

**Samenhang in de Zuidwestelijke
Delta: Integrale beschouwing en
kwantificering van estuariene
dynamiek**



**Samenhang in de Zuidwestelijke
Delta: Integrale beschouwing en
kwantificering van estuariene
dynamiek**

drs. A.J. Nolte
C.J. Sprengers
ir. J.A.G. van Gils

1208082-000

Titel

Samenhang in de Zuidwestelijke Delta: Integrale beschouwing en kwantificering van estuariene dynamiek

| | | | |
|---------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| Opdrachtgever | Project | Kenmerk | Pagina's |
| Planbureau voor de Leefomgeving | 1208082-000 | 1208082-000-ZKS-0008 | 50 |

Trefwoorden

Zuidwestelijke Delta, Getij, Waterverdeling, Waterkwaliteit, Ecologie, Morfologie, Modellerings, SOBEK.



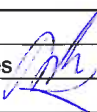


Samenvatting

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) voert in opdracht van de provincies Noord-Brabant, Zeeland en Zuid-Holland een studie uit naar "Samenhang in de delta, ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta". Het doel van deze studie is het opstellen van een gedeeld beeld van het ontwikkelingsperspectief voor de Rijn-Schelde Delta op lange termijn. Het ecologische perspectief is één van de te beschouwen perspectieven naast het economische en het veiligheidsaspect.

Deltares heeft voor zeven inrichtingsvarianten de waterverdeling, de getijslag, de zoet-zoutgradiënt, de nutriëntenstromen en de primaire productie berekend met een 1D SOBEK model van de zuidwestelijke delta. Dit model omvat de gehele zuidwestelijke delta en is daardoor in staat om op een consistente manier de samenhang tussen de verschillende deltawateren inzichtelijk te maken. Het levert een kwantitatieve onderbouwing van toekomstperspectieven. De gevolgen voor de morfologische ontwikkeling, de sedimentsamenstelling, de zuurstofconcentratie als gevolg van stratificatie en de draagkracht voor commerciële schelpdieren zijn op basis van een deskundigenoordeel geëvalueerd, omdat dat met het 1D model niet berekend kan worden. De resultaten zijn aangeleverd aan IMARES om habitatkaarten te maken.

De studie heeft aangetoond dat met het 1D model veel inzicht gegeven wordt in de samenhang in de delta en heeft de meerwaarde aangetoond van een integrale en kwantitatieve benadering van de zuidwestelijke delta. Het is een krachtig instrument om de kennis die beschikbaar is, vast te leggen en om die kennis te ontsluiten en over te dragen.

De uitgevoerde berekeningen en evaluaties zijn een eerste indicatie van de mogelijke gevolgen van inrichtingsmaatregelen. Bij het gebruik en de interpretatie van de modelresultaten moet meegewogen worden dat het gebruikte 1D model nog niet volledig gekalibreerd is en (ver) buiten de validatierange is toegepast.

| Versie | Datum | Auteur | Paraaf | Review | Paraaf | Goedkeuring | Paraaf |
|------------|-----------|---------------------|---|------------------|--|----------------|---|
| concept | mei 2013 | drs. A.J. Nolte | | drs. I. de Vries | | drs. S. Tatman | |
| | | C.J. Sprengers | | | | | |
| | | ir. J.A.G. van Gils |  | | | | |
| definitief | juni 2013 | drs. A.J. Nolte |  | drs. I. de Vries |  | drs. S. Tatman |  |
| | | C.J. Sprengers | | | | | |
| | | ir. J.A.G. van Gils |  | | | | |

Rick Wortelboer en Dirk-Jan van der Hoek hebben vanuit PBL bijgedragen aan het project.

Status

definitief

Inhoud

| | | |
|----------|---|------------|
| 1 | Inleiding | 1 |
| 1.1 | PBL studie Samenhang in de Delta - Ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta 2013 | 1 |
| 1.2 | Beschouwde inrichtingsvarianten | 1 |
| 1.3 | Vraagstelling en doelstelling bijdrage Deltares | 3 |
| 1.4 | Aanpak | 3 |
| 1.5 | Leeswijzer | 4 |
| 2 | Het 1D Zuidwestelijke Delta model | 7 |
| 2.1 | Beschrijving modelopzet | 7 |
| 2.2 | Opzet inrichtingsvarianten | 9 |
| 3 | Resultaten | 13 |
| 3.1 | Inrichtingsvarianten (modelresultaten) | 14 |
| 3.1.1 | Variant 1: Huidige situatie | 14 |
| 3.1.2 | Variant 2: Verbeterd beheer, korte termijn | 17 |
| 3.1.3 | Variant 3: Verbeterde inrichting 1, korte termijn | 20 |
| 3.1.4 | Variant 4: Verbeterde inrichting 2, korte termijn | 23 |
| 3.1.5 | Variant 5: Stormvloedkeringen, middellange termijn | 26 |
| 3.1.6 | Variant 6: Zoete lagune, lange termijn | 29 |
| 3.1.7 | Variant 7: Zoute delta, lange termijn | 32 |
| 3.2 | Vergelijking inrichtingsvarianten (modelresultaten) | 35 |
| 3.3 | Beschouwing en deskundigenoordeel overige aspecten | 42 |
| 3.3.1 | Morfologische ontwikkeling en sedimentsamenstelling | 42 |
| 3.3.2 | Stratificatie en zuurstofhuishouding | 45 |
| 3.3.3 | Draagkracht voor commerciële schelpdierproductie | 47 |
| 4 | Afsluitende reflectie | 49 |
| 5 | Referenties | 51 |
| | Bijlage(n) | |
| A | Overzicht berekende waterverdeling | A-1 |

1 Inleiding

1.1 PBL studie Samenhang in de Delta - Ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta 2013

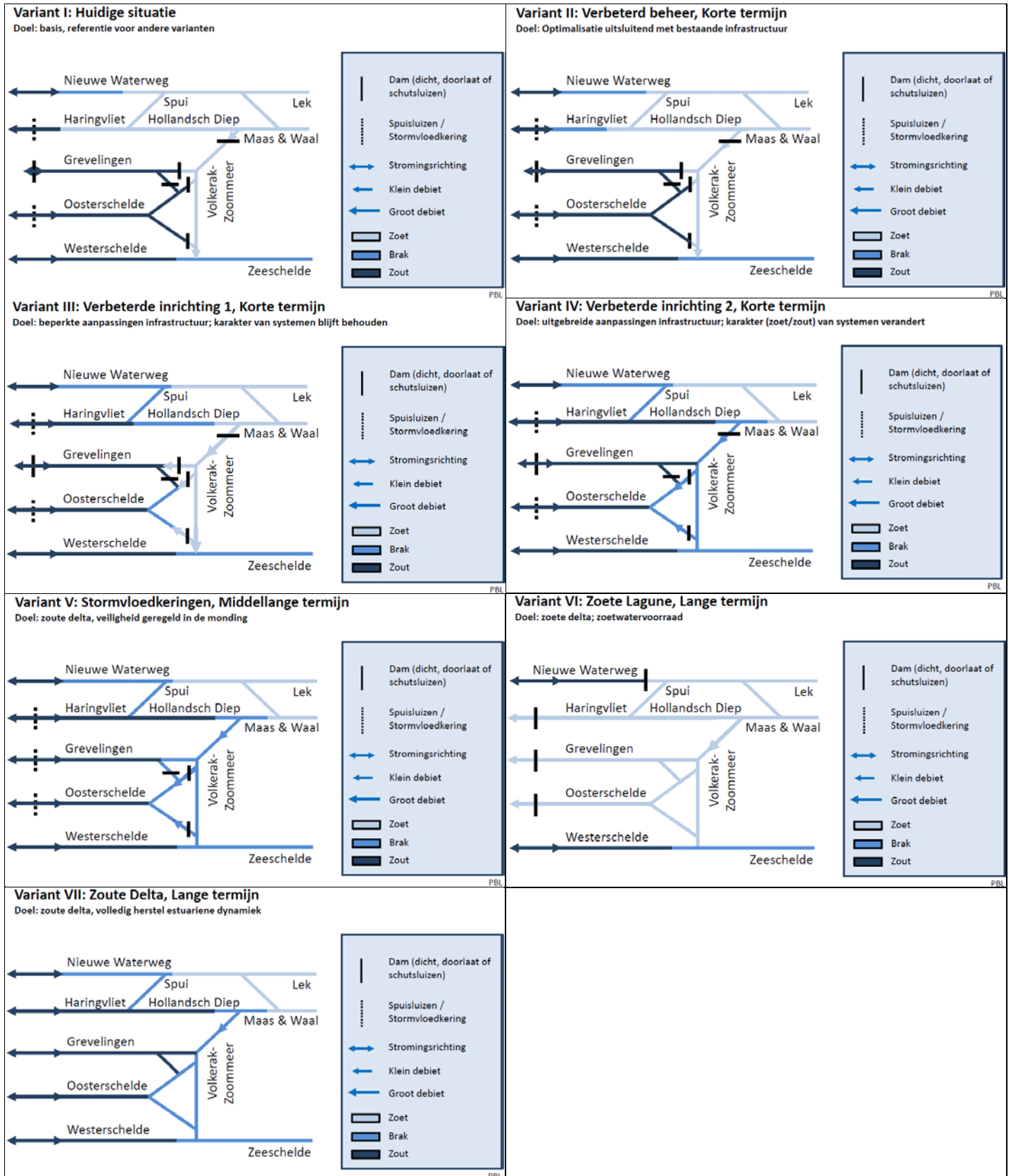
Een veilige, veerkrachtige en vitale Zuidwestelijke Delta (ZW Delta). Dat is wat de provincies, waterschappen en ministeries, verenigd in de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, als ideaal voor ogen staat (www.zwdelta.nl). De wensen en ambities van de regio zijn niet los te zien van nationale strategieën en besluiten. Veel van het ruimtelijk beleid is gedecentraliseerd, maar op rijksniveau wordt onderkend dat er voor dit gebied een grote afstemmingsopgave ligt. Bij het Rijk liggen immers op korte termijn zeer forse investeringsbeslissingen voor en de betekenis van het gebied overstijgt tevens de landsgrenzen. Een dynamische delta kan verder bijdragen aan het wereldwijde profiel van Nederland als vernieuwend en creatief deltaland. Het is daarom zaak om rijkskeuzes in samenhang te zien met wat de provincies en gemeenten met het gebied voor ogen hebben.

Om op de verschillende schaalniveaus tot effectieve investeringsbeslissingen te kunnen komen is een gedeeld beeld van het ontwikkelingsperspectief voor de Rijn-Schelde Delta op langere termijn van belang. Niet als blauwdruk, maar als baken voor de richting en afstemming van beslissingen, niet alleen op rijks- provinciaal-, gemeentelijk en waterschapsniveau, maar ook in de private sector. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) voert daarom in opdracht van de provincies Noord-Brabant, Zeeland en Zuid-Holland een studie uit naar "Samenhang in de delta, ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta". Het doel van deze studie is het opstellen van een gedeeld beeld van het ontwikkelingsperspectief voor de Rijn-Schelde Delta op lange termijn. Dit perspectief moet toelaten om op verschillende schaalniveaus tot effectieve investeringsbeslissingen te komen. Van belang is om hierbij inzichtelijk te maken waar synergiën te behalen zijn, wat een effectieve volgorde van investeringen is en waar risico's op desinvesteringen liggen. Dit gebeurt aan de hand van ontwikkelingsvarianten of ontwikkelingsrichtingen die ieder een ander toekomstperspectief voor de delta vertegenwoordigen. Deze lange termijn varianten adresseren in samenhang opgaven voor economische ontwikkeling, bescherming tegen overstromingen, zoetwatervoorziening en ecologische ontwikkeling binnen het gebied.

1.2 Beschouwde inrichtingsvarianten

PBL heeft voor dit onderzoek zeven inrichtingsvarianten opgesteld die zich onderscheiden door een toenemende verbinding tussen de deltawateren. In de uiterste varianten is sprake van volledig met elkaar verbonden deltawateren, die of in volledig open verbinding met de Noordzee staan (variant 7: Zoute delta) of uitsluitend via spuisluizen in verbinding staan met de Noordzee (variant 6: Zoete lagune).

Figuur 1.1 Inrichtingsvarianten Zuidwestelijke Delta (PBL, 2013).



1.3 Vraagstelling en doelstelling bijdrage Deltares

PBL heeft Deltares gevraagd een aantal vragen vanuit het ecologisch perspectief te beantwoorden. In de inrichtingsvarianten verandert de verdeling van water over de verschillende bekkens met als gevolg dat:

- zoet-zoutgradiënten (horizontaal) verplaatsen;
- stratificatie in de (verticale) waterkolom toeneemt of afneemt;
- de getijslag en daardoor het intergetijdengebied toeneemt of afneemt;
- de morfologie van getijgeulen en intergetijdengebieden reageert;
- de nutriëntenstromen veranderen en daardoor de primaire productie reageert;
- de flora en fauna zich aanpast.

Al deze elementen houden verband met elkaar en regelmatig is er wederzijdse beïnvloeding. In kwalitatieve termen is meestal wel aan te geven wat verwacht mag worden. Een integrale ecosysteemanalyse waarbij deze elementen voor alle watersystemen gekwantificeerd worden is voor zover ons bekend nog niet eerder gedaan. In deze studie wordt daartoe een eerste aanzet gedaan.

Voor veel afzonderlijke bekkens zijn wel kwantificerende studies uitgevoerd; bijvoorbeeld de m.e.r. Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer, de MIRT-verkenning Grevelingenmeer en het onderzoek in het kader van de langetermijnvisie Westerschelde. Waar mogelijk wordt gebruik gemaakt van de kennis die is opgedaan in deze studies.

1.4 Aanpak

Deltares heeft met een beschikbaar 1-dimensionaal (1D) stofstromenmodel van de zuidwestelijke delta kwantitatieve gegevens aangeleverd die van belang zijn voor een ecologische evaluatie van de inrichtingsvarianten, die door IMARES is uitgevoerd. Niet alle aspecten kunnen met een 1D model gekwantificeerd worden, zoals de stratificatie in de waterkolom en de gevolgen daarvan voor zuurstofloosheid en het morfologisch gedrag van getijgeulen en intergetijdengebieden. Deze aspecten zijn op basis van een deskundigenoordeel kwalitatief beoordeeld.

Op basis van overleg met PBL en IMARES worden de volgende grootheden met het model berekend:

| Parameter | Wijze van berekening (tijd) | Wijze van berekening (ruimte) |
|--------------------|---|--|
| Stagnant of getij | Op basis van getijvariatie binnen enkele getijcycli wordt aangegeven of het segment in een stagnant of in een getijdewater ligt. | 1 rekenpunt binnen segment |
| Waterstand (m NAP) | Cumulatieve verdeling van overschrijding 2006-2009: <ul style="list-style-type: none"> • Zomermaanden (mei-augustus) De zomermaanden worden gebruikt ten behoeve van het Veerse Meer dat in de huidige situatie een zomer- en een winterpeil heeft. | 1 rekenpunt binnen segment |
| Saliniteit | <ul style="list-style-type: none"> • 10% overschrijding jaargemiddeld • jaargemiddeld • 90% overschrijding jaargemiddeld | gemiddeld over alle rekenpunten binnen segment |
| Stroomsnelheid | Cumulatieve verdeling van overschrijding | 1 rekenpunt binnen |

| | | |
|----------------------------------|--|--|
| wordt alleen indicatief gebruikt | 2006-2009 | segment |
| Doorzicht | Zomerhalfjaar gemiddeld (1-4/30-9 → KRW) | gemiddeld over alle rekenpunten binnen segment |
| Primaire productie | Jaargemiddeld periode 2006-2009 | gemiddeld over alle rekenpunten binnen segment |
| Chlorofyl-a | <ul style="list-style-type: none"> • Jaargemiddeld periode 2006-2009 • Zomerhalfjaar gemiddeld (1-4/30-9, KRW) | |
| Particulair organisch materiaal | <ul style="list-style-type: none"> • Jaargemiddeld periode 2006-2009 • Zomerhalfjaar gemiddeld (1-4/30-9, KRW) | |
| Totaal stikstof | <ul style="list-style-type: none"> • Jaargemiddeld periode 2006-2009 • Zomerhalfjaar gemiddeld (1-4/30-9, KRW) | |
| Totaal fosfaat | <ul style="list-style-type: none"> • Jaargemiddeld periode 2006-2009 • Zomerhalfjaar gemiddeld (1-4/30-9, KRW) | |

1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt kort het gebruikte model en de modelopzet van de inrichtingsvarianten beschreven. Hoofdstuk 3 presenteert figuren en tabellen van de resultaten van de modelberekeningen en het deskundigenoordeel van de aspecten die niet met het 1D model te kwantificeren zijn. Hoofdstuk 4 sluit af met een concluderende samenvatting.

Dit rapport is geen technisch modelrapport, zodat een modelleringsachtergrond niet nodig is. Affiniteit met modellering heeft wel meerwaarde, opdat de waarde en bruikbaarheid van de gepresenteerde getallen goed ingeschat kunnen worden.

Dit onderzoek betreft een eerste analyse van wat er gebeurt als verbindingen tussen de deltawateren worden gelegd. Bij het gebruik en de interpretatie van de modelresultaten moet meegewogen worden dat het gebruikte 1D model nog niet volledig gekalibreerd is en (ver) buiten de validatierange is toegepast. Dat wil zeggen dat de maatregelen (aanleg doorlaatmiddelen, verwijderen dammen, ...) een dermate grote verandering teweeg brengen die (nog) niet tegen historische metingen gevalideerd is of – in geval van een nieuwe situatie zonder historische equivalent – überhaupt niet met metingen vergeleken kan worden.

De berekeningen geven een goede indicatie van de verwachte getijdynamiek en stofstromodynamiek. Berekende waarden voor de inrichtingsvarianten moeten vooral ten opzichte van elkaar vergeleken worden. Een analyse op detailniveau ('tot achter de komma') is niet mogelijk. Het onderzoek heeft mede tot doel om aspecten die nadere analyse of onderzoek vergen, te identificeren en/of potentieel interessante aspecten te prioriteren.

In het (model)onderzoek zijn de volgende aspecten niet meegenomen:

- Er is geen optimalisatie of sturing op het waterbeheer toegepast. Dat wil zeggen dat de sluizen of doorlaatmiddelen in het model worden 'aangelegd' en open gezet en dat ze niet dichtgezet worden bij bepaalde omstandigheden, zoals een te ver doordringen van het zout. Een dergelijke optimalisatie van het waterbeheer, die met de vele kunstwerken in de deltawateren een groot aantal mogelijkheden biedt, valt buiten de reikwijdte van dit onderzoek. Met *fine-tuning* van het waterbeheer is zeer veel mogelijk.
- Ook overige maatregelen die als mitigatie van ongewenste effecten of als extra stimulans van gewenste effecten denkbaar zijn, zijn niet in beschouwing genomen. Denk bijvoorbeeld aan beheermaatregelen voor zandsuppleties in de Oosterschelde of visstandsbeheer.

- Er is geen rekening gehouden met civiel-technische (on)mogelijkheden voor de kunstwerken, noch is het hydraulisch ontwerp onderzocht. Onderzocht is het effect van verbindingen tussen de deltawateren, niet of de verbinding civiel-technisch of qua kosten te realiseren is.
- Ten slotte merken we op dat de effecten op waterveiligheid niet in beschouwing zijn genomen. De modelresultaten mogen dan ook niet voor deze doeleinden gebruikt worden.

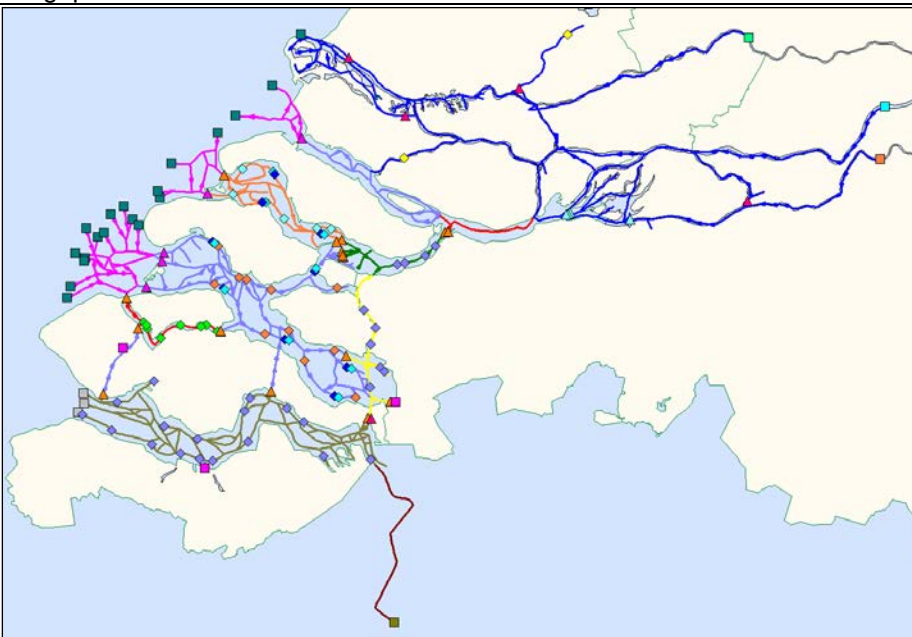
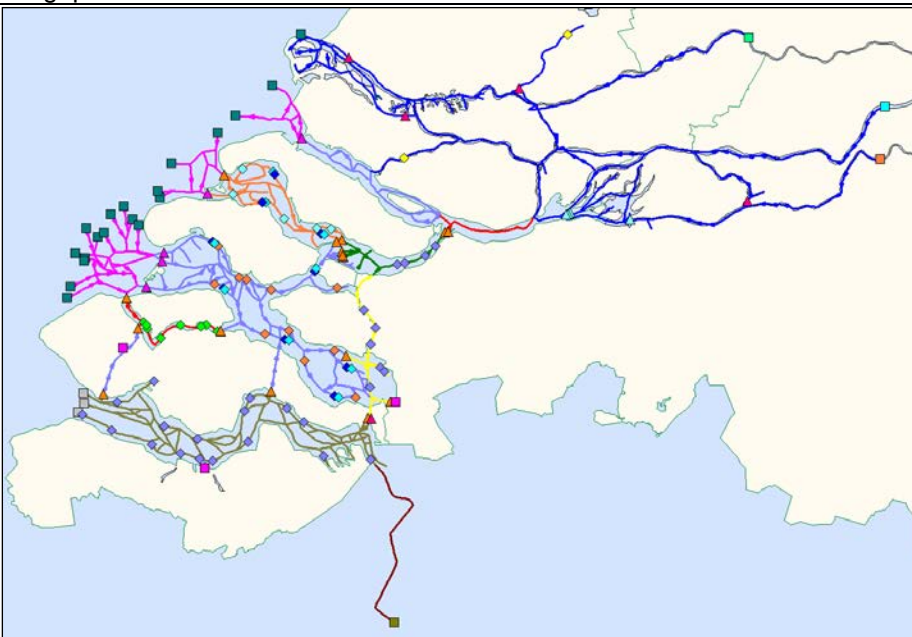
Rick Wortelboer en Dirk-Jan van der Hoek hebben vanuit PBL bijgedragen aan het project.

2 Het 1D Zuidwestelijke Delta model

2.1 Beschrijving modelopzet

Een uitgebreide en volledige beschrijving van de modelopzet en de kalibratie van het 1D SOBEK Zuidwestelijke Delta model is te vinden in Deltares (2013). In deze paragraaf wordt volstaan met een korte beschrijving die de lezer inzicht geeft in het gebruikte model.

