

# Nota Water- en chloridebalans Canisvlietse kreek

Verkennde studie voor een eenvoudige water- en chloridebalans voor de Canisvlietse Kreek.

Raamovereenkomst zaaknummer 31151860

Onderzoek en Monitoring VNSC: Data-analyse en data-modelleringsdiensten (perceel 2)

Nadere overeenkomst **NOK-KGT2 Verkennde inschatting effecten van verzilting KGT** met contractnummer **31170651**

Voor de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie

Contactpersonen	Eric Van Zanten Laurens Hermans
-----------------	------------------------------------

Projectmedewerkers

Bureau Waardenburg	Rob van de Haterd Jelle Doef
--------------------	---------------------------------

Datum oplevering rapport v1.0: 10/12/2021

Datum oplevering rapport v2.0: 17/12/2021

Datum oplevering rapport v3.0: 11/02/2022

Datum oplevering rapport v4.0: 21/03/2022

# INHOUDSOPGAVE

<b>1.</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Doelstelling en aanpak .....	3
1.2.	Situatieschets.....	3
1.3.	Mitigerende maatregelen.....	5
<b>2.</b>	<b>Verkenning waterbalans.....</b>	<b>6</b>
2.1.	Inventarisatie aanvoer- en afvoerposten.....	6
2.2.	Neerslag en verdamping.....	8
2.3.	Grondwaterwater (kwel).....	8
2.4.	Sloot noord (KST795).....	11
2.5.	Aanvoer oppervlaktewater kwel sloten west (MPN13070).....	12
2.6.	Aanvoer oppervlaktewater vanuit België (MPN10162).....	12
2.7.	Wegsloten.....	12
2.8.	Afvoer Stuw Vissersverkorting (KST719).....	13
<b>3.</b>	<b>Resultaten balans.....</b>	<b>14</b>
3.1.	Gebruikte model.....	14
3.2.	Grondwaterstanden bodem.....	14
3.3.	Kalibratie aanvoer kwel sloten west.....	15
3.4.	Kalibratie chlorideconcentraties .....	16
3.5.	Afvoerdebit over stuw Vissersverkorting .....	17
<b>4.</b>	<b>Conclusies &amp; aanbevelingen .....</b>	<b>18</b>
4.1.	Conclusies.....	18
4.2.	Overblijvende kennisleemten.....	20
<b>5.</b>	<b>Gebruikte bronnen .....</b>	<b>22</b>

# 1. Inleiding

## 1.1. Doelstelling en aanpak

Het doel van deze deeltaak is om een beter inzicht te krijgen in **de effecten van een toename van zoutgehalte in het kanaal op het oppervlaktewater van de Canisvlietse Kreek**. De kernvragen zijn: wat zijn de verschillende zoute (en zoete) waterstromen van en naar de kreek in het Natura2000-gebied Canisvliet, wat zijn de omvang en het zoutgehalte van deze waterstromen?

Deze analyse wordt beschouwd als een eerste stap in de inschatting van de impact van de hogere zoutlast in het Kanaal Gent-Terneuzen op de Europees beschermde plantensoort kruipend moerasscherm, die langs de Canisvlietse Kreek voorkomt en waarvoor dit gebied als Natura 2000-gebied is aangewezen.

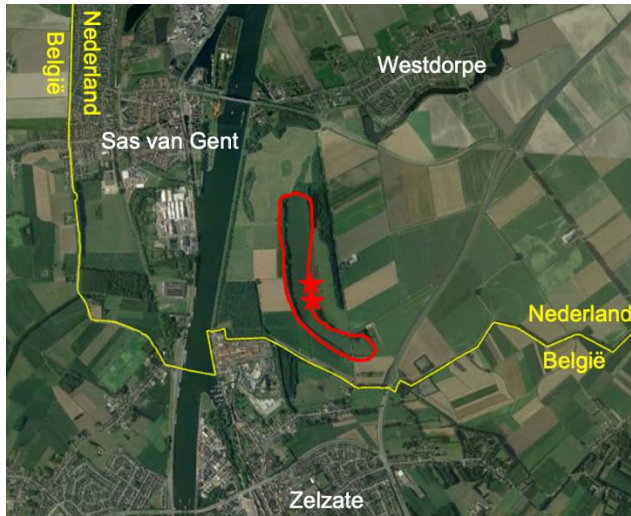
De analyse bestaat uit twee stappen:

1. Allereerst is een verkenning uitgevoerd, waarbij de posten van de waterbalans in beeld zijn gebracht, meetgegevens zijn verzameld en (indien deze ontbraken) een grove inschatting van de kwantiteit en chloridebelasting is gemaakt. Op basis hiervan is besloten welke posten wel en niet meegenomen zijn in de water- en chloridebalans (hoofdstuk 2).
2. Vervolgens zijn de gegevens ingevoerd in een water- en chloridebalans om te kijken of het op basis van de gegevens mogelijk is een enigszins realistische modellering uit te voeren. Doel hiervan is uiteindelijk om gevoel te krijgen voor de bijdrage van de verschillende posten aan de water- en chloridebalans (hoofdstuk 3).

## 1.2. Situatieschets

De Canisvlietse Kreek, of kortweg Canisvliet, ligt op Nederlands grondgebied vlak bij de Belgische grens, tussen Sas van Gent, Westdorpe en Zelzate (figuur 1). Op de oostoever van deze kreek groeit kruipend moerasscherm, een strikt beschermde soort van de Europese Habitatrichtlijn (figuur 2) (Prov. Zeeland 2020). De populatie in Canisvliet is één van de grootste en bestendigste van Nederland. Canisvliet is aangewezen als Natura 2000-gebied vanwege het voorkomen van kruipend moerasscherm.

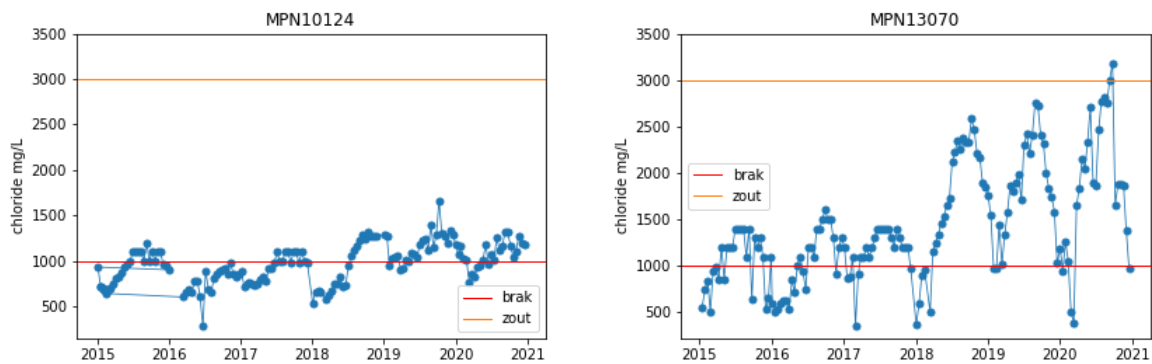
Canisvliet ligt op ongeveer 500 m afstand van het Kanaal Gent-Terneuzen. Aangezien het kanaal een ongeveer 2 m hoger waterpeil heeft dan de kreek, infiltreert er water vanuit het kanaal naar Canisvliet. Een verzilting van het kanaal heeft dus effecten op de waterkwaliteit van Canisvliet; de concentratie chloride in Canisvliet loopt de laatste jaren ook al behoorlijk op en deze toename lijkt gekoppeld aan de toename van de concentratie chloride in de kwelputten tussen Canisvliet en het kanaal (figuur 3). Aangezien kruipend moerasscherm een soort is van zoete (of hooguit zwak brakke) omstandigheden, kan dit effecten hebben op de populatie.



Figuur 1: Ligging Canisvlietse kreek met de groeiplaats van kruipend moerasscherm (rode sterren).



Figuur 2: Canisvlietse kreek met de oever waar kruipend moerasscherm groeit; inzet: kruipend moerasscherm.



Figuur 3: Chlorideconcentratie in Canisvliet (links) en in de kwel sloten van het kanaal (rechts).



### 1.3. Mitigerende maatregelen

In de MER zijn mitigerende maatregelen opgenomen voor Canisvliet. Deze maatregel is gebaseerd op het feit dat er langs het kanaal een kwelsloot ligt, waarin sterk brak water uit het kanaal opkwelt. Het water van deze kwelsloot wordt bij deze maatregel niet langer naar Canisvliet afgevoerd maar omgeleid. Het peilbesluit waarvan deze maatregelen onderdeel uitmaken is in juli 2021 vastgesteld (WS Scheldestromen 2021a) en zullen op korte termijn worden uitgevoerd. Door deze maatregel zal op korte termijn een verzoeting van Canisvliet optreden. Uit eerdere analyses blijkt dat het kanaal ook het zoutgehalte van de diepere ondergrond beïnvloed, dus ook op lange termijn (decennia) komt er mogelijk ook zouter kwelwater via de diepere ondergrond naar Canisvliet; het effect daarvan is tot dusver niet ingeschat of berekend. Dit effect is uiteraard groter naarmate de concentratie chloride in het kanaal hoger wordt. Het opstellen van een eenvoudige waterbalans heeft tot doel deze kennisleemte te vullen.

Door de omleiding van de kwelsloot, wordt het peilgebied gesplitst en ontstaat de mogelijkheid om het natuurgebied en het landbouwgebied een ander peil te geven. Het zomerpeil was -0,10 m NAP en het winterpeil +0,10 m NAP. Het peil in de kreek wordt verhoogd tot zomerpeil +0,1 m NAP, winterpeil +0,2 m NAP. Het peil in het landbouwgebied wordt verlaagd tot -0,15 m NAP (zomer en winter). Dit kan tot gevolg hebben dat de hoeveelheid grondwaterkwel naar Canisvliet afneemt in de toekomst.

## 2. Verkenning waterbalans

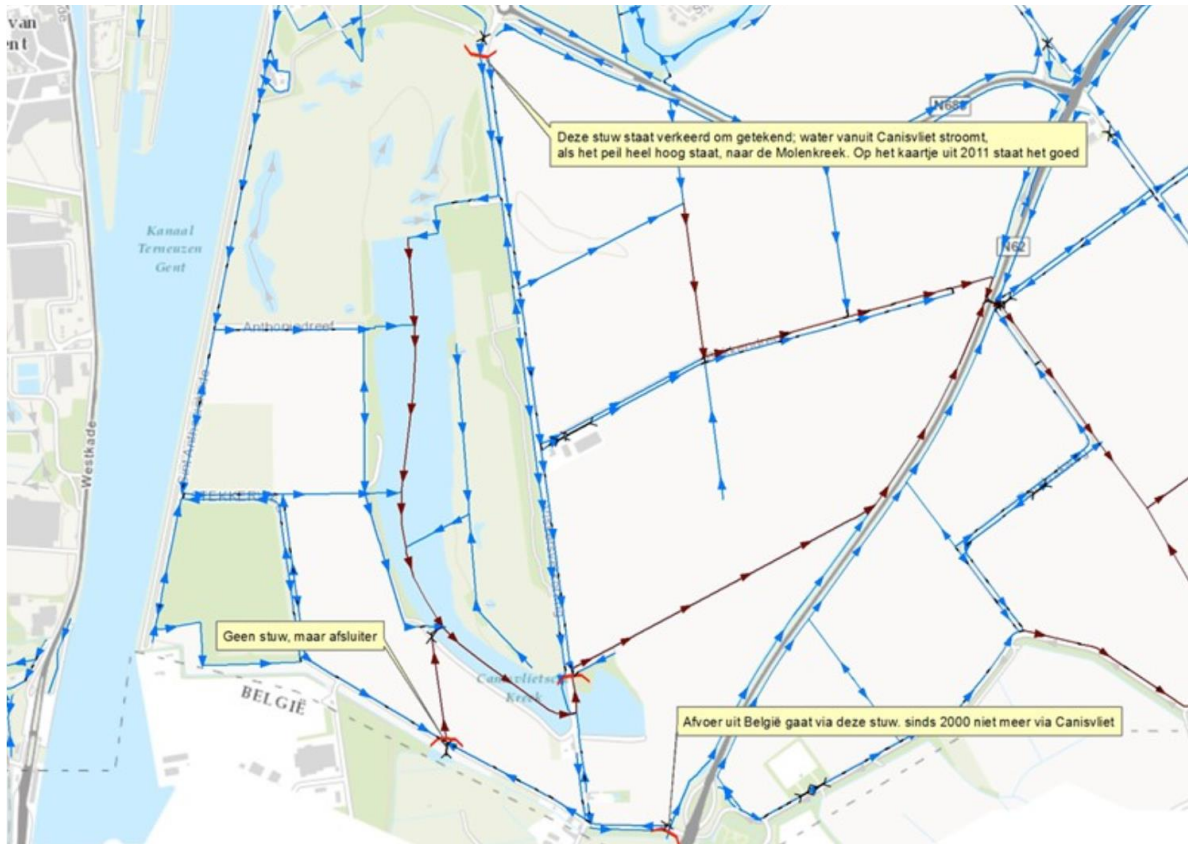
### 2.1. Inventarisatie aanvoer- en afvoerposten

Er is een verkenning uitgevoerd om alle posten van de waterbalans in beeld te brengen (figuur 4 en 5) en gegevens op te vragen waarmee de kwantiteit ( $m^3/dag$ ) en de kwaliteit ( $mg\ Cl/l$ ) van de verschillende posten kunnen worden berekend of geschat (tabel 1). Hiervoor zijn geraadpleegd: Chantal Raes (medewerkster van het Waterschap Scheldestromen), het Natura2000 beheerplan, het peilbesluit en het achterliggende hydrologische rapport (Prov. Zeeland 2020; WS Scheldestromen 2021a; 2021b).

*Tabel 1: Geïdentificeerde posten van de waterbalans (zie ook figuur 5): 1. neerslag, 2. grondwaterkwel, 3. sloot noordzijde, 4. kwel sloten west, 5. sloot Zelzate, 6. wegsloten, 7. verdamping en 8. Afvoer stuw Vissersverkorting. \* de sloot aan de noordzijde was oorspronkelijk opgenomen als aanvoerpost, maar bleek later uitsluitend (incidenteel) water af te voeren (mond. med. Chantal Raes, zie ook figuur 4).*

Aanvoer	Kwantiteit ( $m^3/dag$ )	Kwaliteit ( $mg\ Cl/l$ )
1. neerslag	daggegevens KNMI	meetnet RIVM
2. grondwaterkwel	afleiden uit model	FRESHEM/facet 7
4. kwel sloten west	afleiden uit model	data WS
5. sloot Zelzate	0 (afgekoppeld)	(data WS; niet relevant)
6. wegsloten	waarschijnlijk gering	waarschijnlijk zoet
Afvoer		
3. sloot noordzijde*	incidentele overstort	zoet
7. verdamping	data KNMI	0
8. afvoer stuw Vissersverkorting	stuwberekening WS	data WS

In onderstaande paragrafen wordt per post besproken welke gegevens er zijn over kwantiteit (hoeveelheid water per tijdseenheid) en kwaliteit (chloride) van het water.



Figuur 4: Geannoteerde legger van het waterschap. (bron: Prov Zeeland 2020)



Figuur 5: Geïdentificeerde posten van de waterbalans met aanvoer links en afvoer rechts: 1. neerslag, 2. grondwaterkwel, 3. sloot noordzijde\*, 4. kwel sloten west, 5. sloot Zelzate, 6. wegsloten, 7. verdamping en 8. Afvoer stuw Vissersverkorting. \*: sloot noordzijde bleek geen aanvoer-, maar incidentele afvoersloot.

## 2.2. Neerslag en verdamping

### **Kwantiteit**

Dagwaarden voor neerslag en Makkink-referentieverdamping worden gemeten door het KNMI op het nabijgelegen station Westdorpe (nr. 319).

### **Chloride**

Neerslag bevat over het algemeen zeer weinig chloride, maar dichterbij zee zijn de concentraties wel hoger dan landinwaarts. De chlorideconcentratie van de neerslag wordt gemeten door het RIVM in het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling (LMRe), dat een meetpunt heeft bij het dorp Philippine. De variatie in de concentraties in het regenwater is groot (van 0,2 mg/l tot 8,8 mg/l), maar in verhouding tot de concentraties in het water zijn deze erg laag. Voor de modellering kan daarom worden uitgegaan van de gemiddelde concentraties in de periode 2012-2016, deze was 2,0 mg/l (bron: <https://www.rivm.nl/>).

## 2.3. Grondwaterwater (kwel)

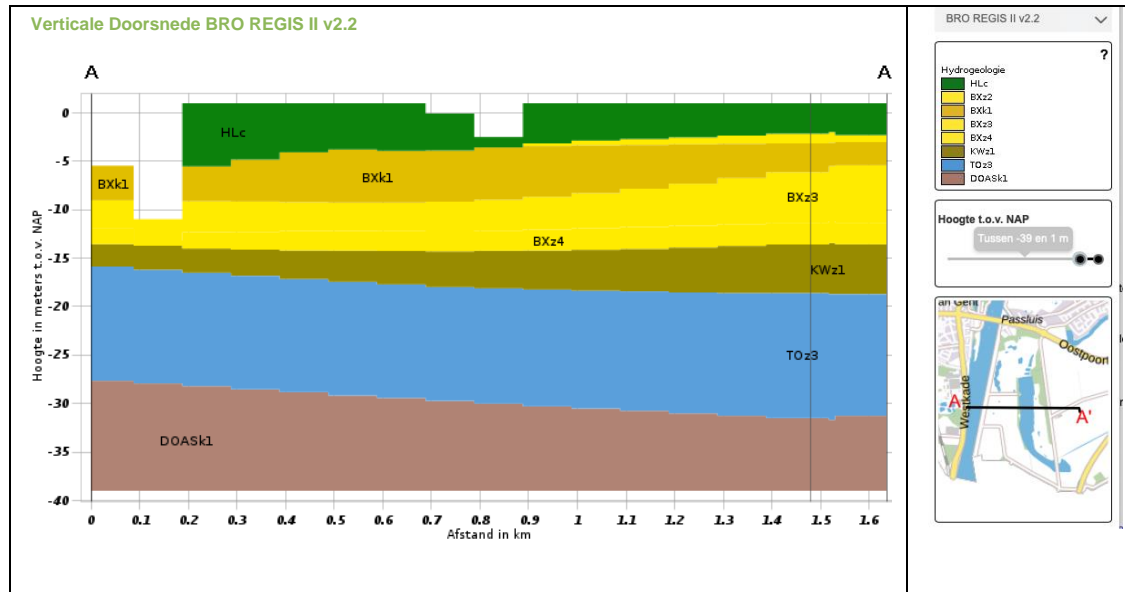
### **Kwantiteit**

Uit de FRESHEM-kaart (figuur 8; <https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem>) blijkt dat het brakke grondwater onder de kreek aanzienlijk ondieper zit dan in de omgeving; een duidelijke aanwijzing dat er brakke of zoute kwel naar boven komt.

Er zijn geen kwantitatieve gegevens beschikbaar over de hoeveelheid grondwaterkwel uit een numerieke grondwatermodellering of een vergelijkbare bron. Daarom is de grondwaterkwel in de waterbalans berekend op basis van de weerstand van de deklaag en het verschil tussen de stijghoogte van het grondwater en het waterpeil. Hieronder wordt toegelicht welke gegevens hiervoor gebruikt zijn en welke bandbreedte dit opleverde.

### **Weerstand deklaag**

De deklaag bestaat ter hoogte van de kreek uit een holoceen pakket (zavel) van 3-5 m dik (HLc), daaronder een ongeveer even dik pakket lichte zavel in de Formatie van Boxtel (Bxkl), zie figuur 6. Van dit onderste pakket is de weerstand gegeven in REGIS ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)), deze heeft een c-waarde van 500 tot 1000 dagen. Van het holocene pakket is de weerstand niet bekend. Het Holocene pakket is ongeveer net zo dik als de Boxtel-laag en bestaat ook uit zavel. Daarom is de inschatting dat de weerstand vergelijkbaar is. Ten westen van de kreek is het Holocene pakket echter iets dikker en bestaat uit zware zavel i.p.v. lichte zavel, daarom is de weerstand hier iets hoger ingeschat. Onder de bodem van de kreek is het Holocene pakket erg dun en de weerstand dus gering. De inschattingen zijn weergegeven in tabel 2.



Figuur 6: Grondwaterstand peilbuizen bij Canisvliet.

Tabel 2: Inschatting van de weerstand van de deklaag bij Canisvliet.

	Weerstand Boxtel (d)	Bodem Holocene	dikte Holocene in m	Schatting weerstand Holocene (d)	Weerstand deklaag (d)
Kreek	500-1000	zavel	1-2	100-300	600-1200
Bodem oost	500-1000	lichte zavel	4-5	500-1000	1000-2000
Bodem west	500-1000	zwarte zavel	5-6	700-1500	1200-2500

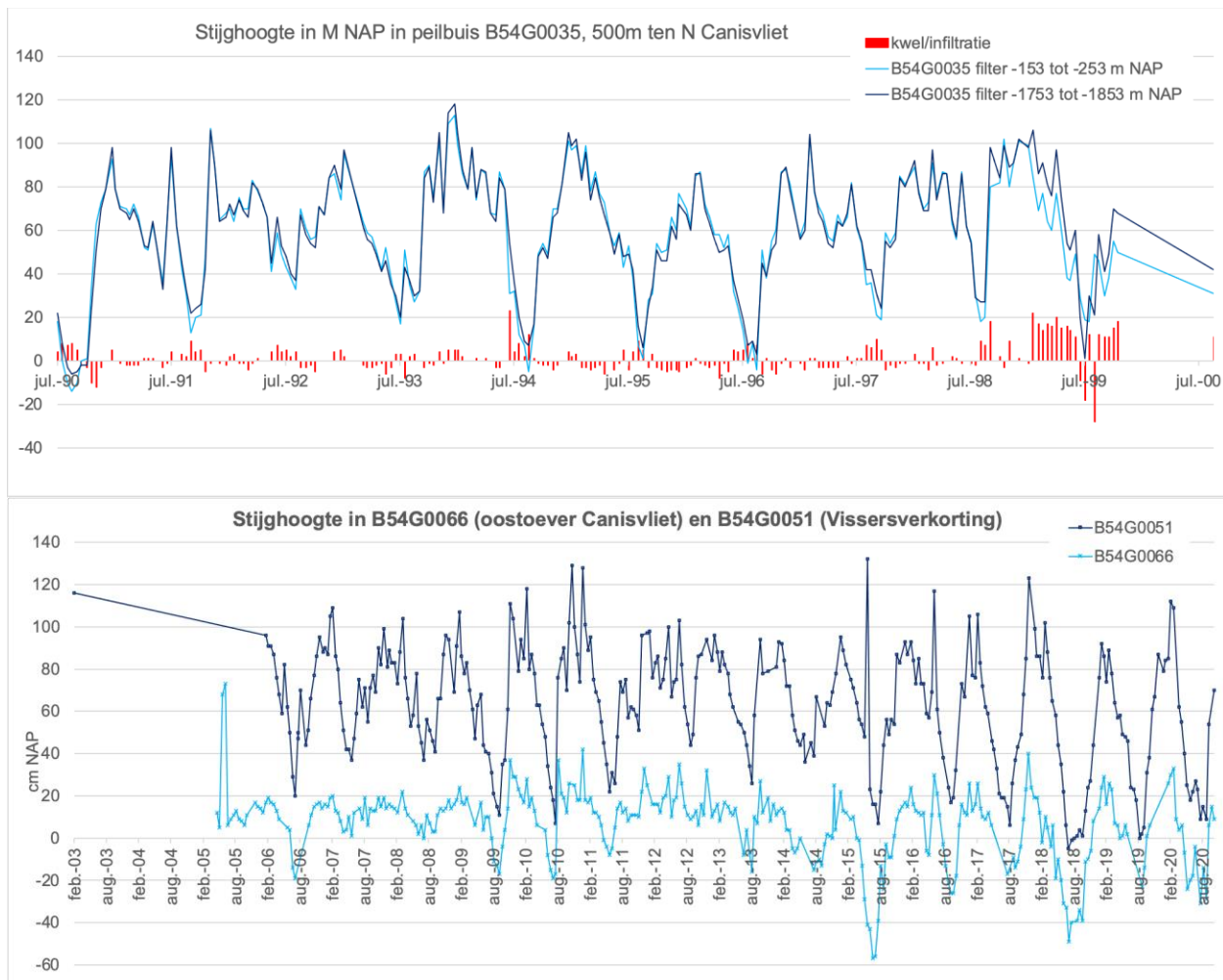
Onder de deklaag liggen zandpakketten uit de formaties van Boxtel, Koewacht en Tongeren (Bxz, Kwz en Toz) van in totaal 25 m dik. Dit eerste watervoerende pakket wordt gevoed met zout water vanuit het Kanaal Gent-Terneuzen, dat door de deklaag heen gaat (figuur 6). Daaronder ligt een dikke kleilaag uit de formatie van Dongen met een weerstand van meer dan 1 miljoen dagen.

### Stijghoogte grondwater

Verwacht wordt dat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket sterk afhankelijk is van de afstand tot het kanaal, omdat het kanaalpeil (2,1 m NAP) veel hoger ligt dan het polderpeil. Er staan twee grondwaterbuizen in het eerste watervoerende pakket nabij Canisvliet; één langs de kreek ter hoogte van de Vissersverkortung (B54G0051) en één 500 m ten noorden van Canisvliet (B54G0035). Beide buizen staan ongeveer even ver van het kanaal als de kreek (500 m afstand) en de maaiveldhoogte (1,47 m NAP en 1,56 m NAP) is redelijk vergelijkbaar met de maaiveldhoogte in de omgeving van de kreek (1,3 m NAP); direct langs de kreek is het maaiveld overigens wel veel lager. Beide diepe grondwaterbuizen hebben een gemiddelde stijghoogte van 0,6 m NAP; dit lijkt representatief voor de stijghoogte rond de kreek. Uit een peilbuis 1 kilometer ten oosten van Canisvliet blijkt dat de stijghoogte naar het oosten afneemt; naar het westen toe (richting het kanaal) loopt de stijghoogte vrijwel zeker op richting het kanaalpeil van 2,1 m NAP.



De noordelijke buis (B54G0035) heeft naast het diepere filter ook een ondiep, freatisch filter (figuur 7). De stijghoogte in beide filters vertoont een zeer sterke overeenkomst, wat erop duidt dat de weerstand van de deklaag hier niet heel hoog is. In figuur 7 is met rode staafjes aangegeven wanneer de grondwaterstroming opwaarts gericht is (kwel) en wanneer neerwaarts (infiltratie). Hieruit blijkt dat er in de zomer meestal enige kwel optreedt en in de winter neutrale omstandigheden of (beperkte) infiltratie.



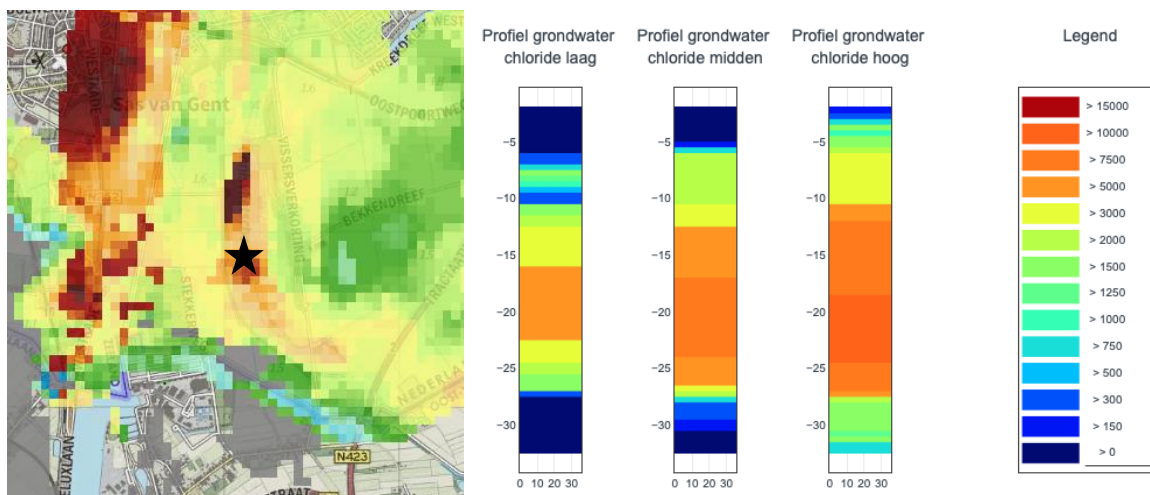
Figuur 7: Grondwaterstand peilbuizen nabij Canisvliet.

Op de oostoever van de kreek staat een freatische grondwaterbuis (B54G0066; maaiveld 0,11 m NAP, filter -0,04 tot -1,54 m NAP, lichtblauwe lijn) en meer naar het zuiden staat de eerdergenoemde grondwaterbuis in het eerste watervoerende pakket (B54G0051; maaiveld 1,56 m NAP, filter -14,82 tot -15,82 m NAP, donkerblauwe lijn). Omdat deze buizen enkele honderden meters uit elkaar staan en ook een verschillende maaiveldhoogte hebben (1,56 cm NAP en 0,11 cm NAP) zijn ze niet zonder meer vergelijkbaar. Opvallend is wel dat de zomerstanden vaak opvallend gelijktijdig uitzakken, maar dat hoge winterstanden in de ondiepe buis worden afgevlakt. Dit komt vrijwel zeker doordat de

grondwaterstand hier aan het maaiveld komt (0,11 m NAP) en dan richting de kreek afstroomt. Hierdoor stijgt de grondwaterstand niet verder. In de zomer zakken de standen in de ondiepe buis uit tot -0,2 m NAP, slechts 31 cm onder maaiveld. Deze geringe fluctuatie kan alleen maar verklaard worden door kwel vanuit het eerste watervoerende pakket of infiltratie vanuit de kreek in droge perioden.

### Chloride grondwater

De concentratie chloride in het grondwater is geschat op basis van FRESHEM (figuur 8; <https://kaarten.zeeland.nl/map/freshem>). Uit de profielen blijkt dat de concentraties verschillen in ruimte en tijd tussen zoet en 10.000 mg/L. De hoogste concentraties komen echter alleen voor op meer dan 10 m diepte. Tot een diepte van 5 m variëren de concentraties volgens FRESHEM tussen 0 en 3000 mg Cl/l. Chlorideconcentraties onder de 500 mg/l voor (dieper) grondwater zijn echter onwaarschijnlijk: deze worden in de kreek zelden gemeten (zie figuur 3) en komen in Zeeland alleen voor in (meestal vrij ondiepe) regenwaterlenzen. In januari 2014 heeft Deltares EC-prikstokmetingen uitgevoerd in Canisvliet, ten oosten van de kreek tot een diepte van ongeveer 3 meter onder maaiveld. In de meting het dichtst bij de kreek lag de EC rond de 2 à 3 mS/cm, hetgeen overeenkomt met Chlorideconcentraties tussen de 300-1000 mg/l (Van Baaren *et al.* 2014a). Verder van de kreek af lag de EC altijd in het zoete bereik. Hieruit blijkt dus dat er 's winters zoet grondwater (een regenwaterlens) aanwezig is ten oosten van de kreek. Helaas zijn er in Canisvliet geen zomermetingen uitgevoerd, de periode waarin de regenwaterlens vrijwel zeker dunner of afwezig is (Van Baaren *et al.* 2014b). Uit deze verkenning blijkt dus dat de concentraties in het grondwater in de winter waarschijnlijk rond de 300 mg Cl/l liggen (wat hoger dicht langs de kreek) en in de zomer tussen de 300 en 3000 mg Cl/l, wat een behoorlijk brede range is.



Figuur 8: Diepte van het grensvlak 1000 mg/l (hoe roder hoe ondieper) en chlorideprofielen in het midden van de Canisvlietse Kreek (aangegeven met een ster).

## 2.4. Sloot noord (KST795)

In het verleden is een stuw geplaatst als waterscheiding tussen de Canisvlietse Kreek en de Molenkreek bij Westdorpe. Dit was nodig om een peilverhoging te kunnen realiseren en het peilbeheer niet meer



afhankelijk te laten zijn van het stedelijk gebied van Westdorpe. Deze stuw heeft momenteel een peilscheidende functie, alleen bij zeer hoog water kan er incidenteel water de kreek uitstromen (en dus niet instromen zoals in een eerdere versie van deze notitie staat). In de nabije toekomst wordt deze de stuw zelfs effectief afgesloten met een dam (mond. med. Ch. Raes, WS Scheldestromen). Er zijn geen kwaliteitsmetingen voorhanden van deze sloot, maar omdat deze slechts zeer incidenteel water afvoert is aangenomen dat deze bijdrage verwaarloosbaar is op de waterbalans. Het kan eventueel een verklaring vormen als bepaalde piekafvoeren niet goed gemodelleerd worden.

## 2.5. Aanvoer oppervlaktewater kwelsloten west (MPN13070)

### **Kwantiteit**

Uit peilregistraties blijkt dat het waterpeil in de kreek 's zomers relatief weinig uitzakt. Dat heeft sterk te maken met de kwelinvloed vanuit het Kanaal Gent - Terneuzen. De sloot parallel aan het kanaal wordt gevoed door zoute kwel vanuit het kanaal. Aan deze sloot zijn weer twee sloten gekoppeld die afwateren op de kreek. Beide sloten zijn smal, ongeveer 70 cm breed en lijken behoorlijk ondiep (aanneme 30 cm). In de zomer groeien ze dicht met riet. De stroomsnelheid zal zeker niet hoger zijn dan 10 cm/sec en waarschijnlijk nog veel lager in de orde van 1 cm/sec. Het debiet van de sloten is dan maximaal 1500 m<sup>3</sup>/dag per sloot, oftewel 3000 m<sup>3</sup>/dag in totaal, maar een reële schatting is eerder 300 m<sup>3</sup>/dag.

### **Chloride**

De concentraties chloride in de kwelsloot zijn twee keer per maand gemeten vanaf begin 2014 tot heden. Ze laten een duidelijk seizoenspatroon zien (figuur 3), dat samenhangt met de chlorideconcentraties in het kanaal.

## 2.6. Aanvoer oppervlaktewater vanuit België (MPN10162)

Het water uit België wordt omgeleid door een stuw bij de grens. Dit betekent dat de aanvoer vanuit België niet (meer) door de kreek gaat, maar wordt omgeleid. Uit gesprek met het waterschap bleek dat er ideeën waren om zoet water aan te voeren vanuit Vlaanderen. Dit idee werd door beheerders uit België sterk afgeraden, omdat de watergangen die gebruikt worden voor aanvoer richting kreek, op sommige plekken sterk verontreinigd zijn. Deze aanvoerpost is dus niet aanwezig.

## 2.7. Wegsloten

Langs de weg die Canisvliet doorsnijdt liggen enkele sloten of greppels; afgaande op google streetview zijn het (in de wintersituatie) eerder droogstaande greppels dan sloten. Daarom is aangenomen dat deze een verwaarloosbare bijdrage aan het watersysteem leveren.

## 2.8. Afvoer Stuw Vissersverkorting (KST719)

### **Kwantiteit**

De afvoer van de kreek ligt aan de oostkant van de kreek. Het water gaat daar eerst met een duiker onder de weg door en vervolgens over de stuw Vissersverkorting. Deze klepstuw is voorzien van een automatische peilregistratie waarvan gegevens beschikbaar zijn vanaf begin 2014 tot heden. De metingen uit 2014 en 2015 moeten op grond van onverklaarbare klepstanden als onbetrouwbaar worden beschouwd (mond. med. Ch. Raes, WS Scheldestromen).

Van deze stuw zijn ook ruwe berekende debieten beschikbaar en voor de periode 2017 t/m 2019 ook 'gevalideerde' debieten die een stuk lager liggen. Echter, zelfs deze gevalideerde debieten bleken onrealistisch groot ten opzichte van het afvoergebied (maxima tot 98 mm/dag en een som van 4000-7200 mm/jaar). Op basis van de meetgegevens voert de stuw meestal in verdrinken toestand af. Dat wil zeggen dat benedenstroomse stuwen of duikers belemmerend zijn voor de afvoer, waardoor het peil in de watergang benedenstrooms van de stuw hoger wordt dan de stuwstand. De debieten zijn in die situatie moeilijk te berekenen vanuit standaard literatuurwaarden en een grondige ijking van de afvoercurve is vrijwel zeker niet uitgevoerd voor deze stuw. Hierdoor hebben de gegevens een vrij grote onzekerheidsmarge (schrift. med. Ch. Raes, WS Scheldestromen).

### **Chloride**

De chlorideconcentratie in Canisvliet is gemeten van 5 februari 2014 tot 16 december 2020 (in principe 2x per maand), ter hoogte van de duiker onder de weg.

## 3. Resultaten balans

### 3.1. Gebruikte model

Voor het opstellen van de water- en chloridebalans is gebruikt gemaakt van een model in excel dat oorspronkelijk opgezet is door Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden en uitgebreid getest voor water- en stoffenbalansen in tientallen polders. Het model is opgezet voor het afvoergebied van de Canisvlietse Kreek, naast de kreek zelf omvat dit dus ook de omliggende percelen die op de kreek afwateren. Schematisatie is opgezet volgens figuur 9. Alles is gereduceerd tot één "bakje" oppervlaktewater en twee "bakjes" bodem. De bakjes staan via drainage (en afspoeling) met elkaar in contact. De drijvende kracht achter de spreadsheet is de neerslag en verdamping op dagbasis. Verder heeft het oppervlaktewater een aantal mogelijke inlaten en een stuw/gemaal voor peilregulering. Aan de onderzijde gelden voor alledrie de bakjes eenvoudige kwel/wegzijingrelaties.



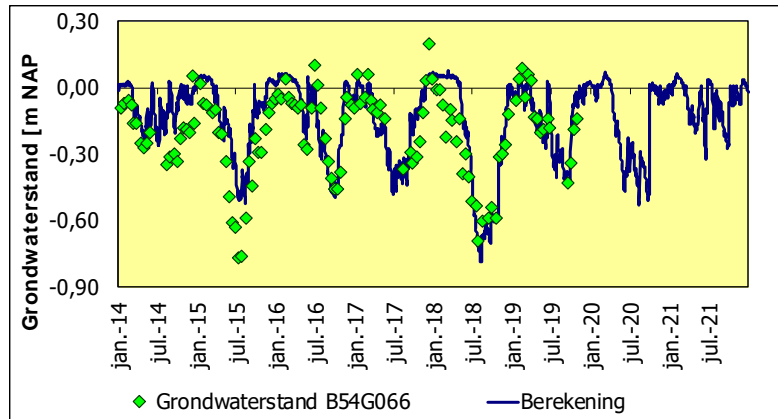
*Figuur 9: Schematische weergave van de gebruikte waterbalans.*

Alle bekende gegevens zijn ingevoerd in deze balans op dagbasis voor de periode 1-1-2014 tot en met 31-12-2021. De tweewekelijkse metingen van chloride van de kwel sloten aan de westzijde zijn geïnterpoleerd naar dagwaarden. De "bakjes" bodem zijn ingevuld als representatief voor het gebied ten westen van de kreek (relatief hoog gelegen, deels agrarisch) en het gebied ten oosten van de kreek (laag gelegen, natuur, met kruipend moerasscherm). De oppervlaktes van de deelgebieden zijn uitgerekend in GIS en de diepte (-3 m NAP) en oeverhelling van de kreek is afgeleid uit profielen van waterschap Scheldestromen.

### 3.2. Grondwaterstanden bodem

In het terrein ten oosten van de kreek staat een ondiepe (freatische) peilbuis. De gemeten grondwaterstanden hiervan zijn vergeleken met de gemodelleerde grondwaterstand in "bakje" bodem 2 (Figuur 10). De door maiveld afgetopte metingen in de winter worden door het model goed voorspeld. Dat geldt, met uitzondering van 2014 en 2015 ook voor het uitzakken van de standen in de drogere

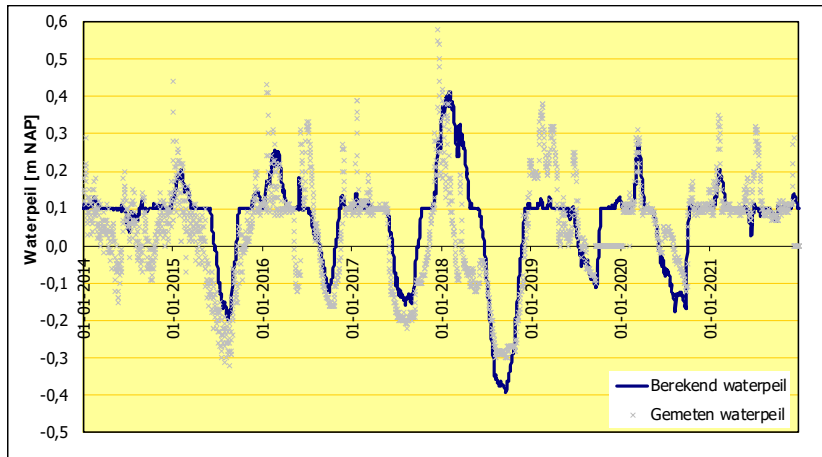
periodes. Vermoedelijk komt dit omdat de grondwaterstanden sterk gebonden zijn aan de oppervlaktewaterstanden, die in 2014 en 2015 ook te hoog worden berekend (Figuur 11). Het uitzakken van de grondwaterstanden is gebruikt om de weerstand van de deklaag te kalibreren. Uit deze kalibratie volgt dat de weerstand van de deklaag inderdaad binnen de schatting van 1000 tot 2000 dagen ligt en dat de beste waarde ongeveer in het midden ligt: 1500 dagen. Voor de weerstand van de deklaag onder het westelijke deel en de kreek zelf is vervolgens ook het midden van de geschatte range aangehouden (1850 respectievelijk 900 dagen).



Figuur 10: Gemodelleerde en gemeten grondwaterstanden in het terrein ten oosten van Canisvliet bij een weerstand van de deklaag van 1500 dagen en een stijghoogte van 0,6 m NAP.

### 3.3. Kalibratie aanvoer kwelsloten west

Vervolgens is de aanvoer vanuit de kanaalkwelsloten aan de westzijde van Canisvliet nader onderzocht. Hiervoor is gebruik gemaakt van het uitzakken van de waterstanden in Canisvliet in droge perioden. Omdat er geen aanvoermogelijkheid is voor peilregulatie, zijn immers de kwel en deze kwelsloten in droge periodes de belangrijkste aanvoerbronnen. Uit deze kalibratie blijkt dat de aanvoer in de zomer tussen de 400 en 800 m<sup>3</sup>/dag moet liggen. Bij 400 m<sup>3</sup>/dag kloppen de standen in de periode 2014-2016 beter en bij 800 m<sup>3</sup>/dag in de periode 2018-2020. Er is geen goede verklaring voor het verschil tussen de beide periodes; mogelijk is er in deze tijd iets veranderd in het (peil)beheer van het gebied, maar daarover is niets bekend.



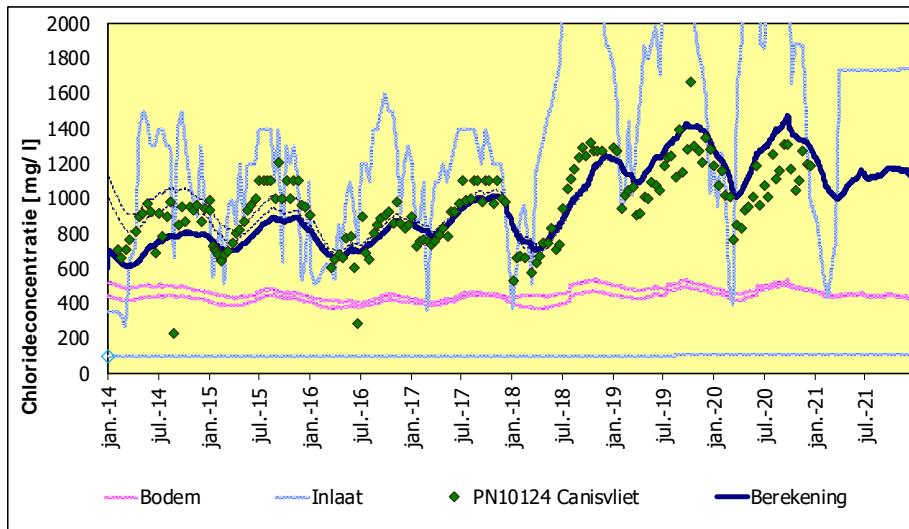
Figuur 11: Gemodelleerde en gemeten oppervlaktewaterstanden in Canisvlietse Kreek.

### 3.4. Kalibratie chlorideconcentraties

Vervolgens zijn de gemodelleerde chlorideconcentraties gekalibreerd op de metingen in Canisvliet. De fluctuaties in de metingen bleken in eerste instantie veel groter dan de fluctuatie in de berekende waarden en dit was niet op te lossen door aanpassingen van de instellingen binnen reële marges.

Dit komt vrijwel zeker doordat was aangenomen dat de aanvoer van de kanaalkwelsloten constant is over de tijd. Dit leek op zich een redelijke aanname, omdat het peilverschil tussen kanaal en polder constant is. De sloten worden echter ook beïnvloed door regenwater en uitspoeling van bodemwater uit de landbouwgronden. Dit blijkt ook uit het feit dat de concentraties in de kwelsloten (figuur 3) globaal tussen de 500 en 3000 mg Cl/l fluctueren en de concentraties in het kanaal tussen de 1000 en 10000 mg Cl/l. Er is dus een aanzienlijke invloed van (zoet) regenwater in deze sloten en deze invloed zal in de winter groter zijn dan in de zomer. Daarom is de afvoer van de kwelsloten in de droge zomerperiode lager gezet dan de rest van het jaar; een debiet van 400 m<sup>3</sup>/dag in de periode juni-september en een debiet van 1600 m<sup>3</sup>/dag de rest van het jaar bleek redelijke resultaten te geven (Figuur 12).

De concentratie chloride in de grondwaterkwel is ook constant verondersteld. Deze bleek slechts een beperkt effect te hebben op de chlorideconcentraties. Bij kalibratie voldoet een waarde van 1000-2000 mg Cl/l redelijk tot goed; bij waarden groter of kleiner kwamen de chlorideconcentraties structureel te hoog of te laag te liggen.



Figuur 12: Gemodelleerde en gemeten chlorideconcentraties in Canisvliet en de concentraties in de bodem. De inlaat betreft de aanvoer van de kanaalkwelsloten.

Net als bij de waterstanden bleek er ook bij de modellering van de chlorideconcentraties een verschil tussen de periode voor en na 2017 waardoor de berekening niet 'kloppend' te maken is voor beide periodes tegelijk. Uit het feit dat dit niet lukt, blijkt dat de werking van het systeem nog onvoldoende begrepen wordt; mogelijk is er in deze periode iets veranderd in het beheer of een andere voor de kreek wezenlijke factor of zijn enkele van de aannames toch niet helemaal juist.

### 3.5. Afvoerdebiet over stuw Vissersverkorting

Ten slotte is het (maximale) afvoerdebiet geschat. Overigens is dit ook als eerste stap uitgevoerd, maar omdat naderhand de debieten van de kwelsloten en de hoeveelheid kwel zijn gecalibreerd in het model, moest dit aan het einde opnieuw gebeuren. De kalibratie is uitgevoerd door de gemodelleerde waterstanden te vergelijken met de gemeten peilstanden in Canisvliet tijdens de natte wintermaanden (pieken; Figuur 11). Een maximaal debiet van ongeveer  $2,7 \text{ m}^3/\text{min}$  bleek de optredende pieken goed te simuleren; bij waarden onder de  $2,5 \text{ m}^3/\text{min}$  worden de pieken veel te hoog, bij waarden boven de  $3,0 \text{ m}^3/\text{min}$  treden nauwelijks meer pieken op. Bij de kalibratie aan het begin lagen deze waarden nog tussen de  $3,0$  en  $3,5 \text{ m}^3/\text{min}$ . Helemaal correct is deze kalibratie overigens niet, omdat het model (op dagbasis) direct reageert op een piekbui, terwijl in werkelijkheid het enkele dagen kan duren voordat neerslag uit het afvoergebied de stuw bereikt. Het is dus mogelijk dat de afvoercapaciteit in werkelijkheid groter is, maar in praktijk kleiner door vertraagde afvoer; hoe dan ook simuleert deze afvoercapaciteit de omstandigheden het best. Het maximale berekende afvoerdebiet van waterschap Scheldestromen is  $69 \text{ m}^3/\text{min}$ , dat lijkt onwaarschijnlijk veel.

## 4. Conclusies & aanbevelingen

### 4.1. Conclusies

#### Relatieve bijdrage kwel en kwel sloten

Op grond van de uitgevoerde modelstudie heeft de aanvoer van de kwel sloten een grote invloed op Canisvliet: dit vormt bijna de helft van de waterbalans (Tabel 3) en bijna driekwart van de chloridebalans (Tabel 4). De kwel vanuit het eerste watervoerende pakket naar de kreek is in vergelijking hiermee gering (6% water en 12% van het chloride). Echter, naast kwel naar de kreek zelf, komt er ook kwel vanuit het eerste watervoerende pakket via de bodem van het afvoergebied naar de kreek. Dit kan beter worden bekeken in een chloridebalans voor het hele afvoergebied, dus inclusief aanliggende percelen (Tabel 5). Daaruit blijkt dat op afvoergebiedniveau de kwel sloten 67% bijdragen en de kwel 33%. Uiteraard zijn deze getallen uitsluitend de beste schattingen met een aanzienlijke onzekerheidsmarge.

Tabel 3: Waterbalans voor de periode 2014-2021.

Waterbalans oppervlaktewater				2014-2021			
In	m <sup>3</sup>	mm	%	Uit	m <sup>3</sup>	mm	%
Neerslag	171.450	699	18%	Verdamping	198.509	809	21%
Peilhandhaving	0	0	0%	Afvoer	668.077	2.724	70%
Kwel sloten	425.791	1.736	45%				
Bodem	298.296	1.216	31%	Bodem	88.679	362	9%
Kwel	59.727	244	6%	Wegzijing	0	0	0%
Berging	0	0	0%	Berging	0	0	0%
<b>Totaal</b>	<b>955.265</b>	<b>3.895</b>	<b>100%</b>	<b>Totaal</b>	<b>955.265</b>	<b>3.895</b>	<b>100%</b>
Gemiddelde verblijftijd zomer [d]							375
Gemiddelde verblijftijd winter [d]							214

Tabel 4: Chloridebalans voor het oppervlaktewater in de periode 2014-2021.

Chloridebalans oppervlaktewater				2014-2021			
In	kg	mg/m <sup>2</sup> /d	%	Uit	kg	mg/m <sup>2</sup> /d	%
Neerslag	343	4	0%				
Kwel sloten	544.912	6.087	72%	Afvoer	630.303	7.041	83%
Bodem	123.214	1.376	16%	Bodem	90.052	1.006	12%
Kwel	89.589	1.001	12%	Wegzijing	0	0	0%
Berging	0	0	0%	Berging	37.729	421	5%
<b>Totaal</b>	<b>758.084</b>	<b>8.468</b>	<b>100%</b>	<b>Totaal</b>	<b>758.084</b>	<b>8.468</b>	<b>100%</b>

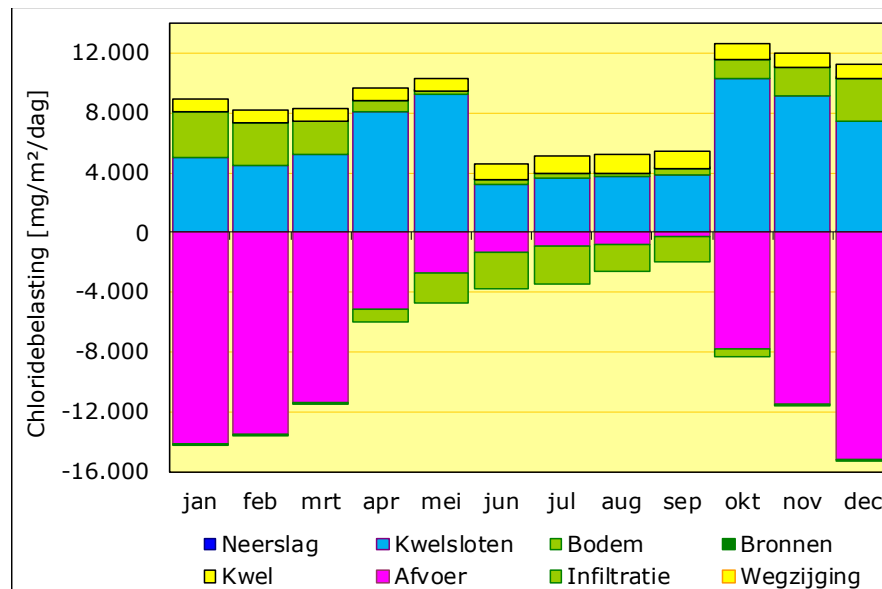


Tabel 5: Chloridebalans voor het afvoergebied de periode 2014-2021.

Chloridebalans afvoergebied				2014-2021			
In	kg	mg/m <sup>2</sup> /d	%	Uit	kg	mg/m <sup>2</sup> /d	%
Neerslag	1.692	14	0%				
Kwelsloten	544.912	4.502	67%	Afvoer	630.303	5.208	77%
Kwel	268.765	2.221	33%	Wegzijing	0	0	0%
Bronnen	941	8	0%	Gewasopname	132.918	1.098	16%
Berging	0	0	0%	Berging	53.090	439	7%
<b>Totaal</b>	<b>816.310</b>	<b>6.745</b>	<b>100%</b>	<b>Totaal</b>	<b>816.310</b>	<b>6.745</b>	<b>100%</b>

### Seizoensinvloeden

Uiteraard heeft de chloridebalans een duidelijk seizoenspatroon (Figuur 13). De kwel vanuit het grondwater is gedurende het jaar redelijk constant (iets groter in de zomer door lagere waterpeilen). In de winter is aanvoer van de kwelsloten groter (aanneme) en treedt veel drainage vanuit de bodem op. In deze periode wordt er veel water afgevoerd. In de zomer is de aanvoer van de kwelsloten weliswaar geringer, maar dit vormt op dat moment wel de belangrijkste aanvoerpost. Er is 's zomers weinig of geen afvoer over de stuw, maar er treedt wel infiltratie op naar de bodem. In deze figuur is ook goed te zien hoe belangrijk de aanname over het debiet van de kwelsloten is voor het functioneren van het systeem. Dit vormt dan ook de belangrijkste onzekerheid in de huidige balans.



Figuur 13: Chloridebalans van het oppervlaktewater per maand. Afvoer is negatief en aanvoer positief.

### Effecten van afkoppeling kwelsloten

Bij afkoppeling van de kwelsloten zullen de chlorideconcentraties in de kreek vrijwel zeker gaan dalen, met name in de zomer. Uitgaande van de huidige cijfers, zal het omleiden van de kwelsloten ook een groot effect hebben het waterpeil in de kreek; dit zal veel dieper uitzakken in de zomer. Ook de grondwaterstanden in het naastgelegen natuurgebied zullen in de zomer veel lager komen te staan, omdat veel minder infiltratie op zal treden vanuit de kreek. Door de lagere (grond)waterstand zal de

aanvoer van (brakke) kwel uit het eerste watervoerende pakket vrijwel zeker iets toenemen. Dit scenario is in deze verkennende studie niet gemodelleerd. De verwachting op basis van expertoordeel is dat deze kwel slechts beperkt zal toenemen. Dit betekent dat de netto-chlorideconcentraties dus lager worden, zowel op korte als op lange termijn. Een gevoeligheidsanalyse met het opgebouwde model kan meer zekerheid bieden ten aanzien van dit expertoordeel.

## 4.2. Overblijvende kennisleemten

### **Onzekerheden model**

Het model is gebaseerd op een aantal aannames. De belangrijkste zijn het debiet van de kwel sloten, de stijghoogte van het grondwater, de concentraties chloride in het grondwater en de weerstand van de deklaag. Het debiet van de kwel sloten en de mate waarin dit in de tijd varieert is de belangrijkste aanname omdat deze grote invloed heeft op het functioneren van het systeem. Aanbevolen wordt deze aanname nader te toetsen. Daarnaast kan een EC-prikstokmeting in de zomer de aannames over chloride in het grondwater in de huidige situatie toetsen.

Daarnaast zijn er aanwijzingen dat er rond 2017 iets is veranderd in de hydrologie, waardoor het watersysteem voor 2017 anders functioneert dan erna. Aanbevolen wordt te proberen dit nader uit te zoeken door gesprekken met de beheerder(s).

### **Stratificatie**

Een onbekende factor waarmee nog geen rekening is gehouden is dat de kreek waarschijnlijk stratificatie vertoont; zoet water drijft op het brakke water. Het is onduidelijk hoe groot de invloed hiervan is; de metingen van concentraties zijn waarschijnlijk nabij het wateroppervlak gedaan (en dus te zoet ingeschat) en de afvoer is waarschijnlijk ook zoeter dan geschat. Uiteindelijk is voor het kruipend moerasscherm vooral het zoutgehalte aan de oppervlakte van belang; dit is immers het water dat in contact komt met de planten bij inundatie. Het is mogelijk om bij een veldbezoek een verticale EGV-meting uit te voeren om te toetsen of stratificatie aanwezig is.

### **Effecten van afkoppeling kwel sloten**

Het afkoppelen van de kwel sloten zal, zoals verwacht, tot gevolg hebben dat de chlorideconcentraties in de kreek dalen, met name in de zomer. Het zal echter ook tot gevolg hebben dat de waterstand in de kreek in de zomer aanzienlijk lager wordt (mogelijk wel enkele decimeters) en vrijwel zeker zullen de grondwaterstanden in de bodem daardoor ook gaan dalen. Kruipend moerasscherm is gevoelig voor verdroging, het is onduidelijk of bij het opstellen van de mitigatieplannen rekening gehouden is met een waterstands daling. Dit is belangrijk punt dat nader uitgezocht zou moeten worden, maar daarvoor is nodig dat er meer inzicht komt in de debieten van de kwel sloten.

Door de daling in grondwaterstand zal de brakke kwel vanuit het grondwater iets toenemen; dit zal vermoedelijk de daling van de chlorideconcentraties in de kreek iets kleiner maken maar niet opheffen. In het grondwater ter hoogte van de groeiplaats van kruipend moerasscherm zal minder en gemiddeld zoeter oppervlaktewater infiltreren, maar tegelijkertijd neemt de kwel van brak grondwater toe. Het is onduidelijk wat het netto effect is op de groeiplaats van kruipend moerasscherm.

Een gevoeligheidsanalyse na oplossen van de bovengenoemde onzekerheden kan meer inzicht geven in deze effecten.

In het voortraject is aangegeven dat inundatie met zoet of licht brak oppervlaktewater (< 1 g/L) positief is voor kruipend moerasscherm en inundatie met sterk brak water (6 g/L) negatief. Uit het onderzoek komt naar voren dat dergelijke sterk brakke condities zeker niet op zullen treden. Mogelijk zal het oppervlaktewater incidenteel wel boven de 1 g/L uitkomen, maar dit zal in de zomer zijn als de waterstanden laag zijn en overstrooming niet aan de orde is. De belangrijke vraag is echter of inundaties überhaupt nog wel voorkomen als de kwel sloten worden afgekoppeld; of het peil daarvoor niet te veel daalt en de groeiomstandigheden van het kruipend moerasscherm hierdoor negatief beïnvloed worden.

## 5. Gebruikte bronnen

- Provincie Zeeland, 2020. Natura2000-beheerplan De Drie Kreken. <https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2020/12/Natura-2000-Beheerplan-Drie-Kreken-125-Canisvliet-124-Groote-Gaten-126-Vogelkreek.pdf>
- Van Baaren, Esther, Perry de Louw & Pieter Doornenbal (2014a). Vastleggen nul-situatie zoet-brak-zout grondwater Kanaal Gent Terneuzen. Deltares rapportage 1208359-000  
<https://nieuwesluiserneuzen.eu/sites/default/files/downloads/MER-deelrapport%20Water-%20Bijlage%206a-%20Vastleggen%20nul-situatie%20zoet-brak-zout%20grondwater.pdf>
- Van Baaren, Esther, Pieter Doornenbal & Perry de Louw (2014b). Prikstokmetingen Kanaalzone Gent-Terneuzen Winter en zomemetingen 2014, Powerpointpresentatie 14-8-2014.  
<https://nieuwesluiserneuzen.eu/sites/default/files/downloads/MER-deelrapport%20Water-%20Bijlage%206b-%20Tweede%20fase%20prikstofmetingen.pdf>
- Waterschap Scheldestromen, 2021a. Peilbesluit Othene. <https://scheldestromen.nl/pwo-othene>
- Waterschap Scheldestromen, 2021b. Peilbesluit Othene, hydrologische achtergrondrapport.  
[https://scheldestromen.nl/sites/scheldestromen.nl/files/Hydrologisch\\_onderzoeksrapport\\_OTH\\_bij\\_peilbesluit\\_S\\_2021016555\\_2.pdf](https://scheldestromen.nl/sites/scheldestromen.nl/files/Hydrologisch_onderzoeksrapport_OTH_bij_peilbesluit_S_2021016555_2.pdf)