

Water- en Chloridebalans Generieke methode



Water- en Chloridebalans Generieke methode

Auteur(s)

Toine Vergroesen

Water- en Chloridebalans Generieke methode

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Midden-Nederland District IJsselmeergebied
Contactpersoon	de heer dr. Y.F. Friocourt
Referenties	
Trefwoorden	Grote wateroppervlakken, Waterbalans, Chloridebalans, Generieke methode

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	31-12-2020
Projectnummer	11205256-003
Document ID	11205256-003-ZKS-0001
Pagina's	23
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Toine Vergroesen	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Toine Vergroesen	Arno Nolte	Toon Segeren	

Samenvatting

In 2019 is een onderzoek gestart voor RWS WVL met als doel om te komen tot een generieke methode voor water- en stoffenbalansen van grote waterlichamen. Voor het IJsselmeer is daarvoor een eerste aanzet gemaakt voor een water- en zoutbalans, i.c. chloride (Deltares, 2019). Aansluitend is de voor het IJsselmeer ontwikkelde methode toegepast voor de water- en chloridebalans van het Volkerak-Zoommeer (Deltares, 2020). De mate waarin de methode generiek toepasbaar is voor grote waterlichamen wordt in voorliggende rapportage beschreven.

De basis van de methode bestaat eruit dat in principe uitgegaan wordt van gemeten debieten en chloridegehalten. Ontbrekende waarden worden aangevuld met berekende waarden en/of geschatte waarden op basis van literatuur en expertise. Daarnaast worden dubieuze meetwaarden gecheckt aan berekende en/of geschatte waarden en waar nodig geacht daardoor vervangen.

Op basis van de studies voor IJsselmeer en Volkerak-Zoommeer is gebleken dat de toegepaste methode voor de water- en chloridebalans van het IJsselmeer om uit te gaan van gemeten waterstromen en chloridegehalten, aangevuld met berekeningen en literatuurwaarden, ook voor het Volkerak-Zoommeer te gebruiken is. De basisopzet is identiek, de afzonderlijke posten zijn gebied specifiek, zowel in aantal als in onderlinge verbindingen.

De methode lijkt voldoende mogelijkheden te bieden voor een grotendeels generieke werkwijze. Slechts enkele onderdelen zijn specifiek voor een waterlichaam. Voor aansluiting van deze specifieke onderdelen op de generieke methode zijn er mogelijkheden om een framework op te stellen, dat op generieke wijze in de methode kan worden opgenomen, maar waarbinnen de specifieke onderdelen worden afgehandeld.

Beide waterbalansen van IJsselmeer en Volkerak-Zoommeer zijn met EXCEL opgezet. In theorie zou een generieke opzet in EXCEL kunnen worden ontwikkeld, maar een opzet in Python of een vergelijkbare scripting taal lijkt meer voor de hand liggen, omdat dat de flexibiliteit sterk vergroot. Aanbevolen wordt een eerste versie van een generieke aanpak in Python te ontwikkelen op basis van de EXCEL water- en chloridebalansen voor het IJsselmeer en het Volkerak-Zoommeer, met ondersteuning van aanvullende controleberekeningen in EXCEL.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
1.1	Kader	6
1.2	Generieke onderdelen	7
1.3	Specifieke onderdelen	7
1.4	Leeswijzer	7
2	Gehanteerde methode	8
2.1	Generieke onderdelen	8
2.2	Specifieke verschillen	10
2.3	Balansen	11
3	Generieke onderdelen	13
3.1	Waterlichaam	13
3.2	Wateruitwisseling met andere waterlichamen	13
3.3	Wateruitwisseling met landgebieden	13
3.4	Wateruitwisseling via constante waterstromen	14
3.5	Wateruitwisseling met de atmosfeer	15
4	Specifieke onderdelen	16
4.1	Waterlichaam	16
4.2	Wateruitwisseling met andere waterlichamen	16
4.3	Wateruitwisseling met landgebieden	16
4.4	Wateruitwisseling via constante waterstromen	17
4.5	Wateruitwisseling met de atmosfeer	17
5	Generieke aanpak	18
5.1	Waterbalans	19
5.2	Chloridebalans	19
5.3	Ontwikkelingsperspectief	20
6	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	21
7	Gebruikte bronnen	22

1 Inleiding

1.1 Kader

Behoefte aan water- en stoffenbalansen t.b.v. beheer en beleid

Ten behoeve van het beheren van hun eigen gebied hebben de waterbeheerders van Rijkswaterstaat behoefte aan basisgegevens over waterkwantiteit en waterkwaliteit. Dergelijke gegevens vormen een informatiebron in de samenwerking met de regionale waterbeheerders bijvoorbeeld in het kader van Slim Water Management. Waterbalansen zijn nodig om stoffenbalansen (chloride en nutriënten) op te kunnen stellen. De gegevens worden o.a. gebruikt ten behoeve van:

- Beleidsontwikkeling: bijvoorbeeld het Deltaprogramma heeft basisgegevens nodig van de watersystemen;
- De Kaderrichtlijn Water: om bijvoorbeeld de afwenteling te bepalen;
- Onderhoud-, en Aanlegprojecten: projecten hebben basisinformatie nodig om goede keuzes te kunnen maken;
- Verbeteringsprojecten waterbeheer: zonder basisinformatie kun je niet adequaat evalueren en verbeteren;
- Inzicht in de watersystemen: basiskennis (operationeel) beheer en trendanalyses.
- Bouwsteen modelinstrumentarium: op een consistente, herleidbare manier beschikbare modelinvoer voor meerdere toepassingen.

De behoefte aan water- en stoffenbalansen (chloride en nutriënten) neemt toe. De gebiedsbeheerder wenst de water- en stoffenbalansen te kunnen analyseren ten behoeve van het gebiedsbeheer en het sluiten van waterakkoorden met regionale waterbeheerders. Voor het IJsselmeergebied wordt van oudsher de Excel-tool BALANS gebruikt. Dit water- en chloridebalansmodel is technisch verouderd (draait op Windows95), moeilijk onderhoudbaar en moeilijk uitbreidbaar met andere stoffen. Tegelijkertijd is er ook voor andere watersystemen behoefte aan water- en stoffenbalansen en zijn daar nu meerdere toepassingen in gebruik, soms voor hetzelfde watersysteem.