Tabel 2.1 Samenvatting van modelopzet 1D ZW Delta model.

| | |
|---|---|
| <p>Rekenperiode</p> | <p>Het model is opgezet voor de periode 1996-2009. Ten behoeve van deze studie wordt uitsluitend de periode 2005-2009 gebruikt, omdat deze periode het best de huidige situatie weergeeft, zoals het niveau van nutriëntenbelasting. Een tweede reden is dat de Katse Heule in 2004 in gebruik is genomen, waardoor het waterbeheer van het Veerse Meer is aangepast.</p> |
| <p>Rekenrooster</p>  <ul style="list-style-type: none"> ◆ Flow - Lateral Flow (2) ▼ Flow - Cross Section (939) ▲ Flow - Weir (1) ▲ Flow - Pump Station (18) ▲ Flow - General Structure (6) ▲ Flow - River Weir (4) ▲ Flow - Compound Structure (5) ■ Noordzee (19) ■ Maas (1) ■ Waal (1) ■ Lek (1) ■ Brabant (10) ■ Schelde (1) ◆ PL_VeerseMeer (8) ◆ PL_Grevelingen (5) ◆ PL_OosterSchelde (11) ◆ PL_Westerschelde (17) ■ NoordzeeWS (3) ◆ Verdamping (9) ◆ Neerslag (9) ■ KanGentTern (1) |  |
| <p>Rivieren</p> | <p>Dagwaarden voor de afvoeren op de bovenstroomse randen van het model bij Hagestein (Lek), Tiel (Waal) en Lith (Maas) zijn ontleend aan DONAR (via WaterBase). Voor de Schelde is het debiet bij Schaar van Ouden Doel gebruikt. Voor dit station zijn de beschikbare gegevens gemiddelden over tien dagen.</p> <p>Voor de waterkwaliteit van de grote rivieren zijn gegevens op maandbasis gebruikt voor de gehele periode 1996-2009. Voor de modelranden Tiel (Waal) en Hagestein (Lek) zijn gegevens van het station Lobith gebruikt, afkomstig uit DONAR (via WaterBase). Gegevens van het station Eijsden zijn gebruikt voor de modelrand bij Lith (Maas). Gegevens van het station Schaar van Ouden Doel zijn gebruikt voor de modelrand op de Schelde, waarbij een correctie voor saliniteit is toegepast.</p> |
| <p>Regionale lozingen</p> | <p>Vanwege het ontbreken van gegevens op maandbasis voor de meeste polders is besloten om alleen echte gegevens te gebruiken voor de Dintel</p> |

| | |
|---------------------------------|--|
| | <p>en de Vliet. Deze zijn beschikbaar voor de periode 1996-2009 (Deltares, 2010). Voor alle andere regionale lozingen zijn de maandwaarden gebaseerd op gegevens voor 1995-2000. Deze maandwaarden zijn voor elk individueel jaar en voor elk lozingspunt geschaald, zodanig dat de jaarsom klopt met de beschikbare jaarcijfers (Hegeman, 2010). Voor combinaties van lozingspunten en jaren waarvoor geen jaarcijfer beschikbaar is, is een schalingsfactor voor datzelfde jaar afkomstig van een naburig lozingspunt gebruikt.</p> |
| Noordzee | <p>De Noordzee-randen in de bestaande applicatie bevatten een opgelegde waterstand met een springtij-doodtij-cyclus van 28 dagen, gespecificeerd op een tijdbasis van 10 minuten. Deze serie wordt repeterend opgelegd gedurende de gehele simulatieperiode.</p> <p>Het ZWD-model maakt gebruik van meetgegevens uit DONAR van twee verschillende Noordzee meetstations (via WaterBase). Gegevens van het station Vlissingen worden gebruikt voor de modelranden bij de Westerschelde. Gegevens van het station Walcheren 2 worden gebruikt voor de overige modelranden (Nieuwe Waterweg, Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde).</p> |
| Meteorologische gegevens | <p>Het ZWD-model onderscheidt directe neerslag en verdamping op de Oosterschelde en de Grevelingen, omdat in deze twee bekkens de invloed daarvan relatief groot is. De gegevens voor neerslag en verdamping en voor instraling en watertemperatuur voor een referentiejaar worden repeterend opgelegd gedurende de gehele periode 1996-2009.</p> |
| Waterbeheer en doorlaatmiddelen | <p>De meeste doorlaatmiddelen en kunstwerken in het model worden gestuurd op basis van hydraulische grootheden (waterstanden, waterstandsverschillen, afvoeren, etc.). Dat betekent dat deze doorlaatmiddelen en kunstwerken automatisch reageren op de veranderende condities gedurende 1996-2009 en de invoer voor deze kunstwerken niet hoeft te worden aangepast.</p> <p>Slechts drie doorlaatwerken worden gestuurd met behulp van als tijdseries gespecificeerde debietreeksen. De afvoeren door de Volkeraksluizen en de Krammersluizen zijn op maandbasis verzameld (Deltares, 2010). Deze gegevens zijn gebruikt. Voor de Kreekraksluizen bevat de bestaande applicatie een tijdreeks van 1996 tot en met 2000. Deze is gebruikt, en voor de jaren na 2000 is de jaarreeks voor 2000 cyclisch herhaald.</p> |
| Graasdruk | <p>Het ZWD-model bevat (nog) geen volledig dynamische modellering van (de graasdruk door) schelpdieren. Voor de bekkens Volkerak-Zoommeer, Grevelingenmeer, Veerse Meer en Oosterschelde wordt een (maximale) graasdruk opgelegd.</p> |
| Fosfaatnalevering | <p>het ZWD-model bevat (nog) geen volledige dynamische modellering van de fosfaatvastlegging in de bodem in de winter en de fosfaatnalevering in het zomerhalfjaar. De modelinstellingen zijn zo gekozen dat de flux ordegrootte resulteert in de gemeten fosfaatconcentratie in de waterkolom.</p> |

2.2 Opzet inrichtingsvarianten

Voor de verschillende inrichtingsvarianten is het waterbeheer aangepast door een andere sturing van kunstwerken (bijvoorbeeld openzetten van de Kier Haringvlietsluizen), aanpassingen van kunstwerken (bijvoorbeeld vergroten van een doorlaatmiddel), aanleg of ingebruikname van een kunstwerk (bijvoorbeeld doorlaatmiddel in de Brouwersdam of ingebruikname van de Flakkeese spuisluis). In samengevatte vorm is het waterbeheer aangegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Ordegrootte waterverdeling en/of typering per kunstwerk per inrichtingsvariant – Debieten zijn daggemiddelde instromende debieten

| Variant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|--------------------------|--------------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------------|
| | Huidige situatie | Verbeterd beheer | Verbeterde inrichting 1 | Verbeterde inrichting 2 | Stormvloedkeringen | Zoete lagune | Zoute Delta |
| Termijn | Huidig | Kort | Kort | Kort | Middellang | Lang | Lang |
| Nieuwe Waterweg / Maeslantkering | open (stormvloed) | open (stormvloed) | open (stormvloed) | open (stormvloed) | open (stormvloed) | scheepvaartsluis | open |
| Haringvlietdam / Haringvlietsluizen | LPH-84 | Kier | verdubbelde Kier | stormvloed | stormvloed | spuisluis | verwijderd |
| Brouwersdam / Brouwerssluis | ~100 m ³ /s | ~105 m ³ /s | ~800 m ³ /s opmerking tekst | ~800 m ³ /s | stormvloed | spuisluis | verwijderd |
| Oosterscheldekering | stormvloed | stormvloed | stormvloed | stormvloed | stormvloed | spuisluis | verwijderd |
| Veersedam | geen doorlaat | geen doorlaat | 125 m ³ /s | ~125 m ³ /s | stormvloed | geen doorlaat | verwijderd |
| Volkerakdam / Volkeraksluizen | ~5 m ³ /s | ~25 m ³ /s | ~100 m ³ /s | ~25 m ³ /s | verwijderd | verwijderd | verwijderd |
| Grevelingendam noord | geen doorlaat | geen doorlaat | waterberging, geen dagelijkse doorlaat | verwijderd | verwijderd | verwijderd | verwijderd |
| Grevelingendam zuid / Flakkeese spuisluis | gesloten | ~65 m ³ /s | ~65 m ³ /s | ~65 m ³ /s | verwijderd | verwijderd | verwijderd |
| Philipsdam / Krammersluizen | ~10 m ³ /s | ~10 m ³ /s | ~55 m ³ /s | ~300 m ³ /s | ~300 m ³ /s | verwijderd | verwijderd |
| Oesterdam | geen doorlaat | geen doorlaat | ~45 m ³ /s | ~150 m ³ /s | ~150 m ³ /s | verwijderd | verwijderd |
| Bathse spuisluis | ~25 m ³ /s | ~45 m ³ /s | ~20 m ³ /s | ~25 m ³ /s | ~25 m ³ /s | ~25 m ³ /s | verwijderd |
| Zandkreekdam / Katse Heule | ~25/40 m ³ /s | ~25/40 m ³ /s | ~125 m ³ /s | ~125 m ³ /s | verwijderd | verwijderd | verwijderd |

In de huidige situatie (variant 1) worden de Haringvlietsluizen bediend volgens het LPH-84 protocol. Bij afvoeren te Lobith kleiner dan 1100 m³/s zijn de Haringvlietsluizen helemaal gesloten, op de zout- en visriolen na. Bij afvoeren van de Rijn tussen 1100 en 1700 m³/s staan de sluisen bij laag water 25 m² open als de buitenwaterstand lager is dan de binnenwaterstand. Bij afvoeren van 1700 tot 9500 m³/s wordt de spui-opening steeds groter. Er is er een beperkte aanvoer van 5 m³/s rivierwater van het Hollandsch Diep naar het

Volkerak-Zoommeer via de Volkeraksluizen. Daarnaast is er aanvoer vanaf de Brabantse rivieren Dintel en Vliet en enkele poldergemalen. Daggemiddeld stroomt ongeveer $10 \text{ m}^3/\text{s}$ van het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde, dit is het door de beheerder ingestelde zoetwaterdebiet van de Krammersluizen. Het restant van ongeveer $25 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt via de Bathse spuisluis naar de Westerschelde afgevoerd. Het Grevelingenmeer is verbonden met de Noordzee via de Brouwersluizen met een daggemiddeld instromend debiet van $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Het Veerse Meer is verbonden met de Oosterschelde via de Katse Heule. Vanwege een verschillend zomer- en winterpeil stroomt hierdoor daggemiddeld debiet van respectievelijk $40 \text{ m}^3/\text{s}$ en $25 \text{ m}^3/\text{s}$. Voor de rest zijn er geen verbindingen tussen de watersystemen.

In variant 2 worden enkele maatregelen in gebruik genomen. De Haringvlietsluizen worden op een Kier gezet, zodat onder bepaalde omstandigheden zeewater kan binnenstromen. Afsproken is dat het zout de lijn Middelharnis-Spui niet overschrijdt. Het beheerprotocol dat hierbij hoort, is nog niet ontwikkeld. In het model is daarom aangenomen dat de Haringvlietsluizen permanent op een Kier staan. Er zal hierdoor in het model meer zout binnenstromen dan in werkelijkheid, omdat dan bij lage rivierafvoer of bij overschrijding van de lijn Spui-Middelharnis de sluizen gesloten zullen worden voor instromend zeewater. De doorspoeling van het Volkerak-Zoommeer wordt verhoogd naar $25 \text{ m}^3/\text{s}$. Omdat overige aan- en afvoeren gelijk blijven wordt de afvoer via de Bathse spuisluis evenredig verhoogd. Voor het Grevelingenmeer wordt de uitwisseling met de Noordzee gemaximaliseerd door geen sluiting ten behoeve van visserij uit te voeren. Dit resulteert in een beperkte verhoging van $100 \text{ m}^3/\text{s}$ naar $105 \text{ m}^3/\text{s}$. Ook wordt de Flakkeese spuisluis, die het Grevelingenmeer verbindt met de Oosterschelde, in gebruik genomen. De overige kunstwerken worden niet aangepast.

In variant 3 wordt de Kier in de Haringvlietsluizen twee keer zo groot, zodat de zoet-zoutgradiënt verder het Haringvliet opkomt. Het Volkerak-Zoommeer wordt doorspoeld met $100 \text{ m}^3/\text{s}$ rivierwater, hetgeen overeenkomt met de doorspoelvariant uit de m.e.r. Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer. Voor de modellering is aangenomen dat $55 \text{ m}^3/\text{s}$ via de Krammersluizen en $45 \text{ m}^3/\text{s}$ via de Oesterdam wordt afgevoerd naar de Oosterschelde. In het Grevelingenmeer wordt een getij van ongeveer 0,4 m geïntroduceerd door een doorlaatmiddel in de Brouwersdam. Door een modelartefact¹ is dit getij iets lager dan de gedempt getij variant in de MIRT-Verkenning Grevelingenmeer waar een getij van 0,5 m wordt beoogd. Tenslotte wordt een doorlaatmiddel in de Veerse Gat dam aangelegd en wordt de Katse Heule in de Zandkreekdam vergroot, zodat een grotere getijslag op het Veerse Meer ontstaat.

In variant 4 worden de Haringvlietsluizen maximaal open gezet, waarbij de sluizen worden beheerd als feitelijke stormvloedkering. Het Volkerak-Zoommeer wordt verzilt door de Grevelingendam te verwijderen, waardoor een open verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer ontstaat, en door doorlaatmiddelen in de Philipsdam en de Oesterdam (stroming in twee richtingen). De aanpassing van de Grevelingendam is overwogen in het kader van de MIRT-Verkenning Grevelingenmeer. De doorlaatmiddelen in Philipsdam en Oesterdam zijn onderzocht in de m.e.r. Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer. De drie doorlaatmiddelen tegelijkertijd zijn nog niet eerder onderzocht. Uit de m.e.r. waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer is bekend dat de aanvoer van rivierwater via de Volkeraksluizen beperkt moet en kan worden tot $25 \text{ m}^3/\text{s}$ opdat enerzijds het zoutgehalte bij de Volkeraksluizen hoog genoeg is voor een gezond zoutwater ecosysteem en anderzijds zoutlekage naar het Haringvliet wordt geminimaliseerd.

¹ De gekozen doorstroomopening van het doorlaatmiddel in het noordelijke deel van de Brouwersdam blijkt te klein voor uitwisselingsdebiet dat nodig is voor 0,5 m getij. In deze studie is geen optimalisatie uitgevoerd.

In variant 5 worden de bestaande kunstwerken in de Oosterschelde en het Haringvliet beheerd als stormvloedkeringen en is de Brouwersdam eveneens vervangen door een stormvloedkering. Voor alle doorstroomopeningen is, conform de Oosterscheldekering, 60% aangenomen. De meer naar binnen gelegen Zandkreekdam en Volkerakdam zijn verwijderd, zodat het rivierwater ongehinderd van het Hollandsch Diep naar het Volkerak-Zoommeer kan stromen. De doorlaatmiddelen in de Philipsdam en Oesterdam blijven nog wel in gebruik.

In variant 6 worden de bestaande kunstwerken in Oosterschelde en Haringvliet beheerd als spuisluizen. In de Brouwersdam is een spuisluis aangelegd. Zij voeren alleen rivierwater af naar de Noordzee, er wordt geen zout water binnengelaten. In de Veersedam wordt geen spuisluis voorzien. In de Nieuwe Waterweg wordt ter hoogte van de Maeslantkering een scheepvaartsluis voorzien, die niet gebruikt wordt voor afvoer van rivierwater, waardoor de afvoeren van de rivieren door de zuidwestelijke delta geleid worden. Alle overige landinwaartse dammen en kunstwerken worden verwijderd met uitzondering van de Bathse spuisluis. In het model wordt geen sturing op de spuicomplexen gezet, zodat het rivierwater zichzelf verdeeld over de drie bekkens.

Tenslotte worden in variant 7 alle dammen en kunstwerken verwijderd zodat een open delta ontstaat waarin rivier en zee elkaar ongehinderd ontmoeten.

3 Resultaten

Als eerste worden beknopt de modelresultaten voor de inrichtingsvarianten afzonderlijk gepresenteerd op basis van kentallen voor de waterverdeling en waterstanden over de verschillende deltawateren en voor waterkwaliteit en primaire productie. In paragraaf 3.2 worden de inrichtingsvarianten onderling vergeleken. In paragraaf 3.3 wordt een kwalitatieve beoordeling gegeven van de aspecten die niet met het 1D model berekend kunnen worden. Bijlage A bevat een tabel met overzicht van de waterverdeling van de varianten.

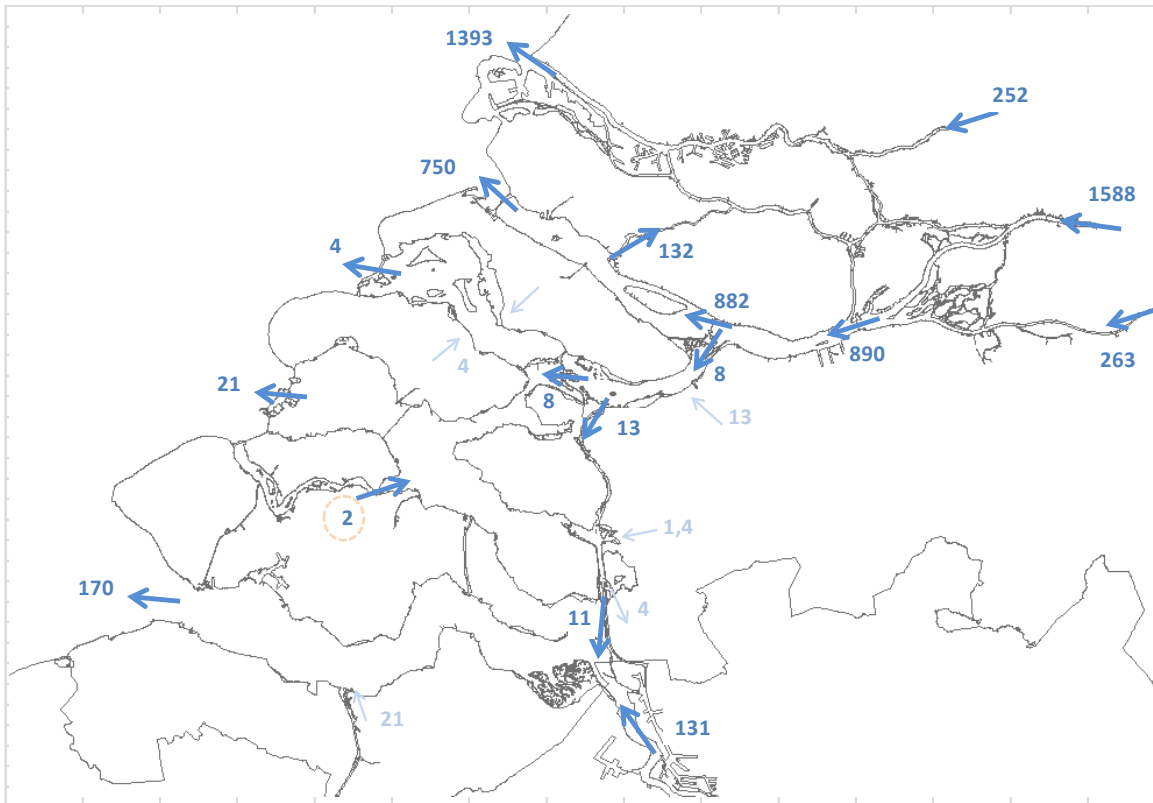
In de beschrijving van de resultaten wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde MWTL locaties. Dit zijn de meetlocaties van het Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands waar door Rijkswaterstaat metingen van onder andere waterkwaliteit worden uitgevoerd. De locaties en namen zijn weergegeven in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 MWTL locaties in de zuidwestelijke delta. De in groen aangegeven locaties Haringvliet en Zoommeer zijn geen MWTL locaties, maar zijn toegevoegd om ook locaties in deze twee deltawateren te hebben.

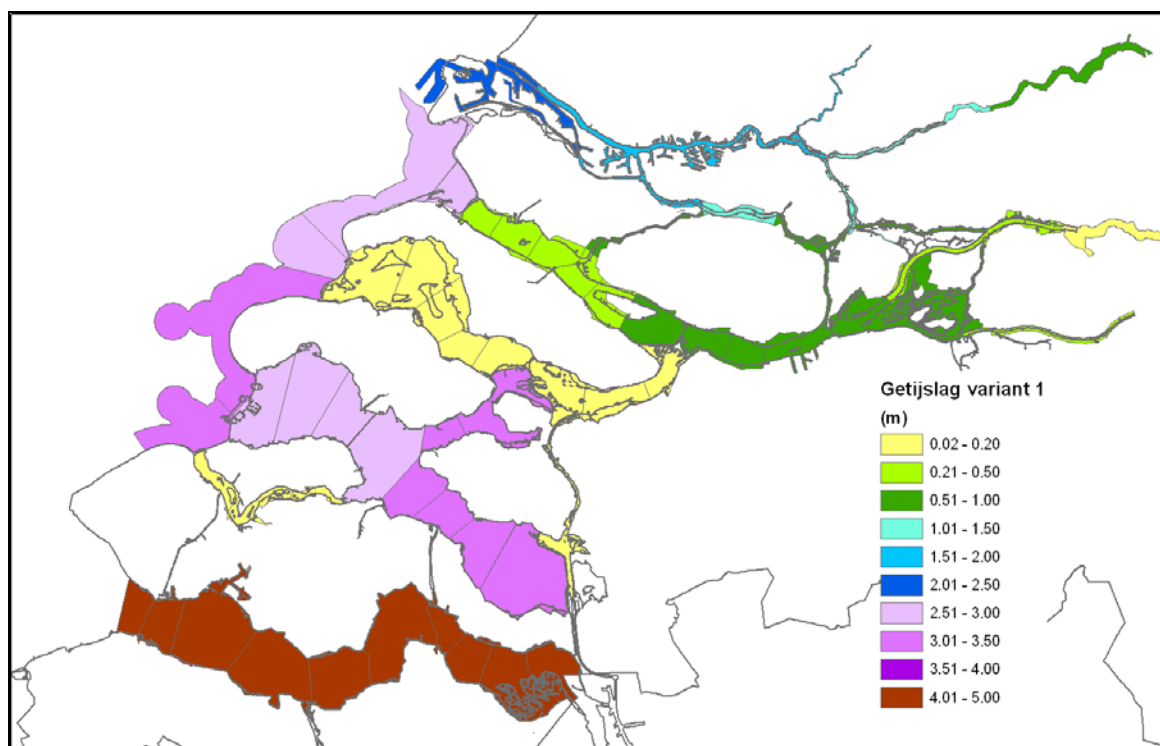
3.1 Inrichtingsvarianten (modelresultaten)

3.1.1 Variant 1: Huidige situatie



Figuur 3.2 Netto debieten (in m^3/s) tussen de waterbekkens voor variant 1 Huidige situatie (Zie opmerking in tekst voor uitstroming Veerse Meer naar Oosterschelde).

Figuur 3.2 geeft de netto debieten tussen de verschillende bekkens weer. Van de (gemiddelde) rivierafvoer van circa $2.100 m^3/s$ wordt circa $\frac{1}{3}$ via de Haringvlietsluizen afgevoerd en circa $\frac{2}{3}$ via de Nieuwe Waterweg. Naar de zuidelijke bekkens wordt gemiddeld $8 m^3/s$ afgevoerd via de Volkeraksluizen. Ook de overige debieten tussen Volkerak-Zoommeer, Oosterschelde, Veerse Meer, Grevelingenmeer en de Noordzee zijn in de orde van enkele tot enkele tientallen m^3/s . De netto uitstroom van het Veerse Meer naar de Oosterschelde wordt in het model onderschat, omdat er beperkte polderlozingen op het Veerse Meer in het model zijn opgenomen.



Figuur 3.3 Berekende indicatieve getijslag (in m) voor variant 1 Huidige situatie.

Figuur 3.3 toont de berekende getijslag in de deltawateren. De getijslag is berekend als het verschil tussen de maximale en minimale waterstand op 1 en 2 juni 2006. Deze periode is arbitrair gekozen. De getijslag moet als indicatief beschouwd worden en dient meer ter relatieve vergelijking van het verschil als gevolg van de inrichtingsvarianten.

Het 1D model is nog niet gevalideerd op waterstanden. De waterstanden in de niet-getij wateren wordt vooral gestuurd door waterbeheer (bijvoorbeeld handhaving middenpeil in Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer) en zijn in het model als zodanig opgenomen en betrouwbaar. De waterstanden en het getij in de getijwateren zijn orde-grootte correct, maar mogen zeker niet tot op de cm nauwkeurig beschouwd worden. Een nauwkeurigheidsmarge van een tot enkele decimeters moet in acht genomen worden. Het Volkerak-Zoommeer, het Grevelingenmeer en het Veerse Meer zijn stagnant, met een getijslag kleiner dan 0,2 m. De berekende getijslag op het Hollandsch Diep is met 0,55 m iets groter dan in werkelijkheid (circa 0,4 m). In de Oosterschelde is opslinging van het getij zichtbaar: de getijslag neemt toe met de afstand tot de kering. Door de trechtervorm van het watersysteem (vooral ook in de steeds smaller wordende geulen) treedt opstuwing van de getijgolf op in het verder van de monding gelegen deel. De opslinging van het getij in de Westerschelde, wordt door het model niet gereproduceerd. De gemiddelde getijslag bij Vlissingen is in werkelijkheid circa 3,9 m en bij Bath op de Nederlands-Belgische grens circa 4,8 m. In het model is de getijslag overal ongeveer 4,5 m.

De in Tabel 3.1 opgenomen kentallen voor waterkwaliteitsparameters en primaire productie worden gepresenteerd voor de locaties die zijn opgenomen in het MWTL monitoringprogramma van Rijkswaterstaat en als gemiddelde voor het gehele bekken. Beide worden gepresenteerd, omdat zeker in de getijwateren sprake is van aanzienlijke horizontale gradiënten. Stroomsnelheden worden in dit rapport niet gepresenteerd, hoewel de getallen wel aan PBL zijn opgeleverd. Een gemiddelde stroomsnelheid uit een 1D model heeft relatief weinig betekenis.

Tabel 3.1 Kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie voor variant 1: Huidige situatie.

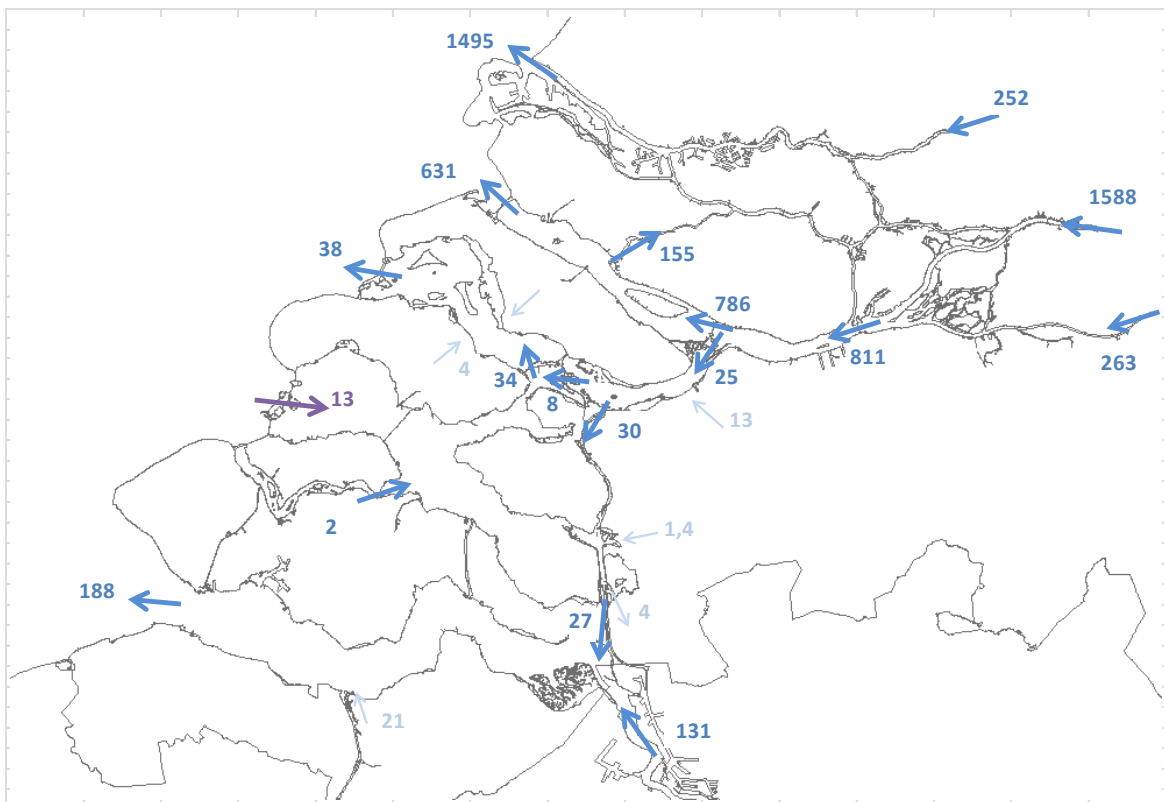
| | | Chloride (g/m ³) Gemiddelde – Jaar | Saliniteit (kg/m ³) Gemiddelde – Jaar | Chlorofyl-a (mg/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Primaire productie (g-C/m ² /jaar) Cumulatief – Jaar | Doorzicht (m) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal stikstof (g-N/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal fosfaat (g-P/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Zwevend stof (g/m ³) Gemiddelde – Jaar |
|------------------|------------------|---|--|--|--|---|---|--|---|
| Nieuwe Maas | Brienoord | 84 | 0.2 | 2.1 | 33 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.4 |
| Oude Maas | Puttershoek | 78 | 0.2 | 5.1 | 80 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.1 |
| Hollandsch Diep | Bovensluis | 75 | 0.2 | 9.5 | 142 | 0.9 | 2.6 | 0.17 | 15.5 |
| | bekken gemiddeld | 74 | 0.2 | 10.3 | 146 | 0.9 | 2.6 | 0.17 | 15.4 |
| Haringvliet | Haringvliet | 73 | 0.2 | 5.5 | 47 | 1.0 | 2.4 | 0.19 | 11.5 |
| | bekken gemiddeld | 73 | 0.2 | 6.9 | 33 | 0.9 | 2.4 | 0.18 | 12.5 |
| Krammer-Volkerak | Steenbergen | 340 | 0.6 | 10.7 | 179 | 1.1 | 3.1 | 0.14 | 3.5 |
| | Volkerak | 333 | 0.6 | 10.8 | 176 | 1.1 | 3.1 | 0.15 | 4.0 |
| Zoommeer | Zoommeer | 405 | 0.8 | 10.3 | 169 | 1.2 | 2.7 | 0.15 | 2.3 |
| | bekken gemiddeld | 428 | 0.8 | 11.1 | 172 | 1.2 | 2.0 | 0.14 | 2.6 |
| Grevelingenmeer | Dreischor | 16933 | 30.0 | 7.2 | 456 | 3.4 | 0.3 | 0.05 | 4.7 |
| | bekken gemiddeld | 17034 | 30.1 | 7.5 | 530 | 3.4 | 0.3 | 0.05 | 5.6 |
| Oosterschelde | Zijpe | 16278 | 28.8 | 8.8 | 258 | 2.0 | 0.5 | 0.09 | 16.3 |
| | Lodijkse Gat | 17444 | 30.9 | 8.7 | 257 | 1.9 | 0.3 | 0.08 | 20.3 |
| | Hammen Oost | 17665 | 31.2 | 5.1 | 143 | 2.0 | 0.2 | 0.07 | 24.4 |
| | Wissenkerke | 17797 | 31.5 | 2.3 | 0 | 2.1 | 0.2 | 0.07 | 26.7 |
| | bekken gemiddeld | 17448 | 30.9 | 5.4 | 133 | 2.0 | 0.3 | 0.08 | 22.5 |
| Veerse Meer | Soelerkerke | 15307 | 27.1 | 12.1 | 573 | 2.3 | 0.6 | 0.12 | 6.6 |
| | bekken gemiddeld | 15401 | 27.3 | 11.8 | 519 | 2.3 | 0.5 | 0.12 | 7.2 |
| Westerschelde | Schaar | 4438 | 8.0 | 3.2 | 0 | 0.9 | 3.6 | 0.31 | 33.4 |
| | Hansweert Geul | 9378 | 16.8 | 9.7 | 68 | 1.0 | 2.3 | 0.23 | 34.4 |
| | Terneuzen | 13199 | 23.5 | 18.5 | 220 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 42.4 |
| | Vlissingen | 16172 | 28.6 | 3.0 | 84 | 1.2 | 0.8 | 0.10 | 60.2 |
| | bekken gemiddeld | 12959 | 23.0 | 12.7 | 158 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 44.9 |
| Noordzee | Noordzee | 17136 | 30.3 | 3.5 | 132 | 1.9 | 0.3 | 0.06 | 31.2 |

De berekening voor de huidige situatie is vergeleken met meetwaarden voor de periode 2005-2009 (Deltares, 2013). De in Tabel 3.1 gepresenteerde waarden komen goed overeen met de gemeten waarden. De primaire productie is niet vergeleken met metingen. De waarden vallen qua orde grootte binnen de verwachte range van honderden gC/m²/j. De waarden voor Veerse Meer en Grevelingenmeer liggen aan de bovenkant van de verwachting.

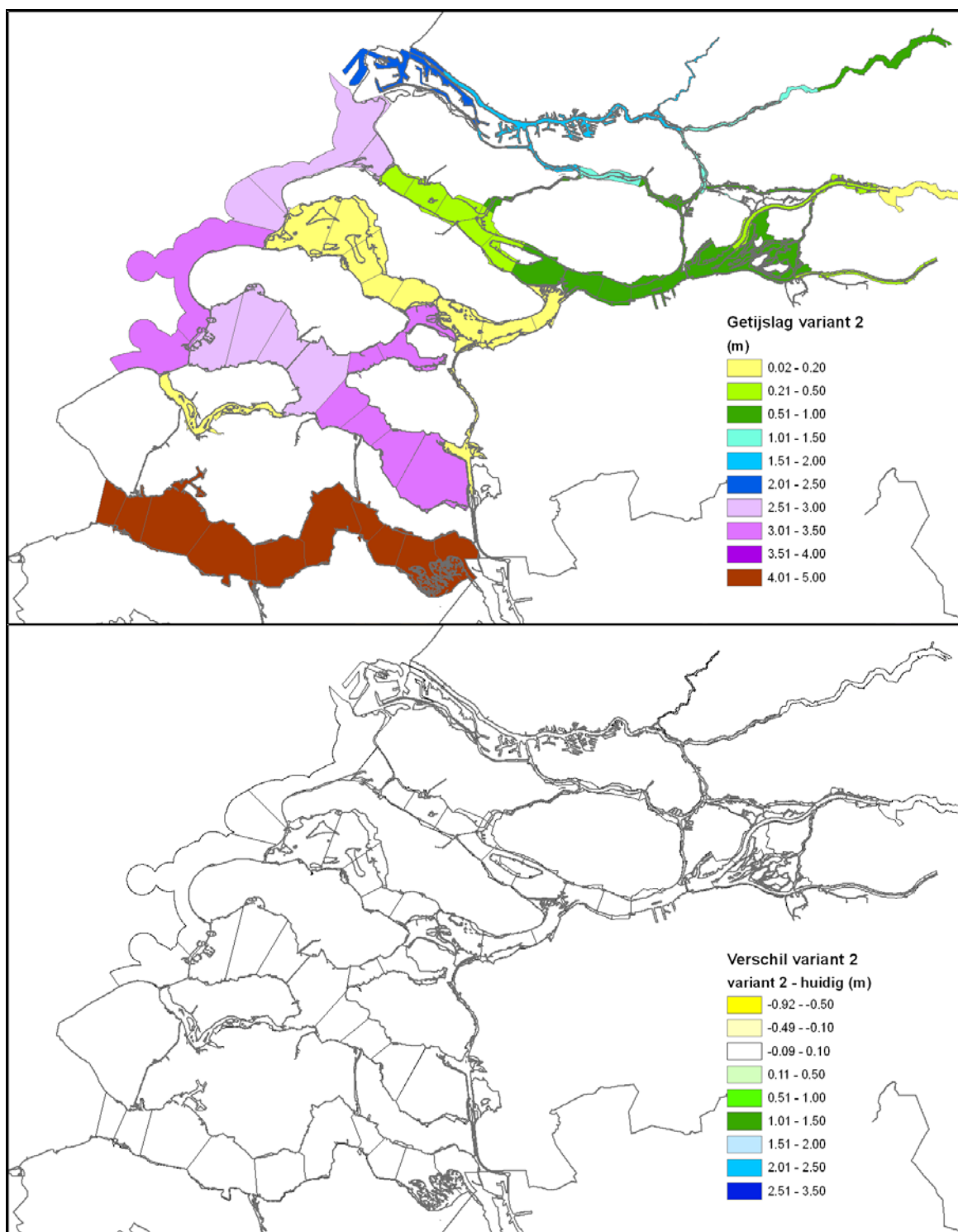
3.1.2 Variant 2: Verbeterd beheer, korte termijn

De ingebruikname van de Kier zorgt voor netto minder afvoer door de Haringvlietsluizen en meer afvoer door de Nieuwe Waterweg. De verhouding is nu 30%:70%. In de modelberekening neemt het noordwaartse debiet door het Spui toe. Uit Tabel 3.2 blijkt dat de chlorideconcentratie in het Haringvliet gemiddeld 1200 g/m^3 is. De combinatie van debiet en concentratie geeft aan dat verzilting van het Spui zou kunnen optreden. Deze situatie zal in werkelijkheid echter niet optreden, omdat met ingebruikname van de Kier de zoutindringing door middel van beheer van de sluisen beperkt zal worden tot de lijn Spui-Middelharnis. In de modelberekening wordt geen sturing op de sluisen toegepast, zodat het zoutgehalte verder kan oplopen.

In variant 2 wordt $25 \text{ m}^3/\text{s}$ in plaats van $8 \text{ m}^3/\text{s}$ via de Volkeraksluizen van het Hollandsch Diep naar het Volkerak-Zoommeer ingelaten. Het extra debiet wordt via de Bathse spuisluis op de Westerschelde geloosd. De ingebruikname van de Flakkeese spuisluis (in de Grevelingendam tussen Grevelingenmeer en Oosterschelde) zorgt voor een netto instroming via de Oosterscheldekering (let op de omgekeerde netto stroomrichting) en de Flakkeese spuisluis naar het Grevelingenmeer en grotere netto uitstroming via de Brouwerssluis naar de Noordzee.



Figuur 3.4 Netto debieten (in m^3/s) tussen de waterbekkens voor variant 2 Verbeterd beheer. Afwijkend gekleurde pijlen geven een omkering van de netto richting aan.



Figuur 3.5 Berekende indicatieve getijslag (boven, in m) en verschil ten opzichte van huidige situatie (beneden, in m) voor variant 2 Verbeterd beheer.

De veranderingen in variant 2 ten opzichte van variant 1 resulteren niet in een verandering van de berekende gemiddelde getijslag (Figuur 3.5). De grotere debieten door de Volkeraksluizen en de Brouwersluis zijn te gering om een effect te hebben.

Tabel 3.2 Kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie voor variant 2 Verbeterd beheer. De rode getallen zijn deels modelartefacten (zie tekst voor uitleg).

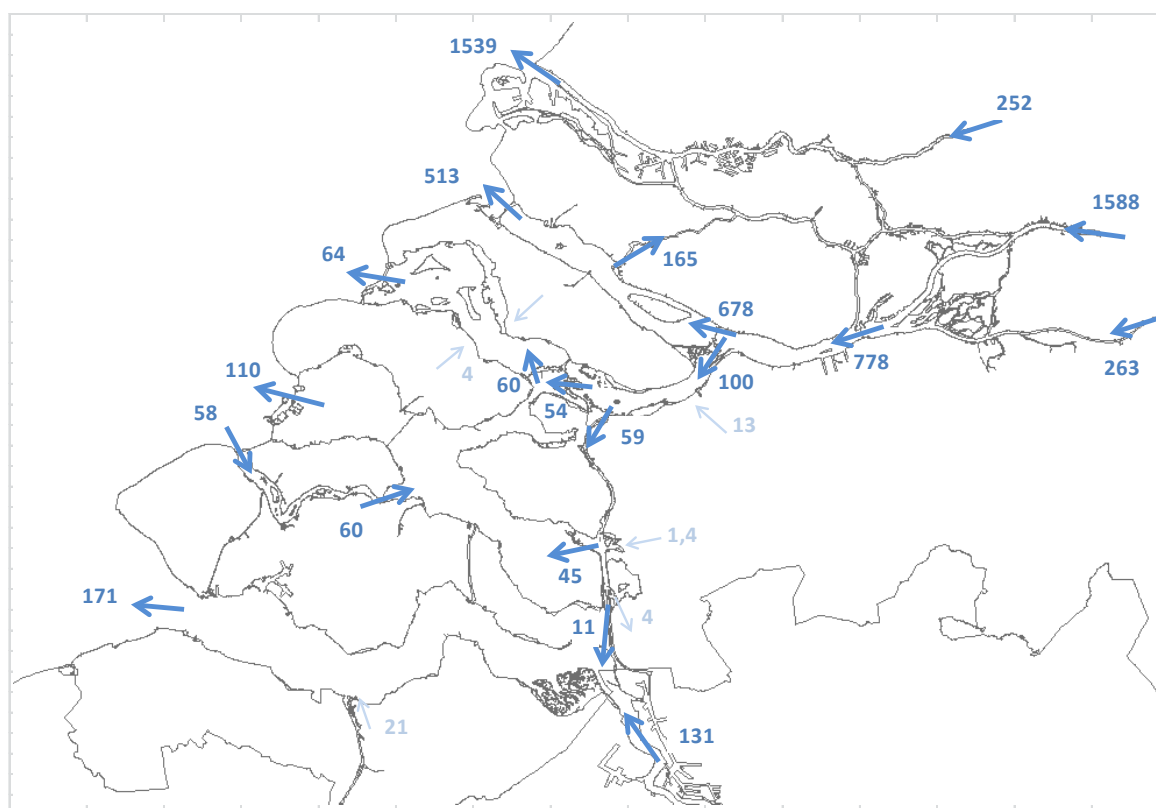
| | | Chloride (g/m ³) Gemiddelde – Jaar | Saliniteit (kg/m ³) Gemiddelde – Jaar | Chlorofyl-a (mg/m ³) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Primaire productie (g-C/m ² /jaar) Cumulatief – Jaar | Doorzicht (m) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Totaal stikstof (g-N/m ³) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Totaal fosfaat (g-P/m ³) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Zwevend stof (g/m ³) Gemiddelde – Jaar |
|------------------|--------------------|---|--|--|--|---|---|--|---|
| Nieuwe Maas | Brienoord | 85 | 0.2 | 2.2 | 34 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.4 |
| Oude Maas | Puttershoek | 82 | 0.2 | 5.3 | 84 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.1 |
| Hollandsch Diep | Bovensluis | 97 | 0.2 | 10.8 | 148 | 0.9 | 2.6 | 0.17 | 15.4 |
| | bekken gemiddeld | 107 | 0.2 | 11.6 | 161 | 0.9 | 2.6 | 0.17 | 15.3 |
| Haringvliet | Haringvliet midden | 2114 | 3.8 | 5.9 | 56 | 1.0 | 2.3 | 0.18 | 12.1 |
| | bekken gemiddeld | 1199 | 2.2 | 7.3 | 40 | 1.0 | 2.4 | 0.18 | 12.6 |
| Krammer-Volkerak | Steenbergen | 256 | 0.5 | 10.4 | 180 | 1.1 | 2.8 | 0.16 | 4.4 |
| | Volkerak | 252 | 0.5 | 10.6 | 177 | 1.1 | 2.8 | 0.16 | 5.0 |
| Zoommeer | Zoommeer midden | 292 | 0.6 | 9.8 | 166 | 1.2 | 2.6 | 0.16 | 3.2 |
| | bekken gemiddeld | 352 | 0.7 | 10.7 | 168 | 1.2 | 2.0 | 0.15 | 3.2 |
| Grevelingenmeer | Dreischor | 16433 | 29.1 | 10.7 | 590 | 2.6 | 0.4 | 0.07 | 7.2 |
| | bekken gemiddeld | 16514 | 29.2 | 9.9 | 557 | 2.8 | 0.3 | 0.06 | 7.0 |
| Oosterschelde | Zijpe | 16487 | 29.2 | 9.6 | 312 | 2.1 | 0.4 | 0.08 | 14.6 |
| | Lodijkse Gat | 17498 | 30.9 | 8.6 | 257 | 1.9 | 0.3 | 0.08 | 20.1 |
| | Hammen Oost | 17707 | 31.3 | 5.1 | 145 | 2.0 | 0.2 | 0.07 | 24.4 |
| | Wissenkerke | 17818 | 31.5 | 2.2 | 0 | 2.1 | 0.2 | 0.07 | 26.8 |
| | bekken gemiddeld | 17507 | 31.0 | 5.5 | 139 | 2.0 | 0.3 | 0.07 | 22.2 |
| Veerse Meer | Soelerkerke | 15336 | 27.2 | 12.0 | 575 | 2.4 | 0.5 | 0.12 | 6.6 |
| | bekken gemiddeld | 15430 | 27.4 | 11.8 | 521 | 2.3 | 0.5 | 0.12 | 7.1 |
| Westerschelde | Schaar | 3966 | 7.1 | 5.9 | 0 | 0.8 | 3.6 | 0.31 | 32.2 |
| | Hansweert Geul | 8817 | 15.8 | 9.2 | 54 | 1.0 | 2.4 | 0.22 | 33.0 |
| | Terneuzen | 12915 | 23.0 | 18.4 | 219 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 41.7 |
| | Vlissingen | 16160 | 28.6 | 3.0 | 84 | 1.2 | 0.8 | 0.10 | 60.2 |
| | bekken gemiddeld | 12689 | 22.6 | 12.9 | 162 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 44.2 |
| Noordzee | Noordzee | 17196 | 30.4 | 3.6 | 135 | 1.9 | 0.3 | 0.06 | 31.2 |

De bespreking van de kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie (Tabel 3.2) volgt vergelijkenderwijs in paragraaf 3.2.

3.1.3 Variant 3: Verbeterde inrichting 1, korte termijn

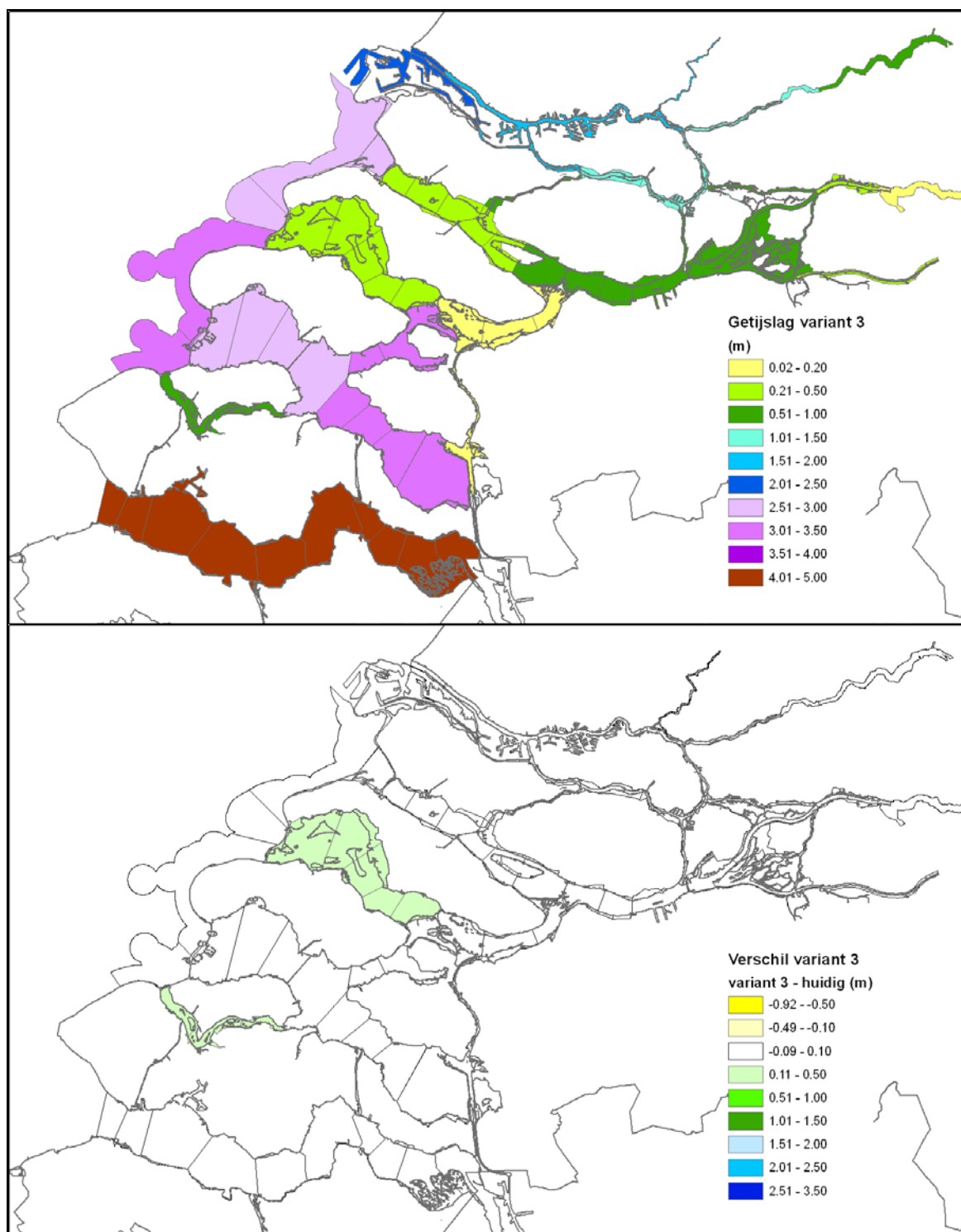
De verdubbeling van de Kier in de Haringvlietsluizen en een grotere afvoer via de Volkeraksluizen zorgen voor een verdere verlaging van de netto afvoer door de Haringvlietsluizen (Figuur 3.6). De getijslag in het Haringvliet neemt door de verdubbelde kier niet significant toe (Figuur 3.7).

De 100 m³/s rivierwater die voor doorspoeling op het Volkerak-Zoommeer wordt ingelaten, wordt verdeeld over de Philipsdam en de Oesterdam naar de Oosterschelde gestuurd. De opening in de Veerse Gat dam en de vergrote opening in de Zandkreekdam zorgen voor een netto doorspoeling van het Veerse Meer met circa 60 m³/s. Ook de doorspoeling van het Grevelingenmeer via de Flakkeese spuisluis naar de Brouwerssluizen verdubbelt ongeveer ten opzichte van variant 2.



Figuur 3.6 Netto debieten (in m³/s) tussen de waterbekkens voor variant 3 Verbeterde inrichting 1.

De ingebruikname van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam met een daggemiddeld in- en uitstromend getijdebiet van circa 800 m³/s resulteert in een getij van circa 0,4 m. Let op dat dit daggemiddeld getijdebiet kleiner is dan beoogd wordt in de MIRT Verkenning, waar een totaal daggemiddeld getijdebiet van circa 1000 m³/s wordt voorzien voor een getijslag van circa 0,5 m. Het doorlaatmiddel in de Veerse Gat dam en de vergrote Katse Heule in de Zandkreekdam resulteren in een getijslag van 0,6 m op het Veerse Meer, ofwel een vergroting met circa 0,45 m. In de overige deltawateren verandert de getijslag niet.



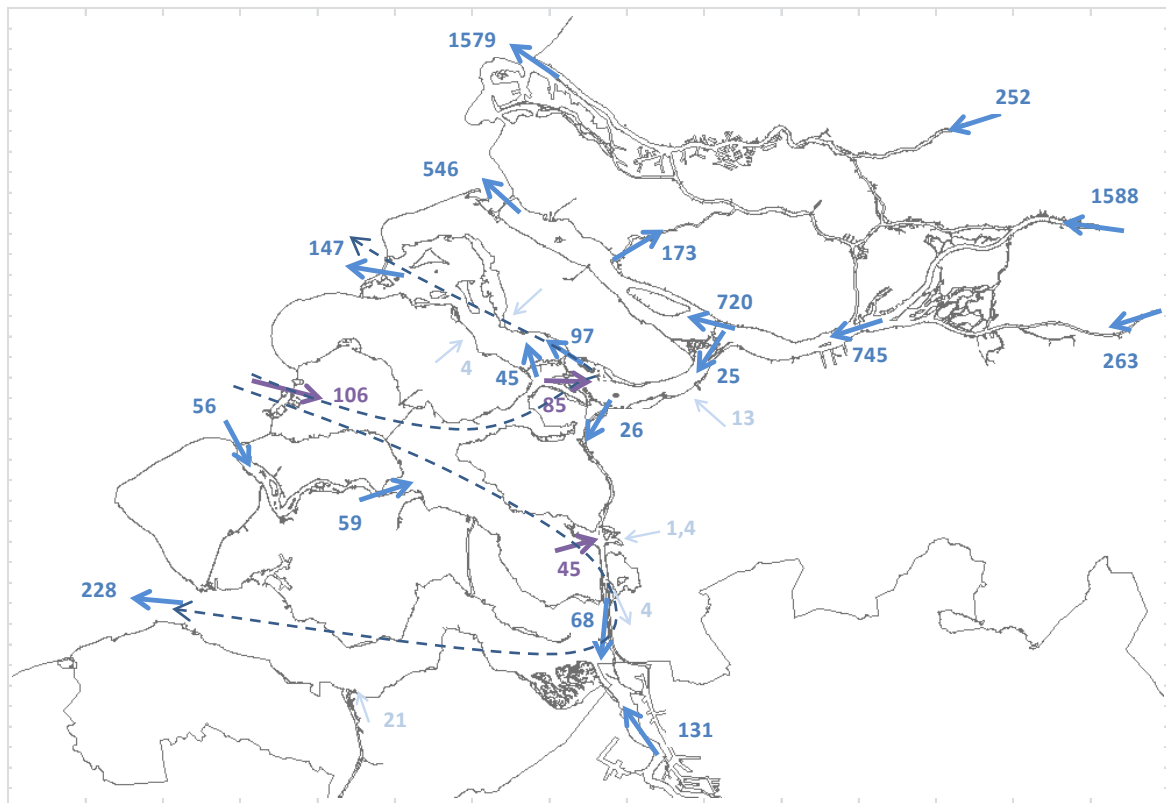
Figuur 3.7 Berekende indicatieve getijslag (boven, in m) en verschil ten opzichte van huidige situatie (beneden, in m) voor variant 3 Verbeterde inrichting 1.

De bespreking van de kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie (Tabel 3.3) volgt vergelijkenderwijs in paragraaf 3.2.

Tabel 3.3 Kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie voor variant 3 Verbeterde inrichting 1.

| | | Chloride (g/m ³) Gemiddelde – Jaar | Saliniteit (kg/m ³) Gemiddelde – Jaar | Chlorofyl-a (mg/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Primaire productie (g-C/m ² /jaar) Cumulatief – Jaar | Doorzicht (m) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal stikstof (g-N/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal fosfaat (g-P/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Zwevend stof (g/m ³) Gemiddelde – Jaar |
|------------------|------------------|---|--|--|--|---|---|--|---|
| Nieuwe Maas | Brienoord | 89 | 0.2 | 2.2 | 36 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.4 |
| Oude Maas | Puttershoek | 99 | 0.2 | 5.5 | 87 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.1 |
| Hollandsch Diep | Bovensluis | 269 | 0.5 | 11.7 | 162 | 0.9 | 2.5 | 0.17 | 15.3 |
| | bekken gemiddeld | 327 | 0.6 | 12.4 | 172 | 0.9 | 2.5 | 0.17 | 15.1 |
| Haringvliet | Haringvliet | 4410 | 7.9 | 6.8 | 82 | 1.1 | 2.1 | 0.17 | 13.5 |
| | bekken gemiddeld | 2831 | 5.1 | 7.4 | 51 | 1.0 | 2.2 | 0.18 | 13.1 |
| Krammer-Volkerak | Steenbergen | 552 | 1.0 | 9.8 | 172 | 1.0 | 2.5 | 0.18 | 7.9 |
| | Volkerak | 550 | 1.0 | 10.6 | 174 | 1.0 | 2.5 | 0.18 | 8.9 |
| Zoommeer | Zoommeer | 561 | 1.0 | 8.9 | 156 | 1.1 | 2.4 | 0.18 | 5.9 |
| | bekken gemiddeld | 554 | 1.0 | 9.1 | 153 | 1.1 | 2.4 | 0.18 | 6.6 |
| Grevelingenmeer | Dreischor | 13277 | 23.6 | 19.0 | 554 | 1.8 | 0.7 | 0.08 | 9.6 |
| | bekken gemiddeld | 14378 | 25.5 | 14.4 | 425 | 2.0 | 0.6 | 0.08 | 11.4 |
| Oosterschelde | Zijpe | 11708 | 20.9 | 5.6 | 127 | 1.7 | 1.1 | 0.11 | 12.6 |
| | Lodijkse Gat | 13869 | 24.6 | 10.6 | 231 | 1.7 | 0.7 | 0.09 | 17.1 |
| | Hammen Oost | 16604 | 29.4 | 5.7 | 130 | 1.9 | 0.3 | 0.08 | 23.3 |
| | Wissenkerke | 17236 | 30.5 | 2.6 | 0 | 2.0 | 0.2 | 0.07 | 26.0 |
| | bekken gemiddeld | 15420 | 27.3 | 5.6 | 121 | 1.8 | 0.5 | 0.08 | 20.5 |
| Veerse Meer | Soelerkerke | 17194 | 30.4 | 8.6 | 369 | 2.2 | 0.2 | 0.09 | 16.4 |
| | bekken gemiddeld | 17210 | 30.4 | 8.8 | 361 | 2.2 | 0.2 | 0.09 | 16.5 |
| Westerschelde | Schaar | 4448 | 8.0 | 2.6 | 0 | 0.9 | 3.6 | 0.31 | 33.4 |
| | Hansweert Geul | 9368 | 16.7 | 9.4 | 66 | 1.0 | 2.3 | 0.23 | 34.4 |
| | Terneuzen | 13188 | 23.4 | 18.6 | 221 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 42.3 |
| | Vlissingen | 16170 | 28.6 | 3.0 | 84 | 1.2 | 0.8 | 0.10 | 60.2 |
| | bekken gemiddeld | 12952 | 23.0 | 12.6 | 156 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 44.8 |
| Noordzee | Noordzee | 17193 | 30.4 | 3.9 | 142 | 1.9 | 0.3 | 0.06 | 31.1 |

3.1.4 Variant 4: Verbeterde inrichting 2, korte termijn



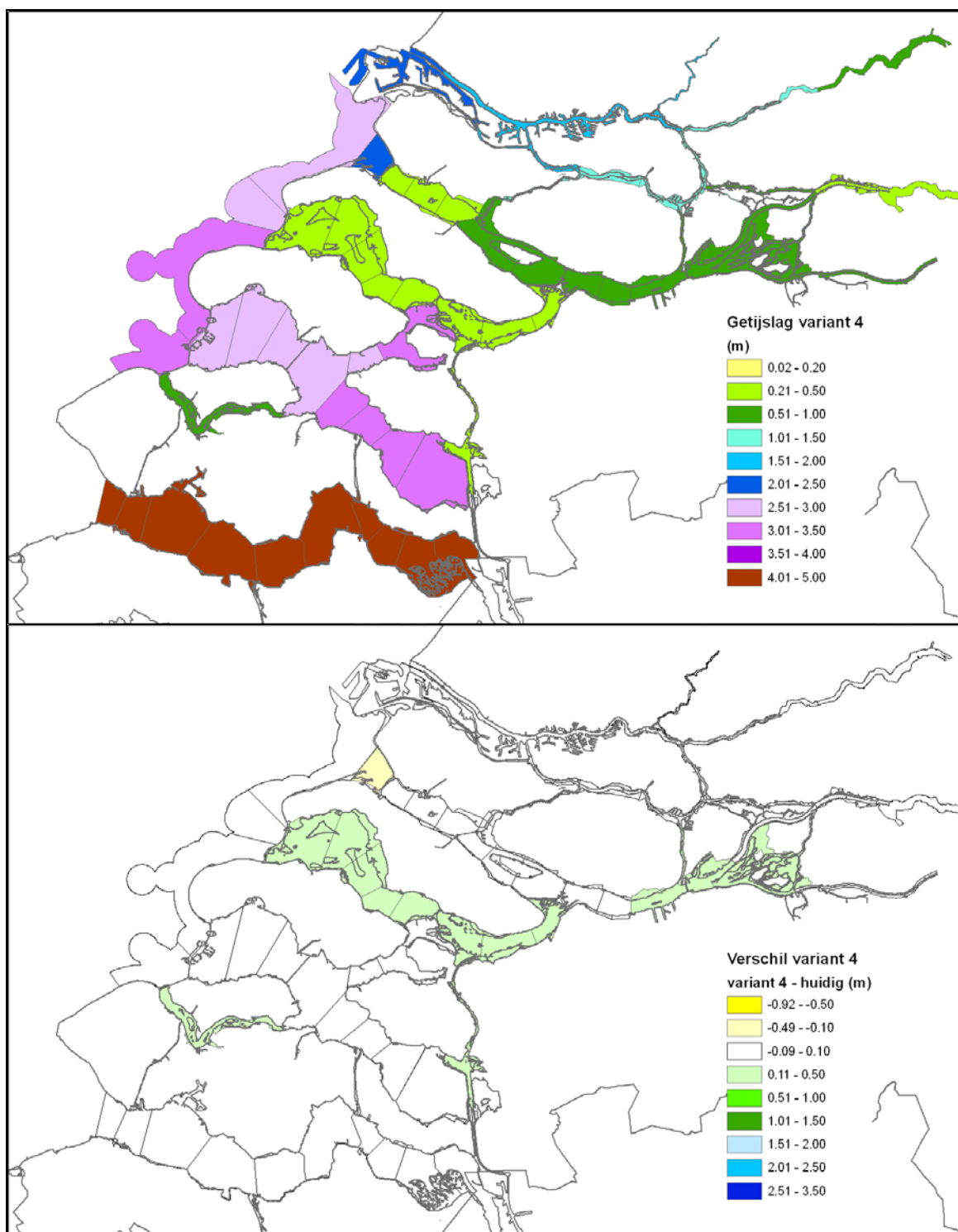
Figuur 3.8 Netto debieten (in m^3/s) tussen de waterbekkens voor variant 4 Verbeterde inrichting 2. Afwijkend gekleurde pijlen geven een omkering van de netto richting aan.

De verwijdering van de Grevelingendam en de opening van de doorlaatmiddelen in de Philipsdam en de Oesterdam, waardoor water vrijelijk van het Grevelingenmeer en de Oosterschelde naar het Volkerak-Zoommeer kan stromen, resulteert in een bijzonder netto stromingspatroon. De Oosterscheldekering wordt importerend en ook de doorlaatmiddelen in de Philipsdam en de Oesterdam hebben netto een instroming in het Volkerak-Zoommeer. De uitstroom naar de Noordzee vindt plaats via de Bathse spuisluis naar de Westerschelde, maar merendeels via de Grevelingendam en de Brouwerdam.

De netto waterstroming in de wateren ten noorden van de Volkeraksluizen blijft in variant 4 nagenoeg ongewijzigd ten opzichte van variant 3. Ook voor het Veerse Meer treedt geen wijziging op.

Het Volkerak-Zoommeer krijgt in variant 4 een berekende getijslag van 0,4 m in het Krammer-Volkerak en nog iets hoger in het Zoommeer (Figuur 3.9). Door de verbinding met het Volkerak-Zoommeer neemt de getijslag in het Grevelingenmeer iets af ten opzichte van variant 3 (0,3 m vs. 0,4 m). De grotere openstelling van de Haringvlietsluizen zorgt ervoor dat het getij in de Biesbosch 0,15 m toeneemt. Door het openen van de Haringvlietsluizen loopt de getijgolf (een beetje) naar binnen in plaats van 'op te lopen' tegen de dam. Dit heeft tot gevolg dat de getijslag in de Haringvlietmonding iets kleiner wordt.

De bespreking van de kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie (Tabel 3.4) volgt vergelijkenderwijs in paragraaf 3.2.

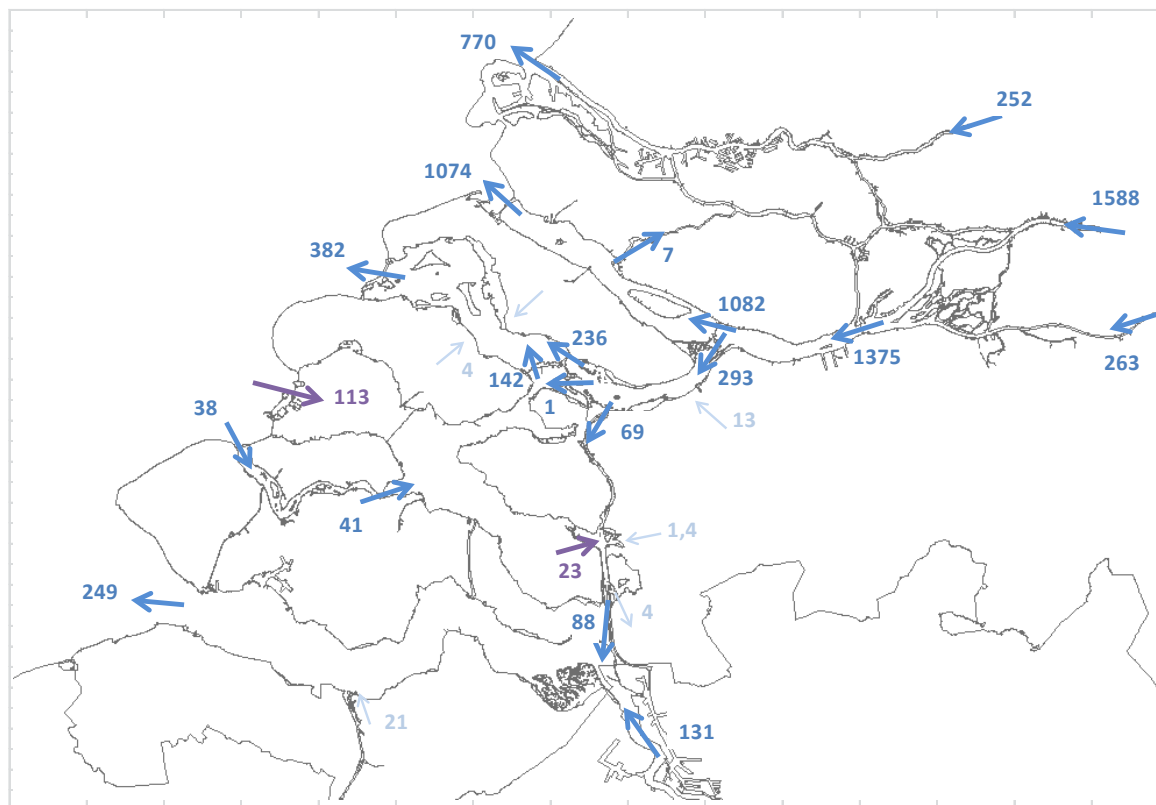


Figuur 3.9 Berekende indicatieve getijslag (boven, in m) en verschil ten opzichte van huidige situatie (beneden, in m) voor variant 4 Verbeterde inrichting 2.

Tabel 3.4 Kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie voor variant 4 Verbeterde inrichting 2.

| | | Chloride (g/m ³) Gemiddelde – Jaar | Saliniteit (kg/m ³) Gemiddelde – Jaar | Chlorofyl-a (mg/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Primaire productie (g-C/m ² /jaar) Cumulatief – Jaar | Doorzicht (m) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal stikstof (g-N/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal fosfaat (g-P/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Zwevend stof (g/m ³) Gemiddelde – Jaar |
|------------------|------------------|---|--|--|--|---|---|--|---|
| Nieuwe Maas | Brienoord | 93 | 0.2 | 2.3 | 37 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.4 |
| Oude Maas | Puttershoek | 109 | 0.2 | 5.7 | 92 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.1 |
| Hollandsch Diep | Bovensluis | 335 | 0.6 | 12.7 | 166 | 0.9 | 2.5 | 0.17 | 15.1 |
| | bekken gemiddeld | 365 | 0.7 | 13.5 | 178 | 0.9 | 2.5 | 0.18 | 15.1 |
| Haringvliet | Haringvliet | 4048 | 7.2 | 6.3 | 69 | 1.1 | 2.1 | 0.17 | 14.1 |
| | bekken gemiddeld | 2572 | 4.6 | 7.5 | 42 | 1.0 | 2.2 | 0.18 | 13.6 |
| Krammer-Volkerak | Steenbergen | 10328 | 18.4 | 10.5 | 230 | 1.5 | 1.5 | 0.12 | 11.2 |
| | Volkerak | 9775 | 17.5 | 9.0 | 197 | 1.5 | 1.6 | 0.12 | 11.1 |
| Zoommeer | Zoommeer | 15641 | 27.7 | 13.6 | 381 | 1.8 | 0.6 | 0.09 | 15.4 |
| | bekken gemiddeld | 12482 | 22.1 | 13.1 | 336 | 1.7 | 0.6 | 0.10 | 13.3 |
| Grevelingenmeer | Dreischor | 14995 | 26.6 | 15.9 | 484 | 1.8 | 0.7 | 0.08 | 12.5 |
| | bekken gemiddeld | 15415 | 27.3 | 14.1 | 427 | 2.0 | 0.6 | 0.08 | 12.7 |
| Oosterschelde | Zijpe | 16164 | 28.6 | 9.2 | 258 | 2.0 | 0.5 | 0.09 | 16.8 |
| | Lodijkse Gat | 17269 | 30.5 | 8.8 | 263 | 1.9 | 0.3 | 0.08 | 19.7 |
| | Hammen Oost | 17712 | 31.3 | 4.9 | 143 | 2.0 | 0.2 | 0.07 | 24.6 |
| | Wissenkerke | 17821 | 31.5 | 2.2 | 0 | 2.1 | 0.2 | 0.07 | 26.7 |
| | bekken gemiddeld | 17408 | 30.8 | 5.4 | 135 | 2.0 | 0.3 | 0.08 | 22.4 |
| Veerse Meer | Soelerkerke | 17561 | 31.1 | 7.5 | 341 | 2.3 | 0.2 | 0.09 | 16.4 |
| | bekken gemiddeld | 17581 | 31.1 | 7.6 | 334 | 2.3 | 0.2 | 0.09 | 16.6 |
| Westerschelde | Schaar | 5952 | 10.7 | 2.6 | 0 | 0.9 | 3.2 | 0.28 | 31.4 |
| | Hansweert Geul | 10366 | 18.5 | 15.2 | 133 | 1.0 | 2.1 | 0.21 | 32.7 |
| | Terneuzen | 13466 | 23.9 | 21.3 | 242 | 1.0 | 1.4 | 0.16 | 41.5 |
| | Vlissingen | 16177 | 28.7 | 3.3 | 88 | 1.2 | 0.8 | 0.10 | 60.2 |
| | bekken gemiddeld | 13397 | 23.8 | 15.2 | 188 | 1.1 | 1.4 | 0.16 | 44.0 |
| Noordzee | Noordzee | 17246 | 30.5 | 3.9 | 144 | 1.9 | 0.3 | 0.06 | 31.1 |

3.1.5 Variant 5: Stormvloedkeringen, middellange termijn

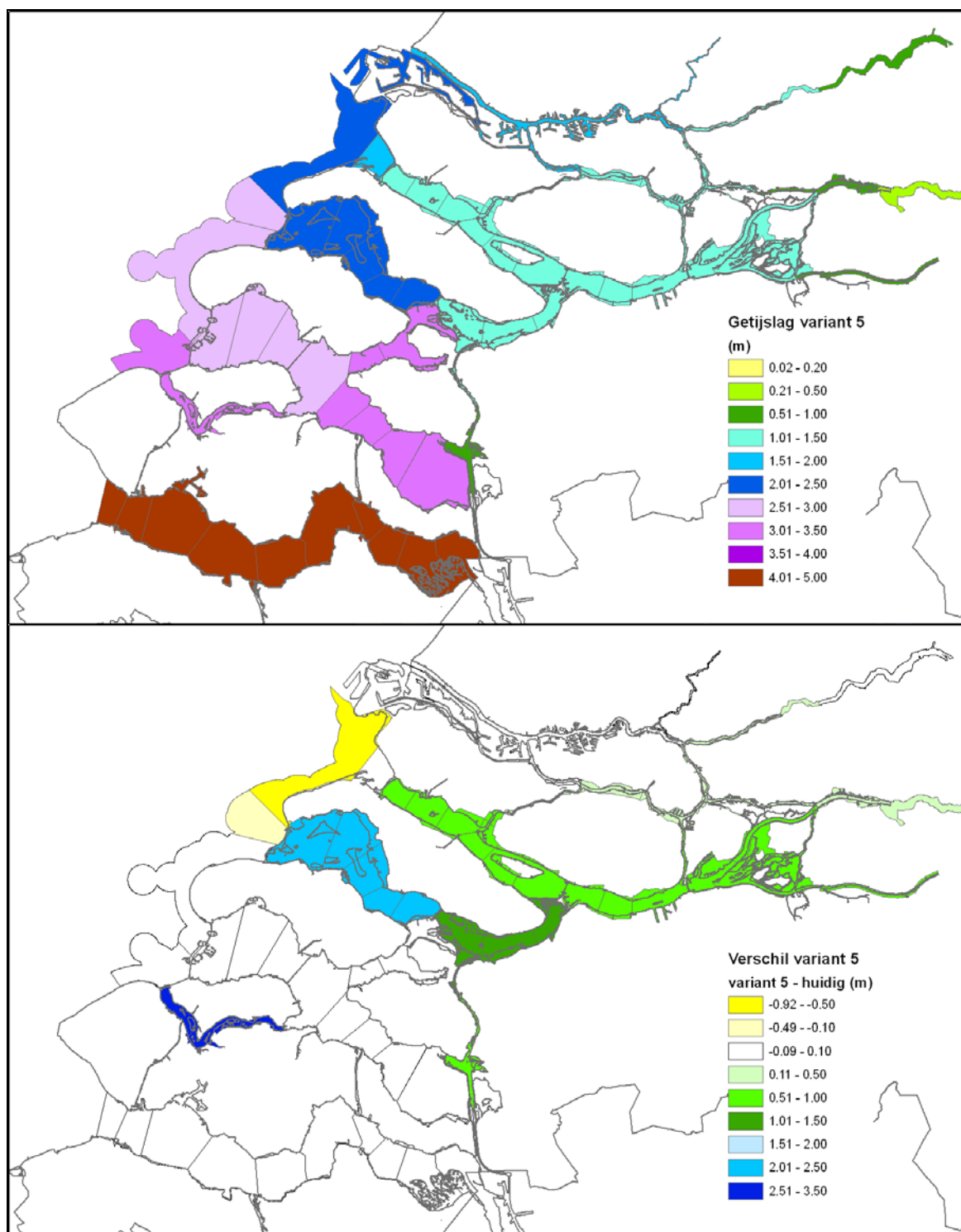


Figuur 3.10 Netto debieten (in m^3/s) tussen de waterbekkens voor variant 5 Stormvloedkeringen. Afwijkend gekleurde pijlen geven een omkering van de netto richting aan.

In variant 5 is de Volkerakdam verwijderd en zijn de Veerse Gatdam, de Brouwersdam en de Haringvlietluizen vervangen of in gebruik als stormvloedkering. Het model berekent dat er een verschuiving in zuidelijke richting van de rivierafvoer plaatsvindt. In vergelijking met variant 4 halveert de afvoer door de Nieuwe Waterweg ongeveer en verdubbelt de afvoer via de Haringvlietluizen. De lagere afvoer door de Nieuwe Waterweg vergroot het risico op te hoge zoutconcentraties bij landinwaarts gelegen innamepunten ten tijde van lage rivierafvoer. Een detailstudie is nodig om het werkelijke risico te kwantificeren. Het debiet dat in variant 5 het Volkerak instroomt wordt voor het grootste deel afgevoerd via de Grevelingendam en vervolgens de Brouwersdam. De Oosterscheldekering blijft netto importerend.

Door de aanleg van stormvloedkeringen ontstaat een getij van een tot enkele meters op de alle deltawateren (Figuur 3.11). Op het Grevelingenmeer ontstaat een getijslag van 2,2 m en op het Krammer-Volkerak 1,3 m. Het Zoommeer blijft met bijna 1,0 m iets achter. Op het Haringvliet en Hollandsch Diep ontstaat ook een getijslag van 1,1 tot 1,4 m.

De bespreking van de kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie (Tabel 3.5) volgt vergelijkenderwijs in paragraaf 3.2.

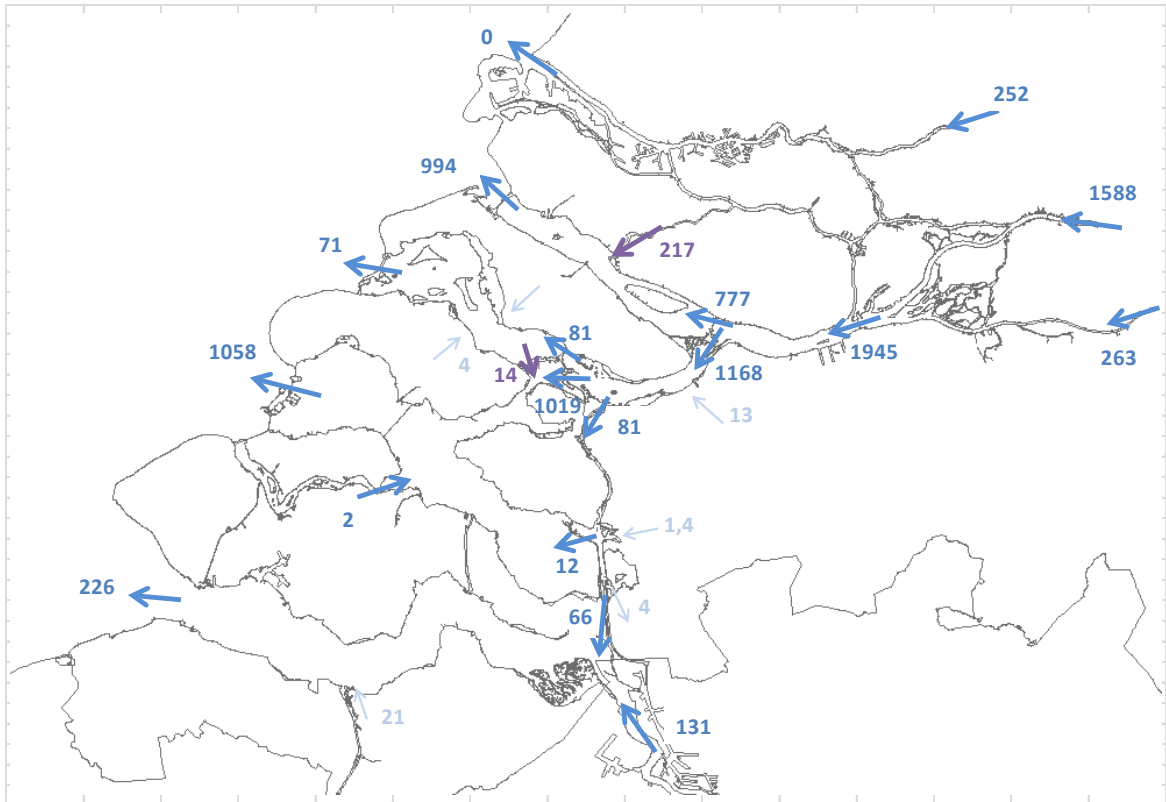


Figuur 3.11 Berekende indicatieve getijslag (boven, in m) en verschil ten opzichte van huidige situatie (beneden, in m) voor variant 5 Stormvloedkeringen.

Tabel 3.5 Kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie voor variant 5 Stormvloedkeringen.

| | | Chloride (g/m ³) Gemiddelde – Jaar | Saliniteit (kg/m ³) Gemiddelde – Jaar | Chlorofyl-a (mg/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Primaire productie (g-C/m ² /jaar) Cumulatief – Jaar | Doorzicht (m) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal stikstof (g-N/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal fosfaat (g-P/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Zwevend stof (g/m ³) Gemiddelde – Jaar |
|------------------|------------------|---|--|--|--|---|---|--|---|
| Nieuwe Maas | Brienoord | 88 | 0.2 | 2.2 | 34 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.3 |
| Oude Maas | Puttershoek | 86 | 0.2 | 2.1 | 33 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.2 |
| Hollandsch Diep | Bovensluis | 76 | 0.2 | 5.0 | 78 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.0 |
| | bekken gemiddeld | 78 | 0.2 | 5.5 | 86 | 0.9 | 2.6 | 0.17 | 16.0 |
| Haringvliet | Haringvliet | 401 | 0.8 | 3.7 | 14 | 0.9 | 2.4 | 0.17 | 15.6 |
| | bekken gemiddeld | 374 | 0.7 | 4.3 | 13 | 0.9 | 2.5 | 0.17 | 15.7 |
| Krammer-Volkerak | Steenbergen | 1597 | 2.9 | 9.1 | 147 | 0.9 | 2.3 | 0.16 | 15.5 |
| | Volkerak | 1740 | 3.2 | 8.5 | 135 | 1.0 | 2.3 | 0.16 | 15.6 |
| Zoommeer | Zoommeer | 9352 | 16.7 | 5.9 | 70 | 1.3 | 1.3 | 0.12 | 16.2 |
| | bekken gemiddeld | 7850 | 14.0 | 9.6 | 132 | 1.3 | 1.1 | 0.12 | 14.2 |
| Grevelingenmeer | Dreischor | 9854 | 17.6 | 4.0 | 38 | 1.4 | 1.2 | 0.12 | 17.5 |
| | bekken gemiddeld | 12481 | 22.2 | 6.2 | 125 | 1.5 | 0.9 | 0.10 | 20.7 |
| Oosterschelde | Zijpe | 13114 | 23.3 | 4.5 | 91 | 1.6 | 0.9 | 0.11 | 17.8 |
| | Lodijkse Gat | 15934 | 28.2 | 10.2 | 246 | 1.7 | 0.4 | 0.09 | 20.5 |
| | Hammen Oost | 17389 | 30.8 | 4.9 | 127 | 2.0 | 0.2 | 0.07 | 25.0 |
| | Wissenkerke | 17685 | 31.3 | 2.3 | 0 | 2.0 | 0.2 | 0.07 | 27.6 |
| | bekken gemiddeld | 16518 | 29.2 | 4.9 | 116 | 1.8 | 0.4 | 0.08 | 23.1 |
| Veerse Meer | Soelerkerke | 17621 | 31.2 | 8.1 | 213 | 2.0 | 0.2 | 0.08 | 24.1 |
| | bekken gemiddeld | 17596 | 31.1 | 7.7 | 219 | 1.9 | 0.2 | 0.08 | 24.2 |
| Westerschelde | Schaar | 4796 | 8.6 | 2.9 | 0 | 0.9 | 3.3 | 0.28 | 30.8 |
| | Hansweert Geul | 9150 | 16.4 | 10.2 | 79 | 1.0 | 2.2 | 0.21 | 31.6 |
| | Terneuzen | 12900 | 22.9 | 18.9 | 225 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 40.9 |
| | Vlissingen | 16162 | 28.6 | 3.0 | 84 | 1.2 | 0.8 | 0.10 | 60.2 |
| | bekken gemiddeld | 12823 | 22.8 | 13.0 | 163 | 1.1 | 1.5 | 0.16 | 43.4 |
| Noordzee | Noordzee | 16927 | 29.9 | 2.9 | 115 | 1.9 | 0.3 | 0.06 | 31.6 |

3.1.6 Variant 6: Zoete lagune, lange termijn



Figuur 3.12 Netto debieten (in m^3/s) tussen de waterbekkens voor variant 6 Zoete lagune. Afwijkend gekleurde pijlen geven een omkering van de netto richting aan.

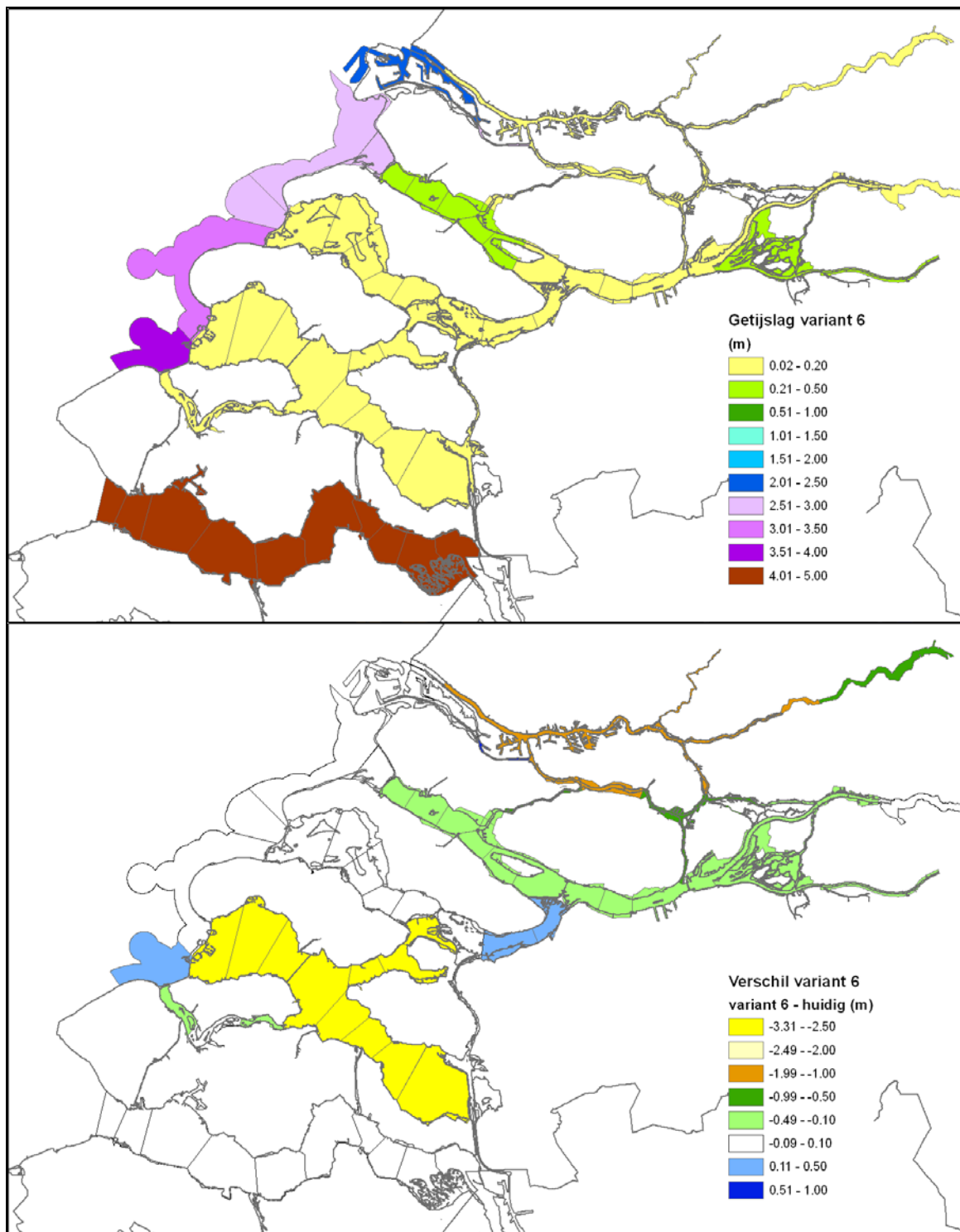
In variant 6 is de Nieuwe Waterweg voor rivierafvoer afgesloten met een scheepvaartsluis. De rivierafvoer verdeelt zich ruwweg gelijk over de Haringvlietsluizen en de Oosterscheldekering. Slechts een klein deel wordt door de spuisluizen in de Brouwersdam afgevoerd.

In de Zoete lagune is geen getij (Figuur 3.13). De waterstandsvariantie in het Haringvliet wordt veroorzaakt doordat niet continu gespuid kan worden. Bij vloed op zee staan de spuisluizen dicht en wordt het rivierwater niet afgevoerd. De waterstand in het Haringvliet loopt dan ongeveer 0,25 m op. De waterstand in Grevelingenmeer en Oosterschelde lopen met respectievelijk 0,1 m en 0,05 m op.

De bespreking van de kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie (Tabel 3.6) volgt vergelijkenderwijs in paragraaf 3.2. Wat betreft het berekende zoutgehalte willen we hier al twee opmerkingen maken bij de getallen die in rood zijn aangegeven in de tabel:

- De chlorideconcentratie in het Veerse Meer en de Oosterschelde is iets hoger dan de typische rivierconcentratie van circa 100 mg/l door de instroom van brak water via het Kanaal door Walcheren (in het Veerse Meer) en het Kanaal door Zuid-Beveland (in de Oosterschelde). In de huidige situatie is de invloed van deze kanalen nauwelijks merkbaar, maar in de Zoete lagune wordt de zoutbelasting significant. Voor deze variant zal het waterbeheer (lees de stroomrichting) van beide kanalen eigenlijk omgedraaid moeten worden, zodat zij gaan lozen op de Westerschelde. In het model is dit gewijzigde waterbeheer niet toegepast.

- In het model zit daarnaast een artefact dat vooral in het Grevelingenmeer en in mindere mate in het Veerse Meer de chlorideconcentratie verhoogt. In het model zijn de kunstwerken niet helemaal dicht, waardoor in soms toch wat zout binnen kan komen. In een vervolgstudie moet en kan dit modelartefact gecorrigeerd worden.

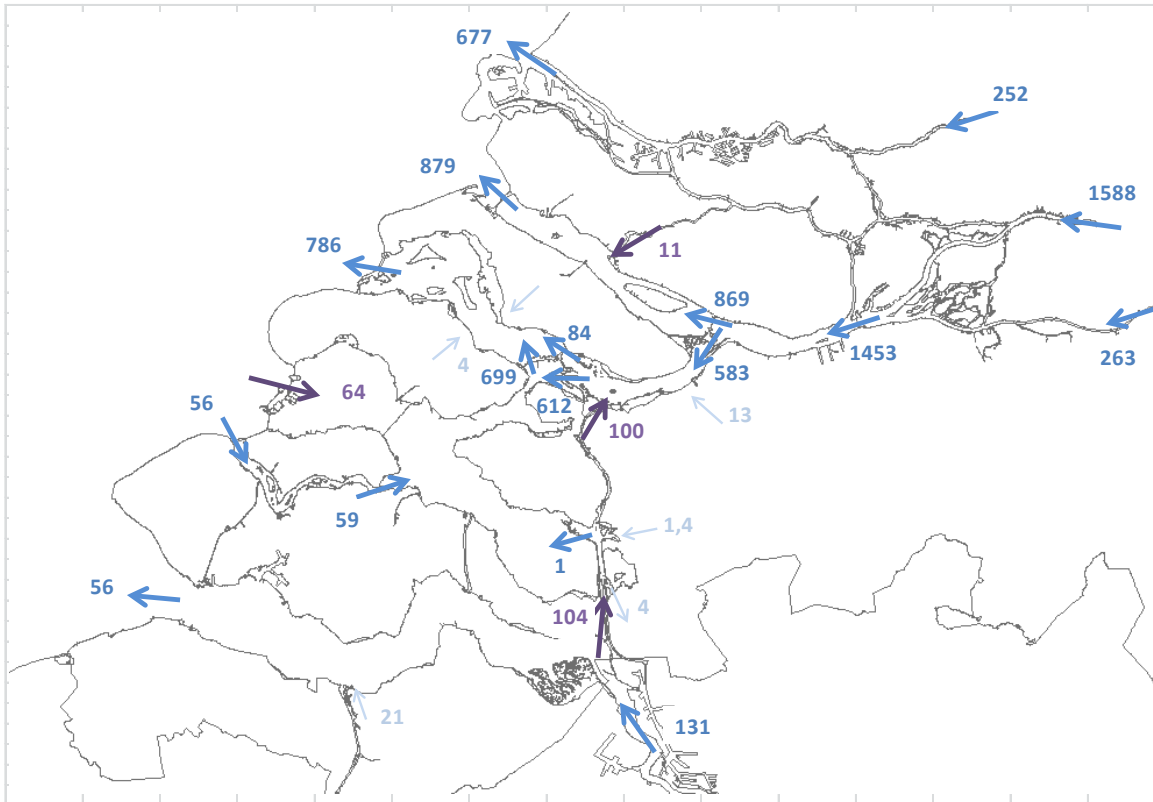


Figuur 3.13 Berekende indicatieve getijslag (boven, in m) en verschil ten opzichte van huidige situatie (beneden, in m) voor variant 6 Zoete lagune – Let op: andere legenda dan voor overige variantie.

Tabel 3.6 Kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie voor variant 6 Zoete lagune. De rode getallen zijn deels modelartefacten (zie tekst voor uitleg).

| | | Chloride (g/m ³) Gemiddelde – Jaar | Saliniteit (kg/m ³) Gemiddelde – Jaar | Chlorofyl-a (mg/m ³) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Primaire productie (g-C/m ² /jaar) Cumulatief – Jaar | Doorzicht (m) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Totaal stikstof (g-N/m ³) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Totaal fosfaat (g-P/m ³) Gemiddelde – Zomerhalfjaar | Zwevend stof (g/m ³) Gemiddelde – Jaar |
|------------------|------------------|---|--|--|--|---|---|--|---|
| Nieuwe Maas | Brienoord | 85 | 0.2 | 2.3 | 35 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.0 |
| Oude Maas | Puttershoek | 83 | 0.2 | 26.6 | 284 | 0.8 | 2.4 | 0.16 | 14.8 |
| Hollandsch Diep | Bovensluis | 78 | 0.2 | 6.4 | 101 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.1 |
| | bekken gemiddeld | 78 | 0.2 | 6.9 | 108 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.0 |
| Haringvliet | Haringvliet | 78 | 0.2 | 6.2 | 27 | 0.9 | 2.4 | 0.17 | 13.0 |
| | bekken gemiddeld | 78 | 0.2 | 6.4 | 22 | 0.9 | 2.4 | 0.17 | 13.5 |
| Krammer-Volkerak | Steenbergen | 78 | 0.2 | 8.9 | 137 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 15.9 |
| | Volkerak | 79 | 0.2 | 8.9 | 136 | 0.9 | 2.5 | 0.16 | 15.7 |
| Zoommeer | Zoommeer | 133 | 0.3 | 9.7 | 151 | 1.1 | 2.1 | 0.17 | 6.6 |
| | bekken gemiddeld | 190 | 0.4 | 10.3 | 159 | 1.0 | 1.9 | 0.16 | 8.4 |
| Grevelingenmeer | Dreischor | 705 | 1.3 | 9.7 | 181 | 1.1 | 2.0 | 0.15 | 6.5 |
| | bekken gemiddeld | 1201 | 2.2 | 11.5 | 195 | 1.1 | 1.9 | 0.14 | 5.8 |
| Oosterschelde | Zijpe | 98 | 0.2 | 6.1 | 38 | 0.9 | 2.5 | 0.16 | 14.3 |
| | Lodijkse Gat | 146 | 0.3 | 9.2 | 148 | 1.1 | 2.1 | 0.17 | 5.8 |
| | Hammen Oost | 137 | 0.3 | 2.6 | 1 | 1.0 | 2.4 | 0.17 | 9.8 |
| | Wissenkerke | 273 | 0.5 | 2.1 | 0 | 1.0 | 2.4 | 0.17 | 9.7 |
| | bekken gemiddeld | 514 | 0.9 | 4.1 | 60 | 1.0 | 2.3 | 0.17 | 10.1 |
| Veerse Meer | Soelerkerke | 2266 | 4.1 | 11.1 | 174 | 1.3 | 1.4 | 0.26 | 2.1 |
| | bekken gemiddeld | 2419 | 4.4 | 11.8 | 182 | 1.3 | 1.4 | 0.26 | 2.3 |
| Westerschelde | Schaar | 3236 | 5.8 | 15.4 | 0 | 0.8 | 3.5 | 0.30 | 31.0 |
| | Hansweert Geul | 7856 | 14.1 | 14.4 | 92 | 0.9 | 2.4 | 0.22 | 31.4 |
| | Terneuzen | 12403 | 22.1 | 16.4 | 195 | 1.0 | 1.5 | 0.17 | 40.4 |
| | Vlissingen | 16145 | 28.6 | 2.7 | 79 | 1.2 | 0.8 | 0.10 | 60.2 |
| | bekken gemiddeld | 12219 | 21.7 | 14.1 | 180 | 1.0 | 1.5 | 0.16 | 43.2 |
| Noordzee | Noordzee | 15308 | 27.1 | 3.4 | 117 | 1.8 | 0.5 | 0.08 | 27.6 |

3.1.7 Variant 7: Zoute delta, lange termijn

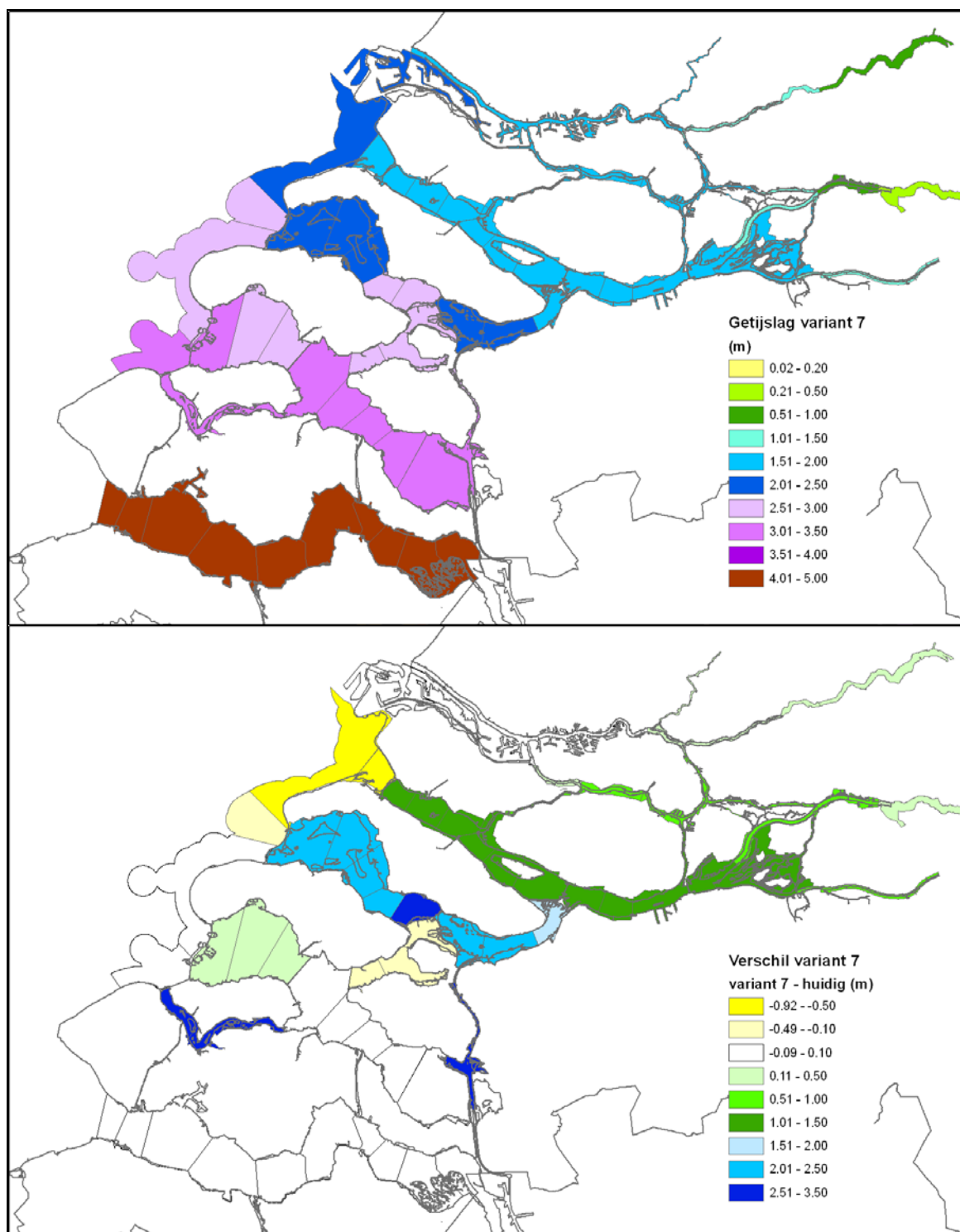


Figuur 3.14 Netto jaargemiddelde debieten (in m^3/s) tussen de waterbekkens voor variant 7 Zoute delta. Afwijkend gekleurde pijlen geven een omkering van de netto richting aan ten opzichte van de huidige situatie.

Het verwijderen van alle kunstwerken en dammen resulteert in het model in de netto stroming zoals in Figuur 3.14 is weergegeven. De rivierafvoer verdeelt zich ruwweg gelijk over Nieuwe Waterweg, Haringvliet en Grevelingen. De Oosterschelde blijft – net als in variant 5 – netto importerend, maar gezien de grote getijdebieten van circa $23.000 m^3/s$ is dit netto debiet verwaarloosbaar. Er zal ook netto instroom vanuit de Westerschelde naar het Zoommeer optreden.

Variant 7 komt het dichtst in de buurt bij de situatie van voor de Deltawerken. Toen zou gemiddeld ordegrrootte 50 tot $100 m^3/s$ via de zuidelijke bekkens naar zee afgevoerd worden, terwijl in het model in variant 7 Zoute Delta nu meer dan $500 m^3/s$ worden afgevoerd. Of dat aan de modelinstellingen en -aannames ligt, of aan de overige veranderingen in de regio is zonder nader onderzoek niet te zeggen.

Figuur 3.15 toont de berekende indicatieve getijslag voor de Zoute delta. Alle deltawateren hebben een getijslag van minimaal 1,5 m.



Figuur 3.15 Berekende indicatieve getijslag (boven, in m) en verschil ten opzichte van huidige situatie (beneden, in m) voor variant 7 Zoute delta.

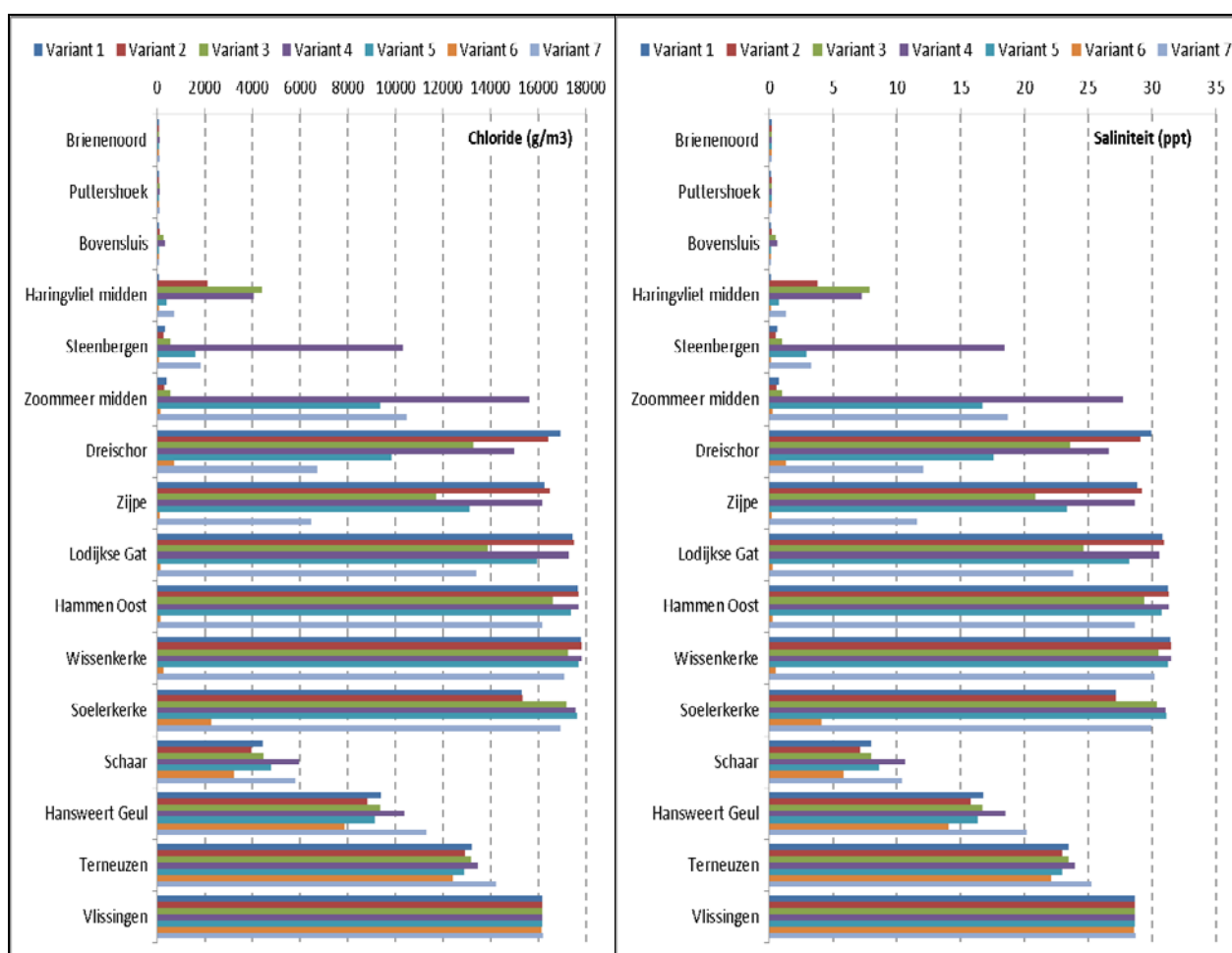
De bespreking van de kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie (Tabel 3.7) volgt vergelijkenderwijs in paragraaf 3.2.

Tabel 3.7 Kentallen voor waterkwaliteit en primaire productie voor variant 7 Zoute delta.

| | | Chloride (g/m ³) Gemiddelde – Jaar | Saliniteit (kg/m ³) Gemiddelde – Jaar | Chlorofyl-a (mg/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Primaire productie (g-C/m ² /jaar) Cumulatief – Jaar | Doorzicht (m) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal stikstof (g-N/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Totaal fosfaat (g-P/m ³) Gemiddelde – Zomerhalvjaar | Zwevend stof (g/m ³) Gemiddelde – Jaar |
|------------------|------------------|---|--|--|--|---|---|--|---|
| Nieuwe Maas | Brienoord | 94 | 0.2 | 2.4 | 37 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.3 |
| Oude Maas | Puttershoek | 94 | 0.2 | 1.8 | 27 | 0.9 | 2.5 | 0.14 | 16.2 |
| Hollandsch Diep | Bovensluis | 76 | 0.2 | 4.7 | 74 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.1 |
| | bekken gemiddeld | 80 | 0.2 | 5.1 | 80 | 0.9 | 2.6 | 0.16 | 16.1 |
| Haringvliet | Haringvliet | 717 | 1.3 | 3.4 | 16 | 0.9 | 2.4 | 0.16 | 15.7 |
| | bekken gemiddeld | 585 | 1.1 | 3.9 | 14 | 0.9 | 2.4 | 0.16 | 15.7 |
| Krammer-Volkerak | Steenbergen | 1824 | 3.3 | 7.7 | 123 | 0.9 | 2.3 | 0.16 | 16.9 |
| | Volkerak | 2018 | 3.7 | 7.0 | 111 | 0.9 | 2.3 | 0.16 | 16.9 |
| Zoommeer | Zoommeer | 10488 | 18.7 | 6.4 | 25 | 1.1 | 2.0 | 0.20 | 29.4 |
| | bekken gemiddeld | 10121 | 18.0 | 9.4 | 131 | 1.2 | 1.2 | 0.15 | 21.3 |
| Grevelingenmeer | Dreischor | 6731 | 12.1 | 2.5 | 28 | 1.2 | 1.7 | 0.14 | 17.8 |
| | bekken gemiddeld | 8762 | 15.7 | 2.0 | 24 | 1.3 | 1.4 | 0.13 | 19.5 |
| Oosterschelde | Zijpe | 6469 | 11.6 | 3.4 | 29 | 1.2 | 1.8 | 0.14 | 18.3 |
| | Lodijkse Gat | 13392 | 23.8 | 9.0 | 168 | 1.4 | 1.1 | 0.13 | 24.4 |
| | Hammen Oost | 16169 | 28.6 | 3.1 | 48 | 1.8 | 0.5 | 0.08 | 25.6 |
| | Wissenkerke | 17078 | 30.2 | 1.8 | 0 | 1.9 | 0.3 | 0.07 | 27.9 |
| | bekken gemiddeld | 14146 | 25.1 | 3.8 | 79 | 1.6 | 0.8 | 0.10 | 24.2 |
| Veerse Meer | Soelerkerke | 16945 | 30.0 | 9.1 | 229 | 1.8 | 0.3 | 0.08 | 24.1 |
| | bekken gemiddeld | 16853 | 29.8 | 8.7 | 229 | 1.8 | 0.3 | 0.08 | 24.2 |
| Westerschelde | Schaar | 5789 | 10.4 | 1.9 | 0 | 0.9 | 3.3 | 0.29 | 34.9 |
| | Hansweert Geul | 11315 | 20.2 | 16.9 | 150 | 1.0 | 2.0 | 0.21 | 37.0 |
| | Terneuzen | 14233 | 25.3 | 22.8 | 268 | 1.0 | 1.3 | 0.16 | 44.1 |
| | Vlissingen | 16213 | 28.7 | 3.0 | 84 | 1.2 | 0.7 | 0.10 | 60.4 |
| | bekken gemiddeld | 13878 | 24.6 | 15.6 | 189 | 1.0 | 1.3 | 0.16 | 46.2 |
| Noordzee | Noordzee | 16700 | 29.5 | 2.1 | 98 | 1.9 | 0.3 | 0.07 | 31.7 |

3.2 Vergelijking inrichtingsvarianten (modelresultaten)

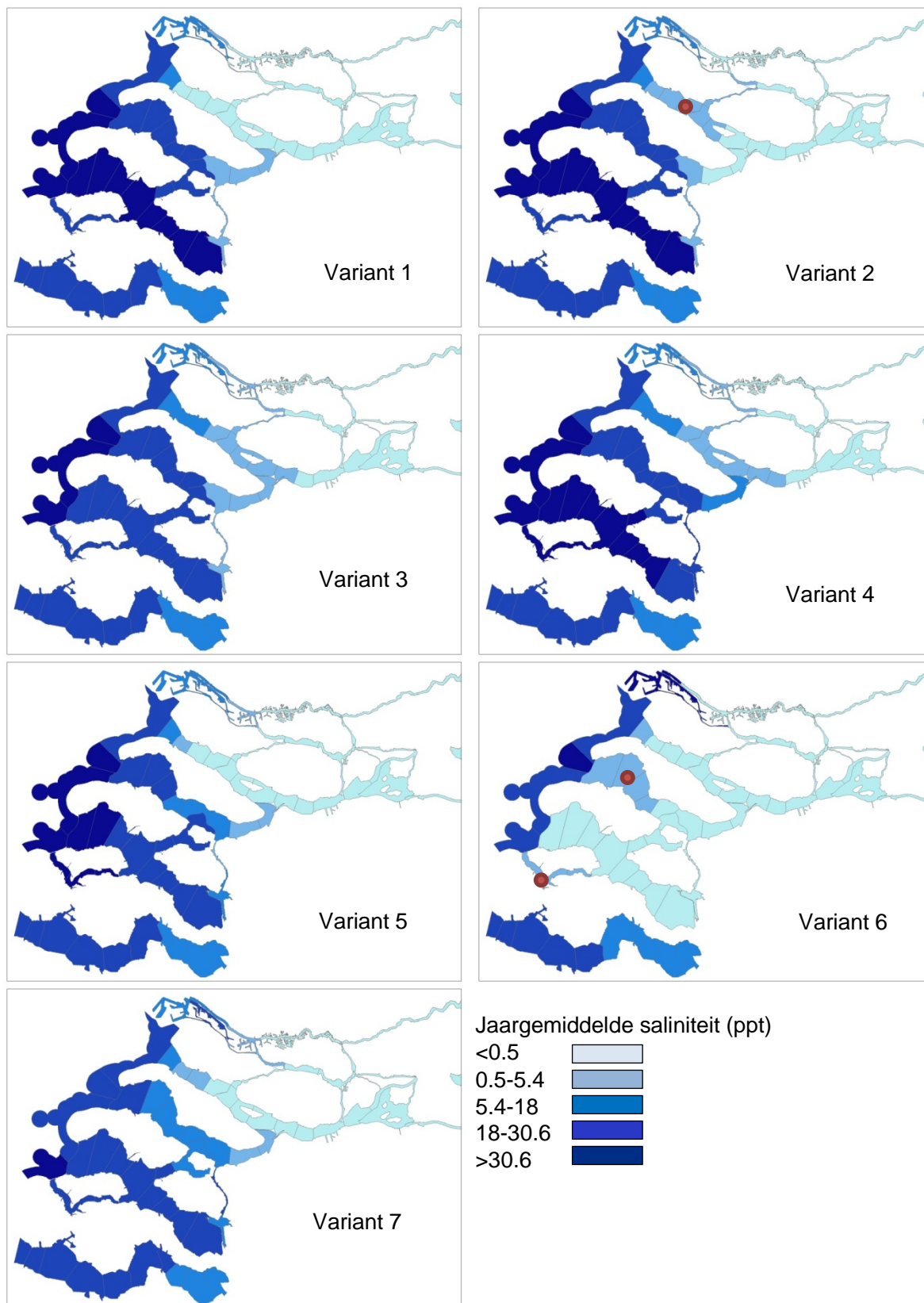
In de figuren in deze paragraaf worden acht parameters vergeleken op (voornamelijk) MWLT locaties. Er is voor gekozen om punten en niet bekkengemiddelden te tonen, omdat – zeker naarmate de getijdynamiek in de varianten toeneemt – sprake is van gradiënten waaraan een bekkengemiddelde waarde geen recht doet. Uitzondering is de primaire productie waarvoor geldt dat juist een puntmeting niet (per se) representatief is (want bijvoorbeeld erg afhankelijk van lokale diepte). Voor de berekende primaire productie wordt daarom wel het bekkengemiddelde gepresenteerd (Figuur 3.21).



Figuur 3.16 Vergelijking van berekende chlorideconcentratie (links, in g/m^3) en saliniteit (rechts, in ppt) op (MWLT) locaties (geordend van noord naar zuid en van oost naar west) voor de zeven inrichtingsvarianten.

De inrichtingsvarianten laten voor de meeste locaties een grote variatie in berekende chlorideconcentratie zien (Figuur 3.16). In alle varianten blijft de concentratie bij Brienoord (Nieuwe Maas), Puttershoek (Oude Maas) en Bovensluis (Hollandsch Diep) laag.

De in de opeenvolgende varianten toenemende openstelling van de Haringvlietsluizen leidt tot een gradiënt op het Haringvliet-Hollandsch Diep (Figuur 3.17). Opvallend en onverwacht is dat bij variant 5 de zoet-zoutgradiënt weer verder richting zee ligt dan bij variant 4, wat komt wordt door een verdubbeling van de rivierafvoer door het Haringvliet (Figuur 3.10).



Figuur 3.17 Berekende jaargemiddelde saliniteit (in ppt) voor de zeven inrichtingsvarianten. De rode punten geven locaties aan waar specifieke modelmatige aspecten een rol spelen; zie tekst voor toelichting.

In variant 2 treedt in de zuidelijke bekkens nog relatief weinig verschil op ten opzichte van de huidige situatie (variant 1). Het Krammer-Volkerak (locatie Steenbergen) wordt iets zoeter door verhoogde doorspoeling met rivierwater. De verhoogde afvoer via de Bathse spuisluis zorgt voor iets lager zoutgehaltes op de Westerschelde.

In variant 2 staan de Haringvlietsluizen op een Kier. Uit Tabel 3.2 blijkt dat de chlorideconcentratie in het Haringvliet gemiddeld 1200 g/m³ is. De combinatie van debiet en concentratie geeft aan dat verzilting van het Spui zou kunnen optreden. Deze situatie zal in werkelijkheid echter niet optreden, omdat met ingebruikname van de Kier de zoutindringing door middel van beheer van de sluisen beperkt zal worden tot de lijn Spui-Middelharnis. In de modelberekening wordt geen sturing op de sluisen toegepast, zodat het zoutgehalte verder kan oplopen.

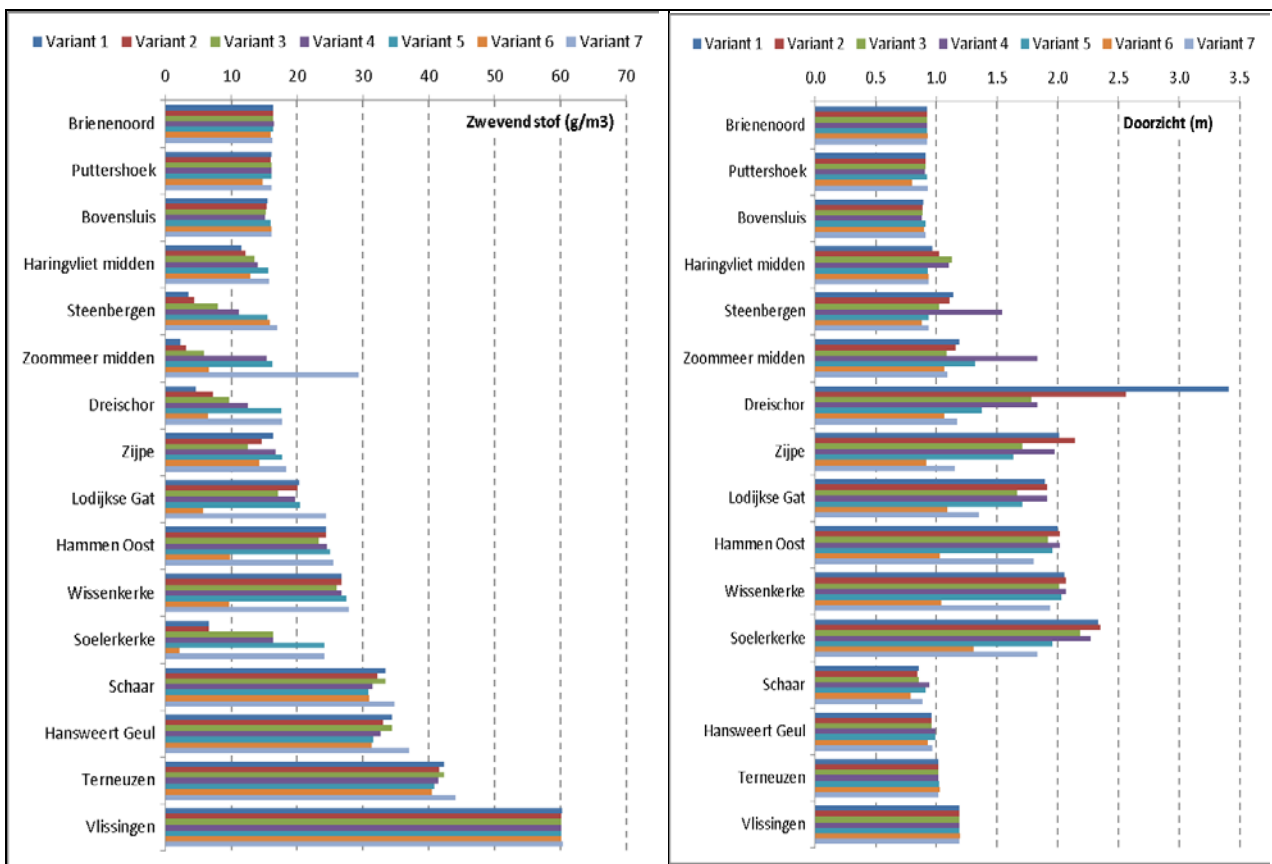
In variant 3 is het meest in het oog springende verschil met variant 2 dat de Oosterschelde minder zout is geworden. In de oostelijke kant loopt de verlaging op tot 5 ppt (Zijpe en Lodijkse Gat). De verlaging van het zoutgehalte op het Zijpe zorgt voor de inlaat via de Flakkeese spuisluis ook voor ongeveer 5 ppt verlaging van het zoutgehalte op het Grevelingenmeer (Dreischor). Ondanks de grotere doorspoeling is het Volkerak-Zoommeer een fractie zoeter, omdat het zoutgehalte op het Hollandsch Diep toegenomen is door de verdere opening van de Haringvlietsluizen.

In variant 4 neemt het zoutgehalte vrijwel overal toe doordat doorlaatmiddelen de zoute en zoete deltawateren verbinden. Omdat de zoetwateraanvoer via de Volkeraksluizen in variant 4 lager is dan in variant 3 (25 m³/s vs. 100 m³/s) is het zoutgehalte weer hoger. Op het Krammer-Volkerak (Steenbergen) en op het Zoommeer (Zoommeer midden) wordt in deze variant het hoogste zoutgehalte gerealiseerd.

In variant 5 zijn alle buitenste keringen vervangen door stormvloedkeringen. De verdeling van de rivierafvoer die zich naar het zuiden verplaatst, zorgt ervoor dat de zoet-zoutgradiënt verder naar het westen ligt dan in variant 4. Vooral op het Krammer-Volkerak is dat zichtbaar, waar de jaargemiddelde saliniteit op locatie Steenbergen niet hoger is dan 2,9 ppt (Tabel 3.5) in variant 5 ten opzichte van 18,4 ppt in variant 4.

De Zoete lagune variant 6 laat ten eerste zien dat de modelberekening niet helemaal goed is uitgevoerd. De zoutere waarden op het Grevelingenmeer en het Veerse Meer hadden er niet moeten zijn. Vanwege bepaalde modelinstellingen en numerieke artefacten (sluis blijft een tijdstap te lang openstaan, waardoor zout binnendringt), komt toch zout binnen op de bekkens. In de bedoelde inrichtingsvariant is dat niet het geval. Voor het overige is de zoutverdeling als verwacht. In het noordelijke deel wordt het zoute water door een scheepvaartsluis in de Nieuwe Waterweg en door de Hartelkering tegengehouden.

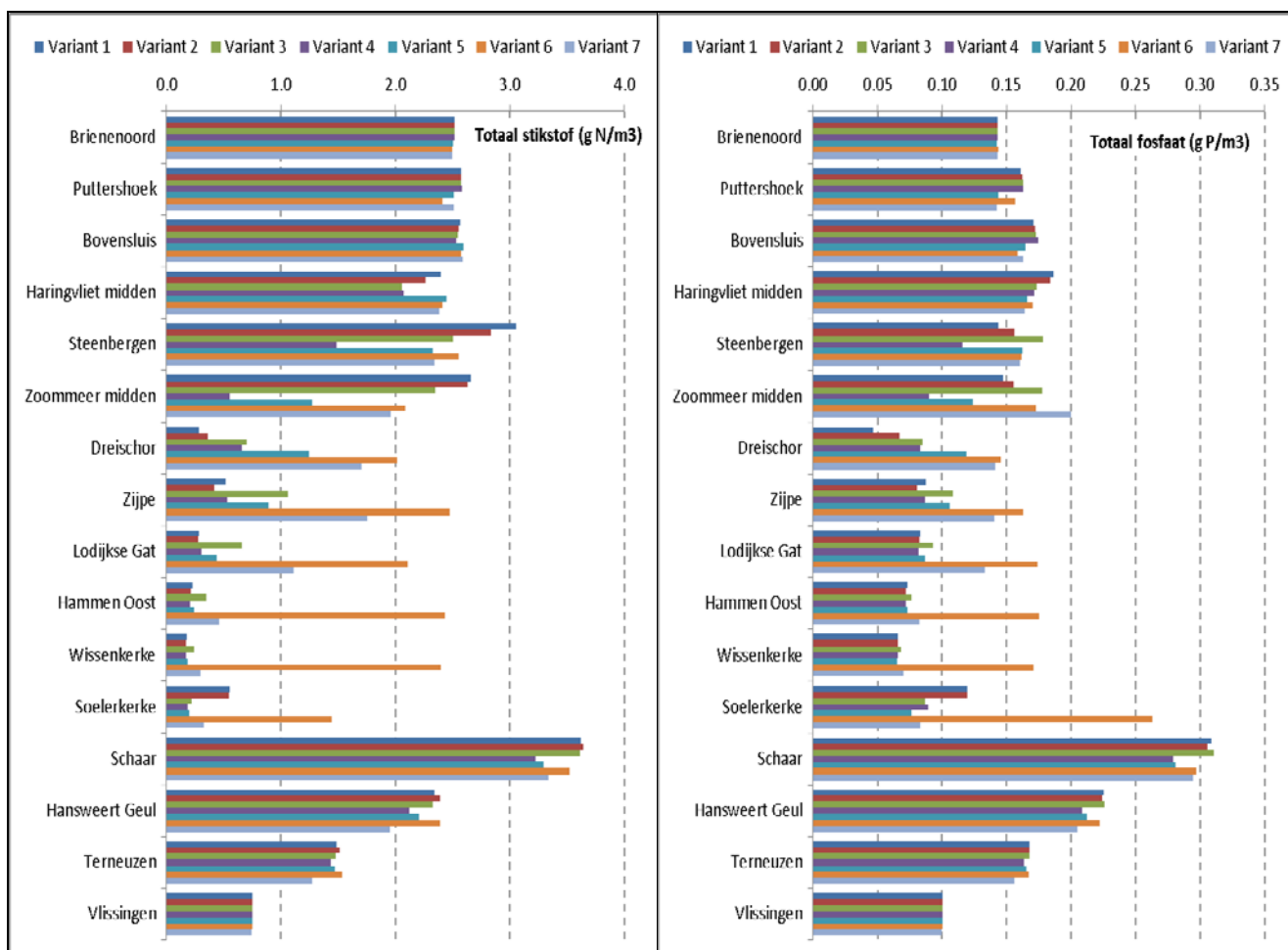
Ten slotte laat variant 7 de situatie zien bij een volledig open estuarium. De modelberekening laat zien dat het Haringvliet-Hollandsch Diep voornamelijk zoet is, terwijl op het continuüm Krammer-Volkerak, Grevelingenmeer, Oosterschelde een vrijwel volledige zoet-zoutgradiënt komt te liggen. De Oosterschelde en het Zoommeer zijn daarbij aanzienlijk zoeter dan het Krammer-Volkerak en het Grevelingenmeer.



Figuur 3.18 Vergelijking van berekende zwevendstofconcentratie (links, in g/m^3) en berekend doorzicht (rechts, in m) op (MWTL) locaties (geordend van noord naar zuid en van oost naar west) voor de zeven inrichtingsvarianten.

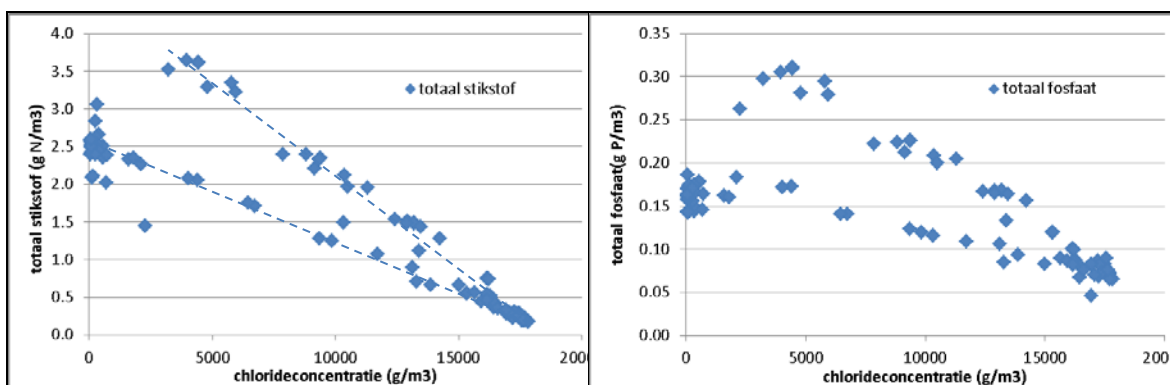
Figuur 3.18 laat zien dat de verschillende inrichtingsvarianten over het algemeen een relatief beperkte invloed hebben op de zwevendstofconcentratie en het doorzicht. De zwevendstofconcentratie is het totaal van organisch en anorganisch zwevend stof. Het doorzicht wordt daarnaast bepaald door de hoeveelheid opgelost organisch materiaal (DOC) dat wel in rivierwater en in veel mindere mate in zeewater voorkomt. In het model wordt dit DOC als omgekeerd evenredige variabele van de saliniteit gemodelleerd. Dit is bijvoorbeeld te zien in het doorzicht in het Volkerak-Zoommeer voor variant 4, waar het hoogste zoutgehalte voor het Volkerak-Zoommeer wordt berekend. De hoge zwevendstofconcentratie in het Zoommeer in variant 7 wordt veroorzaakt door de instroom van water uit de Westerschelde met een hoge(re) concentratie (vergelijk locatie Schaar).

De grootste afname in het doorzicht treedt op in het Grevelingenmeer. Zowel door het zoeter worden (dus via DOC) als via de hogere zwevendstofconcentratie neemt het doorzicht af.

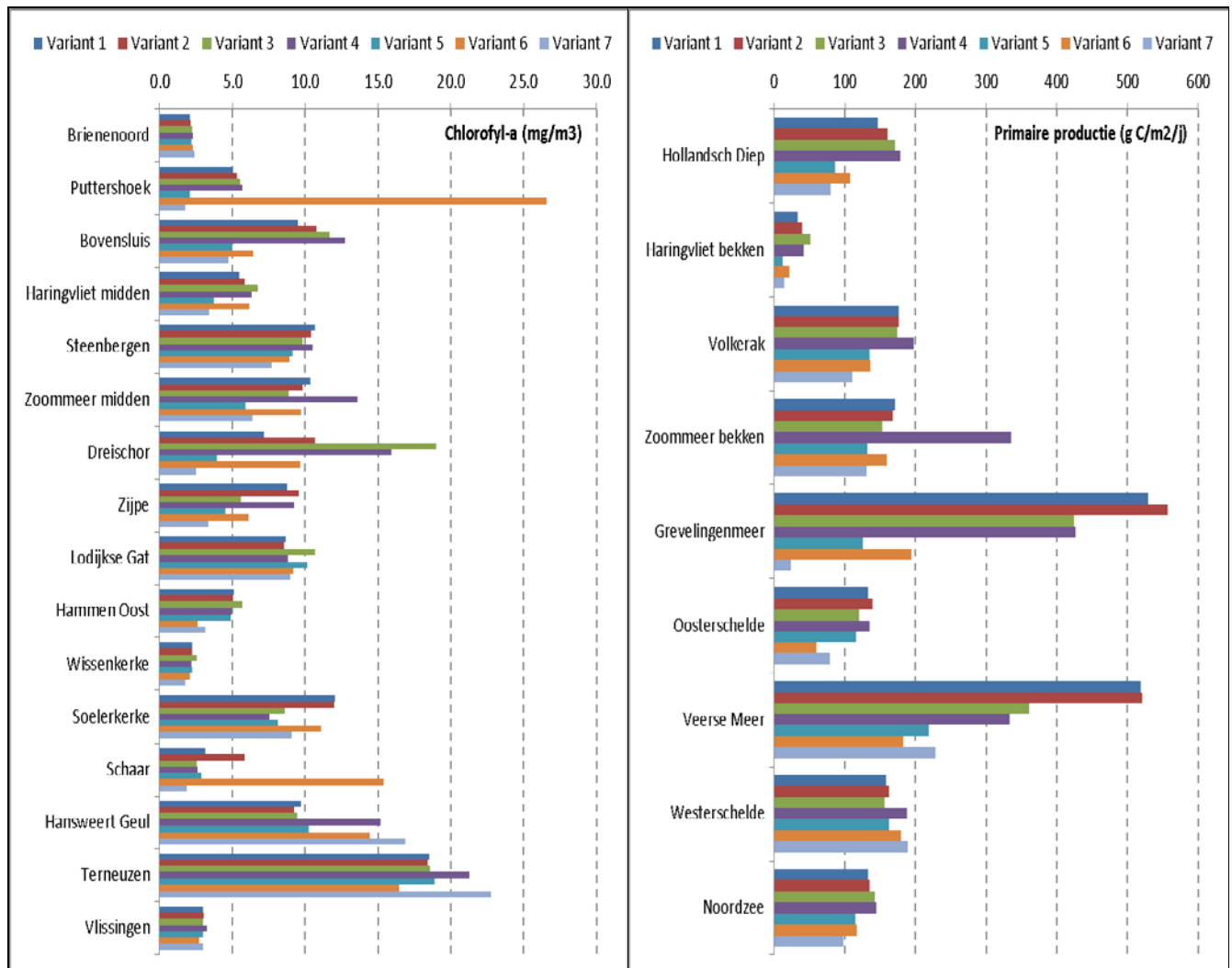


Figuur 3.19 Vergelijking van berekende totaal-stikstofconcentratie (links, in g N/m^3) en totaal-fosfaatconcentratie (rechts, in g P/m^3) op (MWTL) locaties (geordend van noord naar zuid en van oost naar west) voor de zeven inrichtingsvarianten.

De zomerhalfjaar gemiddelden van de nutriënten totaal-stikstof en totaal-fosfaat laten een sterke relatie met de chlorideconcentratie zien (Figuur 3.20). Duidelijk zijn twee mengcurves van rivierwater en zeewater te onderscheiden, waarbij de hogere lijn voor rivierwater van de Schelde geldt en de lagere lijn voor rivierwater van de Rijn en Maas.



Figuur 3.20 Relatie tussen berekende jaargemiddelde chlorideconcentratie en berekende zomerhalfjaargemiddelde totaal-stikstofconcentratie (links) en berekende zomerhalfjaargemiddelde totaal-fosfaatconcentratie (rechts).



Figuur 3.21 Vergelijking van berekende chlorofylconcentratie (links, in mg/m³) op (MWTL) locaties (geordend van noord naar zuid en van oost naar west) en berekende primaire productie (rechts, in g C/m²/j) op bekkenniveau voor de zeven inrichtingsvarianten.

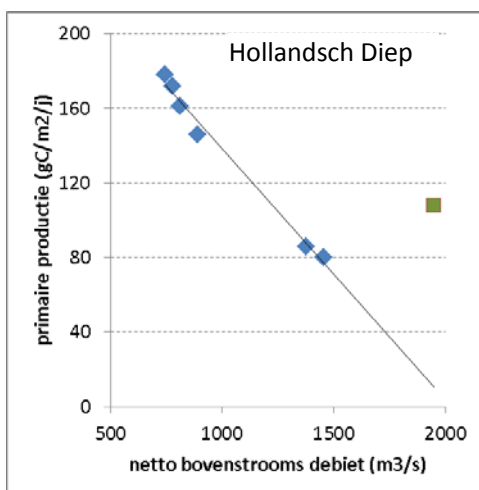


Figure 3.22 Relatie tussen netto instromend debiet en primaire productie in het Hollandsch Diep. Variant 6 (groene symbool) wijkt af van de andere varianten.

De primaire productie in het Hollandsch Diep en het Haringvliet vertonen voor de inrichtingsvarianten hetzelfde patroon, waarbij de berekende primaire productie in het Haringvliet ongeveer vijf keer zo laag is als in het Hollandsch Diep. Van variant 1 tot variant 4 neemt de primaire productie iets toe tegelijk met de toenemende zoet-zoutgradiënt. In varianten 5 en 7 is de doorspoeling van deze bekkens weer groter en is de primaire productie weer lager. Dat er een relatie is met de doorspoeling en dus met de verblijftijd blijkt uit Figure 3.22. Als er geen andere limiterende factoren zijn, wordt in wateren de primaire productie bepaald door de verblijftijd. De algen groeien zo snel als ze kunnen, maar bereiken een lagere biomassa bij een kortere verblijftijd doordat ze worden weggespoeld. Anders gezegd: Algen hebben minder tijd om een hoge(re) biomassa te bereiken en

daarmee een hogere productie. Op locatie Bovensluis is dat goed te zien (Figuur 3.21). Alleen variant 6 Zoete lagune wijkt af van deze relatie. Deze variant wijkt qua waterbeheer af van de overige varianten.

In het Volkerak-Zoommeer resulteert extra doorspoeling in variant 2 (20 m³/s extra inlaat via de Volkeraksluizen ten opzichte van variant 1) en variant 3 (100 m³/s) in kleine verandering van de berekende primaire productie. In het Zoommeer is sprake van een kleine afname, mogelijk veroorzaakt door een kleine afname van de verblijftijd. De verzilting van het Volkerak-Zoommeer in variant 4 levert de hoogste primaire productie, door verbetering van het lichtklimaat: Het doorzicht op locaties Steenberg en Zoommeer midden in variant 4 toe tot circa 1,5 m tegenover circa 1,0 m in de overige varianten. In de open varianten 5 Stormvloedkeringen en 7 Zoute Delta neemt de verblijftijd in het Krammer-Volkerak af en neemt de zwevendstofconcentratie toe. De combinatie resulteert in lagere primaire productie.

Van alle bekkens laat het Grevelingenmeer de grootste variatie zien in de berekende primaire productie. Ten opzichte van de huidige situatie (variant 1) neemt de primaire productie iets toe, omdat door de kleine verhoging van het instromend debiet door de Brouwerssluis (105 m³/s in plaats van 100 m³/s) extra stikstof op het meer komt. In het zomerhalfjaar is primaire productie in het Grevelingenmeer in de huidige situatie stikstof gelimiteerd. Extra beschikbaarheid van stikstof wordt omgezet in een hogere primaire productie. In varianten 3 en 4 ontstaat de op het eerste gezicht tegenstrijdige situatie dat de primaire productie lager is dan in varianten 1 en 2, maar de chlorofylconcentratie op locatie Dreischor hoger. In zowel variant 3 als 4 neemt de stikstofbelasting toe, wat conform variant 2 tot een hogere primaire productie zou leiden. De saliniteit neemt echter af, waardoor het lichtklimaat minder goed wordt. Vermoed wordt dat daardoor de algengroei in het voorjaar later op gang komt en in het najaar eerder eindigt, waardoor in de primaire productie op jaarbasis lager wordt. In het zomerhalfjaar zorgt de grotere beschikbaarheid van stikstof wel voor meer algen, zodat het zomerhalfjaargemiddelde chlorofyl wel hoger is. In varianten 5, 6 en 7 wordt het lichtklimaat dominant. Door het lage zoutgehalte neemt het berekende doorzicht af tot circa 1,2 m. In variant 7 Zoute Delta krijgt het Grevelingenmeer relatief laag zoutgehalte en een relatief korte verblijftijd. Het 12 ppt zoutgehalte is ongeschikt voor mosselen en grascontrole zal grotendeels verdwijnen, wat een hoge chlorofylconcentratie waarschijnlijk maakt. In het model is de grascontrole niet gewijzigd en wordt de chlorofylconcentratie waarschijnlijk onderschat.

De primaire productie in de Oosterschelde wordt door de maatregelen in inrichtingsvarianten 2 tot en met 5 relatief weinig beïnvloed ten opzichte van de huidige situatie. De maatregelen hebben een gering effect op de waterbeweging zodat systeemkenmerken niet substantieel wijzigen. In variant 7 Zoute Delta ontstaat vooral in de noordelijke verbinding tussen het Zijpe en het Krammer-Volkerak een zoet-zoutgradiënt waardoor het lichtklimaat minder geschikt wordt voor primaire productie. Zowel in op locatie Zijpe als op locatie Lodijkse Gat in de Kom van de Oosterschelde neemt het doorzicht met circa 0,5 m af in variant 7 ten van de overige zoute varianten (Figuur 3.18).

De inrichtingsvarianten hebben een beperkte invloed op de primaire productie in de Westerschelde.

3.3 Beschouwing en deskundigenoordeel overige aspecten

3.3.1 Morfologische ontwikkeling en sedimentsamenstelling

De evaluatie in deze paragraaf is gebaseerd op een onderzoek naar het sedimentperspectief in de zuidwestelijke delta (Deltares, 2011).

In het 1D model reageert de morfologie – dat wil zeggen het complex van geulen, platen en intergetijdengebieden – niet op de veranderde waterbeweging. Om dat te berekenen is een ander model nodig, aangezien morfologische processen niet in het 1D SOBEK model zijn opgenomen.

In werkelijkheid zal de morfologische verandering een grote rol spelen. Ook in de huidige situatie past de morfologie zich nog steeds aan aan de aanleg van de Deltawerken. Door de afgenomen getijdynamiek verdwijnen de intergetijdengebieden in de Oosterschelde met ongeveer 50 ha per jaar (vervlakking door zandhonger: platen eroderen en de geulen sedimenteren). Door de toegenomen getijdynamiek veroorzaakt door onder andere vaargeulverdieping en autonome verhoging van de getijslag op de Noordzee, verdwijnen intergetijdengebieden ook in de Westerschelde (maar hier door verstelling: geulen schuren uit en platen verhogen).

Beseft moet worden dat de morfologie constant in ontwikkeling is, maar tegelijkertijd dat dit zeer langdurige (aanpassings)processen zijn. Termijnen van tientallen tot honderden jaren zijn goed denkbaar. Op deze termijnen beginnen ook autonome ontwikkelingen als zeespiegelstijging een significante rol te spelen, maar dat verwaarlozen we in deze studie. We beperken ons tot de gevolgen van een ander waterbeheer in de inrichtingsvarianten.

Een voorspelling hoe de morfologie zich zal ontwikkelen in de inrichtingsvarianten is zeer moeilijk. Als maat voor de morfologische ontwikkeling beschouwen we het areaal intergetijdengebied, gezien de ecologische relevantie van deze gebieden. In deze kwalitatieve beschouwing wordt het areaal intergetijdengebied gedefinieerd als het gebied dat gedurende een springtij-doodtij cyclus minimaal een keer onderstroomt.

Het lastige van morfologische dynamiek is dat bij introductie van een grotere getijslag het intergetijdengebied per definitie toeneemt. Pas daarna begint de aanpassing van de morfologie aan de nieuwe hydrodynamiek. De vraag is dan of na de start van het gewijzigde waterbeheer het areaal intergetijdengebied gelijk zal blijven of dat een toe- of afname zal optreden. Vervolgens is de vraag hoe snel die toe- of afname dan zal verlopen. Een toename van intergetijdengebied op de korte termijn, kan op lange termijn omslaan in een afname. Een verdere complicerende factor is dat in een bekken dat nu stagnant is geen intergetijdengebied voorkomt. Iedere toename van de getijslag zal dus altijd zorgen voor een momentane toename van het intergetijdengebied op korte en op lange termijn. Er wordt daarom onderscheid gemaakt tussen momentane verandering van het areaal intergetijdengebied (Tabel 3.8: Is het meer of minder dan in de huidige situatie?) en de trend op lange termijn (Tabel 3.9: Is na de start een toenemende, gelijkblijvende of afnemende trend te verwachten?).

Tabel 3.8 Momentane verandering areaal intergetijdengebied als gevolg van instelling van getijdynamiek voor de inrichtingsvarianten ten opzichte van de huidige situatie.

| Variant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | Huidige situatie | Verbeterd beheer | Verbeterde inrichting 1 | Verbeterde inrichting 2 | Stormvloedkeringen | Zoete lagune | Zoute Delta |
| Hollandsch Diep | referentie | 0 | 0 | 0/+ | + | 0 | + |
| Haringvliet | referentie | 0 | 0 | 0/+ | + | 0 | + |
| Volkerak-Zoommeer | referentie | 0 | 0 | + | + | 0 | + |
| Grevelingenmeer | referentie | 0 | + | + | + | 0 | + |
| Oosterschelde | referentie | 0 | 0 | 0 | + | - | + |
| Veerse Meer | referentie | 0 | + | + | + | 0/- | + |
| Westerschelde | referentie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Op de Zoete lagune (variant 6) na hebben alle inrichtingsvarianten tot gevolg dat de estuariene getijdynamiek toeneemt. Omdat voor de Westerschelde geen hydraulische aanpassingen worden gedaan (er zijn alleen verschillen in afvoer door de Bathse spuilsuis die in verhouding tot de getijdynamiek zo klein zijn, dat de waterbeweging niet significant verandert), wordt voor de Westerschelde op basis van de hier doorgerekende scenario's geen verandering van de huidige situatie verwacht.

Voor de morfologische ontwikkeling is zowel het verticaal getij als het horizontaal getij van belang. Tabel 3.8 laat zien dat het areaal intergetijdengebied als gevolg van de instelling van de getijdynamiek in vrijwel alle inrichtingsvarianten toeneemt. In variant 2 (verbeterd beheer) zijn de aanpassingen in getijdynamiek zo klein dat geen effect op het intergetijdenareaal verwacht mag worden. In variant 6 ontstaan stagnante zoetwater bekkens met alleen peilvariatie door seizoensdynamiek, en verdwijnen de intergetijdegebieden.

Tabel 3.9 Verwachte trend van areaal intergetijdengebieden onder invloed van getij- en morfodynamiek op de lange termijn. Voor de huidige stagnante bekkens wordt de verwachte morfologische ontwikkelingstrend na instelling van het getij aangegeven. Voor de huidige getijbekkens wordt vergeleken met de huidige trend.

| Variant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | Huidige situatie | Verbeterd beheer | Verbeterde inrichting 1 | Verbeterde inrichting 2 | Stormvloedkeringen | Zoete lagune | Zoute Delta |
| | referentie | trend na instelling van getij | | | | | |
| Hollandsch Diep | n.v.t. | n.v.t. | 0 | 0/- | - | n.v.t. | ?/+ |
| Haringvliet | n.v.t. | n.v.t. | 0 | 0/- | - | n.v.t. | ?/+ |
| Volkerak-Zoommeer | n.v.t. | n.v.t. | 0 | - | - | n.v.t. | ?/+ |
| Grevelingenmeer | n.v.t. | n.v.t. | - | - | - | n.v.t. | ?/+ |
| | referentie | ten opzichte van Huidige situatie | | | | | |
| Oosterschelde | - | 0 | 0 | 0 | 0 | n.v.t. | + |
| Veerse Meer | n.v.t. | 0 | - | - | - | n.v.t. | + |
| Westerschelde | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

In de huidige situatie zijn alleen in de Westerschelde en in de Oosterschelde intergetijdengebieden aanwezig. Voor beide systemen is een negatieve trend gaande. De inrichtingsvarianten maken geen verschil voor de Westerschelde, zodat ten opzichte van de huidige situatie in Tabel 3.9 een gelijkblijvende trend ('0') wordt aangegeven. In het Veerse Meer is in de huidige situatie een beperkt getij van circa 0,15 m aanwezig. Deze getijslag is zo klein en bovendien is sprake van hoger zomer- en lager winterpeil waardoor de zomerse intergetijdengebieden in de winter droogvallen, waardoor deze intergetijdengebieden morfologisch lastig te karakteriseren zijn.

Voor de Oosterschelde zal het verwijderen van de compartimenteringsdammen resulteren in een grotere komberging en daardoor een groter getijvolume (dat wil zeggen dat het getij doordringt tot de landinwaartse bekkens, waardoor per getij meer zeewater door de kering stroomt). Dit grotere getijvolume heeft in potentie een grotere capaciteit om zand te transporteren. Pas in variant 5 wordt een significant groter getijvolume verwacht. Toch mag geen herstel van morfologische dynamiek worden verwacht achter de Oosterscheldekering (Deltares, 2011). Pas bij verwijdering van de Oosterscheldekering en volledig herstel van de open estuariummond (variant 7) zal de neergaande trend kunnen afnemen of omslaan.

Alle Deltawateren hebben nog steeds de bathymetrie van de open estuariene situatie van vóór de Deltawerken: een combinatie van diepe getijgeulen en intergetijdengebieden. Bij (her)introductie van getij in de nu stagnante bekkens (Hollandsch Diep, Haringvliet, Volkerak-Zoommeer en Grevelingenmeer) zal naar verwachting een situatie ontstaan die vergelijkbaar is met de huidige Oosterschelde: de getijdynamiek blijft te zwak voor sedimenttransport 'tegen de zwaartekracht in'. Verwacht wordt dan ook dat in alle inrichtingsvarianten waarin nog sprake is van (storm)vloedkeringen, een langzame afname van het areaal intergetijdengebied zal optreden. Hoe snel intergetijdengebieden verdwijnen is zonder nader onderzoek niet te zeggen. Pas bij het volledig verwijderen van alle kunstwerken in de Zoute Delta (variant 7) is een (vrijwel) natuurlijke morfologische dynamiek te verwachten. Of er dan sprake zal zijn van toe- of afname van het areaal intergetijdengebied is niet op voorhand aan te geven. Door inpolderingen en andere aanpassingen (die al vóór de aanleg van de Deltawerken gezorgd hebben voor de inzet van morfologische ontwikkelingen) is er geen sprake van volledige terugkeer naar de situatie van vóór de Deltawerken..

Tabel 3.10 Verwachte ontwikkeling van de sedimentsamenstelling ten opzichte van ontwikkeling in de huidige situatie (- = ontwikkeling naar slibrijker, 0 = gelijkblijvend, + = ontwikkeling naar zandiger).

| Variant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | Huidige situatie | Verbeterd beheer | Verbeterde inrichting 1 | Verbeterde inrichting 2 | Stormvloedkeringen | Zoete lagune | Zoute Delta |
| Hollandsch Diep | referentie | 0 | 0 | 0 | + | 0 | + |
| Haringvliet | referentie | 0 | 0 | 0 | + | 0 | + |
| Volkerak-Zoommeer | referentie | 0 | 0 | 0 | + | 0 | + |
| Grevelingenmeer | referentie | 0 | + | + | + | - | + |
| Oosterschelde | referentie | 0 | 0 | 0 | 0/+ | - | + |
| Veerse Meer | referentie | 0 | + | + | + | - | + |
| Westerschelde | referentie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

De sedimentsamenstelling van de intergetijdengebieden is moeilijk in te schatten. Getij, golven en sedimentaanbod interacteren, waarbij ook organismen nog een rol kunnen spelen voor de invang en vastlegging van vooral slib. Bij de verwachte ontwikkeling van de

sedimentsamenstelling (Tabel 3.10) wordt aangenomen dat meer getijdynamiek ervoor zorgt dat slib (dat wil zeggen de fijnste fractie van het sediment) gemakkelijker afgevoerd wordt naar de Noordzee, dan wel minder gemakkelijk in het bekken achterblijft. Voor Veerse Meer en Grevelingenmeer houdt dit in dat vanaf variant 3 een zandiger sedimentsamenstelling verwacht wordt. Voor de Oosterschelde is naar verwachting de toename van de getijdynamiek pas in variant 7 (zoute Delta) dermate groot dat de sedimentsamenstelling verandert.

In variant 6 (zoete Lagune) is sprake van stagnante of zwak-dynamische bekkens waar zich waarschijnlijk slibrijk materiaal zal verzamelen.

3.3.2 Stratificatie en zuurstofhuishouding

In een gestratificeerde waterkolom kan zuurstofloosheid van de onderlaag ontstaan die schadelijk is voor flora en fauna. Of zuurstofloosheid ontstaat hangt in essentie af van de balans tussen de zuurstofvraag door afbraak van organisch materiaal en andere gereduceerde stoffen zoals ammonium, sulfides en methaan, en de zuurstofaanvoer ofwel verticaal door diffusie door de spronglaag of horizontaal door instroming van zuurstofrijk(er) water. Deze balans kan zeer subtiel zijn. Bij een hoge zuurstofvraag kunnen zelfs in een niet gestratificeerde omgeving lage zuurstofconcentraties ontstaan, zoals in het recente verleden in de Zeeschelde (het deel van de rivier de Schelde dat onder invloed staat van getij en loopt tot aan de Nederlandse grens waar de Westerschelde begint). Aan de ander kant kan het bij een sterke stratificatie lang duren voor de zuurstof in de onderlaag uitgeput raakt als er weinig organisch materiaal aanwezig is.

De mate van (zout)stratificatie wordt bepaald door de grootte van de instroom van zoet water en de grootte van de getijslag (waarbij een hogere stroomsnelheid zorgt voor turbulentie en de afbraak van de stratificatie). Hoe geringer de instroom van zoetwater en hoe groter de getijslag, des te kleiner is de kans op zoutstratificatie. Naast zoutstratificatie komt temperatuurstratificatie voor die vooral van belang is voor (bijna) stagnante watersystemen. In het voorjaar en de zomer warmt de bovenlaag op en ontstaat een temperatuurverschil tussen boven- en onderlaag die kan oplopen tot wel 15 °C. Dit temperatuurverschil remt de turbulente diffusie en daarmee het zuurstoftransport van boven- naar onderlaag.

Tabel 3.11 Verwachte zuurstofloosheid van de onderlaag in relatie tot stratificatie ten opzichte van huidige situatie (- = verslechtering ten opzichte van huidig; + = verbetering ten opzichte van huidig).

| Variant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | Huidige situatie | Verbeterd beheer | Verbeterde inrichting 1 | Verbeterde inrichting 2 | Stormvloedkeringen | Zoete lagune | Zoute Delta |
| Hollandsch Diep | referentie | 0 | 0 | ?/- | 0/+ | 0 | 0/+ |
| Haringvliet | referentie | 0 | ?/- | ?/- | 0/+ | 0 | 0/+ |
| Volkerak-Zoommeer | referentie | 0 | 0 | - | 0/+ | 0 | 0/+ |
| Grevelingenmeer | referentie | 0 | + | + | 0/+ | ?/- | + |
| Oosterschelde | referentie | 0 | ?/- | 0 | 0 | ?/- | 0/+ |
| Veerse Meer | referentie | 0 | + | + | + | ?/- | + |
| Westerschelde | referentie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

In de huidige situatie komen lage zuurstofconcentraties in de onderlaag voor in het Volkerak-Zoommeer, het Grevelingenmeer en het Veerse Meer. Op de Westerschelde komen geen lage zuurstofconcentraties voor, maar in het recente verleden wel in de bovenstroomse Zeeschelde. De varianten hebben geen noemenswaardige invloed op de Westerschelde, zodat geen gewijzigde situatie wordt verwacht.

De aanpassing in variant 2 (verbeterd beheer) zijn zo klein dat geen effect op stratificatie en zuurstofloosheid wordt verwacht. In variant 3 wordt het getij in het Grevelingenmeer vergroot tot circa 0,5 m. Uit 3D-modelonderzoek is gebleken dat deze getijslag voldoende is om de stratificatie op te breken en zuurstofarme condities grotendeels te voorkomen. Een verdere verhoging van de getijslag heeft niet meer effect. Naar analogie hieraan wordt verwacht dat een groter getij op het Veerse Meer ook een gunstig effect heeft op de zuurstofconcentratie in de onderlaag ten opzichte van de huidige situatie. De Katse Heule heeft de situatie in het Veerse Meer overigens al sterk verbeterd: Zuurstofloosheid in de onderlaag is verminderd en verplaatst van oost (Zandkreek) naar west (Vrouwenpolder).

In het Haringvliet is sprake van een zoet-zoutgradiënt via de Kier. Hierdoor ontstaat een zekere stratificatie bij de Haringvlietssluisen die in ieder geval een risico op zuurstofarme condities met zich mee kan brengen. Onbekend is of de zuurstofvraag en de verblijftijd in de onderlaag voldoende groot zijn om de zuurstofconcentratie zo te verlagen dat het schadelijk wordt. Tenslotte wordt in variant 3 zoet water via de Philipsdam en de Oesterdam op de Oosterschelde gespuid. Verwacht wordt dat de getijdynamiek voldoende is om stratificatie te voorkómen, maar een 3D-modelberekening zou dat moeten uitwijzen. In Tabel 3.11 wordt uit voorzorg een '?!' ingevuld.

In variant 4 wordt 25 m³/s via de Volkeraksluisen op het Volkerak-Zoommeer gelaten. 3D-modelberekeningen hebben laten zien dat een beperkt getij van circa 0,3 m onvoldoende is om stratificatie volledig te voorkomen. Ter hoogte van de Volkeraksluisen ontstaan zuurstofarme condities in de onderlaag. Of dit acceptabel is, is een andere vraag. In diepe meren met een beperkte dynamiek (lees getij) is stratificatie en de daardoor resulterende zuurstofloosheid een systeemkenmerk. Zuurstofloosheid in een deel van het meer (orde 5% van het oppervlak) zou in afweging met andere belangen geaccepteerd kunnen worden. Het ecosysteem kan ermee overweg. Voor de schelpdiersector ontstaat wel een bedrijfsmatig risico, omdat dus soms de zuurstofcondities ongunstig zullen zijn. De vraag is hoeveel zekerheid en garantie de waterbeheerder wil geven.

In het Haringvliet-Hollandsch Diep ontstaat in variant 4 een grotere zoet-zoutgradiënt door het verder openzetten van de Haringvlietssluisen. Het is onbekend of de waterkolom voldoende gemengd zal zijn om zuurstofarme condities te voorkomen. Een risico op zuurstofarme condities is aanwezig. Voor de overige bekkens wordt geen verandering verwacht ten opzichte van variant 3.

In zowel variant 5 als variant 7 wordt verwacht dat er zoveel getijdynamiek in het estuarium is teruggebracht dat geen zuurstofarme condities zullen optreden.

In variant 6 worden alle bekkens stagnante systemen. Temperatuurstratificatie zal gezien de grote diepte een rol spelen. Een typische diepte voor de spronglaag in grote meren is 10 meter. Aangezien de bekkens voor een groot deel ondieper zijn, heeft stratificatie betrekking op een relatief klein oppervlak. De vraag is of de doorspoeling met rivierwater voldoende is

om stratificatie te beperken. Zeker bij lage rivierafvoer in de zomer, zou doorspoeling te beperkt kunnen zijn. Een risico op zuurstofarme condities is niet uit te sluiten.

3.3.3 Draagkracht voor commerciële schelpdierproductie

De draagkracht voor commerciële schelpdierproductie is een uiterst complexe vraag, omdat er veel interacties zijn tussen waterbeheer, nutriëntenstromen, primaire productie, de niet commerciële schelpdieren en andere organismen die concurreren met het voedsel, en de schelpdiersector zelf. In de Oosterschelde zijn bijvoorbeeld sterke aanwijzingen dat de schelpdierproductie beïnvloed wordt door de grote hoeveelheid schelpdieren die voor de teelt ingebracht worden: Er lijkt sprake te zijn van overbegrazing van het beschikbare voedsel.

In deze beschouwing definiëren we de commerciële schelpdieren als de zoutwatersoorten mosselen en oesters. In variant 6 Zoete lagune zal de zoute schelpdiersector verdwijnen. Niet duidelijk is of daar een zoetwaterschelpdiersector voor in de plaats kan komen.

Tabel 3.12 Verwachte draagkracht voor schelpdieren ten opzichte van huidige situatie (- = verslechtering ten opzichte van huidig; + = verbetering ten opzichte van huidig).

| Variant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|--------------|----------------------|
| | Huidige situatie | Verbeterd beheer | Verbeterde inrichting 1 | Verbeterde inrichting 2 | Stormvloedkeringen | Zoete lagune | Zoute Delta |
| Hollandsch Diep | referentie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Haringvliet | referentie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Volkerak-Zoommeer | referentie | 0 | 0 | + | 0 Volk. 0/+ Zoom. | 0 | 0 Volk. ?/+ Zoom. |
| Grevelingenmeer | referentie | 0 | + | + | ? | - | ? |
| Oosterschelde | referentie | 0 | 0 | 0 | ?/- | - | ?/- |
| Veerse Meer | referentie | 0 | ? | ? | ?/- | - | ? |
| Westerschelde | referentie | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

In alle varianten blijft het zoutgehalte op Haringvliet en Hollandsch Diep te laag voor commerciële schelpdiervisserij. Er zal dus geen verandering ten opzichte van de huidige situatie optreden.

In het Volkerak-Zoommeer ontstaan potenties bij een zout Volkerak-Zoommeer in variant 4, zoals door IMARES (2012) is onderzocht. In variant 5 waarin de Volkerakdam is verwijderd, wordt zoveel rivierwater door het Krammer-Volkerak afgevoerd dat het zoutgehalte te laag is voor commerciële zoutwatersoorten. Het zoutgehalte in het Zoommeer blijft hoger, zodat daar de potentie wellicht wel gehandhaafd blijft.

Voor het Grevelingenmeer worden in de MIRT-verkenning Grevelingenmeer hogere potenties ingeschat voor de schelpdiersector bij herintroductie van getij (variant 3). Vooral de afname van het risico op zuurstofarme condities ligt daaraan ten grondslag. Verwacht wordt dat hetzelfde argument in variant 4 ook nog van kracht is. Voor de Oosterschelde lijkt vooral de overbegrazing een limiterende factor, zodat voor het veranderd waterbeheer in varianten 3 en 4 geen effect wordt verwacht.

Variant 5 Stormvloedkeringen en zeker variant 7 Zoute delta geven een complexe situatie. Naast (fluctuerend) zoutgehalte en voedselbeschikbaarheid gaat ook de troebelheid een rol spelen die naar verwachting in deze varianten substantieel meer gaat veranderen dan in de minder vergaande varianten. Bij een Zoute delta (variant 7) en wellicht ook bij Stormvloedkering (variant 5) ontstaat een concentratieniveau van slib dat hinderlijk kan zijn. Een uitspraak over de uiteindelijke draagkracht voor commerciële schelpdieren kan nauwelijks op basis van de in dit rapport gepresenteerde gegevens gedaan worden, gezien de enorme complexiteit en veelzijdigheid van het vraagstuk. Een vergelijking met en gebruik van historische productiegegevens is aan te bevelen om met enige onderbouwing uitspraken te kunnen doen. Ervan uitgaande dat de schelpdierproductie in de Oosterschelde in de huidige situatie redelijk geoptimaliseerd is – waarbij de aanvoer van (mossel)zaad ook een rol speelt – wordt voorlopig ingeschat dat een ingreep tot minder goede condities zal leiden en dus tot een mogelijke afname van de schelpdierproductie. Echter, ook in een nieuwe situatie zal optimalisatie mogelijk en wenselijk zijn.

4 Afsluitende reflectie

In het kader van de studie naar "Samenhang in de delta, ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta" die door het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) wordt uitgevoerd, heeft Deltares voor zeven inrichtingsvarianten de waterstromen, de nutriëntenstromen en de primaire productie in beeld gebracht. Hiervoor is gebruik gemaakt van het 1D SOBEK waterkwaliteitsmodel van de zuidwestelijke delta. Dit model omvat de gehele zuidwestelijke delta en is daardoor in staat om op een consistente manier de samenhang tussen en beïnvloeding van de verschillende deltawateren op elkaar inzichtelijk te maken. Het levert een kwantitatieve onderbouwing aan toekomstperspectieven op basis waarvan publieke en private partijen met elkaar in overleg kunnen gaan.

Met het 1D-waterkwaliteitsmodel kunnen niet alle aspecten gekwantificeerd worden. De morfologische ontwikkeling – dat wil zeggen hoe geulen en intergetijdengebieden zich aanpassen aan gewijzigd waterbeheer, meer in het bijzonder getij en stroming – die naast de waterkwaliteit en voedselbeschikbaarheid van groot belang is voor het ecologisch perspectief, is op basis van een deskundigenoordeel ingeschat. Ook de gevolgen voor zuurstofloosheid als gevolg van stratificatie en de draagkracht voor commerciële schelpdierproductie zijn op basis van een deskundigenoordeel ingeschat.

Voor zover ons bekend, is sinds de intentie tot herstel van estuariene dynamiek als streefrichting door de betrokken provincies en het Rijk is vastgesteld, nog geen integrale, kwantitatieve onderbouwing gemaakt. De vele uitgevoerde studies beperken zich veelal tot kwalitatieve beschouwingen van de kansen en risico's of zijn hooguit semi-kwantitatief. Specifieke maatregelen zoals het verzilten van het Volkerak-Zoommeer of de herintroductie van getij in het Grevelingenmeer worden wel door kwantitatief onderzoek onderbouwd. Dergelijke onderzoeken richten zich veelal in detail op het betreffende bekken en maar in beperkte mate en dan veelal kwalitatief op het effect op de aangrenzende bekkens, laat staan de integrale zuidwestelijke delta.

Onze studie heeft aangetoond dat met het 1D-model veel inzicht gegeven wordt in de samenhang in de delta. We hebben gemerkt dat het een zeer krachtig instrument is om de kennis die beschikbaar is over de zuidwestelijke delta vast te leggen en om die kennis te ontsluiten en over te dragen aan mensen die nog minder goed thuis zijn in het gebied. De zuidwestelijke delta is een complexe regio, waar een inrichtingsmaatregel in het ene bekken onverwachte effecten kan hebben in een ander bekken, of juist dat een verwacht effect niet optreedt. Alleen al om die reden heeft de studie de meerwaarde aangetoond van een integrale benadering van de zuidwestelijke delta.

Tegelijkertijd moeten we benadrukken dat de uitgevoerde berekeningen een eerste indicatieve stap zijn. Het 1D model is voor stofstromen (waterkwaliteitsparameters) gevalideerd voor de huidige situatie. Voor waterstanden en getij is een beperkte 'orde-grootte' validatie gedaan. Relatief kleine maatregelen (varianten 2, 3 tot misschien 4) vallen binnen het zogenaamde validatiegebied, dat wil zeggen het gebied waarin de systeemkenmerken niet al te veel veranderen. Toch is ook voor deze varianten validatie meestal niet mogelijk, omdat voor deze 'niet bestaande' situaties geen metingen beschikbaar zijn. Een vergelijking met uitgevoerde 2D of 3D modellen, waarin minder (model)aannames nodig zijn, kan wel enige validatie geven. In de nog verdergaande varianten (5, 6, 7) worden met het model zulke

grote veranderingen ten opzichte van de huidige situatie doorgevoerd, dat nog maar zeer ten dele gesproken kan worden van toepassing van een gevalideerd model. We hebben vertrouwen in de mathematische formuleringen en begrijpen wat het model berekent, maar of het daadwerkelijk 'goed' is, is eigenlijk niet goed te beantwoorden. De situatie van voor de Deltawerken zou een zeer nuttige validatie zijn, maar dat is nog niet gedaan.

In het model hebben we (het operationeel beheer van) kunstwerken aangepast, doorlaatmiddelen aangelegd en dammen verwijderd. Vervolgens hebben we het model laten berekenen hoe het water door de zuidwestelijke delta gaat stromen en wat de resulterende waterkwaliteit zal zijn. Er heeft geen optimalisatie van het waterbeheer plaatsgevonden. Een dergelijke optimalisatie biedt – gezien het grote aantal kunstwerken dat de waterstromen kan reguleren – veel mogelijkheden om eventueel ongewenste effecten te voorkomen of minimaliseren. Onze studie en de hier gepresenteerde resultaten kunnen aanleiding geven tot een optimalisatie van de inrichtingsvarianten.

Voor de afvoerverdeling over de noordelijke zeegaten en de zuidelijke zeegaten moet nader onderzocht worden. In de situatie van voor de Deltawerken zou gemiddeld 50 tot 100 m³/s via de zuidelijke bekkens naar zee afgevoerd worden, terwijl in het model in variant 7 Zoute Delta nu meer dan 500 m³/s worden afgevoerd. Of dat aan de modelinstellingen en -aannames ligt, of aan de overige veranderingen in de regio is zonder nader onderzoek niet te zeggen. Inzicht en grip op de waterverdeling ligt echter aan de basis van de inrichting van de zuidwestelijke delta.

5 Referenties

Deltares (2011); Sedimentperspectief op de Zuidwestelijke Delta, auteurs J.P.M. Mulder, J. Cleveringa (ARCADIS), M.D. Taal, B.K. van Wesenbeeck en F. Klijn, Rapport 1203404-000-VEB-0005, januari 2011.

Deltares (2013): Zuidwestelijke Deltamodel, Aanpassingen 2010-2013, auteur Jos van Gils, Rapport 1208082-000-ZKS-0006, CONCEPT, maart 2013.

IMARES (2012): Potenties van een zout Volkerak-Zoommeer voor mossel- en oestercultuur, auteurs Jeroen Wijsman en Frank Kleissen (Deltares), Rapport C180/11a, 2 februari 2012. (<http://edepot.wur.nl/198876>)

IMARES (2013): Samenhang in de Delta, ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta: Ecologische onderbouwing; auteurs Tom Ysebaert, Marijn Tangelder, Jeroen Wijsman, Karin Troost; CONCEPT, februari 2013.

PBL (2013): Schema varianten ecologische as - v3.pdf

A Overzicht berekende waterverdeling

Tabel A.1 *Netto* debieten (in m³/s) gemiddeld over de periode 2006-2009 zoals berekend met het 1D Zuidwestelijke Delta model. Rivierdebieten en belastingen zijn modelinvoer.

| | | Variant | | | | | | | |
|---|-------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------|-------------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| | | Huidige situatie | Verbeterd beheer | Verbeterde inrichting 1 | Verbeterde inrichting 2 | Stormvloedkeringen | Zoete lagune | Zoute Delta | |
| Locatie | Positieve richting | | | | | | | | |
| Rivieren | Waal (Tiel) | stroomafwaarts | 1588 | 1588 | 1588 | 1588 | 1588 | 1588 | |
| | Lek (Hagestein) | stroomafwaarts | 252 | 252 | 252 | 252 | 252 | 252 | |
| | Maas (Lith) | stroomafwaarts | 263 | 263 | 263 | 263 | 263 | 263 | |
| | Schelde (Schaar van Ouden) | stroomafwaarts | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | |
| Zeegaten | Nieuwe Waterweg | Nieuwe Waterweg → Noordzee | 1393 | 1495 | 1539 | 1579 | 770 | 0 | 677 |
| | Haringvlietsluizen | Haringvliet → Noordzee | 750 | 631 | 513 | 546 | 1074 | 994 | 879 |
| | Brouwersdam | Grevelingenmeer → Noordzee | 4 | 38 | 64 | 147 | 382 | 71 | 786 |
| | Oosterscheldekering | Oosterschelde → Noordzee | 21 | -13 | 110 | -106 | -113 | 105 | -64 |
| | Veersedam | Veerse Meer → Noordzee | 0 | 0 | -58 | -56 | -38 | 0 | -8 |
| | Westerschelde | Westerschelde → Noordzee | 170 | 188 | 171 | 228 | 249 | 226 | 56 |
| Waterverdeling deltawateren | Instream Hollandsch Diep | stroomopwaarts → Hollandsch Diep | 890 | 811 | 778 | 745 | 1375 | 194 | 1453 |
| | Volkeraksluizen / Volkerakdam | Hollandsch Diep → Volkerak | 8 | 25 | 100 | 25 | 293 | 116 | 583 |
| | Instream Haringvliet | Hollandsch Diep → Haringvliet | 882 | 786 | 678 | 720 | 1082 | 777 | 869 |
| | Spui | Haringvliet → Spui | 132 | 155 | 165 | 173 | 7 | -217 | -11 |
| | Grevelingendam | Volkerak → Grevelingenmeer | 0 | 0 | 0 | 97 | 236 | 81 | 84 |
| | Krammersluizen / Philipsdam | Volkerak → Oosterschelde | 8 | 8 | 54 | -85 | 1 | 101 | 612 |
| | Eendracht | Volkerak → Eendracht | 13 | 30 | 59 | 26 | 69 | 81 | -100 |
| | Kreekraksluizen | Zoommeer → Schelde-Rijnkanaal | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Bathse spuisluis | Zoommeer → Westerschelde | 11 | 27 | 11 | 68 | 88 | 66 | -104 |
| | Oesterdam | Zoommeer → Oosterschelde | 0 | 0 | 45 | -45 | -23 | 12 | 1 |
| | Flakkeese spuisluis | Oosterschelde → Oosterschelde | 0 | 34 | 60 | 45 | 142 | -14 | 699 |
| Katse Heule / Zandkreekdam | Veerse Meer → Oosterschelde | 2 | 2 | 60 | 59 | 41 | 2 | 11 | |
| Regionale belasting (in het model opgenomen) | Hollandsch Diep | instromend | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Haringvliet | instromend | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Volkerak | instromend | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| | Zoommeer | instromend | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Grevelingenmeer | instromend | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Oosterschelde | instromend | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | Veerse Meer excl. Kanaal d.W. | instromend | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Kanaal door | instromend | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Westerschelde excl. Kanaal G- | instromend | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Kanaal Gent- | instromend | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | |