	Waterbodemverhang (m/km)
Steenbergerloop	0,26	0,31

Stroming-dwarsprofiel

Van de Steenbergerloop is enkel de breedte bekend. Van de diepte en het nat oppervlak konden geen analyses gedaan worden omdat er geen metingen van het waterpeil beschikbaar zijn. De breedte is weergegeven in afbeelding 3.21. De breedte neemt in het eerste deel van het traject flink toe van ruim 4 naar ruim 9 m. Daarna neemt de breedte weer iets af.

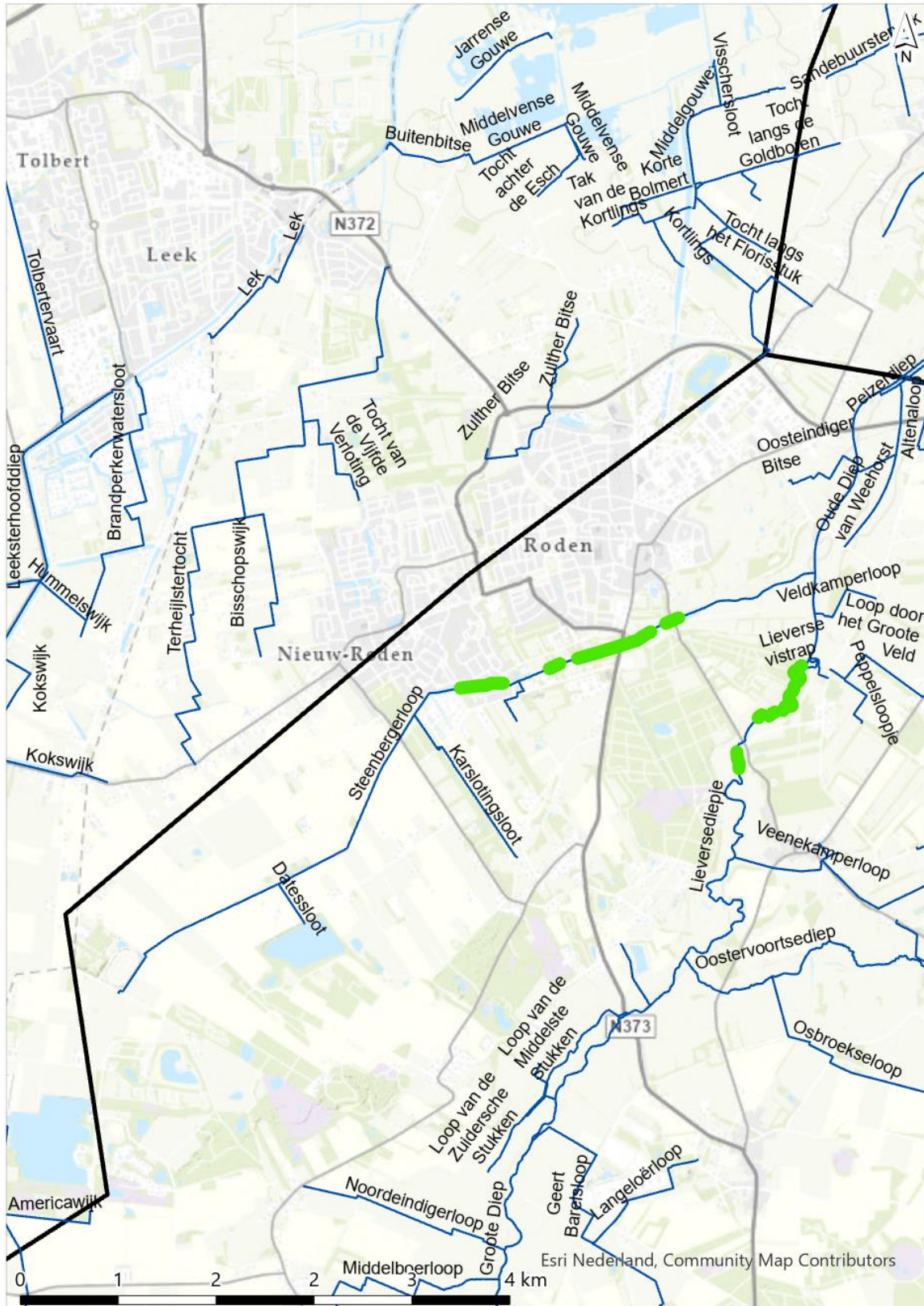
Afbeelding 3.21 Breedte van de watergang in de Steenbergerloop



Licht-beschaduwing

In afbeelding 3.22 is beschaduwing te zien in de Steenbergerloop. Beschaduwing is eigenlijk alleen aanwezig in het gedeelte waar de Steenbergerloop door bebouwd gebied (Roden) loopt.

Afbeelding 3.22 Beschaduwning in de Steenbergerloop (weergegeven in groen)



Samenvatting Steenbergerloop

In de Steenbergerloop zijn maar beperkt gegevens beschikbaar. De gegevens wijzen wel op een laag verhang en benedenstrooms een brede watergang. Daarnaast ligt de beek in landbouwgebied. Het systeem is gericht op snelle afvoer van water vanuit het landbouw- en stedelijk gebied, met hoge piekafvoer in tijden van veel neerslag en stilstaand water in de zomer. Deze beekloop lijkt niet de meeste potentie te hebben voor stromingsminnende soorten. Beschaduwing is in de Steenbergerloop voornamelijk aanwezig in bebouwd gebied (het dorp Roden).

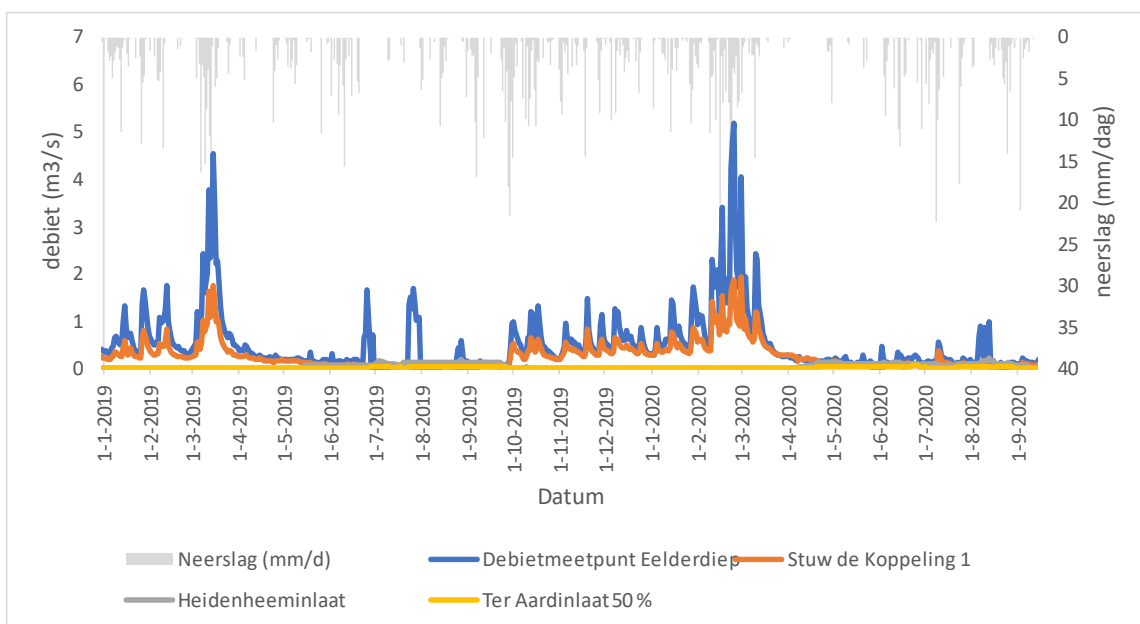
3.3.4 Eekhoornsche Loop-Eelderdiep

Stroming - afvoer

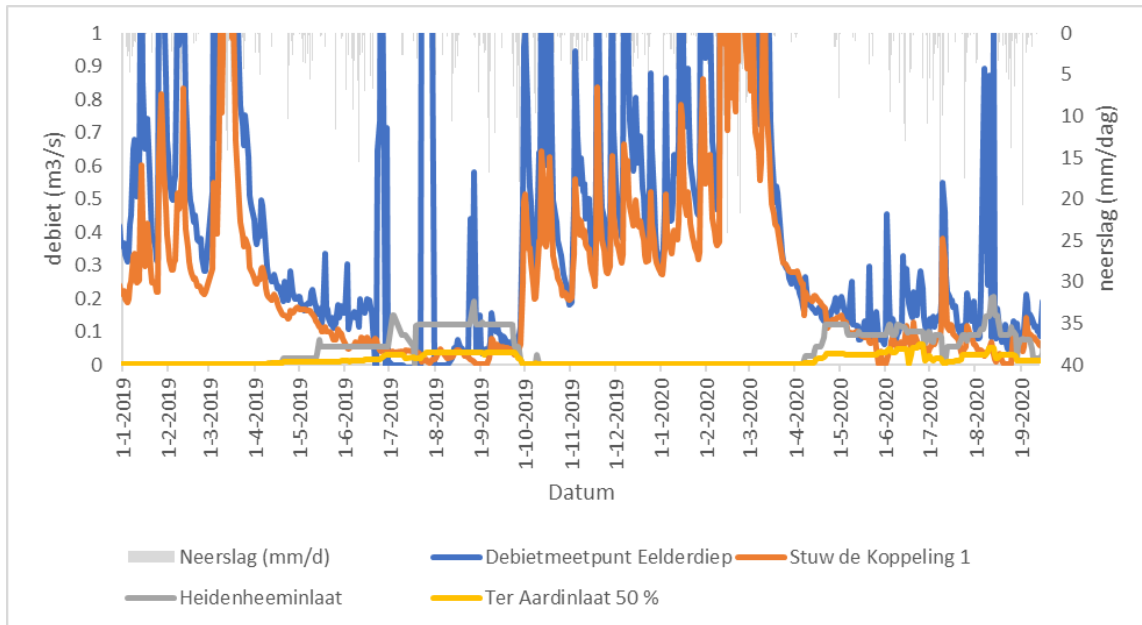
In het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep zijn vooral afvoermetingen van de benedenlopen beschikbaar. In afbeelding 3.23 en afbeelding 3.24 wordt het gemeten debiet getoond voor de periode 2019 - 2020. In afbeelding 3.24 is ingezoomd op de y-as zodat perioden met lage debieten beter zichtbaar worden. Op debietmeetpunt Eelderdiep zijn hoge piekafvoeren gemeten. Het minimale zomerdebiet ligt in de meeste jaren rond de 0,05 tot 0,1 m³/s. Alleen in 2019 lijkt er een tijdje sprake geweest te zijn van stilstand. In de afbeeldingen is ook debiet te zien bij Stuw de Koppeling. Via deze stuw wordt het meeste water vanuit de Grote Masloot naar het Eelderdiep geleid. Een klein deel van het water uit de Grote Masloot loopt via de Peizerschipsloot (enkel bij piekafvoer).

In het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep wordt in de zomer water ingelaten vanuit het Noordwillemskanaal via de Heidenheeminlaat. Het debiet ligt meestal tussen de 0,05 en 0,15 m³/s in de periode 2018 - 2022. Alleen in het nattere jaar 2021 is minder ingelaten. De debieten zijn opvallend hoog vergeleken met het debiet dat wordt gemeten bij debietmeetpunt Eelderdiep. Mogelijk infiltreert/verdampt dit water grotendeels of wordt het deels onttrokken voor de landbouw. In afbeelding 3.24 is te zien dat het debiet bij debietmeetpunt Eelderdiep in de zomer soms lager is dan het inlaatdebiet bij de Heidenheeminlaat. Ter illustratie is ook het inlaatdebiet van de Ter Aard inlaat getoond in de grafieken. Dit water wordt verdeeld over de Broekenloop (50 %) en de Grote Masloot (ook 50 %). Het inlaatwater dat bij de Grote Masloot wordt ingelaten komt uiteindelijk ook in het Eelderdiep via stuw de Koppeling. De inlaat bij Ter Aard is een stuk lager dan bij de Heidenheeminlaat.

Afbeelding 3.23 Gemeten debieten op verschillende punten in het Eelderdiepsysteem. Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde. Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



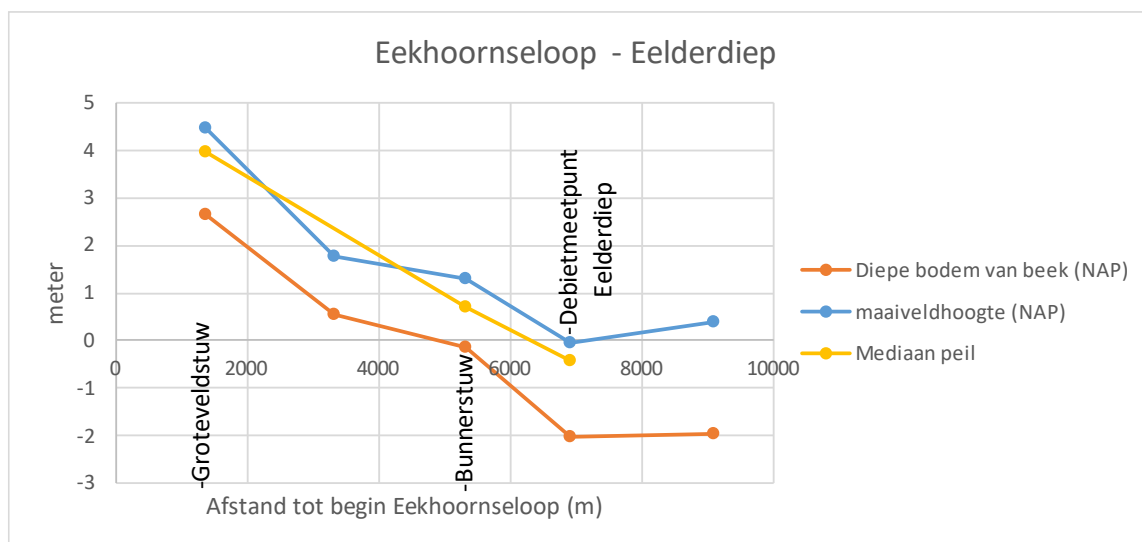
Afbeelding 3.24 Gemeten debieten op verschillende punten in het Eelderdiepsysteem. Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde. Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



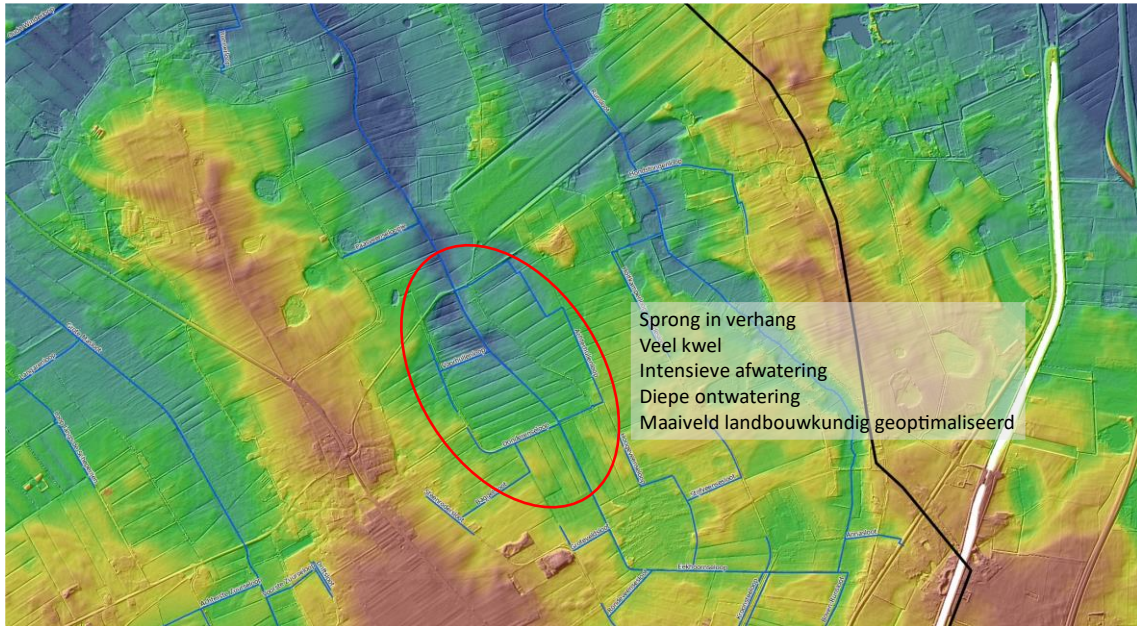
Stroming-verhang en stuwen

Het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep heeft een verhang van 0,6 m/km (afbeelding 3.25 en tabel 3.4), waarbij het verhang iets groter is in de Eekhoornsche Loop (het traject tot aan de Bunnerstuw) dan in het Eelderdiep. In potentie kunnen er in de Eekhoornsche Loop dus wat hogere stroomsnelheden verwacht worden dan in het Eelderdiep. Het maaiveldverhang loopt redelijk gelijk op met het waterbodemplatting. Bovenstrooms in de Eekhoornsche Loop is er een sprong in het verhang van het maaiveld. Dit is niet heel duidelijk te zien in de afbeelding, maar uit een analyse in de LESA blijkt dat het maaiveld bovenstrooms vrij vlak is en rond 3 km vanaf het begin van de Eekhoornsche Loop vrij steil afloopt. Op deze plek (zie afbeelding 3.26) is veel kwel, en daarnaast is er sprake van intensieve en diepe afwatering. Het lijkt erop dat het maaiveld hier geoptimaliseerd is voor de landbouw (afwatering).

Afbeelding 3.25 Maaiveldhoogte, bodemhoogte (diepste punt) en waterpeil (mediaan) in het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep



Afbeelding 3.26 Locatie met grote sprong in verhang van het maaiveld (analyse uit de LESA)

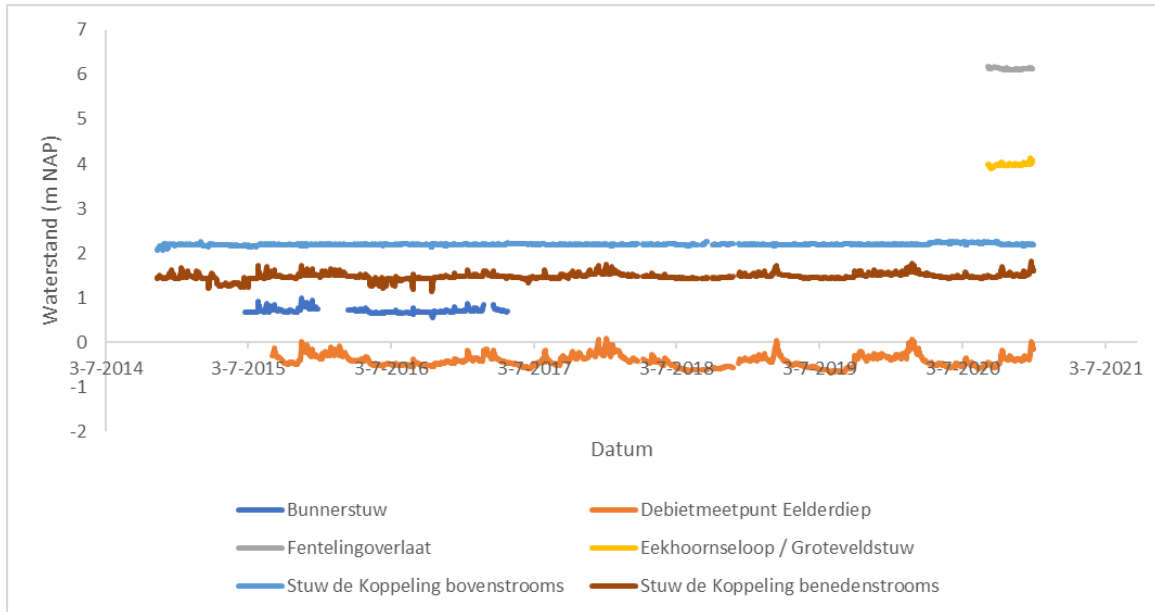


Tabel 3.4 Piekafvoer (geschat, op basis van debietmetingen), maaiveldverhang en waterbodemplang in het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep

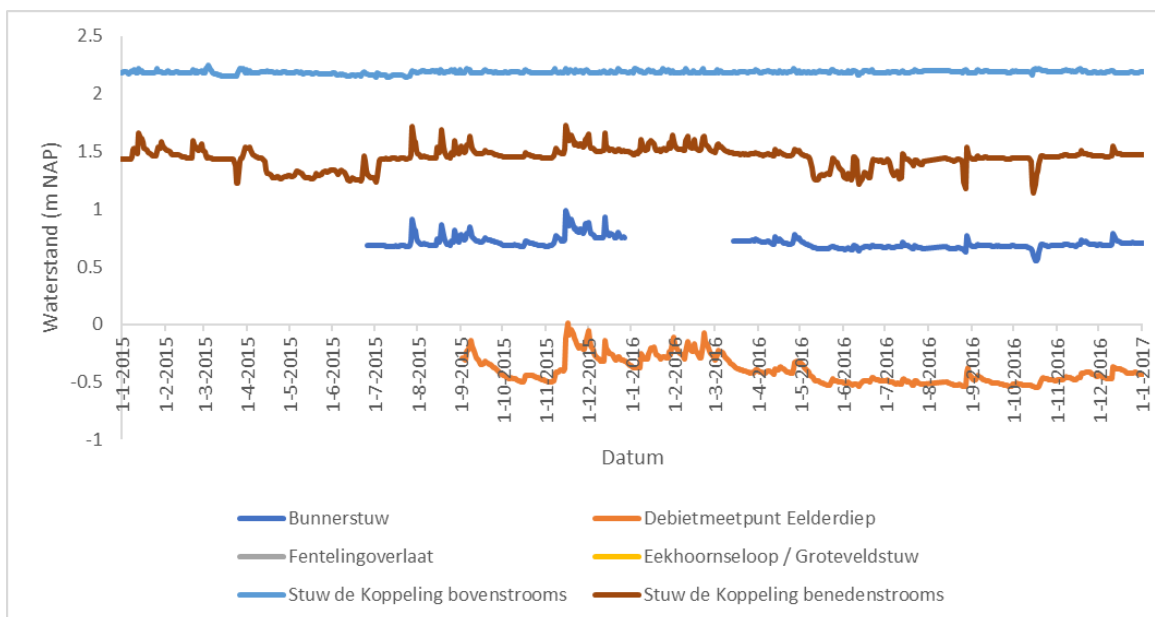
Traject	Afvoer T=1 (m ³ /s)	Maaiveldverhang (m/km)	Waterbodemplang (m/km)
hele traject		0,53	0,60
Eekhoornsche Loop		0,80	0,71
Eelderdiep	4	0,24	0,56

De waterstanden zijn bij de bovenstroomse stuwen vrij constant (voor zover er meetdata beschikbaar is). Het gaat om de Fentelingoverlaat en de Groteveldstuw (afbeelding 3.27 en afbeelding 3.28). De Bunnerstuw en debietmeetpunt Eelderdiep tonen meer variatie in peil, met hogere winterpeilen en lagere zomerpeilen. Het peil bij stuw de Koppeling is ook afgebeeld in de figuren. Hierbij valt op dat er een groot verschil zit tussen het boven-en benedenstroomse peil.

Afbeelding 3.27 De waterstand op verschillende locaties in het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep, inclusief stuw de Koppeling



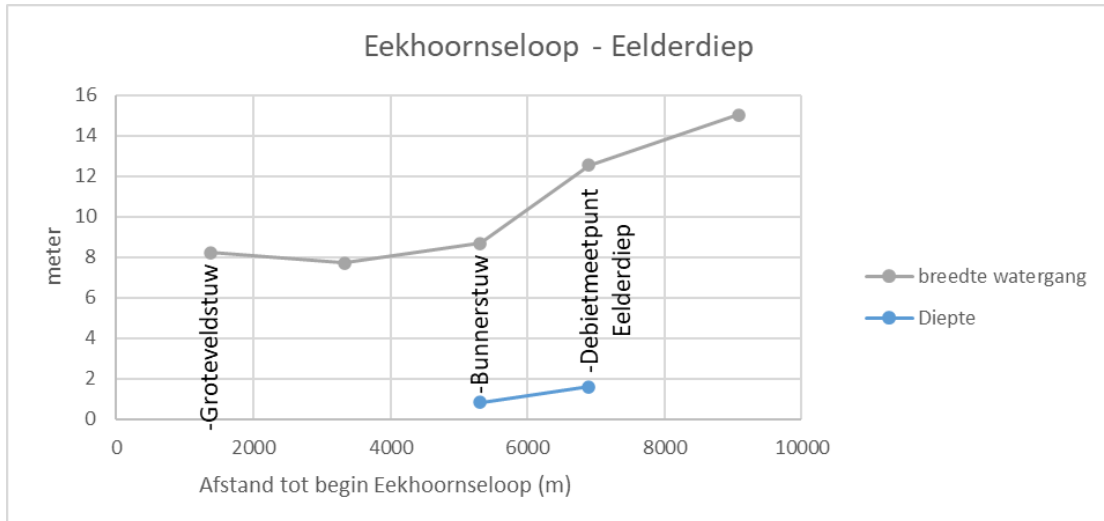
Afbeelding 3.28 De waterstand op verschillende locaties in het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep, inclusief stuw de Koppeling



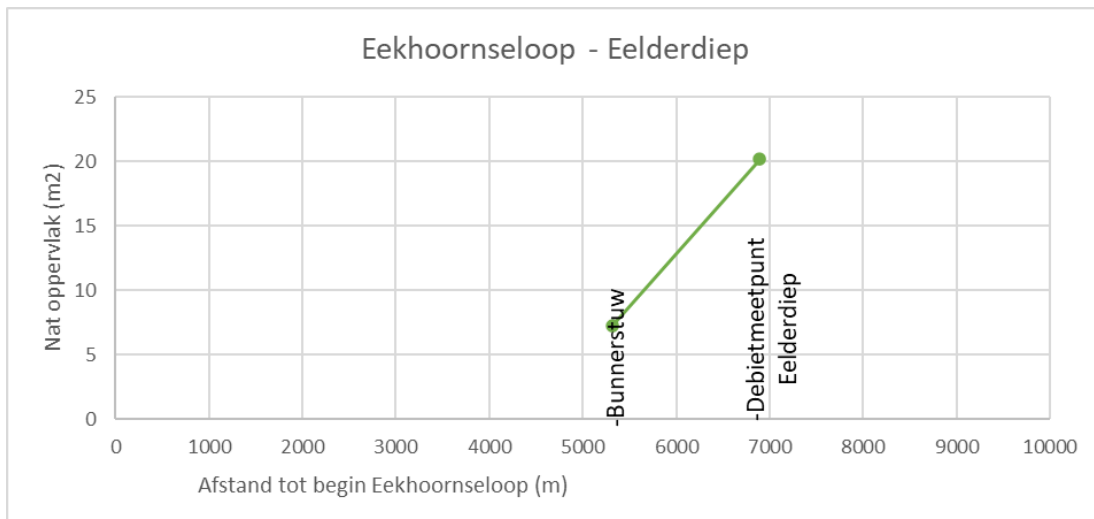
Stroming-dwarsprofiel

De breedte en de diepte van de watergang is weergegeven in afbeelding 3.29. Vanaf de Bunnerstuw wordt de watergang steeds breder. Van waterdiepte en nat profiel is minder data beschikbaar, vanwege het beperkte aantal peilmetingen.

Afbeelding 3.29 Breedte en diepte van de watergang op het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep



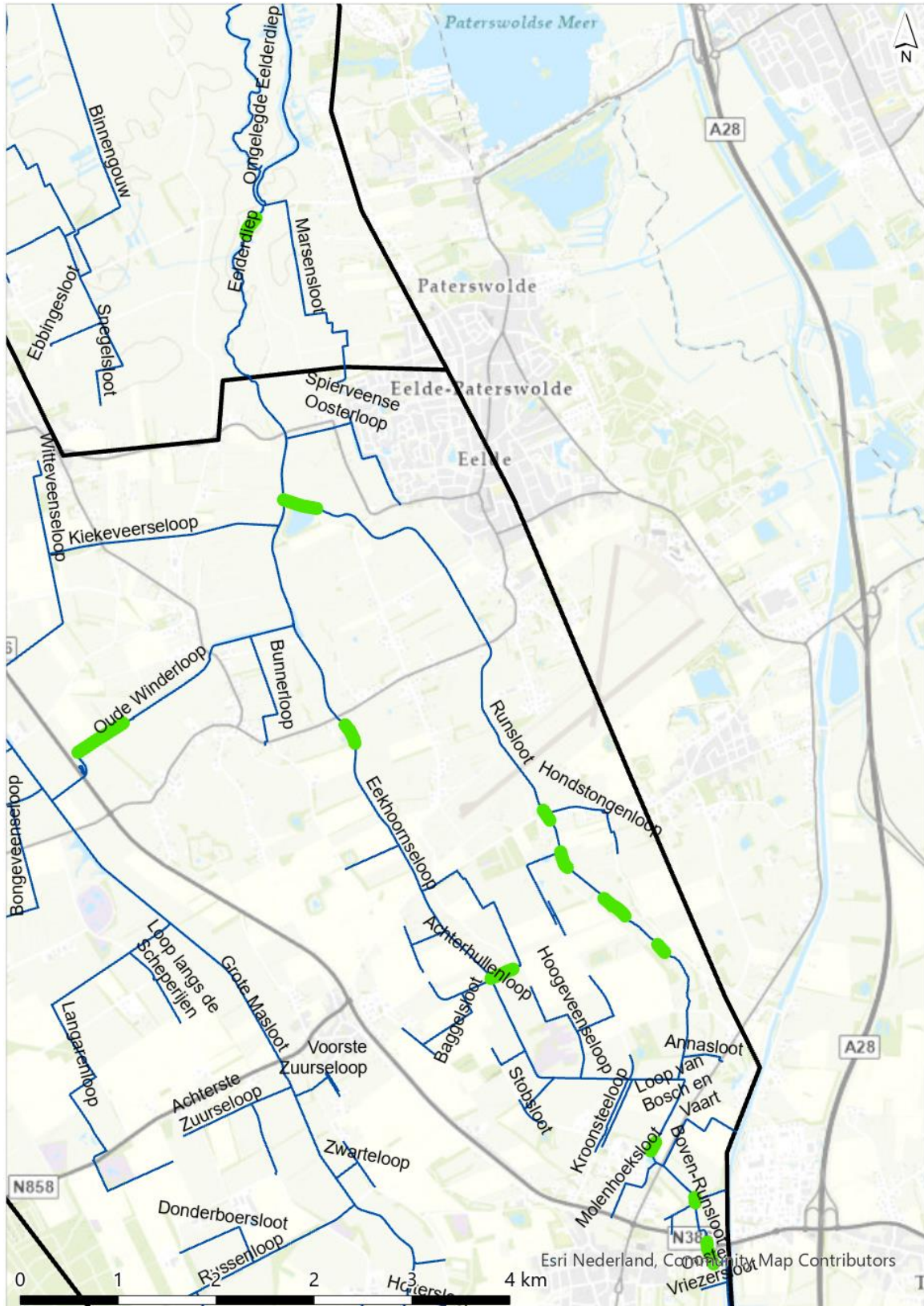
Afbeelding 3.30 Nat oppervlak op het traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep



Licht-beschaduwing

In afbeelding 3.31 is beschaduwing te zien in de Eekhoornsche Loop en het Eelderdiep. Er zijn slechts een paar kleine stukken met beschaduwing in dit traject.

Afbeelding 3.31 Beschaduwing in de Eekhoornsche Loop en Eelderdiep (weergegeven in groen)



Samenvatting traject Eekhoornsche Loop-Eelderdiep

In de bovenlopen van dit traject zijn geen metingen van afvoer. Er wordt echter wel vrij veel water ingelaten in de zomer. In de winter zijn vrij hoge piekafvoeren gemeten. Vermoedelijk is de stroomsnelheid vrij laag in de bovenlopen, al is het verhang wel iets groter dan in de benedenloop. Er is weinig beschaduwing rond het traject.

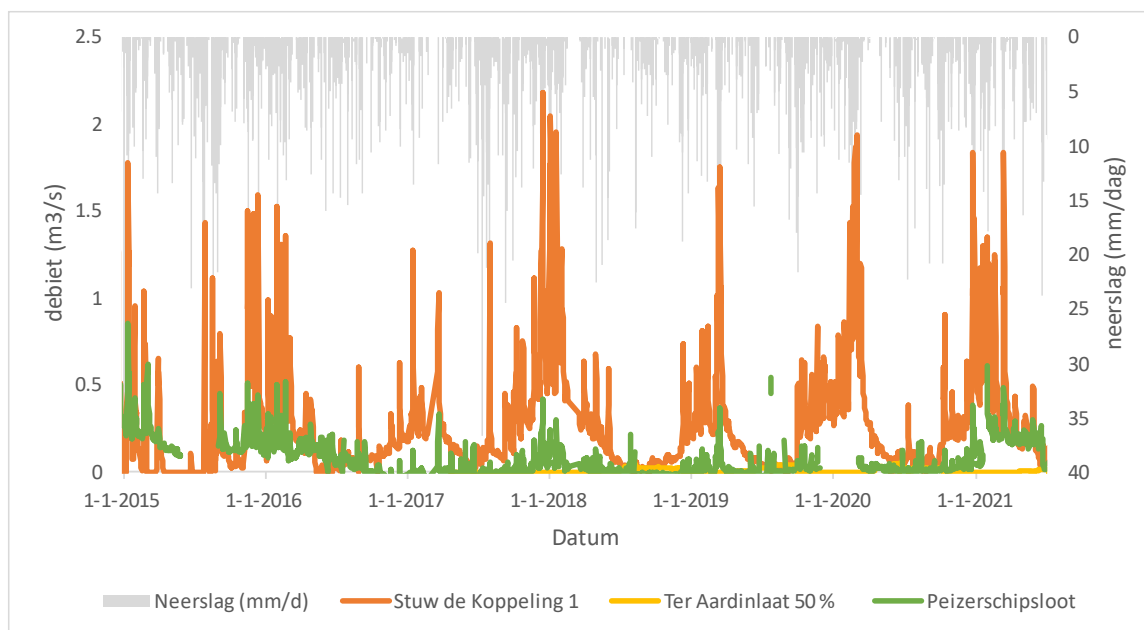
3.3.5 Grote Masloot-Peizerschipsloot

Stroming-afvoer

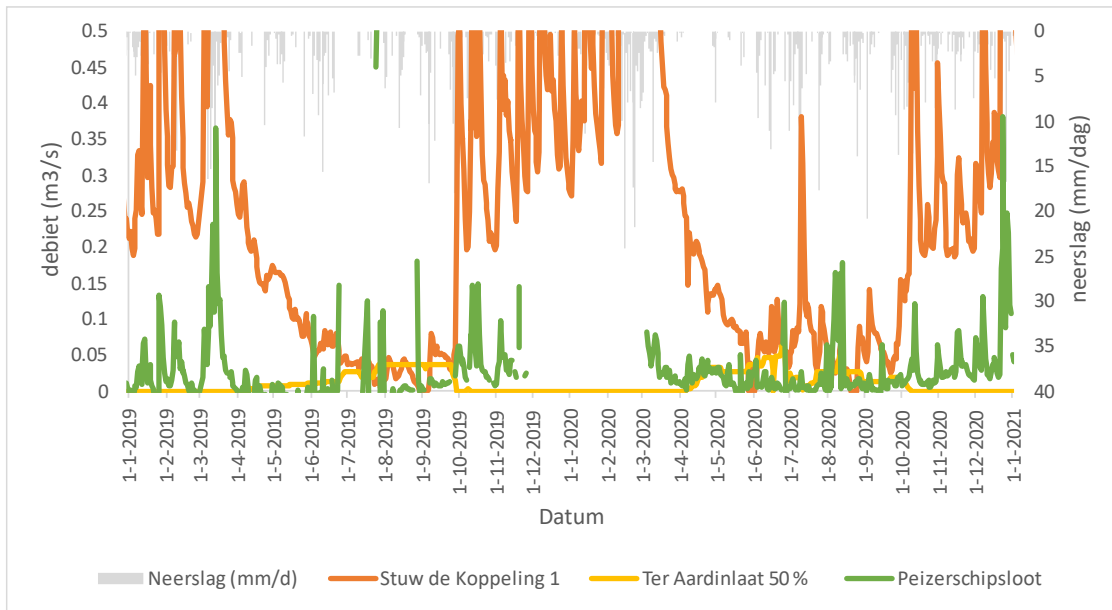
Zoals hierboven beschreven loopt het meeste water vanuit de Grote Masloot via stuw De Koppeling naar het Eelderdiep. Een kleiner deel van het water loopt door de Peizerschipsloot naar het Peizerdiep. Het debiet in de Peizerschipsloot is weergegeven in afbeelding 3.32, met ter illustratie ook het debiet bij stuw De Koppeling (het grootste debiet uit de Grote Masloot loopt immers via deze stuw naar het Eelderdiep). Er wordt vooral water door de Peizerschipsloot gelaten bij piekafvoer, hoewel het debiet bij stuw De Koppeling ook dan een stuk hoger is dan in de Peizerschipsloot. In afbeelding 3.33 is meer ingezoomd op de grafiek. In de zomer is er sprake van lage afvoer in de Peizerschipsloot, met af en toe een uitschieter omhoog.

In de bovenlopen van de Grote Masloot zijn geen debietmetingen beschikbaar. Er wordt ingelaten via de Ter Aardinlaat. Dit debiet is ook weergegeven in de afbeeldingen. De inlaat is vooral bedoeld om de bovenlopen te voeden in de zomer.

Afbeelding 3.32 Gemeten debieten op verschillende punten in het Eelderdiepsysteem. Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde. Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



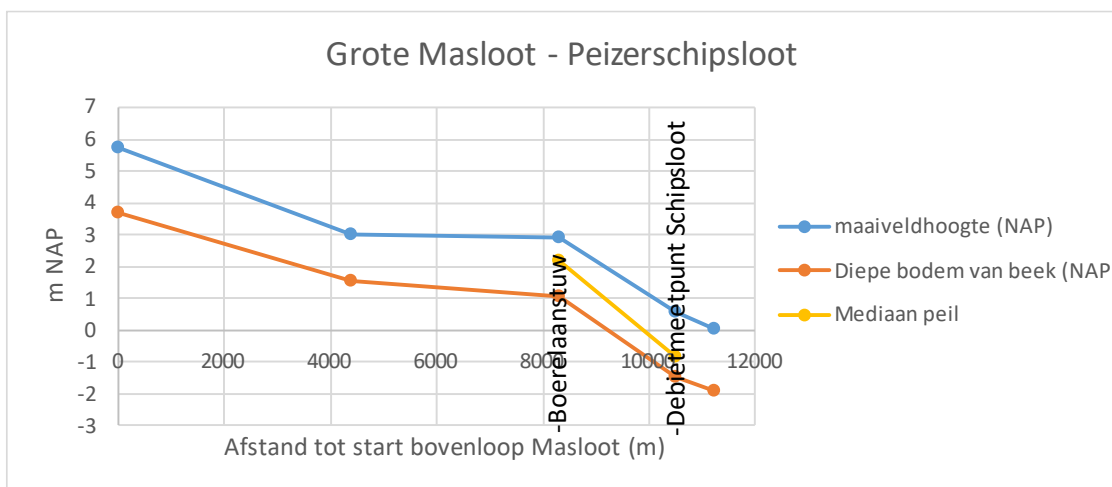
Afbeelding 3.33 Gemeten debieten op verschillende punten in het Eelderdiepsysteem. Op de rechter y-as is gemeten neerslag gemeten bij weerstation Eelde. Dit geeft een beeld van in welke mate neerslag een effect heeft op de gemeten afvoerpatronen



Stroming - verhang en stuwen

Het verhang in het traject Grote Masloot-Peizerschipsloot is ongeveer 0,5 m/km (afbeelding 3.34 en tabel 3.5). In de Peizerschipsloot (het traject vanaf de Boerelaanstuw) is het verhang hoger dan in de Grote Masloot. In potentie kunnen in de Peizerschipsloot hoger stroomsnelheden verwacht worden. Het gaat echter wel om een breed gedimensioneerde watergang waar relatief lage afvoerdebieten doorheen gaan. Waarschijnlijk is de stroomsnelheid hier over het algemeen laag. Daarnaast is het verhang gebaseerd op slechts twee meetpunten. Het is mogelijk dat het verhang in werkelijkheid minder groot is en de bodemhoogte op een bepaald punt abrupter afneemt. Door meer meetpunten toe te voegen kan hier minder inzicht in worden gekregen.

Afbeelding 3.34 Maaiveldhoogte, bodemhoogte (diepste punt) en waterpeil (mediaan) in het traject Grote Masloot-Peizerschipsloot

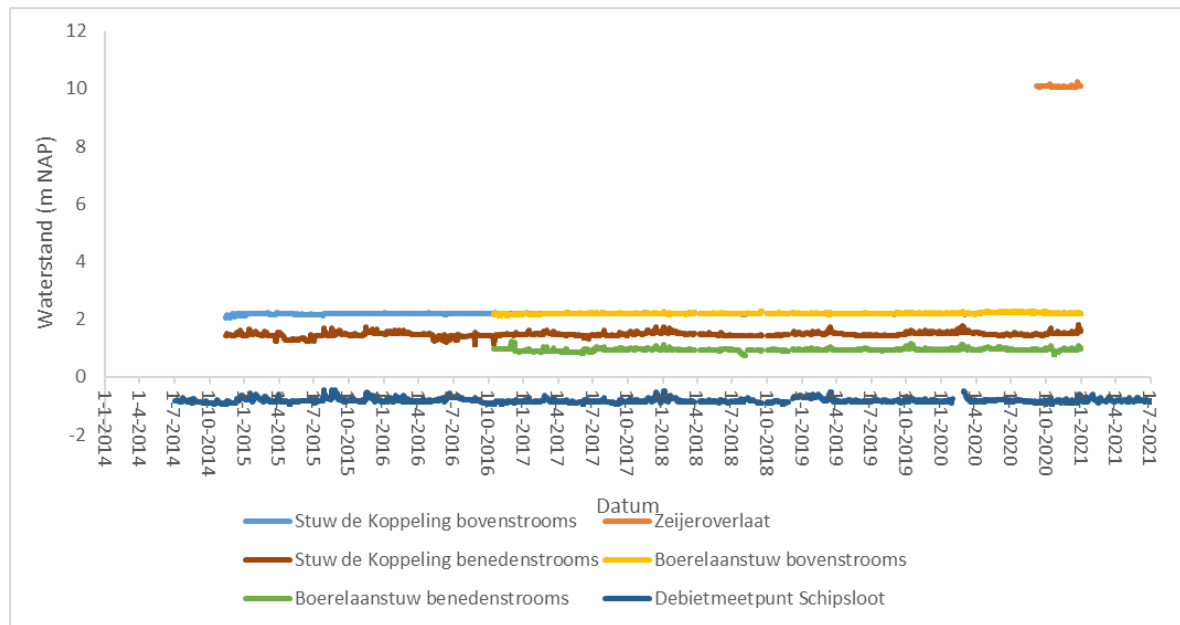


Tabel 3.5 Piekafvoer (geschat, op basis van debietmetingen), maaiveldverhang en waterbodemplang in het traject Grote Masloot -Peizerschipsloot

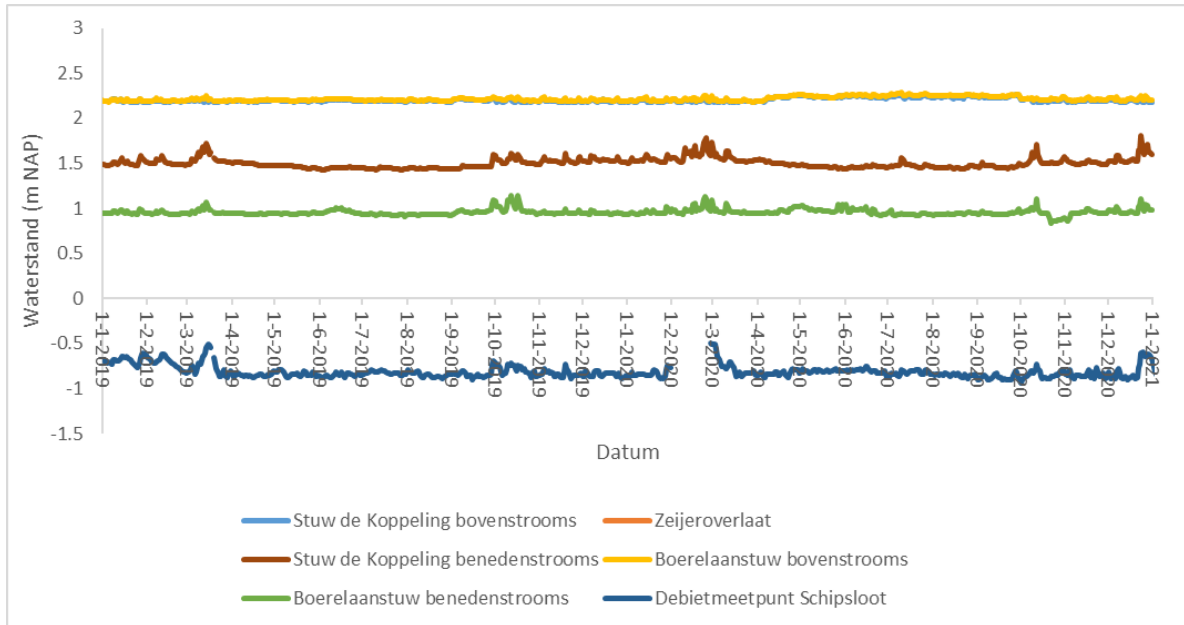
Traject	Afvoer T=1 (m ³ /s)	Maaiveldverhang (m/km)	Waterbodemplang (m/km)
hele traject		0,50	0,50
Grote Masloot		0,62	0,50
Peizerschipsloot	0,35	0,98	1,01

De waterstand op het traject Groote Masloot-Peizerdiep is te zien in afbeelding 3.35 en afbeelding 3.36. Het peil bij de Zeijeroverlaat en bovenstrooms van stuw de Koppeling en de Boerenlaanstuw is vrij strak. De Boerelaanstuw en stuw de Koppeling hebben ongeveer het zelfde peil (de stuwen liggen in hetzelfde peilvak), maar de Boerenlaanstuw staat net iets hoger dan De Koppeling, waardoor het meeste water uit de Grote Masloot naar het Eelderdiep stroomt. Benedenstrooms van de Boerenlaanstuw en stuw de Koppeling en bij debietmeetpunt Schipsloot is meer peilverschil tussen zomer en winter. Ten slotte valt het grote peilverschil op tussen boven- en benedenstrooms bij de Boerenlaanstuw.

Afbeelding 3.35 Waterstanden op het traject Grote Masloot-Peizerschipsloot



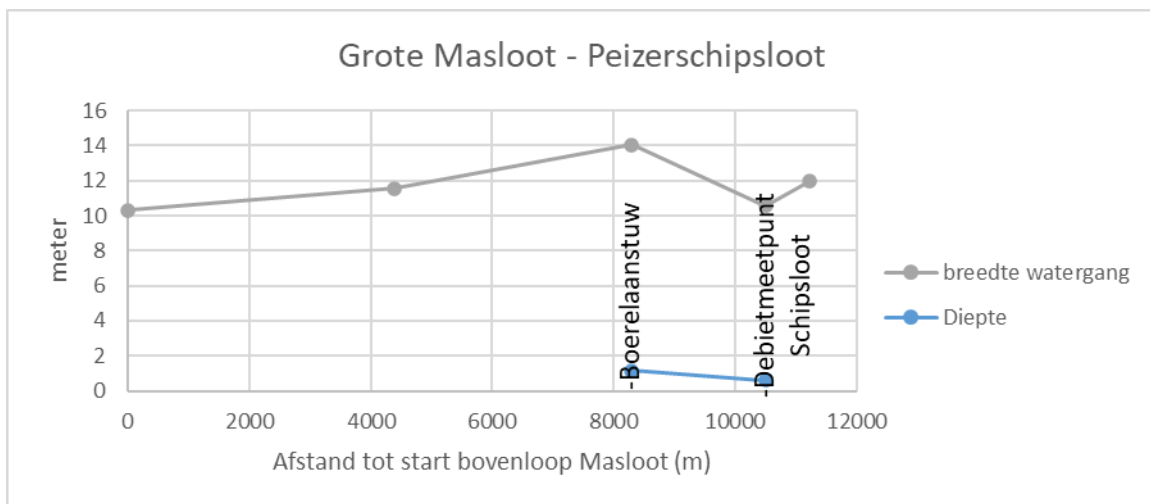
Afbeelding 3.36 Waterstanden op het traject Grote Masloot-Peizerschipsloot



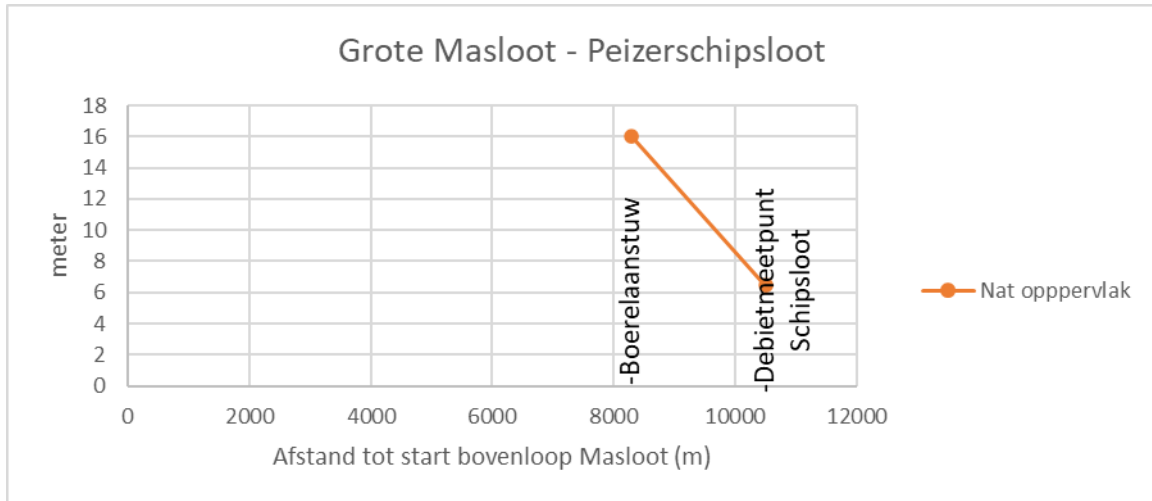
Stroming - dwarsprofiel

De breedte en diepte van de watergang van traject Grote Masloot en Peizerschipsloot zijn weergegeven in afbeelding 3.37 en het nat oppervlak in afbeelding 3.38. Het traject is in zijn geheel vrij breed en varieert weinig qua breedte. Wegens beperkte peilgegevens is er beperkte informatie over diepte en het nat oppervlak.

Afbeelding 3.37 Breedte en diepte van de watergang in traject Grote Masloot-Peizerschipsloot



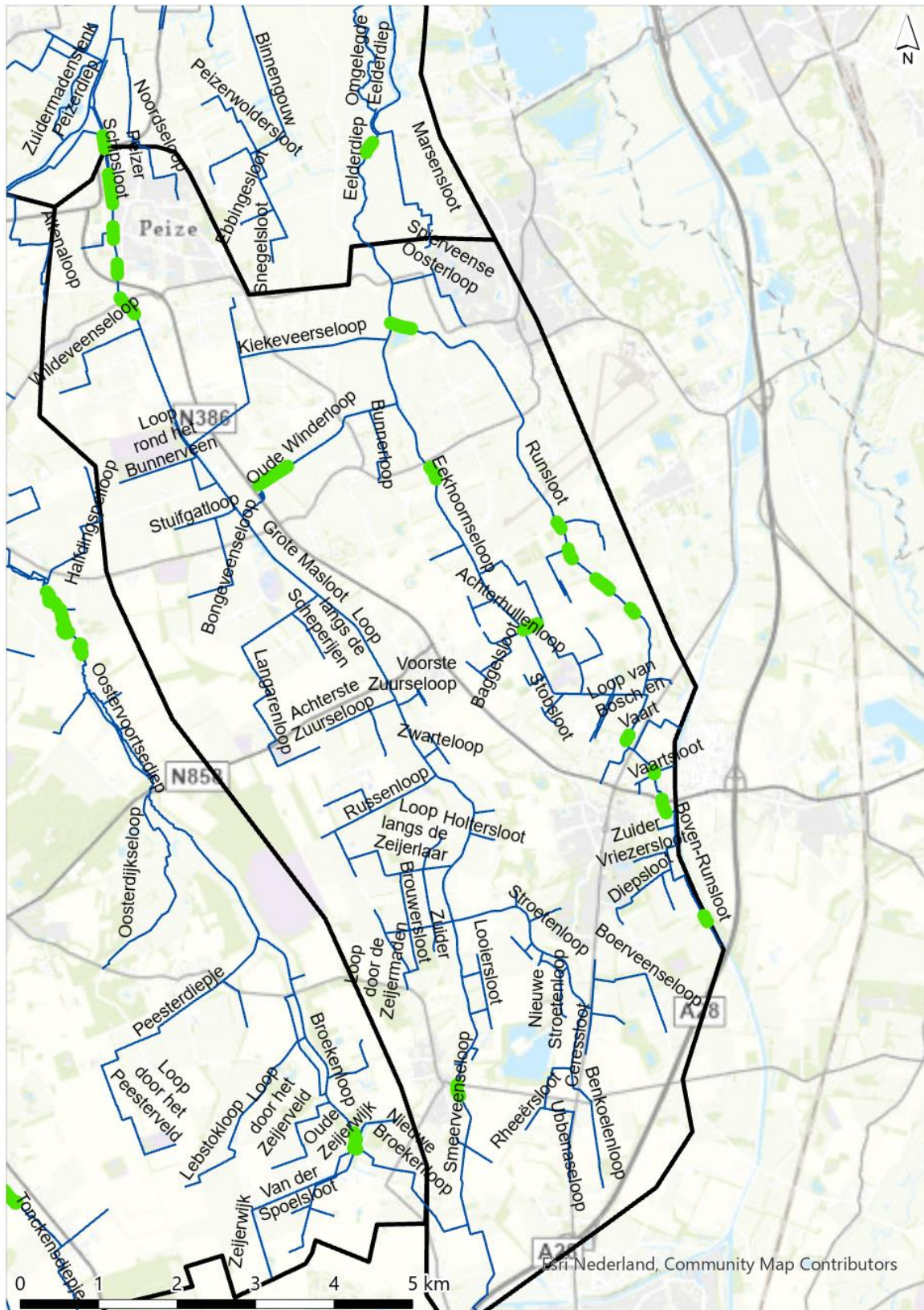
Afbeelding 3.38 Nat profiel in traject Grote Masloot-Peizerschipsloot



Licht-beschaduwing

In afbeelding 3.39 is beschaduwing weergegeven in de Grote Masloot en de Peizerschipsloot. De Grote Masloot is nauwelijks beschaduwd. De Peizerschipsloot een stuk meer, met name in het bebouwd gebied (Peize).

Afbeelding 3.39 Beschadiging in de Grote Masloot en Peizerschipsloot (weergegeven in groen)



Samenvatting traject Grote Masloot-Peizerschipsloot

Dit traject is breed gedimensioneerd en benedenstrooms is het verhang vrij klein. Bovenstrooms zijn geen metingen van afvoer, maar gebaseerd op de dimensionering kan verwacht worden dat stroomsnelheden over het algemeen laag zijn. Het traject is weinig beschadwd. In bebouwd gebied (het dorp Peize) is wel meer sprake van beschaduwing.

3.3.6 Runsloot

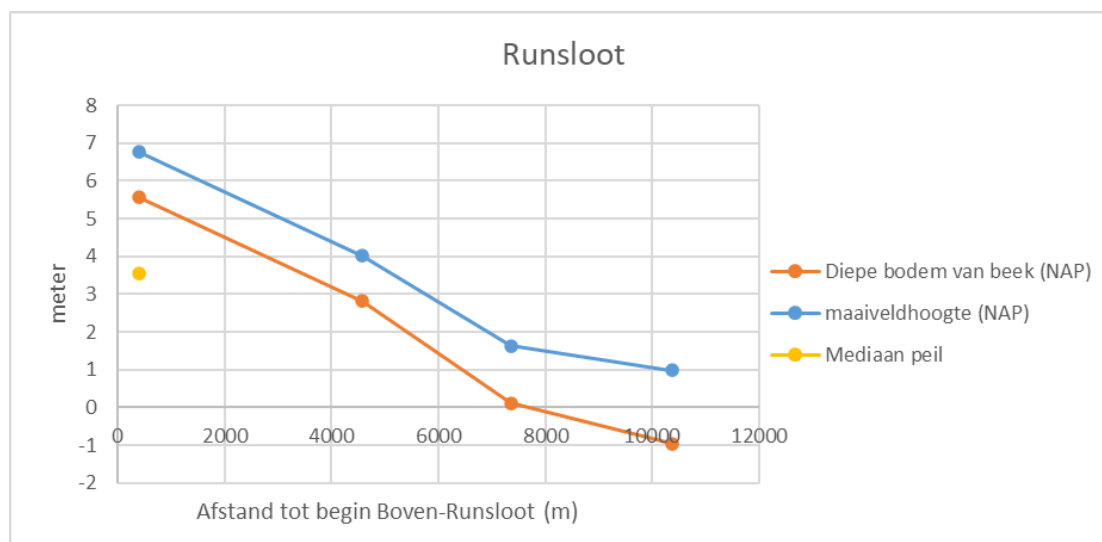
Stroming-afvoer

In de Runsloot zijn geen metingen van afvoer beschikbaar.

Stroming-verhang en stuwen

Het verhang in de Runsloot is wat lager dan in de Eekhoornsche Loop. Bovenstrooms zit wat meer verhang dan benedenstrooms (afbeelding 3.40 en tabel 3.6). Hier kunnen dus in potentie wat hogere stroomsnelheden verwacht worden en dus meer kansen voor stromingsminnende soorten. Het maaiveld loopt redelijk gelijk met het bodemverhang. Er zijn niet veel waterstandsmetingen in de Runsloot. In afbeelding 3.41 is de waterstand bij de Elsbroekenstuw weergegeven.

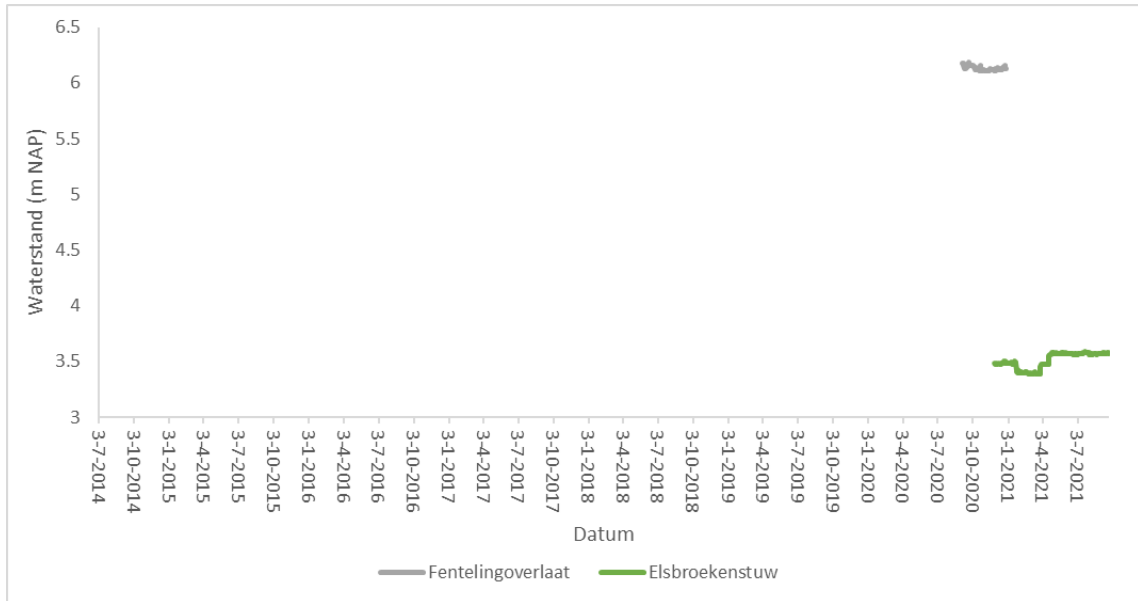
Afbeelding 3.40 Maaiveldhoogte, bodemhoogte (diepste punt) en waterpeil (mediaan) in het traject Runsloot



Tabel 3.6 Maaiveldverhang en waterboderverhang in het traject Runsloot

Traject	Maaiveldverhang (m/km)	Waterboderverhang (m/km)
Runsloot	0,58	0,65

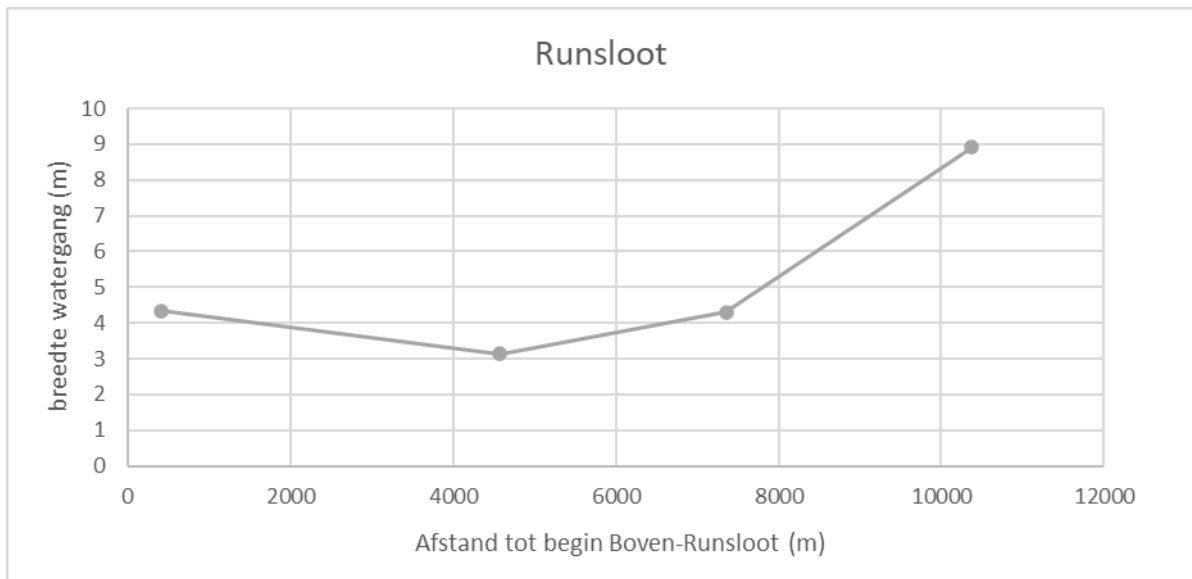
Afbeelding 3.41 Gemeten waterstand in de Runsloot (Elsbroekenstuw) en bij de Fentelingoverlaat bovenstrooms



Stroming-dwarsprofiel

Van het dwarsprofiel zijn beperkt gegevens omdat er maar op één punt peilgegevens beschikbaar zijn. De breedte van de watergang is weergegeven in afbeelding 3.42. De breedte neemt in het eerste deel iets af en daarna toe tot uiteindelijk zo'n 9 m.

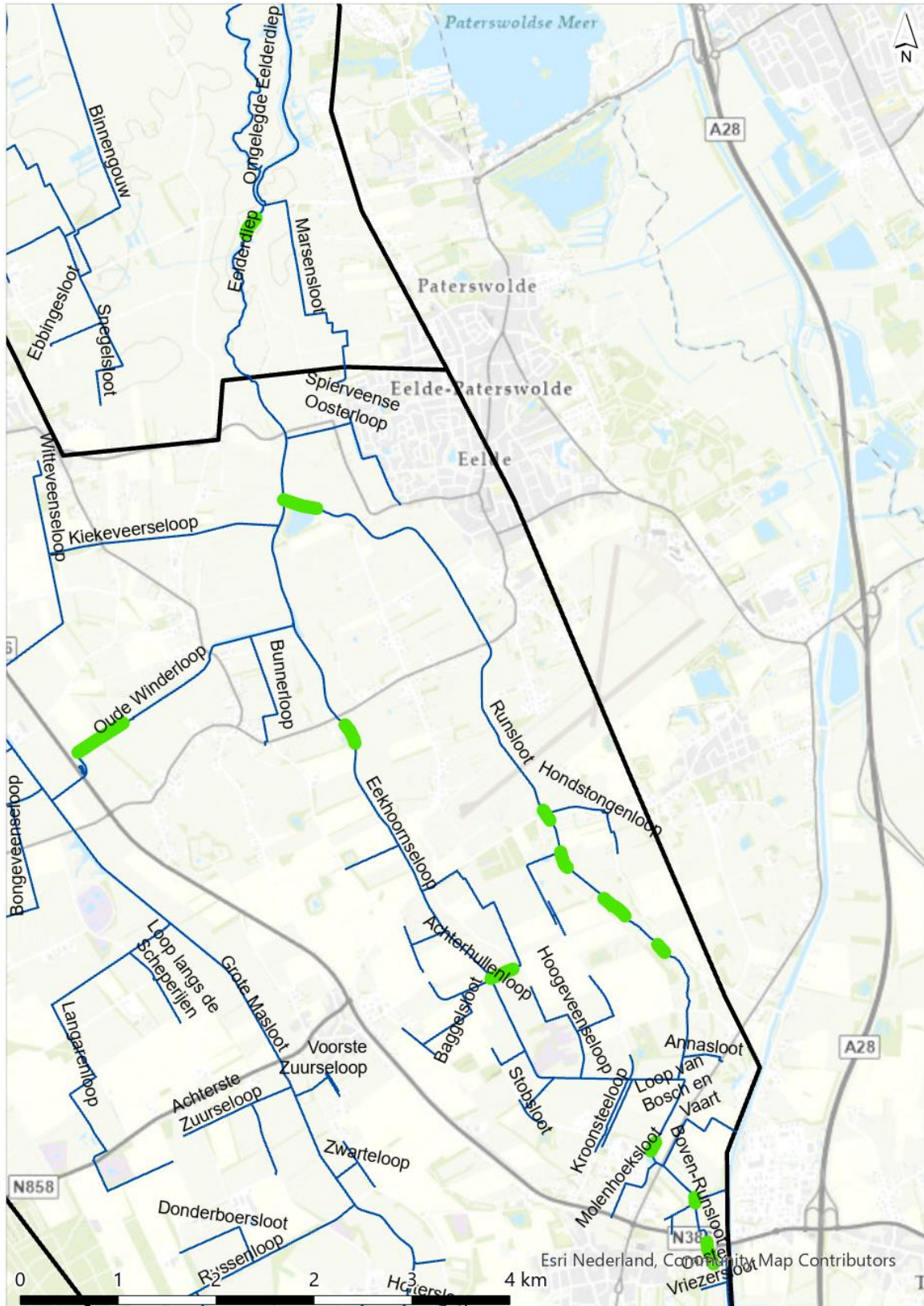
Afbeelding 3.42 Breedte van de Runsloot



Licht-beschaduwing

In afbeelding 3.43 is beschaduwing weergegeven rond de Runsloot. In het bovenstroomse deel zijn een aantal stukken beschaduwd. Beschaduwing is hoger dan in de andere bovenlopen van het Eelderdiestelsysteem.

Afbeelding 3.43 Beschaduwing bij de Runslot (weergegeven in groen)



Samenvatting Runsloot

Van de Runsloot zijn relatief weinig gegevens beschikbaar. Bovenstrooms lijken de meeste kansen voor stromingsminnende soorten te liggen. Het verhang is hier het grootst, de beek is relatief smal en delen zijn beschaduwd.

3.4 Conclusies en aanbevelingen

Algemene conclusie ESF's

Twee belangrijke basisvoorwaarden voor de ecologie van een beekstelsysteem zijn stroming (afvoer en verhang en beekprofiel) en beschaduwing van de beeklopen. Relevante ESF's bij deze basisvoorwaarden zijn: afvoerdynamiek, grondwater, natte doorsnede, stagnatie (stroming) en bufferzone (beschaduwing).

Over het algemeen lijken voorwaarden voor stromingsminnende soorten niet op orde in het Peizer- en Eelderdiepsysteem. Voor stromingsminnende soorten is het belangrijk dat er variatie is in stroomsnelheid over de lengte en breedte van de beek en dat er jaarrond voldoende stroming aanwezig is (met delen van het beekprofiel met een stroomsnelheid van zo'n 0,2 m/s). De aanvoer van grondwater (kwel) is onvoldoende om voldoende stroming in de beek te verkrijgen. Hierdoor is er sprake van een te grote afvoerdynamiek met lage afvoeren in de zomer, met plaatselijk stilstaand water (stagnatie) en soms hoge piekafvoeren in de winter. In het Peizerdiepsysteem lijkt deze piekafvoer afkomstig te zijn vanuit de Zesde Wijk, in het Eelderdiepsysteem vanuit de Eekhoornsche Loop/Runsloot.

Naast de afvoer (debiet) is het verhang en de natte doorsnede van de beek bepalend voor de stroomsnelheid. Het verhang is over het algemeen hoger in de boven- dan in de benedenlopen. Bij veel stuwen bovenstrooms wordt een vrij strak peil gehanteerd. De waterlopen worden van boven- naar benedenstrooms steeds breder, wat logisch is omdat het debiet in de beek toeneemt in benedenstroomse richting.

Daarnaast is het belangrijk dat er niet te veel lichtinval in de beek is. Zeker bij wat lagere stroomsnelheden is het risico anders groot dat de beek vol groeit met waterplanten. Dit is geen gewenste situatie voor stromingsminnende soorten. Het is dus belangrijk dat er (met name op de zuidoever) bomen staan. Bomen zorgen bovendien voor substraat, zoals hout en blad, wat belangrijk is voor bepaalde stromingsminnende fauna die daarvan afhankelijk is. Over het algemeen zijn de beeklopen weinig beschaduwd door bomen op de (zuidelijke/westelijke) oever. Met name in de bovenlopen is er een combinatie van weinig stroming en weinig beschaduwing. Hierdoor kan er een sliblaag ontstaan door bladval. Door het gebrek aan stroming kan dit niet wegspoelen. Dit vertaalt zich in lokaal hoge bedekkingen van waterplanten. Het gaat dan om vrij algemene soorten, niet om typische beeksoorten.

Verschillen tussen waterlopen

Er zijn wel verschillen tussen de waterlopen. In het Peizerdiepsysteem valt het verschil op tussen de Slokkert en de Broekenloop, waarbij de Broekenloop ongeveer twee keer zoveel verhang heeft als de andere bovenlopen van het Peizerdiepsysteem en veel minder afhankelijk is van inlaat doordat er meer kwel is. Op basis hiervan lijkt de Broekenloop in potentie de beste kansen te bieden voor stromingsminnende soorten in het Peizerdiepsysteem. Stroomsnelheden zijn er momenteel echter vermoedelijk nog laag in de zomer. Daarnaast zijn er enkele stuwen die opvallen door het grote peilverschil: Eenerstuw (in het Groote Diep), stuw De Koppeling (tussen de Grote Masloot en het Eelderdiep) en de Boerenlaanstuw (in de Peizerschipsloot). Dit zijn locaties met de potentie om een relatief groot verhang te realiseren.

De Grote Masloot is in zijn geheel relatief breed, waardoor de stroomsnelheid lager is dan bij de andere waterlopen.

Beschaduwing is het meest aanwezig in delen van de Slokkert, het benedenstroomse deel van het Lieversediepje, delen van de Runsloot en in de dorpen Roden (Steenbergerloop) en Peize (Peizerschipsloot).

Aanbevelingen

De analyse is uitgevoerd met een beperkt aantal profielmetingen, omdat de opwerking hiervan veel tijd kostte. Ook is er beperkt inzicht in de stromingscondities bovenstrooms en in de Steenbergerloop, hier wordt vaak nauwelijks debiet gemeten. Aanbevolen wordt om debietmetingen uit te voeren (in de zomer) en een gedetailleerde analyse van de stroomsnelheid (op basis van profielmetingen) uit te voeren om het functioneren van de waterlopen en de verschillen tussen waterlopen in het gebied beter in beeld te krijgen.

4

SCENARIOSTUDIE MET HET GRONDWATERMODEL

4.1 Introductie

In het specialistenoverleg dat op vrijdag 15 september 2023 is gevoerd met de geohydrologische specialisten die betrokken zijn via de werkgroep van waterschap Noorderzijlvest is gesproken over mogelijke scenario's die met het grondwatermodel kunnen worden doorgerekend. Een belangrijke vraag die speelt is wat de invloed van het huidige oppervlaktewatersysteem is op het grondwatersysteem. Om dat te onderzoeken is daarom een scenario met het grondwatermodel doorgerekend waarin alle watergangen uit de studiegebieden zijn verwijderd. Het doel is dus om de impact van het oppervlaktewatersysteem op het grondwatersysteem te onderzoeken. Door dit scenario door te rekenen wordt hier inzicht in verkregen. Ook is dit een eerste indicatie van de hoeveelheid water die van nature in het Kop van Drenthe systeem beschikbaar zou kunnen zijn.

4.2 Methode: Grondwatermodel Eelder-en Peizerdiep

In het kader van de integrale systeemanalyse is een grondwatermodel opgesteld. Als basis is het MIPWA versie 4.2.1 model gebruikt. Met behulp van de lagetool is hier een uitsnede van gemaakt. Afbeelding 4.1 toont het modelgebied. Het modelgebied is op 50x50 m resolutie voor de periode 2008 - 2020 doorgerekend. Rondom het modelgebied is een buffergebied, waarin de resolutie oploopt naar 200x200 m celgrootte.

In het model zijn een aantal verbeteringen toegepast, en vervolgens is een kalibratieproces doorlopen. Dit is nader beschreven in het 'Modelrapport Eelder- en Peizerdiep' (WitteveenBos, 2024)). Belangrijkste conclusies uit het kalibratieproces zijn:

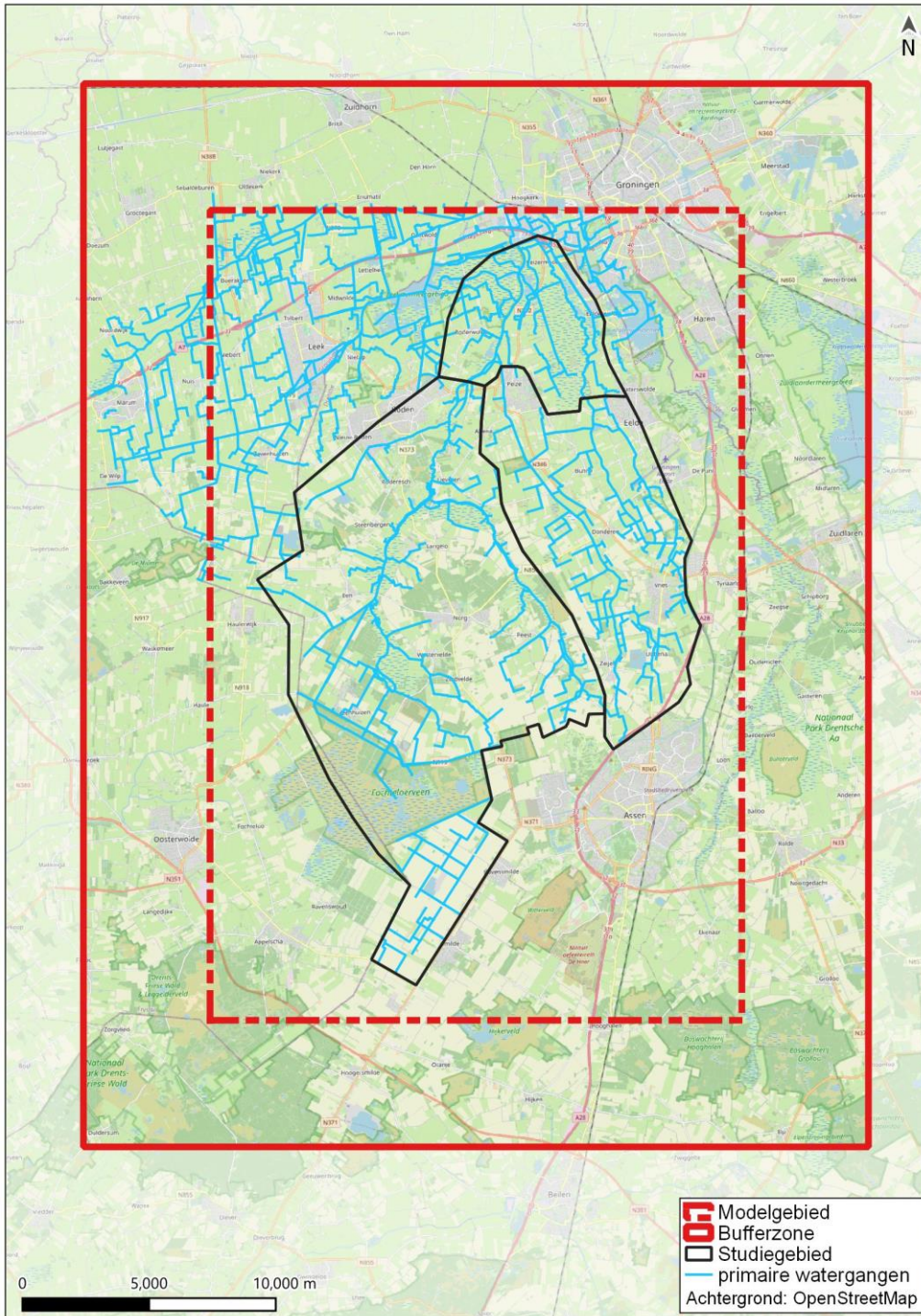
- ondanks dat de gemiddelde afwijkingen in het model als gevolg van de verbeteringen en de aanpassingen uit de kalibraties zijn afgenomen berekend het model de grondwaterstanden gemiddeld genomen de grondwaterstanden en stijghoogtes te laag. Gemiddeld circa 2 decimeter (mean error). De absolute fout is gemiddeld circa 3 decimeter (RMSE);
- de door het grondwatermodel berekende afvoeren zijn vergeleken met gemeten afvoeren. Hieruit volgt dat het model gemiddeld te lage afvoeren berekend. De metingen laten een iets hogere baseflow zien, en hogere pieken;
- een heel sturende invoerparameter is de verticale weerstand van de Peeloklei (potklei) en Peelozanden. De waarde die hieraan wordt toegekend is heel bepalend voor, met name, de stijghoogtes in het 1^e watervoerende pakket. Uit recente radaronderzoeken is gebleken dat er lokaal grote afwijkingen kunnen zitten in deze weerstanden ten opzichte van wat er in de bestaande ondergrondmodellen (REGISII v2.2.) zit;
- het verdient aanbeveling het grondwatermodel verder te verbeteren voordat er uitgebreide scenariostudies mee uitgevoerd kunnen worden;

- daarbij opgemerkt dat het model een hulpmiddel is om het systeem te begrijpen, en als zodanig is toegepast op regionale schaal. Het dient dan ook niet gebruikt te worden om absolute grondwaterstanden op kleinere schaal, bijvoorbeeld perceelsniveau af te leiden. Daarvoor is het model te grof, en het gebied te complex. Zo is er sprake van een relatief groot verhang. In het 1^e watervoerende pakket loopt de stijghoogte af van NAP +13 m aan de zuidkant van het modelgebied tot NAP -1 m aan de noordkant. Als vuistregel wordt aangehouden dat de gemiddelde afwijking binnen 10 % van het verschil in stijghoogte binnen het modelgebied moet blijven. Daar wordt wel aan voldaan (RMSE van het 1^e watervoerende pakket is 0,29 m, dit is minder dan 1,4 m (10% van 14 m)).

Ondanks dat het model de grondwaterstanden en stijghoogtes in het 1^e watervoerende pakket niet overal goed simuleert, dat het verschil tussen de gemeten en berekende grondwaterstanden daarvan nog relatief groot is, helpt het model om inzicht te verkrijgen in de werking van het grondwatersysteem en sturende processen daarin. Ook als een grondwatermodel de absolute grondwaterstanden niet goed kan simuleren, kan deze wel inzichten geven in effecten van ingrepen. Daar is het model dan ook voor toegepast. Waar het model dus wel voor gebruikt is onder andere:

- op regionaal niveau (stroomgebieden van het Peizerdiep systeem en het Eelderdiep systeem) bepalen hoe de regionale grondwaterstroming in het 2^e watervoerende pakket is;
- op regionaal niveau bepalen hoe de stromingsrichting van het 1^e watervoerende pakket is;
- de invloed van de waterlopen op dit regionale stromingspatroon bepalen;
- aangeven waar diepere kwel vanuit het 2^e watervoerende pakket naar de deklaag voorkomt (op het niveau van gebieden/zones).

Afbeelding 4.1 Modelgebied grondwatermodel Eelder-en Peizerdiep



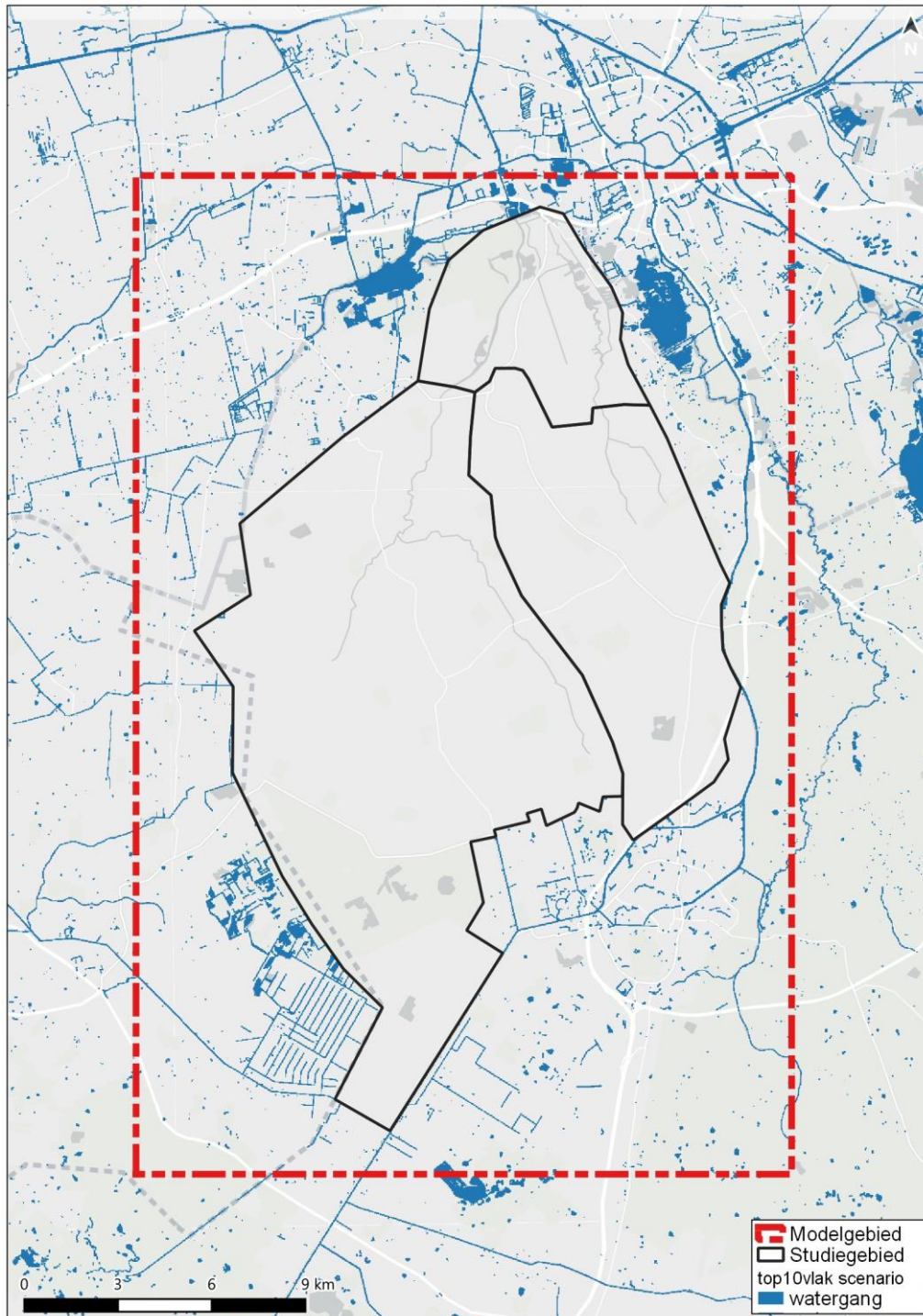
4.3 Het scenario: geen ontwateringsmiddelen binnen stroomgebieden

Het scenario waarvan de effecten in beeld zijn gebracht bestaat uit het verwijderen van alle ontwateringsmiddelen binnen het studiegebied, zoals dat in afbeelding 4.1 is weergegeven. In het MIPWA model is dit scenario uitgevoerd door het verwijderen van de Eelder-en Peizerdiep watergangen in de volgende inputbestanden: de top10 vlak en de legger van waterschap Noorderzijlvest. De top10 lijn bestanden is te groot om de watergangen uit te verwijderen. Daarom is de bodemweerstand van deze watergangen verhoogt naar 100.000 dagen, waarmee deze feitelijk ook gedempt zijn.

Afbeelding 4.2 illustreert wat de nieuwe input in het model is: er zijn geen ontwateringsmiddelen meer binnen het studiegebied.

Het model is vervolgens instationair doorgerekend voor dezelfde modelperiode, van 2008 - 2020. Door de resultaten van het scenario te vergelijken met het referentiemodel, is de invloed van het scenario op de grondwaterstanden en stijghoogte bepaald.

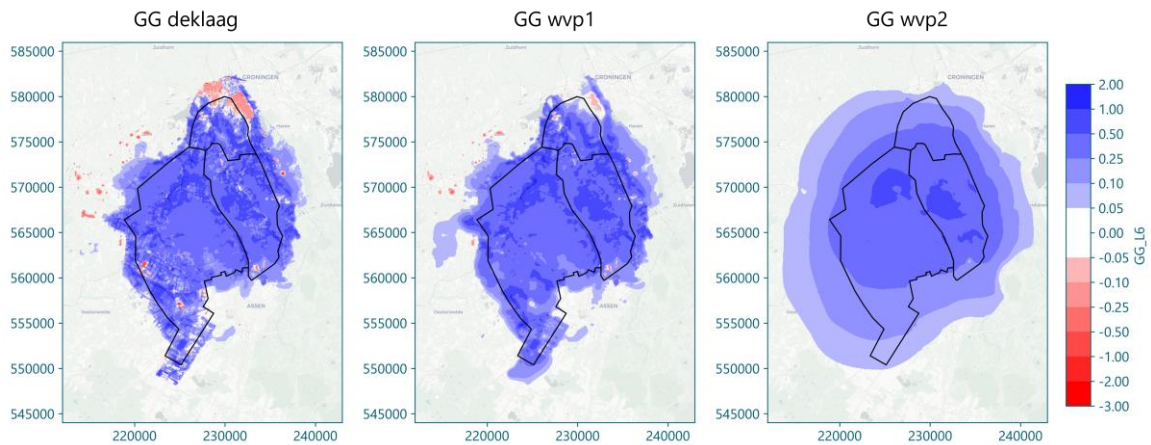
Afbeelding 4.2 Top10vlak bestand in MIPWA voor het scenario



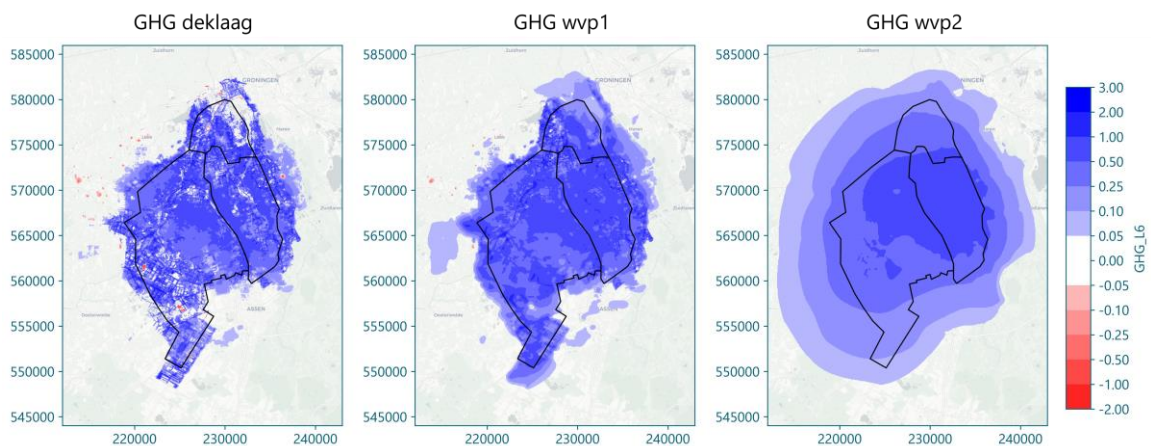
4.4 Resultaten scenarioberekening

Het verschil tussen het scenario en de referentie voor de gemiddelde grondwaterstanden/stijghoogtes (GG/GS), de gemiddeld hoogste grondwaterstanden/stijghoogtes (GHG/GHS) en de gemiddeld laagste grondwaterstanden/stijghoogtes (GLG/GLS) zijn gegeven in afbeelding 4.3, afbeelding 4.4 en afbeelding 4.5. Positieve waarden geven aan dat het gebied natter is zonder watergangen en een negatieve waarde geeft aan dat het gebied droger is in zonder watergangen.

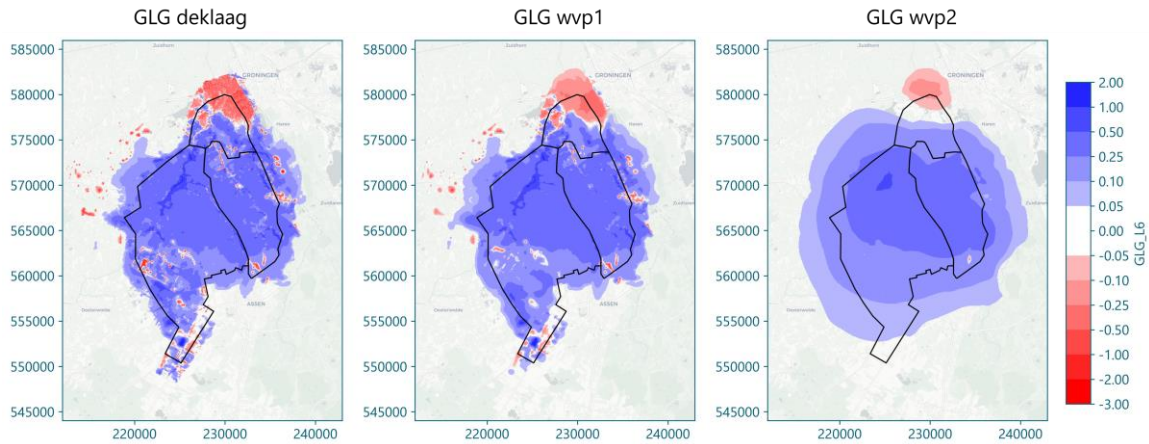
Afbeelding 4.3 Verschil kaarten voor het scenario minus de referentie-GG situatie



Afbeelding 4.4 Verschil kaarten voor het scenario minus de referentie-GHG situatie



Afbeelding 4.5 Verskil kaarten voor het scenario minus de referentie GLG-situatie



Het valt duidelijk op dat de grondwaterstand en stijghoogtes heel sterk omhoog komen als gevolg van de ingreep. In de deklaag en in het 1^e watervoerende pakket zien de effecten er heel vergelijkbaar uit. Dit is conform verwachting omdat veel watergangen insnijden in het 1^e watervoerende pakket. Uit de berekende isohypsen van het 1^e watervoerende pakket is bekend dat deze heel sterk beïnvloed zijn door de waterlopen in het gebied. De berekende stijging laat zien dat er lokaal tot wel een meter hogere stijghoogtes te verwachten zijn. In de GLG situatie, als de stijghoogte laag is, springt het effect ter hoogte van het Liefersediepje/Groote diep er uit. In de berekende stijging van de grondwaterstand in de deklaag en in het eerste watervoerende pakket is deze loop duidelijk terug te zien. Ook in het 2^e watervoerende pakket is deze lokaal nog terug te zien. Dit geeft aan dat op deze locatie deze waterlopen een sterk drainerend effect hebben, tot in het 2^e watervoerende pakket. Als de grondwaterstanden en stijghoogtes uitzakken in de zomer blijft deze loop toch nog grondwater (kwelwater) afvoeren.

Ook in het 2^e watervoerende pakket is het effect groot. Hierin worden stijgingen tot meer dan een halve meter berekend. De locaties waar deze stijgingen het grootst zijn, vooral goed te zien in de gemiddelde situatie (GS) geven aan op welke locaties de waterlopen het meeste invloed hebben op de stijghoogtedruk in het 2^e watervoerende pakket. Deze locaties komen ook overeen met de plekken waar de meeste kwel berekend is vanuit het diepere grondwater: op deze locaties is de verticale weerstand tussen de deklaag (freatische grondwaterstand) en de stijghoogtedruk in het 2^e watervoerende pakket minder groot, waardoor een ingreep in het topsysteem 'eenvoudiger' naar de diepere watervoerende lagen doorwerkt. Andersom geldt ook dat de stijghoogtedruk in deze gebieden ook minder verticale weerstand ondervindt en dus eerder opwaarts kan stromen als hier (door aanwezigheid van waterlopen) een lagere freatische grondwaterstand is. Binnen het stroomgebied van het Peizerdiep gaat het om de locatie waar het Oostervoortsediep samenkomt met het Groote Diep, en vervolgens verder gaat als Liefersediepje, het gebied ten noorden van Langelo. In het stroomgebied van het Eelderdiep gaat het om het gebied bij de Grote Masloot, ter hoogte van de Langarenloop, en het gebied bij de Stroetenloop.

Naast de effecten binnen de gebiedsgrenzen zijn er ook effecten te zien buiten de gebiedsgrenzen, met name in de effecten van het 2^e watervoerende pakket. Te zien is dat de effecten vooral uitbreiden in westelijke richting. Dit wordt waarschijnlijk verklaard doordat de stromingsrichting binnen het 2^e watervoerende pakket in het zuidelijk deel van het Peizerdiep systeem westelijk gericht is. Door de verhoging van de stijghoogtes als gevolg van het verwijderen van de waterlopen, werkt dit door richting het westen. Vanuit de isohypsenkaarten is het bekend dat vanuit het Eelderdiepsysteem de stromingsrichting binnen het 2^e watervoerende pakket vooral noordoostelijk gericht is, in de richting van de Drentsche Aa. Toch is aan de oostzijde niet eenzelfde 'uitdijning' van de effecten te zien, zoals dat aan de westzijde wel te zien is. Dit wordt waarschijnlijk verklaard doordat aan de oostzijde de Drentsche Aa dominant is voor de stijghoogtedruk in het 2^e watervoerende pakket. Dit is ook goed te zien in de isohypsen van het 2^e watervoerende pakket (opgenomen in het hoofdrapport van de ISA). Deze loop 'kapt' de effecten af. Wat aan de westzijde, waar niet direct een andere beek stroomt niet het geval is.

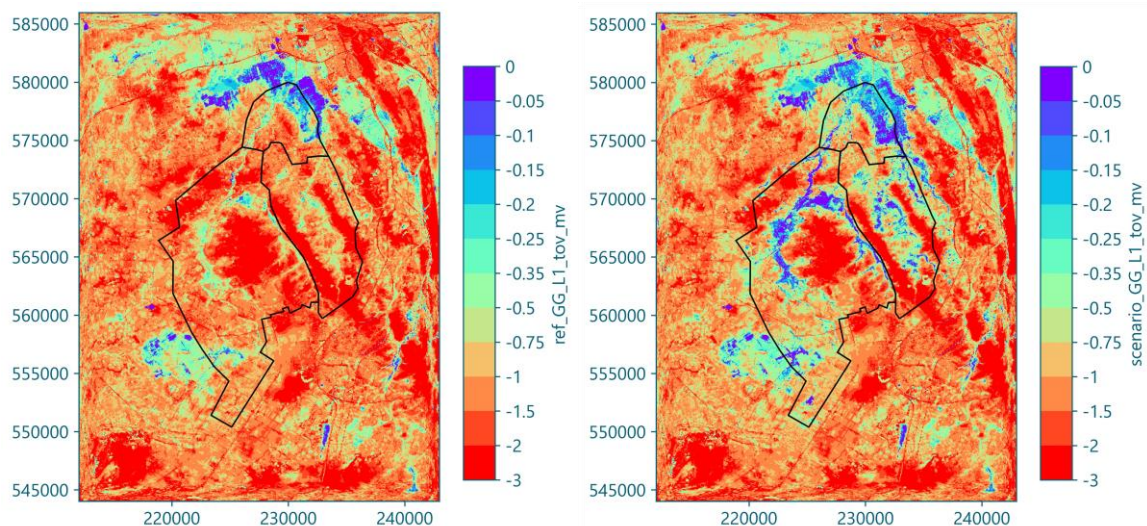
De effecten op de stijghoogtedruk zijn ook in zuidelijke richting berekend, dus 'stroomopwaarts' van de ingreep. Dit geeft aan dat de waterlopen binnen het studiegebied ook in (een deel van) het intrekgebied een stijghoogtedruk-verlagend effect hebben.

In de winter heeft het dempen van alle watergangen een groter effect dan in de gemiddelde situatie. Dit is weergegeven in afbeelding 4.4.

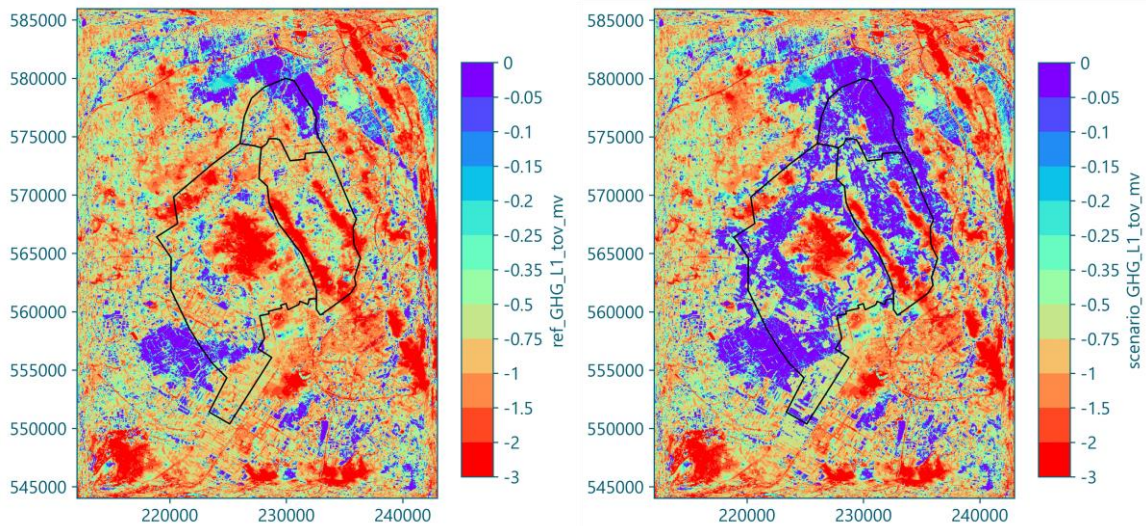
In de zomer, in de GLS situatie, is ook een ander effect te zien. Het grootste gedeelte van de watergangen in het gebied heeft enkel een drainerende werking. Het dempen van deze watergangen geeft dan ook een vernatting van het gebied. Maar in de zomer zijn er naast de vernatting ook een aantal locaties waarop de stijghoogte daalt. Deze gebieden zijn vooral aanwezig in het noorden en zuiden van het studiegebied. Deze gebieden komen overeen met de plekken waar infiltrerende, voedende watergangen aanwezig zijn. Door het dempen van deze watergangen infiltreert er hier geen water meer vanuit de watergangen richting het grondwater, hierdoor zien we een daling in de grondwaterstand op deze locaties. Wat verder is opgemerkt is dat het bekend is dat er in de zomer meerdere waterlopen zijn die in de huidige situatie een voedende/infiltrerende werking hebben, maar die op deze kaart niet naar voren komen. Bijvoorbeeld in Bankenbosch en de Broekenloop. Gedurende periodes met lage grondwaterstanden voeden deze waterlopen het grondwater. Bij verwijdering ervan, zoals doorgerekend in het scenario zou dan een verlagend effect van het grondwater verwacht worden. Het effect van het stijgen van de grondwaterstand en stijghoogte als gevolg van het verwijderen van alle watergangen is echter groter, waardoor het verlagende effect (als gevolg van geen voeding meer) weg valt.

Om het verschil in grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld te bekijken, zijn voor de verschillende situaties de freatische grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld weergegeven in afbeelding 4.6 tot en met afbeelding 4.8. Hierbij de kanttekening dat deze zijn geproduceerd met het grondwatermodel waarvan bekend is dat deze de absolute grondwaterstanden te droog berekend. Deze afbeeldingen zijn alleen weergegeven om op hoofdlijnen de toename van 'natte' gebieden te zien (blauwe/groene kleuren) als gevolg van de ingreep in het scenario.

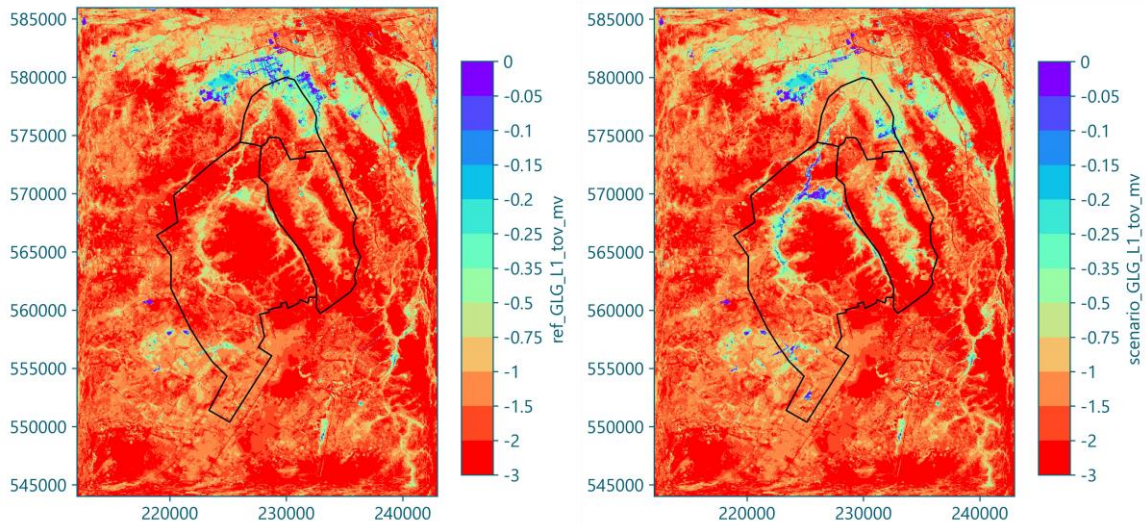
Afbeelding 4.6 GG ten opzichte van het maaiveld. Links de referentie en rechts het scenario



Afbeelding 4.7 GHG ten opzichte van het maaiveld. Links de referentie en rechts het scenario



Afbeelding 4.8 GLG ten opzichte van het maaiveld. Links de referentie en rechts het scenario



Uit deze afbeeldingen is te zien dat het in de wintersituatie zeer nat wordt, grote delen van het gebied kennen dan een grondwaterstand die tot aan maaiveld staat (met het model wordt gerekend met een 'overlandflow module', waarmee water dat meer dan 5 cm boven maaiveld staat wordt afgevoerd). Wat opvalt aan de zomersituatie is dat ondanks de behoorlijke stijging van de grondwaterstand en stijghoogte, deze in grote delen van het gebied nog altijd diep uitzakt. Ook als rekening wordt gehouden met de te laag berekende grondwaterstanden (gemiddelde afwijking circa 2 decimeter) is te zien dat grote delen van het gebied een grondwaterstand dieper dan 1 m onder maaiveld hebben (oranje/rode kleuren). Alleen in de laagste delen van het beekdal blijft de grondwaterstand in deze situatie dan ook aan maaiveld, te zien als de donkerblauwe/paarse delen op de kaart. Dit zijn de locaties waar vanuit de kwelberekening ook de sterkste kwelflux vanuit het tweede watervoerende pakket zijn berekend. Dit is in volgende kaarten weergegeven.

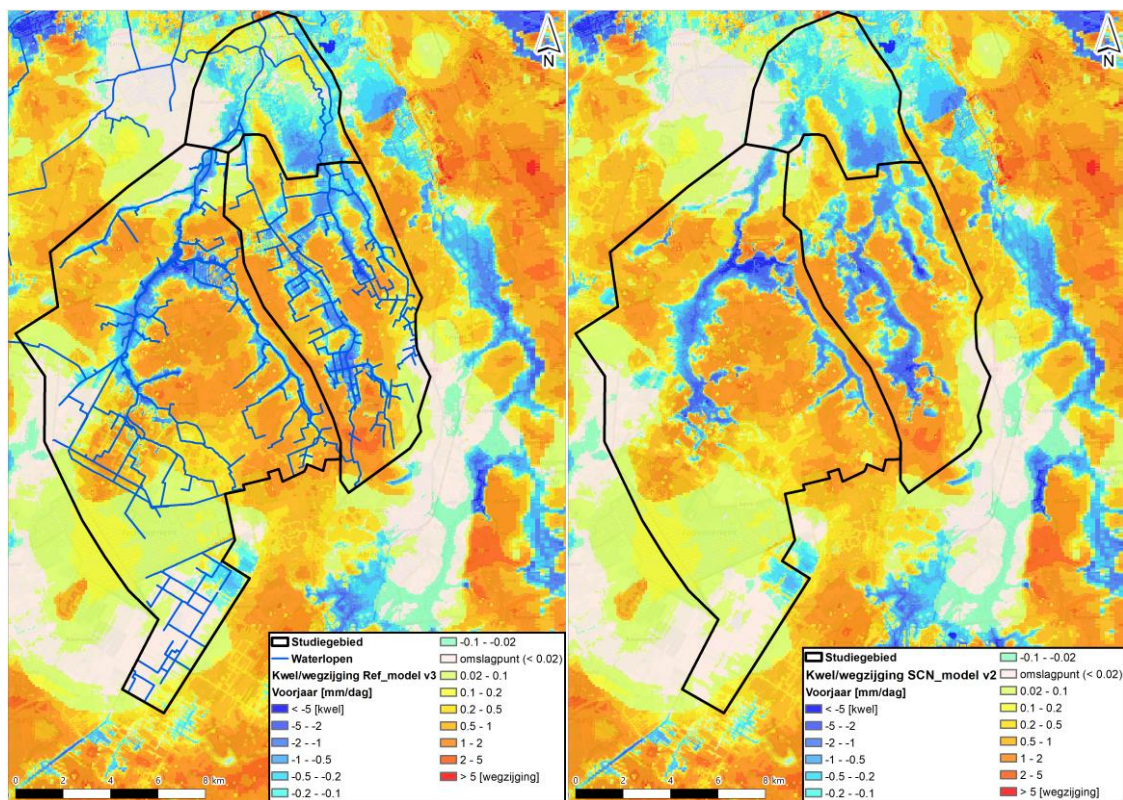
In afbeelding 4.9 is de opwaartse en neerwaartse grondwaterstroming weergegeven. Deze is bepaald door het drukverschil tussen de stijghoogte in het 2^e watervoerende pakket en de freatische grondwaterstand te bepalen. Door dit drukverschil te delen door de verticale weerstand tussen beide lagen, is deze flux uit te drukken in mm/dag. Het gaat dus om kwel en wegzijgingsflux tussen de freatische grondwaterstand en het diepere watervoerende pakket. Dit is gedaan voor de referentiesituatie, en het scenario.

Wat opvalt aan de beide kaarten is dat het verschil tussen beide situaties relatief klein is. In het scenario is de zone waarin een opwaartse stroming wordt berekend iets groter, maar is vooral de intensiteit sterker: de kleur blauw is lokaal donkerder wat duidt op een sterkere opwaartse stroming.

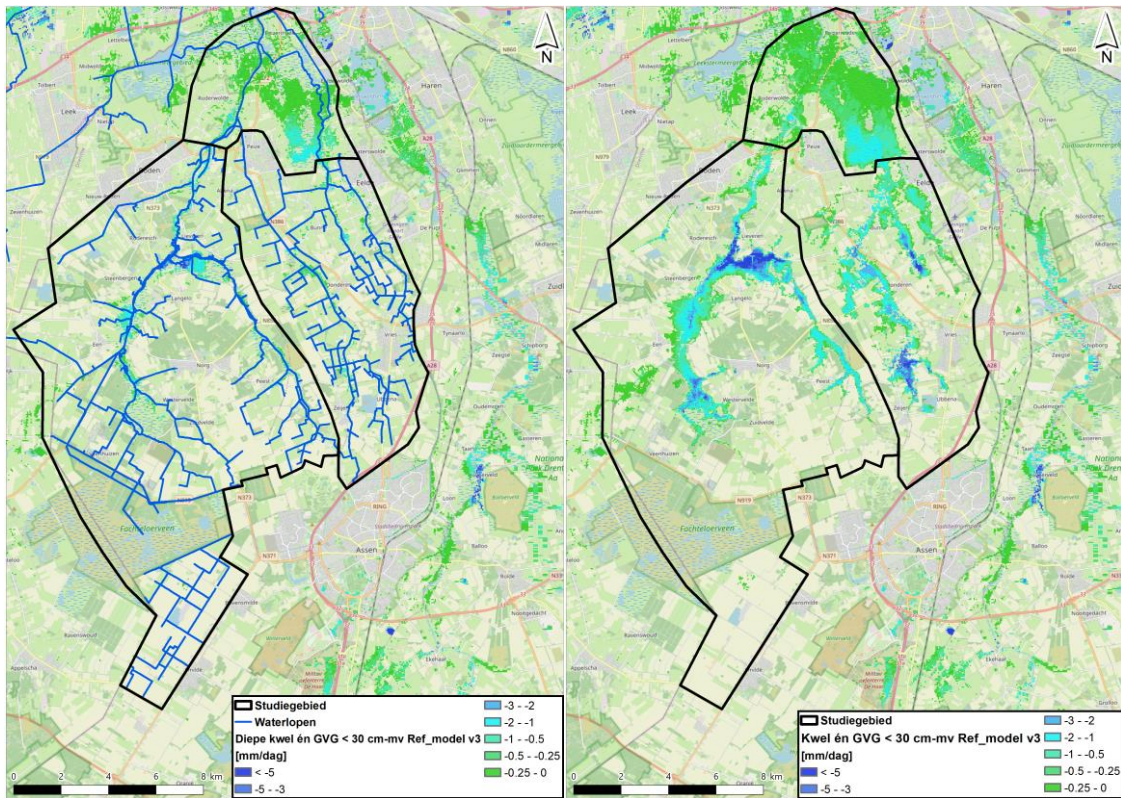
Om hier beter naar te kijken is ook de freatische grondwaterstand bekeken. Als er een kwelflux wordt berekend, hoeft dit namelijk niet te betekenen dat deze ook ten goede kan komen aan gewassen. Het kan namelijk zo zijn dat de grondwaterstand, ondanks de aanwezigheid van opwaartse stroming, daarvoor te diep onder maaiveld zit, buiten bereik van de wortelzone. Op een locatie kan bijvoorbeeld een kwelflux berekend worden, een opwaartse grondwaterstromingsrichting, maar desondanks als gevolg van bijvoorbeeld diepe ontwatering of een hoger maaiveld, kan op die plek de grondwaterstand op 0,5 m onder maaiveld liggen. De kwelflux komt dan niet ten goede aan ondiepe wortelende gewassen.

Om te bepalen op welke plekken dit (in grote lijnen) wel zo is, en hoe dit verandert als gevolg van dit scenario, is gekeken naar de kwelkaart gecombineerd met de freatische grondwaterstand in het voorjaar (de GVG-situatie). Dit is in afbeelding 4.10 weergegeven voor de referentiesituatie en het scenario. Hierbij de kanttekening dat het grondwatermodel gemiddeld te lage grondwaterstanden berekent, waardoor de weergegeven kaarten waarschijnlijk een onderschatting geven. De kaarten zijn toch weergegeven, om de twee situaties met elkaar te kunnen vergelijken. Ze moeten dus ook zodanig bekeken worden, in vergelijking met elkaar, en niet om op specifieke locaties vast te stellen of er ondiepe grondwaterstanden en kwel te verwachten zijn.

Afbeelding 4.9 Berekende kwel- en wegzijgingsflux tussen het 2^e watervoerende pakket en de freatische grondwaterstand, in de referentiesituatie (links) en in het scenario (rechts)



Afbeelding 4.10 Berekende kwel alleen weergegeven voor locaties waar de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) ondieper is dan 30 cm onder maaiveld. Links in de referentiesituatie, rechts in het scenario



Wanneer naar deze kaarten wordt gekeken is te zien dat het effect van de ingreep groter is dan op basis van wat alleen uit de kwelkaart blijkt. Doordat de grondwaterstand in het voorjaar veel ondieper onder maaiveld komt, is een veel groter areaal in het gebied aanwezig waar de diepe kwel in potentie ten goede kan komen aan ondiep wortelende gewassen. Deze exercitie is uitgevoerd met als waarde 30 cm-mv, wat willekeurig gekozen is als waarde voor ondiepe voorjaarsgrondwaterstanden. Maar dit geeft aan dat in grote delen van het beekdal kwelpotentie ontstaat.

5

REFERENTIES

- 1 Candel, J. H. J., Berg, M., Schollema, P. P., Van de Toorn, L., & Ruijtenberg, R. (2020). Kort door de bocht-Geulpatronen van beken en de implicaties van beekherstel. *Stromingen: vakblad voor hydrologen*, 26(3), 5-18.
- 2 Harkema, T. (2019). Channel pattern prediction in Dutch streams. *Wageningen University, Wageningen*.
- 3 Kleinhans, M. G. (2010). Sorting out river channel patterns. *Progress in Physical Geography*, 34(3), 287-326.
- 4 Makaske, B., & Maas, G. J. (2015). Handboek geomorfologisch beekherstel: leidraad voor een stapsgewijze en integrale ontwerpaanpak (No. 2015-02). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- 5 Makaske, B., Maas, M., Candel, J. H. J. (2020). Handboek geomorfologisch beekherstel : leidraad voor een stapsgewijze en integrale ontwerpaanpak.
- 6 Schep, S.A. & Verbeek, S.K. (2018). Ecologische Sleutelfactoren. Handvatten voor aquatische systeemanalyses. *Landschap* 2018/1.
- 7 STOWA (2015-W-06). Ecologische Sleutelfactoren voor stromende wateren. Een methodiek in ontwikkeling.
- 8 Witteveen+Bos (2015). Systeemanalyse Bovenlopen Peizerdiep. Waterschap Noorderzijlvest.
- 9 Witteveen+Bos (2024). Modelrapportage MIPWA Grondwatermodel Eelder- en Peizerdiep.