Behoefte aan een eenduidige en consistente aanpak voor het opstellen van water- en stoffenbalansen

Op het moment dat er een algemene aanpak bestaat en dat de te maken keuzes herleidbaar zijn kunnen met terugwerkende kracht voor alle peil beheerde meren en kanalen in Nederland water- en stoffenbalansen worden berekend met gebruik van historische data voor zover deze beschikbaar zijn of met gebruik van consistent berekende waarden voor ontbrekende data.

Generieke aanpak

In 2019 is een onderzoek gestart voor RWS WVL, waarvan het uiteindelijke doel is om te komen tot een generieke methode voor water- en stoffenbalansen van grote waterlichamen. Voor het IJsselmeer is daarvoor een eerste aanzet gemaakt voor een water- en zoutbalans, i.c. chloride (Deltares, 2019). Aansluitend is de voor het IJsselmeer ontwikkelde methode toegepast voor de water- en chloridebalans van het Volkerak-Zoommeer (Deltares, 2020). De mate waarin de methode generiek toepasbaar is voor grote waterlichamen wordt in voorliggende rapportage beschreven.

De basis van de methode bestaat eruit dat in principe uitgegaan wordt van gemeten debieten en chloridegehalten. Ontbrekende waarden worden aangevuld met berekende waarden en/of geschatte waarden op basis van literatuur en expertise. Daarnaast worden dubieuze

meetwaarden gecheckt aan berekende en/of geschatte waarden en waar nodig geacht daardoor vervangen.

1.2 Generieke onderdelen

Voor IJsselmeer en voor Volkerak-Zoommeer is gebruik gemaakt van dezelfde stapsgewijze aanpak voor de water- en chloridebalans en van een aantal identieke onderdelen daarin. Deze aanpak en die onderdelen worden in dit rapport op een rijtje gezet en er wordt beschouwd in hoeverre die voor alle grote waterlichamen in Nederland generiek toepasbaar zijn.

1.3 Specifieke onderdelen

De water- en chloridebalans van IJsselmeer en van Volkerak-Zoommeer verschillen op een aantal specifieke aspecten. Die onderdelen worden in dit rapport beschreven en er wordt beschouwd of ondanks deze specifieke onderdelen toch een generieke aanpak voor alle grote waterlichamen in Nederland mogelijk is.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van de gevolgde methode en geeft een overzicht van de generieke en de specifieke onderdelen van beide balansgebieden. Hoofdstuk 3 gaat nader in op de generieke onderdelen, hoofdstuk 4 behandelt de specifieke onderdelen. Een eerste aanzet tot een generieke aanpak staat in hoofdstuk 5. Daarin wordt ingegaan op de mogelijkheid om tot een generieke aanpak te komen. Hoofdstuk 6 geeft een samenvatting, zet de belangrijkste conclusies op een rij en doet aanbevelingen voor verdere uitwerking van een generieke opzet van de water- en chloridebalans van grote waterlichamen. Hoofdstuk 7 tenslotte geeft een overzicht van de voor dit onderzoek gebruikte bronnen.

2 Gehanteerde methode

De water- en chloridebalansen voor IJsselmeer en voor Volkerak-Zoommeer zijn opgezet op dag-basis. Uitgangspunt van de gehanteerde methode voor de waterbalans is gebruik te maken van gemeten waterstromen. Daarbij moet de kanttekening worden gemaakt dat debietmetingen vrijwel altijd berekeningen zijn gebaseerd op metingen van waterstanden, draaiuren, schuifhoogtes, etc. Met metingen wordt bedoeld door de beheerder aangeleverde gegevens. Op locaties en momenten dat er geen metingen beschikbaar zijn, wordt gebruik gemaakt van berekende waarden of van waarden die afgeleid zijn uit literatuuronderzoek, inschattingen op basis van expertise, eenvoudige berekeningen of een combinatie hiervan.

Gemeten waterstromen met een kleiner meetinterval dan 1 dag zijn omgezet naar dag-totalen. Alle gemeten waterstromen zijn geverifieerd en gevalideerd. Onwaarschijnlijke waarden zijn verwijderd en op basis van hydrologische expertise en systeemkennis vervangen door berekende waarden.

Voor de chloridebalans geldt hetzelfde, met dien verstande dat de gehanteerde chlorideconcentraties zijn gekoppeld aan de dagelijkse watervolumes uit de waterbalans om de uiteindelijke chloridevrachten en resulterende chlorideconcentraties in de waterlichamen te bepalen.

2.1 Generieke onderdelen

Naast hierboven genoemde aanpak bevat de gehanteerde methode de volgende generieke onderdelen van de water- en chloridebalans:

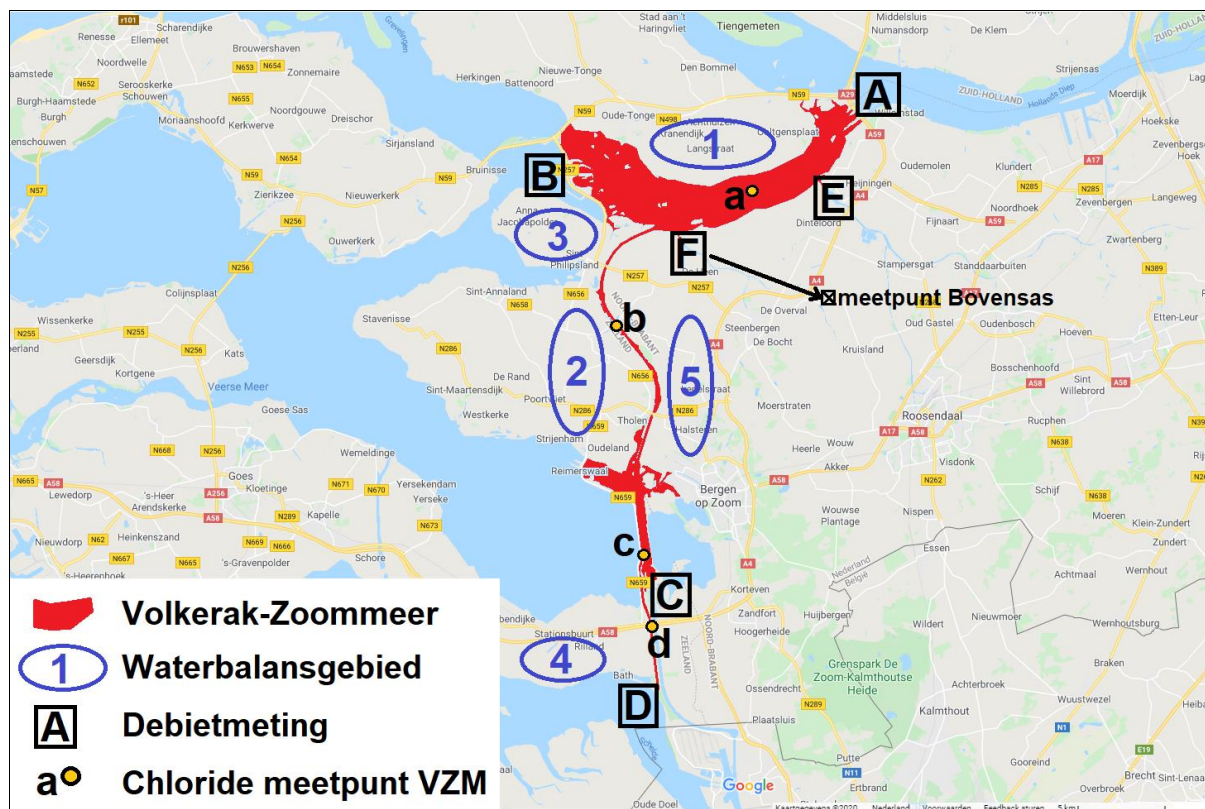
- Het waterlichaam zelf:
 - Wateroppervlak, volume en peil (op een of meerdere meetpunten)
 - Chloridegehalte (op een of meerdere meetpunten)
- Wateruitwisseling met andere waterlichamen (gemeten debieten):
 - Sluizen en gemalen (in- of uitstroom)
 - Rivieren (instroom)
 - Waterwinning (uitstroom). Incidenteel, zoals de ARK-winning uit het IJsselmeer
 - Chloridegehalten van de instromende waterhoeveelheden (gemeten en/of berekend dan wel uit literatuur)
- Wateruitwisseling met landgebieden, de zogenaamde waterbalansgebieden (gemeten en/of berekende debieten):
 - Bemalingen en uitlaten (instroom)
 - Inlaten (uitstroom)
 - Vrije in- en uitstroom (gebieden die meebewegen met het waterlichaam)
 - Chloridegehalten van de instromende waterhoeveelheden (gemeten en/of berekend dan wel uit literatuur)
- Wateruitwisseling via constante waterstromen met constante chloridegehalten (beide ingeschat op basis van literatuur en/of berekeningen):
 - Schutverliezen van sluizen (in- of uitstroom)
 - Lekverliezen van sluizen (in- of uitstroom)
 - Kwel / wegzijging door de bodem van het waterlichaam (in- of uitstroom)
 - Dijkse kwel (in- of uitstroom)
- Wateruitwisseling met de atmosfeer (uit KNMI metingen):
 - Neerslag van omliggende neerslagstations (instroom)
 - Verdamping van een of enkele nabij gelegen meteostation (uitstroom), referentiegewasverdamping omgerekend voor open water via een factor.

- Chloridegehalte neerslag (paar mg/liter, uit literatuur). Aangenomen wordt dat chloride niet verdampt.

Figuur 1 geeft een overzicht van een deel van deze stromen voor het IJsselmeer, Figuur 2 voor het Volkerak-Zoommeer. De blauwe pijlen in Figuur 1 en de hoofdletters in Figuur 2 geven voor deze waterlichamen de locaties van wateruitwisseling met andere waterlichamen aan. De cijfers in beide figuren geven de landgebieden aan die water uitwisselen met het waterlichaam. De kleine letters in Figuur 2 geven voor het Volkerak-Zoommeer de meetpunten van het waterlichaam zelf aan, zowel voor waterstand als voor chloride.



Figuur 1 Overzicht van de onderdelen van de waterbalans voor het IJsselmeer (bron: Deltares, 2019)



Figuur 2 Overzicht van de onderdelen van de waterbalans voor het Volkerak-Zoommeer (bron: Deltares, 2020)

2.2 Specifieke verschillen

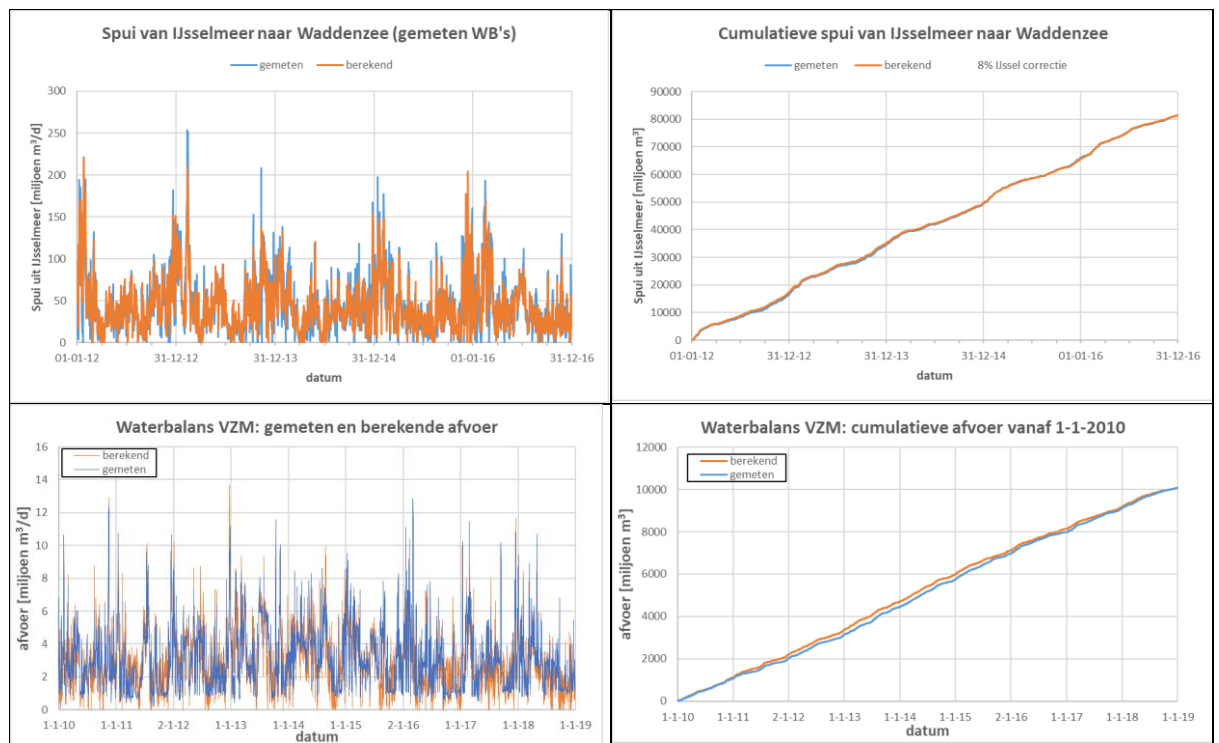
Verschillen per waterlichaam (kunnen) zijn:

- Gebruik van deelgebieden en deelwater- en chloridebalansen binnen een waterlichaam.
- Aantallen en/of stroomrichtingen van water- en chloride-uitwisseling met:
 - Andere waterlichamen;
 - Landgebieden;
 - Constante waterstromen;
 - Atmosfeer.
- Aantal deelgebieden per landgebied en hun sturingsregels voor water- en chloridestromen, richting:
 - Intern tussen deelgebieden;
 - Waterlichaam;
 - Andere externe waterlichamen.
- Jaren waarover de water- en chloridebalansen worden opgesteld.

2.3 Balansen

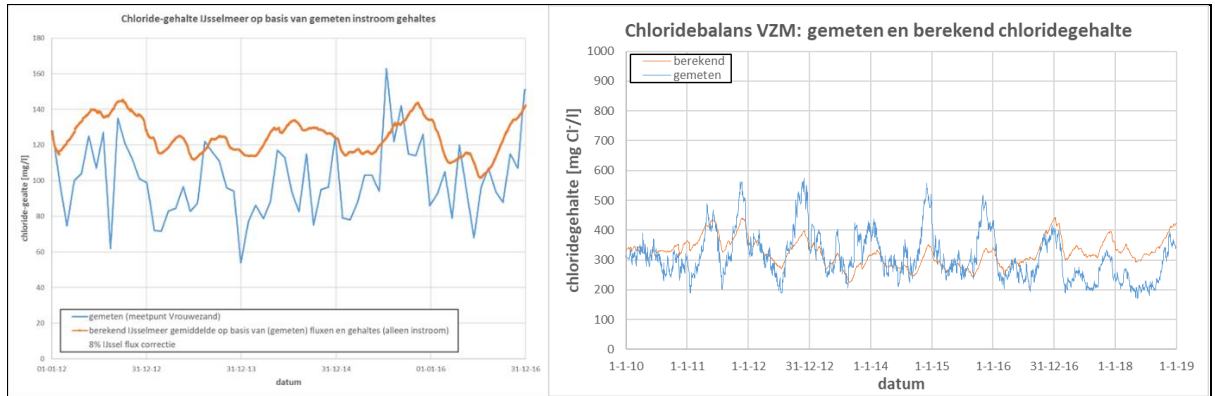
Op basis van bovengenoemde generieke en specifieke onderdelen worden de water- en chloridebalansen van een waterlichaam opgesteld voor een periode van meerdere jaren. De lengte van deze periode is in principe ongelimiteerd. Echter, de elementen waaruit de balansen zijn opgebouwd veranderen niet gedurende zo'n periode. Dat betekent dat eventueel opgetreden veranderingen aan een of meerdere elementen niet worden meegenomen. Voorbeelden daarvan zijn toegevoegde of verwijderde kunstwerken, veranderde sturingsregels van kunstwerken, wijziging van gemaalcapaciteiten, e.d. Daarom verdient het aanbeveling de balansen op te stellen voor een periode waarin dergelijke veranderingen minimaal zijn. Indien er veranderingen zijn, moet de opzet van de water- en chloridebalans aangepast worden. De tijdseries van voor en na de verandering kunnen (handmatig) samengevoegd worden voor een complete tijdserie.

Voor de waterbalans van het waterlichaam worden per dag alle in- en uitgaande waterstromen gesommeerd en vergeleken met de gemeten verandering van het volume (de berging) van het waterlichaam. Het verschil daartussen wordt verdisconteerd met een van de grootste gemeten ingaande, dan wel uitgaande debieten. De op deze manier berekende debieten worden vergeleken met de gemeten debieten van hetzelfde kunstwerk. Dat gebeurt zowel op dag-basis als cumulatief over de totale periode. Figuur 3 geeft voorbeelden hiervan voor het IJsselmeer en het Volkerak-Zoommeer.



Figuur 3 Voorbeelden van vergelijking van berekende en gemeten debieten voor de waterbalans van het IJsselmeer (boven, bron: Deltares, 2019) en die van het Volkerak-Zoommeer (onder, bron: Deltares, 2020).

Voor de chloridebalans van het waterlichaam worden per dag alle in- en uitgaande chloridevrachten gesommeerd en wordt daaruit het nieuwe chloridegehalte van het waterlichaam berekend. Dit wordt vergeleken met het gemeten chloridegehalte van het waterlichaam. Het berekende chloridegehalte van een dag wordt toegekend aan de uitgaande debieten van het waterlichaam van de volgende dag. De op deze manier berekende chloridegehalten worden vergeleken met de gemeten chloridegehalten. Dat kan alleen op dag-basis, waarbij wel kan worden bekeken in hoeverre de verschillen in chloridegehalte tussen begin en eind van de periode vergelijkbaar zijn. Figuur 4 geeft voorbeelden hiervan voor het IJsselmeer en het Volkerak-Zoommeer.



Figuur 4 Voorbeelden van vergelijking van berekende en gemeten chloridegehalten van het IJsselmeer (links, bron: Deltares, 2019) en die van het Volkerak-Zoommeer (rechts, bron: Deltares, 2020).

Specifiek voor het waterlichaam is de keuze van het meetpunt waarmee de berekende debieten vergeleken worden en het aantal meetpunten en de meetfrequentie waarmee het gemeten chloridegehalte van het waterlichaam wordt bepaald. Zo werd het chloridegehalte van het IJsselmeer tijdens de periode waarvoor de water- en chloridebalansen zijn opgesteld slechts op 1 locatie gemeten met een frequentie van slechts 1 keer per maand. Terwijl het chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer op 4 locaties op 2 dieptes wordt gemeten met een frequentie van 144 keer per dag.

Ook specifiek is het aantal deelgebieden in het waterlichaam, waarvan deelbalansen voor water en chloride kunnen worden gemaakt. Dit kan echter als extra optie worden beschouwd voor waterlichamen waar daar sprake van is. Het Volkerak-Zoommeer is daar een voorbeeld van, waarbij 4 deelgebieden kunnen worden onderscheiden die onderling water en chloride uitwisselen. Echter ook de water- en chloridebalansen van het totale waterlichaam kan worden bepaald op boven beschreven wijze.

3 Generieke onderdelen

Voor alle onderdelen waarbij gebruik gemaakt wordt van beschikbare metingen, geldt dat beschikbare meetreeksen altijd moeten worden geanalyseerd op hiaten en aanwijsbare meetfouten, zoals uitschieters en lange reeksen met constante waarden. Verder wordt bij meetfrequentie hoger dan 1 keer per dag uit de waarnemingen het gemiddelde per dag bepaald. Bij lagere meetfrequenties dan 1 keer per dag wordt de dagwaarde door lineaire interpolatie berekend. Dat wordt ook gedaan voor dagen dat er geen metingen beschikbaar zijn door storingen en/of fouten in de gebruikte meetreeksen. Deze aanpak geldt zowel voor waterstanden en debieten als voor chloridegehaltenes.

3.1 Waterlichaam

Het waterlichaam heeft op elk moment een waterstand en een chloridegehalte. Beide worden gemeten op één of meerdere locaties.

Voor de waterbalans van het gehele waterlichaam wordt de gemiddelde waterstand op basis van deze locaties bepaald. Het waterlichaam heeft naast een oppervlak ook een volume, dat afhankelijk is van de waterstand.

Voor de chloridebalans van het gehele waterlichaam wordt op vergelijkbare wijze het dagelijkse chloridegehalte bepaald.

3.2 Wateruitwisseling met andere waterlichamen

Voor deze wateruitwisseling zijn per locatie gemeten debietreeksen beschikbaar. Deze gemeten debieten zijn feitelijk berekend met Q-H relaties, waarbij de waterstanden gemeten zijn op één plek (bv bij rivieren) of op twee plekken (bv bij sluizen).

Voor de chloridebalans wordt op vergelijkbare wijze het dagelijkse chloridegehalte van het instromende water bepaald. Indien daarvan in zijn geheel geen meetwaarden beschikbaar zijn, wordt het chloridegehalte bepaald op basis van gebiedskennis, ervaring en uit literatuur.

3.3 Wateruitwisseling met landgebieden

De wateruitwisseling met landgebieden kan bestaan uit instromend water uit deze gebieden (afwatering) en uitstromend water naar deze gebieden (water inlaat). De ervaring bij het opstellen van de waterbalansen voor IJsselmeer en Volkerak-Zoommeer leert dat deze wateruitwisseling lang niet op alle locaties gemeten wordt en dat meetreeksen vaak incompleet zijn. Dat geldt zowel voor debieten als voor chloridegehaltenes. Daarom worden voor alle landgebieden, die water uitwisselen (afwatering en/of inlaat) met het waterlichaam, een of meerdere interne waterbalansen opgesteld, waarbij sommige landgebieden elkaar onderling beïnvloeden. Deze interne waterbalansen zijn op generieke wijze opgezet en bevatten allemaal dezelfde elementen. Tabel 1 geeft een voorbeeld van zo'n interne waterbalans voor een landgebied dat afwatert naar en inlaat uit het Volkerak-Zoommeer.

Tabel 1 Voorbeeld van de generieke elementen van een waterbalansgebied (bron: Deltares, 2020)

Oude land van Oude Tonge Afvoer De Haas van Dorsser; inlaatduikers Zuiderland en Aymon-Louise			
Totaal oppervlak	2311 ha	Gemaalcapaciteit	267 m ³ /min
Aandeel stedelijk gebied	12.7%	Afvoer op	Volkerak
Aandeel landelijk gebied	86.3%	Afvoerregels:	
Aandeel open water	1.0%	<ul style="list-style-type: none"> Afvoer bij waterstanden boven streefpeil tot gemaalcapaciteit 	
Gemiddeld streefpeil (SP)	1.4 m–MV		
Infiltratiecapaciteit bodem	20 mm/d		
Bergingscapaciteit bodem (GWS op streefpeil)	7%		
Drainageweerstand	70 d		
Infiltratieweerstand/Drainageweerstand	2		
Wegzijing (+) / kwel (-)	-0.25 mm/d		
AWZI	0 m ³ /d		
doorspoeling winter	0 m ³ /d	Inlaat areaal	182 ha
doorspoeling zomer (100 per halfjaar)	12628 m ³ /d	Inlaatpeil	0.05 m–SP

Voor neerslag op en verdamping uit deze landgebieden worden de neerslag en verdampingsreeksen gebruikt van een of meerdere KNMI meetstations, die in of het meest nabij het beschouwde landgebied liggen. De resulterende waterafvoer uit en wateraanvoer naar deze landgebieden worden vergeleken met gemeten debieten, waar en wanneer die beschikbaar zijn. Indien debietmetingen beschikbaar zijn, worden deze gecheckt op onwaarschijnlijke waarden door ze te vergelijken met de berekende debieten.

Voor de wateruitwisseling van deze gebieden met het waterlichaam worden, waar en wanneer beschikbaar, gemeten debieten gebruikt. Op locaties waar geen metingen beschikbaar zijn en op dagen dat er geen metingen beschikbaar zijn, worden de berekende debieten gebruikt.

Voor de chloridebalans wordt op vergelijkbare wijze het dagelijkse chloridegehalte van het naar het waterlichaam afwaterende debiet bepaald. Indien in zijn geheel geen meetwaarden beschikbaar zijn, wordt het chloridegehalte daarvan bepaald op basis van gebiedskennis, ervaring en uit literatuur. Alleen indien directe wateruitwisseling met het waterlichaam plaatsvindt, worden de chloridegehalten in de balans meegenomen.

