
Monitoring effecten zandsuppletie Leuvenumse beek 2019



Ralf Verdonschot & Piet Verdonschot

Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research
Maart 2020

Auteurs

Ralf Verdonschot, Piet Verdonschot

Opdrachtgever

Waterschap Vallei en Veluwe; contactpersoon Maarten Veldhuis

Projectgroep

Maarten Veldhuis, Christian Husing, Peter van Beers, Marcel Timmer, Jaap Petersen (Waterschap Vallei en Veluwe); Peter Dam, Mirte Kruit, Remco van Rosmalen, Wijnand Francke (Natuurmonumenten)

Referaat

Verdonschot, R.C.M., Verdonschot P.F.M. (2020) Monitoring effecten zandsuppletie Leuvenumse beek 2019. Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.

Trefwoorden

beekherstel, Hierdense beek, laaglandbeek, moerasbeek, kleinschalige maatregelen, bouwen-met-natuur, waterkwaliteit

Beeldmateriaal

Ralf Verdonschot

ISBN: 978-94-6395-348-1

DOI: <https://doi.org/10.18174/517738>

© 2020 Wageningen Environmental Research, Wageningen UR

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

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding en doel	5
2. Dwarsprofieltransecten suppletielocaties	7
2.1 Inleiding	7
2.2 Aanpak	7
2.2 Resultaten	9
3. Geleidbaarheidsmetingen overstromingsvlaktes	16
3.1 Inleiding	16
3.2 Aanpak	16
3.3 Resultaten	18
4. Discussie, conclusies en aanbevelingen	24
5. Literatuur	26
Bijlage 1: dwarsprofielen van de suppletielocaties	27
Bijlage 2: dwarsprofielen van de moerasbeek	45

Samenvatting

In de Leuvenumse beek wordt vanaf 2014 het suppleren van zand als beekherstelmaatregel toegepast door Waterschap Vallei en Veluwe en Natuurmonumenten. Omdat over deze relatief nieuwe maatregel nog niet veel kennis voorhanden is, worden sindsdien de hydromorfologische en biologische ontwikkelingen gevolgd. In 2019 zijn metingen verricht aan het dwarsprofiel van de beek en de geleidbaarheid van het water.

Het dwarsprofiel van de beek is ingemeten om zo de veranderingen in bodemhoogte in beeld te krijgen die in gang zijn gezet door het uitvoeren van de maatregelen. Deze metingen lopen al vanaf 2014.

Net zoals 2018 was 2019 een droog jaar dat gekenmerkt werd door lage afvoeren in het projectgebied. Ter hoogte van de A28 stond de beek voor het tweede jaar op rij langdurig droog. Metingen aan de dwarsprofieltransecten lieten nog steeds een duidelijke bodemophoging zien ten opzichte van 2014. Wel waren pleksgewijs kleine veranderingen opgetreden, vooral in de vorm van verbreding en afvlakking van de bedding en verondieping.

Erosie en sedimentatieprocessen van een grotere omvang worden pas weer verwacht als de afvoer van de beek aanzienlijk toeneemt.

Met behulp van continu-dataloggers is geprobeerd inzicht te krijgen in de effecten van de maatregelen op de stofstromen die vanuit bovenstrooms het projectgebied bereiken, waarbij geleidbaarheid als indicator is gebruikt om pieken van stoffen en de uitdoving hiervan te meten in een situatie met en zonder overstromingsvlaktes langs de beek.

De geleidbaarheidsmetingen lieten zien dat piekafvoeren een toename van de geleidbaarheid tot gevolg hadden, wat een indicatie is van de toevoer van stoffen van bovenstrooms door in- en afspoeling van aanliggende gronden. Verder was het effect van een calamiteit in de vorm van een mestlozing duidelijk terug te zien als een piek in de geleidbaarheid. De toename van geleidbaarheid bleek niet af te zwakken over een traject van 1.7 kilometer, ook niet na passage van de overstromingsvlaktes langs de beek wat aangeeft dat daar geen sterke interactie lijkt op te treden door bijvoorbeeld binding aan organisch materiaal. Dit wil zeggen dat wat er van bovenstrooms wordt aangevoerd doordringt in het bostraject.

Hoe deze invloed doorwerkt op de ecologische waarden in de beek is niet duidelijk. Een groot nadeel van het gebruik van de geleidbaarheid is namelijk dat het onbekend blijft welke stoffen verantwoordelijk zijn voor de gemeten toename. Hiervoor moet in meer detail en met een hoge meetfrequentie de waterchemie bestudeerd worden rond een afvoerpiek.

1. Inleiding en doel

Het beekherstel in de Hierdense beek is gericht op herstel en ontwikkeling van een zo natuurlijk mogelijk functionerend beekstelsysteem in het gehele beekdal van de Hierdense/Leuvenumse beek over een lengte van circa veertien kilometer (traject tussen landgoed Staverden en de monding in het Veluwemeer). Ondanks extensief beheer en de aanwezigheid van bos- en natuurgebied in en rond het beekdal van de Hierdense/Leuvenumse beek zijn er namelijk diverse knelpunten aanwezig op het gebied van de ecologie, morfologie, afvoerregime en de waterkwaliteit die het natuurlijk functioneren en daarmee de doelrealisatie in de weg staan. Om deze knelpunten aan te pakken zijn de afgelopen jaren kleinschalige maatregelen genomen op het gebied van: i) natuurvriendelijke inrichting van de beek en directe omgeving, ii) natuurvriendelijk onderhoud in de beek, iii) herstel van een natuurlijk afvoerregime (inclusief inundatiezones) en iv) het verbeteren van de ecologische kwaliteit van het gehele beekdal (o.a. anti-verdrogingsmaatregelen). Bouwen-met-natuur ('*building with nature*') principes waren leidend bij de maatregelkeuze: zo veel mogelijk gebruik maken van of aangesloten bij natuurlijke processen in de beek.

Eén van de toegepaste maatregelen was het gericht suppleren van zand in combinatie met het inbrengen van dood hout in het traject in het Leuvenumse bos. Het bezanden van een beek is een relatief nieuwe maatregel waarover nog niet veel kennis bestaat. Om de effecten van zandsuppletie op de ecologie en morfologie in kaart te brengen en eventueel bij te kunnen sturen wanneer noodzakelijk, zijn vanaf 2014 door Wageningen Environmental Research diverse onderzoeken uitgevoerd om de effecten van de maatregel op het beekstelsysteem in kaart te brengen (Verdonschot et al. 2016a, 2017ab, 2019).

De belangrijkste inzichten van deze onderzoeken zijn dat:

- i) door het suppleren van zand het mogelijk is een ingesneden gekanaliseerde beek om te vormen naar een veel natuurlijkere beek waarbij de laagtes in het beekdal in verbinding staan met de beekloop en hier beekbegeleidende moeraszones ontstaan. Dit heeft duidelijke positieve effecten op de beekdalflora en –fauna. Andere effecten zijn bijvoorbeeld dat piekafvoeren worden afgevlakt doordat de beek buiten haar oevers treedt en er grondwateraanvulling optreedt.
- ii) het suppleren van zand tot gevolg heeft dat er een meer gevarieerde beekbodem ontstaat, die bestaat uit een mozaïek van habitattypen en stroomsnelheden. Hiervan profiteren voor dit beektype kenmerkende soorten.

Het meetjaar 2018 werd gekenmerkt door vrij extreme weersomstandigheden, met opeenvolgend piekafvoeren, zware storm (aanvoer van veel nieuw hout in de beek) en langdurige droogte. Hierdoor was de dynamiek in de suppletietrajecten relatief hoog ten opzichte van eerdere metingen. De vraag is in hoeverre er opnieuw stabilisatie van de beekbodem optreedt na deze extremen. Om hier meer inzicht in te krijgen, heeft Waterschap Vallei en Veluwe gevraagd de monitoring van de veranderingen in het gebied in 2019 voort te zetten. Ook zijn in 2019 enkele nieuwe suppleties voorzien ter hoogte van locatie Z2. De metingen aan het dwarsprofiel geven daarmee inzicht in de mate van ophoging door deze nieuwe suppletieronde.

Daarnaast is er geen goed beeld van de relatie tussen de input van stoffen vanuit bovenstrooms gelegen gebieden en de inundatiegebieden; grote delen van het bos inunderen als gevolg van de maatregelen, maar heeft dit ook effect op de hoeveelheid stoffen die benedenstrooms in het water worden aangetroffen? De Leuvenumse beek ontvangt haar water uit de bovenstrooms gelegen intensieve agrarische enclave. Dit water is verrijkt met allerlei stoffen die invloed zouden kunnen uitoefenen op de ecologie van de beek in het natuurgebied, met name bij piekafvoeren treden pulsen van potentieel schadelijke stoffen op. De oppervlakte aan overstromingszones is door uitvoer van het

zandsuppletieproject sterk toegenomen, sommige laagtes staan inmiddels een groot deel van het jaar onder water. Juist deze zones kunnen een 'zuiverende' werking hebben, omdat door omzetting en retentie stoffen verwijderd of vastgelegd kunnen worden.

In 2019 is bekeken of aan de hand van continumetingen aan de geleidbaarheid van het water hoe stofpulsen vanuit het landbouwgebied zich verspreiden in het projectgebied en of er sprake is van retentie/vastlegging/verwijdering of omzetting van o.a. nutriënten binnen het systeem, met speciale aandacht voor de overstromingsvlaktes zoals het Grote Water.

2. Dwarsprofieltransecten suppletielocaties

2.1 Inleiding

Het suppleren van zand als beekherstelmaatregel is nog maar weinig toegepast in Nederland en daarbuiten en kennis van dit onderwerp is gebaseerd op de ervaringen met de effecten van inspoeling van sediment en het aanleggen van bodemdrempels in beken. Gerichtte monitoring naar de effecten van zandsuppletie op de beekmorfologie ontbreekt. Zo zijn er nog veel onduidelijkheden met betrekking tot het gedrag van het zand nadat de suppletie heeft plaatsgevonden. Ook is het de vraag hoe de interactie met de houtpakketten in Leuvenumse beek verloopt; aangezien deze een sterk bodemophogende werking kunnen hebben. De veranderingen in bodemhoogte zijn daarom vanaf 2014 vastgelegd, met als doel de volgende vraag te kunnen beantwoorden:

1. Hoeveel bodemophoging treedt er op benedenstrooms van de suppletielocaties en hoe verandert dit in de tijd onder invloed van de afvoerdynamiek en de aanwezigheid van dood hout?

2.2 Aanpak

De veranderingen in bodemhoogte zijn voor drie suppletielocaties vastgelegd (Z1, Z2 en Z3), waarbij de eerste metingen in oktober 2014 plaatsvonden. Vervolgens is in 2015 in drie rondes zand gesuppleerd op de locaties, gevolgd door een aanvullende suppletie bij Z2 in 2019 (Tabel 2.1). Als uitgangssituatie voor het vastleggen van de effecten van zandsuppletie is oktober 2014 genomen. In de moerassige laagte bovenstrooms van Z1 liggen drie meettransecten C1-C3.

Tabel 2.1: Suppletie- en meetmomenten. Per suppletie is de geschatte hoeveelheid ingebracht zand aangegeven.

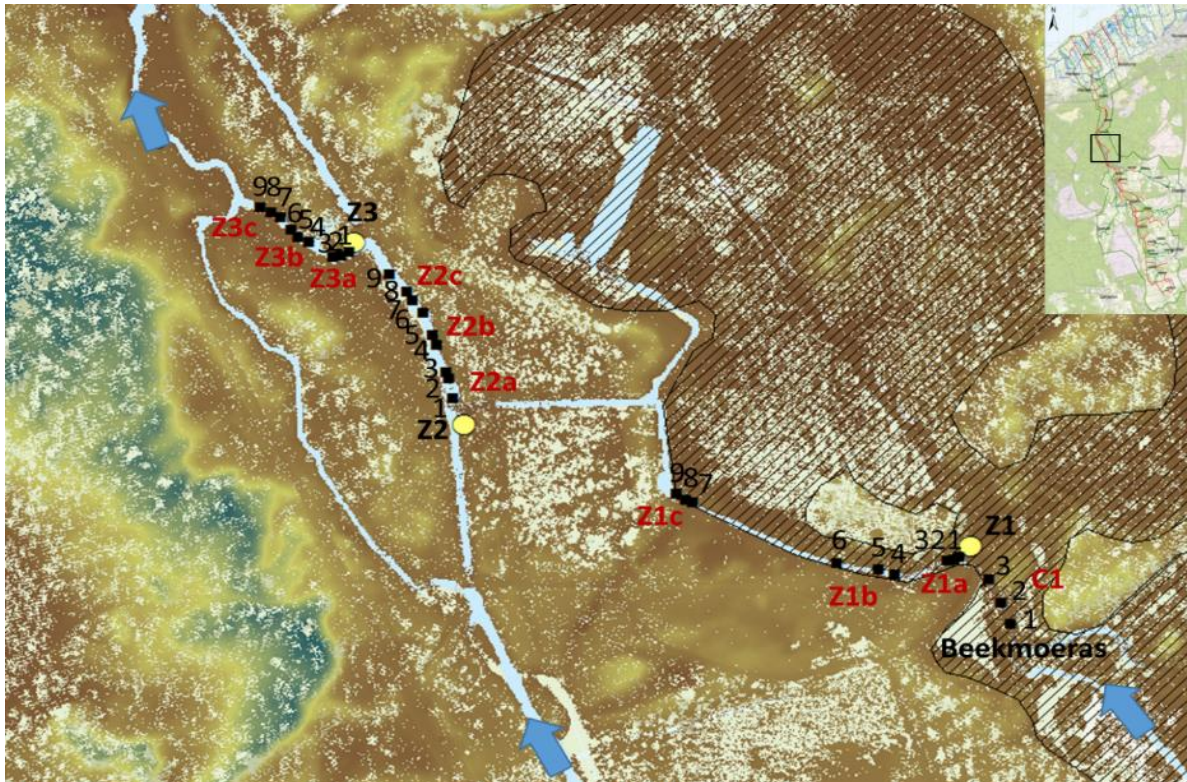
Datum	Schatting gesuppleerde hoeveelheid zand per locatie (m ³)		
	Z1	Z2	Z3
15/3/2014		50	
26/6/2014	20	50	100
17/3/2015	50	80	90
2/7/2015	50	40	50
2/10/2015	100	70	100
7/3/2019	0	180*	0
Totaal periode 2014-2019 (m³)	220	470	340

*plus een kleine hoeveelheid (m³ onbekend) in diepe kuil ter hoogte van Z2.3c

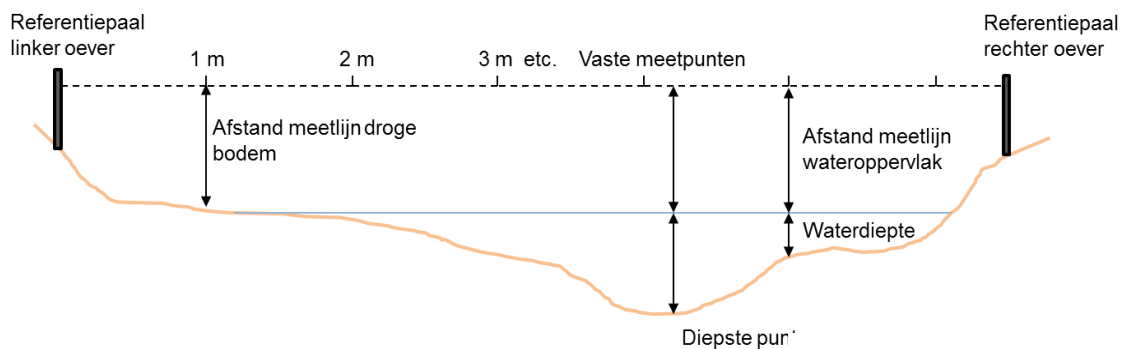
Benedenstrooms van de suppletielocaties zijn in 2014 meettransecten ingericht, telkens in series van drie transecten (Figuur 2.1). De eerste lag direct benedenstrooms de suppletielocatie, de tweede na het eerste benedenstroomse houtpakket en de derde voorbij het tweede houtpakket. Om het meten te vergemakkelijken werden hiervoor qua beddingvorm en substraat zo homogeen mogelijke stukken beek gekozen, zonder losse boomstammen. Gevolg hiervan was dat de onderlinge afstand tussen de trajecten kon variëren.

Door op beide beekoevers palen te plaatsen met referentiepunten was het mogelijk een vaste horizontale lijn boven de beek te spannen. Ten opzichte van deze horizontale lijn werd telkens op iedere meter i) de hoogte tot de beekbodem of droge oever, en ii) de waterdiepte gemeten tot op 1 cm nauwkeurig (Figuur 2.2). Verder werden de ligging en de bodemhoogte van het diepste punt in de beek vastgelegd en ook de ligging van de oeverlijn. Omdat de

beekbodems vaak niet geheel vlak was, opgebouwd was uit verschillende substraten en varieerde in stevigheid, werd gemeten met behulp van een meetstok met aan de onderzijde een schijf met een diameter van 20 cm.



Figuur 2.1: Overzichtskaart studiegebied met de dwarsprofieltransecten waarin de bodemhoogteveranderingen zijn vastgelegd. Codes en nummers verwijzen naar de transecten (zie Bijlage 1). Gele cirkels geven suppletie locaties aan, gearceerde vlakken inundatiegebieden tijdens piekafvoeren.

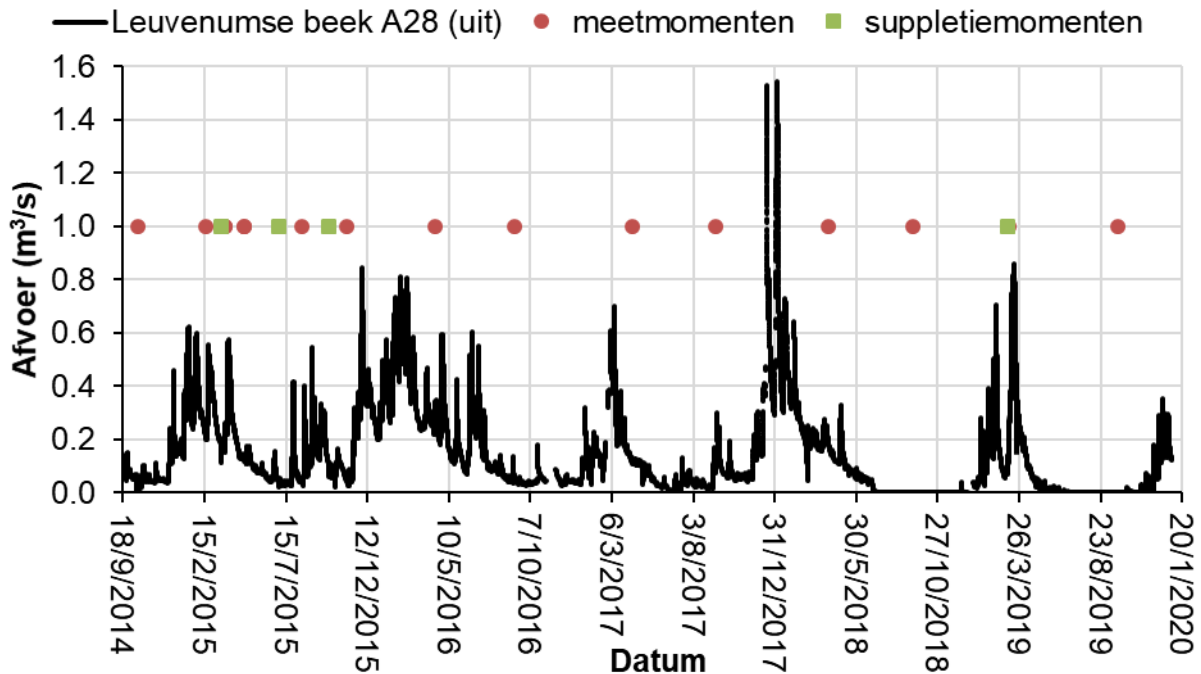


Figuur 2.2. Dwarsprofielmetingen.

De verandering in bodemhoogte is in de tijd vastgelegd (Bijlage 1, 2) door telkens een meting in het voorjaar en het najaar uit te voeren. In deze rapportage vergelijken we de meting van oktober 2014 met die van het voor- en najaar 2016-2019. De voorjaarsmeting geeft de situatie na een periode van hoge afvoeren in de winter, de najaarsmeting (tijdens relatief lage afvoer) kan worden beschouwd als een uitgangssituatie voor een nieuwe periode met hoge afvoeren later in het jaar. Omdat in 2015 regelmatig opnieuw gesuppleerd werd, laten we hier de bodemhoogtemetingen uit dat jaar buiten beschouwing. We starten met het moment na de laatste suppletie om zo de ontwikkeling in de tijd te kunnen volgen zonder verstoringen van het patroon door nieuwe suppleties.

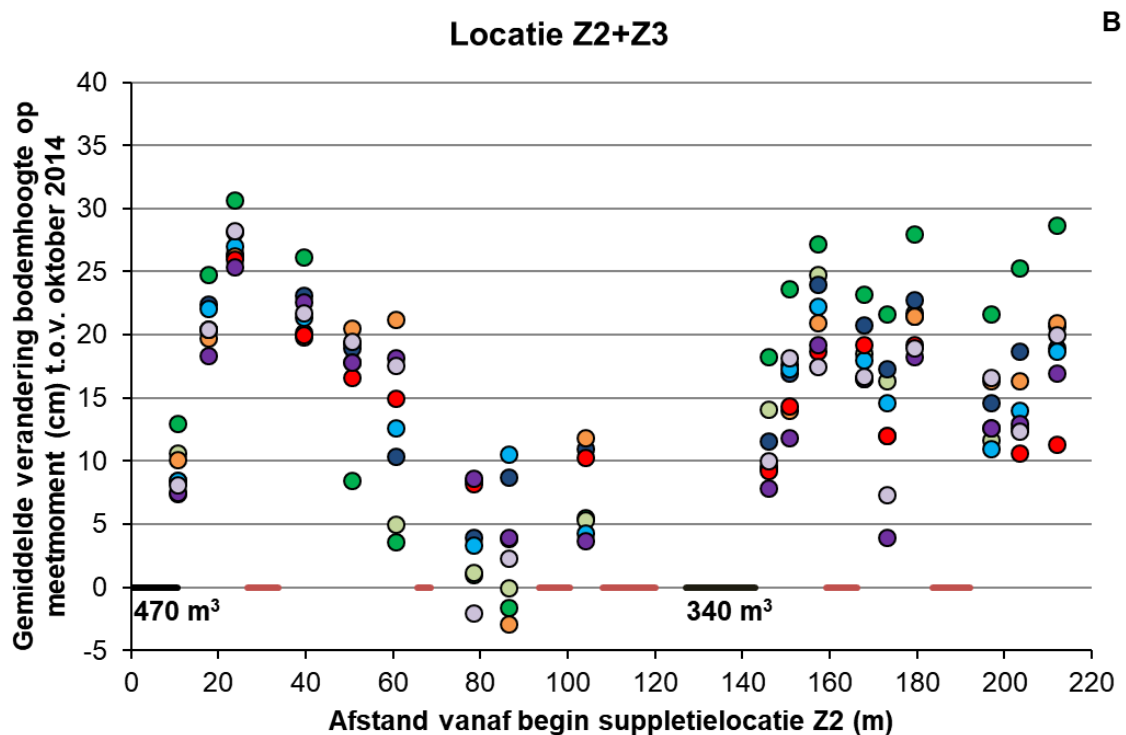
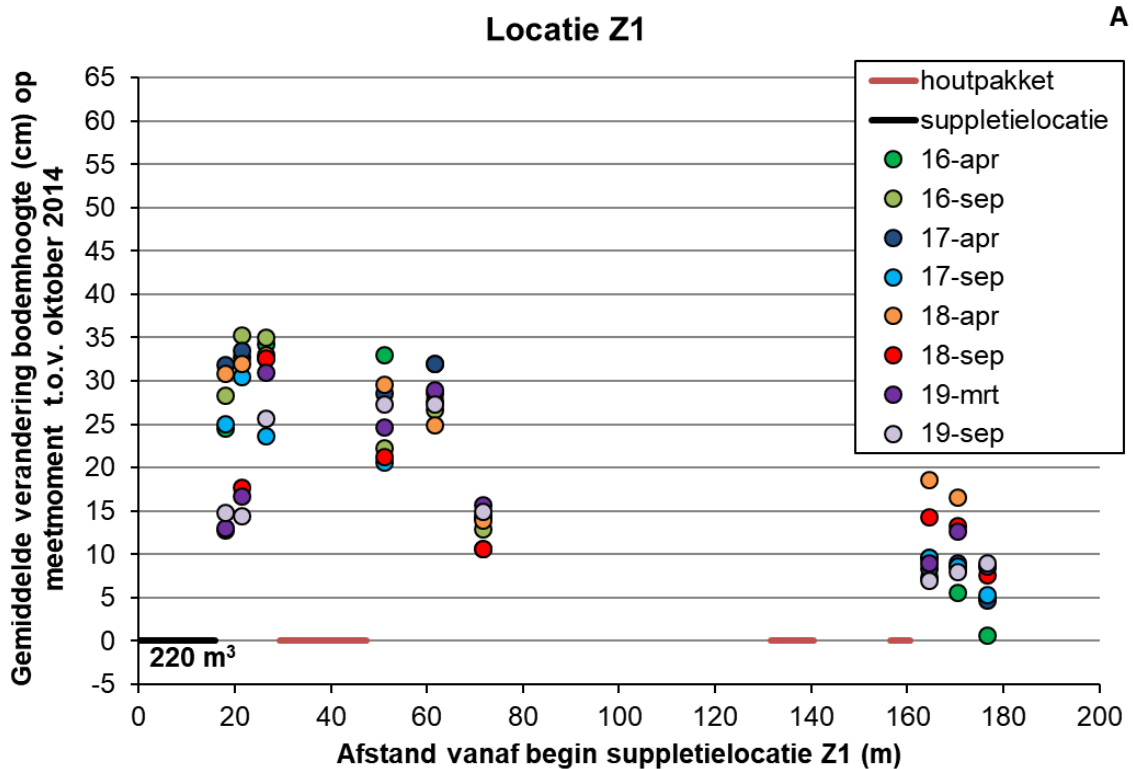
2.2 Resultaten

Het jaar 2019 kenmerkte zich door lage afvoeren (Figuur 2.3). Na twee piekafvoeren in de winter nam de afvoer snel af en viel de beek in het late voorjaar wederom droog ter hoogte van de A28. De trajecten met de dwarsprofielen zijn wel watervoerend gebleven gedurende de hele meetperiode, maar hadden een relatief lage afvoer.



Figuur 2.3: De afvoer van de Hierdense beek in 2014-2019, gemeten op het debietmeetpunt ter hoogte van de A28, met duiding van de momenten waarop zand is gesuppleerd en wanneer de dwarsprofielmetingen zijn uitgevoerd. In de zomers van 2018 en 2019 is het debietmeetpunt drooggevallen.

De beekbodem was nog steeds duidelijk opgehoogd ten opzichte van de situatie in oktober 2014, grote veranderingen zijn niet opgetreden ten opzichte van eerdere metingen (Figuur 2.4). De profielen benedenstrooms van Z1 lieten vooral dichtbij het suppletiepunt een duidelijke verbreding van de geul zien en ook pleksgewijs enige verondieping, in de orde van enkele centimeters (Bijlage 1). Het is mogelijk dat deze veranderingen samenhangen met een verdere toename van structuur in de stroomgeul door massale waterplantenontwikkeling (Figuur 2.5). Op locatie Z2 was het beeld gevarieerder met bovenstrooms ook verbreding en verondieping van de beek, gevolgd door delen waar verdieping al dan niet met de vorming van een smallere geul optrad (Bijlage 1). Met name de eerste transecten hadden een sterk afgevlakte bodem en daarmee was de beek daar smal en zeer ondiep (Figuur 2.6). Opgemerkt moet worden dat in dit traject veel verstoring van het profiel heeft plaatsgevonden in de vorm van ongewenste afdammingen door bezoekers met het gesuppleerde zand, die vervolgens weer handmatig verwijderd zijn, grondverzet dat samenhangt met het afsluiten van een dode arm net benedenstrooms punt Z2 en een kleine suppletie ter hoogte van het transect Z2.3c. Dit laatste transect is in de werkzaamheden compleet verloren gegaan waardoor geen septembermeting meer kon worden uitgevoerd omdat de referentiepunten waren verdwenen. Z3 kenmerkte zich door een verbreding in de bovenstroomse transecten en een verondieping in de benedenstroomse transecten (Bijlage 1). Dit lijkt te wijzen op zandtransport, oftewel van het materiaal afkomstig van de verbreding bovenstrooms of een effect van de kleine suppletie net bovenstrooms van Z3. Verdroging van de oevers heeft mogelijk ook tot extra vervlakking van het profiel of extra zandtransport naar de beek geleid (Figuur 2.7).



Figuur 2.4: Verandering van de gemiddelde bodemhoogte in de beektrajecten op de verschillende meetmomenten ten opzichte van de situatie in oktober 2014 (= nullijn); de gekleurde bolletjes geven het meetmoment aan, afgekort als jaar-maand in de legenda. De getallen onder de zwarte lijnen op de horizontale as geven de positie van de suppletielocaties in het beektraject weer met hieronder een schatting van de totale hoeveelheid ingebracht zand. De ligging van de houtpakketten in het transect zijn aangegeven met bruine lijnen op de horizontale as. Het aantal meetpunten per dwarsprofiel bedroeg gemiddeld 3,3 in Z1, 7,2 in Z2 en 4,6 in Z3.



Figuur 2.5: Benedenstrooms zandsuppletielocatie Z1 in maart en september 2019: verondieping door de zandsuppletie heeft geleid tot een profielverkleining en vernatting van de oeverzone. Dit in combinatie met het opener worden van het kronendak door sterfte van bomen direct langs de beek leidt tot een sterke toename van de vegetatie in en langs de beek.

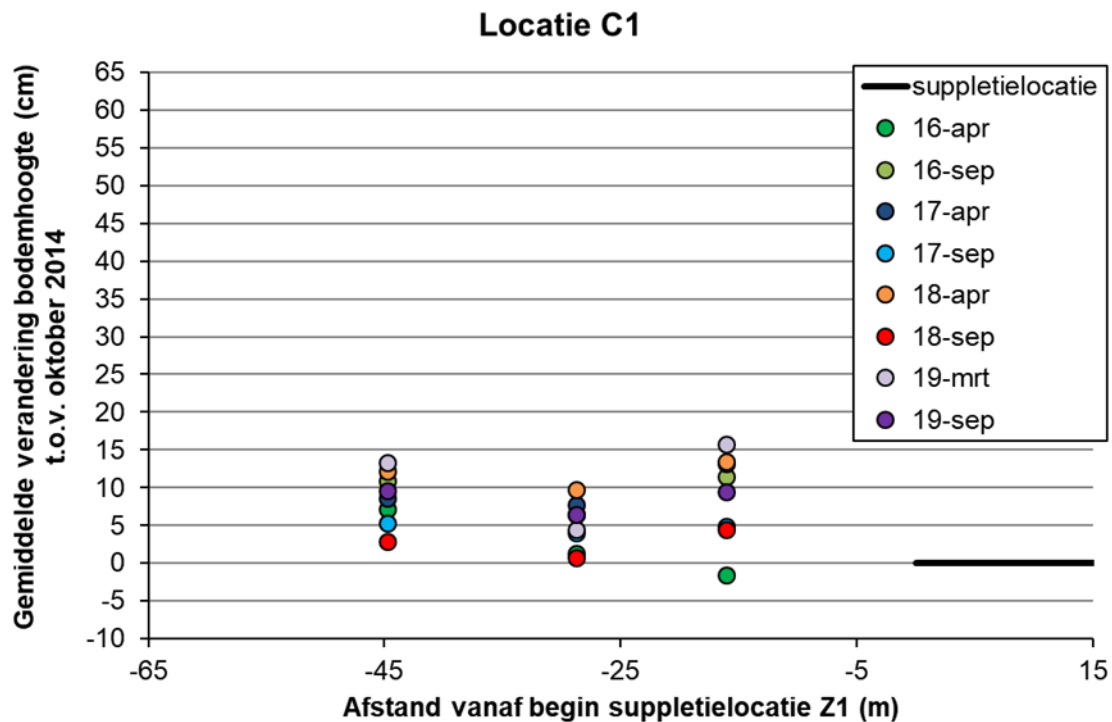


Figuur 2.6: *Situatie benedenstrooms Z2 in april en september 2019. Het hele beekprofiel is gelijkmatig opgehoogd.*



Figuur 2.7: *Situatie benedenstrooms Z3 in maart en september 2019. Effecten van droogte duidelijk zichtbaar op de oevers.*

Net zoals in de suppletietrajecten is de bodem van het moerastraject verhoogd (Figuur 2.8, Bijlage 2). Massale vegetatieontwikkeling en ophoping van organisch materiaal werken in dit traject het steeds kleiner worden van de geul in de hand (Figuur 2.9).



Figuur 2.8: Verandering van de gemiddelde bodemhoogte in het moerastraject op de verschillende meetmomenten ten opzichte van de situatie in oktober 2014 (= nullijn); de gekleurde bolletjes geven het meetmoment aan, afgekort als jaar-maand in de legenda. De zwarte lijn geeft de positie van suppletielocatie Z1 in het beektraject weer.



Figuur 2.9: Moerassige laagte C1-3 dwarsprofieltransecten in maart en september 2019.

3. Geleidbaarheidsmetingen overstromingsvlaktes

3.1 Inleiding

De geleidbaarheid van oppervlaktewater wordt bepaald door de aanwezigheid van anorganische opgeloste anionen en kationen zoals chloride, calcium, kalium, ijzer, nitraat, sulfaat, fosfaat etc. Geleidbaarheid wordt in dit onderzoek als proxy gebruikt voor de stofstromen die het projectgebied bereiken vanuit bovenstrooms gelegen gebieden, omdat de hoeveelheid in het water aanwezige anorganische opgeloste stoffen sterk beïnvloed wordt door de activiteiten op het land via oppervlakkige afspoeling, drainage etc. Dit treedt juist op wanneer er na een periode van lage afvoer plotseling een grote piekafvoer optreedt na grote neerslaghoeveelheden. Door continu de geleidbaarheid te meten kan het signaal van dit soort inputs worden vastgelegd en kan inzichtelijk gemaakt worden in hoeverre deze in het gebied doordringen en/of uitdoven in overstromingsvlaktes. Deze relatie kan worden geïllustreerd aan de hand van de positieve correlaties tussen de geleidbaarheid van het water en een aantal door menselijke invloed (met name af- en uitspoeling vanaf landbouwpercelen, STORA 1989) op routinematige waterkwaliteitsmeetpunten in de beken in het stroomgebied van de Hierdense beek (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Voorbeeld van correlaties tussen de EGV en verschillende stoffen die af- en uitspoelen in het stroomgebied van de Hierdense beek in de periode 2007-2010 (gebaseerd op maandelijkse metingen op vaste meetpunten in het stroomgebied door het waterschap en geanalyseerd met Spearman rank correlaties).

Variabele	mediaan	minimum	Maximum	Correlatie met EGV (Spearman's rho)	n	Significantie
EGV ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	312	204	448	-	131	-
Nitraat (mg/L NO_3)	5,3	0,3	17,0	0,740	131	**
Ammonium (mg/L NH_4)	0,23	0,10	1,20	0,350	131	**
Ortho-fosfaat (mg/L ortho-P)	0,04	0,01	0,41	0,149	131	n.s.
Kalium (mg/L K)	12,2	4,9	28,9	0,594	76	**
Chloride (mg/L Cl)	32	22	59	0,647	131	**
Sulfaat (mg/L SO_4)	33	19	49	0,606	131	**
Koper ($\mu\text{g}/\text{L}$ Cu)	3,9	1,1	11,0	0,632	77	**
Zink ($\mu\text{g}/\text{L}$ Zn)	19,0	4,2	58,0	0,000	77	n.s.

3.2 Aanpak

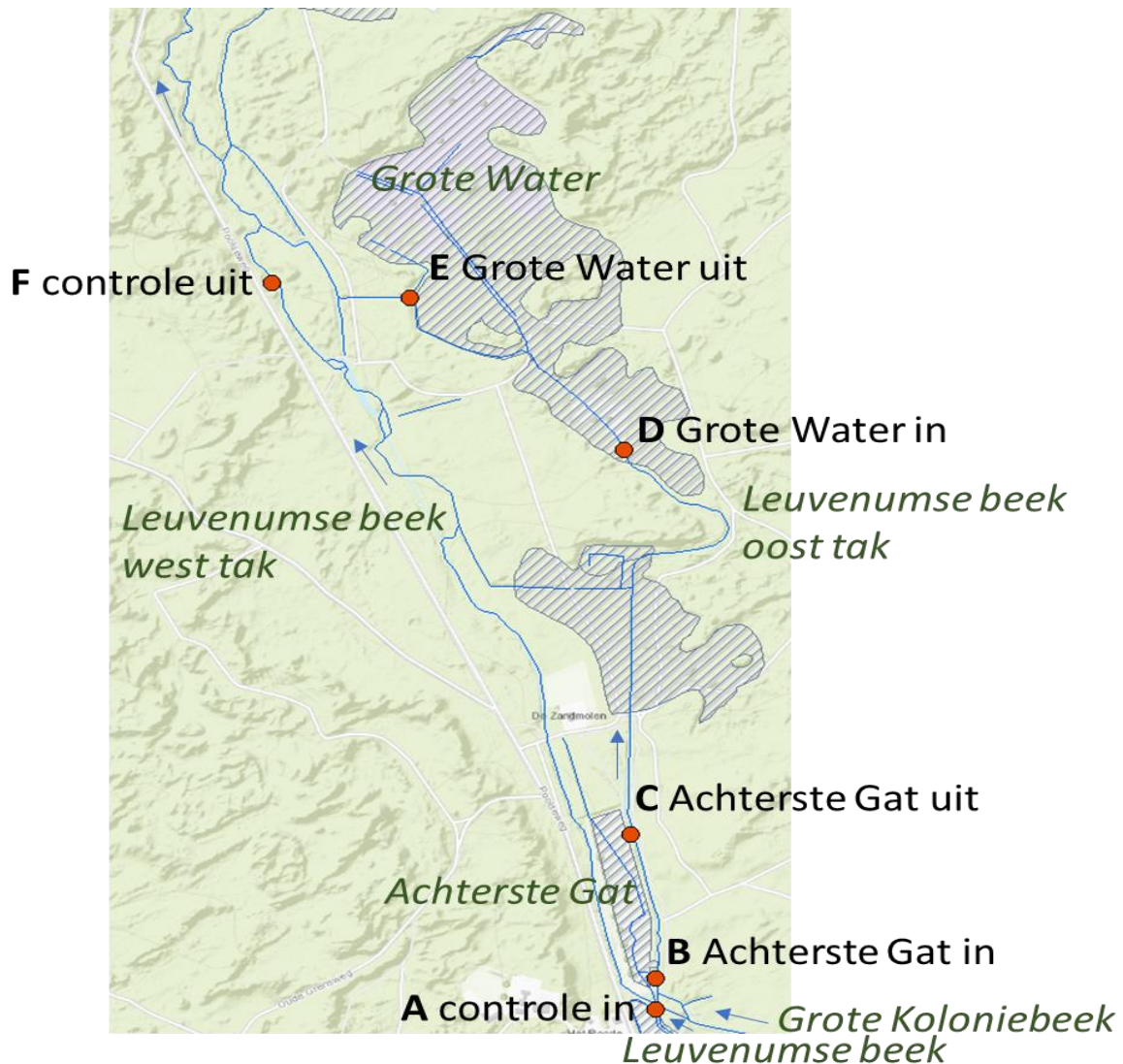
Om de stofstromen in beeld te krijgen, zijn op 6 locaties continu-dataloggers in de beek geïnstalleerd. Deze loggers (Onset HOBO U24 Conductivity Logger U24-001) meten automatisch iedere 15 minuten de EGV en de watertemperatuur. De loggers zijn ter bescherming geplaatst in een PVC pijp met gaten om de watercirculatie in stand te houden (Figuur 3.1).



Figuur 3.1: EGV datalogger in PVC pijp op de bodem van de Leuvenumse beek.

De westtak van de Leuvenumse beek is gebruikt als controletraject (Figuur 3.2); deze tak heeft geen meestromende overstromingsvlaktes. Bij de instroom (locatie A) en de uitstroom (locatie F) is een datalogger geplaatst. De afstand (beeklengte) tussen deze twee loggers bedroeg 1.6 kilometer. De oosttak van de Leuvenumse beek is gebruikt om de effecten van overstromingsvlaktes te meten. Deze tak wordt gevoed door zowel de Leuvenumse beek als de Grote Koloniebeek en heeft daardoor een afwijking in geleidbaarheid ten opzichte van de westtak.

Langs de oosttak liggen twee meestromende overstromingsvlaktes. Bovenstrooms ligt het Achterste Gat, een gegraven overstromingsvlakte die parallel aan de beek ligt en hiervan gescheiden is door een wal. Deze wal is doorgraven om een in- en uitlaat te creëren. De loggers zijn bij deze in- en uitstroom geplaatst (B en C). Verder benedenstrooms ligt een overstromingsvlakte die alleen een uitstroom heeft, deze is niet meegenomen in dit onderzoek. Het meest benedenstrooms ligt de overstromingsvlakte van het Grote Water en de moerassige laagte bovenstrooms de suppletielocatie Z1. Dit is een complex van meestromende delen met verschillende in- en uitstromen. De beek stroomt hier gedeeltelijk door de overstromingsvlakte heen. Loggers zijn geplaatst bovenstrooms dit complex (logger D) en benedenstrooms de uitstroom van het Grote Water (logger E). De afstand tussen locatie B en E bedroeg 1.7 kilometer en was daarmee vergelijkbaar met het controletraject.



Figuur 3.2: Locaties loggers in de Leuvenumse beek. Logger A en F zijn geplaatst in de west tak (zonder overstromingsvlaktes). De overige loggers zijn geplaatst bij de in- en uitstroom van overstromingsvlaktes het Achterste Gat en het Grote Water langs de oost tak.

3.3 Resultaten

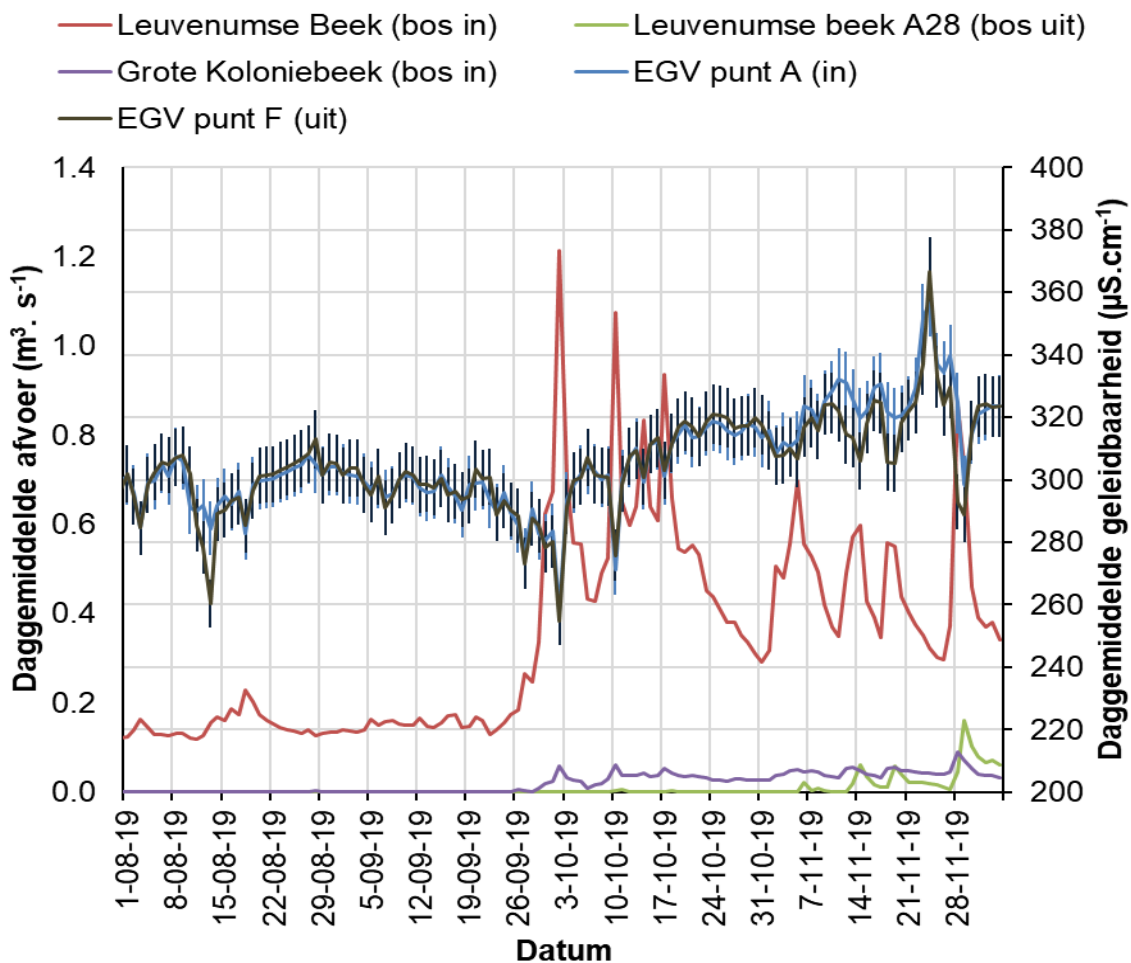
Voor het onderzoek concentreren we ons op de periode augustus-november omdat dit het eerste moment was waarop na een lange periode van lage afvoeren een grote neerslagsom resulteerde in een serie piekafvoeren die zorgden voor het aantakken van de overstromingsvlakten en het optreden van oppervlakkige afspoeling (zie afvoergrafiek Figuur 2.4). De patronen zijn geanalyseerd in samenhang met het debiet van de beek, dus bij de op- en afbouw van de afvoerpieken en bij een gestandaardiseerde temperatuur (25°C). In de controle west-tak waren de waarden van de in- en uitstroom vergelijkbaar en volgden hetzelfde patroon. Dit wil zeggen dat de van bovenstrooms afkomstige stofpulsen doordringen in het projectgebied. Een verdunningseffect van een groter watervolume op de geleidbaarheid was duidelijk zichtbaar tijdens de afvoerpieken en kenmerkte zich door plotselinge dalingen in geleidbaarheid. Na de pieken lag de geleidbaarheid in de meeste gevallen hoger dan de periode ervoor. Omdat er meerdere pieken achter elkaar op zijn getreden is er een geleidelijk stijgende lijn te zien in de loop van het najaar. Dit geeft aan dat de hoeveelheid in het water aanwezige stoffen is toegenomen ten opzichte van de zomersituatie.

In de oost-tak was een duidelijk verschil te zien tussen het water van alleen de Leuvenumse beek en na samenvoeging met de Grote Koloniebeek, welke de geleidbaarheid over het algemeen iets verlaagde (Figuur 3.4).

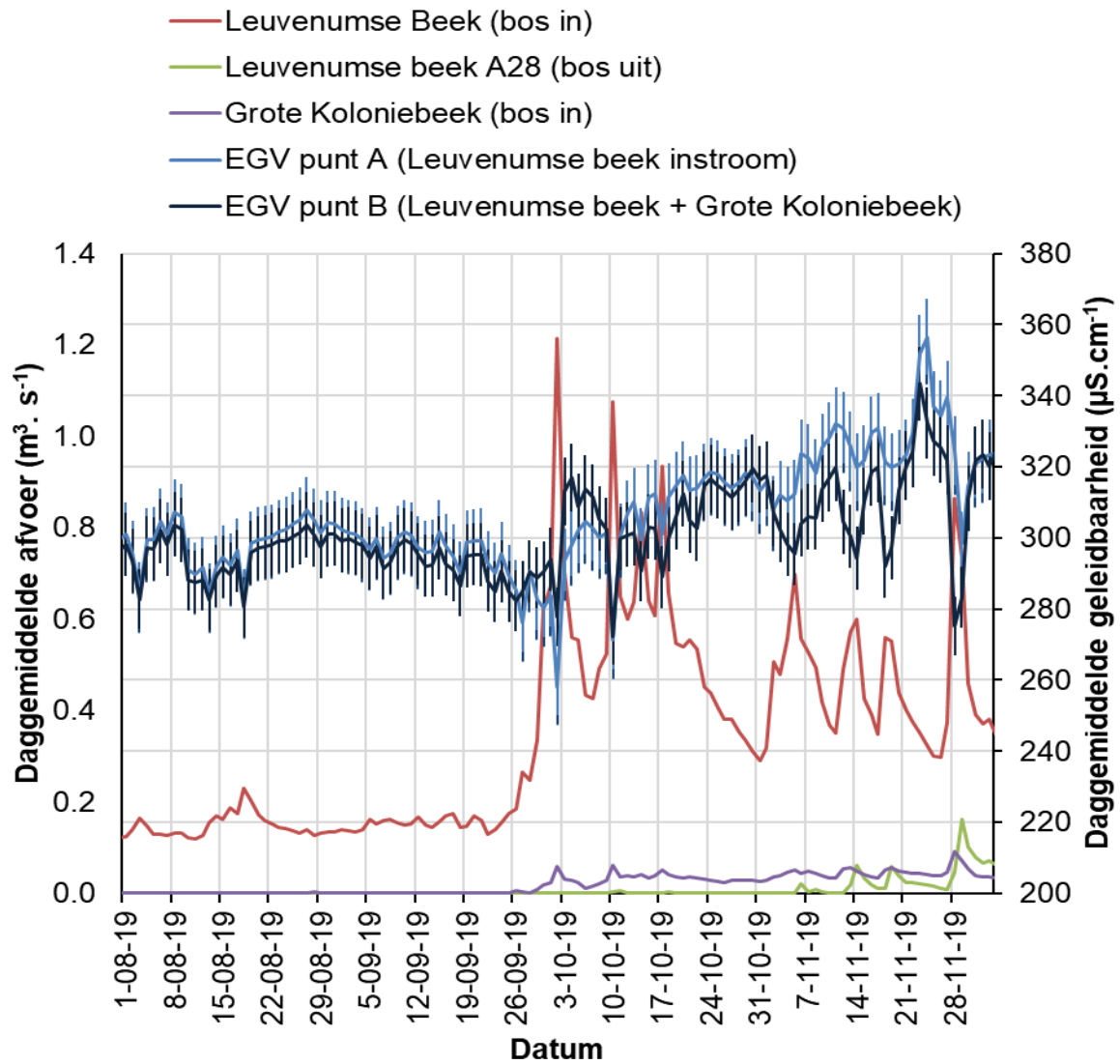
Passage van het Achterste Gat leidde niet tot verandering van de geleidbaarheid (Figuur 3.5). Tussen de uitstroom van het Achterste Gat (C) en de instroom van het Grote Water (D) nam eind november de geleidbaarheid opvallend toe (Figuur 3.6). Deze piek was weer verdwenen na de uitstroom van het Grote Water (E), in dit traject leek de geleidbaarheid in zijn geheel enigszins lager te liggen (Figuur 3.7).

Het patroon van toename en afname in geleidbaarheid was in grote mate vergelijkbaar tussen de west- en oosttak. Dit wil zeggen dat de samenstelling van het water in het bos sterk gestuurd wordt door wat er van bovenstrooms wordt aangevoerd en er geen sprake is van grote veranderingen naar benedenstrooms door binding/absorptie in het bos.

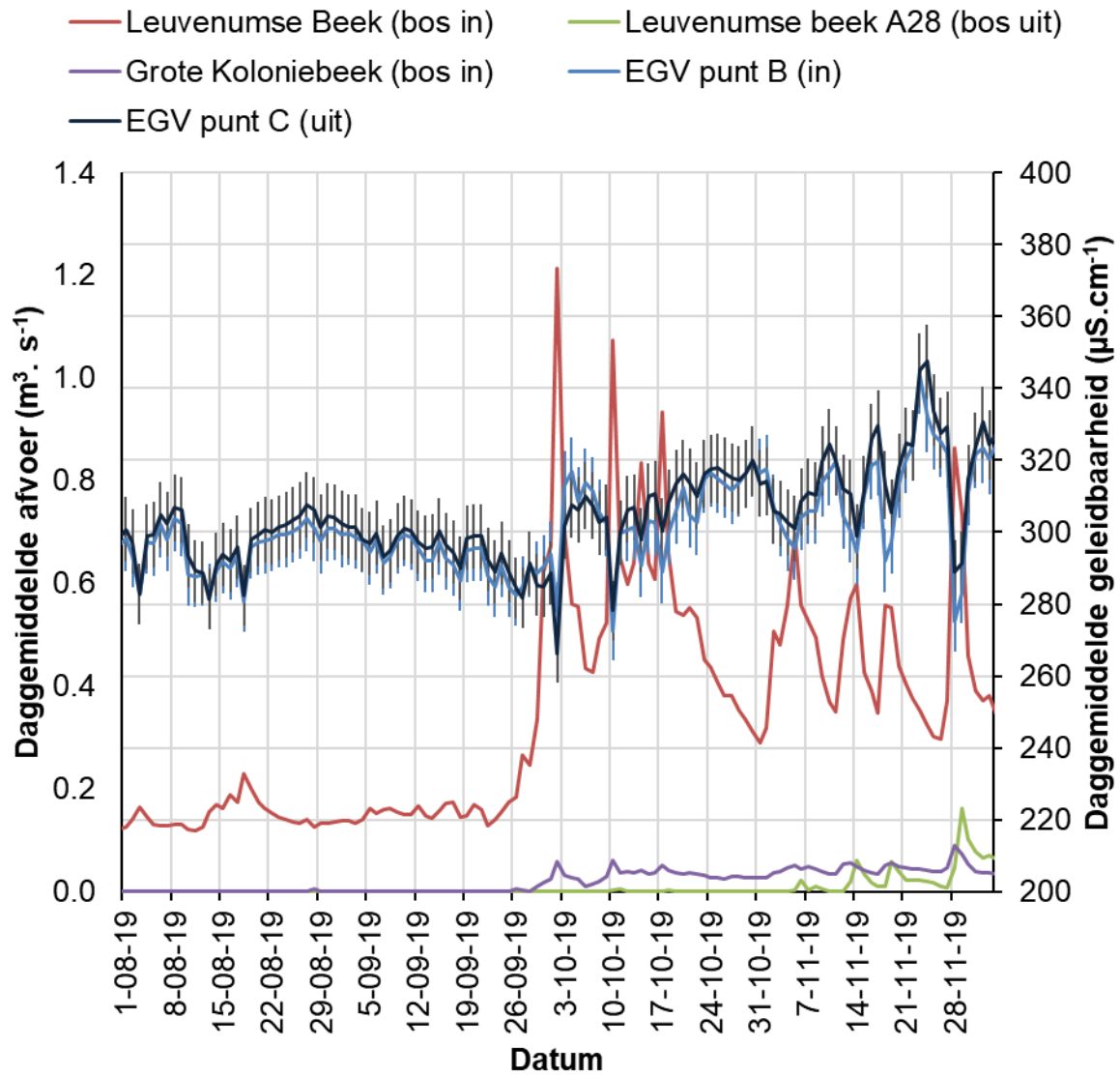
Een opvallende piek gevolgd door een daling in geleidbaarheid is eind november gemeten (Figuur 3.3). Deze piek volgt op een calamiteit in de vorm van een mestlozing waarvan op 28 november 2019 melding is gemaakt (med. Natuurmonumenten).



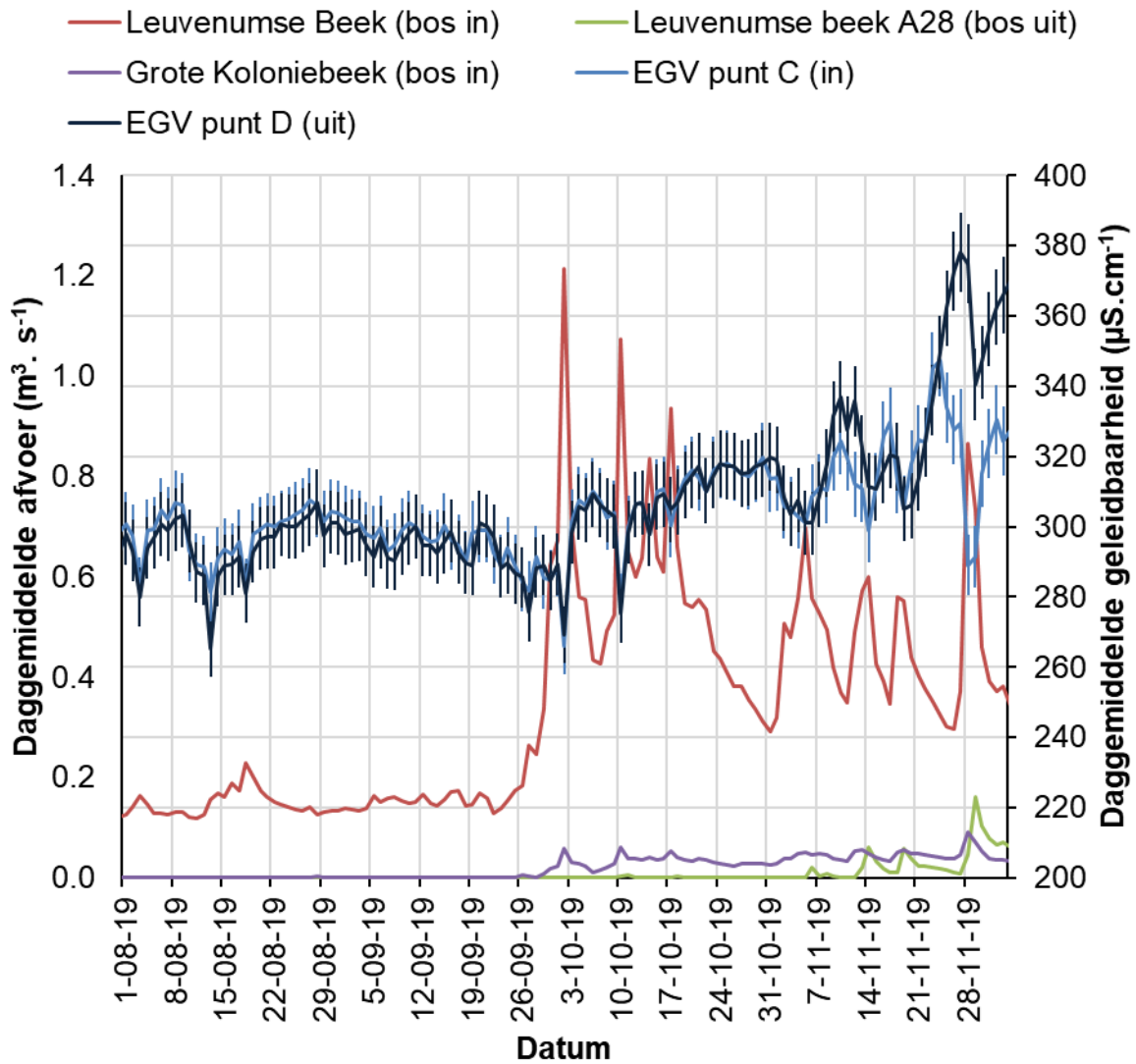
Figuur 3.3: Daggemiddelde geleidbaarheid van het water (continumetingen elke 15 minuten, standaardafwijking 3% gemeten waarde) bij de in- en uitstroom van de westtak van de Leuvenumse beek. De westtak is de controletak zonder overstromingsvlaktes.



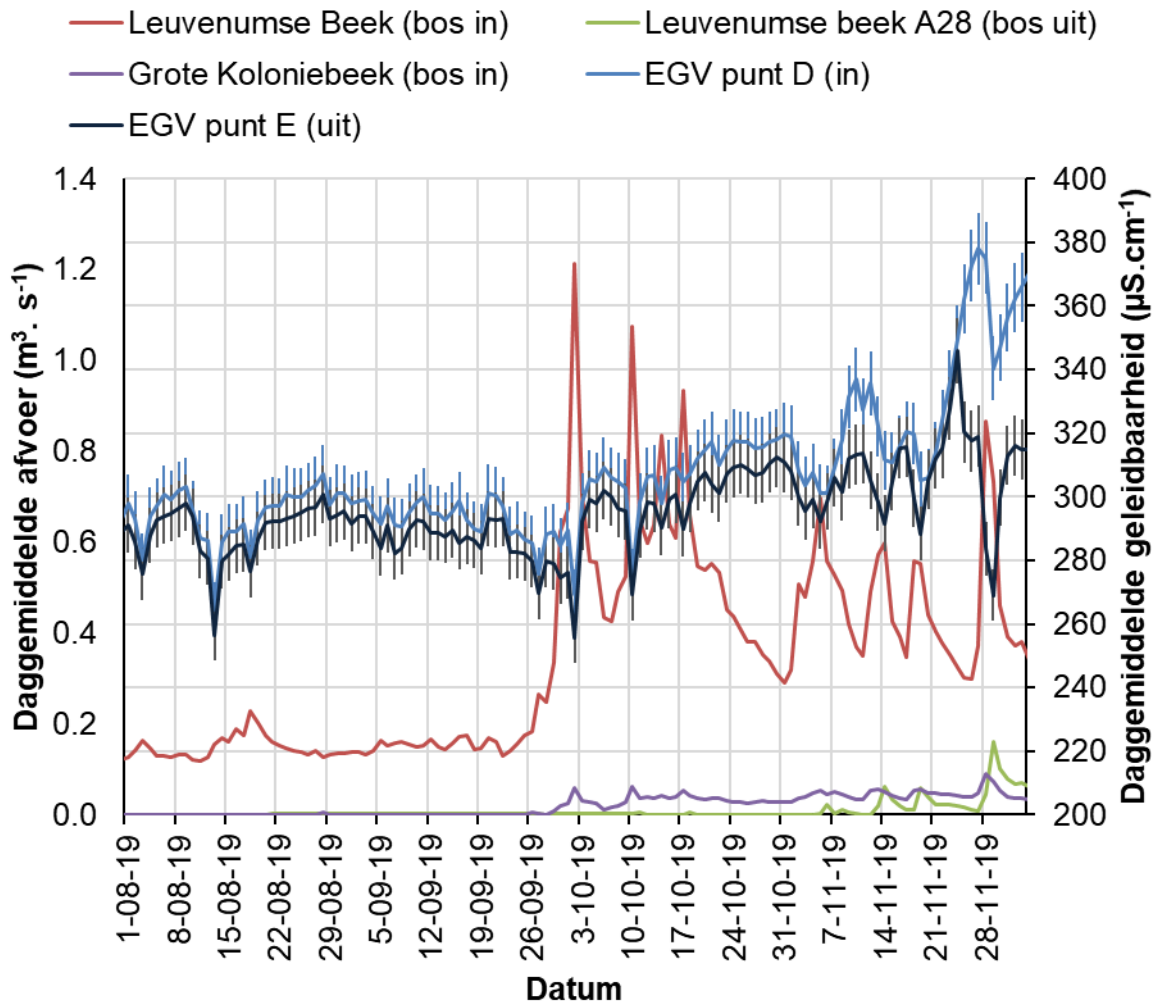
Figuur 3.4: Daggemiddelde geleidbaarheid van het water (continuumetingen elke 15 minuten, standaardafwijking 3% gemeten waarde) voordat de Leuvenumse beek splitst in een oost- en west tak (A) en in de oosttak net na de instroom van de Grote Koloniebeek (B).



Figuur 3.5: Daggemiddelde geleidbaarheid van het water (continumetingen elke 15 minuten, standaardafwijking 3% gemeten waarde) bij de in- en uitstroom van het Achterste Gat in de oosttak van de Leuvenumse beek.



Figuur 3.6: Daggemiddelde geleidbaarheid van het water (continumetingen elke 15 minuten, standaardafwijking 3% gemeten waarde) tussen de uitstroom van het Achterste Gat (C) en de instroom van het Grote Water (D) in de oosttak van de Leuvenumse beek.



Figuur 3.7: Daggemiddelde geleidbaarheid van het water (continumetingen elke 15 minuten, standaardafwijking 3% gemeten waarde) bij de in- en uitstroom van het moeras bovenstrooms Z1 en het Grote Water in de oosttak van de Leuvenumse beek.

4. Discussie, conclusies en aanbevelingen

Dwarsprofieltransectmetingen

De metingen laten zien dat er in 2019 nog steeds een duidelijke ophoging van de beekbodem zichtbaar is ten opzichte van 2014, met verondiepte en verkleinde profielen. De verondieping en profielverkleining heeft een aantal voor het beekecosysteem gunstige eigenschappen, zoals behoud van relatief hoge stroomsnelheid bij lage afvoer en het snel buiten de oevers treden van de beek bij hoge afvoer, waardoor een natte overstromings- of moeraszone ontstaat. Dit laatste treedt vooral op bij Z1, waar het systeem zich in optima forma heeft ontwikkeld.

Er zijn in 2019 geen grote veranderingen geweest in de bodemhoogtes op de suppletielocaties. Gezien de lage afvoeren in de zomer is dit niet verwonderlijk, omdat er onvoldoende stroming was om op grote schaal sedimenttransport in gang te zetten. Lokaal waren er veranderingen in breedte en diepte, vaak ook door externe factoren zoals betreding en het bouwen van dammen door bezoekers van het gebied, ingevallen takken en stamhout, wildactiviteit (zoelplekken), maar ook aanvoer van zand vanaf de sterk ingedroogde oevers, bijvoorbeeld ter hoogte van Z3 (zie Figuur 2.7 onderste foto). De aanvoer van hout naar de beek vanuit het omringende bos is overigens aanzienlijk, mede door het afsterven van bomen direct langs de beek door de veranderingen in de waterhuishouding; er zijn zelfs op een aantal plekken op natuurlijke wijze houtpakketten ontstaan en het aandeel hout lijkt steeds verder toe te nemen. Hierdoor wordt de natuurlijke situatie steeds beter benaderd, waarbij ongeveer een kwart van de bedding met hout bedekt is (Verdonschot et al. 2016b). Het opnieuw actief inbrengen van hout is daarom niet meer nodig.

De beekbedding was op veel plekken relatief sterk afgevlakt. Het is de verwachting dat bij een toename van de afvoer er weer meer reliëf in de beekbedding ontstaat, maar gezien de relatieve stabiliteit in eerdere jaren is het de verwachting dat dit zal bestaan uit een jaarlijks terugkerend afvoerge relateerd patroon van erosie bij hoge afvoer en sedimentatie bij lage afvoer met een relatief geringe verplaatsing van zand naar benedenstrooms over een korte afstand (Verdonschot & Verdonschot 2019). Of de sterke indroging van grote delen van de bedding tijdens de droogte van 2019-2020 nog met dit patroon interfereert is niet bekend. Afhankelijk van hoe de afvoer zich ontwikkelt in 2020 is dit nog een interessant fenomeen om te bekijken na een periode van hoge afvoer. Daarna is een lagere meetfrequentie voldoende om de zandverplaatsing en andere morfologische veranderingen in beeld te houden.

Geleidbaarheid

De geleidbaarheidsmetingen lieten zien dat piekafvoeren een toename van de geleidbaarheid tot gevolg hadden en dat bij herhaalde pieken de geleidbaarheid hoger werd, wat een indicatie is van de toevoer van stoffen van bovenstrooms door in- en afspoeling van aanliggende gronden. Ook een calamiteit in de vorm van een mestlozing liet een duidelijke piek in geleidbaarheid zien. De toename van geleidbaarheid bleek in alle gevallen niet af te zwakken over een traject van 1.7 kilometer, ondanks bijvoorbeeld de aanwezigheid van overstromingsvlaktes langs de beek. Dit wil zeggen dat wat er van bovenstrooms wordt aangevoerd doordringt in het bostraject en dat binnen het bos er geen sterke interactie optreedt met de omgeving (oeverzone of overstromingsvlaktes), waardoor bijvoorbeeld stoffen op grote schaal gebonden worden aan organisch materiaal en zo uit het water verdwijnen.

Het is echter niet bij een geleidbaarheidsmeting niet duidelijk welke stoffen bijdragen en in welke verhouding; het is simpelweg de som van alle verschillende stoffen in het water. Omzettingen van stoffen worden daardoor niet waargenomen zolang ze in het water opgelost blijven en sommige stoffen (bijv. chloride) die sowieso niet reageren met de omgeving kunnen grote invloed uitoefenen op de metingen als ze een groot aandeel hebben in het totaal. Het is dus niet te zeggen of bepaalde stoffen wel worden omgezet en andere

niet en in welke mate. Dat er verschillende processen door elkaar heen lopen is bijvoorbeeld af te leiden uit de onderlinge verschillen in duur en omvang tussen de geleidbaarheidspieken in de tijd. Om in meer detail vast te kunnen stellen welke mechanismen ten grondslag liggen aan de gevonden patronen zijn naast de geleidbaarheidsmetingen ook continu-metingen nodig van stoffen, zoals bijvoorbeeld nitraat.

We laten met de metingen zien dat stoffen van bovenstrooms doordringen het natuurgebied in, wat zorgelijk is omdat naast nutriënten, metalen en andere ionen ook allerlei (micro-) verontreinigingen (bestrijdingsmiddelen, medicijnresten e.d.) mee kunnen komen met het beekwater. Dit levert mogelijk risico's op, die op dit moment niet goed in beeld zijn. Zoals al eerder genoemd is gaat het hier weer om welke stoffen in welke hoeveelheden in het systeem terecht komen en wat hun exacte route in het gebied is. Het gaat hierbij zowel om het aquatische milieu en het terrestrische milieu, waaronder het bodemleven en de daarmee verbonden ecosysteemprocessen in de tijdelijk geïnundeerde bosbodem.

5. Literatuur

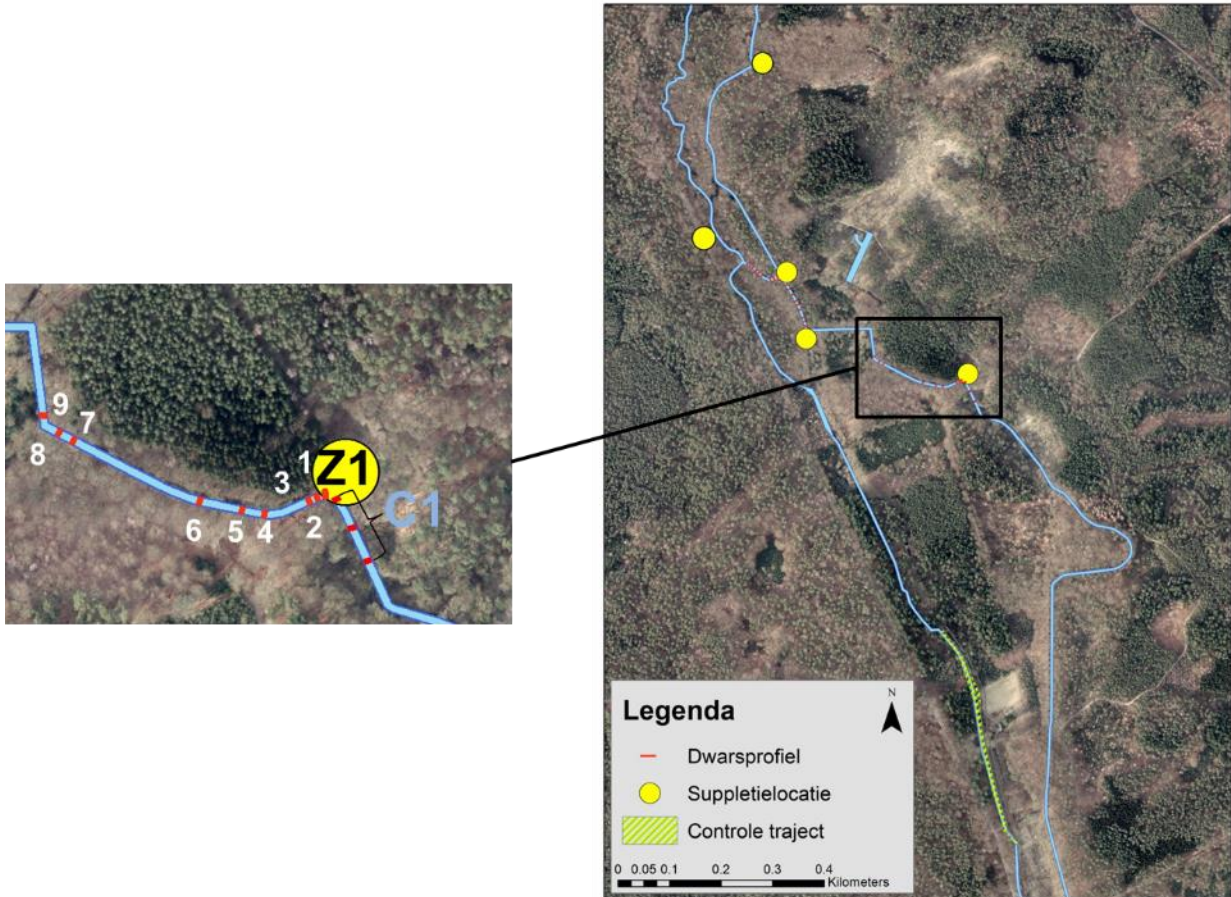
- Verdonschot, R.C.M., Verdonschot P.F.M. (2019) Monitoring effecten zandsuppletie Leuvenumse beek 2018. Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.
- Verdonschot, R.C.M., Dekkers, T.B.M., Verdonschot P.F.M. (2017a) Monitoring effecten zandsuppletie Leuvenumse beek 2017. Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.
- Verdonschot, R.C.M., Dekkers, T.B.M., Verdonschot P.F.M. (2017b) Monitoring effecten zandsuppletie Leuvenumse beek 2016. Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.
- Verdonschot, R.C.M., Dekkers, D.D., Besse-Lotoskaya, A.A. & P.F.M. Verdonschot (2016a) Zandsuppletie in de Leuvenumse beek: monitoring van de fysische en biologische effecten 2014-2015. Zoetwatersystemen, Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Verdonschot, P., Verdonschot, R., Bauwens, J., Brugmans, B., Dees, A., Kits, M., Moeleker, M., Hoog, J. de, Scheepens, M., Barten, I., Coenen, D., Vught, A. van, Roovers, S. (2016b) Kennisoverzicht kleinschalige maatregelen in Brabantse beken. STOWA rapport 2017-16, STOWA, Amersfoort.

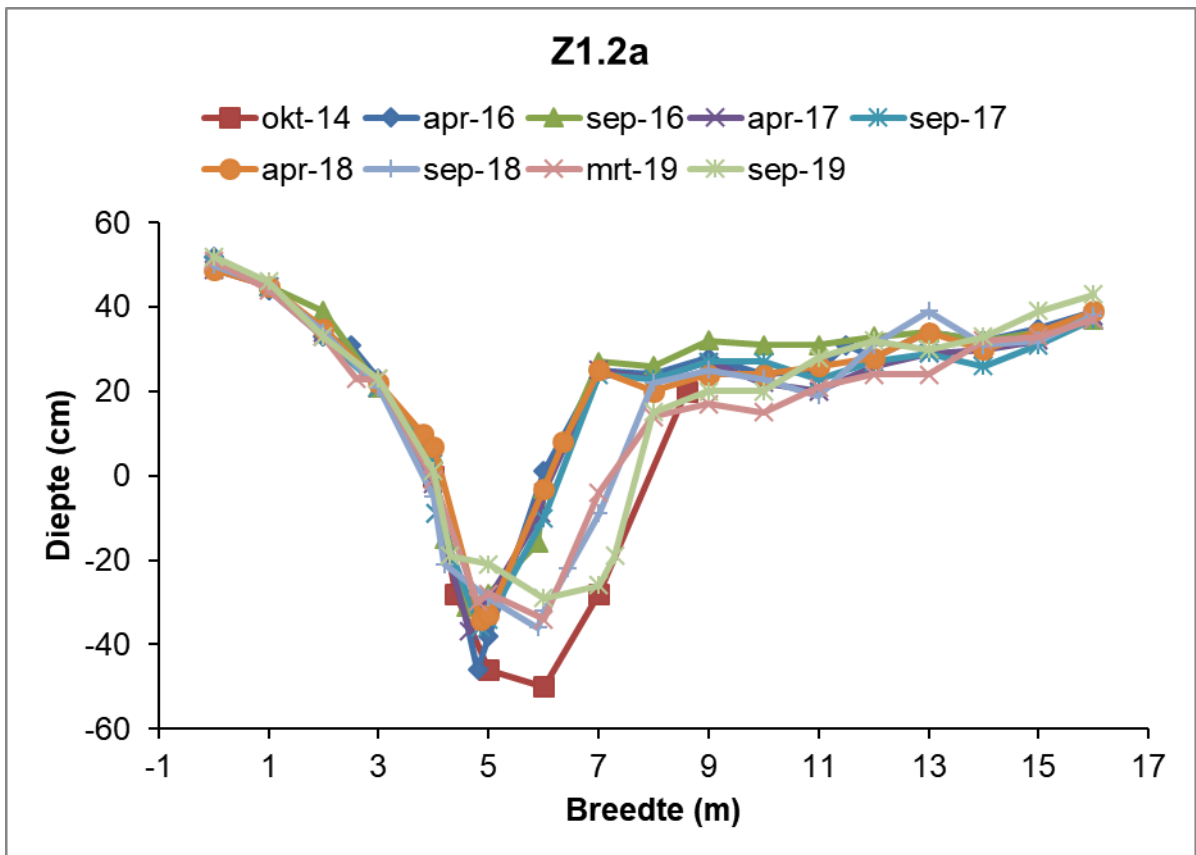
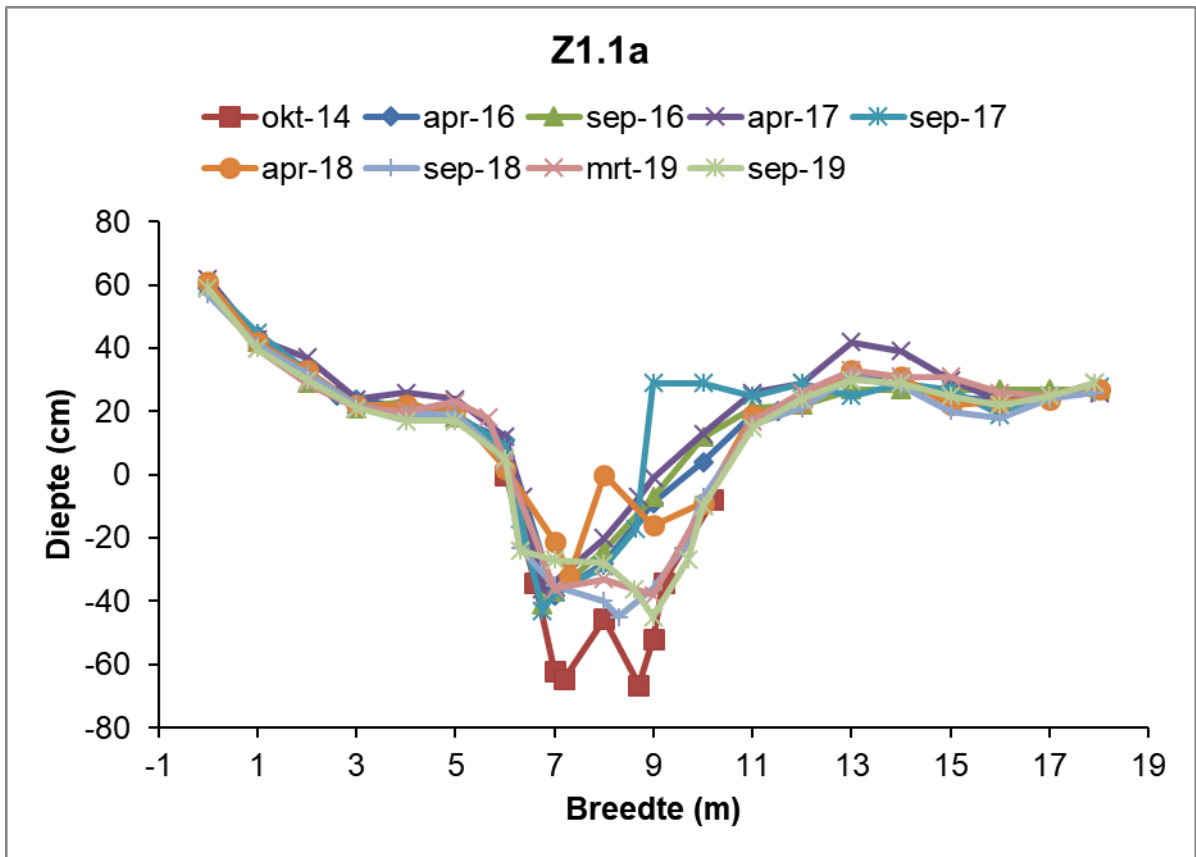
Bijlage 1: dwarsprofielen van de suppletielocaties

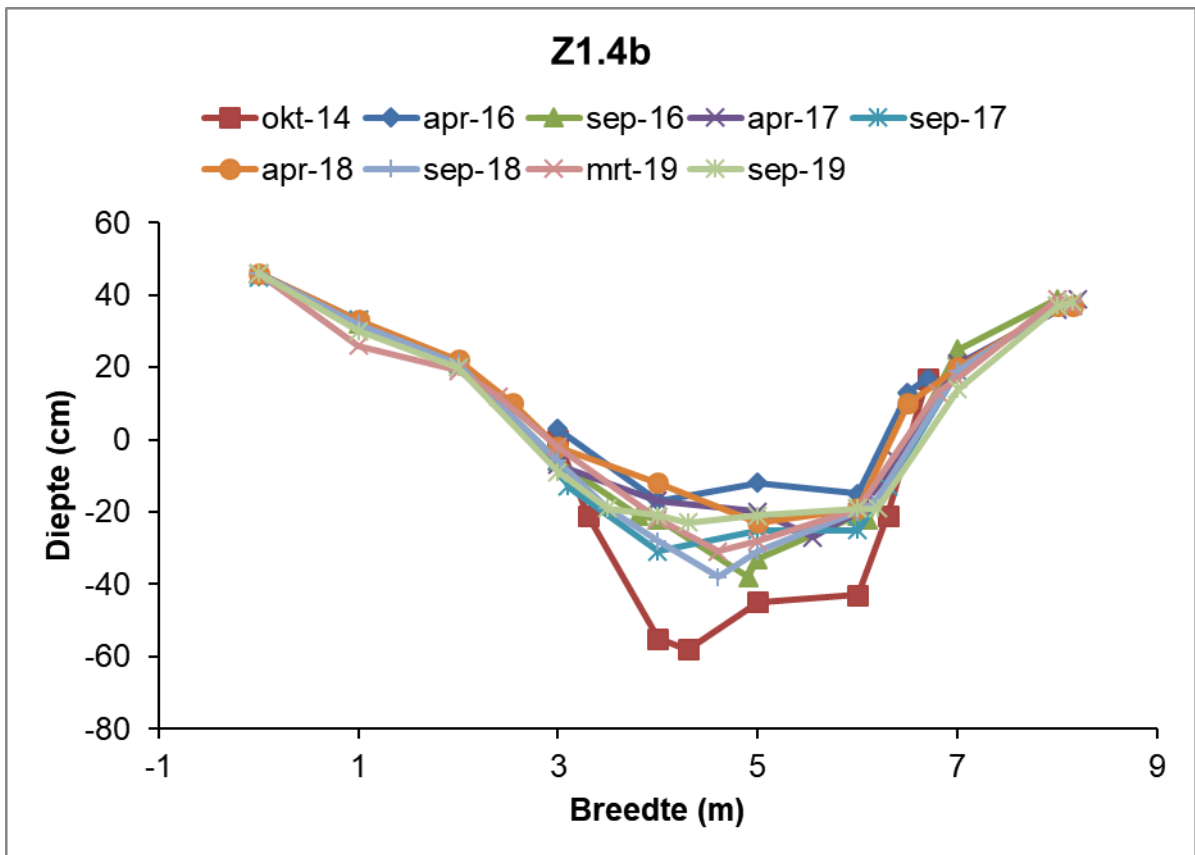
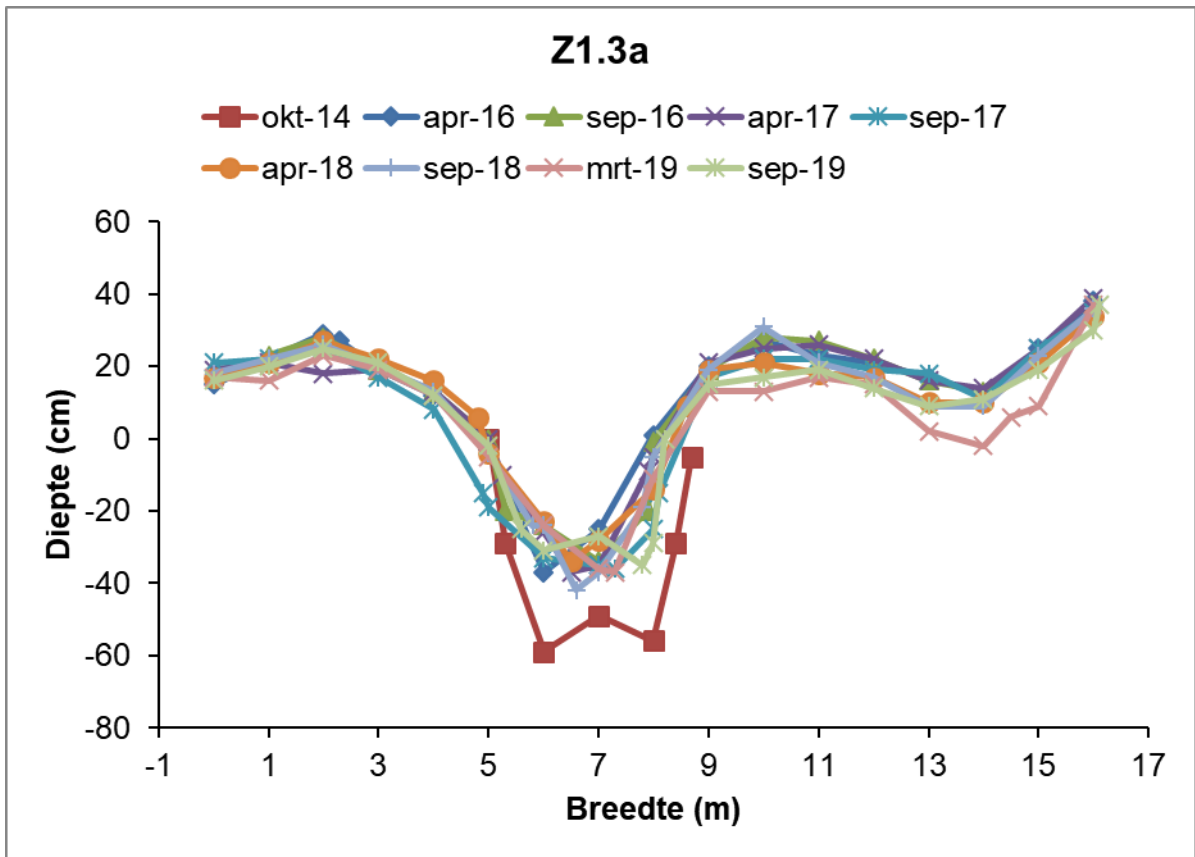
De transecten zijn gestandaardiseerd op de hoogte van de paal op de linker-oever.

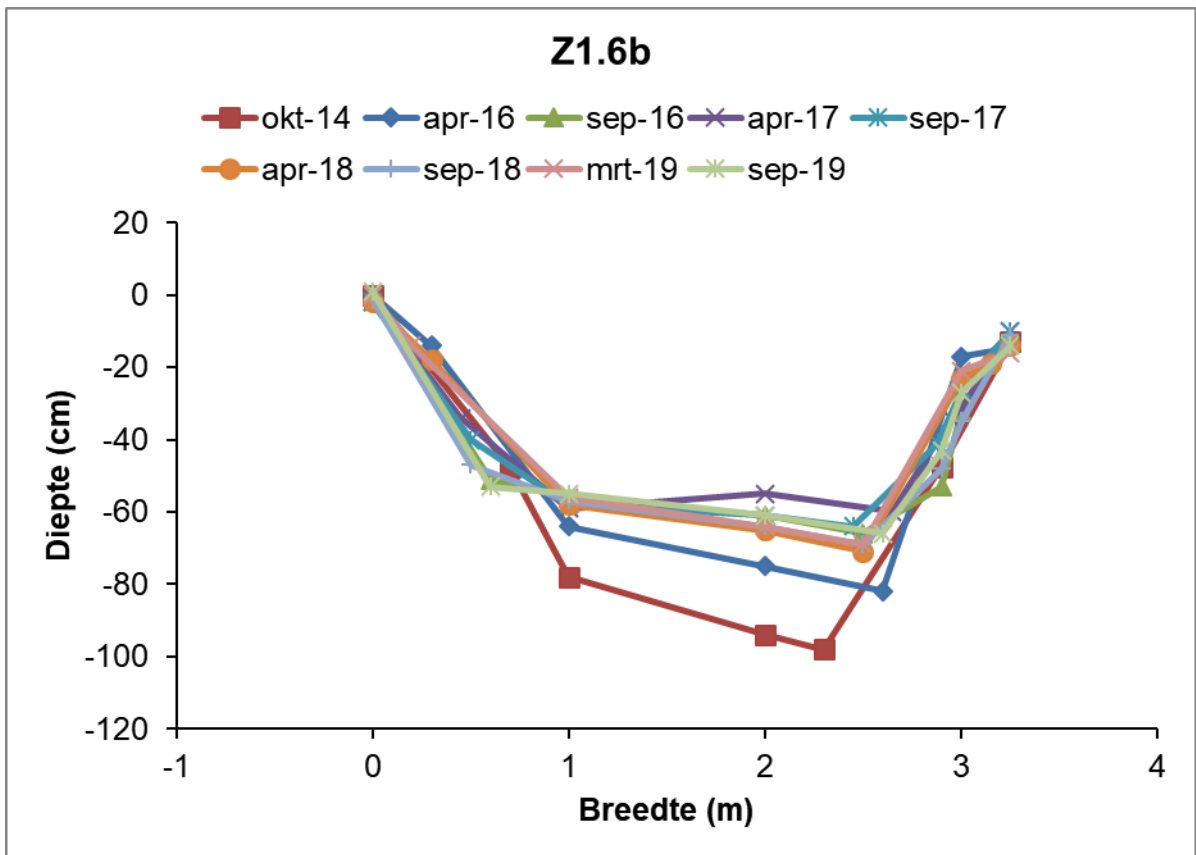
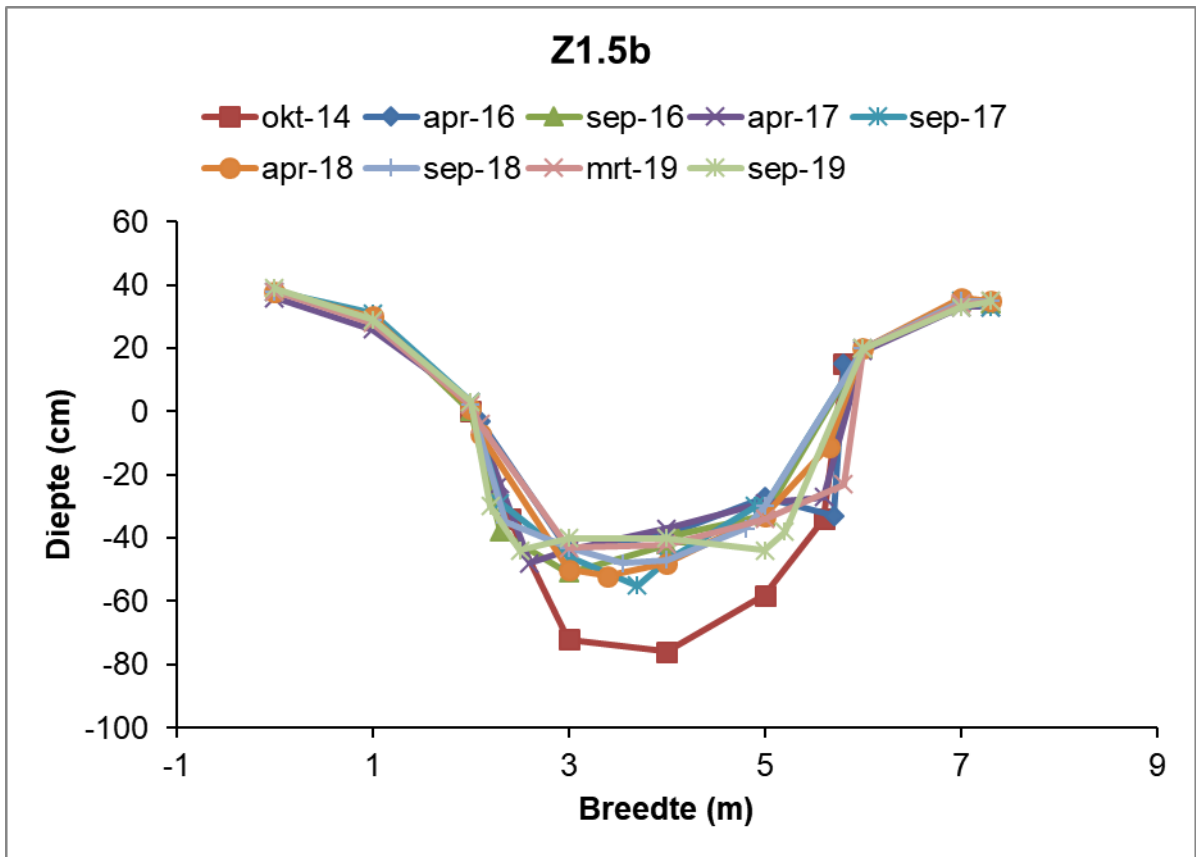
Traject Z1

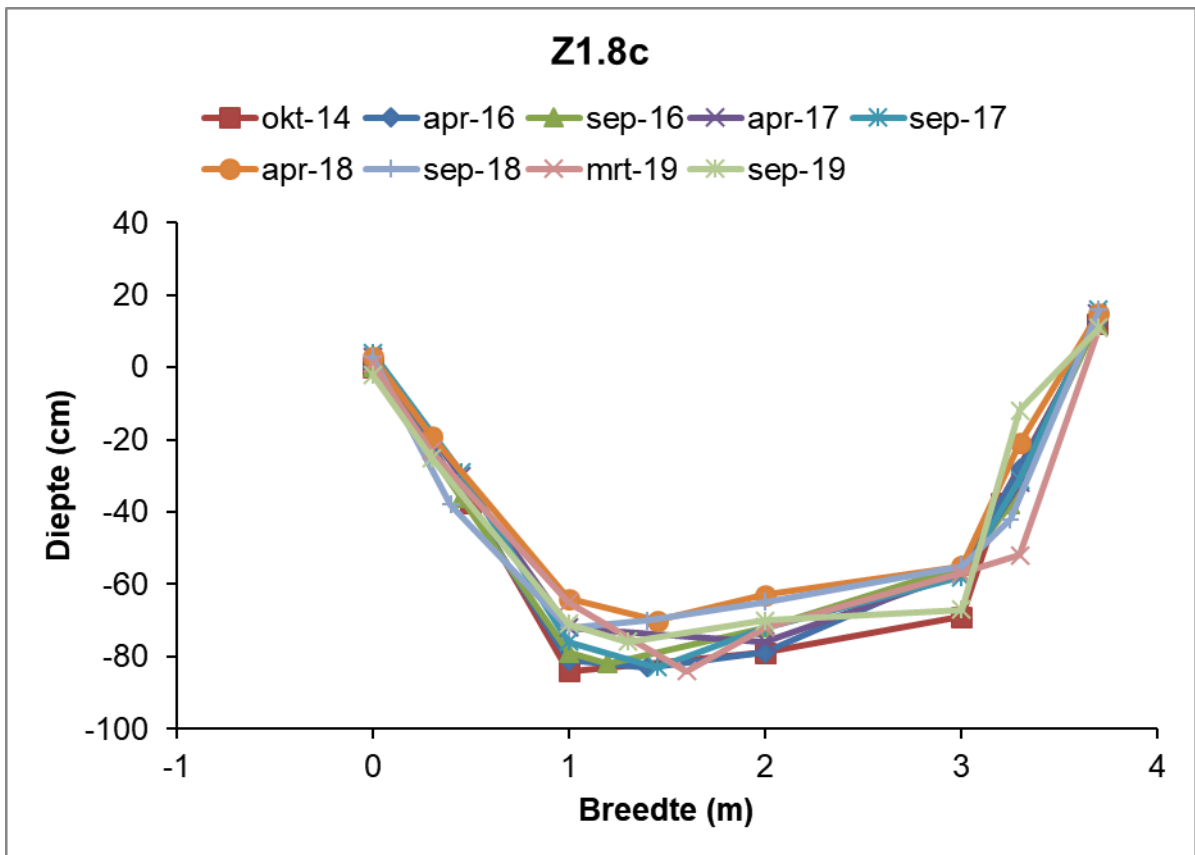
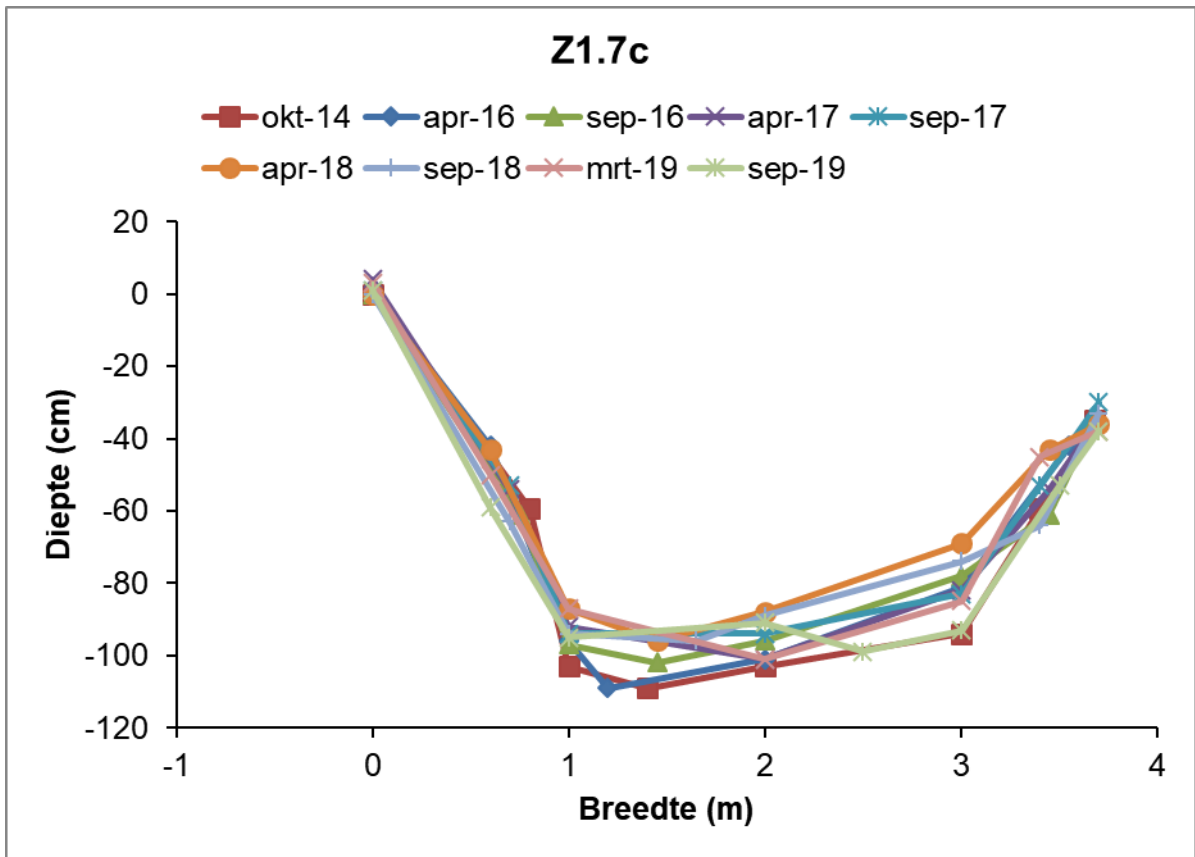
Ligging transecten (1 t/m 3 = a, 4 t/m 6 = b, 7 t/m 9 = c):

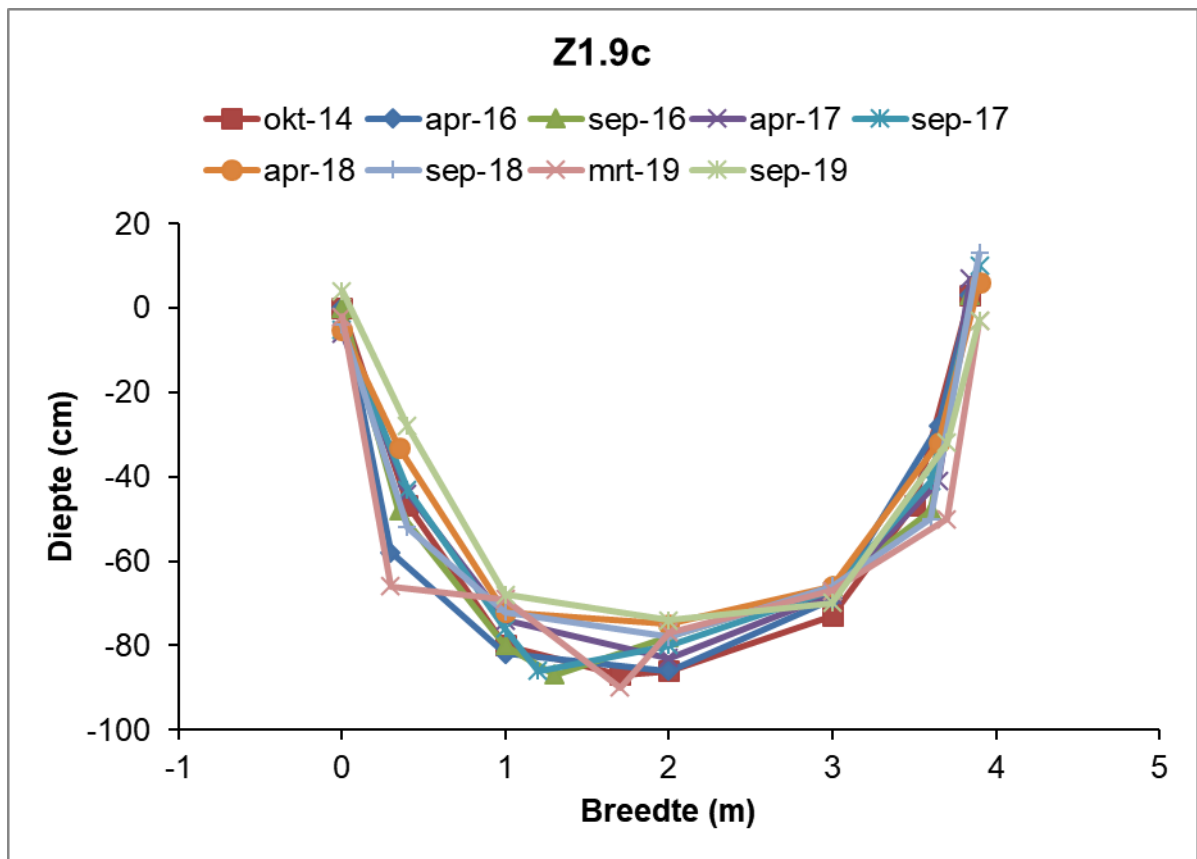






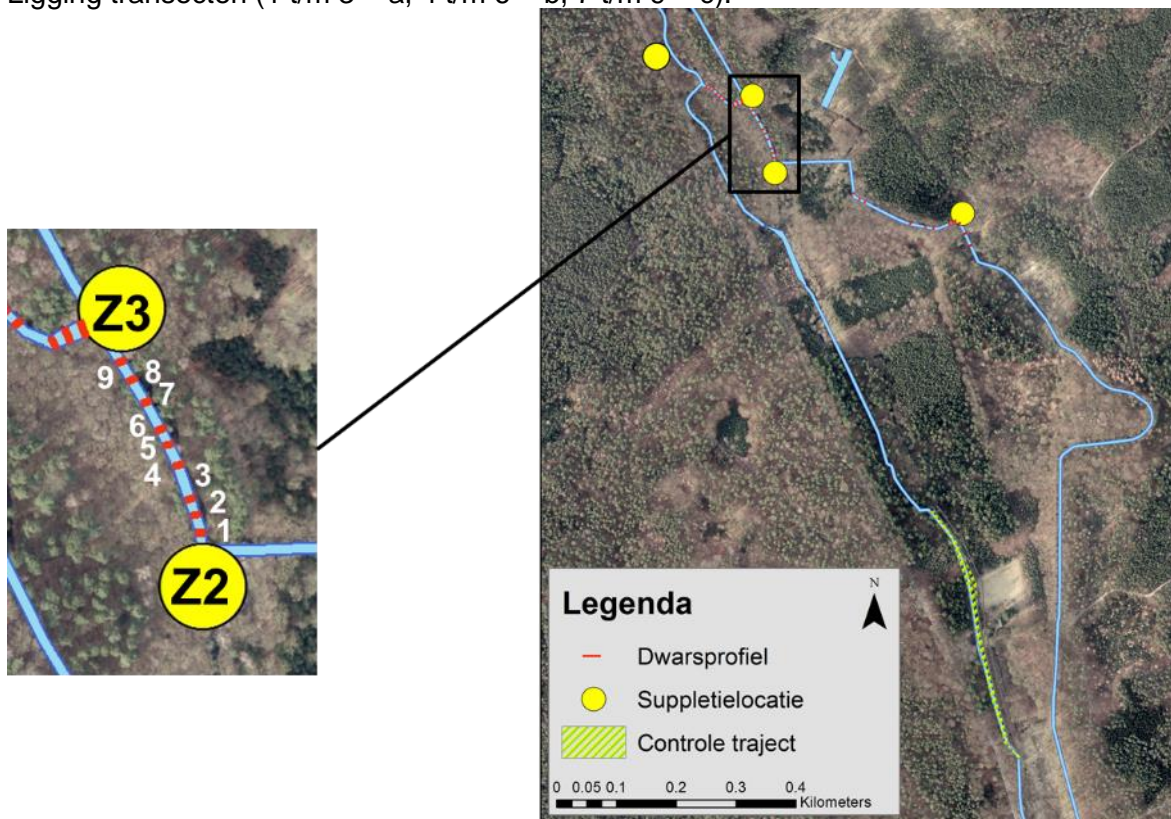


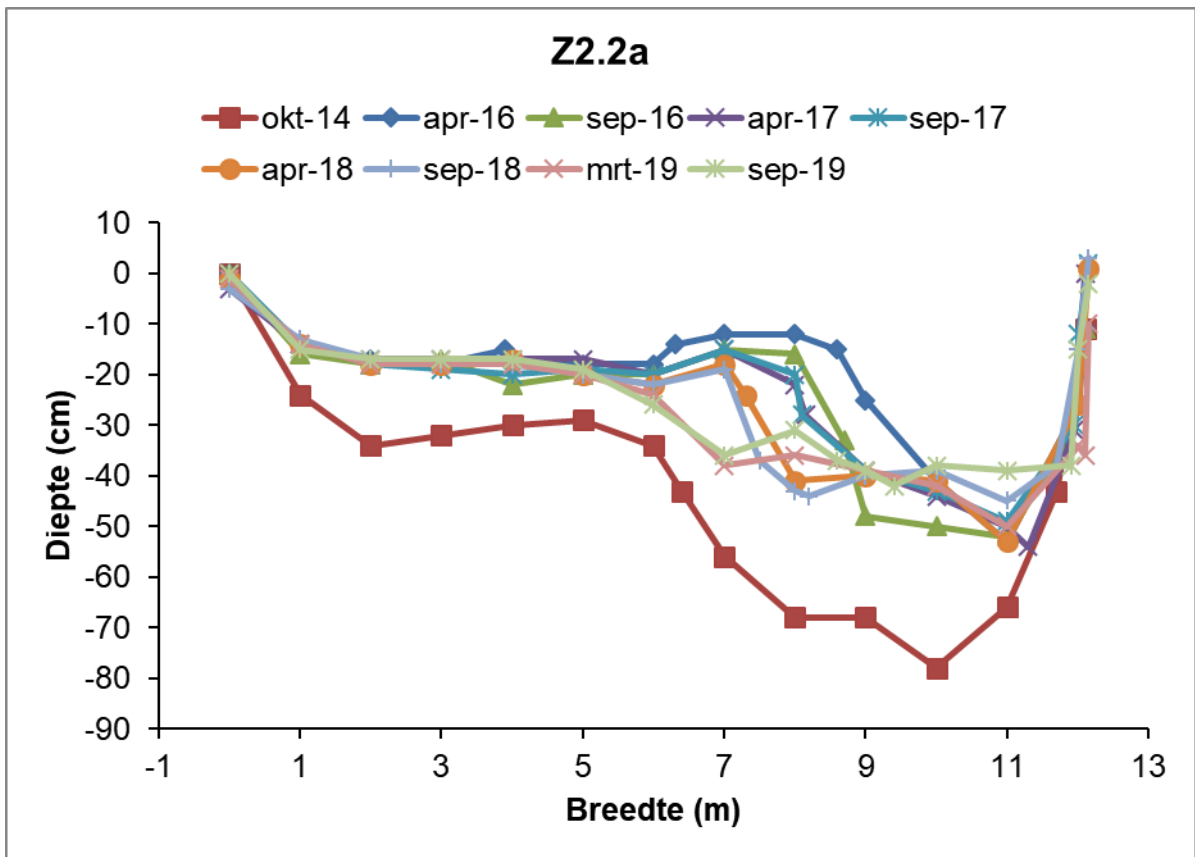
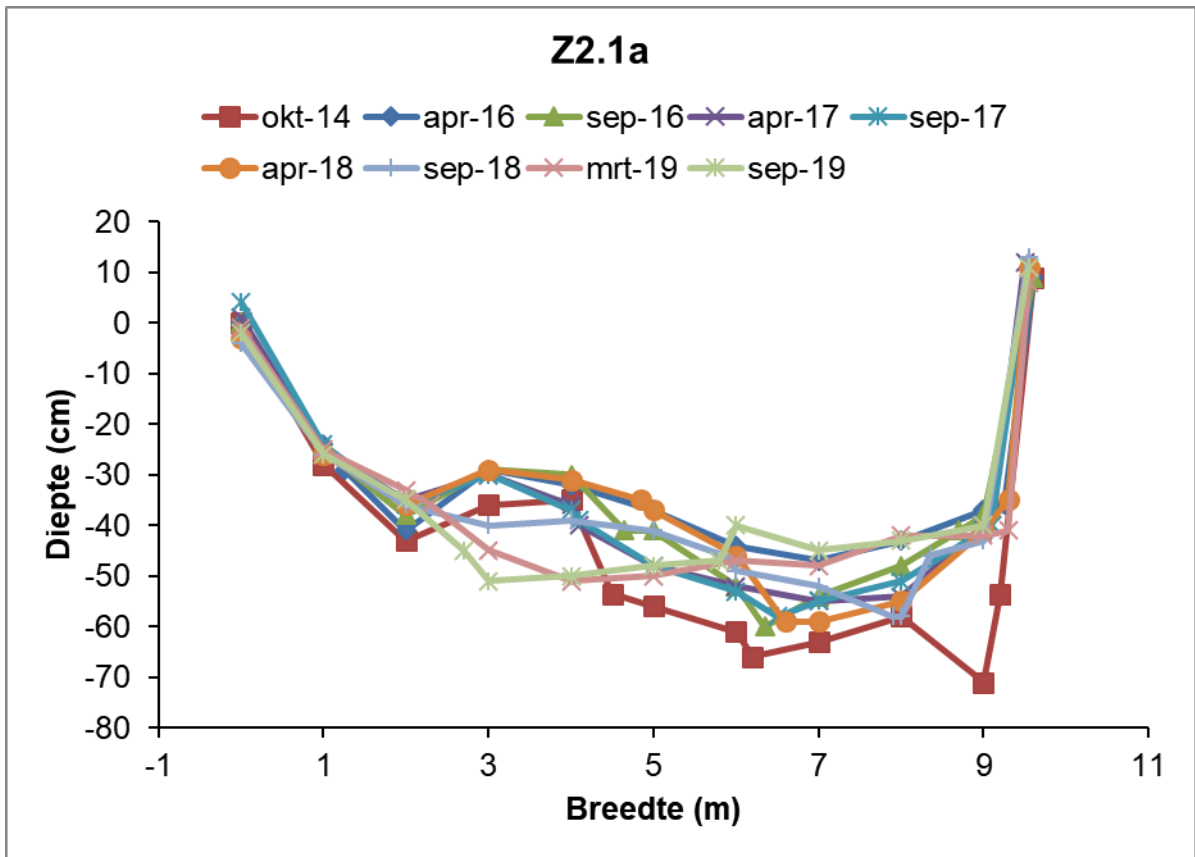


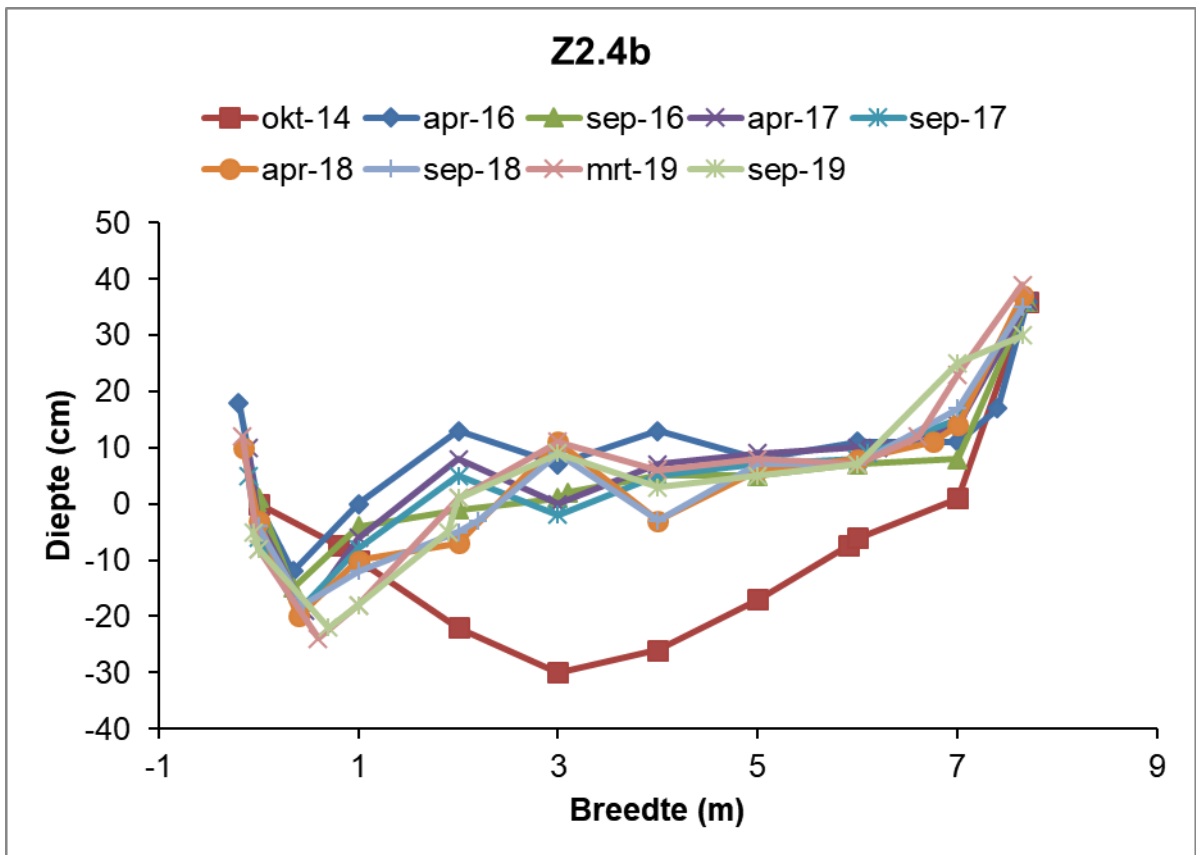
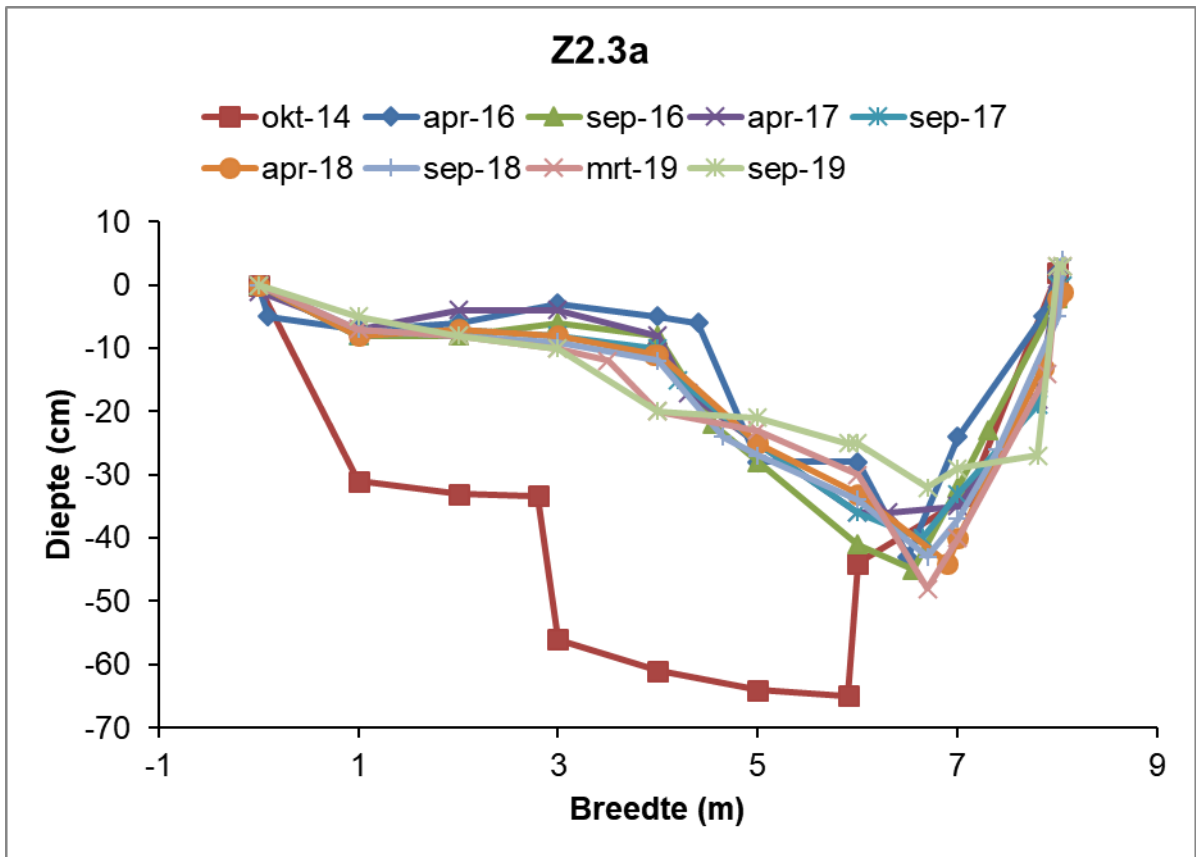


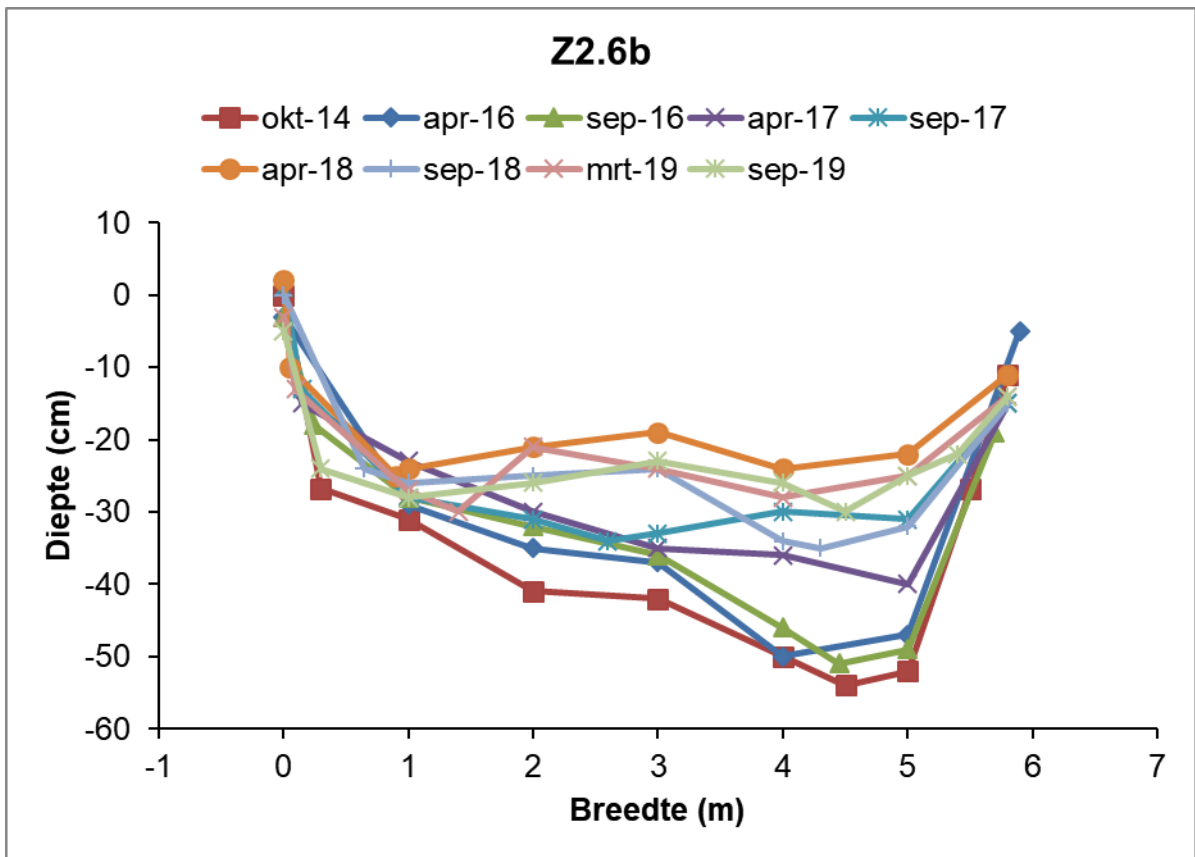
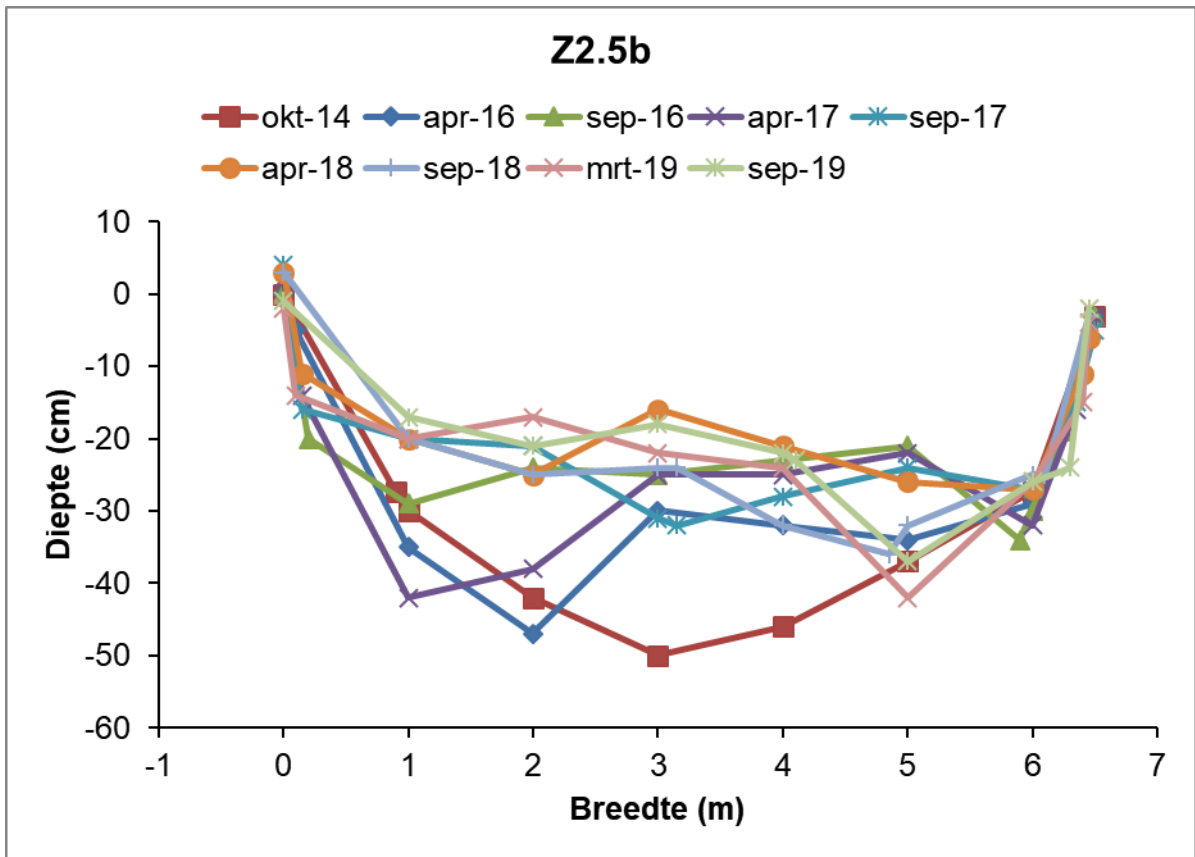
Traject Z2

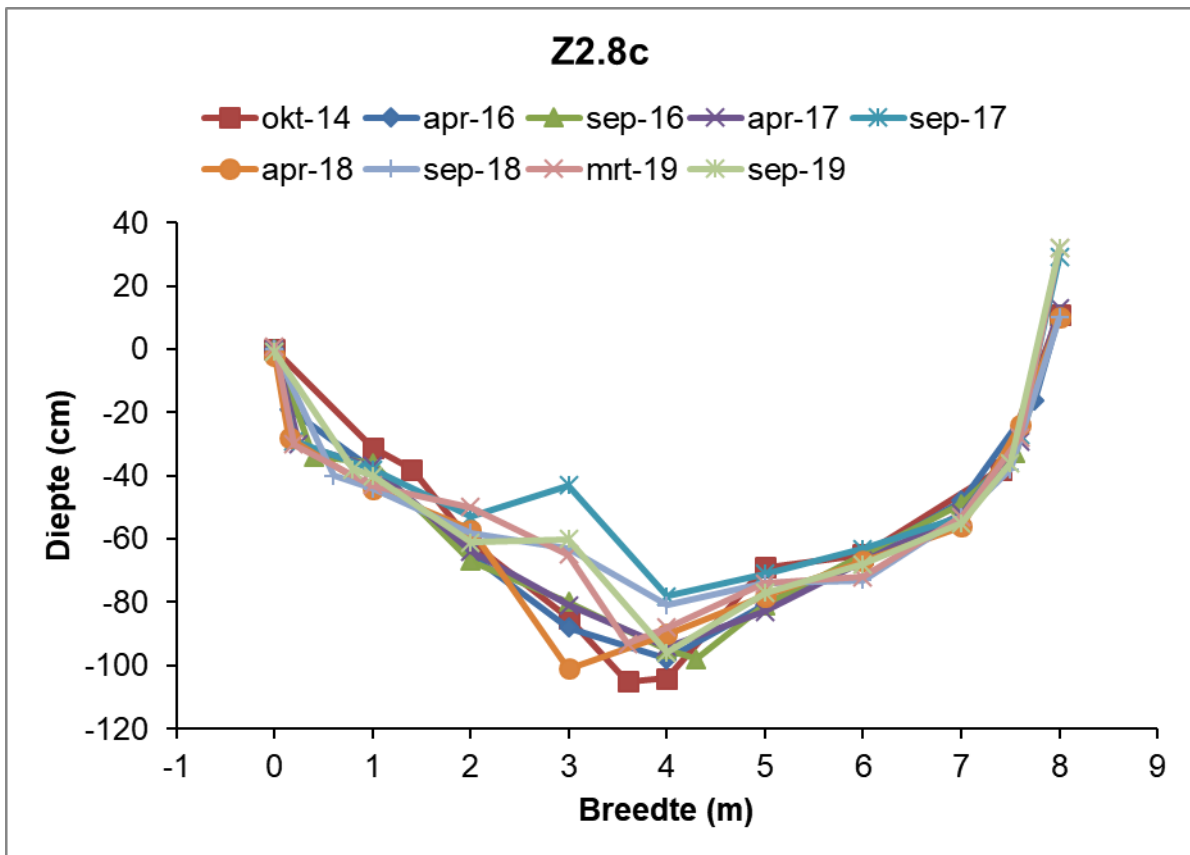
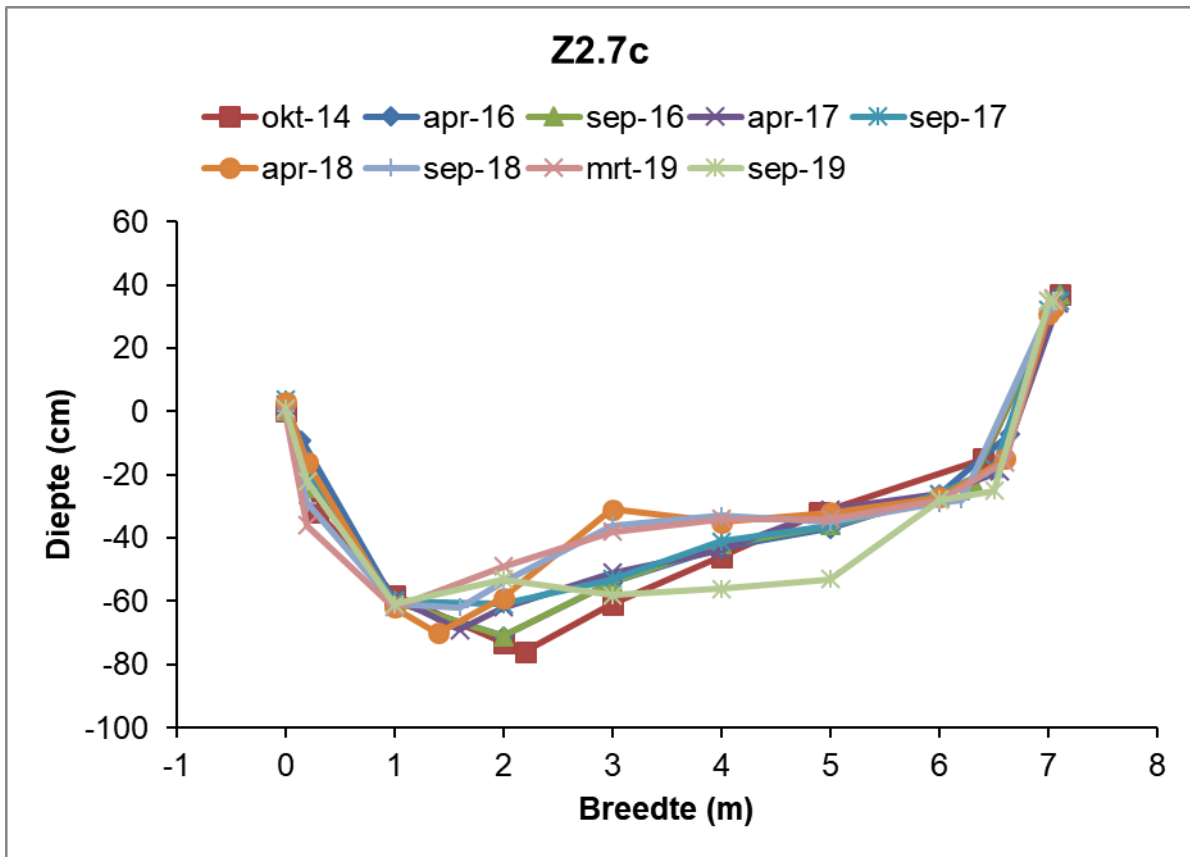
Ligging transecten (1 t/m 3 = a, 4 t/m 6 = b, 7 t/m 9 = c):



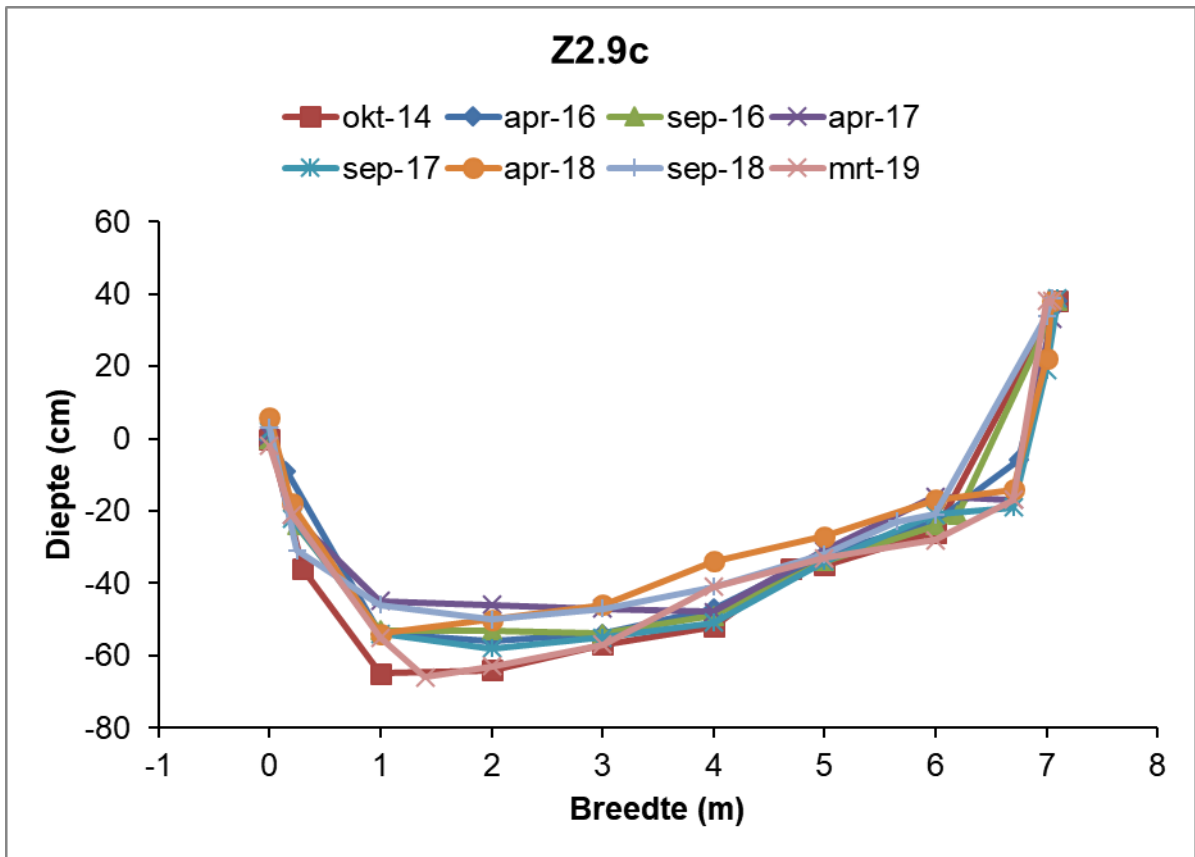








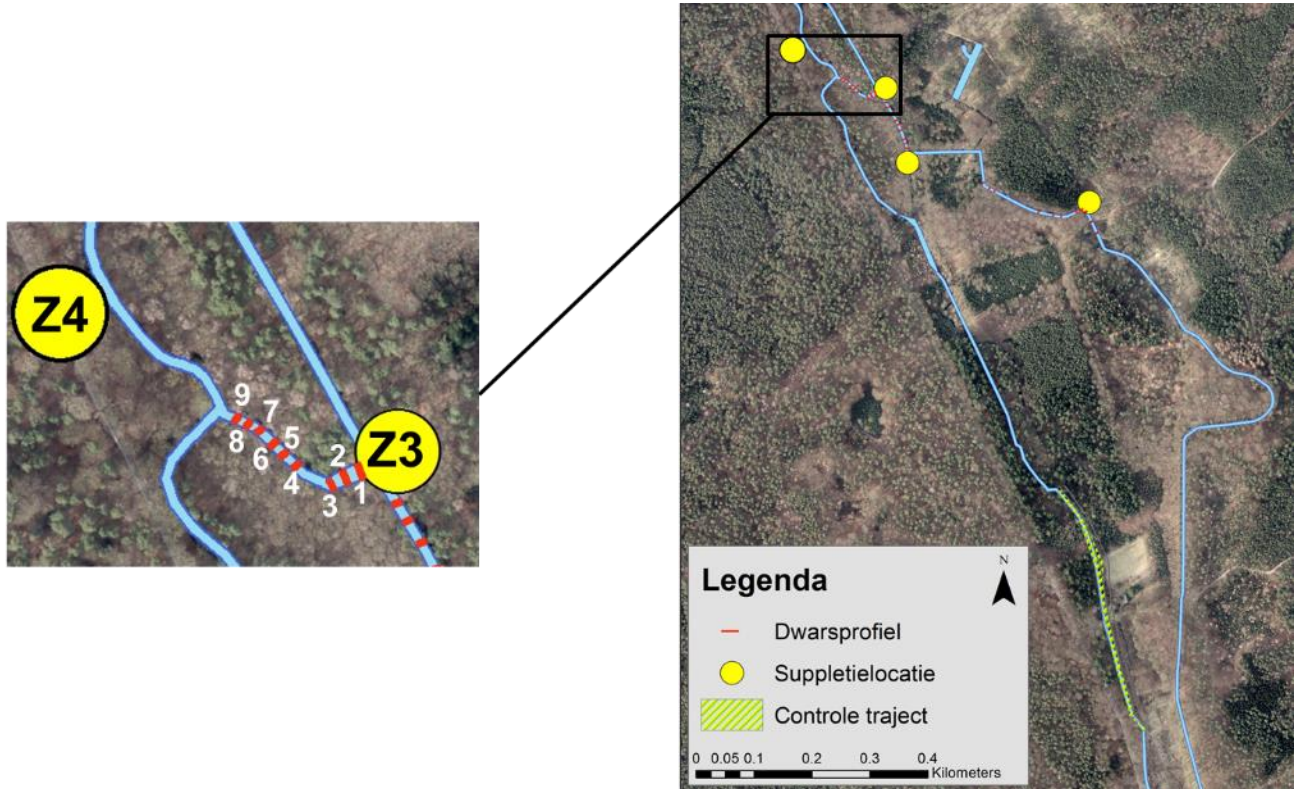
13-9-2017 boomkruin eik in transect gevallen

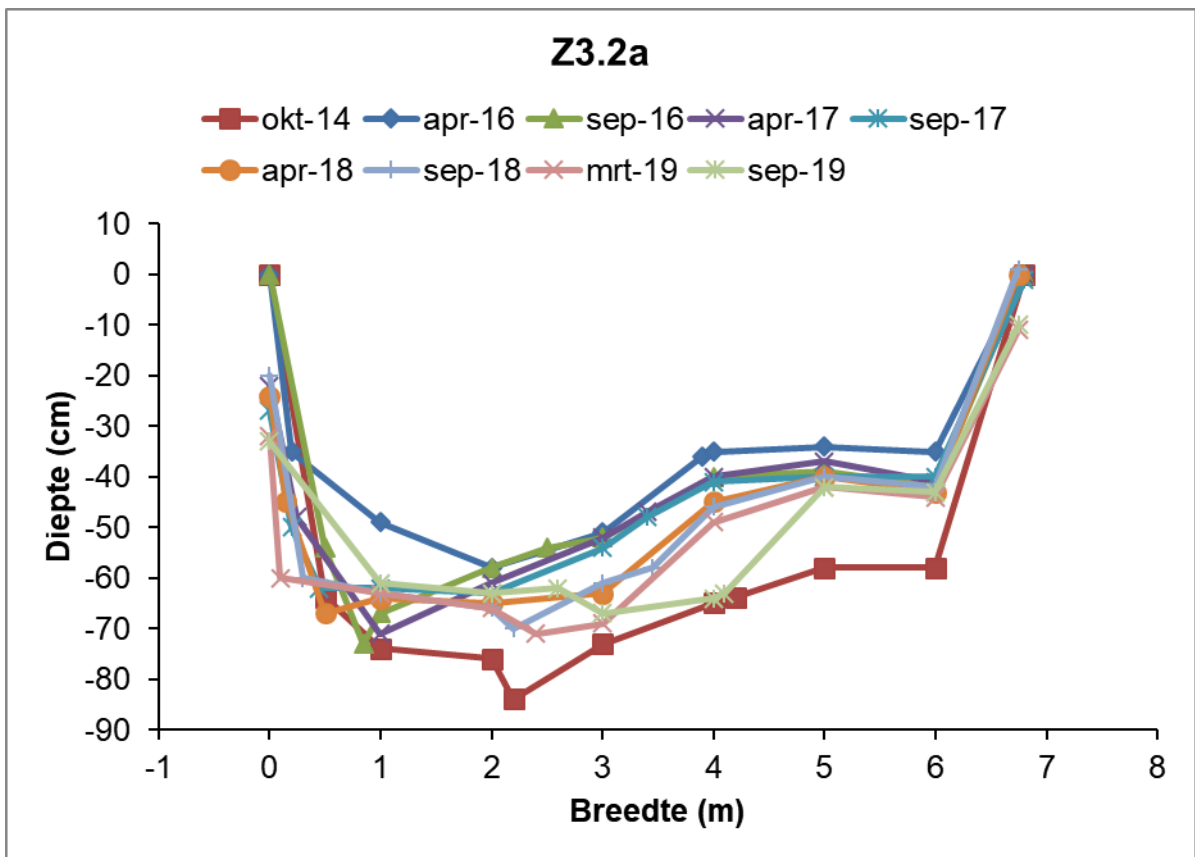
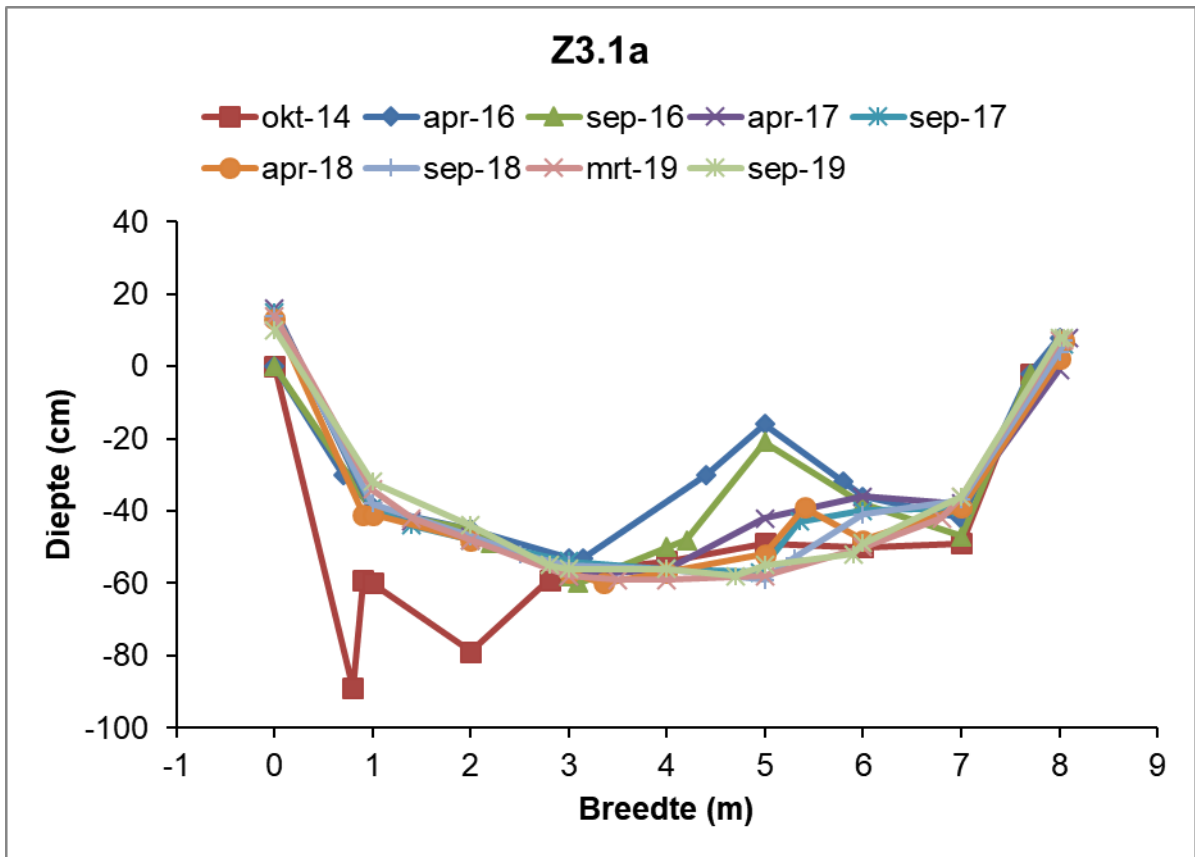


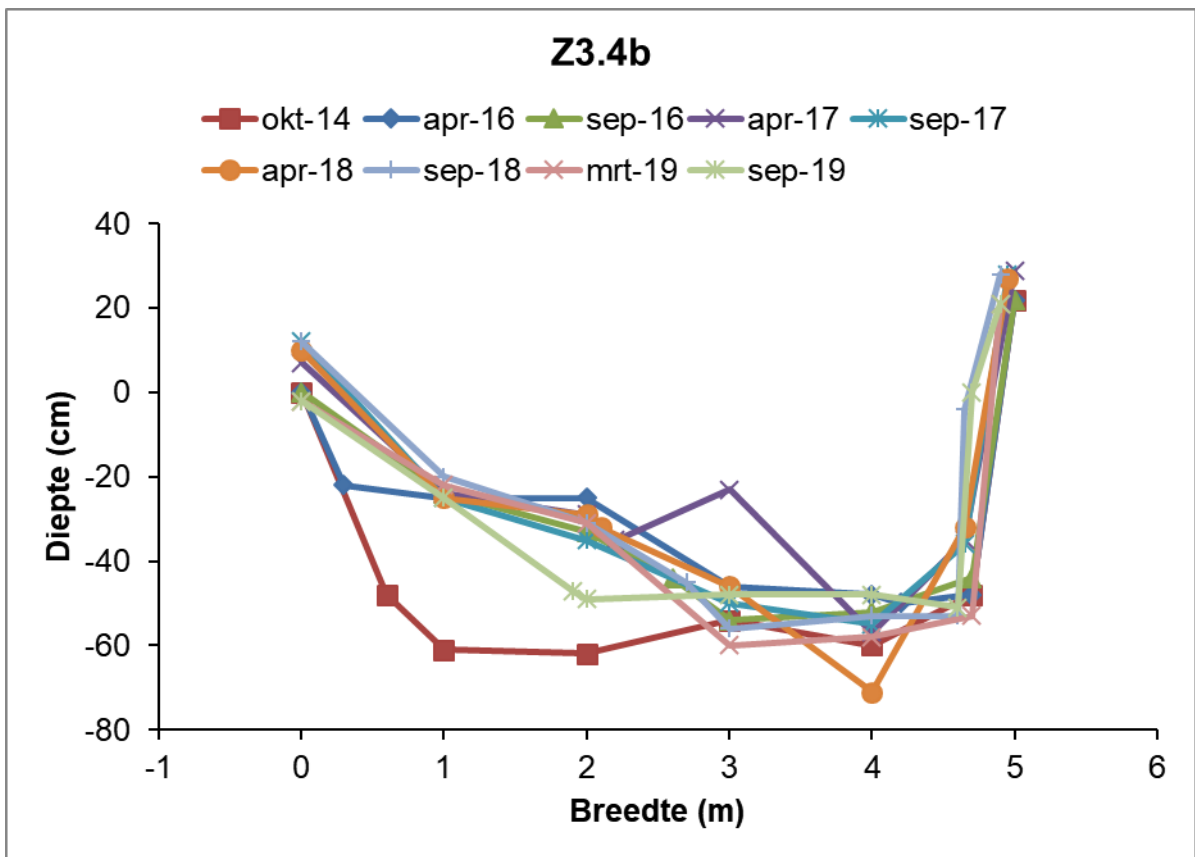
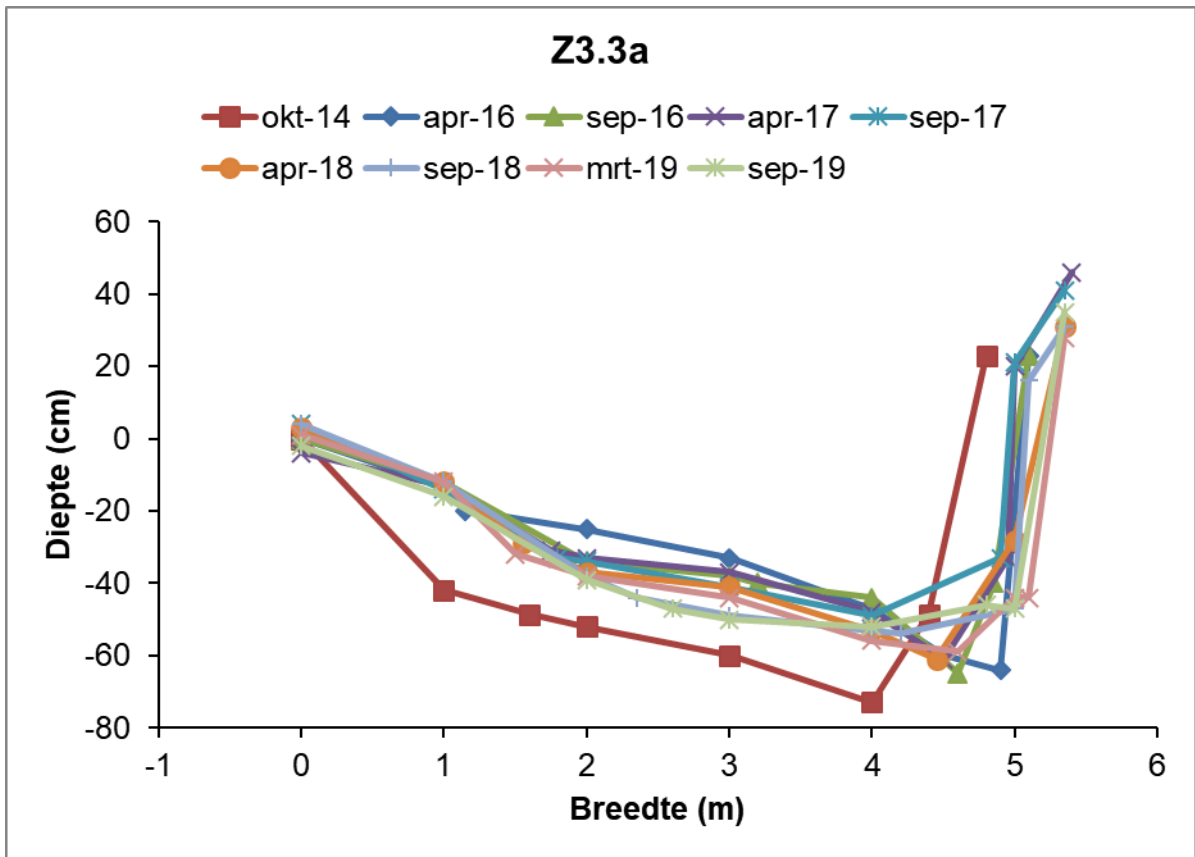
24-9-2019 palen transect verdwenen, linker oever ingestort locaties niet meer te achterhalen

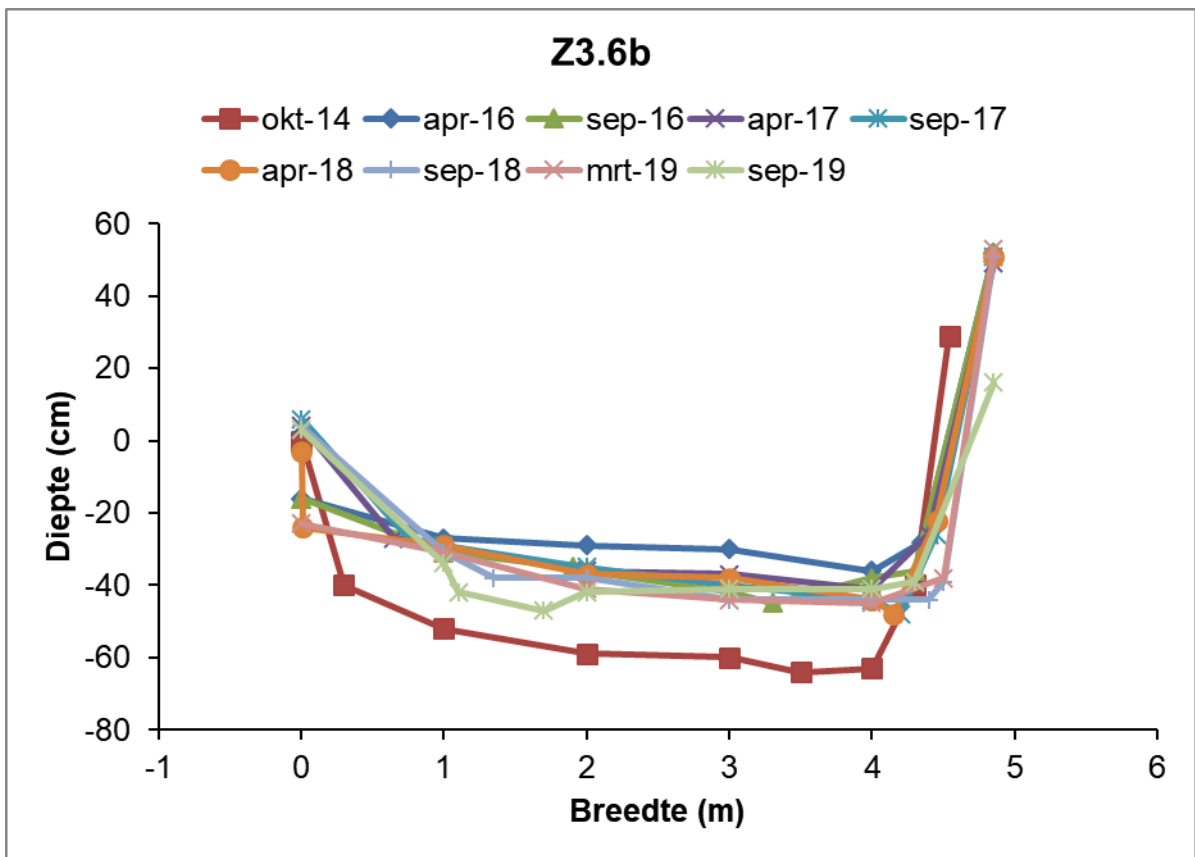
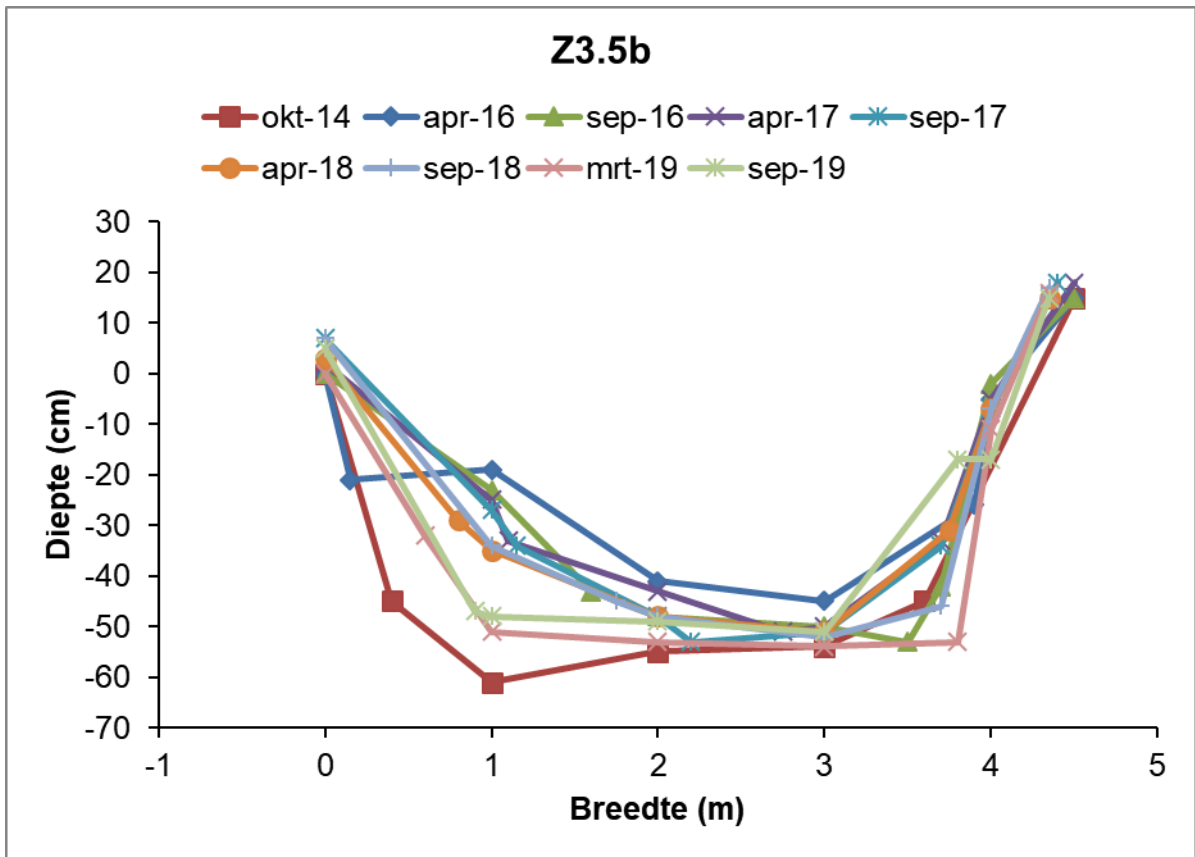
Traject Z3

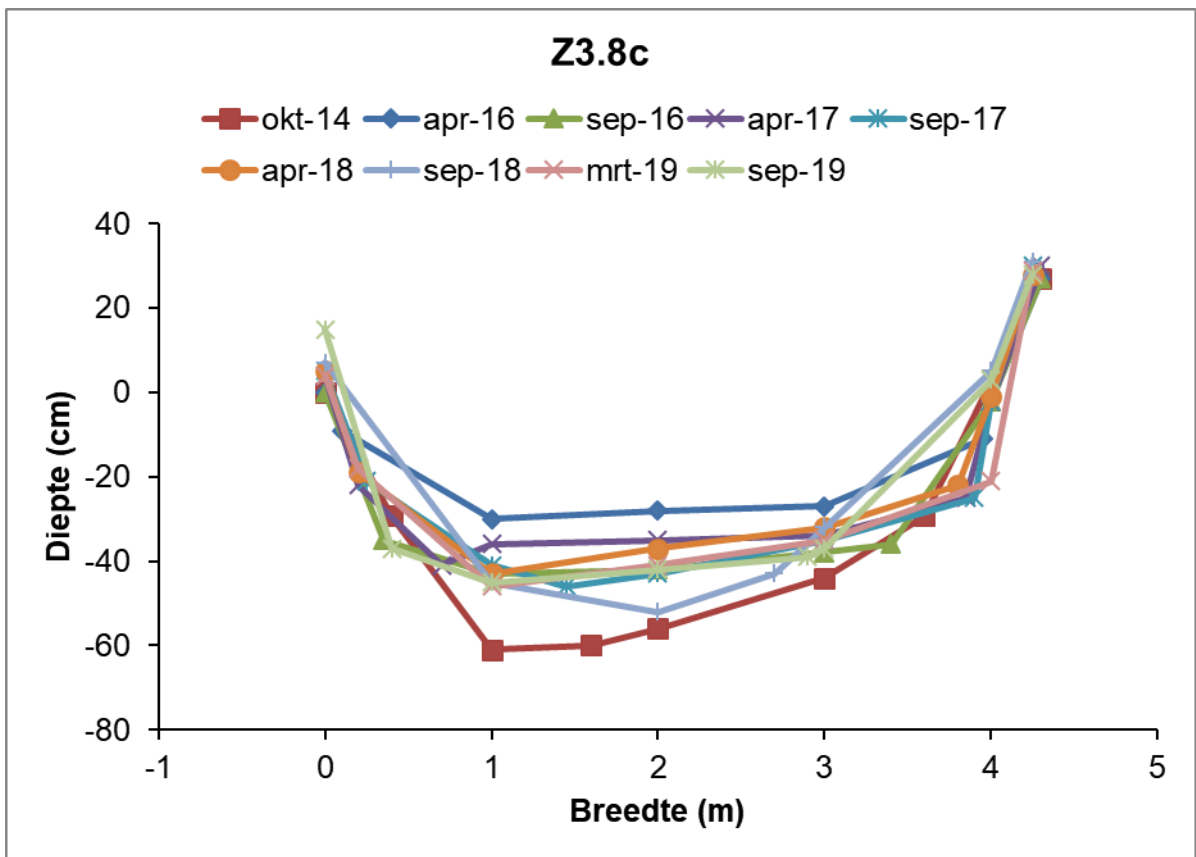
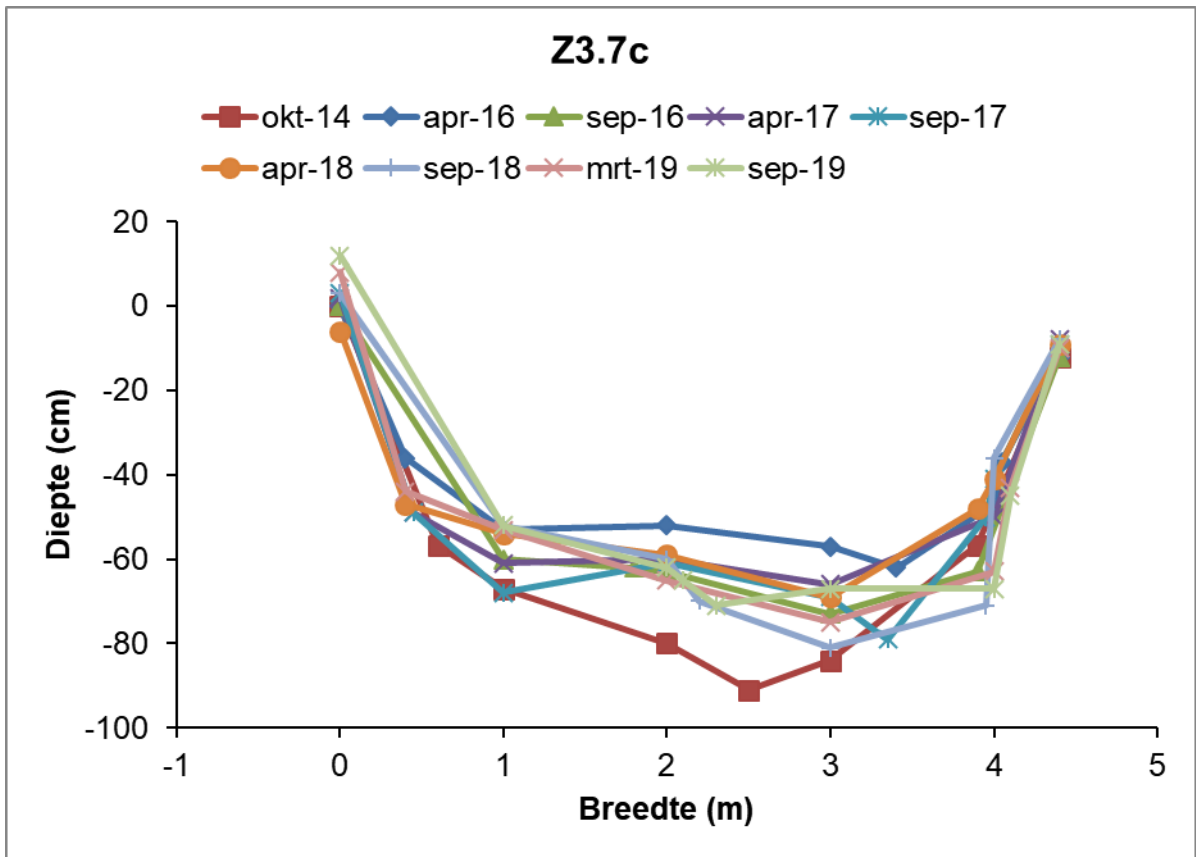
Ligging transecten (1 t/m 3 = a, 4 t/m 6 = b, 7 t/m 9 = c):

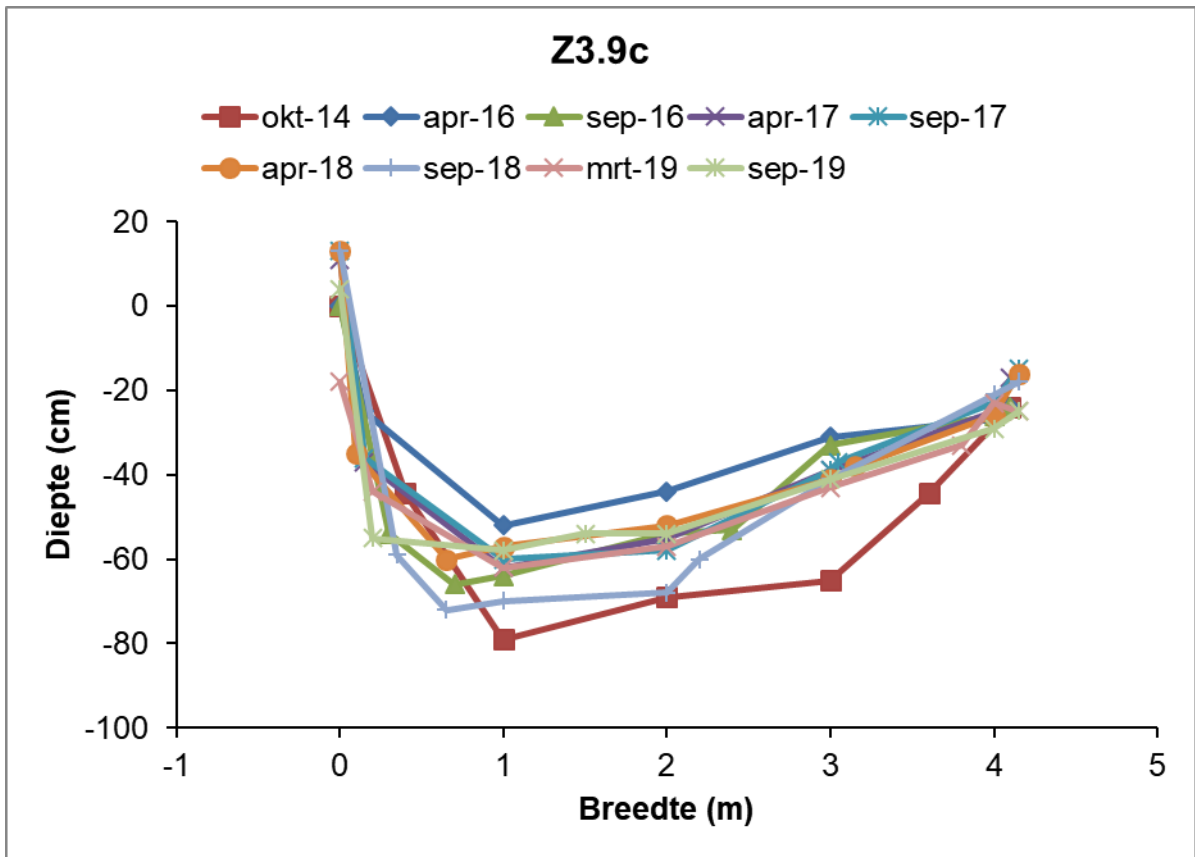












Bijlage 2: dwarsprofielen van de moerasbeek

Moerasbeektraject C1

Ligging transecten (1 t/m 3 = a, 4 t/m 6 = b, 7 t/m 9 = c):

