

Zuidwestelijk Delta-model voor Stofstroomanalyses

Scenarioberekeningen

J. van Gils

1208495-000

Titel

Zuidwestelijk Delta-model voor Stofstroomanalyses

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat	1208495-000	1208495-000-ZKS-0011	38

Trefwoorden

Zuidwestelijke Delta, model, stofstromen, zout

Samenvatting

Rijkswaterstaat heeft Deltares opdracht verleend voor het uitvoeren van verschillende activiteiten gerelateerd aan het 1D Zuidwestelijke Delta-model voor stofstroomanalyses (ZWD-model). Het betreft het vergroten van het voorspellend vermogen van het ZWD-model t.a.v. de fosfaat-huishouding en t.a.v. graascontrole door zoöplankton en/of schelpdieren, het bevestigen van de validiteit van het model (aanvullende kalibratie) en de uitvoering en rapportage van drie scenarioberekeningen. Het voorliggende rapport bevat de resultaten van de drie uitgevoerde scenarioberekeningen.

De uitgevoerde scenarioberekeningen verschaffen een indicatie van de te verwachten veranderingen in de Zuidwestelijke Delta als gevolg van drie inrichtingsvarianten: (1) een verbinding via doorlaatmiddelen tussen de Noordzee, de Grevelingen en het Volkerak; (2) een doorlaatmiddel in de Philipsdam (tussen de Oosterschelde en het Volkerak); en (3) doorlaatmiddelen in de Philipsdam (tussen de Oosterschelde en het Volkerak) en in de Oesterdam (tussen de Oosterschelde en het Zoommeer). In alle varianten is er een extra aanvoer van zoet water, en wordt niet langer water afgevoerd vanuit het Zoommeer naar de Westerschelde, maar dient de Oesterdam als spuisluis.

In alle varianten is er sprake van een significante indringing van zout water en een getij van ca. 30 cm in het Volkerak-Zoommeer. In deze bekkens verwachten we de grootste veranderingen. In scenario 1 zijn er ook significante veranderingen in de Grevelingen vanwege de toegenomen uitwisseling met de Noordzee. In de Oosterschelde treden meestal beperkte veranderingen op door de toegenomen netto afvoer van zoet water vanuit het Volkerak-Zoommeer en de verschuiving daarvan van de Philipsdam naar de Oesterdam. Het Veerse Meer vertoont kleine veranderingen als een indirect gevolg van de veranderingen in de Oosterschelde. Tenslotte zien we ook kleine veranderingen in de Westerschelde vanwege het stoppen van de spui bij Bath. Het 1D model geeft betrouwbare resultaten voor stofstromen (chloride, nutriënten). Voor algen zijn de modelresultaten een eerste indicatie.

Referenties

Bestelnummer 4500213753, 8 juli 2013.

Zuidwestelijke Delta-model voor stofstroomanalyses: Beschrijving en validatie. Rapport 1208495-000-ZKS-0010

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	dec. 2013	J. van Gils		A. Nolte		F. Hoozemans	
2	Jan. 2014	J. van Gils		A. Nolte		F. Hoozemans	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding en doelstelling	1
2 Definitie van de scenario's	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Uitwerking van de inrichting van het gebied in scenario's 1, 2 en 3	2
2.2.1 Bijzonderheden van scenario 1	3
2.2.2 Bijzonderheden van scenario 2	4
2.2.3 Bijzonderheden van scenario 3	5
2.3 Overige invoer	6
2.4 Uitvoer	7
3 Resultaten	12
3.1 Waterstanden	12
3.2 Waterbalansen	12
3.3 Stikstof- en fosforbalansen	13
3.4 Kentallen van de waterkwaliteit	32
4 Afsluitende opmerkingen	34
5 Referenties	36
Bijlage(n)	
A Water-, stikstof- en fosforbalansen	A-1

1 Inleiding en doelstelling

Rijkswaterstaat heeft Deltares opdracht verleend voor het uitvoeren van verschillende activiteiten gerelateerd aan het 1D Zuidwestelijke Delta-model voor stofstroomanalyses (ZWD-model) (Bestelnummer 4500213753, 8 juli 2013). Het betreft:

- 1 Het vergroten van het voorspellend vermogen van het ZWD-model t.a.v. de fosfaat-huishouding en t.a.v. graascontrole door zoöplankton en/of schelpdieren.
- 2 Het bevestigen van de validiteit van het model (aanvullende kalibratie).
- 3 De uitvoering en rapportage van drie scenarioberekeningen.

De resultaten van activiteiten (1) en (2) zijn in een validatierapport vastgelegd (Deltares, 2013). Dat rapport vormt tevens de basis voor het in beheer en onderhoud nemen van het model. We verwijzen naar dat rapport voor de achtergronden en een beschrijving van het ZWD-model.

Het voorliggende rapport beschrijft de uitgevoerde scenarioberekeningen (activiteit (3)), die mede als doel hebben de succesvolle realisatie van de doelstellingen (1) en (2) te demonstreren.

2 Definitie van de scenario's

2.1 Inleiding

In een email van 12 november 2013 van Herman Haas aan Jos van Gils, beschrijft de opdrachtgever de door te rekenen scenario's:

“

- 1 *Simulatie op basis van de 1D instellingen die behoren bij een verbonden Grevelingen en Volkerak-Zoommeer: zout met getij. De 1D instellingen zijn afgeregeld door Chris Sprengers in de RGV sommen die recentelijk zijn uitgevoerd. Specifieke instellingen: Bathse Spui = 0, Nieuwe spui via Doorlaatmiddel in Oesterdam met een opening van 100 m².*
- 2 *Simulatie op basis van instellingen P300 (zout VZM met getijslag van 30 cm > zie Deltares (2008) voor instellingen): Specifieke instellingen: 100% inlaat bij Philipsdam, Bathse Spui=0, Nieuwe spui via doorlaatmiddel in Oesterdam (100 m²).*
- 3 *Simulatie op basis van P300 80-20 variant (zie Deltares (2008) voor instellingen). Specifieke instelling: Bathse Spui = 0, alle uitwisseling gaat naar Oosterschelde.*

In alle drie de gevallen gaat het om de waterkwaliteitseffecten op de bekkens Grevelingen, Volkerak-Zoommeer en Oosterschelde.

“

Hieronder geven we een uitwerking van deze scenario's. In het bijzonder specificeren we of en hoe de geometrie en de sturing van de diverse kunstwerken (keringen, doorlaatmiddelen, spuien, etc.) zijn aangepast.

De uitgangssituatie is gelijk aan de simulatie gerapporteerd in Deltares (2013). We duiden deze in het vervolg van dit rapport aan met “Huidige situatie”.

2.2 Uitwerking van de inrichting van het gebied in scenario's 1, 2 en 3

Tabel 2.1 geeft een specificatie van de gewenste situatie op de belangrijke kunstwerken in het studiegebied.

Tabel 2.1 Overzicht van de doorgerekende inrichtingsvarianten. Lege cellen betekenen dat geen wijziging plaatsvindt t.o.v. de huidige situatie.

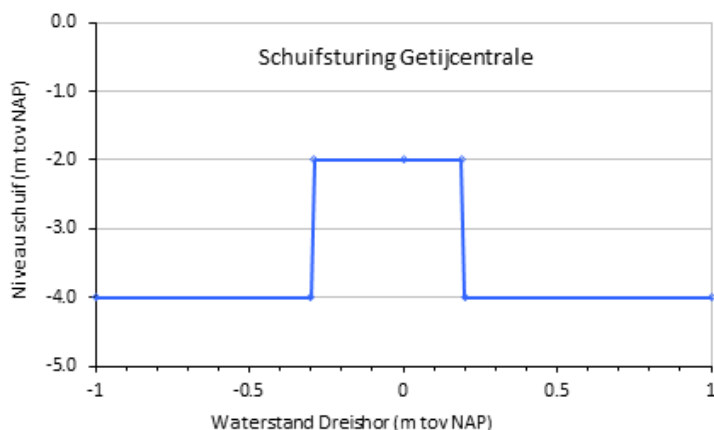
Scenario	Huidig	1	2	3
Maeslantkering	open (stormvloedkering)			
Haringvlietsluizen	LPH-84			
Brouwerssluis	twee spuikokers van ca. 50 m ² , peilsturing (Grevelingen < NAP -0,2 m)	aanpassing peilsturing (zie tekst)	als in huidig	als in huidig
Getijcentrale Brouwersdam	geen doorlaat	960 m ² , met peilsturing (zie tekst)	geen doorlaat	geen doorlaat
Oosterscheldekering	open (stormvloedkering)			
Veersedam	geen doorlaat			
Volkeraksluizen	debiet 5-12 m ³ /s	constant debiet van 25 m ³ /s	constant debiet van 25 m ³ /s	constant debiet van 25 m ³ /s
Dintel en Vliet	tijdreeksen (2005- 2009: ca. 10-15 m ³ /s)	5 m ³ /s extra op beide rivieren, kwaliteit blijft gelijk	5 m ³ /s extra op beide rivieren, kwaliteit blijft gelijk	5 m ³ /s extra op beide rivieren, kwaliteit blijft gelijk
Grevelingendam noord	geen doorlaat	500 m ²	geen doorlaat	geen doorlaat
Grevelingendam zuid / Flakkeese spuisluis	Gesloten			
Philipsdam / Krammersluizen	debiet ~8 m ³ /s	geen doorlaat	doorlaatmiddel, 30 cm getij in het Volkerak (zie tekst)	doorlaatmiddel, 80% van opening in scenario 2 (zie tekst)
Oesterdam	geen doorlaat	spuisluis, ca. 100 m ²	spuisluis, ca. 100 m ² met een gemiddeld debiet van ca. 100 m ³ /s	doorlaatmiddel 20% van opening Philipsdam in scenario 2
Bathse spuisluis	spuisluis, ca. 60 m ²	geen doorlaat	geen doorlaat	geen doorlaat
Kreekraksluizen	debiet ~2 m ³ /s			
Zandkreekdam / Katse Heule	uitwisseling ~60 m ³ /s			

2.2.1 Bijzonderheden van scenario 1

In scenario 1 is het de bedoeling een getijslag van 50 cm in het Grevelingenmeer en van 30 cm in het Volkerak-Zoommeer te realiseren. De middenstand op beide meren moet zo constant mogelijk gelijk aan NAP -10 cm zijn. Volgens Deltares (2013a) kan dat gerealiseerd worden met de in Tabel 2.1 gegeven openingen.

De getijcentrale in de Brouwersdam is geplaatst aan de noordzijde, de breedte is 600 m, en de drempelhoogte is NAP -4,00 m. De onderzijde van de schuif is voorzien van een sturing afhankelijk van het peil op de Grevelingen, zie Figuur 2.1. Hiermee varieert de opening van 0-1200 m². Merk op dat de effectieve opening van 960 m² van de getijcentrale wordt gerealiseerd door een opening van 1200 m² met een doorlaatcoëfficiënt $\mu = 0.8$. De tak waarop de getijcentrale is geplaatst heeft een breedte van 450 m met een bodem op NAP -8 m.

De sturing van de bestaande spuikokers in de Brouwersdam wordt aangepast: de kokers zijn open zolang de waterstand in de Grevelingen binnen het gewenste bereik ligt. Als de waterstand in de Grevelingen te hoog of te laag wordt, worden de kokers gesloten. De voor de simulatie van de huidige situatie gebruikte “triggers” zijn afgekoppeld. De verticale positie van de kokers is aangepast: de onderzijde ligt op NAP -6,50 m, de bovenzijde is open (was onderzijde NAP -11 m, bovenzijde NAP -6,50 m).



Figuur 2.1 Sturing van de doorlaatopening van de getijcentrale

De doorgang in de Grevelingendam is aangebracht in kunstwerk GREV_N1. De opening heeft een breedte van 166 m en een drempel op NAP -3,0 m. Het kunstwerk GREV_N2, dat in serie staat, is opengezet voor stroming in beide richtingen. De gekozen dwarsdoorsnede in de tak waarop de kunstwerken liggen is “KRV 7 81”. De tot nu toe beschreven uitwerking van dit scenario is overgenomen uit Deltares (2013a).

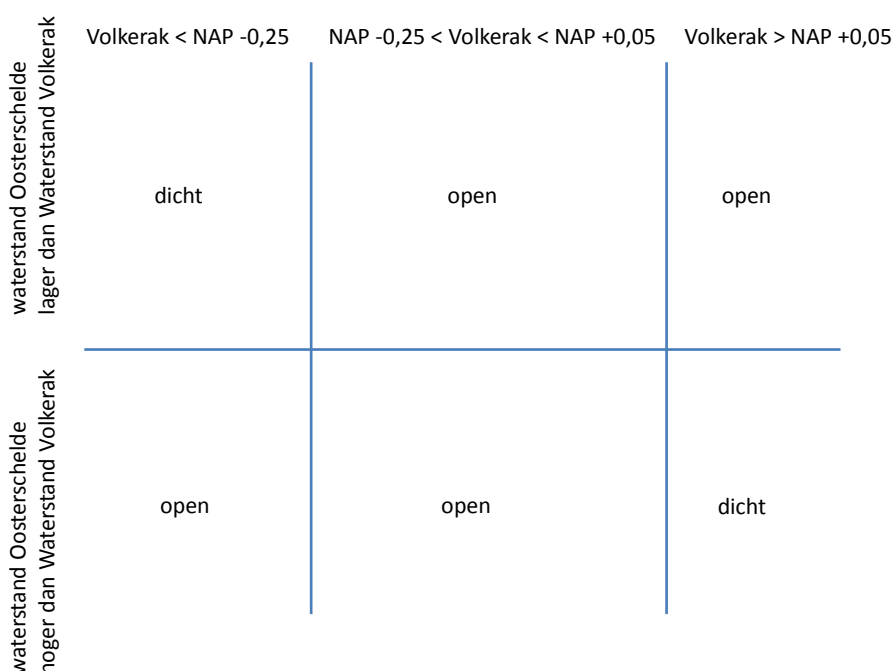
In afwijking van Deltares (2013a) is de Bathse Spuisluis afgesloten. De sturing van de Bathse Spuisluis is afgekoppeld en overgezet op het kunstwerk OEST_N1 in de Oesterdam. Dit kunstwerk heeft een doorsnede van ca. 100 m² (breedte 23,6 m, drempelhoogte NAP -4,25 m). Het kunstwerk OEST_N2, dat in serie staat, is opengezet voor stroming in beide richtingen (breedte 300 m, drempel NAP -5 m). De dwarsdoorsnede in de tak met het doorlaatmiddel is gelijk gekozen aan die van het kunstwerk OEST_N2.

2.2.2 Bijzonderheden van scenario 2

In scenario 2 is het de bedoeling een getijslag van 30 cm in het Volkerak-Zoommeer te realiseren met een middenstand van NAP -0,10 m (NAP -0,25 tot +0,05 m), met behulp van een doorlaatmiddel in de Philipsdam. Dit is gedaan met een doorlaat in de Philipsdam (kunstwerk PHIL_OPEN) van 70 m breed, met een drempel op NAP -5 m en een maximale hoogte van 3 meter (doorsnede 210 m²). De aanvoerende tak is 300 m breed met de bodem

op NAP -5 m. Om de beoogde peilvariatie te realiseren wordt het doorlaatmiddel gesloten als (Figuur 2.2):

- het peil in het Volkerak hoger is dan NAP +0,05 m en de waterstand in de Oosterschelde hoger is dan het peil in het Volkerak, of
- het peil in het Volkerak lager is dan NAP -0,25 m en de waterstand in de Oosterschelde lager is dan het peil in het Volkerak.

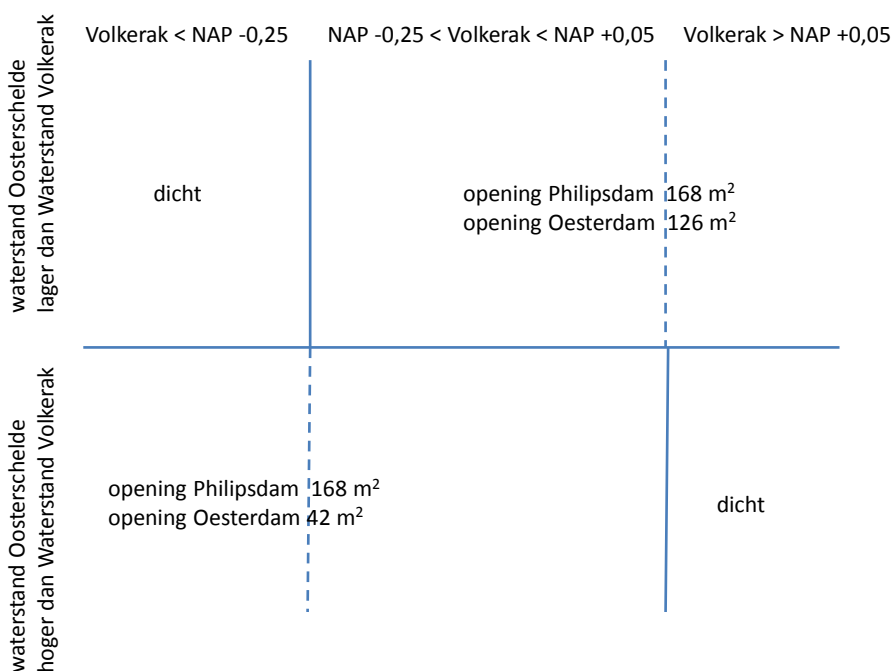


Figuur 2.2 Schematische weergave van de sturing van het doorlaatmiddel in de Philipsdam in scenario 2, als functie van de waterstand op het Volkerak en de waterstand in de Oosterschelde.

De spui via de Oesterdam is wat smaller gemaakt dan in scenario 1 (20 m), om het gemiddelde debiet in de orde van 100 m³/s te houden.

2.2.3 Bijzonderheden van scenario 3

In scenario 3 is het de bedoeling een getijslag van 30 cm in het Volkerak-Zoommeer te realiseren met een middenstand van NAP -0,10 m (NAP -0,25 tot +0,05 m), met behulp van doorlaatmiddelen in de Philipsdam en in de Oesterdam. Dit is gedaan met twee kunstwerken die samen dezelfde instroomopening hebben als het doorlaatmiddel in de Philipsdam in scenario 2 (210 m²), in een verhouding Philipsdam:Oesterdam = 80:20 (168 m² en 42 m²). Om een netto zuidwaartse circulatie te realiseren is de uitstroomopening bij de Oesterdam 3x groter dan de instroomopening (126 m²), zie ook Figuur 2.3.



Figuur 2.3 Schematische weergave van de sturing van het doorlaatmiddelen in de Philipsdam en in de Oesterdam in scenario 3, als functie van de waterstand op het Volkerak en de waterstand in de Oosterschelde.

2.3 Overige invoer

Bij de uitvoering van de scenarioberekeningen zijn de overige invoergegevens niet gewijzigd. Het gaat dan om de volgende gegevens:

- Rijn, Maas (kwantiteit en kwaliteit);
- Brabantse rivieren (kwaliteit)¹;
- zijdelingse lozingen (polders, kanalen, kwantiteit en kwaliteit);
- Noordzee (waterstanden, waterkwaliteit);
- meteorologische gegevens (neerslag, verdamping, wind, instraling).

Conform de aanbevelingen in het validatierapport, besteden we specifiek aandacht aan de plaatsafhankelijke modelparameters, omdat deze mogelijk veranderen in de doorgerekende scenario's. Een aantal plaatsafhankelijke parameters heeft alleen in de Schelde en Westerschelde een afwijkende waarde. Omdat de hier beschouwde scenario's niet of nauwelijks tot veranderingen leiden in de Westerschelde, beïnvloeden deze parameters de betrouwbaarheid van de resultaten niet significant. De dispersiecoëfficiënt vertoont in de huidige situatie maar kleine verschillen tussen de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer enerzijds (stagnant) en de Oosterschelde anderzijds (getij). De eventuele verandering van deze coëfficiënt in de scenario's is daarom naar verwachting klein en beïnvloedt de betrouwbaarheid van de resultaten niet significant. De plaatsafhankelijke parameters die de maximale grazerbiomassa, de begravingssnelheid, de effectieve diepte voor algengroei en de

¹ Strikt genomen zou de kwaliteit van de Brabantse rivieren moeten worden aangepast, omdat de extra afvoer van deze rivieren afkomstig is uit Rijn en Maas. Dit is niet gedaan, om de consistentie met eerder uitgevoerde berekeningen te handhaven.

seizoensdynamiek van de teruglevering van P uit de bodem beschrijven zouden wel significante veranderingen kunnen ondergaan in de doorgerekende scenario's. Omdat we deze parameters niet kunnen afregelen voor scenario's 1, 2 en 3, kunnen de resultaten van de simulaties niet als absoluut juist worden geïnterpreteerd, maar eerder als een indicatie voor de orde van grootte van de te verwachten veranderingen.

Alle simulaties zijn uitgevoerd voor de periode 2005-2009, waarbij het jaar 2005 dient als inspeelperiode. De uitvoer voor 2006-2009 is gebruikt om de resultaten af te leiden.

Twee bestaande kunstwerken in de modelschematisatie zijn omgezet in het type "general structure" (BROU_OP2 en PHIL_OPEN). Dit vergt het toevoegen van twee extra gridpunten bij elk van deze kunstwerken. Hierdoor ontstaan twee nieuwe takjes, die via het user interface van Sobek zijn toegevoegd aan de schematisatie van Sobek-WQ. Waar dit leidde tot veranderingen in de zogenaamde "pointertabel" van Sobek-WQ, zijn deze handmatig gecorrigeerd (dit interfereert namelijk met de aanpassing in de dispersie-coëfficiënten, zie paragraaf 2.2.4.4 van het validatierapport).

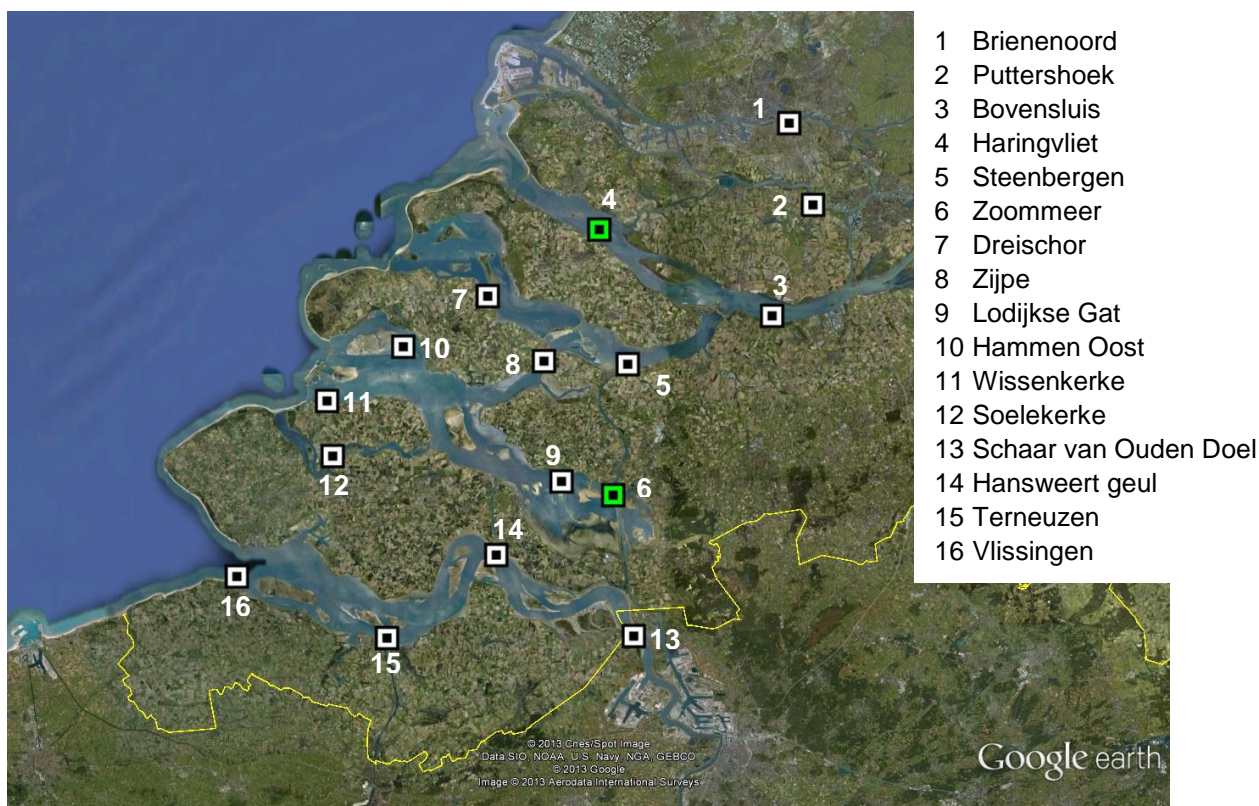
2.4 Uitvoer

Voor de "huidige toestand" en voor elk van de scenario's zijn de volgende resultaten opgesteld:

Uitvoer	Locatie	Periode	Opmerkingen
Waterbalansen	Per bekken	Jaargemiddeld	Netto- en bruto termen
Stikstofbalansen	Per bekken	Jaargemiddeld	Netto termen, bruto termen voor processen
Fosforbalansen	Per bekken	Jaargemiddeld	Netto termen, bruto termen voor processen
Waterstand	Per bekken	Gehele periode 2006-2009	Middenstand, variatie
Zoutgehalte	MWTL stations, bekkengemiddeld	Gehele periode 2006-2009	Uitgedrukt als jaargemiddelde
totaal N, totaal P, zwevend stof	MWTL stations, bekkengemiddeld	Gehele periode 2006-2009	Uitgedrukt als jaargemiddelde
Primaire productie	Per bekken	Gehele periode 2006-2009	Uitgedrukt als jaargemiddelde
chlorofyl-a, doorzicht	MWTL stations, bekkengemiddeld	Gehele periode 2006-2009	Uitgedrukt als zomerhalfjaargemiddelde ²

Figuur 2.4 toont de locaties van de MWTL-stations.

² De zomer is gedefinieerd als de periode van 1 april tot en met 30 september.



Figuur 2.4 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.

2.5 Gevoeligheidsanalyse scenario 1

De resultaten voor scenario 1 voor 2006-2009 blijken af te wijken van de resultaten van een vergelijkbaar scenario doorgerekend met een 3D-model van de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer voor 2008 (Deltares, 2013a). De berekende zoutgehalten in het Volkerak-Zoommeer zijn in het 3D model jaargemiddeld hoger dan 10 g/l, zie Figuur 2.5. In het nu doorgerekende scenario 1 is dat niet het geval. De zoetwaterdebieten zijn in beide modellen gelijk. Het zoetwaterdebiet in 2008 is hoger dan het gemiddelde over 2006-2009, dus de verschillende simulatieperioden verklaren het verschil niet. Verder is het netto debiet over de Grevelingendam hoger in het 1D model dan in het 3D model, dus ook dat verklaart het verschil niet.

Vanwege het belang van de consistentie van de hier uitgevoerde berekeningen met eerdere berekeningen, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Er zijn twee alternatieve scenario's doorgerekend:

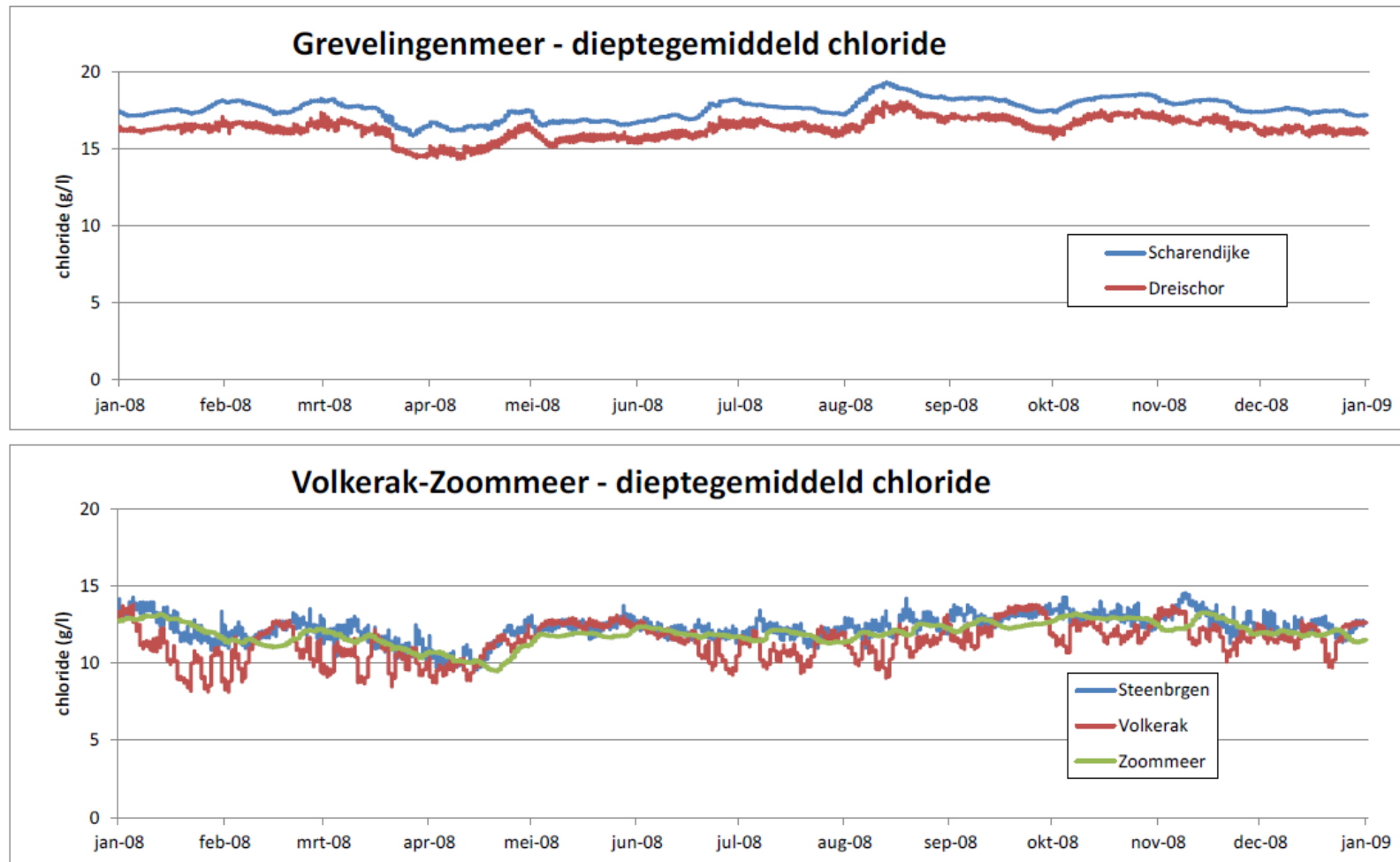
- “S1-Bath”: een scenario gelijk aan scenario 1, waarbij de spuisluis bij Bath de rol overneemt van de spui bij de Oesterdam. Dit is ook het geval in de bovengenoemde 3D-berekening. We willen met deze berekening nagaan of de verplaatsing van de spuilocatie het verschil verklaart.
- “S1-opt”: een geoptimaliseerd scenario, conform de “Handreiking stoftransport doorlaatwerken en open estuaria” (bijlage A van het validatierapport, Deltares, 2013). Deze geoptimaliseerde berekening probeert de nadelen van de 1D-benadering van het ZWD-model zoveel mogelijk te compenseren en daarom wordt de uitwisseling van

stoffen tussen de Grevelingen en het Volkerak naar verwachting nauwkeuriger beschreven.

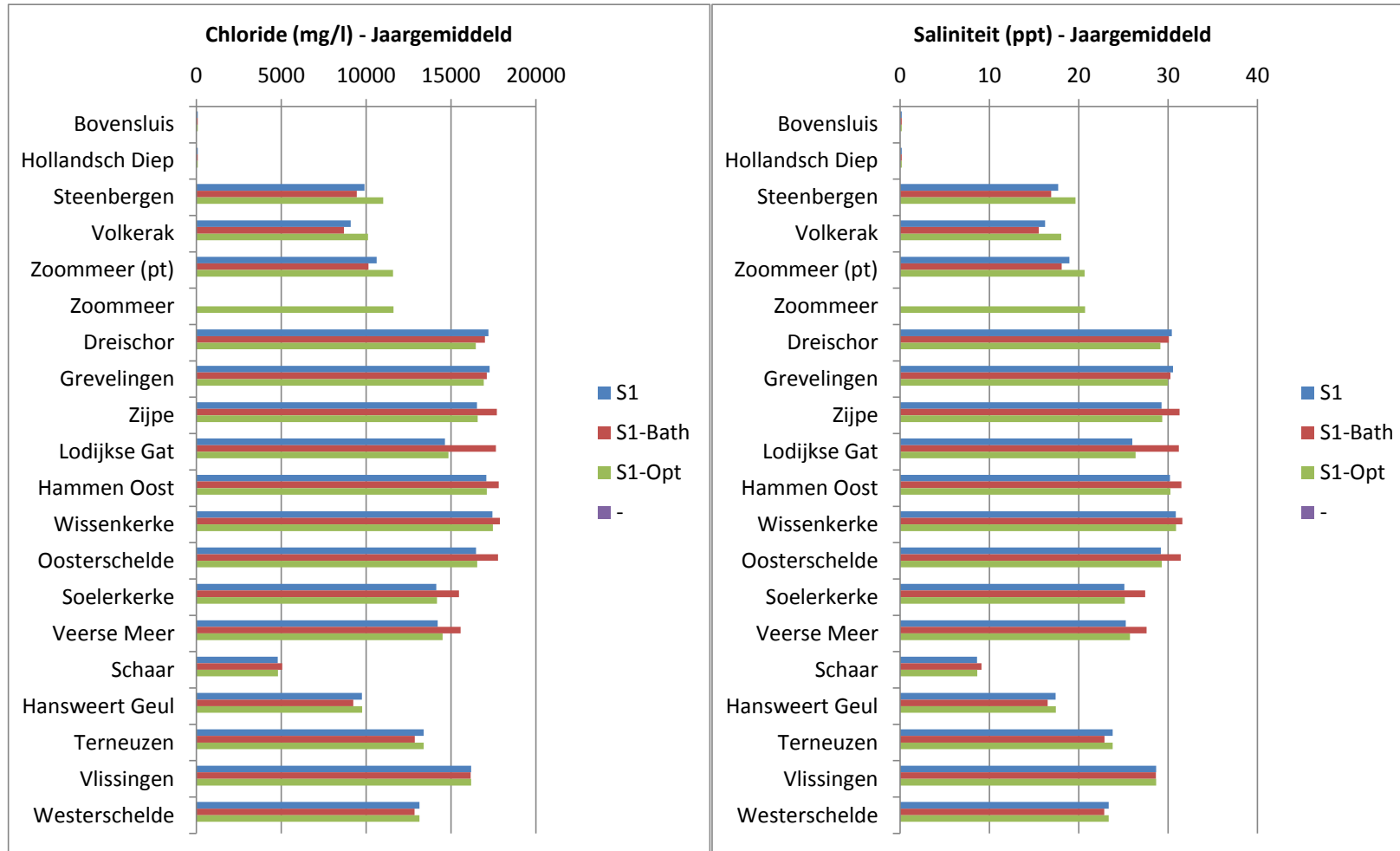
De berekende zoutgehalten van deze twee alternatieven ten opzichte van het oorspronkelijke scenario 1 zijn afgebeeld in Figuur 2.6.

Als de spui bij Bath plaatsvindt in plaats van bij de Oesterdam, dan worden het chloridegehalte en de saliniteit iets lager in het Volkerak-Zoommeer. De Oosterschelde en het Veerse Meer worden duidelijk zouter en de Westerschelde zoeter. Het verschil met de eerder gerapporteerde 3D-berekening wordt groter en niet kleiner. In de geoptimaliseerde berekening wordt het Volkerak-Zoommeer significant zouter dan in de oorspronkelijke berekening. De Grevelingen wordt wat zoeter. Daarmee ligt deze geoptimaliseerde berekening dichter bij de eerder gerapporteerde 3D-berekening (Deltares, 2013a).

Uit deze resultaten concluderen we dat de verschillen tussen scenario 1 en de eerder gerapporteerde 3D-berekening (Deltares, 2013a) waarschijnlijk te wijten zijn aan de beperkingen van het 1D-modelconcept. Deze kunnen (deels) gecompenseerd worden door de nu uitgevoerde optimalisatie. Omdat het geoptimaliseerde scenario 1 naar verwachting betere resultaten oplevert dan het oorspronkelijke scenario 1, bespreken we ook de resultaten van dit scenario in het volgende hoofdstuk. Binnen de beschikbare tijd en middelen was het niet haalbaar ook de scenario's 2 en 3 te optimaliseren. De resultaten van deze scenario's zijn daarom waarschijnlijk minder nauwkeurig. Door vergelijking van de scenario's 2 en 3 met het oorspronkelijke scenario 1 kunnen we toch een redelijk beeld verkrijgen van de effecten van deze scenario's ten opzichte van de berekende effecten in het wel geoptimaliseerde scenario 1.



Figuur 2.5 Gesimuleerd chloridegehalte (3D-model) in de Grevelingen en in het Volkerak-Zoommeer (overgenomen uit Deltares, 2013a).



Figuur 2.6 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – gevoeligheidsanalyse scenario 1: chloride en saliniteit (uitvoer voor S1 en S1-Bath niet beschikbaar voor “Zoommeer”).

3 Resultaten

3.1 Waterstanden

Tabel 3.1 toont de berekende waterstanden en de getijvariatie in de Grevelingen en in het Volkerak. Beide bekkens hebben in de gesimuleerde huidige situatie een middenstand van ca. NAP -0,2 m en een kleine (Grevelingen) of verwaarloosbare (Volkerak) getijvariatie. In scenario 1 is de middenstand in beide bekkens ca. NAP -0,1 m, en de getijvariatie ca. 50 cm (Grevelingen) respectievelijk 30 cm (Volkerak). In de scenario's 2 en 3 is de middenstand in het Volkerak ca. NAP -0,1 m, en de getijvariatie is ca. 30 cm. De waterstanden in de Grevelingen in scenario's 2 en 3 zijn gelijk aan die in de huidige situatie.

Tabel 3.1 Waterstanden in de Grevelingen en het Volkerak in de huidige situatie en in de scenario's 1, 2 en 3.

		Huidig	Scen 1	Scen 2	Scen 3
Grevelingen	middenstand (m +NAP)	-0,22	-0,07	-0,22	-0,22
	getij (cm)	≈ 5	≈ 50	≈ 5	≈ 5
Volkerak	middenstand (m +NAP)	-0,22	-0,09	-0,09	-0,10
	getij (cm)	≈ 0	≈ 30	≈ 30	≈ 30

Ter illustratie laten Figuur 3.1 en Figuur 3.2 de waterstanden zien in beide bekkens voor een periode van 2 maanden (januari-februari 2006). We merken op dat de waterstanden in de scenario's 2 en 3 wat strakker binnen het gewenste bereik liggen dan de waterstanden in scenario 1. Dit is naar verwachting het resultaat van de wat complexere sturing van de doorlaatmiddelen in scenario's 2 en 3. In scenario 1 is de sturing van de doorlaat in de Brouwersdam alleen afhankelijk van de waterstand in de Grevelingen (Figuur 2.1). In scenario's 2 en 3 is de sturing van de doorlaatmiddelen tussen het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde afhankelijk van de waterstand in het Volkerak-Zoommeer en in de Oosterschelde (Figuur 2.2 en Figuur 2.3).

3.2 Waterbalansen

De gesimuleerde gemiddelde waterbalansen over 2006-2009 zijn afgebeeld in Figuur 3.3 (huidige situatie) en Figuur 3.4 tot en met Figuur 3.6 (scenario's 1 tot en met 3). In scenario 1 is er een netto circulatie in de orde van 100 m³/s via de Brouwersdam, het Grevelingenmeer, de Grevelingendam, het Volkerak, het Zoommeer, de Oesterdam en de Oosterschelde terug naar de Noordzee. De netto uitstroming van de Westerschelde is wat afgenomen: vanwege de sluiting van de Bathse spuisluis is er geen lozing vanuit het Zoommeer op de Westerschelde. In de scenario's 2 en 3 is er een circulatie van ca. 80 m³/s om het eiland Tholen heen, via de Oosterschelde, de Philipsdam, het Volkerak, het Zoommeer en de Oesterdam terug naar de Oosterschelde. De netto waterbalans is bij benadering gelijk in de scenario's 2 en 3. Het verschil tussen beide zit hem in de heen- en weergaande debieten: in scenario 2 is er alleen een open verbinding bij de Philipsdam en fungeert de Oesterdam als spuisluis. In scenario 3 is er ook een beperkte open verbinding bij de Oesterdam.

Bijlage A bevat de waterbalansen (netto en bruto) voor alle bekkens en alle uitgevoerde berekeningen.

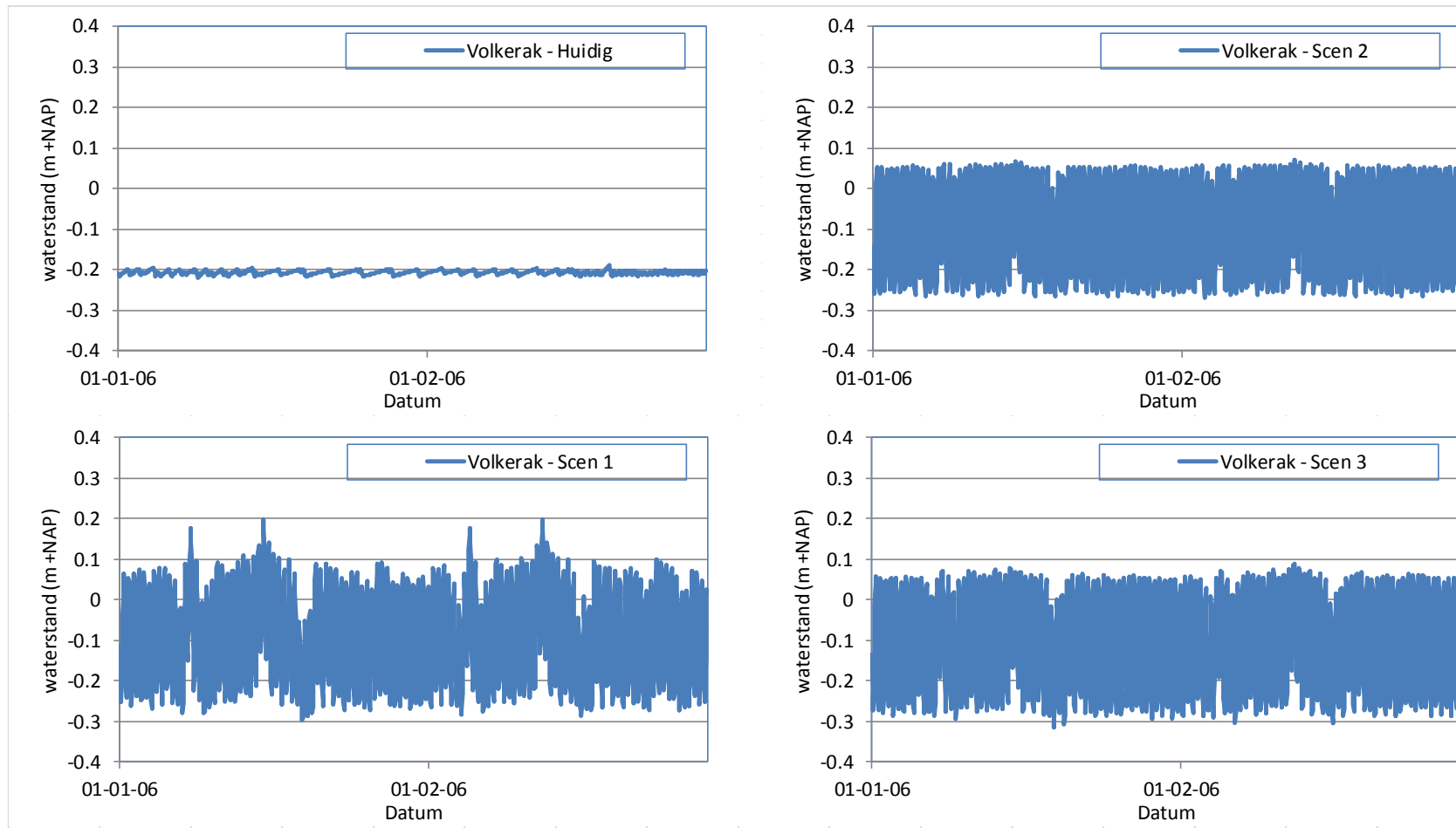
3.3 Stikstof- en fosforbalansen

Figuur 3.7 toont de stikstof- en fosforbalansen voor de Grevelingen in de huidige situatie en in scenario 1. Merk op dat scenario's 2 en 3 voor de Grevelingen niet afwijken van de huidige situatie. In de huidige situatie zijn de (lokale) belastingen sturend. Er is een export van N naar de Noordzee en een kleine import van P uit de Noordzee. In scenario 1 is er in import van N en P vanuit de Noordzee die veel groter is dan de lokale belastingen. Er is een export richting het Volkerak. Dit alles wordt gestuurd door de netto debieten (zie Figuur 3.4).

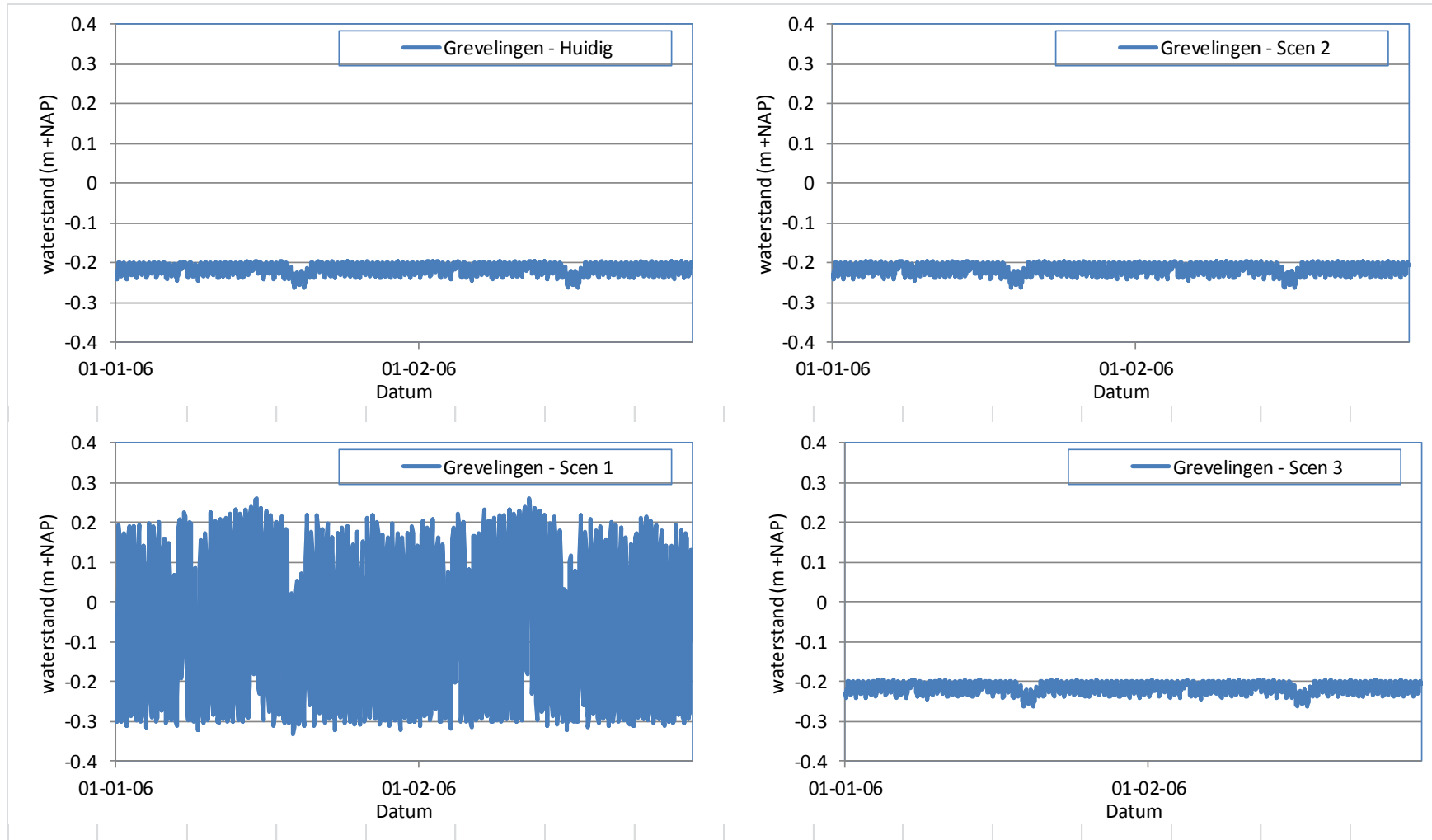
Figuur 3.8 en Figuur 3.9 tonen de stikstof- en fosforbalansen voor het Volkerak voor alle uitgevoerde simulaties. De balansen laten een extra aanvoer van N en P zien vanuit de Grevelingen (scenario 1) en vanuit de Oosterschelde (scenario 2 en 3). Dit is het gevolg van de optredende netto debieten (Figuur 3.4, Figuur 3.5, Figuur 3.6). In alle simulaties is er de aanvoer vanuit het Hollandsch Diep en de lokale belastingen (Dintel en Vliet, polders). Opvallend is dat de aanvoer van P vanuit de Grevelingen en de Oosterschelde relatief groter is dan de aanvoer van N.

Figuur 3.10 en Figuur 3.11 tonen de stikstof- en fosforbalansen voor de Oosterschelde voor alle uitgevoerde simulaties. De balansen laten een extra aanvoer van N en P zien vanuit het Zoommeer. In de huidige situatie is er een aanvoer van N en P vanuit het Volkerak. Deze is afwezig in scenario 1. In scenario's 2 en 3 is er een netto transport vanuit de Oosterschelde naar het Volkerak. Dit wordt gestuurd door de netto debieten (Figuur 3.4, Figuur 3.5, Figuur 3.6). In alle simulaties is er de aanvoer vanuit het Veerse Meer en de lokale belastingen (polders).

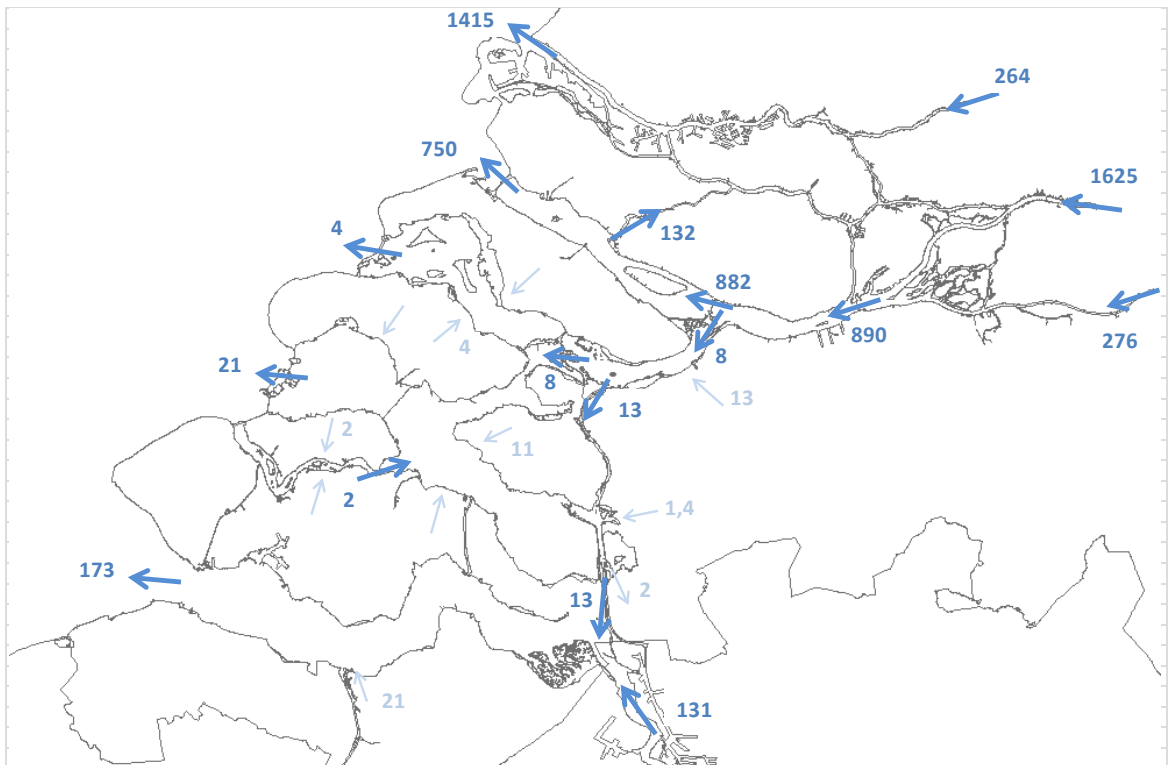
Bijlage A bevat de stikstof- en fosforwaterbalansen (netto en de samenstelling van de processenterm) voor alle bekkens en alle uitgevoerde berekeningen.



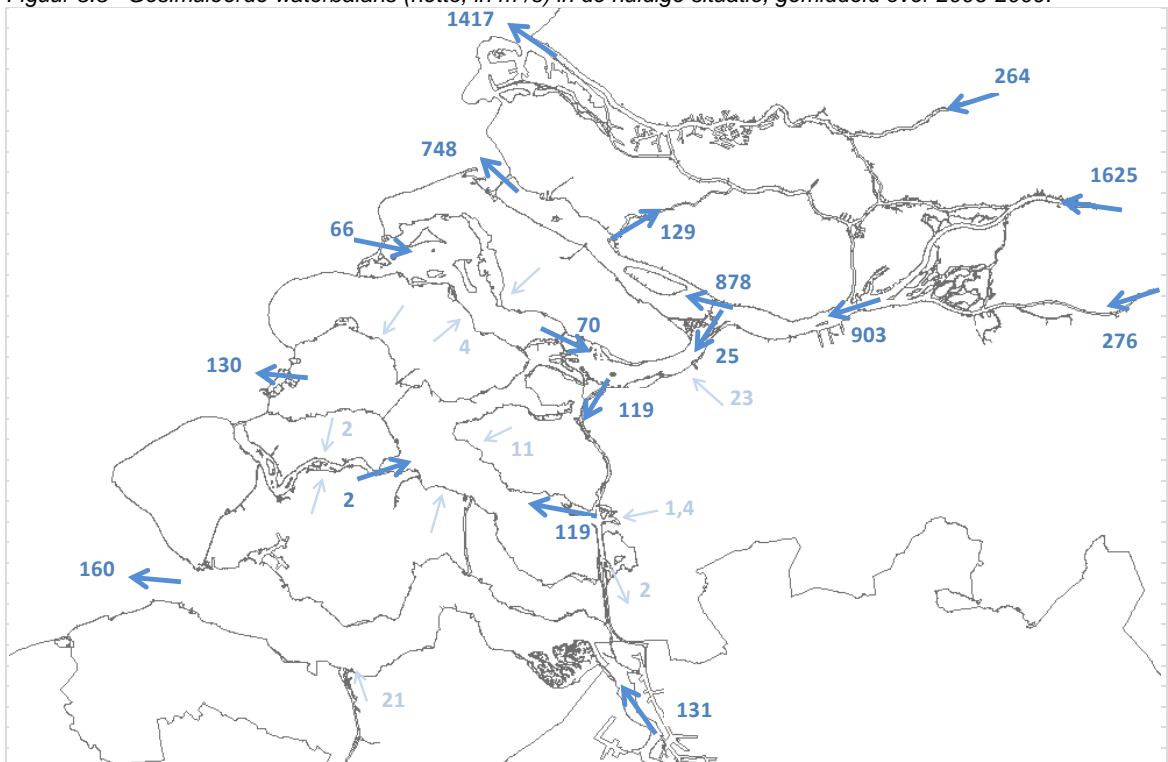
Figuur 3.1 Gesimuleerde waterstand in januari en februari 2006 in het Volkerak in de huidige situatie en in scenario's 1, 2 en 3.



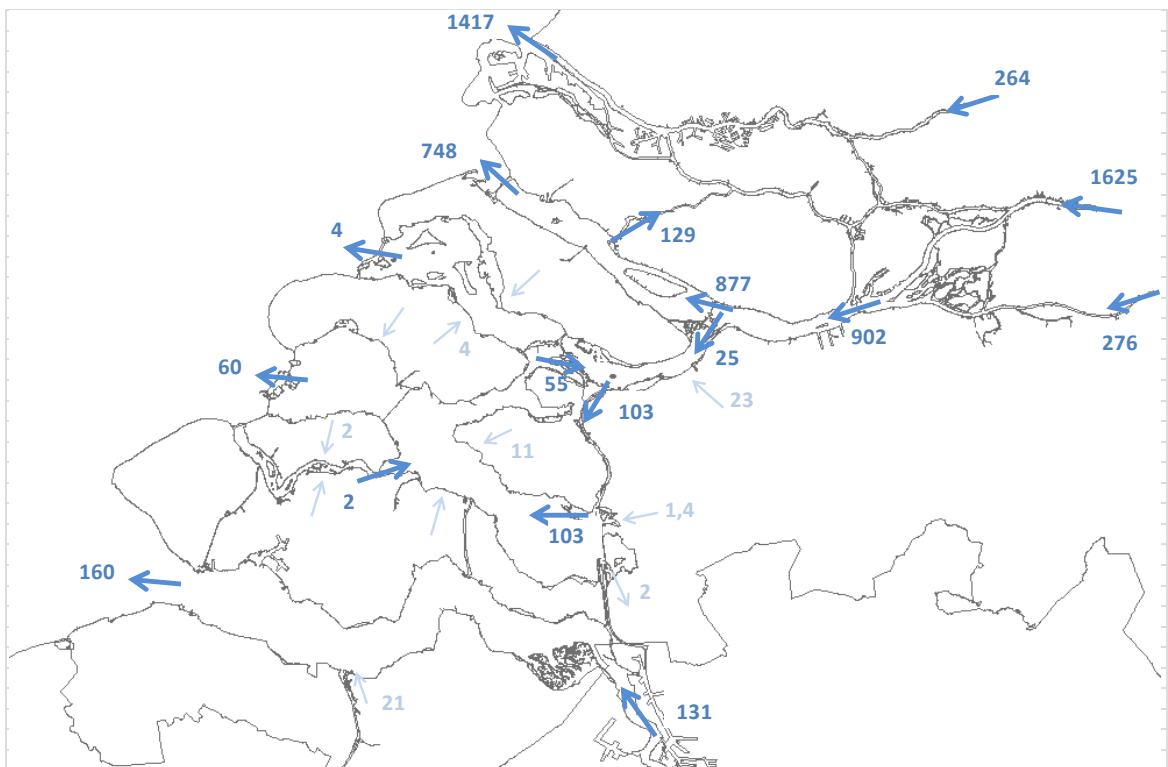
Figuur 3.2 Gesimuleerde waterstand in januari en februari 2006 in de Grevelingen in de huidige situatie en in scenario's 1, 2 en 3.



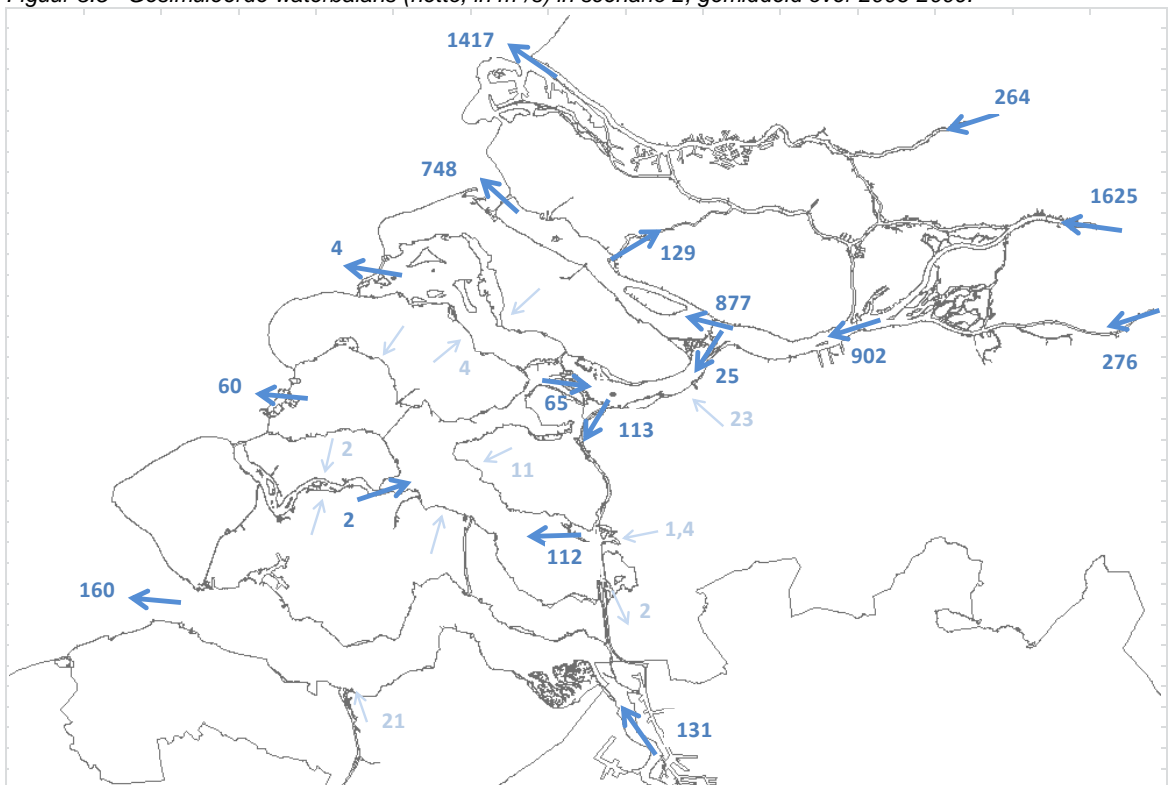
Figuur 3.3 Gesimuleerde waterbalans (netto, in m^3/s) in de huidige situatie, gemiddeld over 2006-2009.



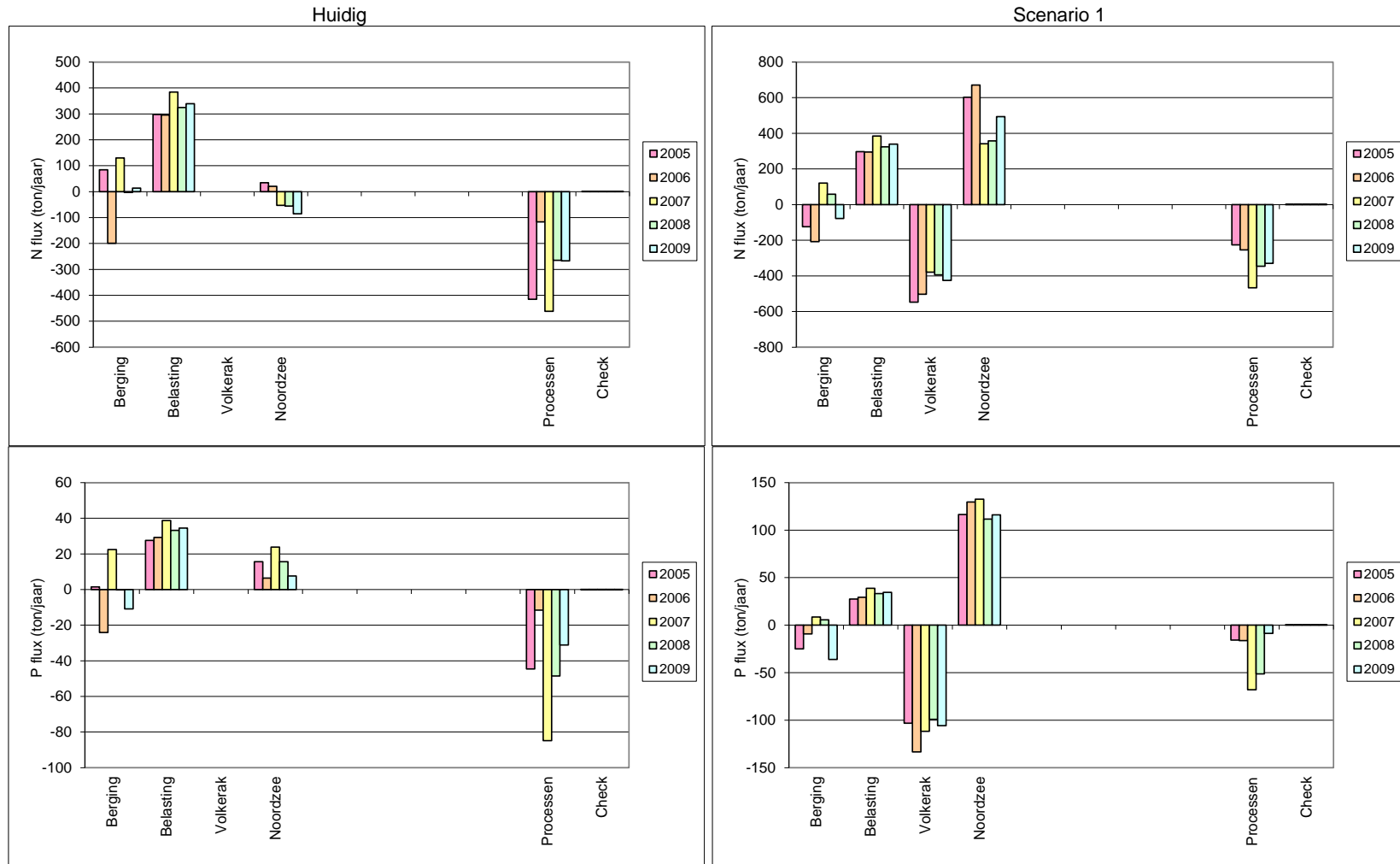
Figuur 3.4 Gesimuleerde waterbalans (netto, in m^3/s) in scenario 1, gemiddeld over 2006-2009.



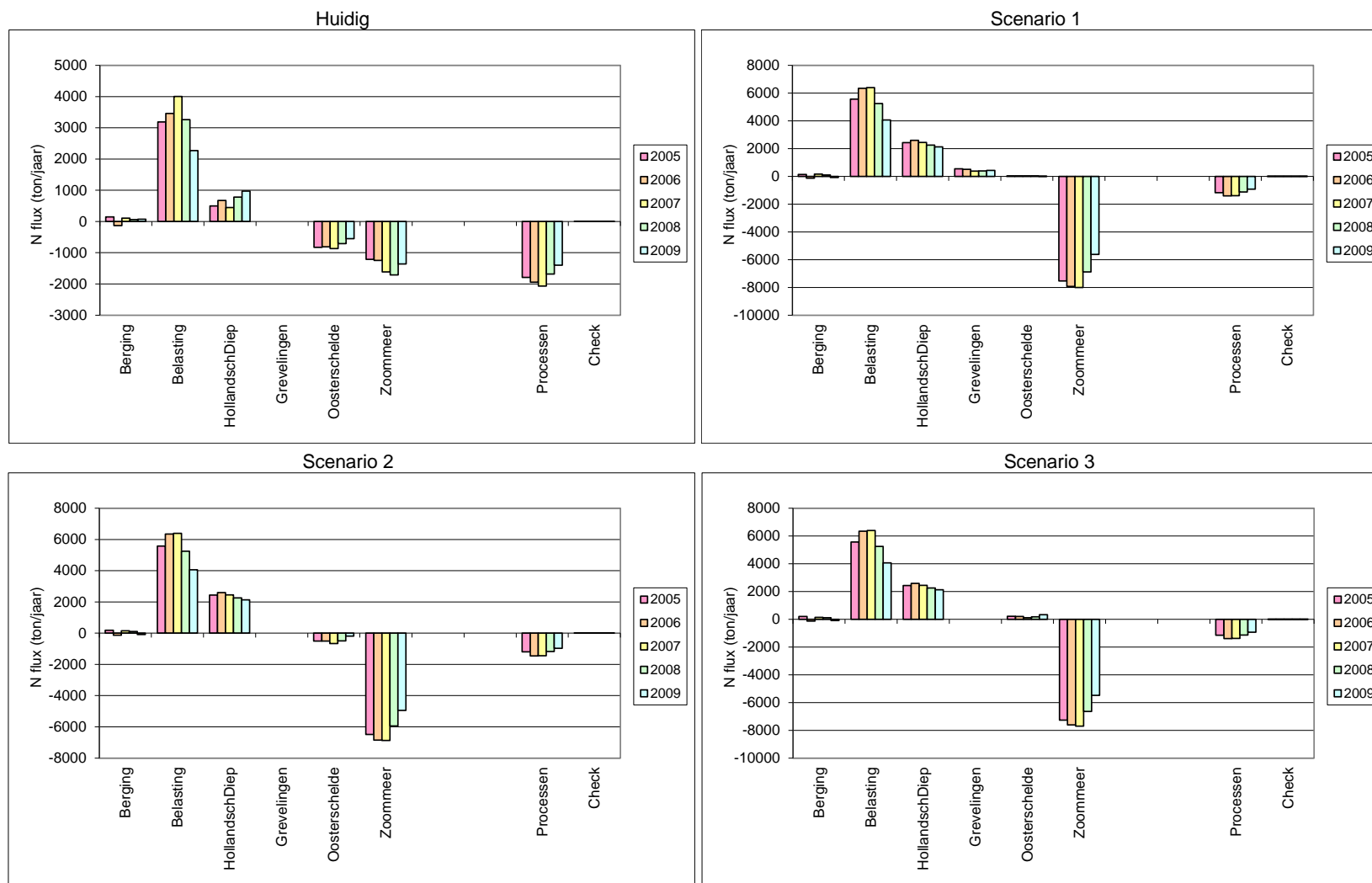
Figuur 3.5 Gesimuleerde waterbalans (netto, in m^3/s) in scenario 2, gemiddeld over 2006-2009.



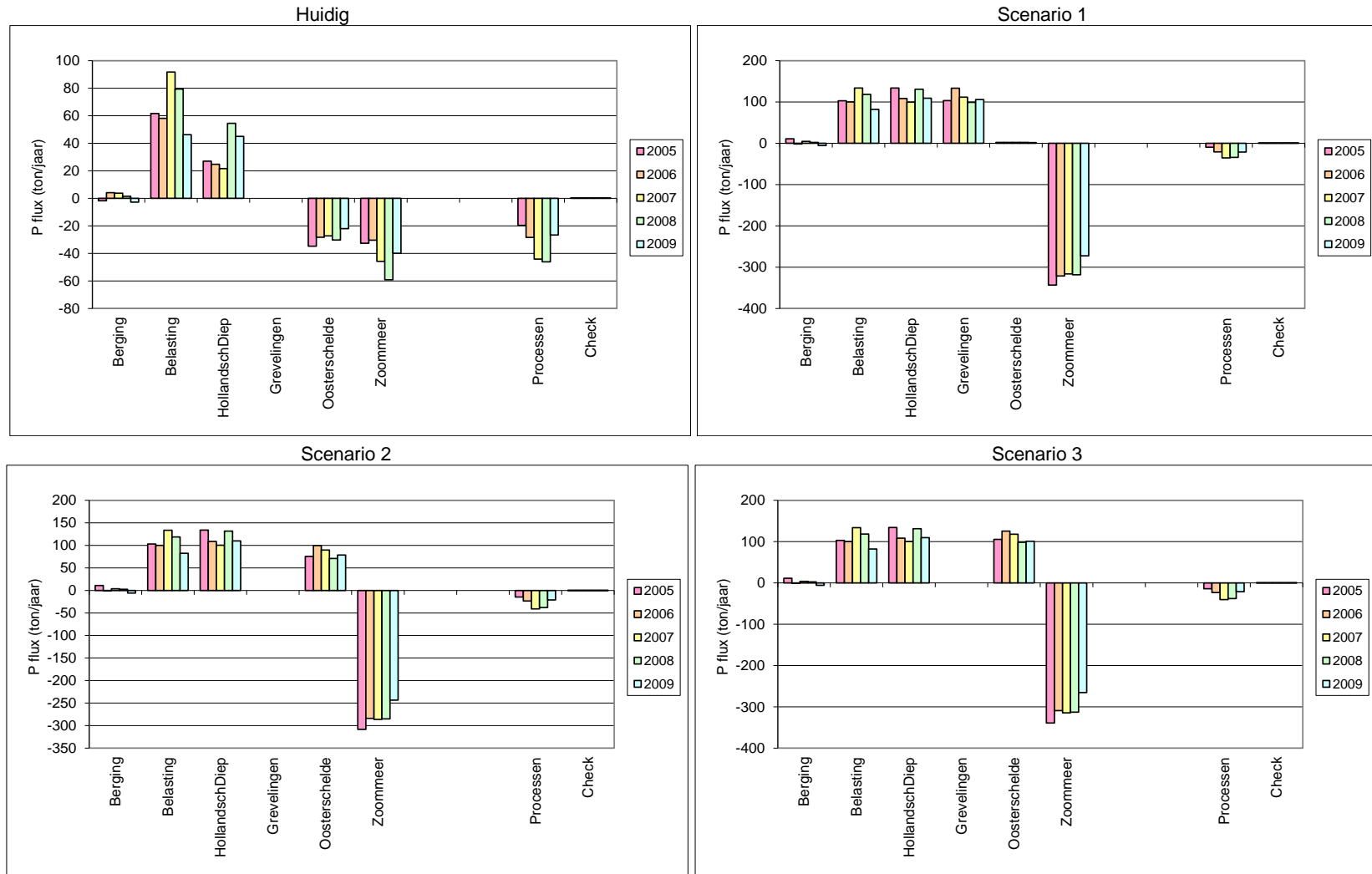
Figuur 3.6 Gesimuleerde waterbalans (netto, in m^3/s) in scenario 3, gemiddeld over 2006-2009.



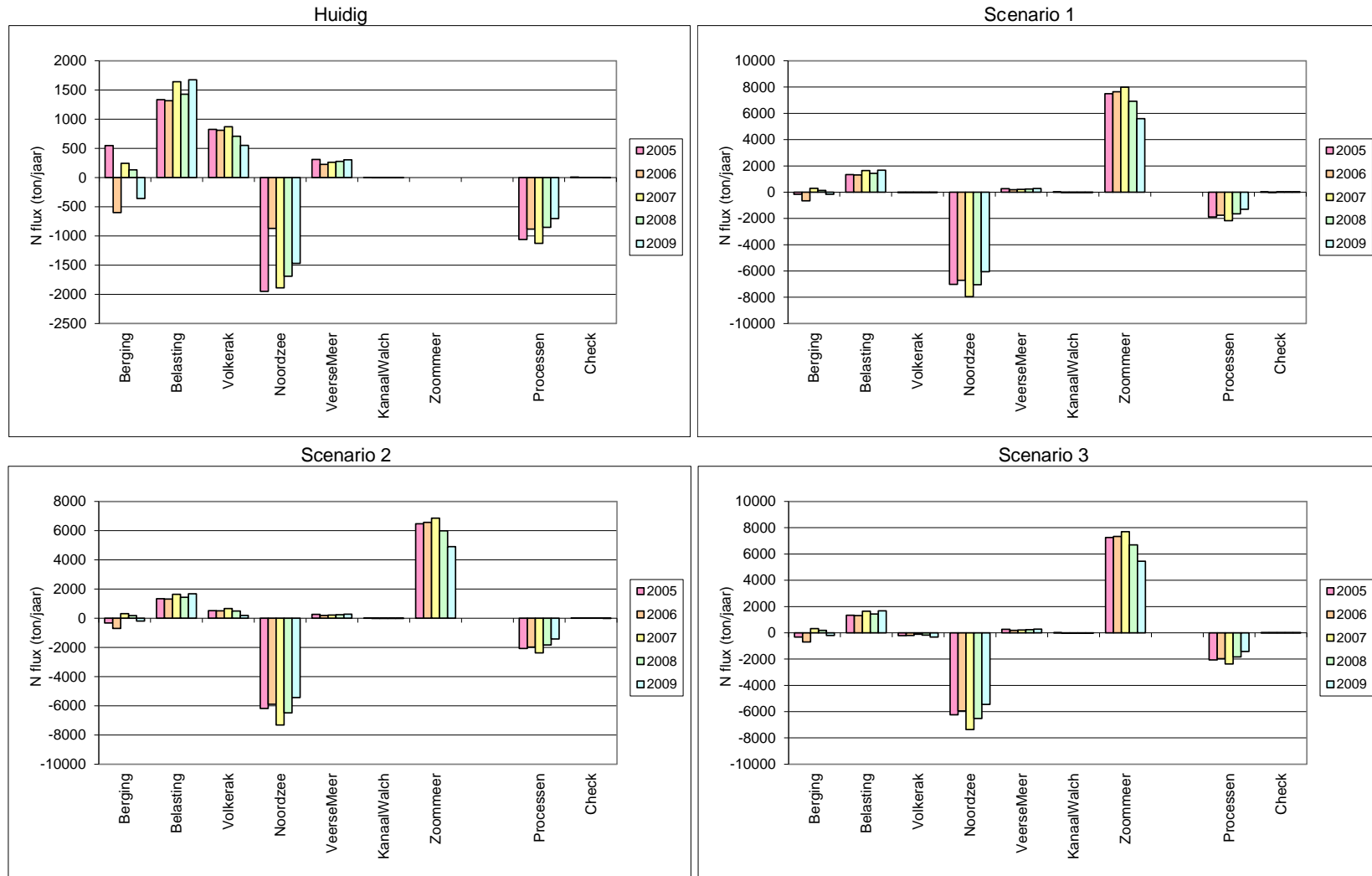
Figuur 3.7 Stofbalansen voor de Grevelingen voor stikstof (boven) en fosfor (onder), voor de huidige situatie (links) en scenario 1 (rechts).



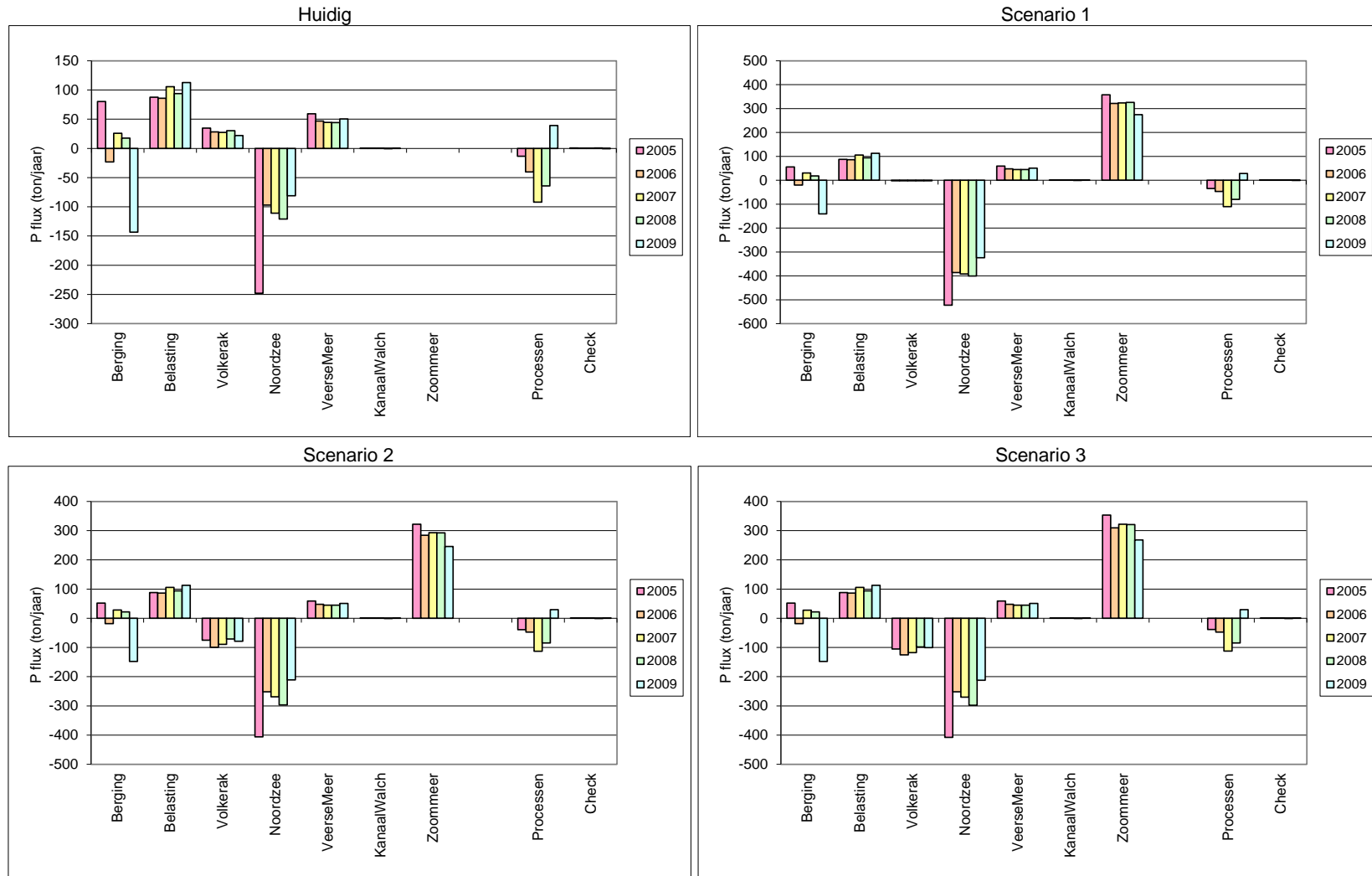
Figuur 3.8 Stikstofbalansen voor het Volkerak, voor de huidige situatie (linksboven), scenario 1 (rechtsboven), scenario 2 (linksonder) en scenario 3 (rechtsonder).



Figuur 3.9 Fosforbalansen voor het Volkerak, voor de huidige situatie (linksboven), scenario 1 (rechtsboven), scenario 2 (linksonder) en scenario 3 (rechtsonder).



Figuur 3.10 Stikstofbalansen voor de Oosterschelde, voor de huidige situatie (linksboven), scenario 1 (rechtsboven), scenario 2 (linksonder) en scenario 3 (rechtsonder).



Figuur 3.11 Fosforbalansen voor de Oosterschelde, voor de huidige situatie (linksboven), scenario 1 (rechtsboven), scenario 2 (linksonder) en scenario 3 (rechtsonder).

Tabel 3.2 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – huidige situatie.

		Chloride (g/m3)	Saliniteit (kg/m3)	Chlorofyl-a (mg/m3)	Primaire productie (gC/m2/jaar)	Doorzicht (m)	Totaal stikstof (gN/m3)	Totaal fosfaat (gP/m3)	Zwevend stof (g/m3)
		Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Cumulatief – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar
Holl.Diep	Bovensluis	75	0.2	22	401	1.1	3.12	0.154	17
	bekken gemiddeld	74	0.2	24	390	1.1	3.11	0.154	17
Volkerak	Steenbergen	364	0.7	22	392	1.4	2.92	0.108	5
	Volkerak	358	0.7	22	301	1.4	2.98	0.109	6
Zoommeer	Zoommeer	427	0.8	13	167	1.8	2.54	0.119	3
	bekken gemiddeld								
Grevelingen	Dreischor	16933	30.0	11	556	2.6	0.34	0.040	5
	bekken gemiddeld	17034	30.1	10	447	2.8	0.34	0.041	5
Oosterschelde	Zijpe	16289	28.9	13	524	2.1	0.54	0.062	11
	Lodijkse Gat	17446	30.9	11	460	2.0	0.40	0.061	13
	Hammen Oost	17666	31.2	9	348	2.5	0.37	0.057	14
	Wissenkerke	17797	31.5	6	103	2.8	0.34	0.056	14
	bekken gemiddeld	17450	30.9	9	269	2.3	0.39	0.059	13
Veerse Meer	Soelerkerke	15308	27.1	17	469	2.2	0.96	0.148	6
	bekken gemiddeld	15402	27.3	17	455	2.2	0.94	0.146	6
Westerschelde	Schaar	4382	7.9	9	2	0.9	3.97	0.234	61
	Hansweert Geul	9297	16.6	7	74	1.0	2.54	0.184	59
	Terneuzen	13153	23.4	13	433	1.0	1.66	0.150	61
	Vlissingen	16172	28.6	3	223	1.4	0.99	0.118	62
	bekken gemiddeld	12920	23.0	10	231	1.1	1.73	0.150	61

Tabel 3.3 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – scenario 1.

		Chloride (g/m3)	Saliniteit (kg/m3)	Chlorofyl-a (mg/m3)	Primaire productie (gC/m2/jaar)	Doorzicht (m)	Totaal stikstof (gN/m3)	Totaal fosfaat (gP/m3)	Zwevend stof (g/m3)
		Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Cumulatief – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar
Holl.Diep	Bovensluis	75	0.2	21	395	1.1	3.12	0.154	17
	bekken gemiddeld	75	0.2	23	383	1.1	3.11	0.154	17
Volkerak	Steenbergen	9907	17.7	12	260	1.8	2.11	0.086	9
	Volkerak	9086	16.2	13	247	1.8	2.24	0.091	10
Zoommeer	Zoommeer	10610	18.9	16	287	1.9	1.81	0.082	7
	bekken gemiddeld								
Grevelingen	Dreischor	17195	30.4	10	446	2.3	0.46	0.056	10
	bekken gemiddeld	17263	30.5	10	332	2.5	0.45	0.056	10
Oosterschelde	Zijpe	16528	29.3	13	516	2.1	0.56	0.063	11
	Lodijkse Gat	14640	26.0	21	635	1.5	0.94	0.071	13
	Hammen Oost	17075	30.2	11	411	2.3	0.49	0.060	14
	Wissenkerke	17440	30.8	7	61	2.7	0.41	0.057	14
	bekken gemiddeld	16474	29.2	11	329	2.0	0.59	0.062	13
Veerse Meer	Soelerkerke	14135	25.1	19	459	2.1	1.13	0.154	6
	bekken gemiddeld	14216	25.2	19	446	2.1	1.11	0.152	6
Westerschelde	Schaar	4785	8.6	5	2	0.9	3.96	0.237	63
	Hansweert Geul	9747	17.4	6	64	0.9	2.50	0.185	62
	Terneuzen	13381	23.8	13	430	1.0	1.64	0.150	62
	Vlissingen	16182	28.7	3	220	1.4	0.99	0.118	62
	bekken gemiddeld	13137	23.3	9	212	1.1	1.71	0.151	62

Tabel 3.4 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – scenario 1 – geoptimaliseerde variant.

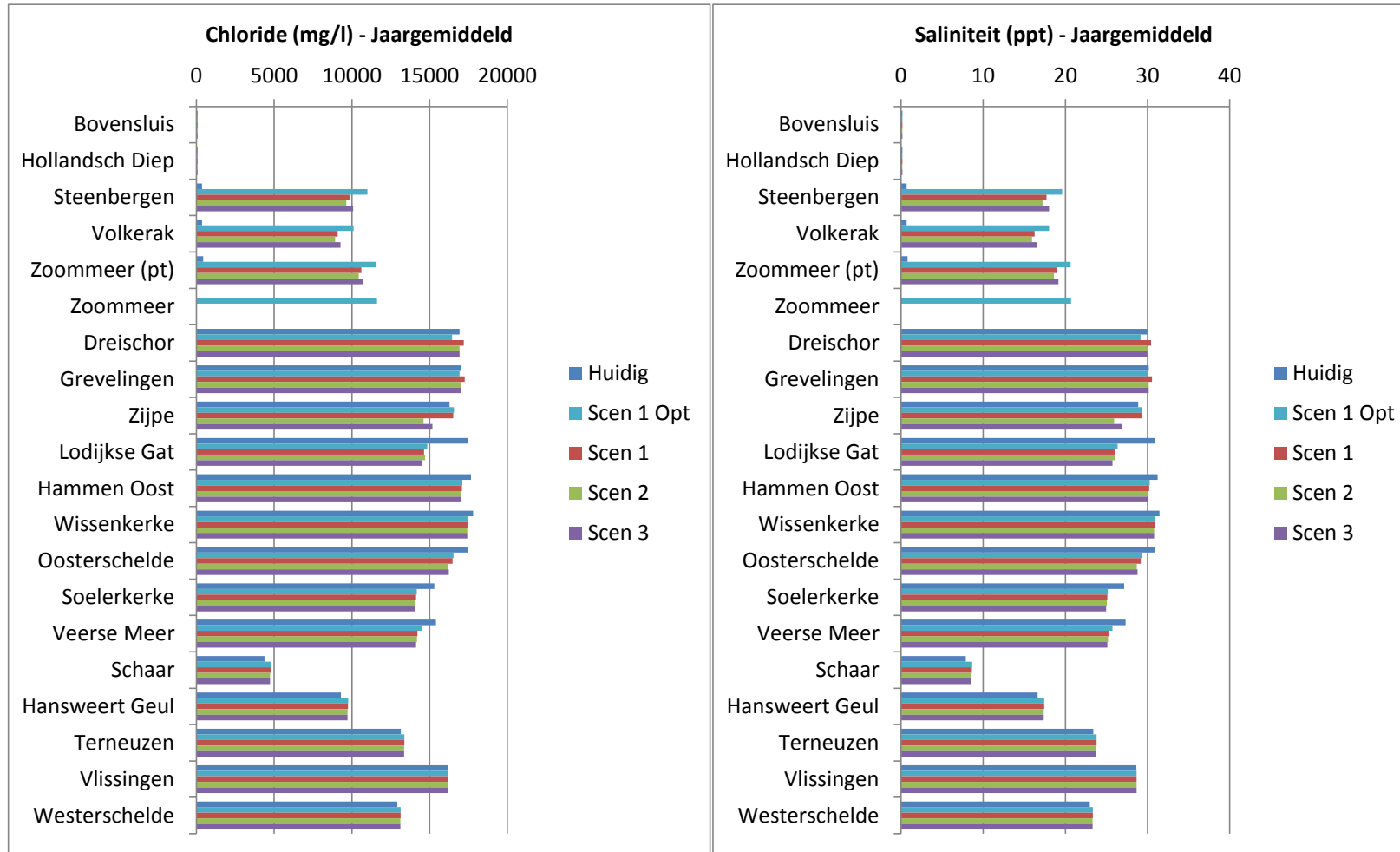
		Chloride (g/m ³)	Saliniteit (kg/m ³)	Chlorofyl-a (mg/m ³)	Primaire productie (gC/m ² /jaar)	Doorzicht (m)	Totaal stikstof (gN/m ³)	Totaal fosfaat (gP/m ³)	Zwevend stof (g/m ³)
		Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Cumulatief – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar
Holl.Diep	Bovensluis	75	0.2	22	403	1.1	3.12	0.154	17
	bekken gemiddeld	75	0.2	24	389	1.1	3.12	0.154	17
Volkerak	Steenbergen	10999	19.6	15	372	1.8	1.86	0.081	9
	Volkerak	10105	18.0	14	280	1.8	2.01	0.086	9
Zoommeer	Zoommeer	11582	20.6	17	311	1.9	1.60	0.076	7
	bekken gemiddeld	11614	20.7	16	285	1.9	1.66	0.078	8
Grevelingen	Dreischor	16454	29.1	14	524	2.1	0.60	0.058	10
	bekken gemiddeld	16931	30.0	11	343	2.4	0.51	0.057	10
Oosterschelde	Zijpe	16572	29.3	14	525	2.1	0.55	0.062	11
	Lodijkse Gat	14846	26.3	20	633	1.5	0.91	0.069	13
	Hammen Oost	17105	30.3	11	408	2.3	0.48	0.059	14
	Wissenkerke	17457	30.9	7	62	2.7	0.41	0.057	14
	bekken gemiddeld	16543	29.3	11	326	2.1	0.58	0.062	13
Veerse Meer	Soelerkerke	14167	25.2	18	432	2.2	1.19	0.158	6
	bekken gemiddeld	14495	25.7	16	435	2.2	0.97	0.123	6
Westerschelde	Schaar	4807	8.6	5	2	0.9	3.95	0.237	63
	Hansweert Geul	9760	17.4	6	64	0.9	2.49	0.185	62
	Terneuzen	13379	23.8	13	430	1.0	1.64	0.150	62
	Vlissingen	16183	28.7	3	219	1.4	0.99	0.117	62
	bekken gemiddeld	13140	23.3	9	211	1.1	1.71	0.151	62

Tabel 3.5 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – scenario 2.

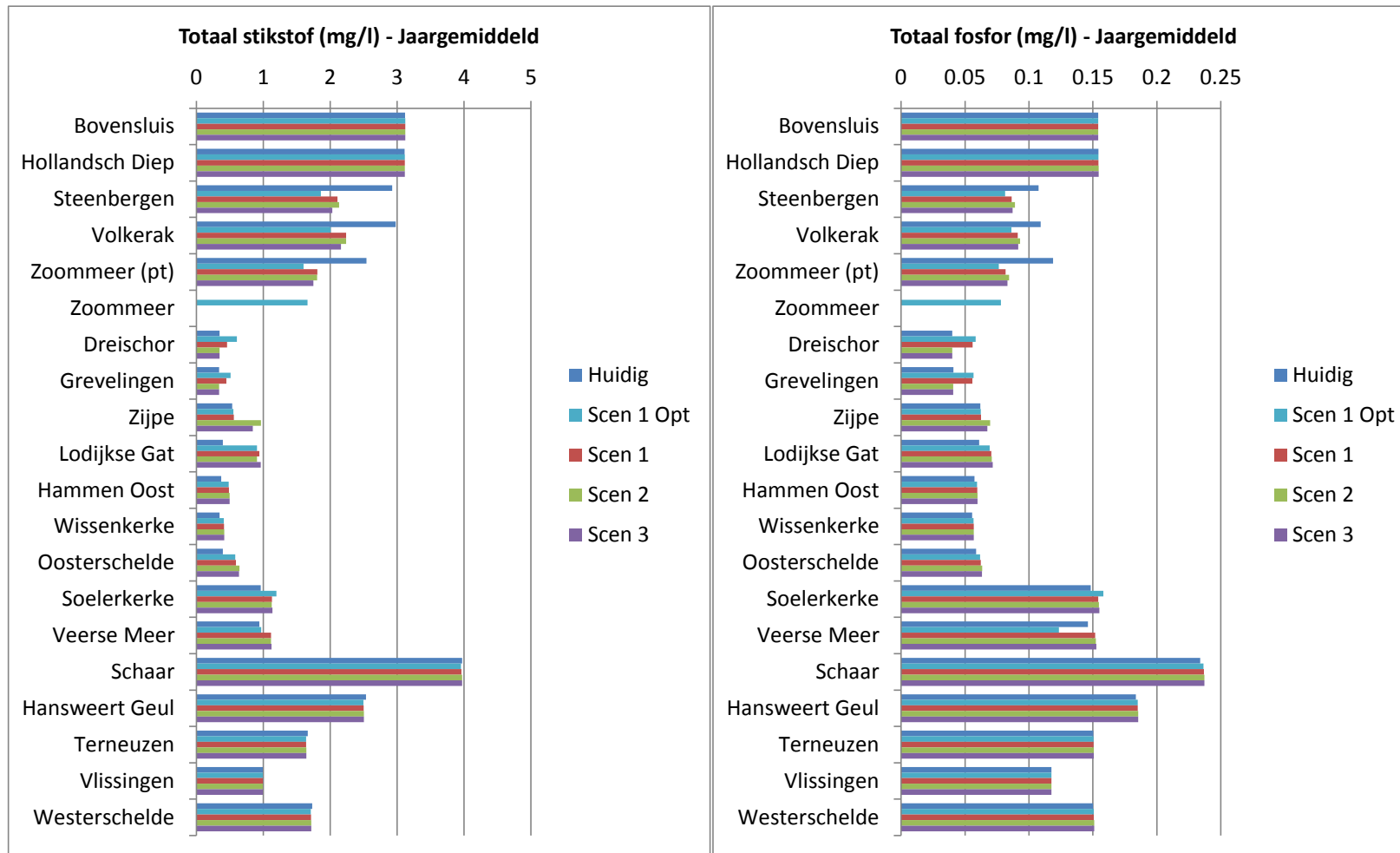
		Chloride (g/m ³)	Saliniteit (kg/m ³)	Chlorofyl-a (mg/m ³)	Primaire productie (gC/m ² /jaar)	Doorzicht (m)	Totaal stikstof (gN/m ³)	Totaal fosfaat (gP/m ³)	Zwevend stof (g/m ³)
		Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Cumulatief – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar
Holl.Diep	Bovensluis	75	0.2	21	397	1.1	3.12	0.154	17
	bekken gemiddeld	74	0.2	24	386	1.1	3.11	0.154	17
Volkerak	Steenbergen	9640	17.2	11	214	1.8	2.13	0.089	10
	Volkerak	8924	16.0	14	235	1.7	2.24	0.093	10
Zoommeer	Zoommeer	10434	18.6	16	272	1.9	1.80	0.084	8
	bekken gemiddeld								
Grevelingen	Dreischor	16933	30.0	11	555	2.6	0.34	0.040	5
	bekken gemiddeld	17033	30.1	10	446	2.8	0.34	0.041	5
Oosterschelde	Zijpe	14605	25.9	15	509	2.0	0.96	0.070	11
	Lodijkse Gat	14710	26.1	21	634	1.5	0.91	0.071	14
	Hammen Oost	17019	30.1	12	410	2.3	0.50	0.060	14
	Wissenkerke	17422	30.8	7	57	2.7	0.41	0.057	14
	bekken gemiddeld	16206	28.7	12	332	2.0	0.64	0.063	13
Veerse Meer	Soelerkerke	14104	25.1	19	457	2.1	1.13	0.155	6
	bekken gemiddeld	14185	25.2	19	443	2.1	1.11	0.152	6
Westerschelde	Schaar	4739	8.5	5	2	0.9	3.97	0.237	63
	Hansweert Geul	9715	17.3	6	62	0.9	2.50	0.185	62
	Terneuzen	13362	23.8	13	426	1.0	1.64	0.151	62
	Vlissingen	16180	28.7	3	221	1.4	0.99	0.118	62
	bekken gemiddeld	13120	23.3	10	212	1.0	1.71	0.151	62

Tabel 3.6 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – scenario 3.

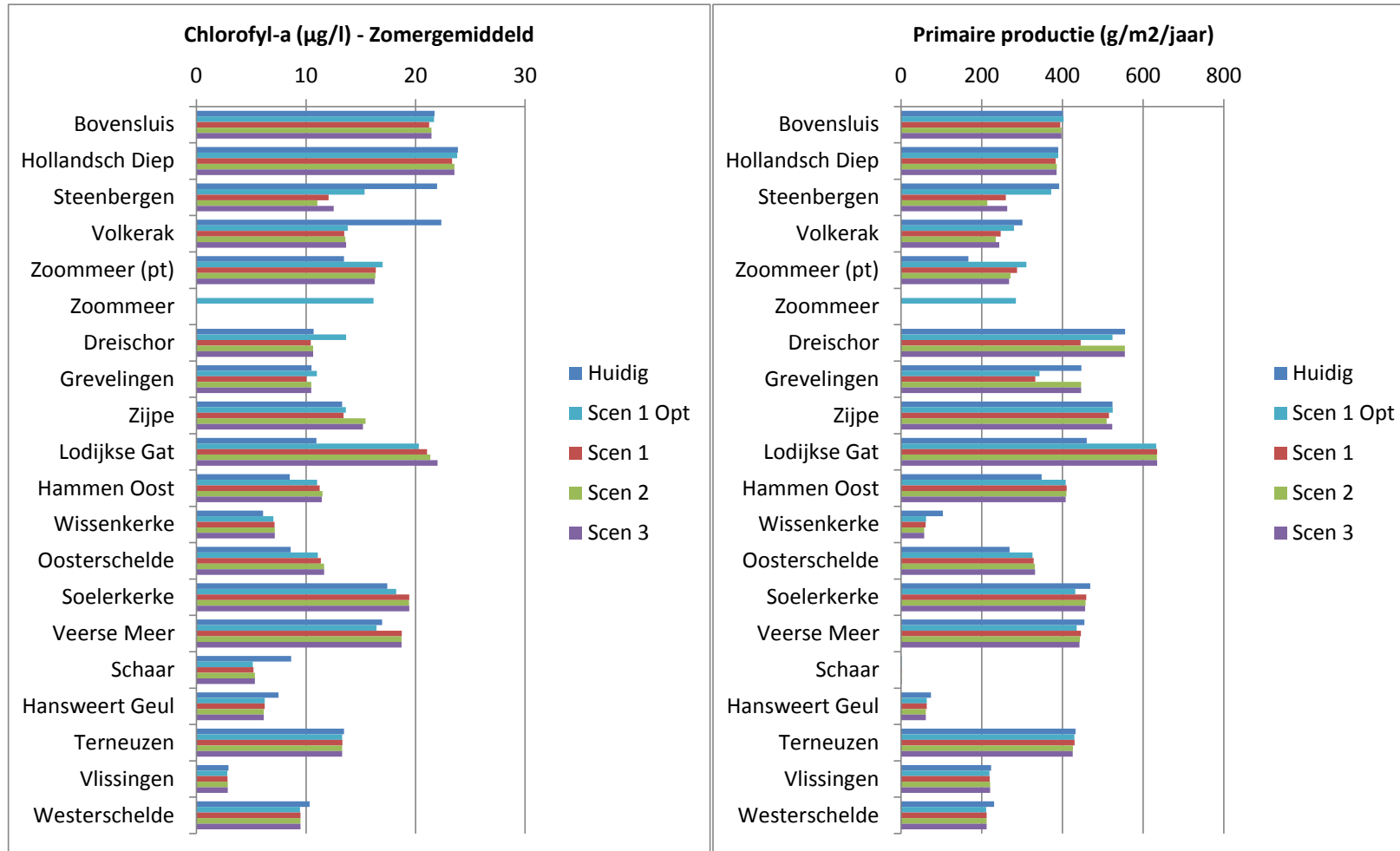
		Chloride (g/m ³)	Saliniteit (kg/m ³)	Chlorofyl-a (mg/m ³)	Primaire productie (gC/m ² /jaar)	Doorzicht (m)	Totaal stikstof (gN/m ³)	Totaal fosfaat (gP/m ³)	Zwevend stof (g/m ³)
		Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Cumulatief – Jaar	Gemiddelde – Zomerhalfjaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar	Gemiddelde – Jaar
Holl.Diep	Bovensluis	75	0.2	21	397	1.1	3.12	0.154	17
	bekken gemiddeld	74	0.2	24	386	1.1	3.12	0.154	17
Volkerak	Steenbergen	10082	18.0	13	263	1.8	2.03	0.087	10
	Volkerak	9266	16.6	14	243	1.8	2.16	0.092	10
Zoommeer	Zoommeer	10727	19.1	16	268	1.9	1.75	0.083	8
	bekken gemiddeld								
Grevelingen	Dreischor	16933	30.0	11	555	2.6	0.34	0.040	5
	bekken gemiddeld	17033	30.1	10	446	2.8	0.34	0.041	5
Oosterschelde	Zijpe	15182	26.9	15	523	2.0	0.84	0.067	11
	Lodijkse Gat	14501	25.7	22	635	1.5	0.96	0.072	14
	Hammen Oost	17024	30.1	11	408	2.3	0.50	0.060	14
	Wissenkerke	17419	30.8	7	57	2.7	0.42	0.057	14
	bekken gemiddeld	16241	28.8	12	332	2.0	0.64	0.063	13
Veerse Meer	Soelerkerke	14052	25.0	19	456	2.1	1.13	0.155	6
	bekken gemiddeld	14132	25.1	19	442	2.1	1.12	0.153	6
Westerschelde	Schaar	4739	8.5	5	2	0.9	3.97	0.237	63
	Hansweert Geul	9715	17.3	6	62	0.9	2.50	0.185	62
	Terneuzen	13362	23.8	13	426	1.0	1.64	0.151	62
	Vlissingen	16180	28.7	3	221	1.4	0.99	0.118	62
	bekken gemiddeld	13120	23.3	10	212	1.0	1.71	0.151	62



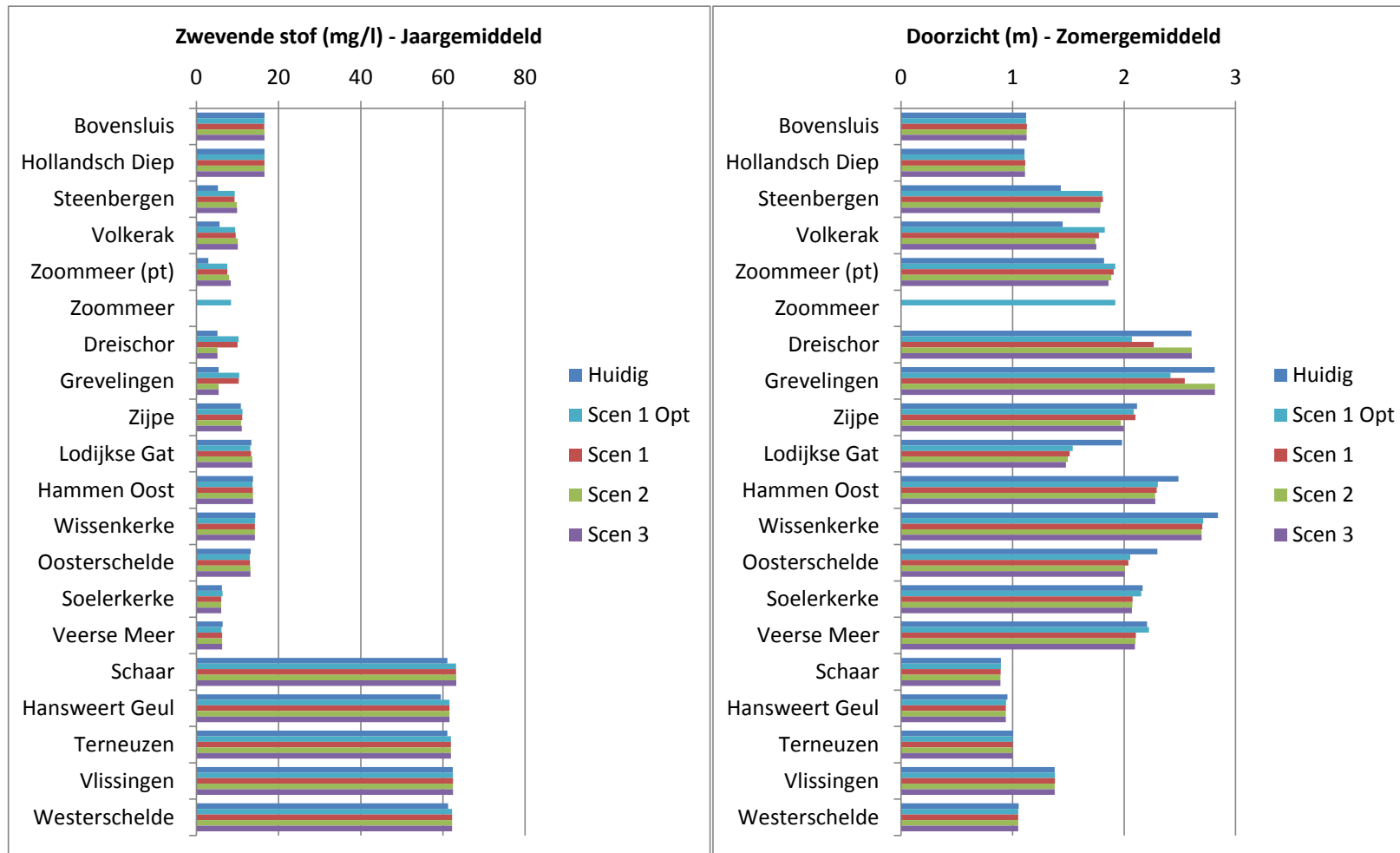
Figuur 3.12 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – alle scenario's: chloride en saliniteit.



Figuur 3.13 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – alle scenario's: totaal stikstof en totaal fosfor.



Figuur 3.14 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – alle scenario's: chlorofyl-a en primaire productie. NB: Relatie tussen primaire productie en graasdruk is beperkt meegenomen in het ZWD-model.



Figuur 3.15 Kentallen voor de waterkwaliteit op stations en gemiddeld over bekkens – alle scenario's: zwevende stof en doorzicht.

3.4 Kentallen van de waterkwaliteit

De kentallen die de waterkwaliteit beschrijven in de verschillende scenario's zijn opgenomen in Tabel 3.2 tot en met Tabel 3.6. Per parameter laten Figuur 3.12 tot en met Figuur 3.15 een grafische weergave zien waarbij per station en per gebied de scenario's met elkaar worden vergeleken. In deze paragraaf kijken we in eerste instantie naar het geoptimaliseerde scenario 1. In tweede instantie bekijken we de verschillen tussen de scenario's 2 en 3 enerzijds en scenario 1 anderzijds.

In alle scenario's behalve het geoptimaliseerde scenario S1 is er geen correcte uitvoer beschikbaar voor het Zoommeer (beggemiddeld). We beoordelen de waterkwaliteit in het Zoommeer daarom op basis van het meetpunt in het Zoommeer.

3.4.1 Scenario 1 (geoptimaliseerd)

Het chloridegehalte en de saliniteit (Figuur 3.12) nemen sterk toe in het Volkerak en het Zoommeer. De veranderingen in de andere bekkens zijn veel kleiner. Het Grevelingenmeer wordt marginaal zoeter in scenario 1. De Oosterschelde wordt wat zoeter, vooral in de kom. Dit is een gevolg van de toevoer van zoeter water uit het Zoommeer via de Oesterdam. Het Veerse Meer wordt ook wat zoeter als gevolg van de veranderingen in de Oosterschelde. De Westerschelde wordt iets zouter, vanwege het stoppen van de spui bij Bath.

De veranderingen in de concentraties van totaal N en totaal P (Figuur 3.13) zijn het grootst in het Volkerak-Zoommeer. Er is een sterke afname, vooral voor N. Deze afname vindt plaats ondanks de grotere toevoer van zoet water en van nutriënten en is het gevolg van de afnemende verblijftijd/menging met zout water dat een lagere concentratie heeft. De nutriëntconcentraties in de Grevelingen nemen enigszins toe, vanwege de verbinding met het Volkerak en mogelijk ook vanwege de grotere uitwisseling met de Noordzee. In de Oosterschelde nemen de nutriëntgehalten licht toe, vooral in de kom, vanwege de toevoer van zoeter water uit het Zoommeer via de Oesterdam. De veranderingen in de andere bekkens zijn veel kleiner³.

Twee kentallen gerelateerd aan algen, chlorofyl-a en primaire productie, zijn afgebeeld in Figuur 3.14. Chlorofyl-a laat een sterke afname zien in het Volkerak en een toename in het Zoommeer. De primaire productie neemt een beetje af in het Volkerak en neemt sterk toe in het Zoommeer. In de Grevelingen neemt de primaire productie behoorlijk af. Mogelijk speelt de hogere troebelheid door de toegenomen import van anorganisch slib uit de Noordzee een rol. In de Oosterschelde nemen chlorofyl-a en de primaire productie toe, vooral in de kom. In het Veerse Meer en in de Westerschelde zijn de veranderingen klein.

Twee kentallen gerelateerd aan het lichtklimaat, zwevende stof en doorzicht, zijn afgebeeld in Figuur 3.15. Het doorzicht laat een toename zien in het Volkerak. Ook het gehalte zwevend stof laat een toename zien in het Volkerak en in het Zoommeer, vanwege de hogere aanvoer van zoet water. In de Grevelingen neemt het zwevende stofgehalte toe en het doorzicht wat af. In de Oosterschelde neemt het doorzicht een beetje af, vooral in de kom. Het gehalte zwevend stof vertoont zeer kleine veranderingen. De veranderingen in het Veerse Meer en in de Westerschelde zijn zeer beperkt.

³ De relatief sterke afname van P in het Veerse Meer in het geoptimaliseerde scenario 1 is waarschijnlijk niet juist.

3.4.2 Scenario's 2 en 3

Door vergelijking van de resultaten van het oorspronkelijke (niet-geoptimaliseerde) scenario 1 en de eveneens niet geoptimaliseerde scenario's 2 en 3 kunnen we een beeld verkrijgen van de te verwachten verschillen tussen deze scenario's. Over het algemeen geldt dat de verschillen tussen de scenario's 1, 2 en 3 zeer beperkt zijn. Uitzonderingen daarop zijn de Grevelingen en delen van de Oosterschelde. In de scenario's 2 en 3 speelt de Grevelingen geen rol. Daarom treden in deze scenario's geen veranderingen op in de Grevelingen. De resultaten zijn gelijk aan die voor de huidige situatie. Scenario's 2 en 3 verschillen van scenario 1 omdat er een doorlaat is in de Philipsdam, in plaats van in de Grevelingendam. Daarom treedt in scenario's 2 en 3 een cirkelstroming op in het oostelijk deel van de Oosterschelde rond het eiland Tholen. Dat geeft vooral veranderingen in het noordoostelijk deel van de Oosterschelde (station Zijpe). Op het station Zijpe neemt het zoutgehalte af in scenario's 2 en 3, en de nutriëntgehalten nemen toe. Dit leidt tot hogere chlorofylgehalten, terwijl de primaire productie vrijwel gelijk blijft. Het doorzicht neemt daardoor iets af.

De onderlinge verschillen tussen de scenario's 2 en 3 zijn zeer beperkt.

4 Discussie en aanbevelingen

4.1 Discussie

De uitgevoerde scenarioberekeningen verschaffen een indicatie voor de te verwachten veranderingen in de Zuidwestelijke Delta als gevolg van drie inrichtingsvarianten:

- 1 een open verbinding tussen de Noordzee, de Grevelingen en het Volkerak;
- 2 een doorlaatmiddel in de Philipsdam (tussen de Oosterschelde en het Volkerak);
- 3 doorlaatmiddelen in de Philipsdam (tussen de Oosterschelde en het Volkerak) en in de Oesterdam (tussen de Oosterschelde en het Zoommeer).

In varianten 1 en 2 fungeert de Oesterdam als spuisluis, in plaats van de spuisluis bij Bath. In variant 3 is de netto circulatie grosso modo dezelfde als in scenario 2.

In alle varianten is er sprake van een significante indringing van zout water en een getij van ca. 30 cm in het Volkerak-Zoommeer. In deze bekkens verwachten we de grootste veranderingen: een sterke stijging van het zoutgehalte en een daling van de nutriëntengehalten. In de nu uitgevoerde simulaties is de totale nutriëntbelasting van het Volkerak-Zoommeer duidelijk toegenomen, omdat de afvoer van de Dintel en de Vliet met 10 m³/s is verhoogd zonder de kwaliteit van deze rivieren aan te passen. Omdat de verblijftijd blijkbaar sterker afneemt (menging met zout water) dan de belasting toeneemt, dalen de nutriëntgehalten. Vermoedelijk zal deze daling in werkelijkheid nog groter zijn, omdat de belasting minder zou moeten toenemen dan in de huidige berekeningen.

Er zijn verschillende redenen te noemen waarom er geen eenduidige veranderingen te zien zijn in chlorofyl-a en in de primaire productie in het Volkerak en in het Zoommeer.

- 1 De gesimuleerde algenpopulatie verandert sterk van samenstelling door de hogere zoutgehalten. Zoetwatersoorten verdwijnen voor het grootste deel en zoutwatersoorten verschijnen. In het ZWD-model zijn geen specifieke brakwatersoorten opgenomen, dus deze komen niet voor in de huidige resultaten. In het ZWD-model hebben zoutwateralgen een wezenlijk hogere turnover dan zoetwateralgen⁴. De verschuiving van zoetwateralgen naar zoutwateralgen kan daarom leiden tot een verschillende respons in chlorofyl-a (biomassa) en primaire productie (turnover).
- 2 Daarnaast is de sterfte van fytoplankton in het model afhankelijk van het zoutgehalte (door zoutstress) met een maximale sterfte bij 8000 mg/l chloride (voor zoetwater- en zoutwatersoorten). Bij hogere en bij lagere zoutgehalten neemt de sterfte van zoutwatersoorten respectievelijk zoetwatersoorten snel af. Om deze reden kunnen relatief kleine veranderingen van het zoutgehalte in de range rond 8000 mg/l chloride relatief grote veranderingen in de algengemeenschap met zich meebrengen.
- 3 In het Volkerak-Zoommeer is sprake van een relevante interactie tussen grazers en algen. De nutriëntenbeschikbaarheid voor pelagische algen wordt bepaald door de concentraties in het water waarin zij zich bevinden. Aangezien de grazers in het model

⁴ Dit is consistent met de bij Deltares gangbare waterkwaliteitsmodellen voor Nederlandse zoete en zoute wateren (Hans Los, pers.comm.).

niet mobiel zijn, wordt hun voedselbeschikbaarheid bepaald door de lokale fluxen en niet door de lokale concentraties. We hebben geconstateerd dat in het Volkerak-Zoommeer de nutriëntbelasting (een flux) toeneemt, terwijl de concentraties afnemen. Om de bovengenoemde redenen kan een systeem van algen en grazers daar verschillend op reageren.

In de nu uitgevoerde simulaties neemt het slibgehalte in het Volkerak-Zoommeer toe, vanwege de hogere zoetwaterbelasting. In alle scenario's verbetert tegelijkertijd het doorzicht vanwege de veranderingen in de algengemeenschap.

In scenario 1 zijn er ook significante veranderingen in de Grevelingen, veroorzaakt door de hogere aanvoer van stoffen uit het Volkerak en uit zee, gecombineerd met een afnemende verblijftijd: de simulatieresultaten laten een lichte daling van het zoutgehalte zien, een toename van de nutriëntengehalten en het zwevende stofgehalte en een daling van het doorzicht en de primaire productie.

In de Oosterschelde treden meestal beperkte veranderingen op door de toegenomen netto aanvoer van zoet water vanuit het Volkerak-Zoommeer. De simulatieresultaten laten een lichte daling van het zoutgehalte zien, een toename van de nutriëntengehalten, chlorofyl-a en primaire productie en een daling van het doorzicht.

Het Veerse Meer vertoont kleine veranderingen als een indirect gevolg van de veranderingen in de Oosterschelde. Tenslotte zien we ook kleine veranderingen in de Westerschelde vanwege het stoppen van de spui bij Bath.

De maximale graasdruk door schelpdieren is in de gesimuleerde varianten niet veranderd ten opzichte van de huidige situatie. Dit is mogelijk niet juist, vooral in gebieden met een hogere nutriëntentoevoer dan in de huidige situatie en een relatief lage graasdruk. De kom van de Oosterschelde valt in deze categorie. In werkelijkheid zal in dat soort gebieden de graasdruk waarschijnlijk toenemen. Om die reden is de nu gesimuleerde respons in de Oosterschelde onzeker. Een herhaalde simulatie met een verdubbelde maximale grazerbiomassa in de Oosterschelde laat zien dat de bekkengemiddelde waarde van chlorofyl-a niet langer toeneemt, terwijl de toename van de primaire productie minder groot is. Omdat het lastig is de grazerbiomassa in de toekomstige situatie te voorspellen, zijn de uitkomsten wat betreft de respons van de algengemeenschap onzeker. De berekende toename van primaire productie in de Oosterschelde moet daarom terughoudend geïnterpreteerd worden.

4.2 Aanbevelingen

We stellen hierboven vast dat er een behoorlijke onzekerheid is in de gesimuleerde veranderingen van de aan algen gerelateerde parameters, wanneer er ingrepen in het systeem worden gesimuleerd die sterke veranderingen in het systeem te weeg brengen. De onzekerheid zit hem vooral in de eigenschappen van de algenpopulatie bij veranderende zoutgehalten en de interactie tussen de algen en de grazers. Men moet zich bedenken dat de modelrespons op dergelijke ingrepen nooit op veldgegevens is gevalideerd.

Het validatierapport (Deltares, 2013) beveelt aan de modellering van de grazers te verbeteren, mede door over te gaan op het model DEBORG. De uitkomsten van de scenarioberekeningen laten zien dat dit moet gebeuren in combinatie met een onderzoek naar de eigenschappen van de algenpopulatie bij veranderende zoutgehalten, bijvoorbeeld in de vorm van een literatuurstudie.

5 Referenties

Deltares, 2008. Waterkwaliteit en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer. Planstudie Volkerak-Zoommeer. Rapport Q4448. Juni 2008.

Deltares, 2013. Zuidwestelijke Delta-model voor stofstroomanalyses. Beschrijving en validatie. Rapport 1208495-000-ZKS-0010, november 2013.

Deltares, 2013a. Verwachte waterkwaliteit in een verbonden en zout Grevelingen - Volkerak-Zoommeer met getij. resultaten van 1D en 3D modellering. Rapport 1207783-000-VEB-0011, november 2013.

A Water-, stikstof- en fosforbalansen