3.4 Wateruitwisseling via constante waterstromen

Een aantal waterstromen is dusdanig onbekend, dan wel onmeetbaar, dat hiervoor constante debieten worden aangehouden met constante chloridegehalten. De waarden van deze debieten en bijbehorende chloridegehalten worden bepaald op basis van gebiedskennis, hydrologische expertise, literatuur en zo mogelijk eenvoudige berekeningen op basis van beschikbare kentallen (bv het aantal schuttingen per jaar en de sluisdimensies). Aan uitgaande constante waterstromen wordt het gemiddelde gemeten chloridegehalte van het waterlichaam toegekend.

Deze constante water- en chloridestromen kunnen, binnen zekere grenzen, gebruikt worden om de water- en chloridebalansen van het beschouwde waterlichaam af te regelen op de gemeten debieten en chloridegehalten. Zeker wanneer het aandeel van deze constante stromen aan de water- en/of chloridebalans relatief groot is. Feitelijk wordt de inschatting van deze constante water- en chloridestromen dan bijgesteld (“gekalibreerd”) op basis van het totaal aan beschikbare metingen.

In sommige gevallen zijn schut- en/of lekverliezen van sluizen al in gemeten debieten verdisconteerd. Voorbeelden daarvan zijn de Krammersluizen (schutverliezen) en het Kreekraksluizencomplex (schut- en lekverliezen) bij het Volkerak-Zoommeer.

3.5 Wateruitwisseling met de atmosfeer

Alle KNMI neerslagstations die rondom het waterlichaam liggen, worden gebruikt om de dagelijkse neerslag op het waterlichaam te bepalen. Elk dag worden de gemeten neerslagen opgeteld en gedeeld door het aantal gebruikte stations. Aan deze neerslag wordt een constant chloridegehalte gekoppeld (orde 10 mg/l), dat afhankelijk van de locatie van het waterlichaam kleine verschillen kan vertonen.

De dagelijkse verdamping van het wordt bepaald uit de gemeten waarden van een of meerdere nabij gelegen KNMI weerstations. De KNMI meetreeksen betreffen referentiegewasverdamping, die omgezet worden naar open water verdamping middels een constante vermenigvuldigingsfactor (orde 1.25). Er is vanuit gegaan dat er geen chloride met de verdamping meegaat.

4 Specifieke onderdelen

Hieronder wordt kort toegelicht op welke onderdelen van de water- en chloridebalans van verschillende waterlichamen van elkaar kunnen verschillen, en dus specifiek zijn voor een waterlichaam.

4.1 Waterlichaam

Het waterlichaam kan een groot geheel vormen, zoals het IJsselmeer. Het kan echter ook bestaan uit een aantal duidelijk te onderscheiden delen, zoals het Volkerak-Zoommeer. Dat laatste is opgebouwd uit vier delen die op duidelijke locaties onderling water en chloride uitwisselen en die ook afzonderlijk gemeten worden op waterstand en chloridegehalte.

De water- en chloridebalansen kunnen voor een dergelijk waterlichaam als geheel worden opgesteld. In dat geval is de methode generiek aan die bij andere waterlichamen. De water- en chloridebalansen kunnen echter ook per deelgebied worden opgesteld, waarbij dus ook water- en chloride uitwisseling binnen het waterlichaam zelf wordt meegenomen. Omdat elk waterlichaam weer anders is, zal dat deel van de aanpak altijd specifiek zijn per waterlichaam.

4.2 Wateruitwisseling met andere waterlichamen

Specifiek verschillend per waterlichaam voor deze wateruitwisseling is het aantal uitwisselingen en de aard en richting daarvan. Zo zijn er bij het IJsselmeer 8 en bij het Volkerak-Zoommeer 6 van deze wateruitwisselingen, en vindt bij het IJsselmeer ook een onttrekking voor drinkwater plaats, die in het Volkerak-Zoommeer ontbreekt.

Ook vindt bij sommige locaties wateruitwisseling in twee richtingen plaats en bij andere locaties maar in een richting. Voor de waterbalans kan dit generiek gemaakt worden door het gebruik van positieve en negatieve debieten. Maar voor de chloridebalans is dit specifiek, omdat er bij verandering van stroomrichting geschakeld moet worden tussen chloridegehalten van beide waterlichamen.

4.3 Wateruitwisseling met landgebieden

Elk landgebied is uniek en bevat een aantal onderdelen, die specifiek voor dat gebied zijn. Dat betreft vooral verschillen in sturingsregels voor waterafvoer en wateraanvoer. Daarbij moet gedacht worden aan landgebieden die meerdere afvoerpunten hebben, die elkaar onderling beïnvloeden en die hun overtollige water niet allemaal naar het waterlichaam afvoeren. Er bestaan situaties waarbij een of meerdere landgebieden niet alleen water uitwisselen met het waterlichaam, maar ook onderling water uitwisselen. En er komen situaties voor waarbij landgebieden alleen afwateren naar of inlaten uit het waterlichaam, of helemaal geen water uitwisselen met het waterlichaam, maar alleen water uitwisselen met andere landgebieden.

Het moge duidelijk zijn dat dit daarom ook voor de chloridebalans betekent dat dit per landgebied verschillend is en derhalve een specifieke aanpak vereist.

4.4 Wateruitwisseling via constante waterstromen

Specifiek verschillend per waterlichaam voor deze wateruitwisseling is het aantal uitwisselingen en de aard en richting daarvan. Zo kan bv een spuisluis water naar buiten uitlaten en lekverliezen (water en chloride) naar binnen hebben.

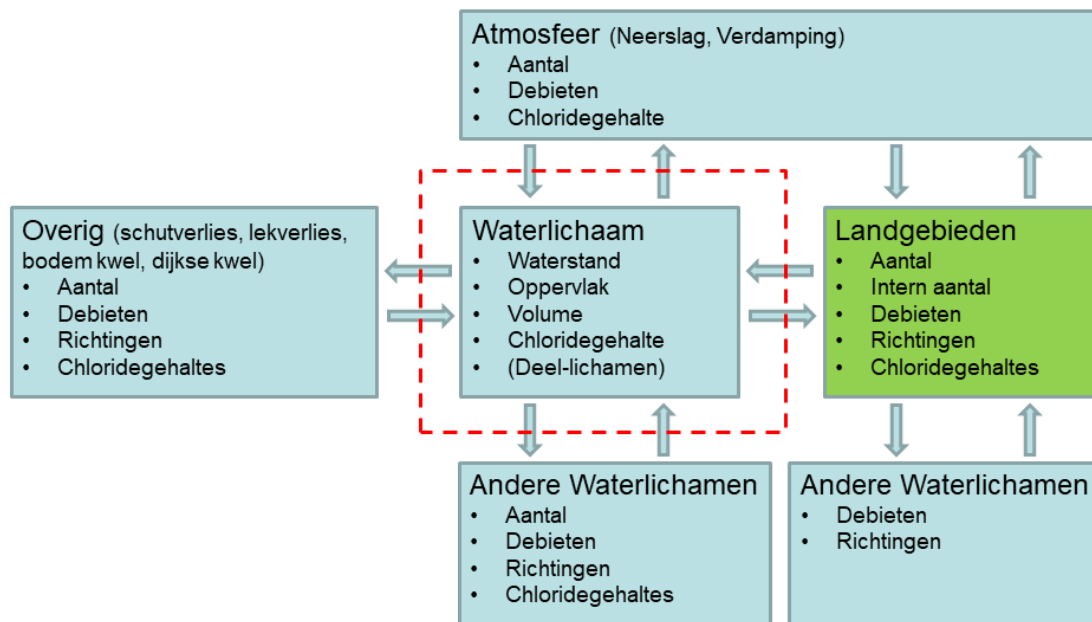
4.5 Wateruitwisseling met de atmosfeer

Het aantal KNMI stations dat gebruikt wordt voor de toewijzing van neerslag en verdamping, kan per waterlichaam verschillen. Als het waterlichaam uit duidelijk te onderscheiden deelgebieden bestaat en de water- en chloridebalans per deelgebied afzonderlijk opgesteld wordt, worden de aanwezige KNMI neerslagstations toegewezen aan de verschillende deelgebieden. Daarbij kan het voorkomen dat individuele neerslagstations aan meerdere deelgebieden worden toegewezen. Voor verdamping is dit niet belangrijk, omdat die cijfers per station slechts marginaal verschillen en in het niet vallen tegen mogelijke verschillen in dagelijkse neerslag.

5 Generieke aanpak

Dit hoofdstuk beschrijft een eerste aanzet tot een mogelijk generieke aanpak voor het opstellen van water- en chloridebalansen van grote waterlichamen. Figuur 5 geeft een overzicht van een basisopzet daarvan. Het groene vlak in deze figuur geeft aan dat zich daar een relevant specifiek onderdeel bevindt.

Onderdelen water- en chloridebalans voor grote waterlichamen



Figuur 5 Basisopzet water- en chloridebalans voor grote waterlichamen. De rode stippellijn symboliseert de rand van het waterlichaam, waarover water- en chloridestromen kunnen plaatsvinden. De blauwe pijlen symboliseren de water- en/of chloridestromen.

Het waterlichaam wisselt water en chloride uit:

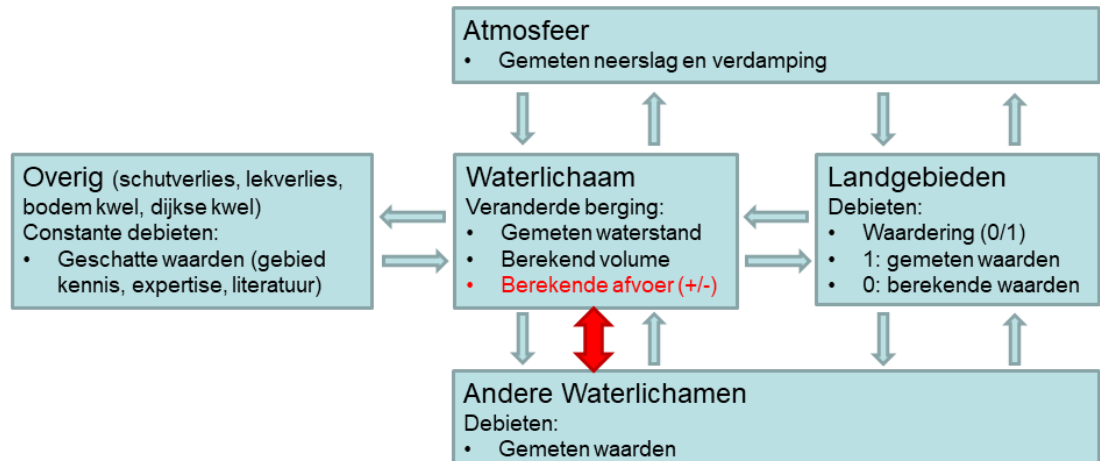
- Met de atmosfeer: gemeten debieten met geschat chloridegehalte
- Met andere waterlichamen: gemeten
- Met landgebieden: deels gemeten, deels berekend
- Via overige stromen: geschat en als constant aangenomen

Aantallen, stroomrichtingen en waarden kunnen via een generieke aanpak worden opgesteld. Alleen de interne waterbalansen voor de landgebieden zullen specifiek moeten worden opgesteld, waarbij vooral de interne debieten en sturingsregels per landgebied verschillend kunnen zijn. De elementen binnen een landgebied kunnen wel weer generiek worden opgesteld. De deelgebieden wisselen daarnaast ook water uit met atmosfeer en mogelijk met andere waterlichamen. De chloridevrachten die daarbij horen, zijn niet relevant voor het beschouwde waterlichaam en worden derhalve niet bepaald. De chloridevrachten naar het waterlichaam worden bepaald op basis van chloridemetingen in het oppervlaktewater van het landgebied, waarbij ontbrekende waarden worden geschat op basis van literatuur, gebiedskennis en expertise. Chloridevrachten uit het waterlichaam naar een landgebied zijn wel relevant voor de chloridebalans van het waterlichaam, maar niet relevant voor het landgebied. Deze vrachten worden bepaald op basis van gemeten chloridegehaltes van het waterlichaam.

5.1 Waterbalans

Figuur 6 geeft een overzicht van de relevante waterstromen. De rode dubbelzijdige pijl symboliseert de berekende afvoer (negatief teken is aanvoer), die als sluitpost voor de waterbalans van het waterlichaam dient. Dit kan de totale afvoer van het waterlichaam zijn, maar kan ook de locatie zijn waar de grootste van het waterlichaam plaatsvindt en is dus mogelijk slechts een deel van de totale afvoer uit het waterlichaam. Deze berekende afvoer wordt vergeleken met de gemeten waterafvoer van die locatie.

Debieten waterbalans



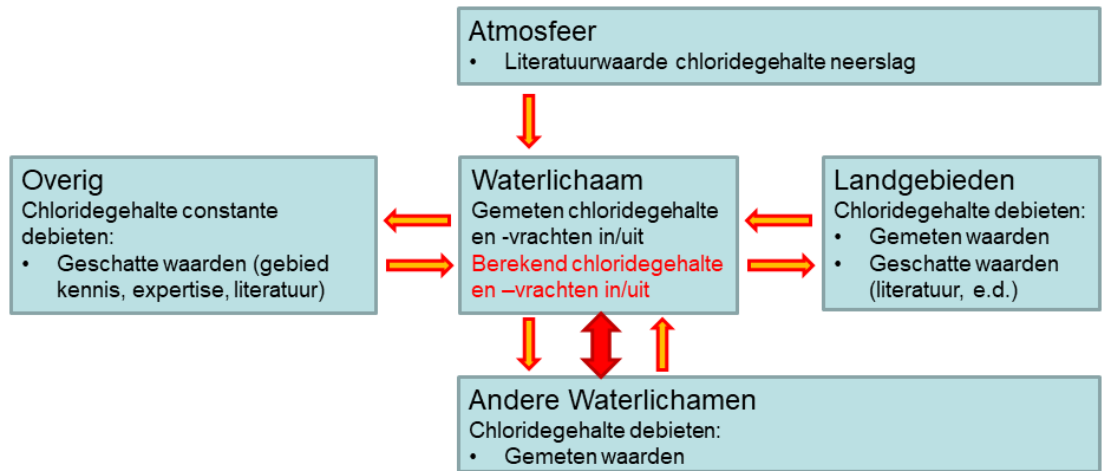
Figuur 6 Overzicht van de relevante debieten voor de waterbalans van grote waterlichamen. De rode dubbelzijdige pijl symboliseert de berekende afvoer (dan wel aanvoer) die uiteindelijk wordt vergeleken met de metingen. De blauwe pijlen symboliseren de waterstromen.

De debieten tussen waterlichaam en landgebieden blijken in praktijk slechts ten dele gemeten, zowel voor wat betreft het aantal locaties, als voor wat betreft de beschouwde periode. Daarom wordt er elke dag aan deze debieten een waardering toegekend, waarbij een 1 betekent dat de gemeten waarde wordt gebruikt en een 0 betekent dat de berekende resultante van de waterbalans van het landgebied wordt gebruikt. De wateruitwisseling van landgebied met atmosfeer en met andere waterlichamen is alleen relevant voor de interne waterbalans van deze gebieden, maar beïnvloedt daarmee wel de berekende wateruitwisseling met het beschouwde waterlichaam.

5.2 Chloridebalans

Figuur 7 geeft een overzicht van de relevante chloridestromen. De rode dubbelzijdige pijl symboliseert het berekende chloridegehalte van het waterlichaam, dat voor de chloridebalans wordt toegekend aan de uitstromende debieten naar andere waterlichamen. Dit berekende chloridegehalte wordt vergeleken met het gemeten chloridegehalte van het waterlichaam.

Chloridevrachten



Figuur 7 Overzicht van de relevante chloridestromen voor de chloridebalans van grote waterlichamen

De chloride-uitwisseling van landgebied met atmosfeer en met andere waterlichamen is niet relevant voor de chloridebalans van het beschouwde waterlichaam. Verder wordt ervan uitgegaan dat er geen chloride met verdampend water uit het waterlichaam verdwijnt.

5.3 Ontwikkelingsperspectief

De methode lijkt voldoende mogelijkheden te bieden voor een grotendeels generieke werkwijze. Slechts enkele onderdelen zijn specifiek voor een waterlichaam. Deze specifieke onderdelen kunnen echter ook grotendeels generiek worden opgesteld.

Beide waterbalansen van IJsselmeer en Volkerak-Zoommeer zijn met EXCEL opgezet. In theorie zou een generieke opzet in EXCEL kunnen worden ontwikkeld, maar een opzet in Python of een vergelijkbare scripting taal lijkt meer voor de hand liggen.

Het verdient aanbeveling een eerste versie van een generieke aanpak in Python te ontwikkelen op basis van de EXCEL water- en chloridebalans voor het Volkerak-Zoommeer, en met ondersteuning van aanvullende controleberekeningen in EXCEL.

6 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Bij de opzet van de water- en chloridebalans voor het Volkerak-Zoommeer is gebleken dat de toegepaste methode voor de water- en chloridebalans van het IJsselmeer om uit te gaan van gemeten waterstromen en chloridegehalten, aangevuld met berekeningen en literatuurwaarden, ook voor VZM te gebruiken is. De basisopzet is identiek, de afzonderlijke posten zijn gebied specifiek, zowel in aantal als in onderlinge verbindingen.

De aanpak van de water- en chloridebalansen voor de grote waterlichamen IJsselmeer en Volkerak-Zoommeer vertonen zodanig grote overeenkomsten dat ontwikkeling van een generieke aanpak voor grote waterlichamen voor de hand ligt. Een nadere beschouwing van beide waterbalansen duidt erop dat een generieke aanpak in grote lijnen mogelijk is. Enkele onderdelen zullen echter nopen tot een specifieke aanpak per individueel waterlichaam. Deze specifieke aanpak kan echter grotendeels generiek worden opgezet.

Tijd en budget investeren voor een eerste poging daartoe lijkt daarom gerechtvaardigd. Daarbij kunnen de water- en chloridebalansen van IJsselmeer en Volkerak-Zoommeer, die in EXCEL zijn opgezet als uitgangspunt dienen. EXCEL is echter niet de meest flexibele omgeving om een generieke aanpak in op te zetten. Het kan wel dienen om een en ander te toetsen.

Een scripting taal als Python is beter geschikt om een dergelijke generiek methode te ontwikkelen. Het verdient aanbeveling om de mogelijkheden daarvan nader te onderzoeken.

7 Gebruikte bronnen

Deltares, 2019. Water en stoffen balans IJsselmeer. Versie 2.0. Rapport nr. 11203712-002-ZKS-0006.

Deltares, 2020. Water- en Chloridebalans Volkerak-Zoommeer. Rapport nr. 11203741-000-ZKS-0019.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl