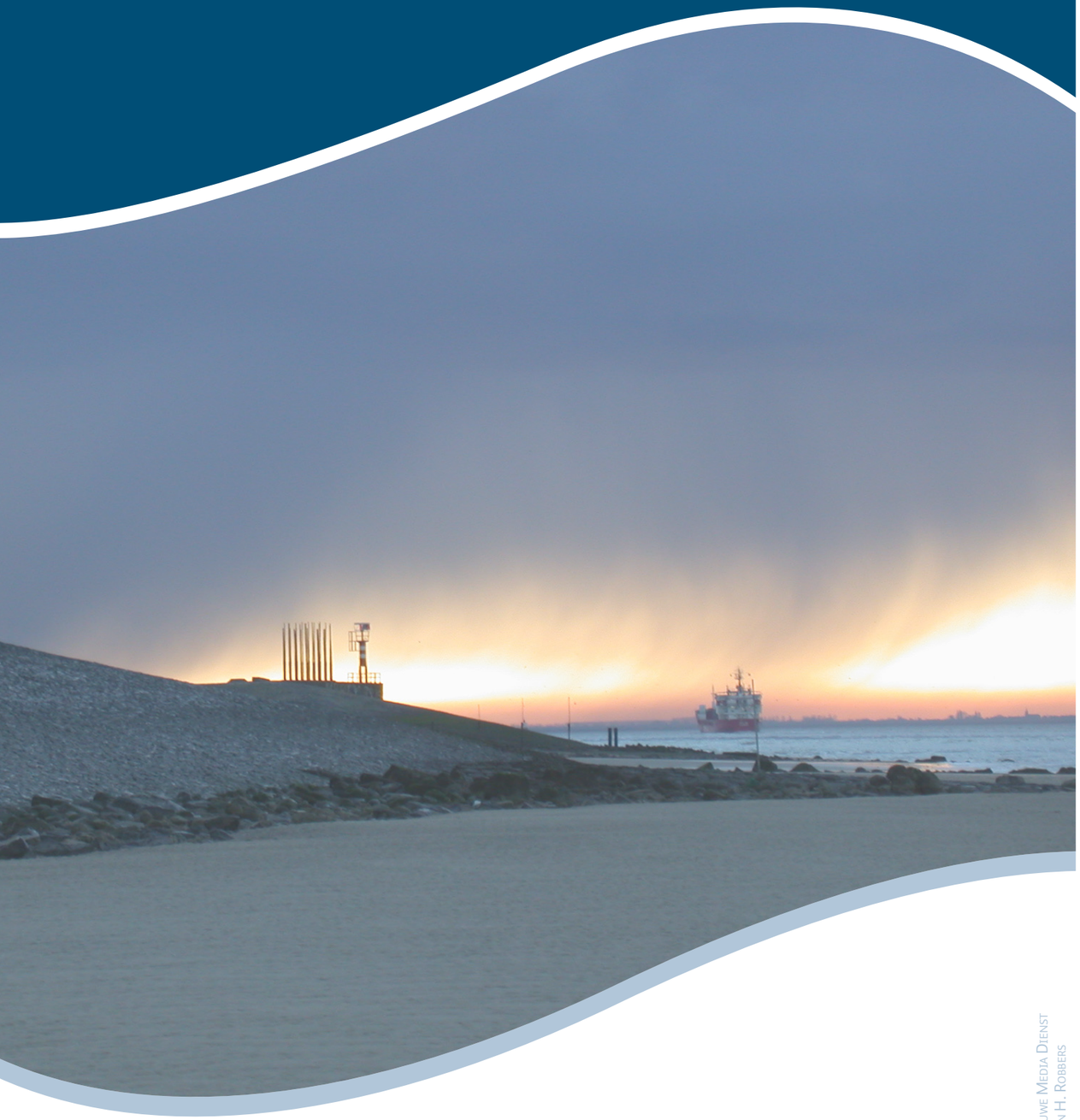


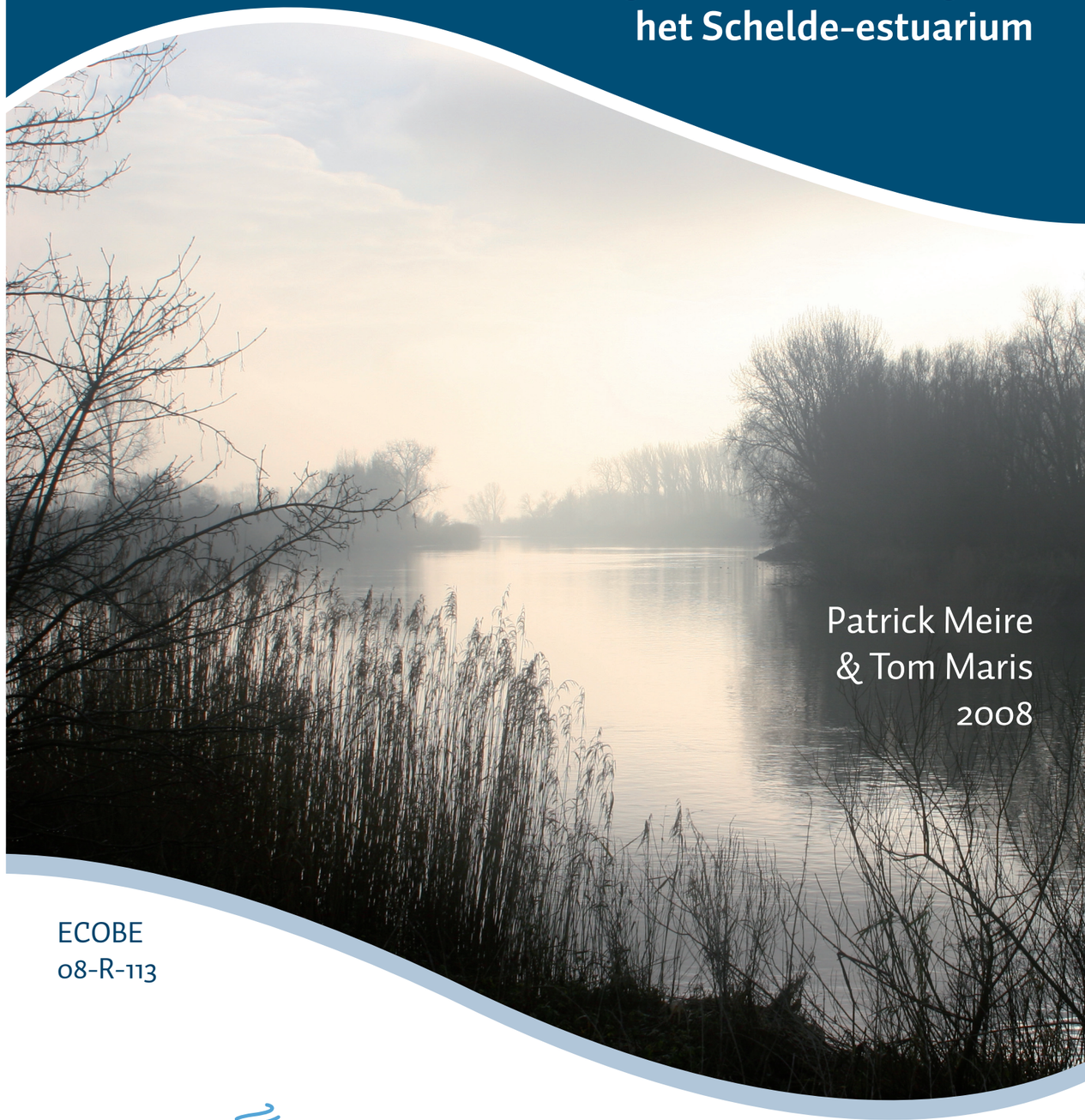
MONEOS

Geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium

Ontwerp kaft: Nieuwe Media Dienst
Foto's: P. Meire en H. Robbers

MONEOS

Geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium



Patrick Meire
& Tom Maris

2008

ECOBE
08-R-113

ECOSYSTEM MANAGEMENT RESEARCH GROUP

Universiteit Antwerpen

MONEOS

geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium

Patrick Meire & Tom Maris

2008

Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer
Universiteit Antwerpen

ECOBE
08-R-113

Colofon

Tekst:
Patrick Meire & Tom Maris, met bijdragen van Marc Sas, Tom Yserbaert en anderen.

Opdrachtgevers:
Proses2010

Met dank aan:
Dit rapport zou niet tot stand gekomen zijn zonder de inzet van vele mensen. In eerste instantie willen we Jos Claessens en Sofie Verheyen van Proses 2010 bedanken voor hun steun tijdens het lange proces van totstandkoming van dit rapport, evenals de projectleiders van MONEOS Frank Mostaert en Richard Jorissen. De inbreng van alle deelnemers tijdens de vergaderingen (zie bijlage 4) was van onschatbare waarde. Daarnaast hebben we nog vele opmerkingen gekregen op een eerdere versie van dit rapport van Tom Ysebaert, Stanislas Wartel, Bert Van Eck, Marko Schrijver, Wim Dauwe, Erika van den Bergh, Jacco Kromkamp, Tom Pieters, Yves Plancke, Wim Vyverman, Eric Taverniers, Fred Twisk, Peter Meininger, Marc Sas, Peter Herman, Stefan Vandamme, Dick De Jong en nog verschillende andere personen.

Wijze van Citeren:
Meire, P. & T. Maris. 2008. MONEOS. Geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium. Rapport ECOBE 08-R-113. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.

Voorwoord

Meten is weten is een veelgebruikt gezegde. Hoewel in se waar, zijn er toch een aantal voorwaarden. Vooreerst moeten de juiste parameters op de juiste manier op de juiste plaats en met de juiste frequentie gemeten worden. Die data moeten dan ook op een degelijke manier verwerkt worden vooraleer we iets weten. Maar we moeten ook weten wat we willen weten! Meten om te weten vereist dus duidelijk een goede onderbouwing.

Het Schelde-estuarium is een zeer complex systeem dat aan continue verandering onderhevig is zowel door natuurlijke factoren als door menselijk ingrijpen. Het is duidelijk dat we willen weten waar de Schelde naartoe gaat in de toekomst en of aan alle doelstellingen zal voldaan zijn. Voorliggend rapport geeft een omschrijving van een monitoring programma dat wenselijk is om te weten wat de evoluties zijn in de Schelde en wat de oorzaak-gevolg relaties zijn. Dit is essentieel om op een wetenschappelijk verantwoorde manier het estuarium te beheren.

Dit plan werd opgesteld op basis van informatie over lopende programma's, immers er wordt al heel veel gemeten in de Schelde. Toch blijkt dat er nog weinig sprake is van een goede integratie van de verschillende meetprogramma's en dat er nog een aantal belangrijke hiaten aanwezig zijn, zeker ook met het oog op rapportering voor een aantal belangrijke wetgevingen (zoals de EU kaderrichtlijn Water, Vogel- en Habitat richtlijn, etc.) en met het oog op het begrijpen van oorzaak-gevolg relaties. Eerdere versies van dit voorstel zijn in verschillende vergaderingen besproken. Hierbij hebben wij maximaal rekening gehouden met alle opmerkingen maar we konden echter niet alle opmerkingen invoegen in dit rapport: vele voorstellen hadden meer betrekking op project- en/of onderzoeksmonitoring en passen als zodanig niet in een basis systeem monitoring. Andere voorstellen werden niet opgenomen omwille van financiële en/of praktische redenen. Daarom beschouwen wij voorliggend programma als een basispakket dat nodig is om aan "meten is weten" inhoud te geven. De voorstellen zijn de volledige verantwoordelijkheid van de auteurs en eventuele tekortkomingen kunnen enkel hen ten laste gelegd worden en niet de vele mensen die betrokken waren bij de opstelling van dit rapport.

Vlaanderen en Nederland staan voor een grote verantwoordelijkheid. De geplande ingrepen in het Schelde estuarium zijn zeer groot. Ook de kostprijs voor het uitvoeren van voorliggend monitoringsprogramma is hoog. Toch is dit een unieke kans om te investeren in kennis. Immers, we zijn ervan overtuigd dat een beheer gebaseerd op de beste kennis grote besparingen kan opleveren en de beheerders voor onaangename verrassingen kan behoeden. Anderzijds is in de huidige kennismaatschappij het een grote economische troef voor zowel overheid als privé bedrijven om actief te investeren in kennisopbouw, immers dat is de enige

garantie voor een duurzame ontwikkeling en een competitief voordeel. Het Schelde estuarium is reeds één van de beter bestudeerde estuaria ter wereld. De uitvoering van onderstaand programma, gekoppeld aan verdere investeringen in onderzoek, kan kennisinstituten, laboratoria en studiebureaus wereldwijd een leidende positie geven in estuarien onderzoek en beheer, iets waar de respectievelijke overheden de vruchten van kunnen plukken. We hopen dan ook dat alle financiële en praktische problemen bij de implementatie van dit voorstel kunnen opgelost worden in het belang van een duurzame ontwikkeling van het Schelde estuarium en de volledige regio die ervan afhankelijk is.

Patrick Meire & Tom Maris

Antwerpen, maart 2008

Inhoud

Voorwoord 1
Inhoud 3
Hoofdstuk 1. Inleiding 7
Hoofdstuk 2. Wettelijke en beleidsmatige verantwoording 11
2.1. Inleiding 11
2.2. Vogel- en Habitatrichtlijn 12
2.3. Kaderrichtlijn Water (KRW) 12
2.4. Vergunningen 15
2.5. Besluit 15
Hoofdstuk 3. Filosofie 17
3.1. Inleiding 17
3.2. Monitoring in het kader van toegankelijkheid, veiligheid en natuurlijkheid 18
3.3. Monitoringsdoelstellingen 19
3.4. Beperkingen van effectmonitoring 21
3.5. Naar een geïntgegreerde systeemmonitoring 22
3.6. Databeheer 26
3.7. Analyse, evaluatie en rapportage 26
Hoofdstuk 4. Uitwerking van het monitoringprogramma 29
4.1. Inleiding 29
4.2. Strategie van het programma 29
4.3. Strategie van resolutie in ruimte en tijd 31
4.4. Studiegebied 32
4.5. Overzicht van de te meten parameters 37
Hoofdstuk 5. Hydrodynamiek 53
5.1. Inleiding 53
5.2. Waterstanden 54
5.2.1. inleiding 54
5.2.2. Getijgegevens 54
5.2.3. Waterstanden overstromingsgebieden 54
5.2.4. Grondwaterstanden in wetlands 55
5.2.5. Grondwaterstanden in de nabije omgeving van wetlands, GOG's en GGG's 56
5.3. Golfwerking 56
5.4. Debieten bovenrivieren, zijdelingse belasting 57
5.5. Stroomsnelheden en debieten in het estuarium 57
5.5.1. Dertienuursmetingen in raaien 58
5.5.2. (semi)continue puntmetingen 59
5.5.3. (semi)continue metingen over een dwarssectie 60
5.5.4. metingen boven slikken en platen 61
5.6. Meteo gegevens 62
Hoofdstuk 6. Morfodynamiek 63
6.1. Inleiding 63
6.2. Bathymetrie en macrodynamiek Morfologische structuren 66
6.2.1. Topografie 66
6.2.2. Fysiotopen/geomorfologische kaart 68
6.2.3. Bodemsamenstelling 68
6.3. Bathymetrie en meso/microdynamiek 68
6.4. Lithologische kaart 69
6.5. Sedimenttransport 70
6.6. Ingreep gegevens 71
Hoofdstuk 7. Diversiteit habitats 73

7.1. Inleiding ... 73
7.2. Ecotopen ... 75
7.2.1. Geomorfologische kaart ... 75
7.2.2. Vegetatiekaart ... 76
7.2.3. Registratie van alle basisgegevens ... 77
7.3. Geomorfologie ... 77
7.4. Vegetatiekartering ... 77
7.4.1. Buitendijkse gebieden (rivierwaarts gelegen) ... 77
7.4.2. Binnendijkse gebieden (landwaarts gelegen) en GOG's ... 78
7.4.3. Ontpolderingen en GGG's ... 78
7.5. Ingreepgegevens ... 78
Hoofdstuk 8. Algemene fysico-chemie van water en bodem ... 79
8.1. Inleiding ... 79
8.2. Algemene fysico-chemie van water ... 79
8.3. Monitoring in ruimte en tijd ... 81
8.3.1. Boundarypunten ... 81
8.3.2. Extra meetpunten op de zijrivieren ... 82
8.3.3. Netwerk van permanente meetstations ... 82
8.3.4. Bemonstering via periodieke vaartochten ... 83
8.3.5. Tijafhankelijke of tijonafhankelijke staalname ... 86
8.4. Te meten parameters pelagiaal ... 88
8.4.1. Fysische parameters temperatuur en geleidbaarheid ... 88
8.4.2. Turbiditeit – lichtklimaat – zwevende stof ... 90
8.4.3. Zuurtegraad ... 95
8.4.4. zuurstofhuishouding ... 96
8.4.5. Nutriënten: N, P en Si ... 97
8.4.6. Koolstof ... 100
8.4.7. zware metalen en organische microverontreinigingen ... 101
8.5. grondwaterchemie ... 102
8.6. Waterbodemkwaliteit ... 102
Hoofdstuk 9. Ecologisch functioneren ... 105
9.1. Inleiding ... 105
9.2. Pelagische primaire productie: fytoplankton ... 107
9.2.1. Biomassa van fytoplankton ... 107
9.2.2. Soortensamenstelling en densiteiten ... 107
9.2.3. Primaire productie ... 108
9.2.4. Meting van omgevingsvariabelen ... 110
9.3. Benthische primaire productie: Fytobenthos ... 110
9.4. Pelagische secundaire productie: Zoöplankton ... 111
9.4.1. Inleiding ... 111
9.4.2. Uitvoering ... 116
9.5. Benthische secundaire productie: Macrozoöbenthos ... 117
9.6. Vissen ... 121
9.6.1. Kinderkamer functie ... 121
9.6.2. Trekvis ... 122
9.6.3. Biomassa, stocks ... 122
9.6.4. monitoring contaminatie van vis ... 122
9.7. Broedsucces ... 123
Hoofdstuk 10. Diversiteit soorten ... 125
10.1. Inleiding ... 125
10.2. Primaire producenten: fytoplankton en fytobenthos ... 125
10.3. Diversiteit aan hogere planten ... 126
10.4. Zoöplankton - zoöbenthos ... 126
10.5. Hyper-epibenthos ... 126
10.6. Hogere trofische niveaus ... 127
10.6.1. Vissen ... 128

10.6.2. Amfibiën 129
10.6.3. Broedvogels 129
10.6.4. Niet broedvogels 129
10.6.5. Zoogdieren.....130
10.7. "Probleem soorten".....130
10.8. Andere soorten 131
Hoofdstuk 11. Veiligheid.....133
11.1. Veiligheid in Nederland (naar Wijsman et al., 2007) 133
1 Waterstanden 133
2 Golven 133
3 Dijk kwaliteit.....133
11.2. Veiligheid Vlaanderen (gebaseerd op Moneos-studie van Arcadis-WL Delft-IMDC) 134
11.3. Voorgestelde monitoring.....137
Hoofdstuk 12. Project monitoring 139
12.1. Type 1: projecten binnen het estuarium. 139
12.1.1. Projectmonitoring Walsoorden.....140
Type II: projectmonitoring aanleg nieuwe gebieden.....141
12.2. Type II: GOG-GGG 142
12.2.1. Hydrodynamiek.....142
12.2.2. Morfodynamiek 143
12.2.3. Diversiteit habitats 144
12.2.4. Algemene fysico-chemie van water en bodem 145
12.2.5. Ecologisch functioneren.....146
12.2.6. Diversiteit soorten.....146
12.3. Type II: ontpoldering 147
12.3.1. Hydrodynamiek.....147
12.3.2. Morfodynamiek 147
12.3.3. Diversiteit habitats 148
12.3.4. Algemene fysico-chemie van water en bodem 148
12.3.5. Ecologisch functioneren.....148
12.3.6. Diversiteit soorten.....148
12.4. Type II: GOG wetland 149
12.4.1. Hydrodynamiek.....149
12.4.2. Morfodynamiek 150
12.4.3. Diversiteit Habitats.....150
12.4.4. Algemene Fysico-Chemie van water en bodem 150
12.4.5. Ecologisch functioneren.....150
12.4.6. Diversiteit soorten.....150
Hoofdstuk 13. Algemeen Besluit 153
Hoofdstuk 14. Referenties 155
Hoofdstuk 15. Lijst met afkortingen 159
Hoofdstuk 16. Bijlagen.....160

Hoofdstuk 1. Inleiding

Het Schelde estuarium is met z'n ongeveer 33.000 ha één van de grotere Eruopese estuaria en vervult veel voor de mens belangrijke functies. Het is immers niet alleen een natuurgebied van internationaal belang dat esentiele ecosysteemfuncties vervult zoals zelfzuivering van het water, productie van voedsel (schelpdieren, vissen), kinderkamerfunctie voor commercieel belangrijke soorten etc., het is ook de toegang tot verschillende havens en bron van andere economische activiteiten zoals visserij, zandwinning, toerisme. Anderzijds zorgt de Schelde ook voor de afvoer van het water en sediment van het ganse Scheldebekken en moet het een buffer vormen voor het water dat tijdens storm het estuarium binnenstroomt. Er worden dan ook vanuit verschillende beleidsdomeinen doelstellingen geformuleerd voor het gebied.

Tot voor enkele jaren werden diverse ingrepen, nodig voor het bereiken van de gestelde doelen, vooral sectoraal gepland en uitgevoerd. Maatregelen voor verdieping waren niet afgestemd op het veiligheidsbeleid, noch op het natuurbeleid en vice versa. Het Schelde estuarium is, zoals alle estuaria, echter een zeer dynamisch en complex systeem. Door natuurlijke processen en een sterke interactie tussen hydrodynamiek, morfodynamiek en ecologisch functioneren, is het systeem continu aan verandering onderhevig. Deze veranderingen kunnen zich op verschillende tijd- en ruimteschalen voordoen. Dit zal resulteren in een natuurlijke evolutie van het estuarium. De vele menselijke ingrepen in het systeem (baggeren, inpolderen, vervuiling etc.) interfereren met de natuurlijke processen en kunnen bepaalde trends versterken dan wel vertragen of volledig veranderen. Dit brengt met zich mee dat maatregelen voor één sector doelstellingen van een andere sector negatief kunnen beïnvloeden.

Groeiende inzichten in de complexiteit van het estuarium en de onderlinge beïnvloeding van verschillende maatregelen hebben uiteindelijk geleid tot een meer integrale aanpak. Zo werden vanuit de LTV (Langetermijnvisie) en de daarop gebaseerde Ontwikkelingsschets 2010 gewenste ontwikkelingen aangegeven met betrekking tot de natuurlijkheid, toegankelijkheid en veiligheid. Daarnaast zijn er evenwel andere sectoren die bepaalde doelstellingen wensen te bereiken zoals toerisme. Bovendien zijn heel wat richtlijnen en wetten van toepassing op het gebied. Het belangrijkste juridische kader voor het fysieke systeem en de natuurlijkheid van het estuarium wordt gevormd door de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn (EU VR en HR). Deze richtlijnen bevatten juridisch bindende bepalingen over de doelstellingen voor een natuurlijk systeem en de wijze waarop voorgenomen ingrepen of effecten dienen te worden getoetst. De Vogel- en Habitatrichtlijn zijn in Nederland en Vlaanderen uitgewerkt in nationale natuurwetgeving, en ook de Kaderrichtlijn Water is in beide landen geïmplementeerd in specifieke wetgeving en beleid.

De veiligheidsnorm tegen overstromingen vormt een ander belangrijk juridisch luik. In Nederland is dit vastgelegd in de Wet op de Waterkeringen. In Vlaanderen is het beleidskader voor veiligheid tegen overstromingen opgenomen in het geactualiseerde Sigmaplan.

De ontwikkelingsschets 2010 omvat zowel voor de luiken natuurlijkheid, veiligheid als toegankelijk een aantal maatregelen die zullen uitgevoerd worden. Dit gaat van de verruiming van de Schelde over de versterking van het natuurlijk karakter van het estuarium tot dijkverhogingen en overstromingsgebieden.

Het is duidelijk dat aan die enorme ingrepen een uitgebreid monitorings-programma moet gekoppeld worden dat ons in staat stelt te evalueren of de vereiste doelstellingen bereikt worden en of er geen onverwachte negatieve ontwikkelingen plaatsgrijpen. Bij het niet bereiken van een doelstelling, moet de oorzaak achterhaald kunnen worden, en op basis hiervan kunnen dan eventuele nieuwe maatregelen genomen worden. Indien blijkt dat externe factoren (bv klimaatsverandering, wereldwijde achteruitgang van een doelsoort, ...) de oorzaak zijn voor de discrepantie tussen doel en toestand, zal dat in dit geval niet tot maatregelen moeten leiden (tenminste niet in het gebied zelf). Gezien het ganse estuarium tusen Gent en het mondingsgebied één samenhanged geheel vormt, werd tussen Vlaanderen en Nederland afgesproken om een gezamenlijk monitoring programma op te stellen en uit te voeren.

Gezien het grote economische belang van de Schelde is het ook niet verwonderlijk dat er reeds heel wat monitoring initiatieven lopen, sommige waarnemingen (bv. getij) zijn al meer dan 100 jaar lopend! Een overzicht van alle lopende programma's is te vinden in Wijsman et al. (2007) en Leloup et al. (2007). Om evenwel aan de nieuwe uitdagingen vastgelegd in de OS2010 te voldoen, werd binnen PROSES 2010 het project MONEOS opgestart. Dit had tot doel de monitoring inspanningen te rationaliseren. Door Donkers et al. (2007) werd een monitoring programma uitgewerkt om de effecten van de maatregelen voor Toegankelijkheid op het systeem op te volgen. Die visie, samen met de andere lopende monitoringsprojecten werden dan door Meire & Maris (2008) gecompileerd in één geïntegreerd monitoring programma. Hierbij werd gekozen voor een systeemmonitoring waarbinnen project- en onderzoeksmonitoring kan genest worden. Hoewel de integratie van verschillende lopende programma's soms tot belangrijke rationalisaties kan leiden, omvat het voorstel een groot aantal parameters die op verschillende tijd- en ruimteschalen moeten gemeten worden, wat een zware financiële inspanning van Vlaanderen en Nederland zal vergen. Nochtans is het voorstel tot de meest essentiële variabelen herleid en werden veel wetenschappelijk interessante opties niet meegenomen. Een deel van de meer inspanning is het gevolg van nieuwe verplichtingen (zoals monitoring voor Europese richtlijnen), een deel omdat gekozen is voor een systeemmonitoring en dat daardoor een aantal variabelen essentieel zijn om het systeem te kunnen beschrijven. Dit is nodig met het oog op het verwerven van inzichten in de redenen/oorzaken van bepaalde trends en/of veranderingen en het afstemmen van het beheer op deze inzichten. Dit is ook nodig om het modelinstrumentarium

nodig voor de onderbouwing van het beheer verder te kunnen uitbouwen en optimaliseren.

In deze nota wordt eerst kort gerefereerd naar de verschillende beleidskaders, waarna de filosofie van het voorgestelde monitoring project wordt gesitueerd. In een eerdere nota werd voor de verschillende onderdelen een kritische evaluatie gemaakt van de bestaande programma's en voorstellen geformuleerd voor een consistent programma (Meire, 2007). Die voorstellen werden besproken binnen PROSES, het OAP en vervolgens werden deze besproken met verschillende specialisten tijdens 4 vergaderingen (zie bijlage 4 voor deelnemers). De resultaten daarvan werden verwerkt in deze nota. Het hier voorgestelde programma is geen opsomming van alle mogelijke monitoringswensen van diverse instanties maar is een selectie van die parameters die nodig zijn om de ontwikkelingen van het systeem te kunnen volgen. Diverse voorstellen werden dan ook niet weerhouden.

Hoofdstuk 2. Wettelijke en beleidsmatige verantwoording

2.1. Inleiding

Het aantal wetten, regels en beleidskaders dat betrekking heeft op het Schelde-estuarium is zeer groot. Die zijn reeds uitgebreid samengevat in oa. Donkers et al. (2007) en het MER (Arcadis-Technum, 2004) en worden hier niet verder opgesomd. Op basis van juridische kaders en in diverse beleidsstukken geformuleerde doelen werden door Donkers et al. (2007) *criteria* afgeleid. Op ieder criterium zijn een aantal beleidskaders van toepassing (zie tabel 2.1)

Tabel 2.1: Beleidskader voor de verschillende criteria met betrekking tot Ecologie, Morfologie en Water. (Overgenomen uit Donkers et al., 2007)

Toetsings- en vergelijkingskader MONEOS-T		Beleidskader
Ecologie	E.1 Diversiteit habitats	VHR, LTV & OS2010, WVO en Vlarem
	E.2 Diversiteit soorten	VHR, LTV & OS2010
	E.3 Ecologisch functioneren	KRW, LTV & OS2010
Morfologie	M.1 Morfologische diversiteit meergeulensysteem Westerschelde	LTV & OS2010
	M.2 Morfologische dynamiek	LTV & OS2010
	M.3 Morfologische diversiteit één-geul systeem Zeeschelde	LTV & OS2010
	M.4 Open en natuurlijk mondingsgebied	LTV & OS2010
Water	W.1 Veiligheid tegen overstromen	Wet op de waterkering, Sigmaplan, LTV & OS2010
	W.2 Kwaliteit fysico-chemisch en biologisch systeem	baggervergunningen
	W.3 Algemene fysisch-chemische waterkwaliteit	KRW

Ondanks het feit dat de verplichtingen heel omvattend, diepgaand en verstrekkend zijn, zijn de concrete verbintenissen inzake monitoring meestal niet gepreciseerd. Een grote uitzondering hierop vormt de Kaderrichtlijn Water die in haar implementatie de aanmelding van monitoring verplicht. Hierna worden ter

illustratie enkele van de belangrijkste wetgevingen besproken, de Vogel- en Habitatrichtlijn, waar geen specifiek monitoringsprogramma voor is aangemeld, en de Kaderrichtlijn Water, met de beoogde monitoring.

2.2. Vogel- en Habitatrichtlijn

De Europese Vogelrichtlijn (79/409/EEG) en de Habitatrichtlijn (92/43/EEG) goedgekeurd in respectievelijk 1979 en 1992 geven vorm aan het natuurbehoudsbeleid van de EU. Concreet verplichtten deze richtlijnen de lidstaten ertoe om speciale beschermingzones aan te duiden die samen een netwerk van beschermde gebieden over geheel Europa moeten vormen: het NATURA 2000 netwerk. De aanduiding van deze beschermingszones gebeurt op basis van duidelijk gedefinieerde criteria nl. het voorkomen van soorten en/of habitats van communautair belang, gespecificeerd in de bijlagen van de richtlijnen. De lidstaten zijn verplicht ervoor te zorgen dat de habitattypes en soorten waarvoor deze gebieden werden aangewezen in stand gehouden worden en zelfs hersteld worden. Om hiertoe te komen moeten de lidstaten per gebied instandhoudingsdoelstellingen opstellen. Hierin wordt kwantitatief bepaald wat moet beschermd worden en wordt van elk habitattype ook een goede conditie tabel opgemaakt. Dit geeft een aantal abiotische en biotische criteria aan waaraan de habitats moeten voldoen.

Specifieke monitoring wordt niet voorgeschreven, maar de EU-richtlijnen verplichten de lidstaten regelmatig (om de 6 jaar) te rapporteren over de staat van instandhouding van soorten en habitattypen. In de beheerplannen maken de betrokken partijen afspraken over de inhoud en het proces van monitoring. Dit betekent dat volgens de oplijsting van de afzonderlijke instandhoudingsdoelen verschillende luiken i.v.m. diversiteit, habitatkwaliteit en arealen moeten worden opgevolgd.

De monitoring nodig voor EU-VR en HR moet dus de nodige informatie omvatten om het al dan niet halen van de geformuleerde instandhoudingsdoelstellinegn te kunnen evalueren. Daarnaast moet het de nodige inforamtie omvatten voor de soorten en habitats opgenomen in de appendices van de richtlijnen (voor een overzicht zie Donkers et al., 2007).

2.3. Kaderrichtlijn Water (KRW)

Sinds het najaar van 2000 zijn de bepalingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) van toepassing op de Schelde en dit houdt in het verbeteren van de algemene kwaliteit van watersystemen in het volledige stroomgebied. In 2015 moeten alle Europese waterlichamen aan de ecologische kwaliteitsbeoordeling “goed” voldoen zowel op chemisch, fysico-chemisch, hydro-morfologisch en biologisch vlak. De Kaderrichtlijn Water verplicht te zijner tijd tot het monitoren van de parameters fytoplankton, macrofyten, macrofauna, vissen

om daarmee te kunnen beoordelen of het waterlichaam aan het Goed Ecologisch Potentieel voldoet.

Artikel 8 van de KRW verplicht de lidstaten tot het opzetten van programma's voor de monitoring van de watertoestand, teneinde een samenhangend totaalbeeld te krijgen van de watertoestand binnen elk stroomgebieddistrict.
In uitvoering van artikel 67 dienen de Vlaamse en Nederlandse regeringen voor elk stroomgebieddistrict de programma's voor de monitoring van de watertoestand op te stellen. De programma's dienen uiterlijk 22 december 2006 in uitvoering te zijn.

Dit gaf aanleiding tot een voorgesteld programma met volgende karakteristieken (Tabel 4.2). Meer afstemming tussen beide landen was wenselijk geweest.

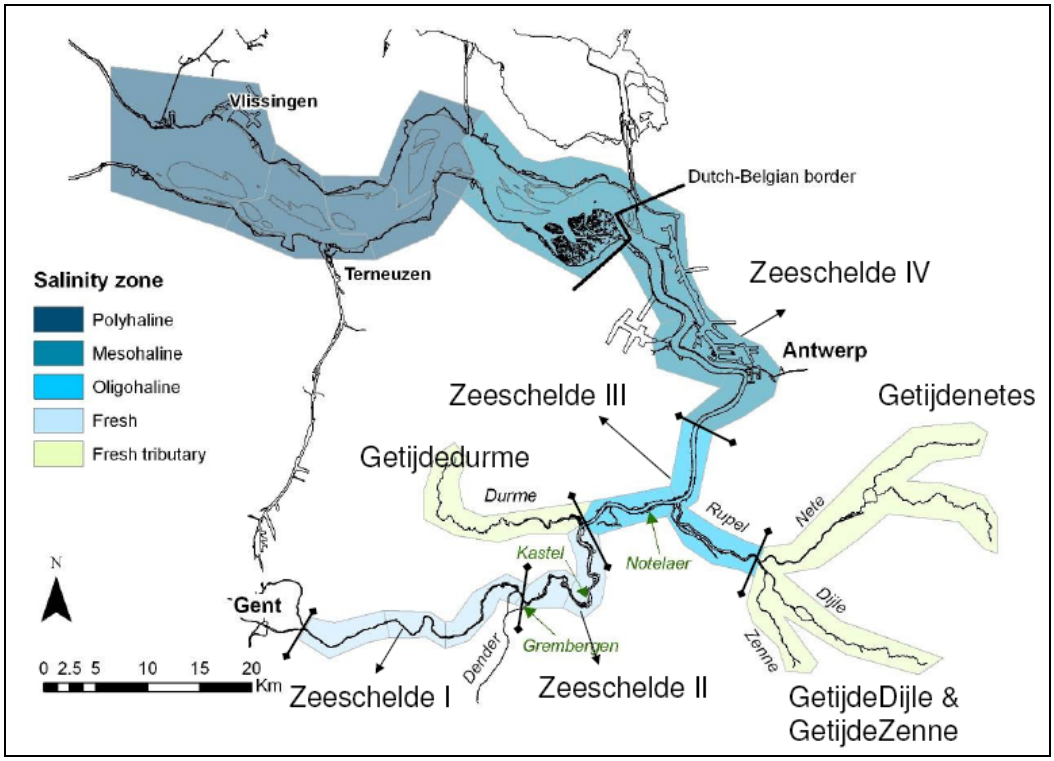
Tabel 4.2 Samenvattende tabel bemonsteringsfrequentie voor Vlaanderen en Nederland

	Kwaliteitselement	Meetfrequentie (per jaar)	
		Vlaanderen	Nederland
		KRW	KRW
Biologie	Fytoplankton	Maandelijks (zomerhalfjaar)	7
	Angiospermen (niet-submers)	1	1
	Macro-invertebraten	1	2
	Vissen	2	2
Chemie	Prioritaire stoffen die geloosd worden (bijlage X)	12	12
Fysico-chemie	Relevante Specifieke verontreinigende stoffen (bijlage VIII)	12	4
	Algemene fysisch-chemische parameters (*Biol.ondersteunend)*	12	4
Hydro-morfologie	*(Biol.ondersteunend)*		
	Getijdenregime	Continu	1
	Morfologie	1	
	Debiet zoet water		1
	Verhoudingsgetal horizontaal getij		1
	Golfklimaatklasse		1
	Overheersende stroomrichting en -snelheid		1
	Hypsometrische curve		1
	Soort bodem		1
	Samenstelling substraat		1
	Soort intergetijdengebied		1
	Soort oever		1
	Kust-en oeververdediging		1
	Landgebruik oeverzone		1

Tabel 4.2 (vervolg)

	Kwaliteitselement	Meetfrequentie (per jaar)	
		Vlaanderen	Nederland
		Decreet IWB	
Kwantiteit	Waterpeilen	Continu	
	Neerslag	Continu	
Sediment	Sedimentconcentraties	**Continu**	

De keuze van de monsterpunten wordt zowel in Nederland als in Vlaanderen bepaald door de keuze van zgn. waterlichamen. Het Schelde-estuarium, zoals beschouwd in de INBO-beoordelingsmethode (zie 4.1), bestaat uit 7 waterlichamen. Binnen elk waterlichaam dient monitoring te gebeuren. Er is echter, zeker in Vlaanderen, momenteel nog discussie over deze opdeling. Voor de parameters die gebiedsdekkend verzameld worden (bv. vegetatie, diversiteit habitats etc.) vormt deze opdeling uiteraard geen probleem. Voor discrete bemonsteringen (fysico-chemie; macrozoöbenthos, ecologisch functioneren) is het meetnet voldoende dicht voorzien om in elk waterlichaam een representatief aantal punten te hebben.



Figuur 2.1: Overzichtskaart waterlichamen Schelde-estuarium (uit Brys et al., 2005)

2.4. Vergunningen

In het kader van de vergunning verlening worden verschillende monitoring verplichtingen opgelegd, zoals het opvolgen van de waterbodemkwaliteit. In het monitoring voorstel worden deze verplichtingen overgenomen en geïntegreerd in het geheel.

2.5. Besluit

Hoewel de verschillende beleidskaders monitoring vereisen, zijn er, op de KRW na, weinig specifieke en concrete monitoringsvoorschriften opgenomen. Deze verplichtingen kunnen dan ook niet als sturend voor het monitoring programma gezien worden. Omgekeerd moeten we de zekerheid hebben dat het voorgestelde monitoring programma voldoende informatie omvat om te kunnen rapporteren voor de respectievelijke wetgevingen en/of beleidskaders.

De algemene doelstellingen zoals geformuleerd in de LTV en de OS2010 zijn het meest omvattend maar zijn (op een aantal variabelen na, bv. diepte vaargeul, veiligheid) ook niet nauwkeurig geformuleerd noch gekwantificeerd, maar hebben eerder betrekking op het behoud van robuuste natuur en een dynamisch estuarium waar natuurlijke processen plaatsgrijpen. Een aantal van die concepten zijn reeds uitgewerkt in concretere parameters en/of indicatoren. Ecolas (2005), Donkers et al. (2007), Kuijper et al. (2007 en de MER (2007) sommen een groot aantal parameters op voor de hydrodynamische en morfologische ontwikkeling van het gebied evenals gewenste trends voor die parameters (bv. behoud meergeulenstelsel geconcretiseerd in parameters zoals de verhouding tussen het wateroppervlak op hoog en laag water, r_s, als karakterisering van het intergetijdengebied in combinatie met de breedte-dipete verhouding van een bochtgroep ten opzichte van gemiddeld zeeniveau, β, en/of de ratio van de diepte bij hoog en laag water, r_D (Donkers et al. 2007). Voor de Vlaamse instandhoudingsdoelstellingen werden dan weer criteria voor het ecologisch functioneren opgenomen (Adriaenssens et al., 2005).

Evenwel moet benadrukt worden dat voor Vlaanderen ook het geactualiseerde Sigmaplan en de regeringsbeslissing hierover van 20 juli 2005 en (28 april 2006) volledig worden meegenomen. Immers de OntwikkelingsSchets 2010 projecten en de LTV 2030 visie werden vertaald binnen het geactualiseerde Sigmaplan dat bijgevolg niet alleen die projecten omvat maar veel omvangrijker is. Gezien die projecten een geheel vormen voor zowel het luik Natuurlijkheid als Veiligheid, worden ze hier ook meegenomen.

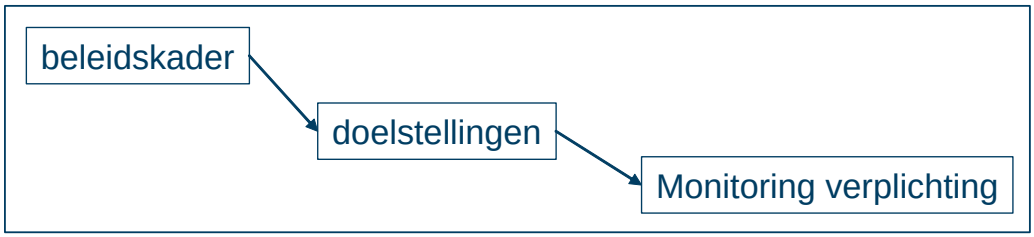
Om aan al de gestelde vereisten te voldoen biedt een geïntegreerde systeemmonitoring de meeste garantie op resultaat. Immers de systeemmonitoring omvat alle parameters vereist voor de verschillende doeleinden en is gekoppeld met het modelinstrumentarium wat toepassing en verdere ontwikkeling hiervan toelaat.

Hoofdstuk 3. Filosofie

3.1. Inleiding

In voorgaand hoofdstuk werden de beleidskaders toegelicht. Dit beleidskader is echter niet toereikend om een goed monitoringsprogramma op te stellen voor het Schelde-estuarium. Wettelijke bepalingen inzake het meten van een parameter kunnen dus niet het enige criterium vormen om een parameter al dan niet op te nemen in voorliggend programma.

Immers uit de beleidskaders vloeien doelstellingen voort. Aan deze doelstellingen zijn de monitoringsverplichtingen verbonden (fig 3.1). De doelstellingen en/of monitoringsverplichtingen zijn echter meestal niet in voldoende detail uitgewerkt. In milieuregelgevingen werden bijvoorbeeld concentraties bepaald voor diverse stoffen, maar nutriëntratio's zijn niet opgenomen. Nochtans zijn het precies die ratio's die naast concentraties determinerend zijn voor de ontwikkeling van het plankton. Soorten die opgevolgd dienen te worden voor natuurregelgeving zijn meestal een selectie van zeldzame soorten, maar zelden werd de ecologische functie van de soort in rekening gebracht bij monitoringsverplichtingen. Bepaalde soorten spelen een erg belangrijke rol (bv. system engineers) maar zijn niet noodzakelijk beschermd en er is dan ook geen monitoringsverplichting. Toch kunnen juist die soorten determinerend zijn voor de ontwikkeling van het systeem.



figuur 3.1: afleiden van monitoring verplichtingen.

Anderzijds worden nu reeds verschillende parameters opgevolgd, zonder enig concreet beleidskader. Er zijn geen wettelijke gronden om gebiedsdekkende bathymetrie uit te voeren. Het opmeten van debietsraaien, sedimenttransporten of waterstanden is overduidelijk essentieel bij een goed beheer van de waterweg naar veiligheid, natuurlijkheid en toegankelijkheid toe. Nochtans bestaan er geen wettelijke bepalingen over aantallen of frequenties van deze metingen.

De beleidskaders kunnen dus niet als enige basis voor dit monitoringsplan fungeren. De beleidskaders zijn een onvoldoende kader voor het uit te voeren monitoring programma, wanneer men de bekomen resultaten ook wil gebruiken om het huidig en toekomstig beheer af te stemmen, maw om maatregelen te

plannen en uit te voeren met het oog op het behoud van de belangrijkste systeemkarakteristieken waarvan er vele vastliggen in de beleidskaders!

De uitdagingen voor een goed monitoringsprogrmma zijn daarom:

- Voldoen aan verschillende juridische vereisten
- Rationeel en economisch
- 1 consistent programma vormen dat voldoet als basis voor alle vereiste elementen. Dit wil zeggen dat alle data, nodig voor:
    - de nationale en internationale rapportages, KRW, EU VR-HR,…)
    - inschatten van effecten (T, V, N)
    - evaluatietools (modellen) moeten beschikbaar zijn
- inzicht bieden in hoe het systeem evolueert omdat er veel kans is dat er onverwachte ontwikkelingen zijn die flexibel en adaptief beheer zullen vereisen. Dit vereist kennis van het functioneren van het systeem

3.2. Monitoring in het kader van toegankelijkheid, veiligheid en natuurlijkheid

Het bereiken van alle doelstellingen (voor toegankelijkheid, veiligheid en natuurlijkheid) vergt de komende jaren grote ingrepen in het Schelde estuarium. Het is duidelijk dat een uitgebreide monitoring vereist is. Enerzijds moet de monitoring in staat zijn om na te gaan of alle vooropgestelde doelstellingen worden gehaald. Die doelstellingen moeten getoest worden aan de hand van een aantal (wettelijk bepaalde) graadmeters. Anderzijds moet de monitoring nagaan of er geen onverwachte negatieve ontwikkelingen plaatsvinden.

Als bepaalde doelstellingen niet worden gehaald, of negatieve effecten zich voordoen, moet ten eerste de oorzaak achterhaald kunnen worden: wat is verantwoordelijk voor het eventuele falen: bepaalde ingrepen, natuurlijke trends,…. Ten tweede moeten op basis van de monitoringsresultaten eventuele nieuwe maatregelen kunnen genomen worden. Indien echter blijkt dat externe factoren (bv klimaatsverandering, wereldwijde achteruitgang van een doelsoort, ...) de oorzaak zijn voor de discrepantie tussen doel en toestand, zal dat in dit geval niet tot maatregelen moeten en kunnen leiden (tenminste niet in het gebied zelf).

Het monitoringsprogramma moet dus duidelijk toelaten causale verbanden tussen de ingreep (bv verruiming vaargeul) en de effecten (bijvoorbeeld ecologie) te ontwaren. Voor het luik Toegankelijkheid betreft het vooral causale verbanden tussen ingreep en mogelijk negatieve gevolgen. Voor het luik Natuurlijkheid/Veiligheid zal voor vele ingrepen getoetst moeten worden of de vooropgestelde doelstellingen worden bereikt, en wat de relatie is tussen ingreep en het bereikte effect. Alleen dan kan aannemelijk worden gemaakt of bepaalde waargenomen veranderingen met een zekere waarschijnlijkheid kunnen worden toegeschreven aan de ingreep of dat dat niet het geval is.

3.3. Monitoringsdoelstellingen

Monitoring kan gebeuren voor verschillende doeleinden. Voor de toepassing van de Kaderrichtlijn Water maakt men onderscheid tussen 3 vormen van monitoring (zie kader).

Kader: monitoring voor de Kader Richtlijn Water (Naar Maeckelberghe, 2003)

A. De **toestand- en trendmonitoring** is een intensief monitoringprogramma waarbij gedurende een heel jaar voor een groot aantal parameters gemeten wordt op een aantal relevante meetpunten ter evaluatie en ondersteuning van de beoordeling van de effecten van de druk van menselijke activiteiten op het waterlichaam maar ook om over voldoende meetgegevens te beschikken om de veranderingen op lange termijn te kunnen evalueren. Dit meetprogramma dient gedurende één jaar in de door het stroomgebiedbeheerplan bestreken periode voor elke monitoringlokatie verricht te worden voor in principe alle parameters.
B. De **operationele monitoring** dient er op gericht te zijn de effecten van de uitvoering van de maatregelenprogramma's op te volgen. Bijzondere aandacht dient hierbij te gaan naar de waterlichamen die gevaar lopen de vooropgestelde doelstellingen niet te bereiken alsook naar waterlichamen die onderhevig zijn aan lozingen van prioriteitsstoffen. Dit meetprogramma dient te worden uitgevoerd voor de biologische en hydromorfologische kwaliteitselementen die het meest gevoelig zijn voor de vastgestelde belasting alsook voor alle geloosde prioriteitsstoffen of andere in relevante hoeveelheden geloosde gevaarlijke stoffen. De meetfrequentie dient door de lidstaten vastgesteld te worden, maar dient in regel te geschieden met tussenpozen die niet langer zijn dan deze die aangegeven worden in de richtlijn
C. De **monitoring voor nader onderzoek** tenslotte dient erop gericht te zijn de nodige informatie te verschaffen om maatregelenprogramma's op te maken wanneer van een overschrijding vastgesteld wordt waarvan de oorzaak niet gekend is of om de omvang en het effect van een incidentele verontreiniging vast te stellen.

Deze types monitoring, die in eerste instantie bedoeld zijn om de doelstellingen van de KRW af te toetsen zijn evenwel generiek en toepasbaar voor andere doeleinden. Naast de KRW is monitoring nodig voor verschillende andere beleidsdomeinen (zie hoger), waarbij op het eerste zicht het opvolgen van populaties van soorten weinig relatie vertoont met het opvolgen van de hoeveelheid gestorte specie op een bepaalde lokatie.

In het kader van MONEOS werd gekozen om een monitoring programma op te stellen voor het luik Toegankelijkheid (Donkers et al., 2007), Natuurlijkheid en Veiligheid. Daarnaast werd gepleit om een onderscheid te maken tussen een

effectmonitoring, gericht op het vastleggen van de effecten van afzonderlijke maatregelen voor Toegankelijkheid (T), Veiligheid (V), Natuurlijkheid (N) en de systeemmonitoring van de effecten van het gehele maatregelenpakket van de OS2010 gerelateerd aan de LTV2030 doelstellingen voor T, V, en N. De effectmonitoring moet kunnen aangeven wat de impact is van individuele ingrepen op (delen van) het systeem. Hiervoor dient een denkmodel geformuleerd te worden waarin de mogelijke effectketens zijn gedefinieerd. De parameters vervat in het denkmodel moeten dan opgevolgd worden. Het verschil tussen effect monitoring en systeem monitoring wordt samengevat in onderstaand kader (gebaseerd op een nota van B. Van Eck).

a. Effect monitoring: monitoring van de effecten van de afzonderlijke maatregelen voor toegankelijkheid, natuurlijkheid en veiligheid (tegen overstromingen). Deze taak is opgenomen door MONEOS-T, -V en –N.
b. Systeemmonitoring: monitoring van de effecten van het gehele maatregelenpakket van de OS2010 gerelateerd aan de LTV2030 doelstellingen voor veiligheid, natuurlijkheid en toegankelijkheid. Deze taak is opgenomen in voorliggend rapport.

Het voorstel voor een "geïntegreerd, gemeenschappelijk monitoringprogramma voor de OS2010" hieronder gaat expliciet uit van deze tweedeling. Er komt dus monitoring voor evaluatie van afzonderlijke maatregelen (a.) en monitoring voor de evaluatie van het gehele maatregelenpakket (b.). De monitoring van a. kan wel gedeeltelijk genest worden in de monitoring van b.

Het volgende voorbeeld (voor de Westerschelde) maakt het verschil duidelijk tussen de twee types monitoring.

Het resulterende onderhoudsbaggerwerk na realisatie van de verruiming van de vaarweg tot 13,1 m getijonafhankelijk kan invloed hebben op de troebelheid of het doorzicht en daarmee op de primaire productie in de waterkolom in de lichtgelimiteerde Westerschelde ofwel op de productiviteit van de Westerschelde. Dit leidt tot monitoring van het onderhoudsbaggerwerk, de troebelheid en het onderwaterlichtklimaat als mogelijke directe gevolgen van deze specifieke ingreep.

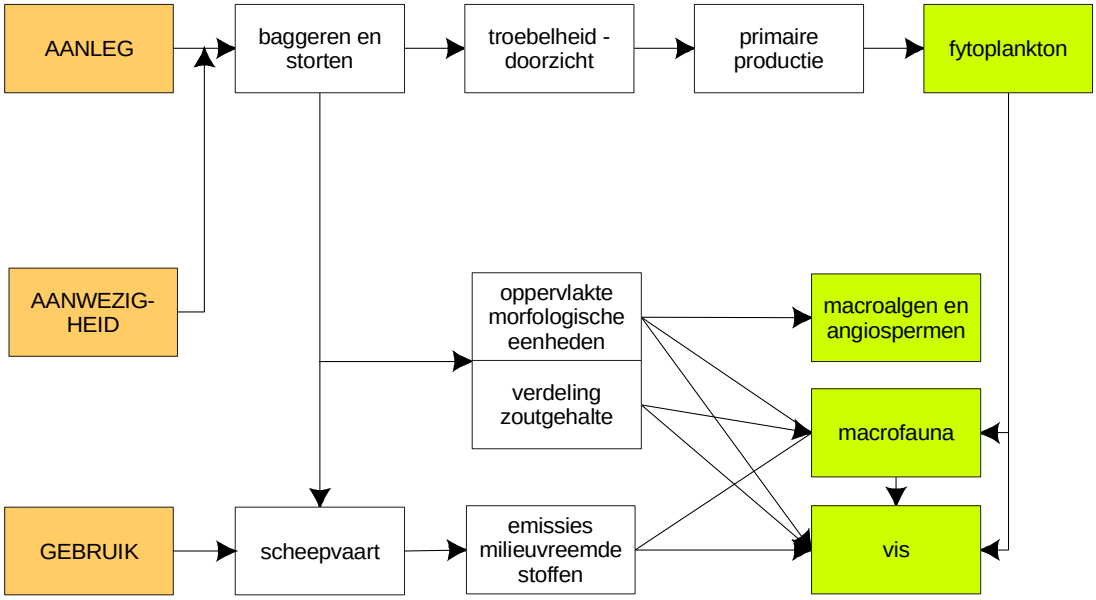
Vanuit de LTV2030 doelstellingen voor natuurlijkheid is af te leiden "behoud van de productiviteit van de Westerschelde". Dit kan gemonitord worden via het meten van de primaire productie in de waterkolom en de waterbodem (eventueel aangevuld met (productiviteits)doelstellingen vanuit de visserijfunctie).

Het bovenstaande voorbeeld maakt het verschil tussen de twee verschillende monitoringen duidelijk. De effectmonitoring is gericht op het evalueren van de verwachte, vaak in een MER voorspelde, effecten van een OS2010 maatregel. De LTV2030 monitoring geeft het effect van het geheel aan maatregelen van de OS2010 weer en evalueert dat effect t.o.v. de doelstellingen van de LTV2030. In het ideale geval is de evaluatie van de effectmonitoring direct te koppelen aan maatregelen, om eventueel niet gewenste effecten weer teniet te doen. De evaluatie van de LTV2030 monitoring is dat niet omdat enerzijds deze monitoring het effect van het geheel aan genomen maatregelen weergeeft en anderzijds (in het voorbeeld) een afname van de productiviteit ook aan andere factoren dan aan OS2010 maatregelen kan liggen. De LTV2030 monitoring omvat dus meer het functioneren van het systeem als geheel terwijl de effectmonitoring zich meer richt op de directe effecten van OS2010 maatregelen.

3.4. Beperkingen van effectmonitoring

Het is evenwel duidelijk dat de voorgestelde opsplitsing niet gemakkelijk is. Het estuarium is een zeer complex systeem dat door verschillende menselijke activiteiten en natuurlijke processen wordt beïnvloed. De effecten van een ingreep hebben daarom de facto niet altijd een lokaal effect (bv. effect op waterhoogte). De effectmonitoring moet kunnen aangeven wat de impact is van individuele ingrepen op (delen van) het systeem. Om deze verbanden te kunnen onderzoeken moeten de effectketens gekend zijn waarlangs effecten als gevolg van de 'primaire' ingreep al of niet via tussenvariabelen tot uiting komen in veranderingen in relevante parameters. Sommige effecten zijn niet of moeilijk direct te meten, maar kunnen ingeschat worden aan de hand van modellen. De monitoring zal dan, naast het rechtstreeks meten van bepaalde variabelen, gericht zijn op het leveren van adequate input voor deze modellen, om zo de gevolgen en de ingreep-gevolg relaties te visualiseren.

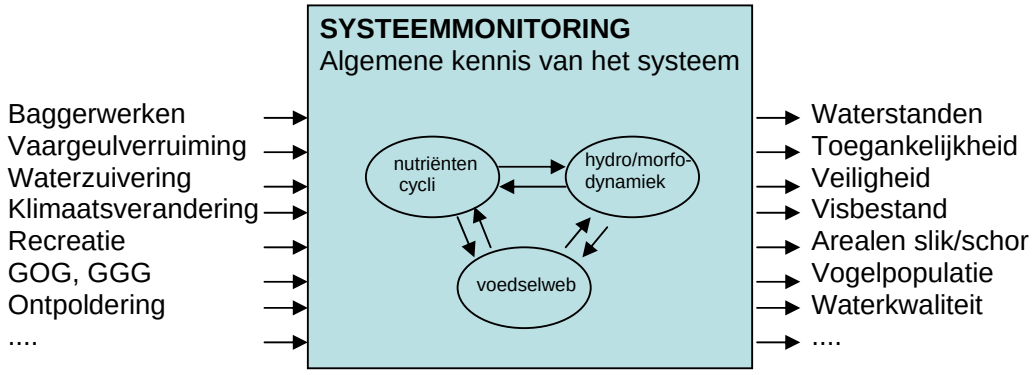
De effectketens moeten dus aangeven welke gevolgen een bepaalde ingreep kan hebben, en dus welke zaken nauwlettend opgevolgd moeten worden. Figuur 3.2 toont zo'n effectketen, hier voor de mogelijke effecten van verruiming op het ecologisch functioneren. Hieruit blijkt onmiddellijk dat verruiming een hele keten van effecten teweeg kan brengen. Om in het voorbeeld de effecten op fytoplankton in kaart te brengen, dienen meteen een hele reeks parameters in acht genomen te worden. Metingen van enkel Chl a, als maat voor biomassa, zullen niet volstaan om de effecten van fytoplankton binnen het ecologisch functioneren te kaderen (zie hoofdstuk 9.2).



figuur: 3.2 Voorbeeld van een effectketen: effecten van verruiming op ecologisch functioneren (overgenomen uit Donkers et al. 2007, fig 3-3).

Hoewel reeds zeer volledig, loopt zo'n schema altijd het risico een effectketen te onderschatten of over het hoofd te zien. Door monitoring strikt te beperken tot het opvolgen van de te verwachten effecten, worden mogelijks andere belangrijke gevolgen niet gedocumenteerd. In het aangehaalde voorbeeld zijn bijvoorbeeld mogelijke effecten van verhoogde SPM-concentraties op sedimentatie op de slikken niet opgenomen. Wijzigende sedimentatie kan een significante impact hebben op de primaire productie van het fytobenthos, en secundaire productie van het zoöbenthos.

Anderzijds zal niet enkel de beschouwde ingreep gevolgen kunnen hebben op het ecosysteem. Om eenduidig oorzaak en gevolg te koppelen, zullen ook wijzigingen in alle andere systeemvariabelen opgevold moeten worden. Fytoplankton en primaire productie bijvoorbeeld zullen beïnvloed worden door tal van factoren, zodat het niet eenvoudig wordt om de effecten van verruiming hieruit te destilleren zonder de andere gewijzigde factoren gedocumenteerd te hebben. Het estuarium is immers een complex ecosysteem, dat enkel gevat kan worden via een complexe systeemmonitoring. Figuur 3.3 geeft een modelmatige voorstelling van het Schelde-ecosysteem, met interacties tussen het voedselweb, nutriëntencycli en de hydro/morfodynamiek. Talrijke factoren, zowel ingrepen voorzien binnen LTV maar ook externe factoren, kunnen dit systeem beïnvloeden en resulteren in uiteenlopende effecten.



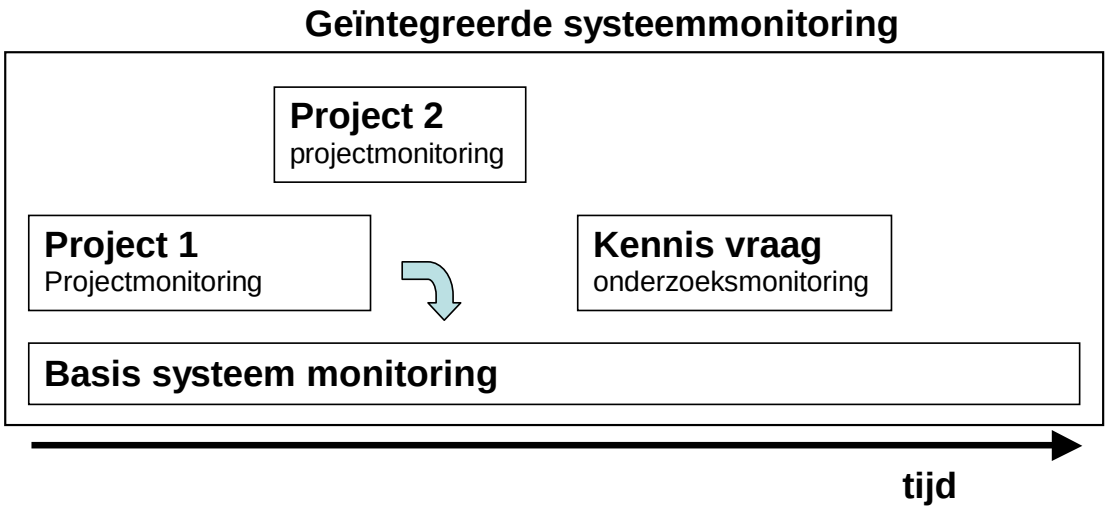
Figuur 3.3: systeemmonitoring

Het is dus duidelijk dat de voorgestelde opsplitsing tussen effectmonitoring en systeemmonitoring niet gemakkelijk is. Het estuarium is een zeer complex systeem dat door verschillende menselijke activiteiten en natuurlijke processen wordt beïnvloed. De effecten van een ingreep hebben daarom de facto niet altijd een lokaal effect (bv. effect op waterhoogte).

3.5. Naar een geïntgegreerde systeemmonitoring

Dit MONEOS monitoringsvoorstel gaat uit van een systeemmonitoring: deze parameters opvolgen die vereist zijn om het volledige systeem te karakteriseren.

Naast de systeemmonitoring bestaat er specifieke projectmonitoring. Dit is een meer gedetailleerde opvolging van bepaalde ingrepen en kan beschouwd worden als een effectmonitorig zoals hierboven beschreven. De specifieke projectmonitoring wordt genest in deze systeemmonitoring. Met andere woorden: de systeemmonitoring biedt het algemene kader, beschrijft de algemene toestand van het gehele estuarium in alle relevante geledingen. Waar nodig worden dan bijkomend, binnen project monitoring, monitoringsinspanningen verhoogd, maar beperkt in tijd en ruimte. Het is immers essentieel dat een monitoringsprogramma zo kost efficiënt mogelijk is. Anderzijds moet het ons ook in staat stellen om trends effectief aan te tonen binnen een redelijke termijn waarbinnen ze optreden en moet het ons helpen om oorzakelijke verbanden vast te stellen. Dit laatste is essentieel als basis voor eventueel te nemen maatregelen. Onderstaande figuur illustreert de relatie tussen project- en systeemmonitoring.

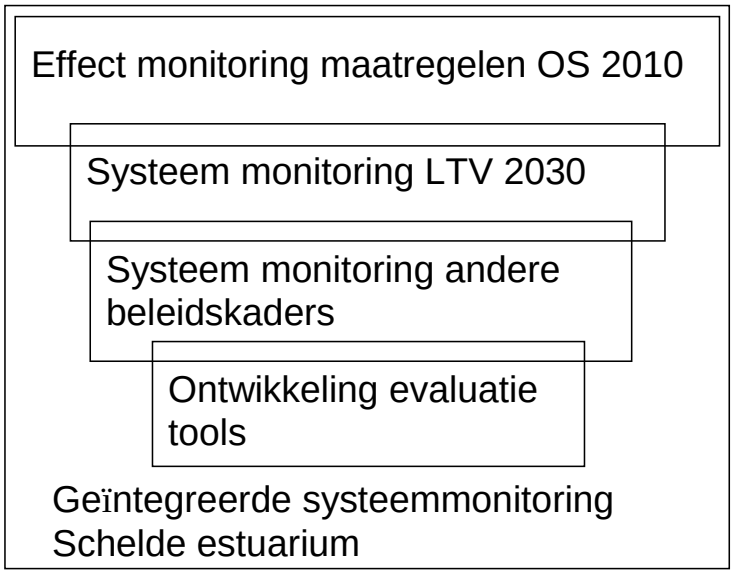


Figuur 3.4. Relatie tussen project en systeem monitoring.

Grosso modo kunnen we dus stellen dat er a priori een project monitoring nodig is voor de verschillende afzonderlijke maatregelen, onder de vorm van een beperkte, lokale uitbreiding van de systeemmonitoring. Het is duidelijk dat enkel zo de verschillende maatregelen, die individueel of als geheel effecten kunnen hebben die niet meetbaar zijn op de schaal van de ingreep, misschien wel meetbaar zijn op de schaal van het estuarium (of een deel ervan) en indirect ook op andere parameters.

Dit monitoringsvoorstel wil dus geen afbreuk doen aan de logica om een onderscheid te maken tussen effectmonitoring en systeemmonitoring. Het stelt wel de effectmonitoring, hier opgenomen in projectmonitoring, ondergeschikt aan de systeemmonitoring. Systeemmonitoring moet in dit voorstel niet enkel globale trends opvolgen, het moet ook in staat zijn estuariene processen bloot te leggen om effecten rechtstreeks te kunnen koppelen aan ingrepen. Alleen is voor dit laatste een eventuele uitbreiding van de monitoringsactiviteit vereist om de lokaal

vereiste effecten met hogere resolutie te vatten. Het verdient dus aanbeveling om voor de verschillende elementen (effect of project monitoring, systeem monitoring etc.) een zeer duidelijk denkmodel te formuleren met hypotheses over de mogelijke ontwikkelingen (oa. effecten). Afhankelijk van de te maken evaluatie kan dan de relevante informatie uit de systeemmonitoring gehaald worden, aangevuld met project monitoring. Het voordeel om voor één systeemmonitoring te kiezen is dat het de beste garantie geeft op een maximale integratie en optimalisatie van ingezette middelen. Immers één van de krachtlijnen van het programma zou precies het geïntegreerde karakter moeten zijn. Nu worden al te vaak gerelateerde parameters op verschillende temporele en ruimtelijke schalen gemeten, waardoor het in verband brengen van die parameters niet steeds mogelijk is. We willen dan ook ten zeerste pleiten voor een geïntegreerde monitoring van het volledige estuarium, wat tot optimale synergieën kan leiden. De logica is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 3.5: Overzicht van de geïntegreerde systeemmonitoring, samengesteld deels overlappende programma's en aangevuld met extra parameters voor een goede, volledige beschrijving van het systeem.

Het systeemmonitoringprogramma (al dan niet met lokale detaillering via projectmonitoring) moet dan antwoord bieden op onder ander volgende vragen:

- Estuarium brede effecten van de verruiming en van met de verruiming samenhangende activiteiten en onderhoudswerkzaamheden op de morfologie, natuur, ecologie en waterkwaliteit van het Schelde-estuarium
- Effecten van aanlegwerkzaamheden van GOG, GGG, ontpoldering, wetlands, dijkverzwaringen op het estuarium
- de maatregelen ten behoeve van Natuurlijkheid moeten getoetst kunnen worden aan de te halen doelstellingen.

- signalen over eventuele ongewenste effecten tijdig kunnen worden geïdentificeerd; in het MER voorspelde effecten kunnen worden geverifieerd
- de resultaten kunnen dienen als hulpmiddel bij de selectie van geschikte stortlocaties.
- bij negatieve effecten, flankerende maatregelen kunnen uitgewerkt worden op basis van de resultaten
- bij het niet halen van IHD, bijkomende/andere maatregelen kunnen uitgewerkt worden met de conclusies uit de systeemmonitoring

Daarnaast is het van zeer groot belang dat de monitoring de nodige informatie levert voor de modellen. Het gebruik van modellen is immers onontbeerlijk voor een goede interpretatie van de resultaten. Anderzijds zijn modellen essentiële tools voor het plannen van nieuwe ingrepen. Voor beide toepassingen zijn goede gegevens nodig, immers de kwaliteit van de output van modellen is rechtstreeks evenredig met de input. Tijdens het opstellen van de MER is duidelijk geworden dat voor het betrouwbaar inzetten van sommige modellen er een absoluut tekort is aan de goede data. De systeemmonitoring moet daarin voorzien.

Systeemmonitoring en projectmonitoring zullen evenwel niet in staat zijn om alle vragen op te lossen. Op veel punten is er nog een gebrek aan wetenschappelijke kennis. Die hiaten moeten opgevuld worden met specifieke onderzoeksprojecten, wat vaak onderzoeksmonitoring inhoudt. Dit betekent het opvolgen van een serie parameters in een gegeven gebied voor een beperktere periode, met als doel een antwoord te kunnen formuleren op een kennisvraag. Dit moet leiden tot nieuwe inzichten, betere modelformuleringen, alternatieve monitoringsprocedures etc. Dit type monitoring, erop gericht om wetenschappelijke vragen te beantwoorden, valt niet steeds onder projectmonitoring. De wetenschappelijke vraag vloeit immers niet altijd rechtstreeks voort uit een ingreep in het estuarium. Enkele voorbeelden:

- Onderzoeksmonitoring kan erop gericht zijn een nieuwe meettechniek te testen, om zo de bestaande monitoring beter of kostenefficiënter te maken.
- De sterke toename van de algenpopulatie de laatste jaren in de Zeeschelde blijft nog deels onverklaard. Als deze omslag niet verklaard kan worden, wordt het moeilijk om de effecten van ingrepen op de algenpopulatie correct in te schatten. Onderzoeksmonitoring zal nodig zijn om de mechanismen hierachter beter te verklaren.

Samengevat kunnen we stellen dat:
We pleiten voor 1 geïntegreerd monitoringsproject voor het volledige Schelde-estuarium dat een basis systeemmonitoring is waarvoor de resultaten kunnen gebruikt worden voor de verschillende relevante beleidsdomeinen en waarin specifieke projectmonitoring kan genest worden. Essentieel is om een coherente monitoring te hebben van alle relevante factoren waarbij de nadruk ligt op zo veel mogelijk geïntegreerde metingen (zoveel mogelijk parameters meten op zelfde ruimte- en tijdschaal, en maximaal mogelijkheden voor extrapolatie van gegevens). Deze monitoring vormt de basis dataset die centraal wordt bijgehouden en jaarlijks wordt gerapporteerd.

3.6. Databeheer

Naast het uitwerken en uitvoeren van een monitoring programma is ook het ter beschikking hebben van de basis gegevens of informatie essentieel. We willen hier dan ook ten zeerste pleiten voor het opzetten van een systeem waarbij een centraal aanspreekpunt geïnstalleerd wordt dat als dataknooppunt kan dienst doen. Dit knooppunt moet intstaan voor databeheer zelf, niet enkel voor de metadata. Het moet een knoopunt zijn dat toegang biedt tot de eigenlijke data. Alle data, van zowel Nederlandse als Vlaamse zijde, dient hier te worden samengebracht. Vele data zit nu versnipperd bij verschillende instanties, zodat er geen overzicht is van wat reeds beschikbaar is. Voor langetermijnanalyses zal het nodig zijn niet enkel alle recente data onder te brengen in dit knooppunt, maar ook belangrijke langlopende datasets hieraan toe te vertrouwen.

Het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) heeft hier reeds veel ervaring opgebouwd en heeft ook een uitgebreide "data policy" opgebouwd waarbij het gebruik van de gegevens geregeld is. Bovendien is het VLIZ nu al binnen LTV aangeduid als data-systeem-drager, namelijk met de Scheldemonitor, in opdracht van zowel de Vlaamse als Nederlandse betrokken waterwegbeheerders.

3.7. Analyse, evaluatie en rapportage

Daarnaast is het even belangrijk dat op zeer regelmatige tijdstippen basis gegegevens worden gerapporteerd en ter beschikking gesteld. Zo zouden bv. de bathymetrische gegevens voor het gehele estuarium als GIS lagen moeten ter beschikking zijn (bv. via VLIZ). Dit vereist evenwel dat er de nodige voorbewerkingen gebeuren op de ruwe data. Wij pleiten er dan ook voor dat er jaarlijks verslagen verschijnen van alle gemeten parameters op een duidelijk overzichtelijke synthetische manier (bv. grafische weergave van de gemeten waterstanden in alle tijposten gedurende dat jaar, overzicht vogeltellingen etc.). Het verdient aanbeveling om na te gaan om alle basisgegevens te rapporteren onder de vorm van indicatoren zoals momenteel gedaan wordt in het kader van MIRA (Milieu Rapport) en NARA (Natuur Rapport). Deze indicatoren zouden dan jaarlijks kunnen geüpdated worden met de meetgegevens van het laatste jaar en digitaal ter beschikking staan. Deze rapportage (onder de vorm van gedrukte rapporten of in digitale vorm) dient vooral om de data ter beschikking te hebben en om eventueel de nodige duiding te geven (bv. problemen bij een meetpost, uitzonderlijke omstandigheden etc.). Deze rapportage gaan niet in op een analyse of een evaluatie. Dit is het onderwerp van specifieke rapporten waarin data over een bepaalde periode geanalyseerd worden. We willen ervoor pleiten om zesjaarlijks een volledige evaluatie te maken van het systeem, waarbij alle onderdelen van de monitoring samengevat en geanalyseerd worden en waarbij ook een synthese op het niveau van effecten van individuele maatregelen en op systeemniveau gemaakt wordt. De periode van 6 jaar is consistent met de vereisten van de Kader Richtlijn Water. De periode van 6 jaar impliceert dat

verschillende lopende programma's, die nu gestoeld zijn op een vijfjaarlijkse cyclus, ook op een zesjaren-periode herwerkt moeten worden.

Essentieel voor een goed monitoringprogramma is dat er een protocol is voor permanente controle van de kwaliteit, intercalibratie, standaarden en protocollen etc. Data van verschillende instanties samenbrengen heeft pas echt zin als uniforme meettechnieken worden gehanteerd. Dit rapport streeft naar harmonistaie van de verschillende lopende monitoringsactiviteiten, ook wat betreft methodiek en kwaliteit. Hoewel op verschillende punten voorstellen worden geformuleerd, is het in dit rapport geenszins de bedoelig om in detail te treden over gebruikte technieken en kwaliteitsprocedures. Deze zullen geval per geval bekeken moeten worden.

Voor de evaluatie wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende evaluaties. Voor elke evaluatie (bv. effecten individuele projecten, systeemeffecten, evaluatie ten aanzien van KRW, EU VR en HR, …) moet een duidelijk denkmodel gemaakt worden waarin de mogelijke effect ketens worden beschreven en hypotheses worden geformuleerd. Dat kan ook leiden tot specifieke analyse technieken, al dan niet gebruik makend van modellen. Voor de evaluatie worden de nodige gegevens uit de databank gehaald.

Het analyseren van de ter beschikking zijnde datasets moet in eerste instantie met beschikbare statistische methoden gebeuren, maar modellen vormen onmisbare tools om de datasets te analyseren, bepaalde parameters te berekenen (bv. primaire productie, vrachten, etc.) en te kunnen discrimineren tussen verschillende beïnvloedende factoren. Het gebruik van modellen vereist ook een consistente dataset en de kwaliteit van de modeluitkomst is recht evenredig met de kwaliteit van de input gegevens, hoge resolutie modellen vergen hoge resolutie aan inputgegevens.

Hoofdstuk 4. Uitwerking van het monitoringprogramma

4.1. Inleiding

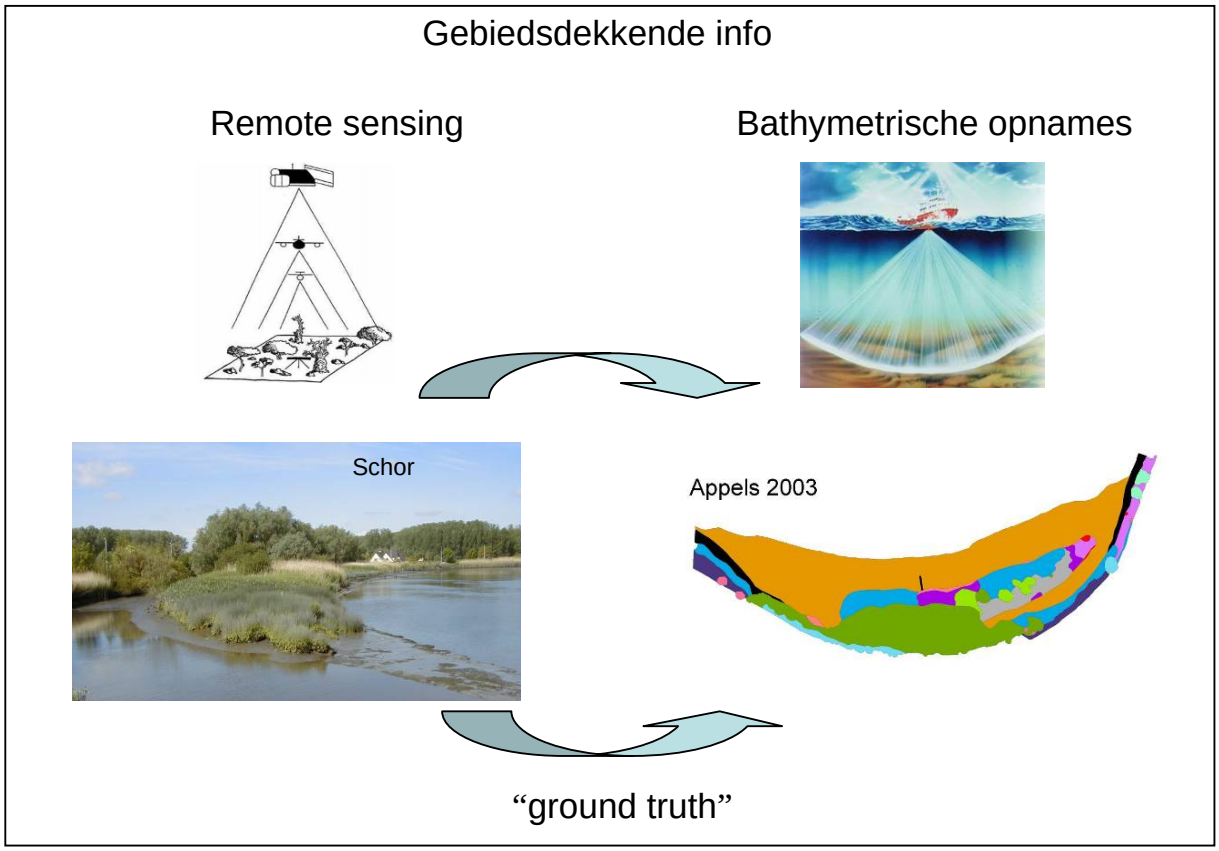
Momenteel lopen reeds heel wat monitoring projecten in de Schelde. Voor de uitwerking van voorliggend programma hebben we ons in belangrijke mate gebaseerd op het MONEOS-T monitoring rapport (Donkers et al. 2007) en de vertaling hiervan naar het programma MONEOS-T Vlaanderen (verkregen via Yves Plancke) en Nederland (verkregen via Marco Schrijver). Vervolgens waren beide inventarisatie rapporten (Leloup et al., 2007 en Wijsman et al. 2007) en de Schelde monitor (http://www.scheldemonitor.be/home.php) belangrijke informatie bronnen. Voor het luik MONEOS-N werd voor Vlaamse zijde een belangrijke input gekregen van Erika Van den Bergh (INBO) en werd uitgebreid overlegd met Peter Herman, Jacco Kromkamp, Vincent Escaravage, Tom Ysebaert (allen NIOO-CEME) en Johan Craeymeersch (IMARES), het luik MONEOS-V Vlaanderen werd door Marc Sas (IMDC) uitgewerkt (opgenomen in hoofdstuk 11).

Deze verschillende monitoringsprogramma's zijn ontstaan elk vanuit een eigen doelstelling en achtergrond. Wanneer we alle inspanningen tegen het licht houden dan is het duidelijk dat er enerzijds overlap is tussen verschillende programma's en dat anderzijds duidelijke hiaten aanwezig zijn. Het uitgangspunt voor de geïntegreerde systeemmonitoring moet dan ook zijn om het aantal meetpunten te beperken indien er nu overlap is, of indien meetpunten redundant zijn en streven naar een homogene spreiding van de punten over het volledige estuarium gericht op het meten van de:

- Ruimtelijke variatie
- Diepte variatie indien relevant
- Temporele variatie
- Zoveel mogelijk parameters simultaan op dezelfde plaats verzamelen om integratie van parameters mogelijk te maken.
-

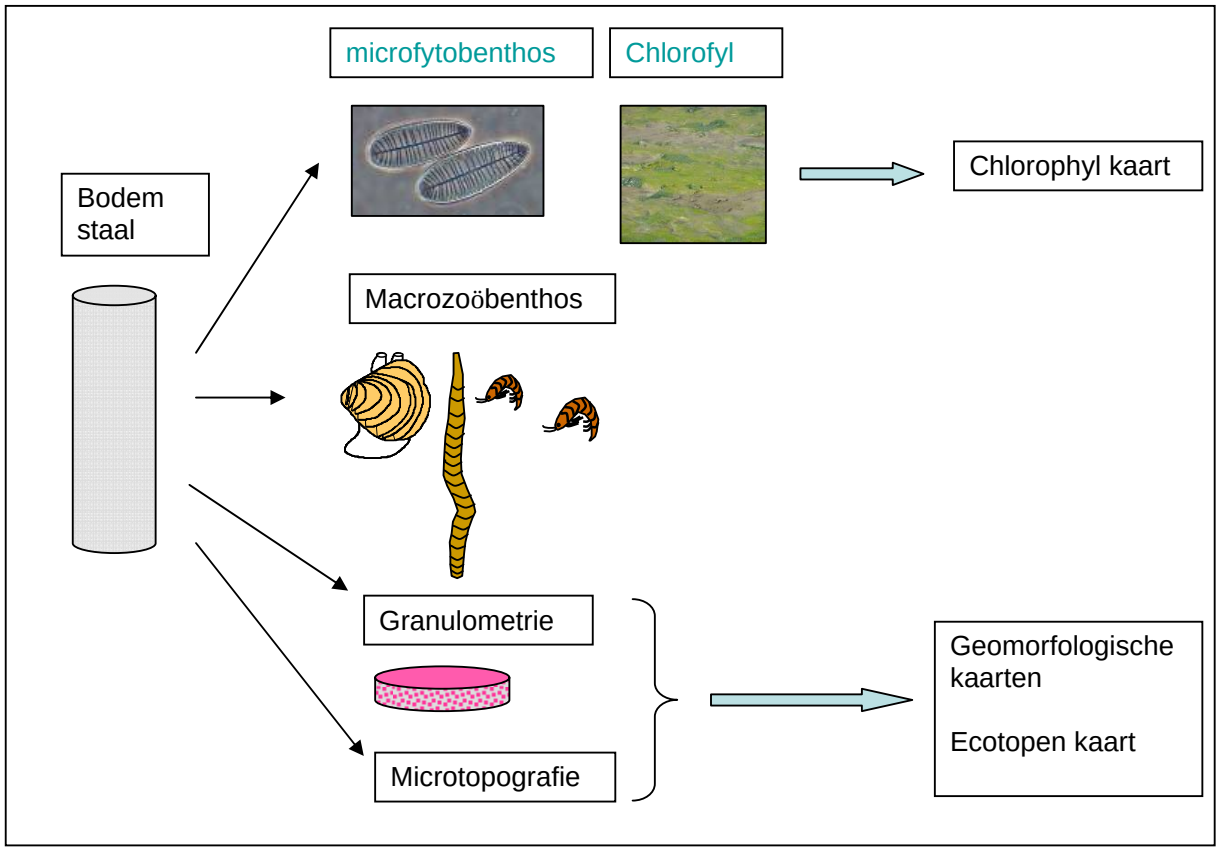
4.2. Strategie van het programma

Het monitoring programma bestaat in principe uit een combinatie van 2 belangrijke benaderingen. Vooreerst is er de gebiedsdekende info die de ruimtelijke (en diepte) variatie moet beschrijven (Fig. 4.1). Het gaat hier om de productie van verschillende kaartlagen die het mogelijk moeten maken om de morfologische ontwikkeling van het gebied te volgen over lange termijn. Dit omvat zowel de ontwikkeling van arealen aan specifieke habitats/ecotopen als de volume veranderingen en de ruimtelijke patronen van habitats/ecotopen.



Figuur 4.1. Gebiedsdekkende informatie wordt verzameld door een combinatie van remote sensing, bathymetrische opnames en “ground truth” metingen.

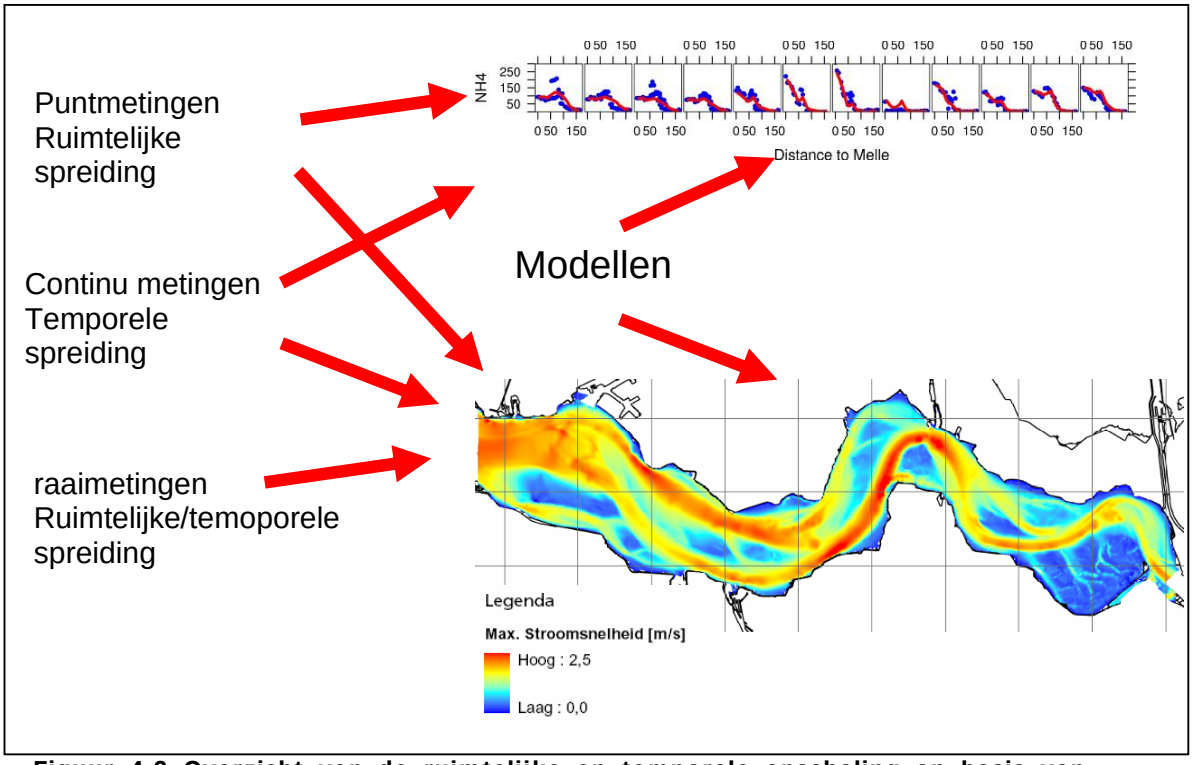
Verschillende metingen vereisen evenwel ook nog metingen van de “ground truth” om de verkregen informatie van remote sensing of bathymetrische opnames te calibreren (bv. vegetatie opnames, bodemstalen etc.) Dit geeft meteen een koppeling naar het 2de luik dat bestaat uit discrete metingen op punten en/of raaien (Fig. 4.2). Hierbij worden direct in het veld individuele parameters gemeten en/of stalen genomen voor analyse in het laboratoium. Deze bemonsteringen zijn vaak erg arbeidsintensief. Dit, maar nog veel meer de mogelijkheid om gegevens op 1 tijdstip verzameld op hetzelfde punt te kunnen integreren, maakt het nodig om de bemonsteringen voor verschillende disciplines zoveel mogelijk aan elkaar te koppelen. Die gegevens moeten ook in de mate van het mogelijke gebruikt worden als “ground truth” voor gebiedsdekkende info.



Figuur 4.2 Overzicht van intergratie van puntmetingen en de koppeling met gebiedsdekkende info.

4.3. Strategie van resolutie in ruimte en tijd

De resolutie van de monitoringspunten in de ruimte en de bemonsteringsfrequentie in de tijd moet afgestemd zijn op de ruimtelijke schalen en de frequentie van voorkomen van fenomen in het estuarium. Met andere woorden, het netwerk van monitoringspunten moet dicht genoeg zijn om alle belangrijke ruimtelijke fenomenen goed in kaart te brengen, en de frequentie hoog genoeg om geen belangrijke fenomenen (zoals bv een piek van algenbloei) te missen. Uiteraard is niet op alle lokaties een even hoge frequentie noodzakelijk. Dit leidt tot een monitoringsprogramma met een grote ruimtelijk spreiding van punten die op reguliere basis worden opgevolgd, gaande van tweewekelijks tot 6jaarlijks. Een beperkt aantal locaties, verspreid over de verschillende zones in het estuarium, zullen zeer intens bemeten worden, om geen belangrijke kortetermijnfluctuaties te missen. Dit kan het best via continue metingen. Dit meetnet van punten levert gegevens nodig voor het opschalen van de parameters in ruimte en tijd door de koppeling van de informatie aan gebiedsdekkende kaarten (Fig. 4.3) of om gebiedsdekkende informatie te genereren (Fig. 4.3).



Figuur 4.3 Overzicht van de ruimtelijke en temporele opschaling op basis van discrete metingen.

Om het ganse systeem goed te begrijpen en goed te kunnen modelleren, zijn de randvoorwaarden, de zogenaamde boundaries van het estuarium van groot belang. Tot nu toe hebben deze onvoldoende aandacht gekregen. De resolutie en kwaliteit van modeloutput kan echter niet beter zijn de resolutie en kwaliteit van de boundarymetingen. Daarom verdienen deze punten bemonsterd te worden met de nodige aandacht.

4.4. Studiegebied

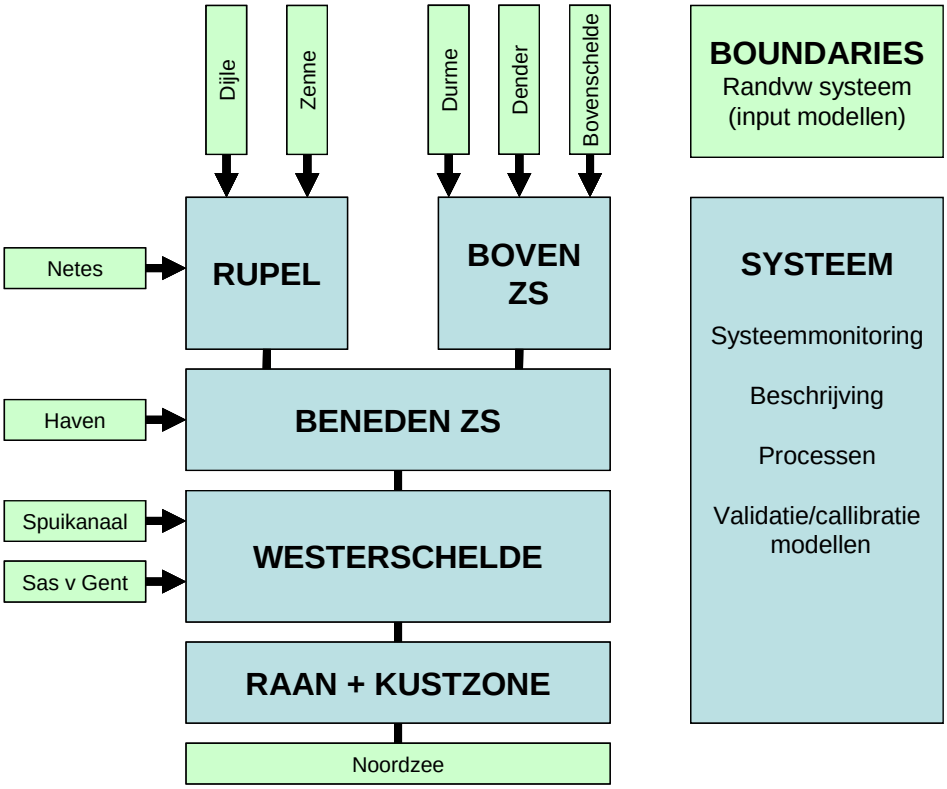
De begrenzing van het studiegebied wordt stroomopwaarts bepaald door de grens van het getij of het Sigmaplan. Dat omvat bijgevolg het volledige estuarium van zout over brak naar zoet, inclusief de aan getij onderhevige zijrivieren en de rivieren waar in het kader van het Sigmaplan werken worden uitgevoerd en waarvoor in dit kader instandhoudingsdoelstellingen (IHD) (Adriaensen et al. 2005) werden opgemaakt. Dit is ruimer dan de begrenzing van het estuarium zoals gehanteerd binnen PROSES. Vanuit het standpunt van integratie van metingen en de wens van W&Z om tot een consistent programma te komen voor Vlaanderen is dit hier meegenomen. Dit heeft enkel consequenties voor de lokatie van meetpunten en vereist geen extra te meten parameters.

Figuur 4.4 en 4.5 tonen schematisch het Schelde-estuarium. Het Nederlandse deel van de Schelde wordt met Westerschelde aangeduid. Het Vlaamse deel, de

Zeeschelde, kan opgedeeld worden in de Beneden-Zeeschelde en de Boven-Zeeschelde. Aan Vlaamse zijde behoren ook verschillende aan het getij onderhevige zijrivieren tot het estuarium. De Rupel wordt als arm van het estuarium beschouwd en zal eenzelfde benadering krijgen als de Boven-Zeeschelde. Andere, aan het getij onderhevige zijrivieren, verder in rapport kortweg als zijrivieren bestempeld, worden vaak afzonderlijk beschouwd. Zij vereisen meestal niet dezelfde monitoringsinspanning als de Zeeschelde of Rupel. De bedoelde tijafhankelijke zijrivieren zijn: Durme, Dijle (tot Haacht), Kleine Nete (tot Grobbendonk), Grote Nete (tot Itegem) en Zenne (tot Eppegem).

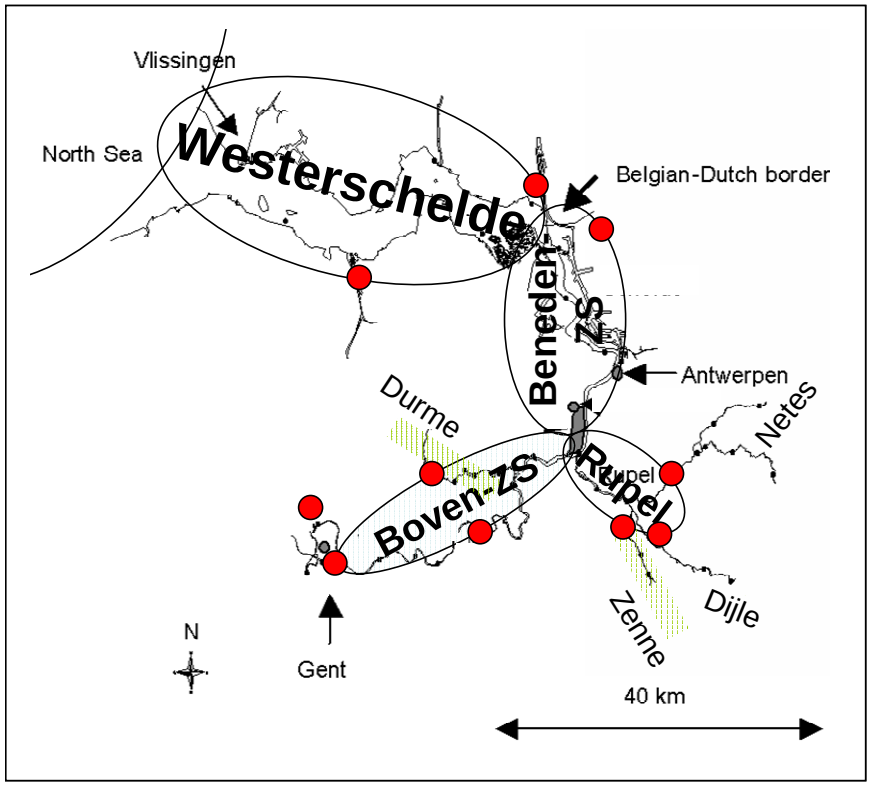
De laterale begrenzing wordt gevormd door de landwaartse hiel van de dijk of ringdijk, dit omvat dus alle gecontroleerde overstromingsgebieden al dan niet met gecontroleerd gereduceerd getij. In Vlaanderen omvat het ook alle niet aan het getij onderhevige wetlands die in het kader van het Sigmaplan worden aangelegd, of opgenomen zijn in de instandhoudingsdoelstellingen voor het estuarium.

Voor de monitoring van bijvoorbeeld de algemene waterkwaliteit, wordt er niet tot in de uithoeken van het estuarium bemonsterd met eenzelfde intensiteit. Intensieve bemonstering van pelagiaal in het estuarium wordt hier, aan Vlaamse zijde, beperkt tot Beneden-Zeeschelde, Boven-Zeeschelde en het Rupelbekken tot aan Dijle, Nete en Zenne. Durme, Dijle, Zenne en Nete worden als randvoorwaarden beschouwd. De grenzen van het estuarium zijn dan de zogenaamde boundaries en worden als punten bemonsterd worden; zij vormen de input in het estuariene systeem en zijn daarom van essentieel belang. Boundarypunten kunnen dus tijgebonden zijrivieren zijn, zoals Dijle of Durme, tijonafhankelijke rivieren zoals Dender of Bovenschelde, maar ook artificiele waterlichamen die qua debieten of vrachten een niet te verwaarlozen inpact kunnen hebben op het systeem (bv Antwerpse havengebied, Spuikanaal te Bath). De Rupel werd in vorige monitoringsprogramma`s vaak onterecht als boundarypunt bemonsterd. Zowel wat betreft afvoerdebieten als wat betreft vrachten overtreft de Rupel regelmatig de Boven-Zeeschelde. Een boundary levert enkel input in het systeem. Tussen Rupel en Zeeschelde is er een duidelijke wisselwerkig en wederzijdse beïnvloeding. De Rupel wordt daarom in dit monitoringsprogramma opgenomen als een volwaardige arm van het estuarium, en zal bemonsterd worden, analoog aan de Boven-Zeeschelde. De boundary van het Schelde-estuarium ligt dus niet aan de Rupelmonding, maar op Dijle, Zenne en Netes (Fig. 4.4)



Figuur 4.4: schematische voorstelling van het estuarium en zijn boundaries. Bemerk dat de Rupel als volwaardig onderdeel van het estuarium werd opgenomen.

De stroomafwaartse begrenzing van het estuarium wordt gevormd door de lijn Zeebrugge-Westkapelle, inclusief de Vlakte van de Raan. Dit mondingsgebied maakt nog integraal deel uit van het estuarium zeker wat betreft de hydro- en morfodynamiek. Opname van het mondingsgebied aldus geformuleerd heeft aan Vlaamse zijde een aantal problemen wat betreft bevoegdheden, immers het Vlaams Gewest is enkel bevoegd tot aan de laag-laagwaterlijn en voor het onderhoud van de vaarpassen. Dit betreft uiteraard een administratieve grens en geen inhoudelijke. Daarom pleiten we hier om het deel van het Belgische continentaal plat dat deel uitmaakt van het mondingsgebied alsnog mee te nemen. Overleg met de BMM (Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde-estuarium, een departement van het federale Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN)) is hier vereist. De boundary wordt gevormd door de Noordzee. Voor deze laatste boundary zullen binnen Moneos geen specifieke monitoringsprogramma's opgesteld worden.



Figuur 4.5: Schematische voorstelling de verschillende compartimenten (Westerschelde, Beneden-Zeeschelde, Boevn-Zeeschelde en Rupel) in het estuarium. Stroomafwaarts vormt de Vlakte van Raan en de kustzone het laatste compartiment). Daar waar belangrijke zijdelingse input is in het systeem, situeren zich de boundarypunten (rode punten). De aan het getij onderhevige zijrivieren (Durme, Zenne, Dijle en de Netes) zijn met groen gemarkeerd.

Intermezzo zoetwaterestuarium

Ter hoogte van Rupelmonde splitst het estuarium op in twee takken: Rupel en Boven-Zeeschelde. Beide takken zijn makrotidaal: de hoogste tijstanden in de Schelde vinden we overigens terug in deze delen van het estuarium.

Rupel en Boven-Zeeschelde zijn zoet, een aanleiding voor sommigen om ze de katalogeren als rivieren, zij het getijdenrivieren. Het estuarium reikt dan slechts tot Rupelmonde (of Temse in sommige studies). Deze afbakening is gebaseerd op de oude definitie van estuaria van Pritchard (1967), die getij en zoutintrusie als voorwaarden stelt voor een estuarium. Dit sluit alle zoetwaterstukken uit.

In meer recente definities van een estuarium, o.a. in deze van Fairbridge (1980), kunnen zoetwater getijdengebieden wel is estuarien worden beschouwd. Fairbridge stelt dat een estuarium 'een inham van de zee is die reikt tot in een riviervallei zover het getij kan doordringen'.

Voor Pritchard ligt de grens van het estuarium dus bij het hoogste punt waar zout gedetecteerd wordt. Deze grens is moeilijk geografisch te trekken: zoutintrusie is

sterk geralateerd aan debieten en tijomstandigheden. In de Schelde verschuift de zoutgrens met zo'n 20 km tussen winter en zomer. In extreme omstandigheden (zeer lage afvoerdebieten tijdens springtij) kan te Kruibeke een saliniteiten 10 worden waargenomen, in de winter bij hoge afvoer zakt deze tot 0. Dit maakt een geografische afbakening van het estuarium op basis van zout niet eenvoudig.

Een afbakening op basis van getij is veel eenvoudiger: de indringing van het getij is minder afhankelijk van weersomstandigheden (McLusky, 1993). Hij stelt dan ook een afbakening van het estuarium op basis van getij voor naar aanleiding van het 21ste symposium over mariene en estuariene gradiënten (21th Symposium of the Estuarine and Coastal Sciences Association). Volgende opdeling kan onderscheiden worden:

Division	tidal	salinity	venice system
river	non-tidal	<0.5	Limnetic
head	highest point to which tides reach		
tidal fresh	tidal	<0.5	Limnetic
upper	tidal	0.5 - 5	Oligohaline
inner	tidal	5 - 18	Mesohaline
middle	tidal	18 - 25	Polyhaline
lower	tidal	25 - 30	Polyhaline
mouth	tidal	>30	Euhaline

Niet enkel omwille van eenvoudige afbakening behoort het zoetwater getijdengebied tot het estuarium. Ook vanuit wetenschappelijk oogpunt hebben deze zones meer gemeen met het estuarium dan met de rivieren uit het bovenbekken.

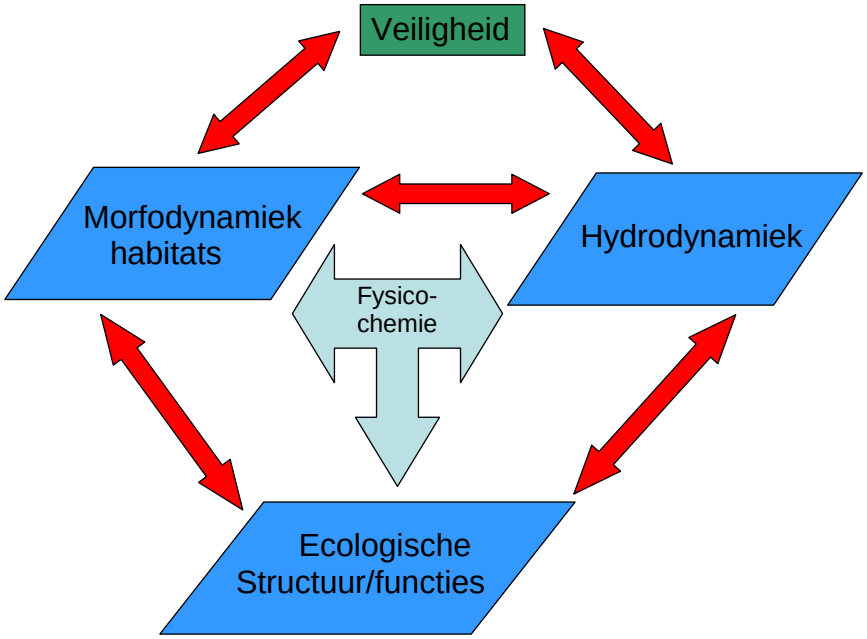
De chemische en fysiche processen in zoetwater getijdengebieden verschillen sterk van deze in rivieren. De plant- en diergemeenschappen in rivieren leven in condities die gedomineerd worden door unilaterale stroomafwaartse waterbeweging, met relatief constante waterkwaliteit. In estuaria daarentegen worden de dominante processen bepaald door sedimenttransport en turbiditeit, gekoppeld aan een brede waaier van chemische verandering. Door eb- en vloedstroom kunnen ontstaan grote gradiënten in de fysico-chemische eigenschappen van het water (McLucky, 1993). Dit leidt tot duidelijk andere leefgemeenschappen in het zoete estuarium, anders dan de gemeenschappen in rivieren. Van rivier naar estuarium is niet echt sprake van een continuum, zeker niet in de meeste Europese estuaria zoals de Schelde, waar een sluizensysteem de tij-invloed abrupt stopt. Deze sluizen vormen de harde begrenzing van het estuarium.

Het Schelde-estuarium bestaat uit de Zeeschelde en de aan getijdenwerking onderhevige delen van de zijrivieren Durme, Rupel, Dijle, Zenne, Grote Nete en Kleine Nete. In het Schelde-estuarium werden voor de KRW 7 overgangswaterlichamen afgebakend, allen behorend tot het type macrotidaal

laaglandestuarium. De twee Zeeschelde-waterlichamen die het dichtst bij de Scheldemonding liggen zijn brak (respectievelijk mesohalien en oligohalien); de overige vijf waterlichamen bestaan uit zoetwater.

4.5. Overzicht van de te meten parameters

Het monitoring programma wordt onderverdeeld in verschillende onderdelen: hydrodynamiek, morfodynamiek, diversiteit van habitats, fysico- chemie, ecologische functioneren en veiligheid. Deze opdeling is vooral pragmatisch, immers de verschillende onderdelen zijn sterk aan elkaar gekoppeld en kunnen bijgevolg niet los van elkaar gezien worden (fig 4.6).



Figuur 4.6 Overzicht van de onderlinge samenhang van de verschillende onderdelen van het monitoringprogramma.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de parameters die in dit voorstel voor systeemmonitoring zijn opgenomen. Donkers et al. (2007) hebben een onderscheid gemaakt tussen criteria, parameters, graadmeters en/of meeteenheden. Deze logica is hier niet gevolgd. We maken een onderscheid tussen parameters (bv. het getij) die dan eventueel kan opgedeeld worden in een aantal subparameters (bv. waterstanden, stroomsnelheden,..). Voor de parameters of subparameters worden dan te meten variabelen opgesomd. Het zijn de te meten variabelen die de kern van het monitoring programma uitmaken. De te meten variabelen kunnen waardevol zijn op zich of nodig zijn om afgeleide variabelen te berekenen. Het zal duidelijk zijn bij het overlopen van de tabel dat

voor hydro- en morfodynamiek er relatief weinig variabelen worden gemeten op basis waarvan een groot aantal afgeleide variabelen worden berekend. Voor diversiteit van soorten, fysico-chemie en ecologisch functioneren is het juist omgekeerd. De meeste variabelen moeten direct in het veld (labo) gemeten worden en relatief minder afgeleide variabelen worden berekend.

Om de vergelijkbaarheid mogelijk te maken worden in de tabel ook verwijzingen opgenomen naar andere rapporten zoals bv Donkers et al. (2007) en worden ook de beleidskaders aangeven waarvoor de parameter/variabelen gemeten moeten worden. Vervolgens wordt ook een referentie gemaakt naar de lopende programma's. Immers de meest metingen worden momenteel reeds verricht in het gebied.

Tabel 4.1 Overzicht van de te meten parameters. Voor meetlokaties wordt onderstaande tabel vaak verwezen naar afzonderlijke tabellen (tabellen 1 tot 9). Deze zijn opgenomen in bijlage 1.

Overzicht van te meten parameters: systeemmonitoring

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
wetenschappelijke noodzaak gemarkeerd			variabelen die *cursief* staan, komen elders reeds aan bod		** codes verwijzen naar paragrafen uit Moneos-T			*** codes verwijzen naar lopende projecten zoals beschreven in Wijsman et al., 2007		

Hydrodynamiek

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
	getij	Waterstanden (verticaal getij)	Waterstanden tijposten estuarium		W.1, M.3			B.1.18, C.1.1, C.1.2, C.1.3, WL		
Wet op de waterkering, Sigmaplan LTV & OS2010 KRW: minstens 1 per waterlichaam HR: ifv ecotoopafbakening				Gemiddeld hoogwater Gemiddeld laagwater Gemiddelde getij-amplitude Getij-asymetrie Celeriteit extreme waterstanden retourperiodes waterstanden retentietijd	W.1.1	continu (registratie elke 10 minuten)		WS: bestaande posten ZS: meeste posten bestaand tabel 1	ZS: nieuwe post tabel 1	
Sigmaplan: doelstelling arealen LTV & OS2010 *bijdrage GGG aan ecosysteem*			Waterstanden GGG's	Gemiddeld hoogwater Gemiddeld laagwater Gemiddelde getij-amplitude Getij-asymetrie extreme waterstanden retourperiodes waterstanden		continu (registratie elke 10 minuten)	GOG waterstanden (meestal)	Lippenbroek	tabel 2	GGG: metingen ifv ecologische doelstellingen meeste GGG's zijn GOG: metingen vallen samen
Sigmaplan			Waterstanden GOG's	Vullingsgraad GOG Duur leegloop	W.1.1			Lippenbroek	tabel 2	GOG: metingen ifv veiligheid dienen ook ecologie

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
		Debiet (horizontaal getij)	Snelheidsprofielen	Ebvolume Vloedvolume Getijvolume Verdeling getijvolumina over eb- en vloedgeul		driejaarlijks (te meten binnen eenzelfde korte tijdsspanne van enkele maanden)		C.1.1, WL tabel 3		profielen vereisen waterstanden en topografie dwarssecties
HR: ifv ecotoopafbakening		Stroomsnelheid (horizontaal getij)	snelheidsprofielen	Max ebsnelheid Max vloedsnelheid Residuele snelheid	E.1.2	continu semicontinu	eventueel tijposten	tabel 3		
interpretatie staalname ifv getij			puntsnelheden	Max ebsnelheid Max vloedsnelheid Residuele snelheid	E.1.2	maandelijks	vaartochten fysico-chemie	OMES tabel 3		In ZS reeds bestaand In WS nieuw
	Golfwerking		golfhoogte					B.1.18, C.1.1		
				Golfperiode golfenergie		continu	combineren met tijposten in ZS	tabel 4		
Sigma, KRW	Debiet bovenafvoeren									
ecosysteem-functioneren input ecologische modellen			Snelheidsprofielen	bovendebiet		continu (dagwaarden)	permanente meetstations boundaries	tabel 5		
Sigma	grondwater-standen		grondwaterhoogte	Duurlijnen grondwatertrap		dagelijks (via drukmeters)		alle wetlands, aan te leggen binnen Sigma. Vaak is gebruik van bestaande piezometers mogelijk.		

Morfodynamiek

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
LTV & OS2010 KRW	Morfologische structuren								ZS: uitbreiding en verhoging frequentie in Boven-Zeeschelde en Rupel	
		topografie						B.2.1, B.2.2, C.2		
			Diepte	Gemiddelde diepte Oppervlakte per diepteklasse	M.1, M.2, M.3, M.4 W.1 E.1	Voordelta (2x/j) WS en Beneden ZS (jaarlijks) Boven ZS etc. (1 per 3 jaar)		gebieds-dekkende vaartochten		
			Hoogtes gebiedsdekkend	Gemiddelde hoogte Oppervlakte per hoogteklasse	M.1, M.2, M.3, M.4, E.1	1 per 3 jaar	vegetatie luchtfoto's, multispectraal-beelden	gebieds-dekkende vlucht		
LTV & OS2010				**Macrodynamiek** Stabiliteit grote geulen Bergingscapaciteit geulen Volumeveranderingen geulen Breedte-diepte verhoudingen geulen/bochten	M.1 en M.3					
LTV & OS2010				**Mesodynamiek** Aanwezigheid kortsluitgeulen	M.1 en M.3					
LTV & OS2010			Dieptes op raaien Hoogtes op raaien Positie schorrand	**Microdynamiek** Sedimentatie/erosie patronen Dynamiek schorrand	M.2	seizoenaal slik: seizoenaal, schor: 1 per 2jaar 1 per 2jaar	hogere planten, positie schorrand	30-tal raaien WS	20 raaien ZS tabel 8	
			Hoogtes dijken/ schorren	**Veiligheid** Dijkhoogte/breedte stabiliteit	W.1.1					
		fysiotopen						B.2.3		
LTV & OS2010			contouren	Oppervlakte fysiotopen	M.2 en M.4					
		sediment-samenstelling			E.1	WS en ZS: 1 per 3jaar zijrivieren: 1 per 6j	Diepte?	gebiedsdekkende scan		
			granulometrie	Mediane korrelgrootte Slibgehalte Organische stof	E.1.2	cfr. Benthos	benthos	Voor elk benthosstaal + extra lokaties geul		

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
	Sediment transport							bestaand meetnet + cfr debietraaien		
		zandtransport				jaarlijks via loding, driejaarlijks via debietsraaien		44 lodings-vakken	1 punt per debietsraai (tabel3)	rechtstreekse transportmetingen noodzakelijk
			Zandconcentraties *debieten*	zandbalans		maandelijks	fysicochemie, slibconcentraties	ZS: OMES	WS: analoog aan ZS	
		slibtransport								
			Slibconcentraties *debieten turbiditeit*	Slibbalans		maandelijks	fysicochemie, zandconcentraties	ZS: OMES	WS: analoog aan ZS	rechtstreekse transportmetingen noodzakelijk
				slibaanvoer		(semi)continu	stroomsnelheid turbiditeit	autosamplers, datasonde aan boundary-punten	vaste opstellingen in estuarium (zie tabel 3)	nader te bepalen via overleg met RWS
	Ingreep gegevens							samenbrengen van alle bestaande gegevens		
		baggerhoeveelheid						BIS		
			Volumes in baggerschip (oa BIS) Locatie baggeren Hoeveelheid per stortplaatsen (oa BIS)							

Diversiteit habitats										
wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	**Parameter**	**subparameter**	**Te meten variabelen**	**Afgeleide variabelen**	**Verantwoording in onderliggend rapport****	**frequentie van meten**	**Meting kan samen gebeuren met:**	**meetlokaties - programma's*****		**opmerking**
								bestaand	**nieuw**	
VHR, LTV & OS2010 WVO VLAREM KRW	Ecotopen				E.1					
			Waterstanden *Topografie* *Stroomsnel-heden* *Geomorfologisch e eenheden* *Saliniteit* *vegetatietypes*	Arealen ecotopen Verandering arealen	E.1		Metingen worden reeds uitgevoerd in diverse disciplines	gebiedsdekkend		
	vegetatietypes				E.3.2			B.1.9, INBO		
			Contouren vegetatietypes (luchtfoto's) Soorten-diversiteit en abundantie	Arealen vegetatietypes Verandering arealen			Lidar vluchten diversiteit soorten		ZS: nieuwe werkwijze	

Algemene fysico chemie van water en bodem										
wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
KRW HR VR	Basiswater-kwaliteit				W.2 en W.3					
KRW		Fysische parameters temp. en geleidbaarheid						B.1.18, WL, OMES		ZS: in huidige programma's veel overlap
			temperatuur		W.3.1	continu (elke 10 minuten)	permanente stations + boundaries	permanente stations +boundaries (tabel 7)		
					W.2.2, W.3.1	1 tot 2/maand	vaartochten fysico chemie	tabel 6		
			geleidbaarheid		E.1.2	continu (elke 10 minuten)	permanente stations + boundaries	permanente stations +boundaries (tabel 7)		
					W.2.2, W.3.1, E.1.2	1 tot 2/maand	vaartochten fysico chemie	tabel 6		
KRW HR		Zwevende stof								ZS: in huidige programma's overlap
			Turbiditeit		W.2.1, W.3.1, E.1.2	continu (elke 10 minuten)	permanente stations + boundaries	permanente stations +boundaries (tabel 7)		
				turbiditeit diepteprofielen		1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries stroomsnelheidsprofielen	tabel 6		diepteprofielen: berekening vrachten, relatie met stroomsnelheid
			Gewicht zwevende stof		W.2.1	1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	tabel 6		
			Samenstelling zwevende stof (% organische stof)			1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	tabel 6		
systeem: lichtklimaat			CDOM			1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	tabel 6		
KRW		Zuurtegraad			W.3.1					
			PH			continu (elke 10 minuten)	permanente stations + boundaries	permanente stations +boundaries (tabel 7)		
						1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	tabel 6		

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
KRW		zuurstofhuis-houding			W.3.1					
			Zuurstof-concentratie			continu (elke 10 minuten)	permanente stations + boundaries	permanente stations +boundaries (tabel 7)		ZS: overlap in huidige programma's
systeem functioneren			Zuurstofverzadiging			1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	tabel 6		
			BOD5 COD			1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	tabel 6		
KRW		Stikstof			W.3.1			tabel 6	tabel 6	ZS: in huidige programma's overlap
			Nitraat-N Nitriet-N Amonium-N Kjeldall-N	Totaal stikstof zuurstofvraag voor nitrificatie		1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	B.1.14, OMES, VMM		
ecosysteem		Silicium						tabel 6	tabel 6	
aanbevolen bij KRW			Opgelost Si			1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	B.1.14, OMES		
ecosysteem			Biogeen silicium					ZS: OMES	WS:nieuw	
KRW		fosfaat			W.3.1			tabel 6	tabel 6	
			Orthofosfaat Totaal P			1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	B.1.14, OMES, VMM		
ecosysteem				N/P/Si ratio						
		koolstof						tabel 6	tabel 6	
			DOC POC			1 tot 2/maand	vaartochten + boundaries	B.1.14, OMES		
			DIC Totale C Isotoopverhouding (C13/C12)							
KRW		Zware metalen			W.3.2					
			Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, in de waterfase			maandelijks	vaartochten + boundaries	tabel 6		
			Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn in gesuspendeerd materiaal							

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
KRW		Organische micro-verontreinigingen			W.3.2			volgens KRW richtlijnen		nieuwe wetgeving wordt verwacht in Vlaanderen
			PCB's, PAK's,			volgens KRW richtlijnen	vaartochten + boundaries			
			Bijlage X stoffen KRW							
VLAREA, VLAREBO, VLAREM	Waterbodem-kwaliteit					jaarlijks		triademeetnet 9 punten in ZS	ZS: geen	
		bodemparameters								
			Droge stof granulometrie			jaarlijks		triademeetnet	ZS: geen	
		Zware metalen								
			Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn,			jaarlijks		triademeetnet	ZS: geen	
		Organische microveront-reinigingen								
			Minerale olie EOX PCB's PAK's organochloor-pesticiden			jaarlijks		triademeetnet	ZS: geen	

Diversiteit soorten										
wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
VR, HR LTV& 2010 Decreet Natuur-behoud Fauna & flora wet										
KRW	Hogere planten				E.3.2			ZS: nieuwe methode		
			vegetatietypes Aantal soorten Bedekking soorten (beide per vegetatietype)			zesjaarlijks	hoogtes op raaien, positie schorrand	random plots gebiedsdekkend (ong 300 plots in NL, 300 in Vl)		
HR, KRW	Macrobenthos				E.3.3			B.1.1		
			Aantal soorten	soortendiversiteit		zie ecologisch functioneren	macrobenthos-productie	zie ecologisch functioneren		
	Hyperbenthos									
			Aantal soorten	soortendiversiteit		cfr. Vis (kinderkamerfunctie)	vis kinderkamer-functie	cfr. Vis (kinderkamerfunctie)		
KRW	vissen				E.3.4, E.2.1			B.1.16, INBO		
			Aantal soorten	soortendiversiteit		zie ecologisch functioneren	partim hyperbenthos	zie ecologisch functioneren		
HR	Amphibia									
			Aantal soorten	soortendiversiteit		zesjaarlijks	MWTL, + cfr. NARA	overstromingsgebieden, nader te bepalen		
VR, HR	broedvogels				E.2				geen	
		kustbroedvogels			E.2.5					
			Aantal broedparen		Meininger et al., 2006	jaarlijks	broedsucces	B.1.6 gebiedsdekkende telling		
HR		Bijlage I soorten								
			Aantal broedparen		Adriaensen et al. 2005	zesjaarlijks	lokaal beheer	gebiedsdekkende telling, op te stellen tussen NL en Vl		

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
		IHD soorten/weidevogels								
			Aantal broedparen		Adriaensen et al. 2005	zesjaarlijks	lokaal beheer	gebiedsdekkende telling, op te stellen tussen NL en Vl		
VR	Niet broedvogels				E.2.4					
		watervogels								
			Aantal vogels per soort	vogeldagen	Ysebaert et al. 1998, Meininger et al., 1998	maandelijks		B.1.12, INBO gebieds-dekkende telling	geen	
	Zoogdieren									
HR		zeehonden			E.2.6, Witte, 1998			B.1.13		
			Aantal exemplaren			maandelijks, tweewekelijks tussen juli en september		habitats-dekkende vlucht	geen	vluchten binnen 1 tijcyclus
			Aantal jongen							
HR		IHD soorten/bijlage soorten			Adriaensen et al., 2005					
			Aantal soorten Abundantie soorten			zesjaarlijks 3/j	eventueel met rattenverdelging		max 50 transecten	Otter: methode te bepalen Bever: indien gevestigd wekelijkse sporencontrole langs dijken

Ecologisch functioneren										
wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
KRW LTV & OS 2009 systeem	Pelagische Primaire productie									
		fytoplankton			E.3.1			B.1.5, OMES		
			Dichtheden verschillende soorten	Ratio algen/diatomeeën Biomassa algen		1 tot 2/maand	vaartochten fysico-chemie boundaries	idem fysico-chemie momenteel reeds op alle stations van omes; chl a op vele VMM stations; CEME en RWS meten ook reeds meeste pigmenten		
KRW systeem			Pigmenten: Chlorofyl a Andere fytopigmenten	Indirecte maat biomassa Verhouding verschillende soortgroepen						
		Bepalende factoren PP								
			Lichtextinctie *nutriënten*		W.3.1	1 tot 2/maand	vaartochten fysico-chemie	idem fysico-chemie		
		Directe productie metingen								
			C14 incorporatie	Brutto en netto primaire productie		1 tot 2/maand	vaartochten fysico-chemie	tijdens fysico-chemie tochten, op selectie van stations (tabel 9)		C14 incorporatie kan gereduceerd worden als PAM of FRRF metingen op punt zijn
systeem	Benthishe primaire productie									
		biomassa						B.1.8		
			Pigmenten: Chlorofyl a			maandelijks van maart tem okt	macrozoo-benthos	intertidale macrozoo-benthos punten1)		1): mits NDVI camera of analoog

wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
		Directe productie metingen							analoog in ZS, af te stemmen op ecotopen	8 weken vaartijd gepland, 6 ISIS en 2 kokkelvaartuig
			C14 incorporatie	Brutto en netto primaire productie		maandelijks van maart tem okt		5 à 6 nader te bepalen		
	Benthische secundaire productie				E.3.3					
		macrozoobenthos					benthisch chlorofyl a, granulometrie,	B.1.1, B.1.7		
			Dichtheden en biomassa soorten		Van Hoey et al. 2007	jaarlijks (najaar)	benthisch chlorofyl a, granulometrie,	280 in WS		
		schelpdierbestanden						B.1.3 (kokkel)		
			Dichtheden en biomassa soorten		Craeymeersch & Wijsman, 2006	jaarlijks		zie vaartochten bestaande WOT monitoring		
	Pelagische secundaire productie				E.3.3					
		Zooplankton								
			Dichtheden en biomassa soorten	Soortendiversiteit Grazing intensity						
KRW		vissen			E.2.1, E.3.4					met verschillende vistechnieken die samen het hele soortenspectrum bestrijken
			Dichtheden en biomassa soorten			zesjaarlijks		op te stellen via specifieke opdracht		
		kinderkamerfunctie			E.2.2					
			Dichtheden en biomassa relevante soorten: garnalen, juveniele commerciële vissen			verder af te stemmen tussen NL en Vl	hyperbenthos	verder af te stemmen tussen NL en Vl: minstens 1 per waterlichaam		

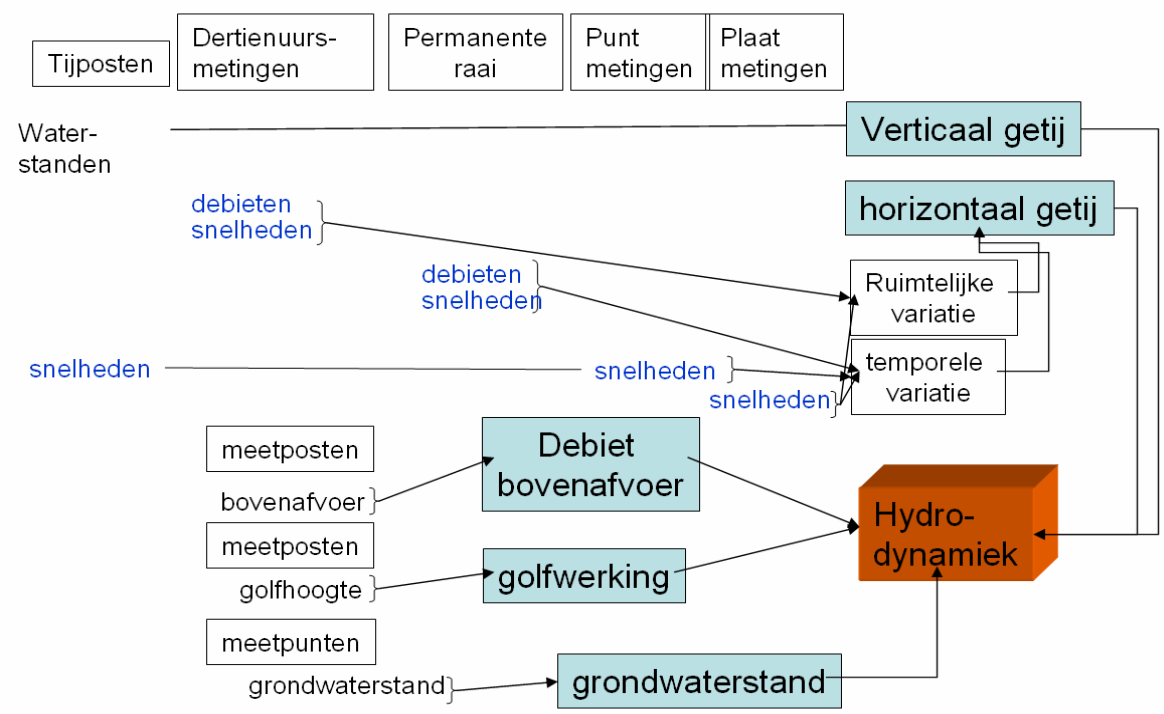
wetgevend kader/ wetenschappelijke noodzaak*	Parameter	subparameter	Te meten variabelen	Afgeleide variabelen	Verantwoording in onderliggend rapport**	frequentie van meten	Meting kan samen gebeuren met:	meetlokaties - programma's***		opmerking
								bestaand	nieuw	
		trekvis	zie LTV O&M programma trekvis	zie LTV O&M programma trekvis	E.2.3	zie LTV O&M programma trekvis		zie LTV O&M programma trekvis		
	Visziekten							B.1.11		
			Polluenten in weefsel paling en bot Aanwezigheid van visziekten			jaarlijks	partim: vis dichtheden en biomassa	bestaand net + verder af te stemmen tussen NL en Vl		
	Broedsucces kustbroed-vogels							B.1.2		
			Aantal eieren Uitkipsucces uitvliegsucces	Reproductief succes	Meininger et al., 2006	jaarlijks	diversiteit broedvogels	kolonie van Terneuzen'		

Hoofdstuk 5. Hydrodynamiek

5.1. Inleiding

Hydrodynamiek vormt de sturende factor in het estuarium en is van essentieel belang voor veiligheid en toegankelijkheid. Het is dan ook logisch dat hier de langst lopende meetreeksen aanwezig zijn, namelijk de tijmetingen.

Die metingen tonen aan dat de hydrodynamiek sterk aan verandering onderhevig is door een combinatie van natuurlijke en antropogene factoren. Er zijn duidelijk lange termijn trends aanwezig bv. de stijgende hoogwaterstanden, de dalende laagwaterstanden, de landinwaartse opschuiving van de maximale getijamplitude, toegenomen stroomsnelheden, veranderende tijasymmetrie etc. Een deel hiervan is toe te wijzen aan menselijke ingrepen. Ook de nieuwe ingrepen kunnen resulteren in effecten op het getij. Gezien de sturende rol van het getij is het gedetailleerd opvolgen cruciaal. Een overzicht van de samenhang der metingen is weergegeven in fig. 5.1.



Figuur 5.1 Overzicht van de verschillende parameters, subparameters en te meten variabelen voor de hydrodynamiek

5.2. Waterstanden

5.2.1. inleiding

Het hoeft geen betoog dat de waterstanden in detail moeten worden opgevolgd. Uit de analyse van de waterstanden worden immers zeer veel variabelen afgeleid zoals gemiddeld hoogwater, gemiddeld laagwater, gemiddelde getij-amplitude, getij-asymmetrie, celeriteit, extreme waterstanden, retourperiodes waterstanden etc. Vanuit veiligheidsoogpunt zijn tijmetingen uiteraard ook zeer belangrijk. Waterstanden vormen daarom wellicht de meest frequent gemeten paramater, met een dicht netwerk van tijposten via telemetrie uitleesbaar.

De beschikbaarheid van lange termijn datasets van waterstanden maakt het mogelijk om de ontwikkelingen in het getij grondig te bestuderen. Helaas is dit tot op heden nog veel te weinig gedaan. Wij willen er hier dan ook sterk voor pleiten dat de gegevens, ook historische, van alle tijposten worden gedigitaliseerd, samengebracht in 1 database en geanalyseerd op lange termijn evoluties van waterstanden en de verschillende componenten van het getij.

5.2.2. Getijgegevens

Waterstanden worden gemeten op 13 punten in de Westerschelde, 18 in de Zeeschelde en 14 langsheen de zijrivieren. Deze dichtheid van meetpunten is ruim voldoende, zeker na mogelijke installatie van nieuwe posten te Schelle-Wintam en te Baasrode. De spreiding van de tijposten is optimaal. Het is evenwel essentieel dat de gegevens van alle meetposten in Vlaanderen online beschikbaar zijn en dat alle oude gegevens van alle tijposten in een database ter beschikking komen. Deze tijdsreeksen zijn onontbeerlijk voor een grondige evaluatie van de ontwikkeling van de waterstanden. Daarnaast is het ook belangrijk dat de gegevens voor het gehele estuarium met gelijke tijdsintervallen, op dezelfde wijze worden geregistreerd. Het huidige meetnet voldoet hieraan: het voorziet in digitale metingen met intervallen in luttele seconden, vervolgens worden meetdata primair aangemaakt per minuut, zowel bij ZEGE als bij Teletransmissie-Zeescheldebekken. Bij ZEGE worden hieruit tienminuutgemiddelden bepaald. Bij teletransmissie-Zeescheldebekken betreft het minuutwaarden om de tien minuten geregistreerd (hetgeen in wezen beter is bij grote getijverschillen, typisch in het Belgische Zeescheldebekken en veel minder van tel bij (landelijk) Nederlandse getij-omstandigheden; ZEGE volgt immers de RMI-standaard van gans Nederland).

5.2.3. Waterstanden overstromingsgebieden

Daar waar waterstanden in het estuarium reeds gedurende lange tijd worden gemeten, zijn geen gegevens voorhanden van de GOG's. Nochtans is het opvolgen van de waterstanden hier erg belangrijk om de veiligheidsfunctie te kunnen evalueren. Dit omvat 2 facetten: een operationeel en een wetenschappelijk facet. Operationeel is het van belang om te weten hoe de vulling is van de GOG's bij

storm en vooral ook om de leegloop te kennen en dit met het oog op het behouden van de bergingscapaciteit voor het volgende stormtij. De leegloop zou bv. kunnen gehinderd worden door obstructie van de sluizen. In het kader van veiligheid, is het daarom noodzakelijk om de data via telemetrie continu beschikbaar te hebben. Het wetenschappelijk facet betreft de calibratie en validatie van modellen. Het is reeds gebleken dat het modelleren van de hoeveelheid water dat over de dijk stroomt, maar vooral van de hoeveelheid water dat door de sluizen stroomt vaak aan grote fouten onderhevig is. Het is dan ook zeer belangrijk om de modellen via metingen te kunnen verbeteren en dit met het oog op een correcte voorspelling van de waterstanden en het functioneren van de GOG's. Het aantal meetposten, is in principe 1 per gebied (zowel bij GOG's, GOG-GGG's of GOG-wetland) tenzij specifieke omstandigheden (bv. compartimentering) meer punten vereisen. We spreken daarom van 1 tijpost per deelgebied.

Hetzelfde is natuurlijk waar voor GOG-GGG's waar bovendien het opvolgen van het getij essentieel is om na te gaan of de vooropgestelde getijparameters worden gehaald. In de GGG's is nodig om na te gaan of de gewenste waterhoogtes en springtij doodtij variaties worden gehaald. Deze zijn immers essentieel voor het behalen van vooropgestelde ecologische doelstellingen. In principe voldoet de tijpost voor GOG tijmeting (zie hierboven) ook voor het opvolgen van het gereduceerd getij. Tijdens de eerste jaren na aanleg zal in het kader van pojectmonitoring wel een groter aantal meetpunten vereist zijn. Dit kan met eenvoudige drukmeetsondes, opnemen in het telemetrienetwerk is hier niet vereist. De projectmonitoring moet uitwijzen hoeveel meetpunten weerhouden worden voor de systeemmonitoring.

Deze metingen van de waterstand behoeven niet dezelfde infrastructuur als de klassieke getijmeters. De huidige metingen van het getij te Lippenbroek gebeuren met drukmeetsondes. De data op deze drukmeters dienen periodiek uitgelezen te worden. De drukmeetsondes zijn zeer handig en snel inzetbaar en ideaal voor de projectmonitoring. Voor de systeemmonitoring wordt best per deelgebied een vaste meetpost voor waterstandbepaling (bijvoorbeeld via radarmeting) geïnstalleerd worden. Het is dan, in het kader van de monitoring voor veiligheid, aangewezen deze meetpunten op te nemen in het telemetrienetwerk zodat de data continu opvraagbaar zijn, zoals reeds voorgesteld door WL-Borgerhout. In de bijlagen is een lijst opgenomen met de huidige en geplande overstromingsgebieden, waar tijposten dienen te komen.

5.2.4. Grondwaterstanden in wetlands

Het bereiken van de instandhoudingsdoelstellingen in de wetlands is in belangrijke mate afhankelijk van de grondwaterstand. In wetlands is de grondwaterstand essentieel voor de ontwikkeling van vegetatie. Die moet dan ook opgevolgd worden in deze gebieden die in het kader van het Sigmaplan worden aangelegd. Voor elk gebied is met het oog op de te realiseren vegetatie een gewenste grondwaterstand bepaald. De metingen moeten ons in staat stellen om na te gaan

of die al dan niet bereikt is. Dit is nodig om na te gaan of eventuele ongewenste vegetatie ontwikkelingen al dan niet het gevolg zijn van de grondwaterstand.

Grondwaterstand kan opgevolgd worden manueel of via bijvoorbeeld drukmeetsondes in piëzometers. Het aantal zal per gebied afzonderlijk moeten bepaald worden.

Tijdens een faze van projectmonitoring worden de piëzometers geplaatst bij de inrichting van het gebied, of tijdens de voorafgaande studie (zie projectmonitoring). Na een initiêle intensievere opvolging van de grondwatertafel, wordt de opvolging opgenomen in de systeemmonitoring. Via drukmeetsondes op een beperkt aantal lokaties (te bepalen via de projectmonitoring) kan een dagelijkse registratie van de grondwaterstand bijgehouden worden.

5.2.5. Grondwaterstanden in de nabije omgeving van wetlands, GOG's en GGG's

Door het verhogen van de grondwaterstand in wetlands en GGG's, en het tijdelijk stockeren van een massa water in een GOG, kan de discussie gevoerd worden of deze al dan niet zullen leiden tot vernatting in de omgeving. Sommige eigenaars/gebruikers van gronden naast GOG/GGG's vrezen een stijging van de grondwaterstanden door de ingebruikname van die gebieden. Teneinde claims te vermijden is het aangewezen de grondwaterstanden op te meten om eventuele wijzigingen te kunnen documenteren. Waarschijnlijk zal deze monitoring van het grondwater zich kunnen beperken tot de projectmonitoring, en geen deel uitmaken van de systeemmonitoring.

5.3. Golfwerking

Golfwerking kan een belangrijke morfologische impact hebben. Golven ontstaan enerzijds door windwerking en anderzijds door scheepvaart. Windwerking is vooral belangrijk in de Westerschelde, scheepsgolven worden belangrijker stroomopwaarts. Monitoring van golfwerking is van belang omwille van de erosie van plaat/slik randen, schorren en dijkconstructies.

In de Westerschelde worden golfkarakteristieken gevolgd op 6 punten wat voldoende is. Momenteel zijn er geen golfmetingen in de Zeeschelde. Er is evenwel een nieuw meetpunt voorzien in de buurt van Lillo (zomer 2008) met het oog op het opmeten van golfwerking ten gevolge van wind enerzijds maar anderzijds ook de haalgolven van schepen die hier zwaaien. Aan de monding van het Deurganckdok is dit meetpunt vereist omwille van de mogelijke impact van haalgolven van schepen op de getijdengebieden. Het opmeten van de golven aldaar is essentieel om te zien of er een causaal verband kan zijn tussen de golven en de erosie van slik en schor of dat andere hydrodynamische/ geomorfologische processen verantwoordelijk zijn.

Gezien een intensivering van het gebruik van de Zeeschelde door zowel de beroeps- als de recreatieve scheepvaart verwacht wordt, kan dit resulteren in een toegenomen golfwerking. Meer stroomopwaarts is een extra meetpunt vereist om de mogelijke impact van toename van scheepvaartverkeer en dus daaraan gekoppelde golfwerking te kunnen opvolgen. Dit is eveneens belangrijk als mogelijke verklarende variabele voor erosiepatronen. Deze meting kan gekoppeld worden een tijmeetpost. Daarom wordt aanbevolen om bijvoorbeeld bij de installatie van een vernieuwde tijpost te Driegoten eveneens een golfmeter te voorzien.

Daarnaast rijst in de Zeeschelde de noodzaak om een gedetailleerde studie te ondernemen (via onderzoeksmonitoring) naar de golfwerking ten gevolge van beroeps- en recreatieve vaart om enerzijds het verband na te gaan tussen type schip, snelheid en golfparameters en anderzijds tussen golfkarakteristieken en de morfologische gevolgen. Op basis van dit onderzoek kunnen aanbevelingen komen om extra metingen aan golven te verrichten. Een extra golfmeter stroomopwaarts de Durme is aangewezen zijn. Stroomafwaarts is de Schelde nog relatief breed, de impact van haalgolven van een boot is er beperkt tot één oever, als die relatief dicht tegen de kant vaart. Dit is wellicht niet te vergelijken met de situatie aan vb de schorren van Vlassenbroek en de Cramp, daar hebben de haalgolven van een boot altijd impact op beide oevers.

5.4. Debieten bovenrivieren, zijdelingse belasting

De aanvoer van zoetwater naar het estuarium is een uitermate belangrijke parameter en heeft een impact op de zout-zoet gradiënt en de belasting van het systeem met sediment en opgeloste stoffen. Metingen worden reeds verricht op de belangrijkste aanvoerpunten: Ringvaart om Gent (bundelt aanvoer van Bovenschelde en Leie), Dender, Durme, Dijle, Zenne en Netes, Antwerpse dokken, Bathse spuikanaal en Kanaal Gent-Terneuzen. De gegevens zouden best als uurwaarden (zodat gebruik van de effectieve waarden binnen een getijcyclus mogelijk is) en na verdere verwerking ook in dagwaarden ter beschikking staan.

Voor het kanaal Gent-Terneuzen verdient het de aanbeveling om zowel nabij Gent als nabij de monding te Terneuzen debieten te bepalen. Dit geeft inzicht in hoeveel water aan de Zeeschelde wordt ontnomen, en hoeveel uiteindelijk de Westerschelde bereikt.

De overige afvoeren richting estuaria zijn verwaarloosbaar.

5.5. Stroomsnelheden en debieten in het estuarium

Daar waar veel gegevens beschikbaar zijn van waterstanden, zijn er grote hiaten wat betreft de gegevens van stroomsnelheden en debieten binnen het estuarium. In de Boven-Zeeschelde zijn er zeer weinig gegevens over stroomsnelheden en

gegevens over stroomsnelheden boven slikken en platen zijn zo goed als ontbrekend. Kennis van stroomsnelheden zijn nochtans onontbeerlijk. Immers stroomsnelheden bepalen het sedimenttransport, sedimentatie/erosie patronen, morfodynamiek etc. Bovendien zijn stroomsnelheden ook voor de scheepvaart erg belangrijk. Een toename van de stroomsnelheid op de Zeeschelde heeft duidelijk consequenties voor de binnenvaart, immers de vaartijd tegenstrooms zal toenemen. Inzicht in stromingen en stromingspatronen moet dan ook één van de hoekstenen zijn voor het beheer van het estuarium. Dit omvat zowel planning van onderhoud (preventieve maatregelen tegen erosie) als ingrepen in het estuarium (morfologisch beheer). Uiteindelijk is dit ook erg belangrijk voor de ecologie en basis inzicht in de ontwikkeling van het systeem. Gebiedsdekkende stroommetingen zijn onmogelijk; gebiedsdekkende info over stromingen is alleen te genereren via hydraulische modellen. Het is dan ook erg belangrijk om over zo accuraat mogelijke modellen te beschikken. Dat vereist een goede dataset voor caibratie en validatie. Binnen het monitoring programma is geopteerd om 4 types datasets te verzamelen: dertienuursmetingen over dwarsprofielen gespreid over het estuarium; (semi)continue puntmetingen, (semi)continue metingen over een dwarssectie en tenslotte een meetnet boven slikken en platen.

5.5.1. Dertienuursmetingen in raaien

Bestaande raaien die reeds sinds langere tijd gemeten worden, zijn in het voorstel behouden mist enkele kleine aanvullingen en aanpassingen. De belangrijkste aanpassingen betreffen de uitbreiding van het aantal raaien naar de Zeeschelde gezien daar (zeker in de Boven-Zeeschelde) nauwelijks gegevens voorhanden zijn. De voorgestelde raaien zorgen voor een goede ruimtelijke spreiding van de gegevens en dienen als een minimum set gezien te worden. De wijziging in meetfrequentie is echter ingrijpender.

De huidige strategie is om alle raaien eens om de 5 jaar te meten. Dit is begrijpbaar vanuit praktisch standpunt maar heeft zeer belangrijke inhoudelijke consequenties. Waar nu jaarlijks verschillende raaien gemeten worden, wordt voorgesteld om alle raaien op een zo kort mogelijke periode te meten. Hoewel logistiek moeilijker, biedt dit het enorme voordeel dat alle gegevens verzameld worden in een periode waarin we de morfologie als constant kunnen beschouwen. Wanneer de metingen over jaren gespreid zijn, dan is de kans op significante morfologische veranderingen (door winterstormen, extreme tijen, bagger- en stortstrategie) groot wat de onderlinge vergelijkbaarheid van de data veel kleiner maakt. De winst aan kwaliteit van data is dan ook erg groot. Deze metingen zijn essentieel voor de calibratie/validatie van modellen en de verhouding van debieten over verschillende geulen is een essentiële parameter om te koppelen met de morfologische ontwikkeling.

Daarom wordt voorgesteld om de strategie aan te passen zodat alle raaien in eenzelfde periode bemeten worden. Idealiter zou dit gebeuren binnen een periode van ongeveer drie maanden. Praktisch is dit moeilijk uitvoerbaar, zeker gezien het

belang van meten bij gelijke getijomstandigheden. Aangezien het getijverschil bij metingen meer impact heeft dan de kortlopende (drie maand) morfologische contekst, verdient het de voorkeur de metingen uit te voeren bij gelijkaardige getijomstandigheden, maar verspreid over een iets langere periode. De grootste morfologische veranderingen vinden plaats tijdens grote spring- of stormtijen, doorgaans in de winterperiode. Alle metingen vinden daarom best plaats in voor- of najaar van hetzelfde jaar, de beste meetperiodes omwille van meteo en daglicht, maar ook morfologisch. Dit zou dan om de drie jaar herhaald kunnen worden waardoor we eveneens binnen de 6 jaarlijkse rapportage periodiek blijven.

Wat betreft de raaien zelf, worden volgende wijzigingen voorgesteld: de raaien in het geulsysteem nabij Terneuzen uitbreiden: oude raai 8 opnieuw opnemen , een raai in de Zuid-Everingen en een raai ten oosten van de Zuid-Everingen, en verder raai 9 opsplitsen (Donkers et al. 2007).

In de Zeeschelde stelt het MONEOS-T rapport voor het aantal raaien uit te breiden met 1 extra raai tussen de grens en Liefkenshoek (bv. stroomaf Deurganckdok), een raai ter hoogte van de Durme monding (=Lippenbroek) en één te Wetteren alsook één op de Rupel (Donkers et al. 2007).

Extra metingen kunnen nodig zijn in het kader van projectmonitoring. Zo is het aangewezen om de raaien tussen de Rupelmonding en de grens jaarlijks te meten en dit onder verschillende tij- en afvoeromstandigheden en dit om de ingrepen ter hoogte van het Deurganckdok en de verruimingswerkzaamheden in de Zeeschelde in detail te kunnen opvolgen. Ook de raai ter hoogte van het Lippenbroek moet in het kader van de dienstige projectmonitoring frequenter gemeten worden. De flexibele bagger- en stortstrategie en de plaatrandstortingen worden ook reeds uitgebreid via projectmonitoring in detail opgevolgd, en vereisen eveneens een groot aantal debietsmetingen.

5.5.2. (semi)continue puntmetingen

Dertienuursmetingen zijn inherent zeer discreet in de tijd en kunnen onmogelijk de variabiliteit van tij tot tij beschrijven. Daarom moeten ze aangevuld worden door (semi)continue puntmetingen. Dit omvat een eenmalige investeringkost, maar een zeer lage onderhoudskost voor het verzamelen van zeer waardevolle data. Immers dit laat toe de ontwikkelingen van getij en stroomsnelheden direct aan elkaar te koppelen en dit over het ganse estuarium. Die dataset zal de calibratie van de hydrodynamische modellen zeer ten goede komen.

In de Westerschelde worden stroomsnelheden en –richting gemeten op 7 punten, alle sublittoraal op een diepte van -10 tot -25 m NAP. In de Zeeschelde worden een vijftal punten opgevolgd, waarvan enkele pas sinds 2005. Al deze punten liggen eveneens in het sublittoraal. Dit meetnet moet uitgebreid worden om meer inzicht te krijgen in de ruimtelijke variatie. Daarom wordt, zoals voorgesteld in (Donkers et al., 2007), voorgesteld om de tijposten uit te rusten met

snelheidssensoren, zodat de langjarige registratie van de snelheid en de eventuele veranderingen kunnen gevolgd worden.

Tijdens de bemonsteringen voor fysico-chemische bepalingen moeten eveneens diepteprofielen van snelheden opgenomen worden. Dit is erg belangrijk voor de interpretatie van SPM gegevens (zie verder) en geeft additionele metingen van stroomsnelheden over een diepteprofiel die eveneens bruikbaar zijn voor validatie van modellen. Dit is de enige manier om meer discrete metingen van diepteprofielen te hebben (zie ook bij fysico-chemie van water en bodem).

Tijdens de vaarten voor het bemonsteren van fysico-chemie en ecologie worden in de Zeeschelde reeds dergelijke verticale profielen van de stroomsnelheden opgemeten op de verschillende OMES punten (o.a. Maris et al, 2007). Het verdient aanbeveling om deze metingen ook in de Westerschelde uit te voeren op alle punten van het fysico-chemisch meetnet (zie verder).

5.5.3. (semi)continue metingen over een dwarssectie

Hoewel erg belangrijk zijn de puntmetingen van stroomsnelheden uiteraard beperkt tot een punt. Een volgende opschaling in de tijd kan bekomen worden door (semi)continu metingen te verrichten over dwarssecties middels een horizontale ADCP of het bevestigen van een ADCP op een veerboot. Er zijn zeer goede ervaringen met een horizontale ADCP te Oosterweel (hier zowel horizontaal als vertikaal). Dergelijke metingen kunnen een continu beeld opleveren van de verticale snelheidsstructuur, van de horizontale snelheidsverdeling en bijgevolg ook van het debiet over de ganse breedte van het estuarium. Nader onderzoek is nodig om toepasbaarheid op andere plaatsen te bepalen en het minimum aantal meetplaatsen te bepalen. Het meten over drie raaien (Boven-Zeeschelde, Beneden-Zeeschelde, Westerschelde) lijkt een minimale vereiste. De ruimtelijke resolutie is inherent klein maar de temporele resolutie uiteraard erg groot. Dit zijn de enige metingen die ons kunnen inzicht geven in trends in de debieten, stroomsnelheidsprofielen etc. Dit soort data zal de interpretatie van de driejaarlijkse profielmetingen op meerdere raaien veel gemakkelijker maken. Immers het zal nu mogelijk zijn om de gegevens binnen een lange termijn perspectief te analyseren waardoor aberrante waarden veel makkelijker kunnen geïnterpreteerd worden

Een mogelijke aanvulling zou kunnen bestaan in het uitvoeren van semi-continue metingen door het installeren van een ADCP op veerboten. De veren van Kruiningen, Hoedkenskerke-Terneuzen en Doel-Lillo (allen enkel tijdens de zomerperiode) komen hiervoor eventueel in aanmerking, het veer Kruibeke-Hoboken vaart jaarrond. De haalbaarheid moet nog onderzocht worden via onderzoeksmonitoring. De resultaten zouden het inzicht in de temporele variatie in debieten en stroomsnelheden, en bijgevolg in de evaluatie van patronen, kunnen verbeteren. De methode kan bovendien extra informatie leveren over het transport van sedimenten (op voorwaarde dat voldoende calibratiegevens worden

verzameld). Het plaatsen van een turbiditeitsmeter op een veerboot levert hierbij nuttige additionele data.

5.5.4. metingen boven slikken en platen

Een ander zeer belangrijk hiaat in de kennis van stromingspatronen zijn gegevens van boven de slikken en platen. Nochtans zijn juist die gegevens cruciaal om de link tussen hydrodynamiek, morfodynamiek en ecologisch functioneren te leggen, immers de intergetijdengebieden zijn de belangrijkste habitats met betrekking tot productie etc. Voor het afbakenen van ecotopen is een indeling naar dynamiek (hoogdynamisch versus laagdynamisch) noodzakelijk. Deze wordt vaak gebaseerd op door modellen berekende stroomsnelheden. Echter, de bestaande modellen zijn doorgaans gekalibreerd op de grootschalige watertransporten en stroomsnelheden in de dieper gelegen delen. Hierdoor zijn de berekende stroomsnelheden van de gebruikte modellen minder nauwkeurig in de ondiepe zones boven slikken en platen.

Een steeds terugkerend probleem in milieu impact studies, passende beoordelingen, toegepast en fundamenteel onderzoek in estuariene gebieden is het gebrek aan gegevens over stroomsnelheden boven slikken en platen. Nochtans is de stroomsnelheid boven getijdengebieden DE determinerende factor voor de geomorfologische en ecologische ontwikkeling. Hoewel bij de raaimetingen ook punten boven getijdengebieden gemeten worden is de beschikbare dataset veel te klein voor een grondige analyse. Bovendien zijn hydrodynamische modellen het meest onnauwkeurig in deze gebieden. Extra metingen zijn dan ook absoluut nodig onder de vorm van een consistent en permanent meetnet. Nader onderzoek is vereist om dit concreet uit te werken. De opzet van dit meetnet dat moet bestaan uit een aantal meetpunten die stratified random verdeeld zijn over de belangrijkse ecotopen, moet uitgewerkt worden op basis van verder onderzoek (o.a. bekomen in het project Deltakennis).

De optie van drijvende ADCP's dient zeker onderzocht te worden. ADCP's kunnen op een klein vlot worden gemonteerd dat dan verankerd wordt boven een bepaald punt op een plaat/slik. Dit vlot kan daar gedurende bv. 3 weken (volledige getij cyclus) blijven liggen. Wanneer enkele van dergelijke vlotten zouden ter beschikking zijn dan kunnen die jaarrond at random verdeeld worden over de getijdengebieden. Op die manier kunnen erg nauwkeurige gegevens in ruimte en tijd over stroomsnelheden boven getijdengebieden bepaald worden. Wanneer dit in de tijd gecontinueerd wordt kunnen hieruit zeker trends afgeleid worden. Bovendien maakt dit koppeling tussen hydrodynamiek en biogeomorfologie mogelijk. De directe koppeling wordt gemaakt in de ecotopen kaart (zie verder). De opdeling in hoog- en laagdynamische gebieden is gebaseerd op stroomsnelheden berekend via modellen. Het is echter juist in de getijdengebieden dat de modellen het minst betrouwbaar zijn. Het indelen van ecotopen op minder nauwkeurige stroomsnelheidsgegevens heeft grote consequenties, immers de oppervlakte ecotopen is nodig voor berekening van verschillende

systeemparameters zoals benthische biomassa etc. Fouten in de ecotoop afbakening worden daarin dus doorvertaald met alle gevolgen van dien.

5.6. Meteo gegevens

Meteo gegevens worden in Nederland en Vlaanderen verzameld. Met het oog op veiligheid, om golfbelasting op de waterkering te volgen, zijn windmetingen hierbij essentieel. Voor de interpretatie van ecologische gegevens zijn meteo gegevens een absolute must maar daar kunnen we ervan uitgaan dat de bestaande metingen van KNMI en KMI voorlopig als voldoende kunnen beschouwd worden. Wel is het belangrijk dat de nodige gegevens ook ter beschikking zijn. Nu moeten die vaak aangekocht worden door diverse gebruikers. Een stroomlijning via de centrale databank is hier nodig. Voor windmetingen zijn locale metingen vereist. Wellicht volstaan de huidige metingen. In Vlaanderen is er een meetpunt te Prosperpolder. Te Oosterweel is een dergelijk meetstation geïnstalleerd ten behoeve van de Oosterweeltunnel. Mogelijk komen ook de metingen die momenteel uitgevoerd worden ter hoogte van de sluiscomplexen (bijvoorbeeld door GHA) hiervoor in aanmerking. Belangrijk is alle data centraal beschikbaar te maken in 1 databank.

Hoofdstuk 6.Morfodynamiek

6.1. Inleiding

De morfodynamiek is belangrijk voor zowel toegankelijkheid, veiligheid als natuurlijkheid, nochtans is onze kennis over de morfologische veranderingen nog zeer beperkt. De vorm van het estuarium is sterk geëvolueerd, maar de preciese verbanden tussen ingrepen van de mens en de morfologische sturing, of welke ingrepen meer doorwogen op de verdere evolutie dan andere, is niet altijd even helder. Er is een permanente interactie tussen zeespiegelstijging, morfologische veranderingen (natuurlijke en antropogeen) en de getijenergie (Fig. 6.1) De afzonderlijke bijdragen van natuurlijke processen en ontwikkelingen zoals zeespiegelstijging en antropogene processen als inpolderingen, dijkwerken, baggeren en storten is bijgevolg moeilijk te kwantificeren.

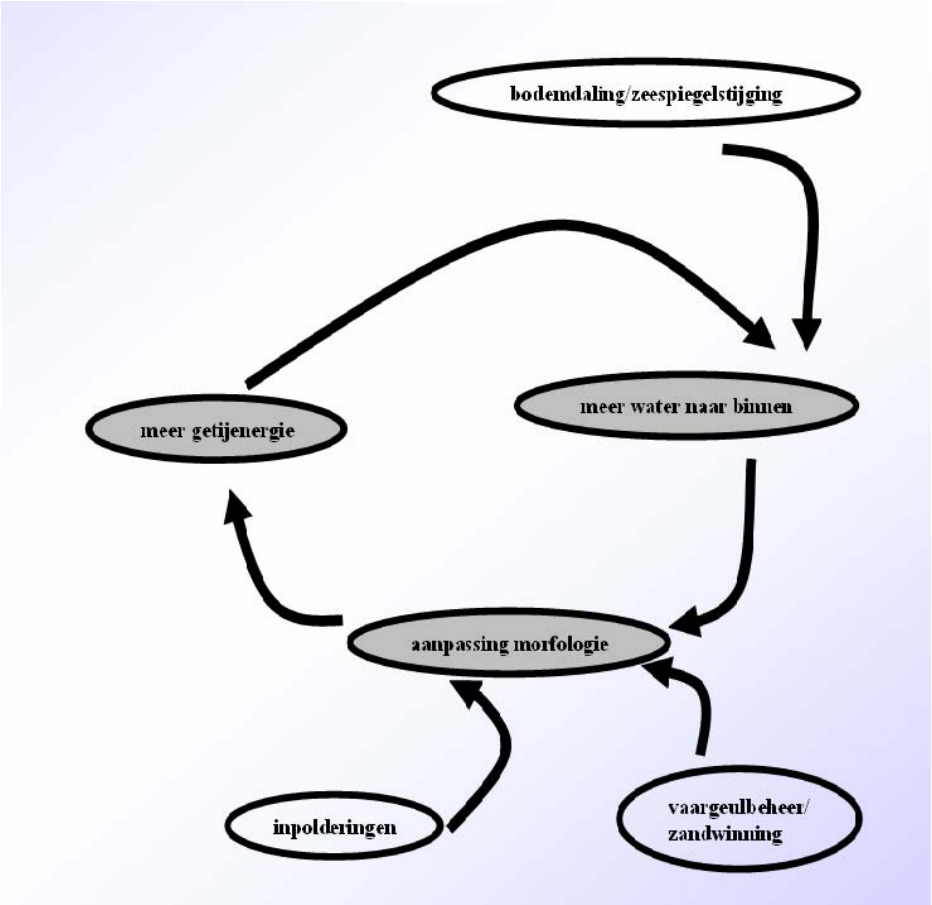
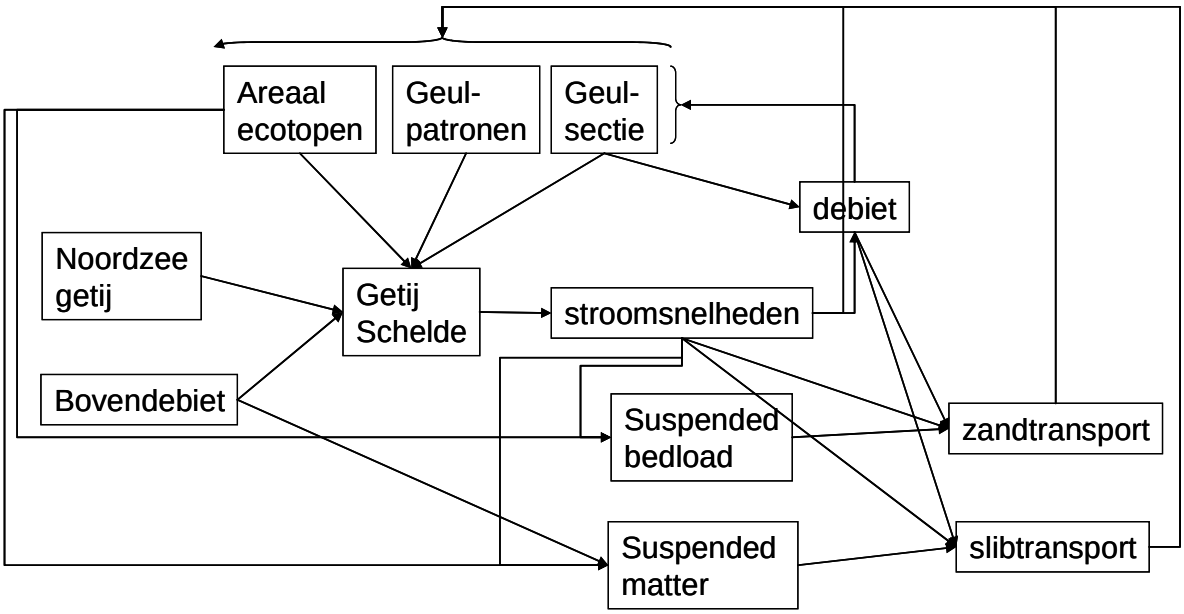


Fig. 6. 1 Hydraulisch morfologische cyclus en mogelijke invloed van de mens hierop (naar Van den Bergh et al., 2003)

Aangenomen wordt dat de morfologische evolutie van het estuarium een resultante is van zowel natuurlijke factoren als van talrijke kleinere en grote

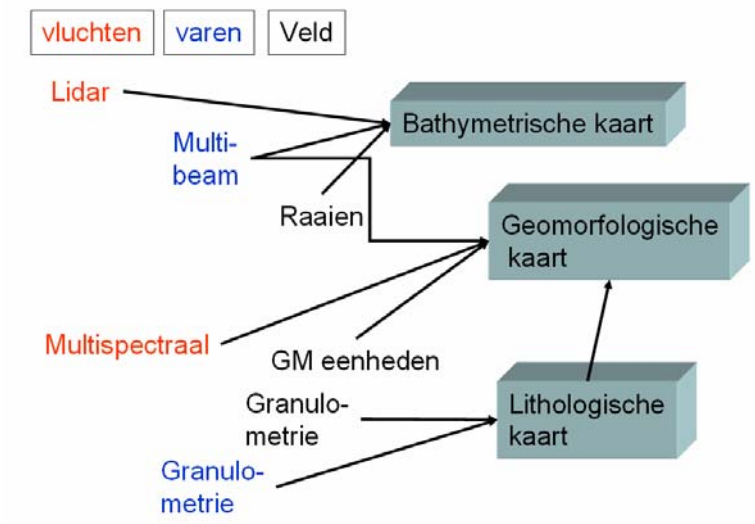
ingrepen in het systeem. De effectketen is redelijk complex zoals volgend schema illustreert (Fig. 6.2).



Figuur 6.2: Relaties tussen morfologisch sturende factoren en componeneten

Is de evolutie op zich duidelijk, de problematiek is dat ook. De hoge hydrodynamische dynamiek heeft geleid tot een afname van het areaal van laagdynamische gebieden, het meergeulenstelsel komt in verdrukking, de laterale gradiënt van ondiep water over slikken naar schorren versteilt met klifvorming als gevolg. Dit zijn enkele van de gekende vaststellingen. De monitoring moet dit niet alleen vaststellen maar ook onderliggende mechanismen onderkennen. Hoewel verschillende parameters vereist zijn voor wettelijke doeleinden (bv. geuldiepte, dijkhoogte en hoogte voorland, areaal aan habitats etc.) moet de monitoring in eerste instantie het geomorfologische systeem in beeld brengen en de basis leveren voor de huidige en toekomstige geomorfologische ontwikkelingen en de kennis van het systeem.

De morfologische patronen spelen zich a priori af op verschillende ruimte- en tijdschalen. Donkers et al. (2007) maken onderscheid tussen mega, macro, meso en micro schaal. De te meten variabelen zijn relatief eenvoudig, de afgeleide variabelen daarentegen complex. Een overzicht van de metingen is weergegeven in figuur 6.3. Een directe link met de hydrodynamiek is duidelijk.



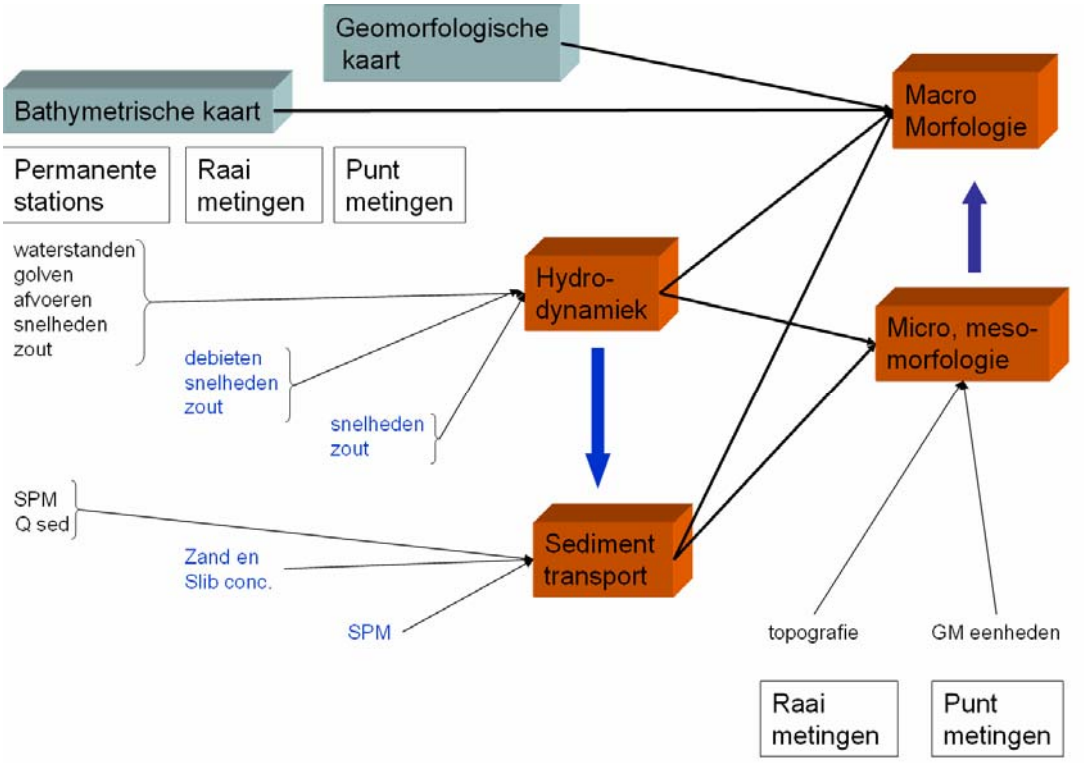


Fig. 6.3. Overzicht van alle metingen voor de morfodynamiek.

6.2. Bathymetrie en macrodynamiek Morfologische structuren

6.2.1. Topografie

Gedetailleerde topografische kaarten zijn essentieel. Ze vormen de basis voor veel afgeleide morfologische parameters, zijn essentiele input voor modellen, zijn essentieel voor scheepvaart en veiligheid en basis gegevens voor de ecologie. Daarenboven zijn ze de basis voor het beschrijven van trends in de morfologie. Daarom moeten ze gebiedsdekkend verzameld worden

Bathymetrie wordt opgemeten via een combinatie van single/multibeam metingen vanop schepen voor het sublittoraal tot zo hoog mogelijk in het littoraal en via laser altimeterie van de laag- tot de hoogwaterlijn. Het verdient aanbeveling om op termijn alleen met multibeam te werken om de gegevens ook voor andere doeleinden te kunnen gebruiken (zie verder).

De Westerschelde wordt nu jaarlijks in de zomerperiode gepeild en overvlogen. De gegevens worden verzameld in 15 vakken via singlebeam, maar in de toekomst ook via multibeam. In de zomer, zoveel mogelijk aansluitend bij de peilingen, worden ook LIDAR (Laser Imanging Detection and Ranging) vluchten uitgevoerd voor de intergetijdengebieden. Alle data worden verwerkt tot hoogtegegevens voor een raster van 20x20 m.

De huidige bathymetrische bepalingen voor de Westerschelde worden als voldoende beschouwd (Donkers et al. 2007), hoewel voor sommige kortsluitgeulen de raaioriëntatie verre van optimaal is. Bij voorkeur dient dit aangepast (loodrecht, dwars op de geul) en in het jaar van aanpassing ook de oude raaiorientatie nog een keer herhalen om trendbreuken t.g.v. raaiaanpassing te kunnen kwantificeren. Verder verdient het ook aanbeveling om ieder vakblad steeds op ongeveer het zelfde moment in het jaar te meten zodat het tijdsinterval min of meer constant is. Van west naar oost werken of andersom.

Gezien het belang van de Voordelta en de ingrepen die ook aldaar gebeuren verdient het aanbeveling om de frequentie van opname van bathymetrie te verhogen tot minimaal 2 jaarlijks, indien haalbaar jaarlijks, aansluitende op de Westerschelde. Dit kan mogelijks gebeuren door integratie met de metingen van de Afdeling kust - Vlaamse hydrografie.

In de Beneden-Zeeschelde wordt nu tweejaarlijks gepeild, de laseraltimetrie gebeurt ad hoc. Er wordt voorgesteld om hier eenzelfde frequentie te hanteren als in de Westerschelde, maw jaarlijkse peilingen in de zomerperiode.

Van de Boven-Zeeschelde en Rupel zijn momenteel minder bathymetrische gegevens voorhanden. Dit is een belangrijke handicap voor het toekomstige beheer en het beschrijven van de ontwikkeling van het gebied. Tot Temsebrug is een frequentie van om de drie jaar meten zeker nuttig en voor maritieme zaken

nodig. Voorbij Temsebrug en op de Rupel wordt deze frequentie voor maritieme doeleinden niet noodzakelijk geacht en volstaat eens om de zes jaar. Echter vanuit hydrodynamische, morfodynamische en ecologische hoek is er wel behoefde aan een frequentie van eens om de drie jaar. Zo is in de Boven-Zeeschelde de tijamplitude sterk toegenomen tussen het tijdvak 1981-1990 en het tijdvak 1991-2000, tot bijna 25 cm te Melle. Deze toename is in hoofdzaak toe te schrijven aan dalende laagwaterstanden, wat mogelijk voortvloeit uit of invloed heeft op veranderingen in de morfologie in dit deel van het estuarium. Wij stellen dan ook voor om aansluitend op de rest van het estuarium hier frequentere bathymetrische gegevens te verzamelen. Om de 3 jaar moet de volledige geul, inclusief de Rupel, opgenomen worden (hoewel een hogere frequentie wetenschappelijk gezien beter zou zijn, maar als basis systeemmonitoring kan om de 3 jaar volstaan; het is zeer wenselijk om voor geomorfologisch en hydraulisch onderzoek tijdelijk een hogere frequentie aan te houden in het kader van onderzoeksmonitoring. In de buurt van grote projecten (Doel/Prosper; Kruibeke Bazel Rupelmonde) moeten in het kader van projectmonitoring zeker frequentere peilingen gebeuren.

Op de zijrivieren wordt een analoog meetprogramma voorgesteld maar om practische en financiële redenen kan een frequentie van eens in de 6 jaar gehanteerd worden.

Hierbij verdient het aanbeveling om, zoals gebruikelijk, de bathymetrische metingen per schip te doen bij hoogwater zodat zover mogelijk over de slikken kan gevaren worden waardoor de slik/plaatrand duidelijk mee gemeten wordt, wat info geeft over de ontwikkeling van de slikken (zowel oppervlakte, ligging als eventuele versteiling). Deze single/multibeam metingen worden aangevuld met een LIDAR meting bij laagwater zo dicht mogelijk bij de vaartochten, waardoor ook het volledige intertidale gebied gekarteerd wordt. In tegenstelling tot de Wester- en Beneden-Zeeschelde kunnen de LIDAR metingen bovenstrooms de Rupelmonding niet in de zomer gebeuren vanwege de vegetatie die dan sterk interfereert met de metingen (laserstralen worden gereflecteerd door het bladerdek van bomen en struiken waardoor hoogtemetingen van het schor erg onnauwkeurig worden en bovendien groeien veel bomen/struiken over de schorrand waardoor deze niet kan ingemeten worden tijdens het vegetatieseizoen. Daarom vinden deze in de winter plaats, aansluitend op de bathymetrische metingen in de zomer

Voor de verwerking van de gegevens tot digitale kaarten wordt aangeraden om een raster van 5x5 m te hanteren, in ieder geval voor alle getijdengebieden en de Zeeschelde. In het mondingsgebied is een raster van 20x20 m voldoende.

Gebiedsdekkende bathymetrische kaarten zijn de basis voor macro en mesoschaal analyses, maar onvoldoende om inzicht te krijgen in de mircoschaal dynamiek. Daarom worden aanvullende metingen op raaien voorzien. De verantwoording is vooral gericht op het beter begrijpen van seizoenale sedimentatie erosie patronen en het karteren van schorranderosie (zie 6.3).

6.2.2. Fysiotopen/geomorfologische kaart

Geomorfologische kaarten (zie diversiteit habitats) zijn nodig omdat ze een beeld geven van morfologische patronen (aanwezigheid ribbels, zand, slib etc.). Deze zijn niet alleen nodig voor de ecotopen kartering (zie verder) maar ook voor de koppeling tussen hydrodynamiek en geomorfologie.

6.2.3. Bodemsamenstelling

Voor de ecologie en het ecologisch functioneren is de bodemsamenstelling cruciaal. Kleine veranderingen in slibgehalte resulteren al in belangrijk verschuivingen van biota. Ook veel fysico-chemische processen zijn afhankelijk van het bodemtype. Hoewel niet vervat in enige wettelijke verplichting lijkt het opmaken van lithologische kaarten onontbeerlijk gezien de koppelingen (zie hierboven) maar ook naar de beheerder toe. Immers de verspreiding van zand en slib is een belangrijke parameter naar bagger- en onderhoudswerken toe. De opmaak van een lithologische kaart (zie 6.4) vereist analyse van bodemmonsters in combinatie met multibeam beelden.

De bemonstering van de bodem moet afgestemd worden op de benthos-bemonsteringen. Immers deze gegevens kunnen hiervoor een belangrijke input zijn.

6.3. Bathymetrie en meso/microdynamiek

Jaarlijkse en meerjaarlijkse metingen geven een beeld van grootschalige veranderingen maar zijn onvoldoende om korte termijn veranderingen te beschrijven. Daarom wordt voorgesteld om de hierboven aangegeven metingen aan te vullen met detailmetingen op een aantal raaien. Deze metingen moeten tevens dienen als groundtruth voor de LIDAR metingen.

In de Westerschelde worden een 30-tal raaien voorzien, in de Zeeschelde en bijrivieren een 20-tal raaien. Een voorstel voor deze nieuwe raaien in de Zeeschelde en Rupel is opgenomen in bijlage. In de Westerschelde en Beneden Zeeschelde worden de raaien op het slik jaarlijks 4 maal (ieder seizoen) gemeten, het schor 1 maal per 2 jaar (bij voorkeur met DGPS). De metingen vinden plaats van de teen van de dijk tot de laagwaterlijn. In Boven-Zeeschelde + Rupel en zijrivieren stellen we voor om de metingen om de 3, respectievelijk 6 jaar te doen, gekoppeld aan de laseraltimetrie (dus in dat jaar dan 1 maal het schor en 4 maal het slik).

Bij de opname van de schorren moet speciale aandacht besteed worden aan het opmeten van de positie van de schorrand (klif). Het bepalen van de positie van het klif is niet gemakkelijk. Er dient een duidelijk protocol te worden opgesteld voor het bepalen van de positie van de schorrand (hetzij de top van de klif, voet van de

klif, rand van de vegetatie,…). Deze metingen gebeuren tijdens de opmetingen van de raaien.

Op deze raaien voor microdynamiek wordt tevens granulometrie bepaald. Wijzigingen in de granulometrie duiden immers op veranderingen in de morfodynamiek. Per raai worden een tiental stalen voorgesteld. Op de korte raaien in de Zeschelde kan dit aantal beperkt worden. Staalname op de slikken gebeurd tijdens de opnames in voor- en najaar.

6.4. Lithologische kaart

De bodemsamenstelling is een parameter die zeer determinerend is voor de volledige ecologische ontwikkeling en in belangrijke mate wordt bepaald door de hydrodynamiek en ingrepen (vnl storten), maar ook door input van buiten het systeem (zowel mariene als fluviatiele invloed). Een nauwkeurige monitoring dringt zich hier dan ook op om mogelijke veranderingen in kaart te brengen en processen te begrijpen.

Voorgesteld wordt om driejaarlijks een lithologische kaart op te maken van het volledige estuarium (Wester- en Zeeschelde, inclusief Rupel) en zesjaarlijks ook voor de zijrivieren. Er werd gekozen voor de term lithologische kaart in plaats van bodemkaart, dit om verwarring te vermijden. Deze laatste kaart verwijst immers naar bodemtypes zoals beschreven in de pedologie. De term lithologische kaart moet ondubbelzinnig verwijzen naar de sedimentsamenstelling.

Het opmaken van de kaart vereist een multibeam scan aangevuld met extra staalnames voor granulometrie. Deze staalnames kunnen afgestemd worden op de benthosbemonsteringen (waar voor elk punt ook de granulometrie wordt bepaald, zie verder), maar het meetnet aan sublittorale punten zal groter moeten zijn voor de lithologische kaarten dan voor de benthosbemonsteringen. Deze extra punten kunnen bemonsterd worden tijdens de bemonsteringen van het benthos of kunnen gekoppeld wordenaan de bathymetrische metingen, of een combinatie van beide. Dit moet onderzocht worden naar practische haalbaarheid.

Gekoppeld aan de benthosbemonsteringen (zie 9.5) moet de granulometrie worden bepaald. De informatie over granulometrie is een essentiële parameter om de gegevens van het benthos te interpreteren. Een uniforme methodiek in Wester- en Zeeschelde en bijrivieren voor de bepaling van de korrelgrootteverdeling is vereist. De monsters voor granulometrie blijven evenwel puntmetingen. Recent onderzoek door CEME toont aan dat er zeer goede vooruitzichten zijn om op basis van radarbeelden een gebiedsdekkende kartering van de sedimentsamenstelling te maken. Er is momenteel ook een onderzoeksprogramma van INBO en VITO ivm remote sensing. Wanneer de methode op punt staat, verdient het aanbeveling om dat op te nemen in het monitoring programma. Het vereist evenwel steeds kalibratie en daarvoor kunnen sedimentbemonsteringen op de punten van

benthosbemonstering gebruikt worden, waardoor deze noodzakelijk zullen blijven. Deze radarbeelden zijn uiteraard ook alleen voor het intergetijdengebied.

6.5. Sedimenttransport

Hoewel erg moeilijk, zijn directe metingen van sedimenttransport noodzakelijk. Ook dit is niet in een wettelijk of beleidskader voorzien maar is te verantwoorden op wetenschappelijke gronden. Geomorfologische veranderingen gaan de facto gepaard met sediment transport en zijn er vaak het gevolg van. Beter inzicht in de transporten van sedimenten is dan ook essentieel met het oog op een beter beheer. Immers bv. bagger- en stortstrategieën kunnen vaak efficiënter zijn indien ze gebruik maken van natuurlijke transport processen. Ook maatregelen voor habitatherstel, -creatie, en/of –behoud zullen veel effectiever zijn indien ze afgestemd zijn op lokale patronen van sediment transport. Bovendien kunnen specifieke maatregelen nodig zijn om ongewenste sedimenttransporten tegen te gaan (bv. aanslibbing in dokken, geulen etc.).

In de Westerschelde wordt zandtransport gemeten op 1 punt in iedere raai tijdens de debietsmetingen.

Slibtransport wordt in de Westerschelde eveneens gekoppeld aan de debietsmetingen op raaien gemeten. Verder wordt het bepaald aan alle boundary punten van het estuarium. Continu metingen van turbiditeit zijn op diverse punten voorhanden in de Zeeschelde, puntmetingen zijn voorhanden op alle meetplaatsen van fysico-chemie (zie verder). Slibtransport vereist een gedetailleerd meetnet van de slibvracht die in het estuarium toekomt (zie 8.3.1 Boundaries) en metingen aan SPM in het estuarium (zie 8.4.2).

Het meetnet voor sedimenttransport (zand en slib) moet absoluut uitgebreid worden. Dit zien we op 2 manieren:

- aanvullende metingen tijdens de debietsmetingen. Hierbij kan zand en slib transport bepaald worden op meerdere punten, via een combinatie van zandtransportmeters, turbiditeitsmetingen, ADCP backscatter interpretatie en bemonsteringen om slibconcentraties te meten. Een apart overleg is door RWS voorzien om dit verder uit te werken.
- puntmetingen: tijdens de periodieke vaartochten (zie fysico-chemie) wordt stroomsnelheid en –richting gemeten op minimum 3 (bij zeer geringe waterdiepte) en maximum 7 (gedurende dertienuursmetingen) vooraf bepaalde dieptes (5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% en 95% van de totale waterdiepte op dat ogenblik). Op elke diepte worden turbiditeit en geleidbaarheid bepaald. Op hetzelfde diepteprofiel worden minimaal 2 waterstalen genomen voor de gravimetrische bepaling van de concentratie aan zwevende stof. Ter vervanging van de metingen op discrete dieptes, kan ook gebruik gemaakt worden van moderne technieken en toestellen zoals snelle profilers die in staat zijn om gelijktijdig turbiditeit, temperatuur

en conductiviteit te meten en anderzijds continue metingen langsheen de langsas met ADCP en waarbij via backscatter intensiteit (uit het akoestisch signaal) de sedimentconcentratie wordt afgeleid mits voldoende calibratie. Minimaal twee staalnames per profiel voor gravimetrische bepaling van de concentratie aan zwevende stof blijven noodzakelijk.

Daarnaast moet via projectmonitoring het transport van sedimenten (zowel zand als slib) zeer nauwkeurig gevolgd worden op diverse manieren in relatie tot verschillende projecten (zeker de opvolging van bagger- en stortlokaties) en is onderzoeksmonitoring nodig om meer inzicht te krijgen in de transport processen.

6.6. Ingreep gegevens

Nauwkeurige gegevens zijn hier essentiëel zowel voor de effectbeschrijving als voor de systeembeschrijving (sediment transporten). Volgende gegevens moeten voorhanden zijn:

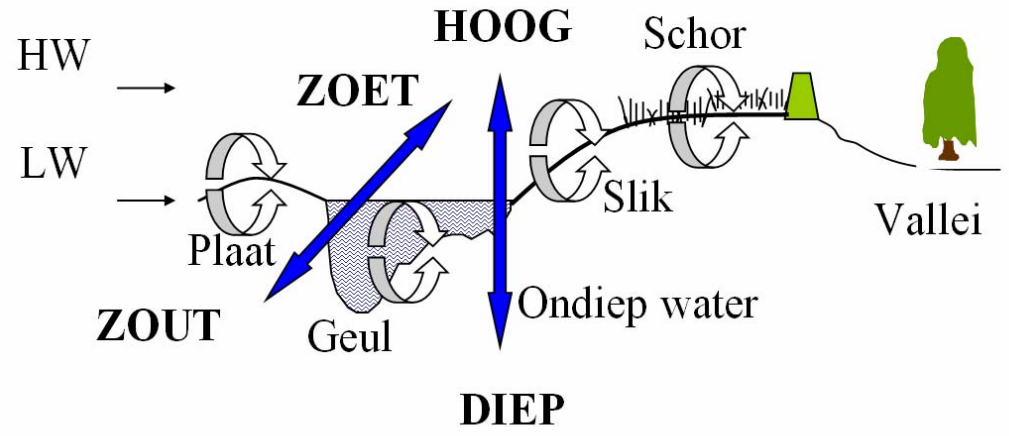
- volumes op de verschillende bagger- en stortlokaties in de Wester- en Zeeschelde via BIS
- volumes op de verschillende bagger- en stortlokaties van de havens
- bodemsamenstelling van de bagger- en stortlokaties
- volumes zandwinning

Voor de Zeeschelde, zeker de Boven-Zeeschelde en zijrivieren is deze info niet systematisch opvraagbaar. De meeste ingrepen zijn wel beschreven (zie o.a. dossiers Sigma-dijkwerken en archief "Vergunningen" bij de afdeling Zeeschelde), maar de data is niet steeds snel opvraagbaar. Dit moet absoluut voorzien worden. Ook wijzigingen in schor- en dijkbeheer en onderhoud dienen eenduidig bijgehouden te worden.

Hoofdstuk 7.Diversiteit habitats

7.1. Inleiding

Het estuarium is gekenmerkt door een grote variatie aan habitats (fig. 7.1). Deze variatie is te wijten aan drie grote gradiënten: een verticale gradiënt van het diepste punt van de geul tot het hoogste deel van het schor; een horizontale gradiënt van volledig zout naar volledig zoet; een interne gradiënt door verschillen in bodemsamenstelling en dynamiek.

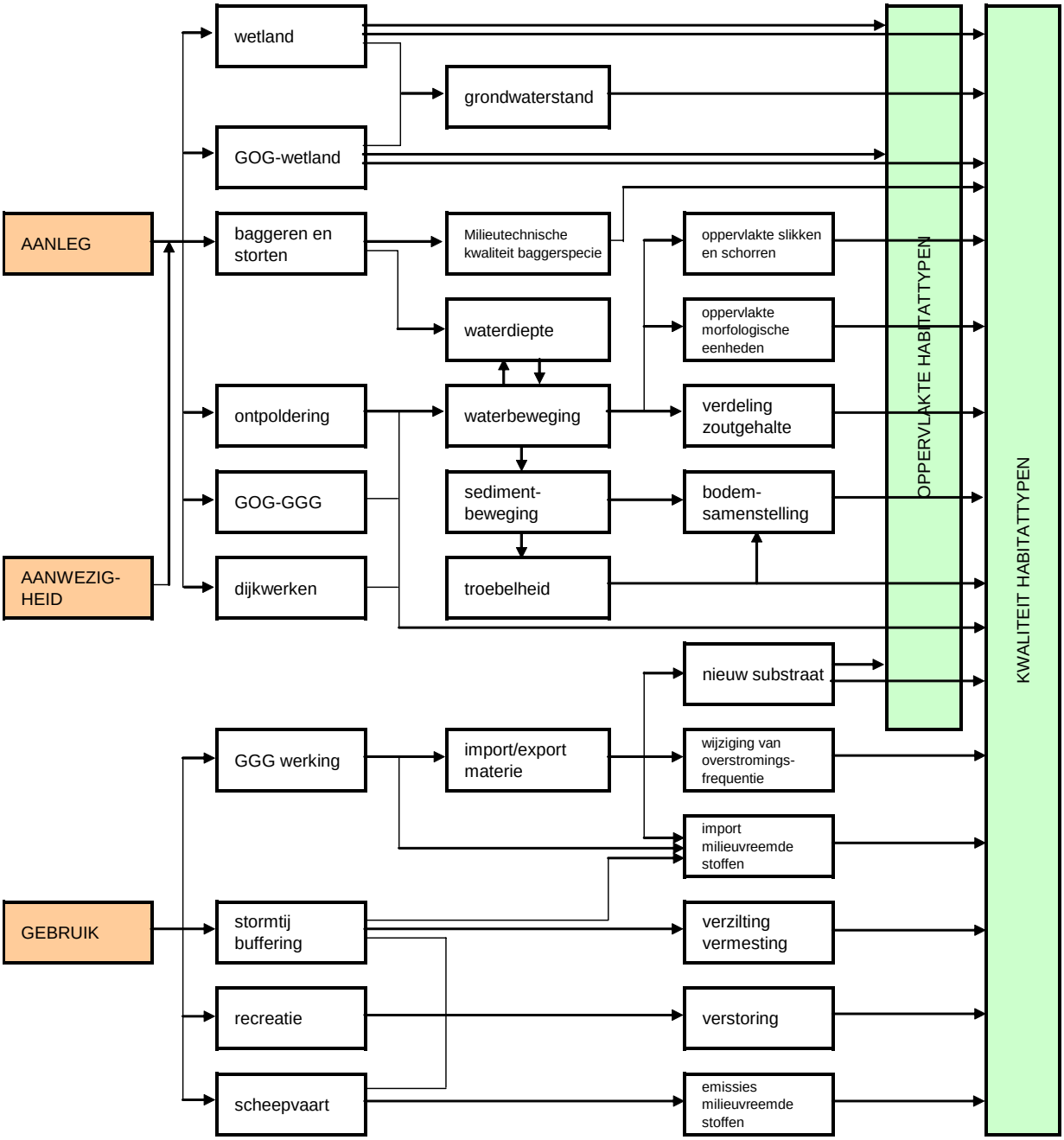


Figuur 7.1. Overzicht van de habitatdiversiteit in een estuarium als gevolg van een horizontale zoutgradiënt, een verticale dieptegradiënt en een interne dynamiek gradiënt (ronde pijltjes).

De habitats zijn de resultante van morfo- en hydrodynamiek, maar steeds meer en meer is duidelijk dat ook biota een belangrijke rol spelen in de vorming/afbraak van habitats. Bepaalde soorten (system of eco-engineers) kunnen een belangrijke rol spelen bij habitatvorming: zo kan de kieming van pionierssoorten als Zeekraal of Engels Slijkgras determinerend zijn voor de start van schorvorming. Grauwe ganzen kunnen door het graven naar knollen van Zeebies dan weer erosie van een schor bevorderen.

De diverse geplande ingrepen kunnen zowel positieve (habitat creatie) als negatieve gevolgen hebben voor habitats (erosie, verhoogde dynamiek etc.). Een overzicht van de effectketens is weergegeven in figuur 7.2. Hieruit blijkt duidelijk de complexiteit van de habitat karakteriserende factoren en de impact van ingrepen en gebruik op kwaliteit en areaal habitats. Gezien het inhoudelijke belang

van habitats binnen het systeem, maar ook de wettelijke verplichtingen (zie hoger) is een goede monitoring vereist.

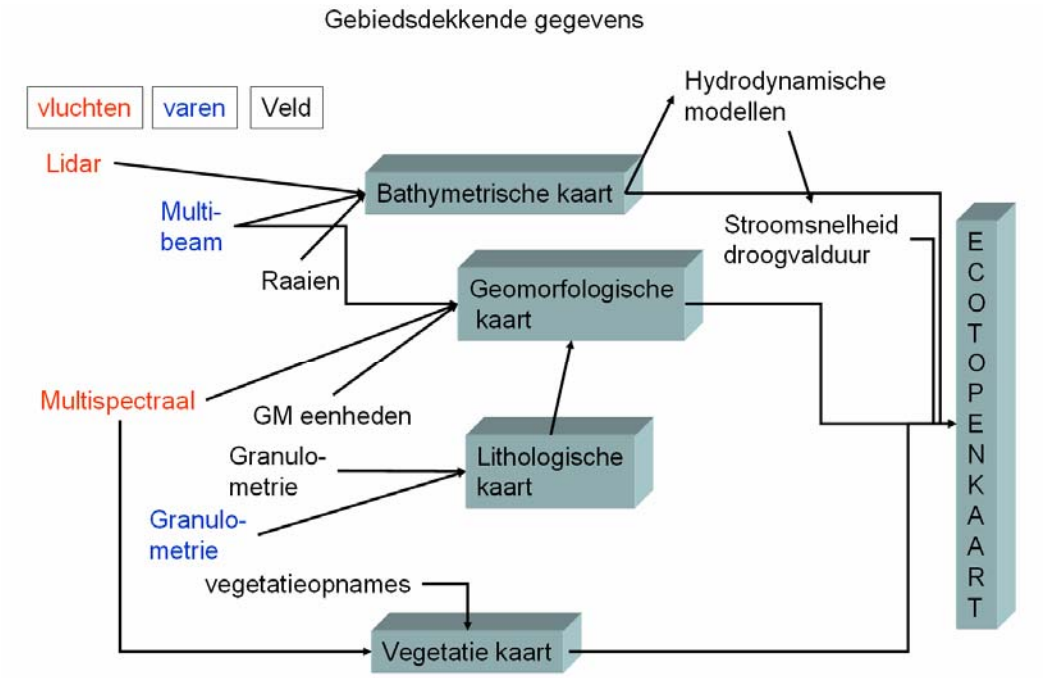


Figuur 7.2. Overzicht van de effecten van ingrepen en gebruik op oppervlakte en kwaliteit van habitats.

7.2. Ecotopen

Centraal bij de beschrijving van de diversiteit van habitats staat het begrip ecotoop. Ecotopen zijn landschappelijke eenheden (een klassificatie van habitats op basis van sedimentsamenstelling, dynamiek, zoutgehalte, plaat, slik, geul, hoogteligging, vegetatietype) en vormen de link tussen de hydro- en morfodynamica en de ecologie. De ecotopen worden bepaald op basis van de volgende gegevens (fig. 7.3):

waterstanden		
topografie/bathymetrie	droogval duur	modelmatig
stroomsnelheden	stroomsnelheidsklasse	modelmatig
geomorfologische eenheden		zie morfodynamiek
saliniteit	saliniteits zone	modelmatig
contouren vegetatie types		luchtfoto interpretatie



Figuur 7.3 Overzicht van het verband tussen de verschillende gegevens nodig voor het opstellen van ecotopenkaarten. (GM geomorfologische eenheden).

7.2.1. Geomorfologische kaart

De geomorfologische eenheden (fysiotopen) vormen de basiseenheden van de ecotopen die dan verder gedifferentieerd worden op basis van hoogte, stroomsnelheden en droogvalduur. De hoogtegegevens zijn afkomstig van de bathymetriscche/topografische kaarten. Die worden rechtstreeks gebruikt om dieptestrata te definiëren. Daarnaast worden de bathymetrische kaarten gebruikt

in de hydrodynamische modellen om stroomsnelheden en droogvalduren te berekenen. Voor de getijdengebieden wordt de droogvalduur berekend op basis de bathymetrische gegevens en waterstanden zoals geleverd door een hydrodynamisch model, dat ook de stroomsnelheden berekent, alsook de saliniteit. Gelet op de onzekerheden die dienaangaande nog bestaan (cfr MER Verruiming t.o.v ecotopenkaarten RIKZ en MOVE-rapportering) wordt aanbevolen om gerichte snelheidsmetingen uit te voeren boven de intergetijdengebieden zoals beschreven onder hydrodynamiek (stroomsnelheden).
De begroeide delen (schor en slikken met zeegras) worden opgedeeld op basis van vegetatie eenheden. De ecotopenkaaten kunnen bijgevolg niet opgemaakt worden zonder de beschikbaarheid van alle opgesomde gegevens.

De opmaak van de ecotopenkaart vereist dus aanvullend op de bathymetrische en lithologische kaarten de opmaak van geomorfologische en vegetatiekaarten. De aanmaak van deze kaarten is duur (luchtfotografie noodzakelijk) waardoor een hoge frequentie van opmaak onmogelijk is. De minimale vereiste is een 6 jaarlijkse frequentie (koppeling rapportering EU HR). Deze frequentie is echter te laag om duidelijke trends te kunnen opvolgen die het meest waarschijnlijk zijn in die gebieden met de meeste ingrepen: Westerschelde en Zeeschelde (inclusief Rupel). Daarom is het nodig om hier een hogere frequentie aan te houden. Eens om de drie jaar is een compromis tussen wetenschappelijke waarde en economische haalbaarheid. Op de zijrivieren kunnen we volstaan met een zesjaarlijkse kartering.

De ecotopen vormen ook de basis voor het stratified random bemonsteren en dus ook voor het opschalen van de gegevens op estuarium niveau. Fouten in de oppervlaktes van ecotopen worden dan ook onmiddellijk doorvertaald naar alle afgeleide berekeningen. Ook daarom is het nodig om de ecotopen regelmatig en nauwkeurig te bepalen.

7.2.2. Vegetatiekaart

Vegetatiekaarten vormen ook een essentieel onderdeel van de ecotoopkartering. Voor ecotopenkaart volstaan grotere eenheden gebaseerd op de vegetatietypes. Die eenheden kunnen bepaald worden op basis van luchtfoto's. De ontwikkeling van de vegetatie op de schorren is echter ook een goede indicator voor veranderingen in het abiotische milieu. Dit vereist evenwel een nauwkeuriger kartering via veldwerk. Dit kan om de 6 jaar uitgevoerd worden in het volledige gebied. Hierbij worden opnames, ad random, gemaakt in de verschillende gekarteerde grotere vegetatietypes. Deze opnames dienen dus zowel voor de "groundtruth" voor de luchtfoto interpretatie als voor een meer gedetailleerde beschrijving van de vegetatie (zie ook diversiteit soorten).

7.2.3. Registratie van alle basisgegevens

Ecotopen zijn een opdeling van een continuüm en het is niet ondenkbaar dat veranderende inzichten op termijn kunnen leiden tot nieuwe voorstellen van opdeling. Daarom is het zeer belangrijk om alle basisgegevens voor het opstellen van de ecotoopkaarten als continu variabelen te verzamelen (indien mogelijk) en op te slaan zodat het gelijk wanneer wanneer mogelijk is om, bij vernieuwde inzichten over ecotoopdefinities, de ecotoopkaarten aan te passen en dit om de vergelijkbaarheid te behouden met het oog op analyses van trends. Er dient eveneens een afstemming te gebeuren tussen Vlaanderen en Nederland voor het gebruik van de karteringseenheden en het maken van gebiedsdekkende GIS kaarten (verschillende coördinaten stelsels en hoogte referentie).

7.3. Geomorfologie

Geomorfologische (fysiotopen) kaarten zijn afgeleide producten van luchtfoto's en bathymetrie aangevuld met sediment karakteristieken. Voor Nederlandse geomorfologische kaarten wordt aan de hand van luchtfoto's onderscheid gemaakt tussen 'zandig' en 'slibrijk'. De grens tussen beide ligt in de buurt van 10% slib (<63 micron). Dat is echter niet de grens die in het ZES-stelsel wordt gehanteerd (25% slib). Bemonstering en analyse van het sediment geeft betere informatie, maar moet wel gekoppeld worden aan ruimtelijke informatie (remote sensing) om bruikbaar te zijn voor kaarten. Gekoppeld aan de vluchten voor topografie in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, Boven-Zeeschelde en Rupel dienen om de 3 jaar multispectraal beelden en eventueel radar RS opgenomen te worden. Voor Boven-Zeeschelde en Rupel moeten deze vluchten gebeuren in zomer en kunnen niet gekoppeld worden aan de LIDAR vluchten in de winter.

Het bekomen kaartmateriaal wordt aangevuld met de lithologische gegevens.

7.4. Vegetatiekartering

7.4.1. Buitendijkse gebieden (rivierwaarts gelegen)

Vegetatiekarteringen vereisen luchtfoto's die in het zomerseizoen gemaakt worden. Voor de Westerschelde kunnen die gezamenlijk gemaakt worden met de LIDAR vluchten (zie ook geomorfologie). Voor de Zeeschelde kan dit niet gezien die vluchten in de winter doorgaan. Extra vluchten zullen dus nodig zijn voor de Boven-Zeeschelde en de zijrivieren. De foto's moeten herwerkt worden tot ecotopenkaarten. De ecotopen kartering hanteert noodzakelijkerwijze een beperkt aantal eenheden om de schorvegetaties te beschrijven. Om de vegetatiesuccessie op te volgen, die het gevolg is van sedimentatie-erosie processen en vegetatiedynamiek, is het nodig om voor schorren over nauwkeuriger vegetatiekaarten te kunnen beschikken om de ontwikkeling van de vegetatie te

kunnen beschrijven en evalueren. Voor beide doeleinden is een homogeen systeem van karteringseenheden nodig.

Voorgesteld wordt om zesjaarlijks gedetailleerde vegetatiekaarten te maken waarbij de resultaten van de foto's worden gecontroleerd in het veld via vegetatieopnames. Voor de 3 jaarlijkse ecotopenkaart wordt volstaan met een interpretatie van de foto's.

7.4.2. Binnendijkse gebieden (landwaarts gelegen) en GOG's

Voor de binnendijkse gebieden wordt een analoog systeem voorzien voor de zesjaarlijkse vegetatiekaarten. De ecotoop kartering is niet aan de orde, wel dient een systeem met vegetatiekarteringseenheden te worden uitgewerkt.

7.4.3. Ontpolderingen en GGG's

Hier geldt hetzelfde principe als voor de buitendijkse gebieden.

7.5. Ingreepgegevens

Voor alle gebieden geldt dat ingreepgegevens eenduidig bijgehouden moeten worden. Veranderingen in het beheer van slikken, schorren en dijken kunnen de vegetatie immers drastisch beïnvloeden. Projectmonitoring kan vereist zijn om de impact van veranderend beheer in kaart te brengen.

Hoofdstuk 8. Algemene fysico-chemie van water en bodem

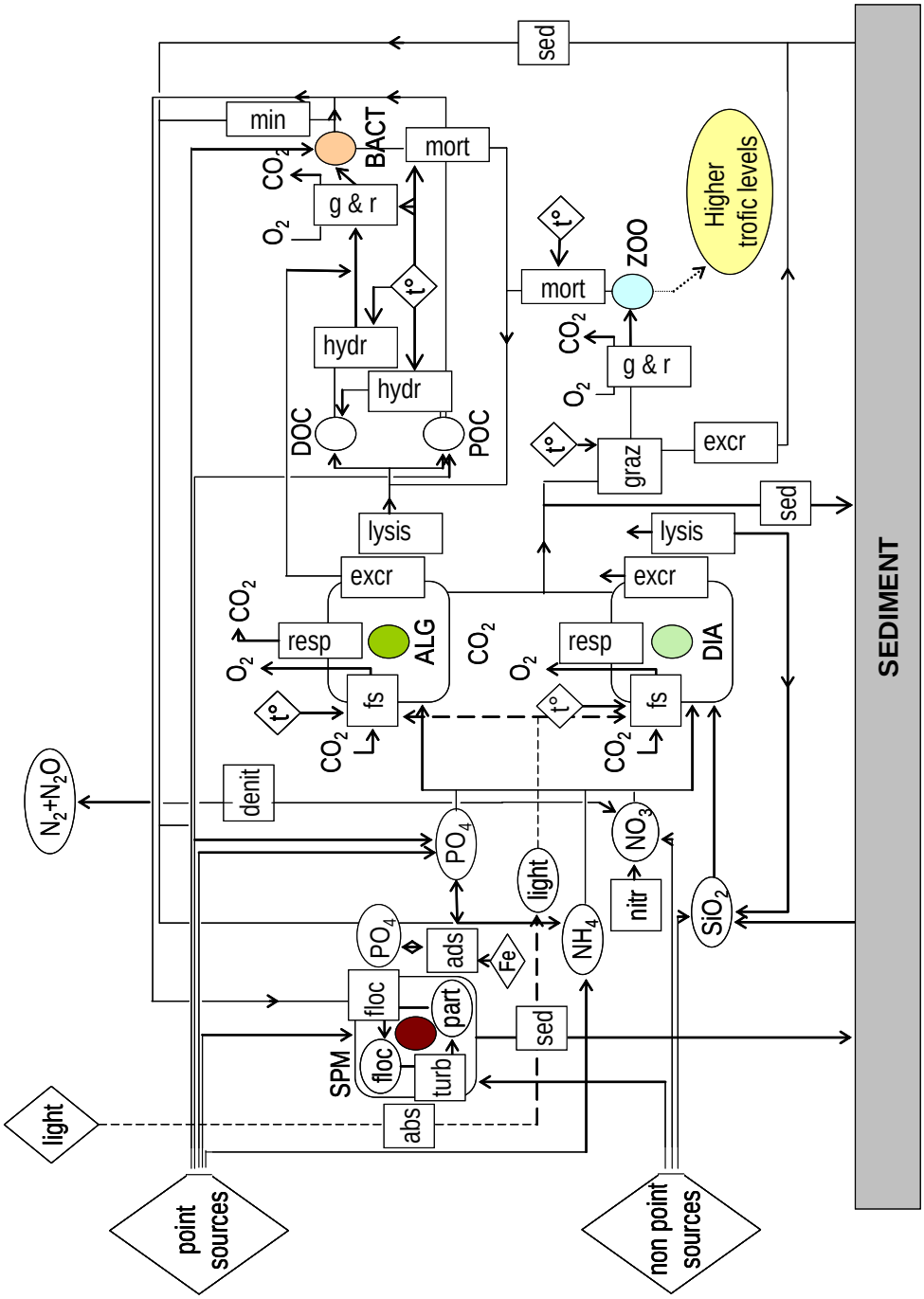
8.1. Inleiding

De algemene fysico-chemie van water en bodem omvat vele essentiële systeemparameters. Monitoring in het kader van algemene waterkwaliteit sluit nauw aan bij of ondersteunt diverse andere disciplines (bv ecologisch functioneren of morfodynamiek). Anderzijds kunnen metingen in het kader van die disciplines helpen bij de interpretatie van de meetresultaten voor fysico-chemie. Metingen voor algemene fysico-chemie zullen daarom optimaal afgestemd worden op de monitoring voor deze disciplines.

De algemene waterkwaliteit wordt bepaald door een complex spel van stofstromen in de waterkolom, en interacties tussen waterkolom en sediment en tussen waterkolom en schorren. Figuur 8.1 tracht de stofstromen in de waterkolom in het estuarium in kaart te brengen. Een analoge figuur kan gemaakt worden voor de stofstromen in het sediment en voor de fluxen tussen de verschillende compartimenten (waterkolom, waterbodem, schorren). Hier spelen gelijkaardige processen. Benthische algen en diatomeeën, bacteriën en zoöbenthos vervullen er gelijkaardige functies voor nutriëntcyclering.

8.2. Algemene fysico-chemie van water

Uit de figuur 5.5 blijkt dat de algemene fysico-chemie van water en bodem een belangrijk onderdeel vormt van het abiotisch systeem in het Schelde-estuarium, en dat het het goed ecologisch functioneren mede bepaalt. Een belangrijke factor in de estuariene pelagiale processen is het heersend lichtklimaat in de waterkolom. Het lichtdoorlatend vermogen (doorzicht en bijgevolg ook de troebelheid) beïnvloedt in sterke mate de primaire productie. Het lichtklimaat in de Zeeschelde is beperkend voor de primaire productie (Brys,R. e.a., 2005) hoewel recent ook indicaties zijn dat de lage zuurstof concentraties ook de primaire productie kunnen limiteren (Cox et al. in prep). Niettemin is niet bekend in hoeverre het huidige lichtklimaat afwijkt van de referentie (Adriaensen, F. e.a., 2005). Het monitoringsprogramma voor fysico-chemie zal daarom veel aandacht besteden aan het lichtklimaat (eigenlijk een parameter uit ecologisch functioneren) en de diverse factoren die dit beïnvloeden.



Figuur 8.1: belangrijkste stofstromen in het estuarium. Omkaderd staan processen (abs: absorptie; floc: flocculatie; sed: sedimentatie; ads: adsorptie; nitr: nitrificatie; denitr: denitrificatie; fs: fotosythese; resp: respiratie; excr: excretie; hydr: hydrolyse; g&r: groei en respiratie; mort: afsterven; min: mineralisatie), omcirkeld zijn toestandsvariabelen (PO4: fosfaten, NH4: ammonium; NO3: nitraat; SiO2: silicaat; DOC: opgeloste organische koolstof; POC: particulair organische koolstof; floc: vlokken; part: partikels; SPM: zwevende stof; light: lichtklimaat; ALG: algen (niet-diatomee); DIA: diatomee; BACT: bacterie; ZOO: zoöplankton). Zuurstof, dat ook al toestandsvariabele kan beschouwd worden, komt op meerder plaatsen in het schema voor en staat niet omcirkeld. Randvoorwaarden en sturende grootheden staan weergegeven in ruiten. (gebaseerd op Billen).

De verhouding tussen de elementen Stikstof, Fosfor en Silicium is cruciaal voor het ecologisch functioneren van het estuarium. Op piekmomenten van algenbloei blijkt uit de recentste OMES resultaten dat Silicium in de Boven-Zeeschelde reeds limiterend kan worden voor de groei van kiezelwieren. Bij Si-limitatie treden er bijgevolg verschuivingen op binnen de algenpopulatie van kiezelwieren naar andere soorten met potentieel negatieve gevolgen voor het gehele pelagiale ecosysteem. De verhouding tussen de N, P en Si moet dus nauwkeurig opgevolgd worden. Ingrepen in het kader van LTV en OS2010 voorzien immers in belangrijke interacties met de Silicium- en Stikstofcyclering.

Bacteriën, algen en diatomeeën nemen een prominente plaats in binnen de stofstromen in het estuarium. Voor een goed inzicht in deze stofstromen, is monitoring van bacterïen en primaire producenten cruciaal. Primaire producenten worden, in het kader van het ecologisch functioneren, uitgebreid opgevolgd (zie verder). Een zelfde monitoring voor bacteriën zou ideaal zijn, maar licht minder voor het hand. Een modelmatige aanpak is hier vereist. Het verdient ten zeerste aanbeveling om via onderzoeksmonitoring bacteriële activiteiten te meten, als ondersteuning voor de modellen.

Het zuurstofgehalte kan determinerend zijn voor het voorkomen van zoöplankton, -benthos en hogere trofische niveaus. Het in kaart brengen van de zuurstofcyclus is essentieel. Het monitoringsprogramma hecht daarom veel belang aan rechtstreekse zuurstofmetingen (periodieke en continue metingen) en metingen van de zuurstofvraag en productie (voor dit laatste zie ecologisch functioneren).

8.3. Monitoring in ruimte en tijd

In volgende paragrafen worden de parameters, die vereist zijn om bovenstaande processen te beschrijven, uiteengezet. Vooreerst echter enige duiding over ruimtelijke en temporele frequenties van monitoring. De variabiliteit op sommige parameters is bijzonder groot zowel in ruimte als tijd. Het is precies deze variabiliteit die voor het systeem zeer belangrijk kan zijn, denk bv. aan de vele zowel fysische als biologische consequenties van variaties in zoutgehalte. Het is dan ook belangrijk om hier in de mate van het mogelijke te kiezen voor permanente metingen. Daarnaast moet bemonsteringslokatie en frequentie afgestemd worden op snelheid van processen. Het monitoringsvoorstel voor de algemene fysico-chemie van water bestaat uit 3 onderdelen: een netwerk van boundarymeetpunten die de input in het systeem continu meten, een netwerk van permanente meetstations om het systeem op een beperkt aantal lokaties continu te volgen en periodieke vaartochten om het systeem ruimtelijk te dekken (zie ook de schema’s in de bijlage).

8.3.1. Boundarypunten

De “boundarypunten” vormen de randvoorwaarden van het systeem, zij leveren de input in het estuarium. Een hoge frequentie van metingen is hier een noodzaak

om performante modellen van het estuarium te laten lopen. De boundarypunten worden daarom best uitgerust met een permanent meetstation dat debiet meet en volgende waterkwaliteitsparameters: zuurstofgehalte, zoutgehalte, temperatuur, pH, turbiditeit en fluorescentiemetingen voor het bepalen van het chlorofylgehalte (zie ook de tabellen in bijlage). Op elk boundarypunt wordt, bij elke vaartocht voor algemene fysico-chemie, ook een waterstaal genomen ter analyse. De metingen en analyses aan elk boundarypunt zijn niet enkel van belang voor de algemene fysico-chemie, maar vormen een integratie van metingen voor hydro- en morfodynamiek, fysico-chemie en ecologisch functioneren.

Een "boundarypunt" is vereist op elke lokatie waar er belangrijke zijdelingse input is in het estuariene systeem. Dat kunnen zijrivieren, maar ook artificiële waterlichamen zijn zoals het Spuikanaal van Bath of het Sluizencomplex te Zandvliet. Figuren 4.4 en 4.5 tonen schematisch de ligging van de boundaries. Momenteel worden alle zijrivieren reeds debieten bepaald. Ook metingen van temperatuur, turbiditeit of geleidbaarheid zijn soms reeds voorhanden. Ook in de Haven van Antwerpen of het Spuikanaal van Bath worden debietsgegevens geregistreerd. De voorgestelde boundarypunten kunnen dus een uitbreiding zijn van de huidige debietmeetposten. De parameters pH en zuurstof vereisen wel een frequente kalibratie: in de zomer is een wekelijkse nazicht aangewezen omwille van mogelijke biofilmvorming op de probes. Bij elke periodieke vaartocht wordt ook een staalname aan elk boundarypunt voorgesteld. Momenteel wordt dit in de Zeeschelde reeds bij elke Omes campagne uitgevoerd voor de boundaries Haven van Antwerpen, Dender, Durme en Bovenschelde. Een uitbreiding naar Dijle, Netes en Zenne is nodig in Vlaanderen (nu reeds bemonsterd door VMM) en Spuikanaal van Bath en Kanaal Gent-Terneuzen in Nederland. Voor de boundary "Noordzee" wordt geen nieuw station of meetprogramma voorgesteld.

8.3.2. Extra meetpunten op de zijrivieren

Naast de boudarypunten, waar op 1 punt gedetailleerd de input van een bepaalde zijrivier (of artificieel waterlichaam) naar het estuarium wordt opgemeten, kunnen op de zijrivieren nog bijkomende meetpunten opgenomen in het programma. VMM heeft nu immers op verschillende zijrivieren binnen het getijdengebied van het estuarium meerdere monsterpunten, die o.a. deel uitmaken van de monitoring voor de KRW. Sommige van deze punten blijven aldus behouden. Hier is geen nieuwe meetinspanning nodig, wel het integreren van de gegevens.

8.3.3. Netwerk van permanente meetstations

Permanente meetstations moeten met een zeer hoge temporele frequentie een aantal cruciale parameters opvolgen. Het betreft een selectie van parameters die als belangrijke variabelen binnen het ecosysteem worden beschouwd en belangrijke korte-termijnfluctuaties kennen. Om snelle veranderingen op te volgen, zullen maandelijkse of tweewekelijkse boottochten niet volstaan. Gevolgen

van een stormtij, een piekdebiet, een korte periode van anoxie, ... kunnen zeer groot zijn, zowel in ruimte als tijd. Wanneer deze kortstondige fenomenen niet gedetecteerd worden via de systeemmonitoring, kunnen de gevolgen ervan moeilijk correct geplaatst worden. Daarom wordt voorgesteld om op een beperkt aantal lokaties, permanent te meten, voor minimaal volgende parameters: stroomsnelheid, turbiditeit, temperatuur, geleidbaarheid, zuurstofgehalte, pH. Idealiter heeft het station ook fluorescentiemetingen voor het bepalen van het chlorofylgehalte, waarbij eventueel gebruikt gemaakt kan worden van 2 types fluorometer: één voor totaal chlorophyll en één specifiek voor cyanobacterien. Het verdient de voorkeur om de permanente metingen voor primaire productie te combineren met deze stations.

Een draadloze verbinding voor uitlezen van data is een belangrijke meerwaarde, maar geen must. Via telemetrie kunnen de sondegegevens aangeven wanneer extra staalnames vereist zijn om algenbloei op te volgen of specifieke events te bemonsteren. Belangrijk aandachtspunt bij deze stations vormen onderhoud en kalibratie. Met de huidige meettechnieken is een een wekelijks nazicht in de zomermaanden aangewezen omwille van biofilmvorming op de sensoren. Optische zuurstofsensors met een automisch reinigingssysteem kunnen hier een oplossing bieden en de onderhouds- en kalibratie-inspanningen verminderen.

Enkele stations zouden sensoren op verschillende diepte kunnen hebben. Wat de oppervlaktemetingen betreft, moeten de sensors steeds op een vaste plaats onder het oppervlak liggen, dat wil zeggen dat de sensor moet meebewegen met het getij.

Permanente meetstations worden voorgesteld op 2 punten langsheen de Westerschelde (1 richting monding en 1 in de buurt van Hansweert), 2 punten in de Beneden Zeeschelde (nabij grens en nabij Antwerpen), 1 punt op de Rupel (ter hoogte van Boom) en 1 punt op de Boven Zeeschelde (regio Dendermonde) (zie ook bijlage 4 en 5). Omwille van kostprijs stellen wij voor om de meetpunten ofwel te koppelen aan tijposten ofwel aan bestaande pontons, immers wekelijks onderhoud kan noodzakelijk zijn in de zomerperiode. In de winterperiode kan tweewekelijks onderhoud volstaan. In de Beneden-Zeeschelde zijn reeds enkele permanente stations voorhanden. Er moet onderzocht worden of deze als MONEOS-meetstation gebruikt of uitgebreid kunnen worden.

8.3.4. Bemonstering via periodieke vaartochten

De permanente stations verzekeren een hoge temporele dichtheid, de periodieke vaartochten moeten een goede ruimtelijke dekking van de monitoringsactiviteiten garanderen. De ruimtelijke spreiding van de monsterplaatsen wordt gestuurd door de ruimtelijke gradiënten in het systeem. De keuze van de meetlokaties is gebaseerd op bestaande inzichten betreffende de variaties van de heersende fenomenen. Dit inzicht is ten dele expert judgement, maar is ook gebaseerd op vroegere studies die speciaal gericht waren om het aantal meetstations voor

monitoringdoeleinden te bepalen. Een gangbare methode hiervoor bestaat uit drie stappen (Jassby et al., 1997).

1) Kies een practisch aantal lokaties op ongeveer gelijke afstand van elkaar.

2) Schat de variantie van het gemiddelde op de parameterwaarde voor het longitudinaal transect, voor elke campagne.

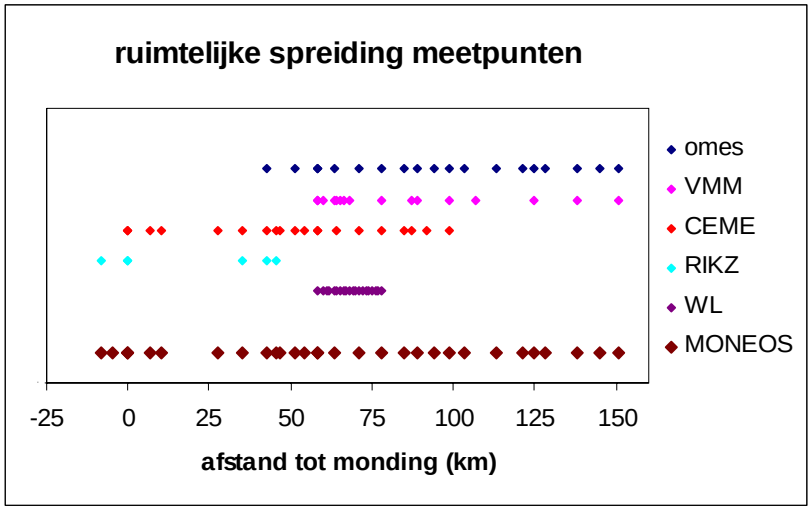
3) Pas de gewenste precisie aan door het aantal meetstations aan te passen volgens de verandering op de variantie op ruimtelijke spreiding van parameterwaarden.

Deze aanpak onderbouwt waarom voor parameters waar getijvariatie belangrijker is, zoals alle parameters in het pelagiaal met particulair karakter, een ruimer meetframe behoeven. Hoewel dergelijke methode niet op de Schelde is toegepast, is het voorgestelde meetnet een afspiegeling van systemen waar zulks wel is gebeurd, zoals de San Francisco Bay. Omwille van de continuering van bestaande datasets, wordt wel zo veel mogelijk verder gewerkt met bestaande bestaande monsterpunten. In het Moneos voorstel worden daarom 35 punten weerhouden: Vlakte van Raan: 2, Westerschelde: 12, Beneden-Zeeschelde: 6; Boven-Zeeschelde: 10, Rupelbekken: 5. De keuze van de punten is ook gekoppeld aan de ecologische modellering. Binnen ieder modelcompartiment van het estuarium is minstens 1 meetpunt voorzien.

Maandelijkse staalname volstaat voor de meeste parameters op de periodieke vaartochten. Voor het ecologisch functioneren zal in het zomerhalfjaar wel een hogere frequentie vereist zijn. Sommige fenomenen, die vrij lokaal kunnen zijn, worden gemist met een staalname om de maand, en worden ook niet steeds gedetecteerd via de permanente stations die slechts een beperkte ruimtelijke dichtheid hebben. De gevolgen van zulke lokale fenomen, beperkt in de tijd, kunnen echter verstrekkende gevolgen hebben voor het gehele estuarium. Correcte registratie van pieken in algenbloei bijvoorbeeld, die in tijd en ruimte beperkt zijn, vereist bijgevolg een hogere staalnamefrequentie. Daarom worden in het zomerhalfjaar 1 extra vaartocht per maand voorgesteld voor de parameters die verband houden met primaire productie (fyto- en zoöplankton, lichtklimaat en zwevende stof, zuurstofhuishouding, nutriënten, pH, temperatuur en geleidbaarheid).

Ruimtelijke spreiding

In het kader van tal van programma's worden zowel aan Vlaamse als aan Nederlandse zijde bemonsteringen van het pelagiaal uitgevoerd. Een overzicht van deze programma's is te vinden in Wijsman et al (2007) voor de Westerschelde en Le Loup et al. (2007) voor het Zeescheldebekken. De ruimtelijk en temporele spreiding van de huidige metingen is echter niet homogeen. Sommige delen van het estuarium worden veel meer bemonsterd dan noodzakelijk voor een systeemmonitoring, er is vaak sterke overlap, andere zones (bv Rupel en zijn zijrivieren) zijn ondervertegenwoordigd (figuur 8.2). Het Moneos voorstel streeft naar enige rationalisering. De ruimtelijke spreiding van de monsterplaatsen wordt gestuurd door de ruimtelijke gradiënten in het systeem. Omwille van de continuering van bestaande datasets, wordt zo veel mogelijk verder gewerkt met bestaande bestaande monsterpunten.



Figuur 8.2 Ruimtelijke spreiding van de stations van de huidige meetinstanties en het Moneos voorstel

In de Westerschelde stellen we voor om meetpunten van CEME over te nemen (Breskens, Sloehaven, Borssele, Terneuzen, Griete, Hoedekenskerke, Hansweert, Perkpolder, Zuidergat, Waarde, Baalhoek, Bath, Grens (bij Boei 87)), meetpunten met een goede spreiding waarvoor reeds een lange dataset bestaat bij CEME. Bijna alle RIKZ meetpunten vallen binnen dit meetnet. De RIKZ punten in het mondingsgebied (Scheur West en Wielingen) worden ook opgenomen in het programma. Het grenspunt (bij Boei 87) blijft best opgenomen in zowel de campagnes op Westerschelde als Zeeschelde als overlap punt. Dit laat intercalibratie, kwaliteitscontrole van de data toe. Om perfecte interkalibratie toe te laten voor alle parameters dienen de stalen gelijktijdig genomen te worden. In de praktijk zal dit wellicht niet bij elke campagne realiseerbaar zijn.

In de Zeeschelde stellen we voor om de meetpunten van OMES verder te zetten. Van deze punten is reeds een coherente dataset aanwezig en ze hebben een optimale spreiding. De Rupel moet als volwaardige arm van het estuarium bemonsterd worden. Bijkomende punten (3 op de Rupel, en telkens 1 op Nete en Dijle zijn hiervoor nodig. De metingen van de VMM en OMES kunnen geïntegreerd worden in 1 staalnameprogramma op Zeeschelde en Rupel, zodat 1 coherente dataset wordt bekomen. Nu bestaat immers veel overlap voor bepaalde fysico-chemische metingen. Bij een gezamelijk staalnameprogramma kan VMM instaan voor de klassieke fysico-chemie, OMES spitst zich toe op de meer biologische parameters (o.a. pigmenten, primaire productie, zoöplankton, maar ook biogeen en opgelost silicium) en *in situ* metingen.

Temporele spreiding

Van groot belang voor een coherente dataset is een staalname binnen een tijdsspanne van een paar dagen in het gehele estuarium. Momenteel worden de staalnames van CEME en OMES reeds op elkaar afgestemd, zodat meestal op dag

1 bemonstering van de Westerschelde tussen Vlissingen en Hansweert (CEME) op het programma staat, dag 2 volgt bemonstering tussen Hansweert en Temse (CEME) en tussen de grens en Lippenbroek (OMES). Ook de boundaries worden in Vlaanderen op deze dag bemonsterd. Op dag 3 volgt staalname op de Boven-Zeeschelde tussen Baasrode en Melle (OMES). In de voorgestelde uitbreiding van het meetnet, dient de staalname op de Rupel in dit schema ingepast te worden, bijvoorbeeld staalname Rupel op dag 1, of op een extra vaardag (dag 4). Andere vaartochten, zoals bv staalnames van VMM, dienen ingevoegd te worden in dit schema of worden samengevoegd met OMES staalnames tot 1 vaartocht.

In de winterperiode (november - maart) worden momenteel de huidige monsterpunten 1 maal per maand bemonsterd, wat volstaat voor de algemene fysico-chemie. In de Beneden-Zeeschelde zijn er zelfs 4 vaartochten per maand (3 tijafhankelijk, 1 tijonafhankelijk, zie verder). Behoud van alle vaartochten is niet aangewezen.

In het zomerhalfjaar dient in het ganse estuarium de frequentie van de vaartochten verdubbeld tot 2/maand. Een hogere frequentie is aangewezen om sneller optredende biologische fenomen als algenbloei correct in kaart te brengen. In de Westerschelde start deze periode vroeger (maart-juni). In deze periode worden 2 tijonafhankelijke vaartochten per maand voorgesteld, wat in de Westerschelde reeds het geval is. In de Zeeschelde komen verhoogde chl a concentraties typisch voor tussen april en oktober. In deze periode zijn 2 vaartochten per maand aangewezen. In het Zeescheldebekken zijn de vaartochten voor algemene fysico-chemie en ecologisch functioneren momenteel beperkt tot 1 per maand. In de Beneden-Zeeschelde zijn er wel meerdere vaartochten per maand, maar slechts 1 campagne per maand is gericht op het ecologisch functioneren (met name de overlappende vaartocht CEME-OMES). Schranken van de huidige vaartochten in de Beneden-Zeeschelde en aanpassing van het staalnameprogramma dringen zich op. Ook in de zomerperiode is het behoud van 4 vaartochten per maand in dit deel van de Zeeschelde geen must voor systeemmonitoring.

8.3.5. Tijafhankelijke of tijonafhankelijke staalname

De sterke tijbeweging in het estuarium veroorzaakt voor vele parameters een sterke tijafhankelijke fluctuatie. Enerzijds is er een groep parameters, allen gelinkt aan zwevende stof, die fluctueren met fluctuerende stroomsnelheid. Bij kentering kan zwevende stof uitzakken en veranderen ook alle aan zwevende stof gelinkte parameters. We denken hierbij aan SPM-concentratie, turbiditeit en lichtklimaat. Ook bijvoorbeeld BSi (Biogeen silicium), POC (particulair organisch materiaal) of chl a kunnen mee bezinken tijdens kentering. Fosfaten, zware metalen en sommige andere polluenten zijn geadsorbeerd aan zwevende partikels en vertonen dus een analoog tidaal patroon.

Anderzijds zijn er in het estuarium voor sommige parameters zeer sterke longitudinale gradiënten. Met de tijexcursie verschuiven deze gradiënten, zodat op

bepaalde plaatsen grote tijvariatie ontstaat. Zo kent ammonium een stijgend verloop tussen Antwerpen en de Rupelmonding. Dit veroorzaakt te Antwerpen een tijafhankelijke ammoniumfluctuatie, met minima bij vloed en maxima bij eb.

Het monitoringsprogramma dient terdege rekening te houden met de tijbeweging. Voor opgeloste stoffen en andere parameters die niet gelinkt zijn aan bezinkbare fracties (bv opgeloste nutriënten en polluenten, pH, geleidbaarheid, temperatuur) in de waterkolom, zijn tijafhankelijke vaarten voor staalname het meest geschikt. Deze wijze van staalname sluit de bovengenoemde problemen van tijexcursie uit. Telkenmale kan dezelfde faze uit de tijcyclus bemonsterd worden, wat een goed beeld oplevert van de evolutie van een parameter op een welbepaalde plaats (in een welbepaalde faze in het getij).

Bezinkbare stoffen kunnen niet zomaar tijafhankelijk bemonsterd worden. Kentering vaarten zijn hier niet geschikt omdat het slechts een momentopname is van een zeer korte faze in het getij met soms sterk afwijkende waarden ten opzichte van de tijgemiddelde waarneming. Bij kentering zakt zwevende stof immers uit. Bovendien is het praktisch niet eenvoudig om verschillende stations te bemonsteren exact tijdens de korte periode van kentering. Halftijvaarten kunnen een beter beeld geven. Echter, binnen de eb- of vloedstroom fluctueren de stroomsnelheden en parameters gelinkt aan zwevende stof nog vaak sterk. Daarom is een koppeling van deze parameters aan meting van stroomsnelheid en –richting een must, ook bij halftijvaarten.

Alternatief voor tijafhankelijk varen, zijn de tijonafhankelijke tochten, die random in het getij meten. Door dit consequent vol te houden worden alle fazen in de tijcyclus ooit bemonsterd. Nadeel is wel dat de data steeds geïnterpreteerd moeten worden in functie van de tijbeweging. Groot voordeel is wel dat zo tij- en stroomsnelheidsafhankelijkheid van bepaalde parameters onderzocht kan worden. Voor de monitoring van zwevende stoffen (zie verder) is dit een belangrijk pluspunt.

Het verdient aanbeveling, ongeacht het type vaartochten, om steeds diepteprofielen te maken voor zwevende stof, en steeds stroomsnelheid mee te meten.

Het ideale programma bestaat er waarschijnlijk in om alle opgeloste stoffen tijafhankelijk te bepalen, alle aan zwevende stof gelinkte parameters tijonafhankelijk met simultane meting van stroomsnelheid. De koppeling tussen zwevende stof gebonden parameters zoals lichtklimaat of chl a en opgeloste stoffen zoals nutriënten en zuurstof is echter ook essentieel, zodat beide staalnames niet losgekoppeld mogen worden. Tijafhankelijk varen, binnen een korte tijdsspanne van een paar dagen, wordt ook niet als haalbaar beschouwd voor het ganse estuarium. Daarom wordt voorgesteld om de maandelijkse vaartochten tijonafhankelijk in te richten, maar steeds met meting van stroomsnelheid en richting. Het niet meten van stroomsnelheid en –richting maakt een correct situeren binnen de tijcyclus immers moeilijk. Verzeilen op basis van

saliniteiten kan in de Westerschelde soelaas bieden, maar is niet steeds toepasbaar in het brakke, laat staan in het zoete gedeelte van het estuarium.

De extra vaartochten in het zomerhalfjaar volgen ook best het tijonafhankelijke patroon. Dit is practisch gezien het meest haalbare en zo ontstaat een consistente dataset.

In de Beneden-Zeeschelde bestaat een lange traditie van tijafhankelijk varen. Deze tochten kunnen daarom optioneel, aanvullend aan de vaartochten fysico-chemie, behouden blijven. Eventueel kunnen de halftijvaarten, in de planning geschrankt tussen de tijonafhankelijke Fysico-chemie vaarten, ook ingezet worden voor de extra monitoring van de Beneden-Zeeschelde. Naast saliniteit en temperatuur kunnen dan ook enkele andere parameters extra gemeten worden (bv zuurstof, pH, chlorofyl a, ...). Het inzetten van de halftijvaarten voor de extra campagnes in het zomerhalfjaar wordt niet voorgesteld, omdat de gehele Zeeschelde en Rupel tijafhankelijk bemonsteren moeilijk haalbaar wordt geacht.

8.4. Te meten parameters pelagiaal

In volgende paragrafen worden de verschillende te meten parameters, telkens gegroepeerd, besproken. Bij elke parameter wordt een wetenschappelijk en/of wettelijke verantwoording weergegeven en extra uitleg over frequentie van meten.

Overzicht van de parameter groepen:
- Fysische parameters temperatuur en geleidbaarheid
- turbiditeit – lichtklimaat – zwevende stof
- zuurtegraad
- zuurstofhuishouding
- nutriënten (N, P, Si)
- koolstof

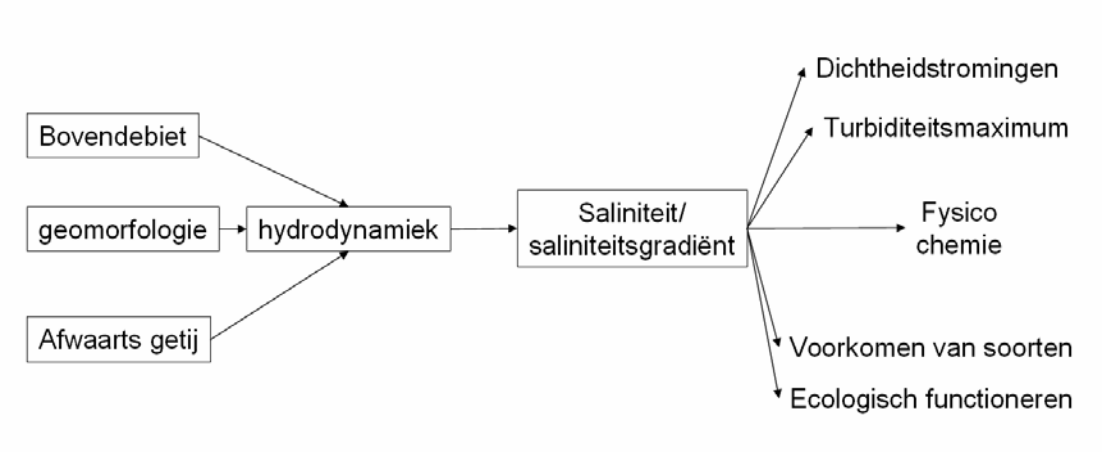
8.4.1. Fysische parameters temperatuur en geleidbaarheid

Temperatuur

Bijna alle biologische en chemische processen zijn temperatuursafhankelijk. Aangezien temperatuur een zeer eenvoudig te meten parameter is, wordt bij alle metingen voor fysico-chemie, zowel aan de continu stations als op de periodieke vaartochten, een temperatuur meting vooropgesteld. In de huidige meetprogramma's is temperatuur een standaard parameter.

Geleidbaarheid / Saliniteit

De saliniteit is de hoeveelheid zouten opgelost in water en is samen met het getij één van de meest determinerende factoren in estuarium (fig. 8.3).



Figuur 8.3 Impact van saliniteit op het estuarium

Voor het ecologisch functioneren en diversiteit is het zoutgehalte van essentieel belang: de zouttolerantie van soorten bepaalt hun voorkomen. De zoutverdeling binnen het estuarium bepaald dan ook het voorkomen van de soorten. Niet enkel de gemiddelde zoutconcentratie op een welbepaalde plaats in het estuarium is van belang. De zoutvariatie tijdens een tijbeweging of doorheen de seizoenen kan zeer sterk variëren. Saliniteitfluctuaties zijn het resultaat van de wisselwerking tussen mariene invloeden en bovendebieten. Meer dan het gemiddelde zoutgehalte zijn het die variaties (en extremen) die het voorkomen van soorten bepalen.

Saliniteit is niet alleen ecologisch belangrijk, maar ook fysisch en chemisch. Door verschillen in saliniteit ontstaan dichtheidsverschillen die aanleiding kunnen geven aan stromingen. De saliniteitsgradiënt geeft ook aanleiding aan de vorming van het turbiditeitsmaximum wat erg belangrijk is voor de sedimentatieprocessen. De saliniteit is ook erg belangrijk voor chemische reacties. Zo zal de biobeschikbaarheid van zware metalen afhangen van de saliniteit.

Algemeen kan worden gesteld dat bagger- en stortactiviteiten of dijkwerken op zich geen invloed hebben op de saliniteitsverdeling in het estuarium. Het verruimen van de vaargeul op zich kan daarentegen aanleiding geven tot een (licht) gewijzigd hydromorfologisch regime wat kan leiden tot een wijziging in het zoutregime in het estuarium. Ingrepen in het bovenbekken of sluisbeheer kunnen de zoetwateraanvoer beïnvloeden en zo de saliniteit grondig beïnvloeden. De zeespiegelstijging kan ook resulteren in een verdere doordringing van het getij.

In GOG-GGG's, waar enkel water uit een welbepaalde fase in de tijcylcus kan binnenstromen, zullen ook een andere zoutfluctuatie kennen dan het estuarium zelf. Extra aandacht voor saliniteit is hier vereist, dit laatste vooral binnen projectmonitoring.
In GOG's kan de saliniteit van het overstromende water een zeer nefaste invloed hebben op de vegetatie, vooral wanneer zouter water in een GOG stroomt.

De parameters saliniteit, chloridegehalte of chloroniteit en geleidbaarheid worden allen gehanteerd als maat voor de hoeveelheid zouten opgelost in het estuarium. Bij metingen voor saliniteit wordt dikwijls het chloridegehalte gemeten aangezien deze stof gemakkelijk detecteerbaar is. Er wordt dan aangenomen dat de samenstelling van de zouten niet verandert. Het chloridegehalte op zich wordt vaak bepaald door de conductiviteit van het water te meten. Afhankelijk van de lokatie in het estuarium, het bovendebiet, pollutie, ... dienen telkens licht andere omrekeningsfactoren gebruikt te worden, zeker in het oligohaliene gedeelte van het estuarium. Hier kunnen ook nutriënten bijdragen tot de geleidbaarheid van het water. We dringen er op aan dat voor Moneos steeds correct wordt gerapporteerd welke parameter effectief werd gemeten, maw gaat het om een echte saliniteitsbepaling, om een analyse van de Cl- concentratie of om geleidbaarheid (al dan niet specifieke geleidbaarheid). Het is dan aan de gebruikers van de data om zelf de gewenste omrekening toe te passen.

Geleidbaarheid is het meest eenvoudig te meten. Omdat het een goede indicator is van de tijverschuiving en invloed van bovendebieten, wordt voorgesteld om deze parameter te meten in het netwerk van continu stations, en bij elke staalname op de periodieke vaartochten. Momenteel wordt reeds op verschillende lokaties geleidbaarheid continu gemeten. Dit dient uitgebreid te worden naar alle voorgestelde boundaries en permanente stations. Op de diverse vaartochten wordt geleidbaarheid reeds standaard gemeten (maar vaak gerapporteerd als chloride of saliniteit).

8.4.2. Turbiditeit – lichtklimaat – zwevende stof

Zwevende stof of suspended matter (SPM) omvat alle deeltjes in suspensie en bestaat dan ook uit heel veel verschillende componenten. Het abiotische deel omvat sediment, het biotisch deel omvat levend materiaal als plankton, bacteriën, virussen en schimmels evenals dood materiaal, zijnde een zeer brede range van organisch materiaal in verschillende stadia van afbraak. De samenstelling van SPM is dan ook sterk variabel.

Monitoring van zwevende stof (SPM) wordt voorgesteld in het kader van morfodynamiek, om slib en zandtransporten in te schatten (zie morfodynamiek). Zwevende stof is verantwoordelijk voor troebelheid in het water en bepaald mede het lichtklimaat. In het kader van het ecologisch functioneren en KRW is opvolging van SPM en turbiditeit een vereiste.

Het nut van turbiditeitsmetingen is tweeledig: enerzijds in functie van SPM metingen, anderzijds in functie van het lichtklimaat.

Turbiditeit in functie van SPM metingen

SPM concentraties kunnen sterk fluctueren binnen een korte tijdsspanne. Ook in de diepte bestaan meestal grote gradiënten in SPM. Opvolging van deze fluctuaties is aangewezen (zie verder). Echter zeer frequente staalname van SPM is practisch

niet haalbaar. Continu opvolging van SPM is onmogelijk. Daarom worden turbiditeitsmetingen voorgesteld, ter ondersteuning van de SPM metingen. Mits voldoende ijkpunten, kunnen met tubiditeitsmetingen eenvoudig en relatief goedkoop zwevende stoffluctuaties (temporele of diepteprofielen) opgevolgd worden (zie bv Gippel 1989; Swartz et al, 2008).

Turbiditeit in functie van lichtklimaat en doorzicht

Daar waar SPM metingen de massa van de zwevende stof weergeven, geven turbiditeitsmetingen informatie over de optische eigenschappen van het zwevend materiaal. Het optisch meten van de turbiditeit of troebelheid is gebaseerd op het meten van de verzwakking en reflectie van een uitgestuurd lichtsignaal in een vloeistof met zwevende stoffen, waaronder sedimentdeeltjes. Deze verzwakking is afhankelijk van de concentratie, deeltjesgrootte van het zwevend sediment, vorm van de deeltjes, golflengte van het uitgestuurd licht, omgevingslicht, coloriteit van het water, ... Omdat de turbiditeit afhankelijk is van het materiaal in suspensie en de vloeistof werd een internationale standaard bepaald om de turbiditeit weer te geven. Hiervoor wordt een oplossing van formazine (C2H2N4) in water als referentieoplossing gebruikt.

De troebelheid of turbiditeit is bepalend voor het lichtklimaat in de waterkolom. Vanuit het ecologisch functioneren, en in het bijzonder de primaire productie, zijn de optische eigenschappen van zwevende stof meer van belang dan de massa van zwevende stof (Davies-Colley & Smith, 2001). Lichtextinctie is immers sterk afhankelijk van turbiditeit (o.a. OMES rapportage). De turbiditeit van het water zal ook het doorzicht bepalen. Het ecologisch belang van doorzicht is duidelijk: het is bepalend voor het foerageren en vinden van prooien van bepaalde vissen en vogels. Doorzicht kan gemten worden met de Secchi disk, maar deze methode is beperkt inzetbaar. Er zijn immers bedenkingen mogelijk bij reproduceerbaarheid. Continumetingen zijn niet mogelijk, de methode is uitgesloten bij slechte weersomstandigheden en schemer of duisternis. Metingen van turbiditeit zijn dus niet enkel nuttig als alternatief voor SPM bepalingen, maar zeker even nuttig op zich als maat voor lichtklimaat of doorzicht.

Het verdient de aanbeveling om ook CDOM (colored dissolved organic matter) te bepalen. CDOM is belangrijk omdat het een factor is die het onderwaterlichtklimaat nadelig beïnvloedt en een factor is die samenhangt met global climate change (via rivier afvoer). CEME meet deze parameter inmiddels standaard (via absorptiescans van gefiltreerd water).

Noodzaak om zowel SPM en turbiditeit te meten binnen systeemmonitoring

Voor algemene waterkwaliteit en het ecologisch functioneren spelen SPM, turbiditeit en lichtklimaat een cruciale rol (zie o.a. fig. 8.1). Veranderingen in zwevende stofconcentraties en -samenstelling, turbiditeit en lichtklimaat kunnen vele gevolgen hebben voor het ecosysteem. Opvolging van deze parameters is bijgevolg noodzakelijk binnen een systeemmonitoring, om zowel effecten van bepaalde ingrepen, als langetermijnevoluties te kunnen onderscheiden. Voor het

specifiek opvolgen van de gevolgen van welbepaalde ingrepen, kan een tijdelijke verhoging van het voorgestelde frequentie nodig zijn, zowel in ruimte als tijd, via projectmonitoring.

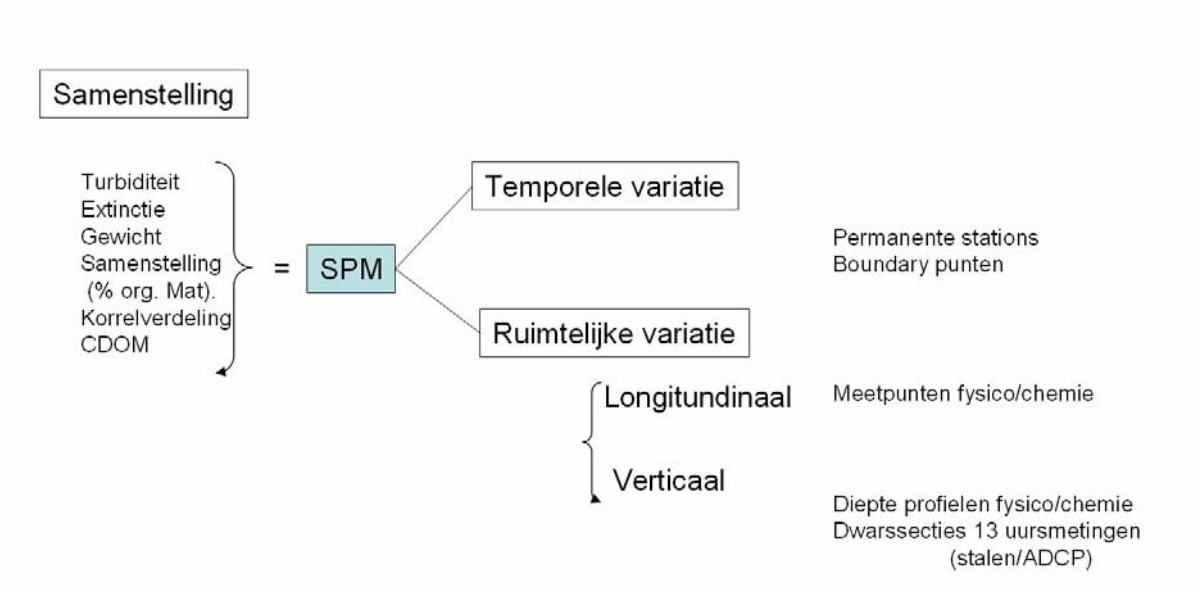
Ecologische gevolgen van wijzigende zwevende stof kunnen zich uiten in:

- veranderende sedimentatie op slikken en schorren, met mogelijke gevolgen voor vegetatie, zoö- en fytobenthos (monitoring SPM).
- veranderende korrelgroottes op slikken en schorren met mogelijke gevolgen voor zoö- en fytobenthos, veranderende beschikbaarheid van nutriënten en polluenten (Monitoring SPM – korrelgroottes).
- veranderende troebelheid met effecten op foerageermogelijkheden van macrofauna (filterfeeders als bijvoorbeeld Kokkel en Nonnetje), op zicht jagende vissen en visetende vogels (monitoring turbiditeit).
- veranderend lichtklimaat met gevolgen voor primaire productie (monitoring turbiditeit).
- veranderende chemie van aan partikels gelinkte processen. Figuur 8.1 toont enkele van deze processen.

Zwevende stof en turbiditeit vormen dus ontegensprekelijk een van de belangrijkste parameters binnen het estuarium. Nochtans zijn er nog vele hiaten in de kennis omtrent deze parameter. Zo is het niet geweten in hoeverre de huidige troebelheid afwijkt van de referentiesituatie, en kunnen modellen moeilijk de impact van ingrepen op SPM en het lichtklimaat voorspellen.

Temporele en ruimtelijke frequentie van meten

Algemeen kan worden gesteld dat bagger- en stortactiviteiten, dijkwerken en aanleg van nieuwe gebieden (GOG-GGG, ontpolderingen) op een aantal wijzen van invloed kunnen zijn op vertroebeling, bedekking, verandering van de sedimentsamenstelling en verstoring. Niet enkel tijdens de werken (projectmonitoring) maar ook nadien kunnen deze ingrepen, door veranderende hydrologie en morfologie effecten hebben zwevende stoffen en turbiditeit. Ook externe factoren, zoals bijvoorbeeld stormtijen, hogere afvoerdebieten, wijzigingen in aanvoer vanuit het bekken kunnen determinerend zijn voor het SPM verloop. De systeemmonitoring moet er bijgevolg op gericht zijn om met grote ruimtelijke en temporele resolutie zwevende stof patronen in kaart te brengen om mogelijke veranderingen te kunnen linken met oorzaken. Een overzicht van de metingen is weergegeven in fig. 8.4.



Figuur 8.4 Overzicht van de samenstelling van SPM en de meetstrategie.

Turbiditeit kent zeer grote variatie gedurende een getij, en fluctueert zeer sterk met stroomsnelheden. Een continue monitoring is daarom aangewezen. Daarom wordt meting van turbiditeit voorgesteld in het netwerk van continu stations. Periodieke staalnames zijn vereist om turbiditeit te kunnen koppelen aan zwevende stof.

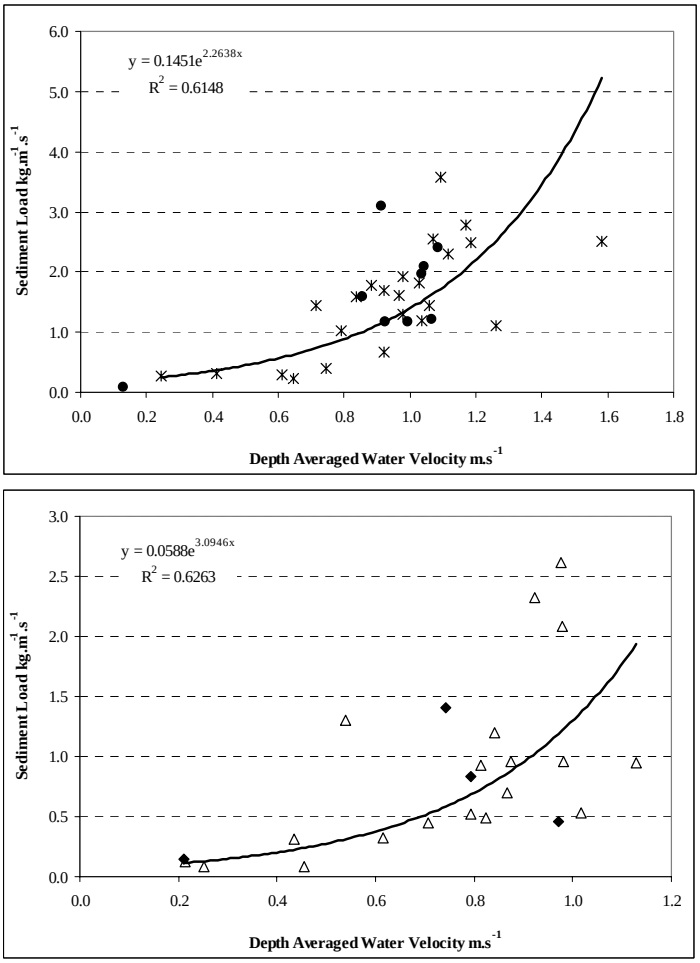
Turbiditeit en zwevende stof kent ook grote ruimtelijke variatie. Getuige hiervan is het bestaan van turbiditeitsmaxima. Volgens de literatuur (zie bijvoorbeeld Dyer, K.R., 1995; Verlaan, P.A.J., 1998, Dronkers, J., 2005) is er in meso- en macrotidale estuaria een zone met hogere slibconcentraties dan elders, dit wordt het turbiditeitsmaximum van het estuarium genoemd. Een voorwaarde voor de vorming van een turbiditeitsmaximum is dat de stroomsnelheden voldoende groot zijn om slib in suspensie te houden. Het turbiditeitsmaximum is gewoonlijk gelegen aan het opwaartse einde van de zout-indringing, i.e. een zone met saliniteit van 1-5 g/l. Het turbiditeitsmaximum van het Schelde-estuarium ligt in de Beneden-Zeeschelde. De ligging ervan wordt hoofdzakelijk bepaald door de bovenafvoer. Er zijn echter aanwijzingen dat dit maximum zich verschuift stroomopwaarts. Omwille van de ruimtelijke variatie, zijn daarom de parameters die verband houden met zwevende stof (SPM concentratie, turbiditeit, lichtklimaat, korrelgrootteverdeling) opgenomen voor alle stations van de periodieke vaartochten voor fysico-chemie.

Aangezien er sterke concentratiegradiënten voor SPM bestaan over de waterkolom, zal staalname enkel aan het oppervlak niet volstaan. Voorgesteld wordt daarom om het ganse diepteprofiel te bemonsteren. De zwevende stof concentratie is gerelateerd aan de stroomsnelheid. Opvolging van het stroomsnelheidsprofiel tijdens de staalname is dus aangewezen. We stellen daarom volgende aanpak voor tijdens de vaartochten voor fysico-chemie:

Tijdens de periodieke vaartochten wordt stroomsnelheid en –richting gemeten op minimum 3 (bij zeer geringe waterdiepte) en maximum 7 (gedurende dertienuursmetingen) vooraf bepaalde dieptes (5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% en 95% van de totale waterdiepte op dat ogenblik). Op elke diepte worden turbiditeit en geleidbaarheid bepaald. Op hetzelfde diepteprofiel worden minimaal 2 waterstalen genomen voor de gravimetrische bepaling van de concentratie aan zwevende stof. Binnen de OMES metingen is ruime ervaring opgebouwd met deze meettechniek (zie o.a. Maris et al, 2007). Op deze wijze worden dieptegemiddelde SPM concentraties berekend, in plaats van enkel SPM aan het oppervlak. Deze werkwijze laat ook analyse van de relaties tussen SPM en stroomsnelheid en –richting toe. Door deze metingen te verrichten bij verschillende tijomstandigeheden levert de methode zo input voor een beter inzicht in het gedrag van zwevende stof. Deze staalname voor SPM en turbiditeitsmetingen kunnen dan evenwel niet plaatsvinden tijdens tijafhankelijke vaartochten.

Ter vervanging van de metingen op discrete dieptes, kan ook gebruik gemaakt worden van moderne technieken en toestellen zoals snelle profilers die in staat zijn om gelijktijdig turbiditeit, temperatuur en conductiviteit te meten en anderzijds continue metingen langsheen de langsas met ADCP en waarbij via backscatter intensiteit (uit het akoestisch signaal) de sedimentconcentratie wordt afgeleid mits voldoende calibratie. Minimaal twee staalnames per profiel voor gravimetrische bepaling van de concentratie aan zwevende stof blijven noodzakelijk.

Gedurende enkele jaren reeds worden binnen de OMES campagnes steeds turbiditeitsprofielen (met telkens SPM ter kalibratie) gekoppeld met stroomsnelheidsmetingen. Door de campagnes tijonafhankelijk te organiseren, is zo een dataset van turbiditeit – stroomsnelheid metingen opgebouwd voor verschillende tijomstandigheden. Dit brengt bijvoorbeeld relaties aan het licht tussen de sediment load en de diepte gemiddelde stroomsnelheid (fig. 8.5).



Figuur 8.5: Evolutie van de zwevende stof load (kg m-1 s-1) met de dieptegemiddelde stroomsnelheid (m s-1) te Kruibeke in de periode 2002-2005, tijdens ebstroom (boven) en vloed (onder). Data voor 2006 staan in vet aangeduid. (Chen et al. in Maris et al, 2007)

Binnen de huidige programma's in de Schelde worden reeds zwevende stof, turbiditeit of lichtklimaat gemeten. Het Moneos voorstel stelt een systematische monitoring van deze parameters voor, inclusief diepteprofielen (zoals nu reeds opgenomen binnen Omes).
Op de zijrivieren zijn momenteel reeds verschillende turbiditeitsmeters voorhanden. Moneos streeft er naar deze op te nemen, uit te breiden naar alle boundarystations. In de Zeeschelde zelf bestaan reeds diverse semi-continue meetreeksen van turbiditeit. Het continu verderzetten van deze metingen in het netwerk van permanente stations (zie 8.x.x) is essentieel.

8.4.3. Zuurtegraad

De zuurtegraad of pH van het water is het gevolg van fysico-chemische en biologische processen. Het is een belangrijke basisparameter. De combinatie van

permanente meetstations, boundaries en metingen op de periodieke vaartochten wordt voorgesteld. Momenteel wordt de pH reeds bepaald op verschillende vaartochten. De boundarypunten dienen uitgebreid moeten worden met pH sensoren, evenals de permanente stations.

8.4.4. zuurstofhuishouding

Zuurstof is een van de belangrijkste toestandsvariabelen voor het ecosysteem. Zuurstofgehaltes bepalen rechtstreeks het overleven van hogere trofische niveaus. Korte perioden van zuurstofgebrek kunnen catastrofale gevolgen hebben voor het ecosysteem. Deze parameters moet dan ook opgevolgd kunnen worden met een grote temporele en ruimtelijke resolutie. Een netwerk van continu meetstations moet een temporele dekking verzekeren. Metingen tijdens de vaartochten geven het ruimtelijk patroon.

Zuurstofvraag en productie wordt modelmatig bepaald. Parameters vereist voor het inschatten van primaire productie zijn dus vereist (zie ecologisch functioneren). De belangrijkste processen die zuurstof consumeren staan vervat in figuur 5.5. Hoeveel de diverse processen bijdragen is zeer complex en moeilijk te bepalen. Naast respiratie 's nachts door algen en diatomeeën (plus respiratie door zoöplankton en hogere trofische niveaus), wordt vooral zuurstof geconsumeerd voor nitrificatie en bacteriële afbraak van organisch materiaal. Zuurstofvraag voor nitrificatie is eenvoudig te bepalen uit de concentratie NH4. Zuurstofvraag voor bacteriële respiratie op basis van POC en DOC is echter niet nauwkeurig te bepalen. Vanuit de POC en DOC metingen kan immers niet opgemaakt worde welke fractie bioafbreekbaar is, noch geven beide metingen indicaties over de snelheid waarmee het materiaal afgebroken kan worden. Daarom worden, naast POC en DOC (zie verder), BOD (en COD) analyses voorgesteld.

BOD is een omslachtige parameter om te meten. BOD-waarden zijn een maat voor de zuurstofvraag en dus een maat voor de bioafbreekbare organische belasting. Omdat echter verschillende componenten in de waterkolom de zuurstofvraag bepalen, is BOD een complexe parameter om te interpreteren. Er is echter voorlopig geen alternatief om BOD-metingen te vervangen. De meeste ecosysteemmodellen hebben nog steeds BOD nodig als input, als maat voor afbreekbare organische belasting. Daarom moet de parameter BOD opgenomen blijven in het programma. BOD is ook opgenomen in de operationele monitoring van VMM voor de KRW. Bovendien bestaan reeds lange datareeksen BOD-metingen. Het verdient wel de aanbeveling om extra onderzoek te voeren rond de parameter BOD, om de inschatting van de organische vracht efficiënter te bepalen. BOD moet bijgevolg gemeten worden op de stalen van het fysico-chemisch meetnet.

Binnen de huidige meetprogramma's wordt zuurstof (concentratie en % verzadiging) bepaald in de Westerschelde en Zeeschelde. Aan de boundaries en de permanente stations dienen continue zuurstofmetingen te worden voorzien. In

Vlaanderen worden door Omes of VMM ook BOD en COD bepaald. Voor de Westerschelde wordt aanbevolen om ook BOD-metingen te verrichten.

8.4.5. Nutriënten: N, P en Si

Bij de te meten nutriënten wordt naast stikstof en fosfor ook silicium (opgelost (DSi) en biogeen (BSi) silicium) opgenomen in het programma. Stikstof en fosfor worden in het kader van KRW verplicht opgevolgd en hoeven weinig verdere argumentatie. Momenteel worden zowel in de Westerschelde als de Zeeschelde verschillende opgeloste fracties gemeten. Voor stikstof worden nitraat, nitriet, ammonium en kjeldahl gemeten, zodat hieruit ook totaal N berekend wordt. Ammonium fractie is belangrijk voor de zuurstofhuishouding, nitriet is toxisch. Voor fosfor worden orthofosfaat en totaal P bepaald. Verhouding van P en N speelt een belangrijke rol bij eutrofiëring.

Los van het feit dat Si samen met N en P is opgenomen onder de ondersteunende fysicochemie van de KRW, en dat Si een belangrijke onderliggende component is van de IHD, behoeft Si misschien enige bijkomende wetenschappelijke verantwoording. Dit element is immers lang een vergeten nutriënt geweest dat een wezenlijke invloed uitoefent op eutrofiëring in estuaria en kustzeeën. Die invloed berust erop dat door Si het omslagmoment bepaald wordt van een diatomeeën naar een niet diatomeeën gemeenschap, hetgeen de schadelijke effecten van eutrofiëring juist tot uiting laat komen. De verwachting was dat dit omslagmoment kon voorspeld worden op basis van modellering met de parameters N en P, en chlorofyl. Juist door meetresultaten van Si naast de modelresultaten te stellen is gebleken dat vaak de modellering niet klopte. De reden hiervan is mogelijks te wijten aan het feit dat de kenmerken van fytoplankton in onvoldoende finesse zijn ingebracht in de meeste modellen. Met name zouden de karakteristieken van de cellen louter op mariene studies zijn gebaseerd. In een estuarium liggen de soortverhoudingen echter totaal anders, en heersen andere fysiologische eigenheden. In het zoete deel van het estuarium treedt siliciumlimitatie bovendien op bij andere concentraties.

Wijzigende concentraties

De concentraties van Si worden in hoge mate bepaald door wat bovenstrooms gebeurt. Een voorbeeld. Nu de waterzuivering van Brussel op dreef komt, wordt een verschuiving van de limitatie van Si vastgesteld in het estuarium. Heel wat factoren die fytoplankton bepalen in de Zenne zijn immers veranderd, en bij gebrek aan kennis van die zoetwatersoorten weten we niet waartoe die veranderen gaan resulteren. Modellering van het estuarium kan hier dus geen soelaas brengen. Enkel metingen van Si kunnen tonen wat er gebeurt.

Niet enkel wat bovenstrooms gebeurt is bepalend, ok de evoluties in het zoetwatergedeelte van het estuarium kunnen bepalend zijn voor het brakke en zoute gedeelte van het estuarium. Door de langere verblijftijden kan

fytoplanktonbloei veel hogere concentraties (500 tot 1000 µg/l) bereiken in het zoete estuarium dan in de bovenlopen. De siliciumconsumptie ligt dan ook veel hoger in dit deel van het estuarium waardoor transport naar de Westerschelde minder is en de limitatie zich zeewaarts kan verder zetten. De verhouding Si/N/P is de enige parameter die ons in staat stelt veranderingen in plankton populaties en primaire productie te begrijpen.

Zowel DSi als BSi

Niet enkel DSi maar ook BSi dient gemeten te worden voor een goed begrip van alle stofstromen binnen het ecosysteem. Dit betekent een duidelijke meerkost, die echter te verantwoorden is. Immers:

- Si, N en P spelen een gelijkaardig belangrijke rol in de eutrofiëringsproblematiek aangezien de absolute en relatieve concentraties van deze nutriënten bepalend zijn voor primaire productie en samenstelling van gemeenschappen van primaire producenten. Niet enkel de verhouding N/P is van belang, maar even goed verhouding N/Si en P/Si. Die zijn de voorbije periode sterk gewijzigd (Soetaert et al., 2005). In de Schelde zijn tot op heden N en P niet limiterend, Si wel. Diatomeeën nemen enkel de opgeloste vorm, DSi, op. DSi meten is dus essentieel.
- We meten zowel organisch als totaal N en P, en alle opgeloste fracties hiervan. Als voor Si enkel de opgeloste fractie (DSi) wordt gemeten, missen we 85 % van de vracht of meer in de zomer. Het grootste deel van Si wordt immers als biogene vorm (BSi) getransporteerd richting zee. We kunnen dus nooit Si in het eutrofieringsplaatje passen zonder BSi, en nooit een compleet beeld krijgen van verhoudingen, noch van processen die Si beïnvloeden.
- Door toenemende bloei bovenstrooms zal het belang van BSi enkel toenemen, en vergroot de kans op DSi-tekorten, en verschuivingen in de planktongemeenschap, in de Westerschelde. Metingen van DSi en BSi geven indicaties in welke mate een daling van DSi verschuift naar toegenomen BSi. Recent onderzoek heeft aangetoond dat BSi een belangrijk deel van de siliciumvracht vormt binnen het Schelde-estuarium (Struyf et al. 2007). Dit BSi kan tijdelijk of definitief worden neergeslagen in nieuw aangelegde overstromingsgebieden (Jacobs et al, submitted to ECSS). Dit proces zal in toenemende mate belangrijk worden door de aanleg van grote, nieuwe overstromingsgebieden. Voorts ondergaat de Boven-Zeeschelde op dit ogenblik een spectaculaire verandering, van een heterotroof naar een autrotroof systeem (Cox et al., in prep), en van de Rupel en de Zenne wordt, door de toenemende zuivering, hetzelfde verwacht. Dit verhoogt enkel het aandeel van BSi in de totale Si vracht, zeker gezien de relatieve inertheid van BSi.

Er is dus meer en meer bewijsmateriaal dat tot 50% van de Si toevoer naar kustzones in biogene vorm (BSi) is. Het is evenwel niet duidelijk of bij toegenomen DSi consumptie, die BSi export toeneemt, of dat een deel van het

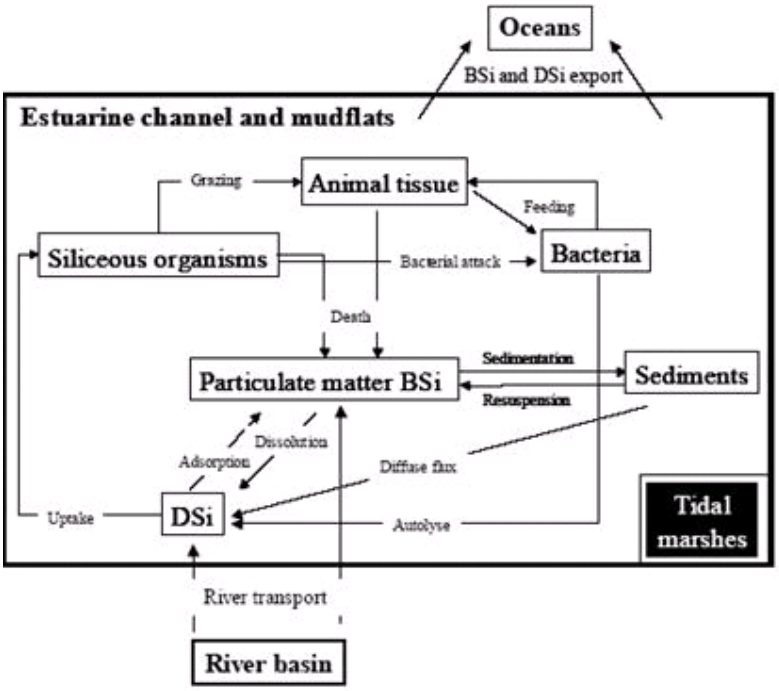
geproduceerde BSi in het estuarium gestockeerd blijft en niet meer in het mariene milieu terecht komt. Figuur 8.6 toont de estuariene Si cyclus. Door enkel DSi als variabele te meten, kan de cyclus onmogelijk in beeld gebracht worden, een cyclus die determinerend is om eutrofiëring in estuarium en kustzee te begrijpen.

Westerschelde en kustzone

De boundary condities voor de Westerschelde (zie o.a. Struyf, 2006) zijn nog steeds gekenmerkt door een hoge mate van Si limitatie gedurende de zomermaanden. Hogere BSi vrachten kunnen resulteren in een verscherping van deze problematiek. Als we BSi niet opnemen in de monitoring, is het in feite onmogelijk om de verhouding waarin elementen aan de kustzone worden toegeleverd, in te schatten, en kunnen we niet beoordelen in welke mate bovenstroomse autotrofie (door nog steeds zeer hoge P en N concentraties) benedenstroomse fytoplanktongemeenschappen beïnvloedt. Bijgevolg zal, bij potentiële verschuivingen in de fytoplanktongemeenschap, het niet mogelijk zijn ondubbelzinnig oorzaak-gevolg relaties op te stellen, en is het evenmin mogelijk om gepaste milderende maatregelen uit te werken. Belangrijke pijler bij de aanleg van nieuwe gebieden binnen het Sigmaplan vormt de cyclering van silicium, met name de opname van BSi door intergetijdengebieden, die dit bufferen en terug vrijgeven als DSi. Deze ingrepen in de Zeeschelde hebben als doel de siliciumbalans te herstellen ten behoeve van primaite productie door diatomeeën. Metingen van DSi en BSi moeten nagaan of de export van Si naar de Westerschelde en Noordzee wijzigt, en of eventuele toename of afname van BSi richting Westerschelde het ecosysteem daar kan beïnvloeden.

Zowel dus voor veranderingen in het Schelde-estuarium zelf, als voor de beïnvloeding van het ecosysteem in de Noordzee, is een opname van DSi en BSi een noodzaak. Zoniet zal het bij eventuele belangrijke verschuivingen in de planktongemeenschap (en hogere trofische niveaus) in de Westerschelde of Noordzee het moeilijk of niet mogelijk zijn te achterhalen of deze effecten het gevolg zijn van bepaalde lokale ingrepen dan wel van algemene veranderingen in het zoete deel van het estuarium.

Metingen van N en P vormen zijn zowel in Vlaanderen als Nederland opgenomen in diverse programma's. Binnen de huidige Si metingen is momenteel enkel DSi opgenomen in de monitoring van de Westerschelde. In de voorgestelde systeemmonitoring is een uitbreiding met BSi metingen in de Westerschelde essentieel. In de Zeeschelde worden sinds 2007 zowel DSi als BSi maandelijks bepaald.



Figuur 8.6 Estuariene Silicium cyclus (uit Struyf, 2005)

8.4.6. Koolstof

Particulair organische koolstof (POC) en opgeloste organische koolstof (DOC) zijn essentiële parameters om de koolstofcyclering te volgen (zie figuur 5.5). Mineralisatie van dit organisch koolstof heeft een rechtstreekse invloed op de zuurstofhuishouding (bacteriële respiratie) en dus op het ecologisch functioneren van het gehele ecosysteem. Om veranderingen in zuurstofgehalte juist de interpreteren, zijn POC, DOC en ook BOD-metingen noodzakelijk (zie ook zuurstofhuishouding).

De opgeloste anorganische koolstofpool (DIC) in het estuarium reflecteert, via de isotopensignatuur, het belang van primaire productie versus respiratie. De preferentiële opname van 12C boven 13C bij de fotosynthese zorgt voor een relatieve aanrijking van de DIC-pool met 13C. Bacteriële respiratie heeft een omgekeerd effect op de 13C/12C verhouding. Metingen van de 13C/12C ratio zijn dus een essentiële parameter om het relatieve belang van respiratie tov primaire productie in te schatten, een essentiële parameter van het ecologisch functioneren. De ratio fytoplankton/detritus is bepalend voor de opbouw van de zoöplanktonpopulatie en het succes van hogere trofische niveaus (zie ecologsich functioneren).

Opgeloste organische koolstof (DOC) en particulaire en totaal organische koolstof (POC en TOC) dienen wel op elke campagne bepaald te worden, evenals isotopen samenstelling om lokale productie en detritus C-vrachten te onderscheiden. Momenteel vinden deze analyses maandelijks plaats op de Omes vaartochten in de

Zeeschelde, en is uitbreiding vereist naar de tweewekelijkse tochten in de zomerperiode. In de Westerschelde worden deze parameters ook reeds bepaald.

8.4.7. zware metalen en organische microverontreinigingen

De geplande activiteiten in de Schelde hebben geen directe gevolgen voor de verontreinigingstoestand van het ecosysteem. De historische contaminatie opgeslagen in de bodem kan evenwel vrij komen door erosie of door veranderend zuurstofgehalte en veranderende redoxpotentiaal. Ook zijn data over de chemische kwaliteit vereist in het kader van vergunningen. Dit moet dus onderdeel uitmaken van de geïntegreerde monitoring. Het huidige meetnet voor verontreiniging is gebaseerd op de vereisten vanuit de KRW. Als maatlat voor het behalen van de goede ecologische en chemische toestand zijn in de KRW voor een aantal stoffen nomen opgesteld. Dit zijn 33 prioritaire stoffen (20 prioritaire en 13 prioritair gevaarlijke stoffen), zoals genoemd in Annex X van de KRW en 8 overige relevante stoffen voor een goede chemische toestand, zoals genoemd in Annex IX van de KRW. Deze lijst omvat een aantal bestrijdingsmiddelen, PAK's en zware metalen. Deze lijst kan, als daar aanleiding toe is, door de EU uitgebreid worden. Het monitoringsprogramma voor de Schelde zal bijgevolg ook deze uitbreiding moeten overnemen.

Naast de prioritaire stoffen, zijn er aanvullend stroomgebiedsrelevante stoffen (Annex VIII van KRW) op te volgen. De samenstelling van de lijst stroomgebiedsrelevante stoffen kan variëren in de tijd en is afhankelijk van de emissies van bedrijven en activiteiten in het gebied.

Conform de KRW moeten binnen een zesjarencyclus, gedurende 1 jaar maandelijks alle relevante stoffen (annex VIII) bemonsterd worden voor de toestand en trendmonitoring. KRW schrijft voor de operationele monitoring een maandelijkse monitoring voor van de prioritaire (annex X) stoffen binnen een maandelijkse cyclus. De relevante stoffen (annex VIII) dienen opgevolgd te worden in functie van impact (normoverschrijding).

De polluenten waaraan het estuarium wordt blootgesteld wijzigen soms sterk. De polluenten die worden opgevolgd in het kader van vergunningen en wetgeving beantwoorden niet steeds aan de huidige situatie in de Schelde. Het verdient daarom de aanbeveling om zesjaarlijks alle potentieel belangrijke polluenten in een eenmalige campagne op te volgen. Op basis van deze resultaten kan zo de monitoring (en wettelijk kader) bijgesteld worden. Dit strookt met de voorgestelde monitoring voor KRW, waar alle 6 jaar gedurende een jaar een volledige screening van alle polluenten wordt voorgesteld.

Het Moneos voorstel gaat uit van een verderzettting van de huidige monitoring van zware metalen en microverontreinigingen, conform de veristen voor KRW.

8.5. grondwaterchemie

In de nieuwe wetlands is een opvolging van de grondwaterchemie aangewezen. Tijdens de eerste jarebn na aanleg zal deze opvolging iets intensiever meoten zijn (zie projectmonitoring). Binnen de systeemmonitoring volstaat een analyse om de zes jaar, op een beperkte selectie van pijlbuizen (te bepalen tijdens de projectmonitoring).

8.6. Waterbodemkwaliteit

De bemonstering van de kwaliteit van waterbodems is een complexe materie. De opzet ervan hangt af van de aard van de geomorfologie, biologische componenten en menselijke druk (Caeiro et al., 2003). In een aantal gevallen werd de ruimtelijke spreiding voor monitoring fundamenteel berekend. Hieruit kwamen heel diverse resultaten naar voor qua dichtheid van het meetnet (Tabel 8.1).

Tabel 8.1: Voorbeelden van berekende ruimtelijke bemonsteringsopzetten voor kustsedimenten (naar Caeiro et al., 2003)

Lokatie	Stations (Aantal)	Oppervlakte (km2)	Referentie
Delaware Bay, USA	91	2059	Chaillou et al. (1996)
San Diego Bay, USA	350	35	Fairey et al. (1998)
Eastern Waters, Hong Kong	39	2079	Poon et al. (2000)
King's Docks, UK	101	0,75	Reed et al. (2000)
Sado estuarium, Portugal	153	57	Caeiro et al. (2003)

Het lijkt bijgevolg aangewezen om de bemonstering af te stemmen op de lokale toestand en een indicatieve systeembewaking i.p.v. te trachten het hele systeem ten gronde op te volgen. Dit is een geval waar het practische en haalbare verkozen kunnen worden.

Polluenten in de waterbodem worden dus best opgevolgd vanuit het standpunt van vergunningen en voor het algemeen ecologisch functioneren. Momenteel worden in de Zeeschelde door de VMM stalen ontleed in het kader van de baggervergunningen en het waterbodemmeetnet (staalname door WL-Borgerhout, in opdracht van MOW-aMT). In Vlaanderen, en dus het gehele Zeescheldebekken, wordt momenteel de waterbodemkwaliteit opgevolg door VMM: in 2000 is VMM gestart met de uitbouw van een waterbodemmeetnet, met als doel de kwaliteit van de waterbodem in beeld te brengen. De inventarisatie en monitoring van de kwaliteit van de waterbodem gebeurt aan een frequentie van 1 maal per 4 jaar. Het meetnet bestaat uit een fysisch-chemische, ecotoxicologische en een

biologische beoordeling. De Triade kwaliteitsbeoordeling combineert de drie onderdelen van de karakterisering waardoor een genuanceerd oordeel kan geveld worden over de eigenlijke actuele ecologische waterbodemkwaliteit. Deze metingen worden als voldoende beschouwd. De vierjarencyclus strookt wel niet met de zesjarencyclus, gehanteerd binnen MONEOS. Daarom wordt een aanpassing van de frequentie voorgesteld tot 1 maal per 3 jaar, of indien niet haalbaar tot 1 maal per 6 jaar.

Voor de GOG's en GGG's moeten extra metingen voorzien worden. De keuze van de punten en het aantal stalen moet in overeenstemming zijn met de VLAREBO, VLAREA en VLAREM (inerte afvalstoffen) wetgeving aan Vlaamse kant. Een nieuwe standaardprocedure is nog in opmaak.

Voorgestelde paramaters voor het fysico-chemisch bodemonderzoek zijn samengevat in onderstaande lijst:

- droge stof
- organisch materiaal
- klei
- minerale olie
- 16 PAK's (styreen, naftaleen, fenantreen, antraceen, fluoranteen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, benzo(g,h,i)peryleen, ind(1,2,3,c,d)pyreen, acenafteen, fluoreen, acenaftyleen, diabenz(a,h)antraceen, pyreen)
- 8 metalen (Pb, ZN, Cd, Cu, Ni, As, Hg, Cr)
- PCB's
- OCB's (organochloorpesticiden)

Deze lijst kan afhankelijk van specifieke lokale omstandigeheden verder aangevuld worden met verdachte parameters.

Hoofdstuk 9.Ecologisch functioneren

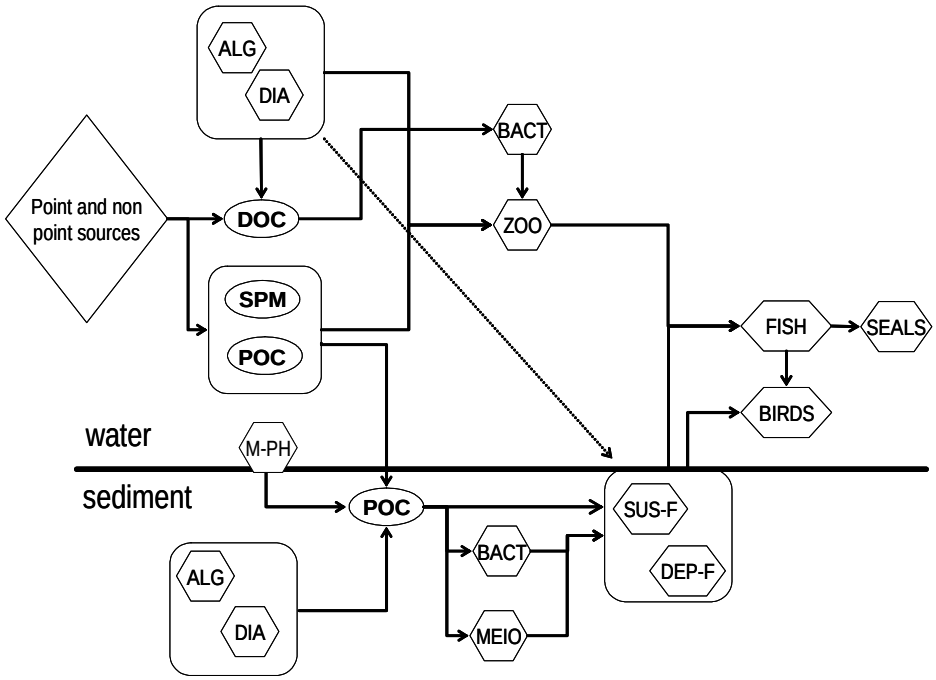
9.1. Inleiding

Het ecologisch functioneren van een estuarium is een complex gegeven. Via een keten van interacties wordt energie vanuit de primaire producten doorgegeven aan hogere trofische niveaus. De hoogste trofische niveaus, die aan het einde van deze keten staan, kunnen dus als goede indicator bestempeld worden voor het ecologisch functioneren.

De voorgestelde systeemmonitoring moet echter meer kunnen dan het ecologisch functioneren toetsen aan de hand van indictaoren. De systeemmonitoring moet erop gericht zijn de knelpunten binnen het ecologisch functioneren bloot te leggen om verbanden te kunnen leggen tussen het ecosysteem functioneren en bepaalde ingrepen in het estuarium. De voorgestelde systeemmonitoring beperkt zich dan ook niet tot het meten van enkele (wettelijk bepaalde) indicatoren, maar tracht alle essentiele schakels uit de voedselketen, uit het ecologsich functioneren, in kaart te brengen.

Figuur 9.1 geef een schematiche voorstelling van het voedselweb in het estuarium. Uiteraard kunnen schema's, hoewel reeds vrij uitgebreid, niet de volledige complexiteit van het ecologisch functioneren weergeven. Het schema legt wel belangrijke interacties bloot tussen verschillende compartimenten.

Aan de basis van het voedselweb staan de primaire producten: het fytoplankton en fytobenthos. Kiezelwieren of diatomeeën, zowel pelagische als benthische, vormen de belangrijkste groep binnen het voedselweb. Andere algen (niet diatomee) dragen in veel mindere mate bij tot de voedselketen, sommige algensoorten kunnen zelfs toxisch zijn voor hogere trofische niveaus. Veranderingen in samenstelling en abundanties bij primaire producenten kunnen zich daarom vertalen in verschuivingen in het ganse voedselweb. Groei en productiviteit van fytoplankton is rechtstreeks gekoppeld aan waterkwaliteit (oa. temperatuur, nutriënten, troebelheid, toxische stoffen) en hydrodynamica (verblijftijden). Figuur 9.1 schets de rol van primaire producenten en andere trofische niveaus bij de stofstromen in de waterkolom. Monitoring voor ecologisch functioneren kan dus niet los gezien worden van monitoring van algemene fysico-chemie van water en bodem (zie hoger).



Figuur 9.1: Schematisch overzicht van het voedselweb in de Schelde. (ALG: algen (niet-diatomee); DIA: diatomee; DOC: opgeloste organische koolstof; SPM: zwevende stof; POC: particulair organische koolstof; BACT: bacteriën; ZOO: zoöplankton; M-PH: macrofyten; MEIO: meiobenthos; SUS-F: suspension feeders; DEP-F: deposit feeders

In een gezond systeem wordt algenbloei onderdrukt door begrazing van zoöplankton en zoöbenthos. Die vormen de schakel tussen primaire producenten en hogere trofische niveaus. Zoöplankton en zoöbenthos zijn zeer sterk afhankelijk van de waterkwaliteit. Zo namen recentelijk de zoöplankton populaties duidelijk toe in de Zeeschelde, gekoppeld aan een verbeterende waterkwaliteit. Echter niet alleen fyto- en zoöplankton zijn belangrijk, ook opgelost en particulair organisch materiaal, al dan niet van allochtone herkomst, vormen een voedselbron voor zoöplankton en -benthos. Hoever zal de zoöplankton populatie echter toenemen en welke factor(en) bepalen dit: hydrodynamiek, waterkwaliteit, ratio fytoplankton/detritus? Kan een afname van detritus, ten gevolge van verhoogde inspanningen inzake waterzuivering een effect hebben op benthossamenstelling en –densiteit en dus op de gehele voedselketen? Opnemen van zoöplankton en zoöbenthos in de systeemmonitoring is een vereiste om de link tussen primaire producenten of allochtone koolstof en hogere niveaus te ontwaren.

Bovenaan de voedselketen staan vissen, vogels en zoögdieren. Zij vormen dus een indicator voor de totale kwaliteit van het ecosysteemfunctioneren. Vissen, vogels en zeehonden komen aan bod bij de monitoring naar diversiteit aan soorten.

Binnen het ecologisch functioneren is echter niet zozeer de soortenrijkdom, maar wel bijvoorbeeld de densiteit aan vis (en dus voedselaanbod) van belang. Ook het reproductief succes van de hogere trofische niveaus is een indicator voor het ecosysteemfunctioneren. De kinderkamerfunctie van het estuarium voor vis en het broedsucces van visdiefen zijn daarom op te nemen in een systeemmonitoring

9.2. Pelagische primaire productie: fytoplankton

De pelagische primaire productie (PP) is een essentiële parameter en het enkel bepalen via modellen op basis van een aantal input variabelen is absoluut onvoldoende. Het inschatten van de PP omvat volgende onderdelen:

- bepaling van de biomassa van het fytoplankton
- bepaling van soortensamenstelling en densiteiten
- meting van primaire productie
- meting van omgevingsvariabelen

9.2.1. Biomassa van fytoplankton

Voor een inschatting van de primaire productie zijn biomassagegevens van het fytoplankton vereist. Fytoplanktonbiomassa kan, mits calibratie, bepaald worden aan de hand van chlorofyl a metingen. Deze calibratie vereist microscopische tellingen.

Chlorofyl a metingen worden voorgetseld op alle meetpunten van het meetnet fysico-chemie (inclusief boundaries), gedurende elke vaartocht (zie Fysico-Chemie). Momenteel wordt chl a reeds ferquent op vele meetstations bepaald. het Moneos voorstel is een harmonisatie van deze metingen binnen 1 monitoringskader, afgestemd op andere metingen voor fysico-chemie en ecologisch functioneren.

9.2.2. Soortensamenstelling en densiteiten

Totale biomassa volstaat niet om het ecosysteem functioneren te karakteriseren: er moet onderscheid kunnen gemaakt worden tussen verschillende functionele groepen binnen het fytoplankton (waarbij onderscheid diatomee versus niet-diatomee het belangrijkste is). Dit onderscheid kan gemaakt worden op basis van pigment analyses (bepaling van een ruime waaier van pigmenten via HPLC is hiervoor vereist). Via pigmentanalyse is een bepaling van de soortensamenstelling op groepsniveau mogelijk. Microscopische analyse blijft evenwel noodzakelijk voor geregelde calibratie en om het plankton te kunnen determineren in groter detail. Soortensamenstelling is immers belangrijk: niet alle soorten kennen een zelfde primaire productie, een zelfde groei en nutrient- of lichtlimitatie bij dezelfde milieucondities. Microscopie zal, naast pigmentanalyse, nodig zijn om de fytoplanktonpopulatie te karakteriseren en veranderingen in het ecosysteemfunctioneren te detecteren (verschuiving diatomee naar niet-diatomee, bloei van toxische algen, opkomst van plaag- of exotische algen, ...).

Bepaling van de soortensamenstelling van het fytoplankton dient te gebeuren op elke vaartocht voor fysico-chemie. De huidige metingen van OMES en CEME voldoen aan de voorwaarden om soortensamensetlling via pigmentanalyses mogelijk te maken. Daarnaast bepaalt RWS maandelijks op 3 lokaties in de Westerschelde (Vlissingen, Hansweert en Schaar van Ouden Doel (grensovergang, vergelijkbaar met CEME station Lillo) ook de fytoplanktonsamenstelling. Afstemming van deze metingen op het nieuwe Moneos voorstel is noodzakelijk voor een coherenete en bruikbare dataset voor het gehele estuarium.

9.2.3. Primaire productie

Fytoplankton en fytobenthos zetten anorganische nutriënten om in biomassa, met zonlicht als energiebron (fotosynthese). Omdat fytoplankton en fytobenthos op hun beurt begraasd worden door hogere organismen (zoöplankton, hyperbenthos, zoöbenthos) en zo de belangrijkste basis vormen van het estuariene voedselweb, wordt dit proces primaire productie genoemd. Op die manier hebben veranderingen in primaire productie een direct effect op hogere trofische niveaus.

Primaire productie (uitgedrukt in mg C m-2 j-1) wordt bepaald door de biomassa, het beschikbare licht, watertemperatuur en nutriëntconcentraties. Micropulluenten, zware metalen, directe en indirecte effecten van eutrofiëring hebben een negatief effect op primaire productie, en het is mogelijk dat dit in de zwaar vervuilde Schelde effectief speelde of nog steeds speelt. In het zoete gedeelte van het Schelde-estuarium werd over het laatste decennium een grote toename in primaire productie en algenbiomassa waargenomen, die tot vandaag niet wetenschappelijk verklaard zijn (Cox, 2008). Ook in de Westerschelde zijn veranderingen gedocumenteerd in biomassa en primaire productie tijdens de laatste 15 jaar (Wetsteijn, 2007). Met de verschillende ingrepen die in de Schelde gepland zijn (Sigmaplan, verdieping, verdere waterzuivering, etc.) kunnen toekomstige veranderingen in primaire productie niet uitgesloten worden (Cox, 2008, Wetsteijn, 2007).

In afwezigheid van negatieve (toxische) effecten kan primaire productie in principe geschat worden uitgaande van gegeven licht-instraling, lichtindringing in het water, temperatuur, morfologie van het estuarium en beschikbare nutriënten. Voor deze berekening zijn evenwel (model-)parameters nodig. Zowel voor de Zeeschelde als de Westerschelde zijn deze berekeningen totnogtoe niet betrouwbaar gebleken om historische trends te reproduceren, ondermeer omdat de modelparameters op zich niet constant zijn en daardoor de berekende productie vaak slecht overeenkomt met de gemeten productie. (Cox, 2008; Wetsteijn, 2007)

Om de mogelijke veranderingen te kunnen documenteren, en te kunnen anticiperen op negatieve ontwikkelingen, zijn daarom directe metingen van primaire productiviteit noodzakelijk. Ook voor het verder testen en ontwikkelen van modelberekeningen zijn ze onmisbaar. Er bestaan verschillende methodes om

primaire productie te meten. Eén van de meest gevestigde is de 14C methode, waarbij gelabeld CO_2 toegevoegd wordt aan een waterstaal en gemeten wordt hoeveel er omgezet wordt in biomassa bij verschillende lichtintensiteiten. Dit levert de benodigde parameters op, waarmee vervolgens primaire productie over de ganse waterkolom berekend kan worden. Het nadeel van deze methode is dat ze tijdsintensief is, en onmogelijk op een hoogfrekwente wijze kan worden uitgevoerd. Daardoor is telkens slechts een momentopname van de primaire productie gekend, bv. op maandelijkse basis, die dan in de tijd moet geïnterpoleerd worden om productie op jaarbasis te bepalen.

Methoden om op continue wijze fotosynthese en primaire productie te meten, zijn veelbelovend maar nog volop in ontwikkeling (Wetsteijn, 2007; Kromkamp, 2003). Het gaat om FRRF (fast repetition rate fluorometry) en PAM (Pulse Amplitude Modulated Fluorometry). Ook uit continue zuurstofmetingen zou primaire productie kunnen geschat worden. Het voordeel van deze methoden is dat een continue monitoring van primaire productie mogelijk wordt, zodat jaargemiddelde productie betrouwbaar bepaald kan worden, en geen interpolatie nodig is. Gezien planktonbloei een scherpe piek kent in de tijd, bestaat ook niet meer het gevaar dat het maximum gemist wordt, wat bij 14C-methode wel het geval is. Maar de interpretatie en de precisie van deze nieuw ontwikkelde methoden staat nog niet op punt. Daarom is het gewenst om de gevestigde 14C methode en de nieuwe FRRF, PAM methoden tegelijkertijd te gebruiken. De 14C methode kan dan gebruikt worden om de nieuwe methoden verder te onderbouwen, en indien dit gebeurd is, kunnen de laatste gebruikt worden om primaire productie met een hoge tijdsresolutie te bepalen en jaarlijkse gemiddelden met een hoge nauwkeurigheid te berekenen. Het verdient aanbeveling om via onderzoeksmonitoring de FRRF of PAM techniek verder te bestuderen om zo de omslachtige en dure 14C methode te kunnen beperken tot enkel kalibratiemetingen.

Hoe dan ook moeten de hoge resolutiemetingen, bepaald op een beperkt aantal plaatsen in het estuarium, ruimtelijk geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd worden om estuarium gemiddelde productie te bepalen. Dit gebeurt door de data te combineren met een numeriek estuariummodel. Het submodel voor primaire productie kan dan gevoed worden met extra (hoge resolutie) data, om zo voor het hele estuarium een hogere betrouwbaarheid te krijgen. Zo'n modelberekening vereist nog andere parameters, waaronder lichtinstraling (PAR-metingen), lichtklimaat (turbiditeit, doorzichtigheid), nutriënten, debieten, etc.

In het Schelde-estuarium worden zowel in Nederland als Vlaanderen reeds PP-metingen verricht. Voorgesteld wordt om de huidige metingen van OMES en CEME verder te zetten. Voor de Zeeschelde betreft het PP metingen te Grens (boei 87), Melsele, Kruibeke, Temse, Lippenbroek, Dendermonde, Appels, Uitbergen en Melle, met uitbreiding naar Boom, Dijle en Nete. Op de huidige punten in de Zeeschelde wordt PP bepaald via de C14 methode. In de Westerschelde wordt PP bepaald te Breskens, Borsele, Terneuzen, Hansweert, Perkpolder en Bath. (Momenteel meet CEMO ook aanvullend te Lillo, Anwterpen en Temse.) Op de

lokaties in de Westerschelde wordt PP bepaald via fotosynthesemetingen m.b.v. de Fast Repetition Rate Fluorometer (FRRF) in een geautomatiseerde opstelling. Op deze stations, op Borsele en Perkpolder na, wordt ook via 14C de PP bepaald. Indien de FRRF-techniek verder verfijnd wordt, kan op termijn de 14C techniek afgebouwd worden en beperkt blijven tot enkele stations, nodig voor controle op de gebruikte conversiefactoren in de productieschatting m.b.v. de FRRF metingen (zie eerder). Deze (of een gelijkaardige) techniek kan op termijn ook toegepast worden in de Zeeschelde. Uiteraard zijn enkel PP metingen vereist in perioden van algengroei, zijnde het zomerhalfjaar. Start en einde van deze periode kunnen verschillen naargelng de lokatie in het estuarium.

Continu metingen van PP (via FRRF of PAM) worden bij voorkeur gekoppeld aan de permanente stations voor Fysico-Chemie (zie 8.3.3). Dit betekent continue PP metingen op 2 stations in de Westerschelde, 2 op de Beneden-Zeeschelde, 1 op Rupel en 1 op Boven-Zeeschelde.

9.2.4. Meting van omgevingsvariabelen

Inschattingen van PP en modelberekeningen vereisen naast fytoplankton en PP gegevens ook tal van andere parameters, zoals nutriënten, zuurstofwaarden, temperatuur, geleidbaarheid, lichtinstraling, lichtklimaat en pH. De meeste parameters werden reeds opgenomen bij Fysico-Chemie.

De licht extinctie coëfficiënt k_d kan vrij eenvoudig en snel insitu gemeten worden met opstelling die gebruikt maakt van twee lichtmeters die op een verschillende, vaste diepte van elkaar gemonteerd staan. Deze metingen gebeuren op alle Omes stations en dienen uitgebreid te worden naar alle meetpunten van het fysico-chemie staalnamenet.

9.3. Benthische primaire productie: Fytobenthos

Naast pelagische is benthische primaire productie zeer belangrijk. Hier is helaas weinig info over, nochtans kunnen fysische ingrepen in het systeem meer directe invloeden hebben op de benthische primaire productie dan op de pelagische primaire productie. Immers, kleine veranderingen in expositie van slikken/platen of wijzigingen in bodemsamenstelling hebben een direct gevolg op de benthische PP. In bovenstaande paragrafen wordt reeds duidelijk aangegeven wat het belang is van primaire producenten, zowel pelagiale als benthische. Monitoring van de benthische primaire producenten vergt een iets andere aanpak. Momenteel worden een aantal raaien op chlorofyl bemonsterd in de Westerschelde en een beperkt aantal punten in de Zeeschelde. Het is essentieel om op een 5 à 6 stations in het estuarium de PP direct te meten via maandelijkse metingen (C14 incorporatie) (vanaf maart tot en met oktober). Daarnaast moet chlorofyl bepaald worden op de benthos bemonsteringspunten via een NDVI camera, wat een directe en nauwkeurige manier is om snel een indruk te krijgen van de ruimtelijke verdeling in chlorofyl concentratie, hetgeen opschaling van PP naar systeem

niveau mogelijk maakt. Eventueel is het mogelijk om meer inzicht te krijgen in de ruimtelijke variatie (hoogteliging, sediment karakteristiek) door gebruik te maken van PAM metingen op een aantal benthospunten. In een volgende fase zal remote sensing kunnen toegepast worden om de chlorofyl te bepalen. Er moet nagegaan worden in hoeverre dit te koppelen is met luchtopnames voor de topografie en vegetatie (wordt in de Zeeschelde momenteel uitgetest door INBO en VITO). Ook hier is het wenselijk om soortensamenstelling op te volgen om interpretatie van PP metingen te onderbouwen (cfr microfytobenthos is een complexe assemblage van motiele, vastgehechte en tychoplanktonische soorten die elk hun eigen dynamiek en activiteit vertonen).

9.4. Pelagische secundaire productie: Zoöplankton

9.4.1. Inleiding

Zoöplankton, als schakel tussen primaire producenten of detritus en hogere trofische niveaus, is een essentiële parameter binnen het ecosysteemfunctioneren. Kort samengevat, vervult het zoöplankton in het pelagiaal een zelfde essentiële rol als het zoöbenthos op de slikken en schorren. Zoöplankton verdient bijgevolg dan ook ruime aandacht binnen een systeemmonitoring van de Schelde. Het belang van het zoöplanktoncompartiment in de Schelde is drie-voudig:

1. De rol van de zoöplankton-gemeenschap in het trofisch functioneren van het ecosysteem

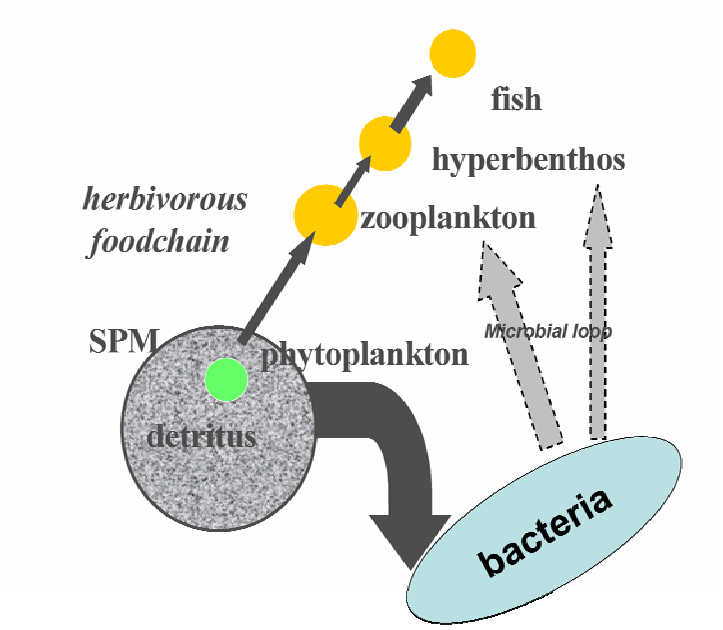
In de waterkolom van aquatische systemen vormt het zoöplankton de link tussen de primaire producenten (fytoplankton) en de hogere trofische niveaus (hyperbenthos, vissen). Dit gebeurt rechtsteeks voor het mesozoöplankton (copepoden, cladoceren) en onrechtstreeks via de microbiologische loop voor het microzoöplankton (rotiferen, cilliaten, heterotrofe flagellaten). In de Schelde (en andere Europese estuaria) is aangetoond dat, ondanks de hoge concentraties aan detritus, de dominante meso-zoöplanktonorganismen zich inderdaad selectief met het fytoplankton, en voornamelijk met grote algensoorten (diatomeeën) voeden (Tackx et al., 2003). De efficiëntie van deze graasactiviteit (Gasparini et al., 1999) wordt echter wel beïnvloed door de verhouding fytoplankton/detritus en door de samenstelling van het fytoplankton. De selectieve voeding op fytoplankton is een belangrijke factor in het succes van de opbouw van zoöplanktonstocks Zo zijn de copepoden uit de Gironde, (estuarium met een lage fytoplankton/detritus ratio) kleiner en lichter dan die uit de Schelde of de Elbe (Sautour & Castel, 1995). De ratio fytoplankton/detritus is één van de karakteristieken die wordt beïnvloed door verscheidene natuurlijke en beleidsbeïnvloedde factoren (debiet (controle), geomorfologie, baggerwerken, waterzuivering enz.).

Het belang van de zoöplankton-stock als voedselbron voor hyperbenthos en vissen is in de Westerschelde duidelijk aangetoond (Fockedey & Mees, 1999). Zo vormt

de copepodenstock in het brakwatergebied de belangrijkste component van het voedsel van haring en sprot Er zijn aanwijzingen dat - in de hefst en de winter – deze vissoorten gelimiteerd zijn in hun voeding vanwege een beperkte zoöplanktonstock (Maes et al., 2005).

De huidige toename aan fytoplankton - concentratie in de Schelde begunstigt de ontwikkeling van het zoöplankton (zie ook verder). Als het Schelde ecosysteem trofisch 'correct' functioneert, is te verwachten dat ten gevolge van verdere waterzuivering en toenemende transparantie van het water, een toename van het fytoplankton via het zoöplankton grotendeels omgezet zal worden in een toenemende biomassa van de hogere trofische niveaus. Dit veronderstelt dat de ontwikkelende fytoplanktonsoorten begraasbaar zijn, en er geen excessieve productie plaatsvindt, die niet (geheel of grotendeels) opneembaar is door het zoöplankton. De laatste jaren bereiken de SiO2 concentraties in het zoetwatergebied vaker limietwaarden voor de ontwikkeling van diatomeeën binnen het fytoplankton. Het gevaar bestaat dat dit de ontwikkeling van flagellaten zal bevorderen, ten koste van diatomeeën. Deze verschuiving volgt niet alleen vanwege de silicium limitatie van de diatomeeën, maar ook vanwege het veranderende lichtklimaat op zich. In het Veerse meer, bv, werd tegelijk met de overgang van turbulent (troebel) naar stagnant (helderder) water en toename van de ratio flagellaten/diatomeeën vastgesteld (Bakker, 1972).

Bij dominantie van kleinere fytoplanktonsoorten is de fytoplanktonbiomassa minder opneembaar door het mesozoöplankton, wat de detritus-productie bevordert. Gezien het belang van de rotiferen-populatie in de Schelde, mag worden verwacht dat een link tussen de microbiële loop en hogere trofisch niveaus (in dit geval mesozoöplankton, hyperbenthos, vis) zal worden gehandhaafd, maar hoe dan ook zal dit de efficiëntie van de transferten verminderen (minstens één trofisch niveau meer, figuur 9.2). Het risico op een sterkere uiting van de negatieve gevolgen van eutrofiëring is niet uitgesloten. Het simultaan monitoren van fyto –en zoöplankton-populaties is dus noodzakelijk om deze ontwikkeling te kunnen opvolgen.



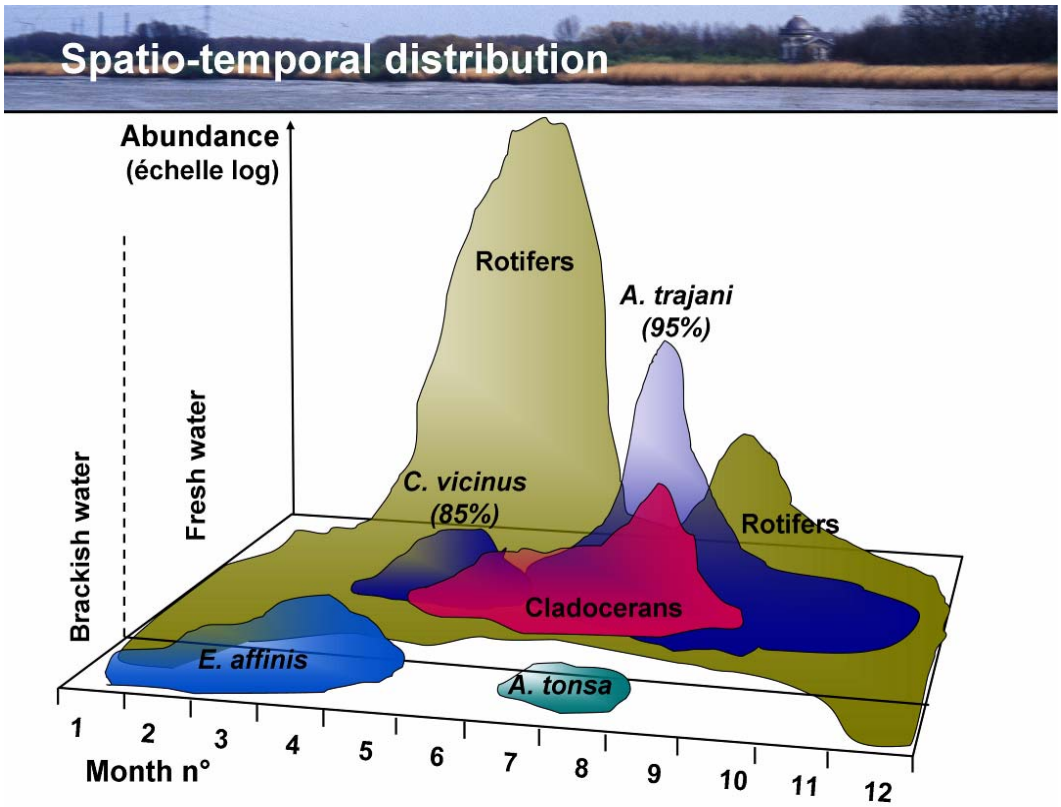
Figuur 9.2: trofische transferten in het pelagiaal

2. **De reactiviteit van de zoöplankton gemeenschap op de restoratie van de Schelde**

De zoöplanktongemeenschappen in de Schelde vertonen een gradient in functie van de saliniteit. Voor wat betreft het mesozoöpankton domineren in het zout –en brakwatertraject copepoden, in het zoetwatertraject cladoceren en enkele copepodesoorten. Voor wat het microzoöplankton betreft, treft men over de gehele gradient rotiferen aan, in het marien- brakwater gedeelte aangevuld met tintiniden.

De OMES zoöplankton (figuur 9.3) monitoring sinds 1996 in het brak-zoetwatertraject (tussen km 57,5 en 155) heeft aangetoond dat de zoöplanktongemeenschap 'reageert' op de wijzigingen die in het estuarium hebben plaatsgevonden. Waar voorheen (1980 -1990) geen of weinig zoöplankton (en hyperbenthos) aanwezig was vanaf Antwerpen en stroomopwaarts (Soetaert & Van Rijswijk, 1993; Sautour & Castel, 1995), wordt sinds de aanvang van de monitoring een toename van de zoöplankton-abundantie (zowel voor copepoden, cladoceren als rotiferen in het zoetwatertraject waargenomen (Tackx et al., 2004; Azemar, 2007).Deze abundantie toename betreft één à twee grootte - orden (van 10-tallen naar duizenden ind l-1 voor rotiferen, van enkele naar tientallen ind. l-1 voor copepoden en cladoceren). In het brakwater-gedeelte (tussen km 57,5 en 78,5) zijn de abundanties van rotiferen vrij constant gebleven, en die van copoden iets afgenomen. Dit komt doordat de copepode E. affinis de bulk van zijn populatie verplaatst van het brak naar het zoetwater, waarschijnlijk ten gevolge van een verbetering van de waterkwaliteit, met name van de zuurstofconcentratie in het zoetwatertraject (Appeltans, et al., 2003). Het feit dat de populatiepiek van

deze soort in ander estuaria meer in het in zoetwatertraject wordt gevonden, gaf eerder aanleiding tot de hypothese dat *E. affinis* in de Schelde 'gevlucht' was naar het brakwater, vanwege de zeer lage zuurstofconcentratie rond Antwerpen gedurende de jaren 1980 –'90. (Soetaert & van Rijswijk, 1993; Sautour & Castel, 1995) De soort wordt heden ten dage meer en meer waargenomen in het hele zoetwatertraject, en blijkt dus inderdaad haar saliniteitsoptimum terug in te nemen (Appeltans et al., 2003). De mogelijkheid om deze soort als 'bioindicator' te gebruiken wordt dan ook momenteel onderzocht (Soussou, 2006; Ruiz, 2008). Deze migratie naar het zoetwatertraject zou dus de ontwikkeling van haring en sprot in stroomafwaarts verder kunnen limiteren (zie hoger) *E. affinis* is immers momenteel nog sterk dominant in het zout/brakwatergebied, en een alternatieve prooi met een vergelijkbare nutritieve waarde is dus niet zogauw beschikbaar.



Figuur 9.3 Vereenvoudigde voorstelling van de zoöplankton spatio–temporele distributie in de Zeeschelde (naar Azémar, 2006).

Vanwege het universeel karakter van deze soort in gematigde estuaria, gebeurt dit oa. via vergelijkende studies met het Seine estuarium (Souissi et al, 2008).

Het volgen van de populatie wordt momenteel echter bemoeilijkt doordat het gedeelte dat zich in het brakwatertraject bevindt slecht gedeeltelijk (vanaf km 57,5 door OMES) wordt bemonsterd wordt (ontoereikende monitoring in Westerschelde).

Anderzijds zien we een uitbreiding van de cladoceren-populatie stoomafwaarts (naar het gebied rond Antwerpen toe (Azémar, 2007). De overgangzone tussen brak – en zoet biedt dus duidelijk verbeterde omstandigheden voor zoöplankton ontwikkeling. Het gevolg van deze migraties is een toename van de diversiteit (zie ook verder).

3. De diversiteit van het zoöplanktoncompartiment

Voor het door OMES gemonitorde traject (km 57,5 – km 155) zijn momenteel zoöplankton taxa gekend (55 rotifera; 16 copepoda en 31 cladocera), waarvan 96 tot op soortsniveau gedetermineerd. In het zoutwatertraject zijn een 13–tal mesozoöplankton soorten gekend, voornamelijk copepoden (Soetaert & van Rijswijk, 1993) Als dusdanig vertegenwoordigt het zoöplankton een belangrijke bijdrage tot de biodiversiteit van het dierlijk leven in de Schelde (zie ook Hoofdstuk 10: Diversiteit Soorten). Deze diversiteit kan in de toekomst (in één of andere richting) beïnvloed worden door een aantal factoren:

- De bovengenoemde natuurlijke of beleids - beïnvloede factoren zoals debiet, ratio fytoplankton/detritus enz., die de ontwikkelingsomstandigheden voor diverse soorten op diverse wijze beïnvloeden.
- De bovenbeschreven 'herpopulatie' van het transectgebied brak-zoetwater, die de interacties binnen het zoöplanktoncompartiment zeker zal doen toenemen (competitie, predatie, associatie).
- De reeds waargenomen invoer (en standhouding) van exotisch soorten in het estuarium (Azémar et al., 2006). Deze factor is onvermijdelijk in een druk bevaren estuarium als de Schelde. Momenteel is bijvoorbeeld de uitheemse ribkwal (Mnemiopsis leidyi) reeds waargenomen in de monding en een verdere uitbreiding ligt voor de hand. De vestiging van deze soort kan catastrofale gevolgen hebben voor het ganse ecosysteem. Inzicht in de ontwikkeling van deze exoten is een conditio sine qua non om eventueel maatregelen te kunnen nemen.
- Samen met de Elbe, is de Schelde het enige Noord –Europese estuarium waar momenteel dit niveau van taxonomische kennis over het zoöplanktoncompartiment aanwezig is. Deze kennis is niet alleen belangrijk in een 'biodiversiteitscontext' maar laat ook toe de studies in relatie tot punt 1 en 2. met meer precisie uit te voeren. Sommige genera bevatten immers soorten met verschillende, zelfs tegenstrijdige affiniteiten voor bepaalde omgevingsfactoren. Het gebruik van taxa op genus niveau, bv. kan dan ook leiden tot een 'gemiddeld beeld' dat geenszins de affiniteit/reactie van de betrokken soorten op omgevevingsvariabelen weergeeft (Azemar et al, in prep). Bovendien laat het gebruik van loess curves toe de affiniteit van elke soort voor bepaalde omgevingsfactoren nog preciezer te visualiseren dan met een klassiek multivariate analyse op jaarbasis het geval is (Azemar et al, in prep).

9.4.2. Uitvoering

Om inzicht te hebben in de evolutie van hogere trofische niveaus (zowel beschermde als commerciële soorten) is het essentieel om informatie te vergaren over de lagere trofische niveaus. Zoöbenthos is de essentiële schakel tussen primaire producenten of detritus en hogere niveaus, bv vis, en dus onmisbaar om de ontwikkeling en het herstel van vispopulaties te begrijpen. Goede kennis kan toelaten om in te grijpen bij nefaste evoluties. In dat opzicht is ook monitoring van exotisch zoöplankton verantwoord.

Concreet betekent dit maandelijkse bemonstering van 50 liter oppervlaktewater (50 µm net, in de Zeeschelde op 8 stations (6 omes stations + 2 extra (cursief)) verder zetten. Het betreft de stations Grens (aan Boei 87, km57), Antwerpen, (km 78,5), *Kruibeke* (km 88), Temse (km 97,5) *Lippenbroek* (km 11), Dendermonde (km 121,5), Uitbergen (km 140), Melle (km 155), Rupel (Boom) en alle boundaries. Het 50 literstaal zal gebruikt worden voor zowel micro- als mesozoöplankton. Dit houdt een vereenvoudiging in tenopzichte van de huidige OMES monitoring, waarbij nog afzonderlijke staalname plaatsvindt met een 25 µm net voor microsoöplankton. Ten opzichte van de huidige bemonsteringen zijn in het zoetwatertraject twee stations (cursief) toegevoegd, teneinde de studie van het zoöplankton – en met name van Eurytemora affinis - als 'bioindicator' te kunnen realiseren. Vanwege het belang van de opvolging van de verplaatsingen van zoöplanktonpopulaties tussen het brakwatergebied en het zoetwatertraject is het noodzakelijk dat ook de Westerschelde bemonsterd wordt. Hierbij zou het aangewezen zijn (een gedeelte van) de stations die tijdens de jaren 1990 voor o.a. fyto – en zoöplankton zijn bemonsterd in het kader van de JEEP en MATURE projecten te handhaven – (Soetaert & Van Rijswijk, Muylaert). Drie stations worden voorgesteld in de Westerschelde: Vlissingen, Hansweert of Perkpolder, Bath/Zandvliet (overlap met OMES station Grens), plus de boundaries op Nederlands grondgebied (Spuikanaal Bath en Kanaal Gent Terneuzen). Dit zou toelaten de lange termijnevolutie over het gehele estuarium te volgen.

Occasionele (1x per jaargetijde) is aanvulling met stalen dicht bij de bodem gewenst omdat vooral voor copepoden oppervlaktestalen een onderschatting van de totale populatie omvang kunnen opleveren. Oppervlaktestalen zijn echter wel representatief voor de evolutie van de populaties.

Met het 50 µm net worden wel een groot deel van de ciliaten en alle heterotrofe flagellaten en amoeben gemist. Nochtans verdient het de aanbeveling om deze ook in kaart te brengen. Tijdens perioden van sterke algenbloei kunnen eventueel ook enkele parasitieten opgenomen worden in de monitoring. Sommige protozoa kunnen bijvoorbeeld een diatomeenpopulatie in korte tijd halveren. Zonder opvolgen van deze parasiteiten is het zeer moeilijk om bepaalde evoluties correct te duiden. Een systematische monitoring over het gehele estuarium van deze organismen zou zeer verhelderend zijn en toelaten hun belang tov groter

zoöplankton duidelijk te maken en hoe het relatieve belang van micro/mesozoöplankton in de toekomst evolueert (we verwachten immers verdere veranderingen naarmate de kwaliteit van de Schelde verder verbetert). Dit mee opnemen in de maandelijkse monitoring is niet haalbaar. Vandaar het voorstel om dit op te nemen in een onderzoeksmonitoring. Eventueel kunnen deze organismen nadien driejaarlijks opgevolgd worden tijdens het zomerhalfjaar.

De stalen van alle maandelijkse en tweewekelijkse campagnes vereisen determinatie op soortsniveau voor mesozoöplankton (copepoda, cladocera). Determinatie op soortsniveau voor microzoöplankton (rotiferen) wordt één maal om de drie jaar (zelfde jaren als voor flagellaten etc) voorgesteld. Rotiferen als groep tellen is immers arbeidsintensief, vraagt ook reeds een zekere specialisatie en levert, zoals hoger uitgelegd, weinig ecologisch relevante informatie op. Daarom volstaat een determinatie eens om de drie jaar. De stalen zullen zowieso voorhanden zijn voor elke campagne (staal wordt samen met ander zoöplankton genomen), dus als er specifieke vragen rijzen kan er steeds gericht gekeken worden naar andere jaren.

Integratie van de zoöplanktondata in fytoplankton en systeemmodellen maakt het noodzakelijk om van de dominante soorten het drooggewicht te kennen. Dit zal experimenteel worden uitgevoerd voor *E. affinis*, voor de andere soorten worden bestaande literatuurgegevens (minimum – maximuim) gebruikt.

Het planktononderzoek binnen het huidige OMES project concentreert binnen het microzoöplankton de aandacht op de rotiferen, gezien hun belang als hun mogelijke rol als bioindicator (sterke toename in de laatste jaren, grote diversiteit) en als link tussen de microbiële web en de 'herbivore' keten.

Het belang van kleinere organismen (cilliaten, heterotrophe flagellaten, amoeben) situeert zich precies binnen deze microbiële voedselketen en dient dan ook gekend te zijn om tot een volledig beeld van het planktoncompartiment en het trofisch functioneren van het pelagische deel van het estuarium te kunnen komen. Dit is mogelijk door het combineren van gegevens van fytoplankton en klein micro-zoöplankton en rotiferen en mesozoöplankton.

9.5. Benthische secundaire productie: Macrozoöbenthos

Het macrozoöbenthos is een essentiële schakel in estuariene voedselwebben en is zelf afhankelijk van zowel hydro- en morfodynamiek als van lokale primaire productie of extern organisch materiaal. Het kan dan ook zowel direct (habitatverstoring door baggeren/storten; habitat creatie) als indirect (veranderende sediment type, hydrodynamiek, turbiditeit, saliniteit…) door de geplande ingrepen beïnvloed worden.

In de Westerschelde is een goed uitgebouwd meetnet functioneel. In 4 plots worden stratified random samples 2 maal per jaar (voor- en najaar) genomen. In totaal gaat het om 280 monsterpunten per jaar met volgende bemonsterde oppervlakte: 3 plots worden in het kader van MTLW (BIOMON) bemonsterd, 1 plot in het kader van MOVE; samen vormen ze echter één geheel (identiek monitoringsopzet). Bijkomend werd in het kader van MOVE op een aantal vaste raaien in het intergetijdengebied het macrobenthos bemonsterd. Van deze monsters wordt de soortensamenstelling (diversiteit), densiteit en biomassa van de aanwezige bodemdieren bepaald. Andere belangrijke parameters (bijv. functionele diversiteit, gemeenschapsstructuur) kunnen hiervan afgeleid worden.
Deze gegevens zijn ook essentieel voor de KRW. Met het oog op het berekenen van de BEQI (de index die in KRW-verband gebruikt wordt om de ecologische kwaliteit van het benthos aan te geven) worden door Van Hoey et al. (2007) een aantal aanpassingen aan het bestaande schema voorgesteld:

- ipv de BIOMON stratificatie naar diepte, stellen Van Hoey et al. (2007) een stratificatie naar habitats voor. Dit zijn de ZES (Zoute Wateren Ecotopen Stelsel) ecotopen, maar wij stellen voor niet alle ecotopen te bemonsteren maar een aantal belangrijke (is anders niet haalbaar, 10-15 ecotopen in totaal). Hierbij zal de klemtoon verlegd worden van het subtidaal (nu 3/4 van de monsters) naar het intertidaal (nu 1/4).
- Wel moet nog bijkomend onderzoek verricht worden naar de ecotopen zelf. Is de indeling die nu gehanteerd wordt voldoende discriminerend voor het benthos. De ecotopen zijn immers opgesteld vanuit morfologie en hydrodynamiek, maar verschillen de ecotopen ook echt in bodemdiersamenstelling? Dit is nog maar gedeeltelijk onderzocht. Bijvoorbeeld, er wordt nu telkens gezegd dat laagdynamische ondiepwatergebieden zeer waardevol zijn, maar is dat wel zo en zijn de huidige karakteristieken die hiervoor gehanteerd worden wel de juiste. Dit is een acute vraag voor onderzoeksmonitoring die op basis van beschikbare gegevens kan ingelost worden.
- Van Hoey et al. (2007) hebben ook gekeken naar hoeveel monsters (aantal + bemonsteringsoppervlakte) dat er idealiter moeten genomen worden in een bepaald ecotoop, en dit varieert naargelang het een ecotoop is met veel of weinig soorten, hoge of lage dichtheden, patchiness. Zo stellen Van Hoey et al. (2007) voor in het subtidaal niet een subsample te nemen uit de boxcore maar de volledige boxcore te analyseren, waardoor een grotere oppervlakte bemonsterd wordt. Voor een aantal intertidale ecotopen stellen Van Hoey et al. (2007) dan weer voor het aantal bemonsteringslocaties te vergroten. Uit de analyse bleek immers dat verschillende ecotopen via de huidige bemonsteringsopzet onvoldoende gedekt werden (zie verder).
- belangrijk voor de KRW is dat de indicator gevoelig is voor een bepaalde pressure. Hierop wordt steeds gehamerd maar dit is moeilijk in een systeem zoals de Westerschelde dat gekenmerkt wordt door een veelheid aan menselijke pressures en stressors. Vandaar dat het aangewezen is om die ecotopen te betrekken in je monitoring waar je de grootste pressure op verwacht.

De halfjaarlijkse bemonstering (voorjaar + najaar) die tot op heden plaatsvond was zo opgezet om oa. de 'jaargemiddelde biomassa' te kunnen bepalen. Dat is een maat voor de benthosproductie, maar met maar twee waarnemingen per jaar is dit niet goed te bepalen. Het monitoringvoorstel dat gekoppeld is aan toepassing van de BEQI-methode gaat uit van een bemonstering uitsluitend in het najaar (d.i. de periode wanneer de hoogste biomassa's waargenomen worden). Bij gelijkblijvende inspanning kan daardoor de (trend in de) najaarsdata nauwkeuriger bepaald worden (statistische power wordt hierdoor sterk vergroot). De bemonsteringsinspanning bleek immers voor veel ecotopen onvoldoende om met voldoende precisie een beoordeling te kunnen maken van de ecologische toestand (Van Hoey et al. 2007). Wij stellen dan ook voor de huidige MWTL+MOVE inspanning te behouden maar de volledige bemonstering in het najaar uit te voeren. Voorjaarsgegevens kunnen voor een aantal belangrijke soorten bekomen worden uit de WOT-programma's (zie verder).

In het mondingsgebied wordt momenteel het macrozoöbenthos nauwelijks systematisch opgevolgd. De monitoring van de schelpdierbestanden (WOT-survey IMARES) is het enige programma dat momenteel loopt. Dit programma wordt dan ook weerhouden binnen MONEOS. Omdat deze WOT-survey andere informatie oplevert dan het MWTL-programma, is het noodzakelijk om in de toekomst het MWTL programma uit te breiden naar het mondingsgebied. De WOT-survey uitbreiden naar de Westerschelde is dan weer nuttig om betere schattingen te bekomen van de bestanden aan schelpdieren. Het is immers van belang om goede, nauwkeurige gegevens over schelpdieren te hebben i.v.m. de link als voedsel voor vogels en vissen (schelpdieren maken het grootste deel uit van de benthische biomassa in de Westerschelde). Tevens geeft de WOT-survey ook extra informatie over zeldzame infauna en epibenthos. Dit dient gecombineerd te worden met de WOT-Kokkelbestand Westerschelde monitoring (jncl. andere schelpdieren). Een bijkomend voordeel is dat de WOT-surveys in het voorjaar plaatsvinden en hierdoor aanvullende gegevens opleveren t.o.v. de najaarsbemonstering. Aansluitend hierop liep sinds nov 1991 het programma WOT-Kokkelpopluatiedynamiek (gestopt 2007), dat specifiek gericht was op groei, conditie en overleving van kokkels (3tal surveys per jaar). Aangezien de Kokkel een belangrijke indicatorsoort is (oa. ook voor directe en indirecte effecten van baggeren en storten) stellen we voor dit programma ook te weerhouden voor de Westerschelde.

Aan Vlaamse zijde werden tot nog toe driejaarlijks op een aantal vaste raaien stalen genomen. In het intertidaal werden stroomafwaarts Antwerpen telkens 15 replica's voor macrobenthos genomen (4,5 cm diameter) en 3 cores (3,5 cm) specifiek voor Oligochaeten. Stroomopwaarts Antwerpen werden enkel nog oligochaeten stalen genomen. Subtidaal werd een Van Veen grijper gebruikt voor benthosbemonstering, voor de Oligochaeten werden drie cores uit een boxcorer genomen.
De huidige toestand van de Zeeschelde is momenteel onvoldoende bekend, op de brakke zone nabij de Belgisch/Nederlandse grens na. Hiervoor zijn het aantal

lokaties, de bemonsterde oppervlakte, de bemonsterde habitats en de bemonsteringsfrekwentie te laag. Trends zijn dan ook moeilijk te bepalen. Nochtans verwachten we bij een toenemende verbetering van de waterkwaliteit voor (het zoete deel van) de Zeeschelde grote veranderingen in de benthische macrofauna. Hierbij zullen vermoedelijk ook heel wat exoten de Zeeschelde koloniseren, zoals ook in andere grote Europese rivieren en zoetwatergetijdengebieden gebeurd is.
Wij stellen dan ook voor de eerste jaren inventariserend te werk te gaan om een beter inzicht te krijgen over de huidige toestand. Hierbij moet vooral aandacht gaan naar het relatief belang van de verschillende habitats (zacht substraat (sedimenten), hard substraat, schor(kreken)). Hoe belangrijk zijn bijv. de verschillende dieptezones. Ook het hard substraat (i.e. steenbestortingen) – dat in de meer stroomopwaartse delen een aanzienlijk aandeel vormt – moet de nodige aandacht krijgen, omdat dit een belangrijk habitat kan zijn voor heel wat soorten, maar dit is onvoldoende bekend. Uit andere gebieden weten we dat dit hard substraat kan gekoloniseerd worden door heel wat soorten (bijv. driehoeksmossel, kreeftachtigen). Dit vraagt andere bemonsteringstechnieken dan voor het zacht substraat. Hierbij denken we aan het uithangen of plaatsen van mandjes met hard substraat. Voor het zachte substraat (sedimenten) kan gewerkt worden met eenzelfde benadering als voor de Westerschelde. Wij stellen voor om af te stappen van de vaste raaien en random per stratum of ecotoop te bemonsteren, op een vergelijkbare manier als toegepast voor de Westerschelde (zie boven). Hierbij is een betere definiëring en afbakening van ecotopen nog nodig.
Bovendien is het ook de bedoeling om niet langer aparte oligochaeten monsters te nemen (zie boven). De bemonsteringsoppervlakte moet afgestemd worden op die van de Westerschelde. Een optimalisatie van de verwerking van de monsters (bijv. door het subsamplen van monsters, het niet meer determineren van Oligochaeta tot op soortniveau) is verder noodzakelijk.
De inspanning die nodig is voor een (inventariserend) monitoringprogramma voor de Zeeschelde is momenteel moeilijk in te schatten. Een eerste indeling zal rekening moeten houden met de saliniteitszones. De brakke zone van de Zeeschelde sluit best aan bij de brakke zone van de Westerschelde. De oligohaliene zone (overgangszone van brak naar zoet) vormt een aparte zone. Het zoetwatergetijdengebied (incl. zijrivieren) is een relatief lang, maar smal gebied. Dit gebied kan best nog opgedeeld worden in een klein aantal zones. Vervolgens zullen binnen elke zone de verschillende habitatten of ecotopen moeten bemonsterd worden. Een eerste schatting gaat uit van een 160tal te bemonsteren locaties per jaar. Het monitoringprogramma voor de Zeeschelde zal onderhevig moeten zijn aan een constante evaluatie en de verdeling in ruimte en tijd van de bemonsteringsinspanning zal de eerste jaren afhankelijk zijn van de waargenomen ontwikkelingen.

Alle hierboven genoemde monitoring van de benthische macrofauna moet in ieder geval gepaard gaan met een gedetailleerde observatie van de omgeving (sample-specifiek). Op de benthosmonster punten is het dus essentieel om extra parameters te bepalen. Dit betreft de granulometrie, het chlorofyl gehalte en de geomorfologie. De staalname voor benthos dient dan ook afgestemd te worden op

de staalnames voor o.a. de lithologische kaart. Hiervoor wordt verwezen naar de paragrafen waar dit wordt behandeld.

9.6. Vissen

9.6.1. Kinderkamer functie

In Nederland worden jaarlijks in sep/okt 34 bemonsteringstrekken op 3 dieptestrata, gelegen beneden de laagwaterlijn, uitgevoerd voor jonge schol, tong, garnalen en niet commerciële bodemvisbestanden. De survey wordt uitgevoerd om de relatieve talrijkheid van jonge platvissen en garnalen te bepalen, aldus het RIVO-rapport. In verband met de vereisten van de KRW is in de Westerschelde de bemonstering sinds 2007 uitgebreid met bevissing van het pelagiaal op twee lokaties (ankerkuilvisserij). In Vlaanderen worden vissen op 4 plaatsen in de Zeeschelde, op 3 plaatsen in de Rupel en op 2 plaatsen in de Durme via fuiken 2 maal per jaar bemonsterd. Beide projecten geven totaal verschillende informatie en geen van beide zijn voldoende om een afdoend beeld te krijgen van de (spreiding van) vispopulaties in het gebied. De Vlaamse bemonstering levert ook de basisgegevens voor de berekening van de visindex ten behoeve van de KRW. Voor de KRW moet het aantal lokaties uitgebreid worden zo dat over elk waterlichaam kan gerapporteerd worden. De resultaten van de intensieve bemonsteringen in 2007-2008 moeten toelaten om de spreiding van het meetnet in tijd en ruimte te optimaliseren. Het verdient aanbeveling om de monitoring van vissen in het estuarium sterk uit te breiden. Vooreerst is er de belangrijke economische functie van vissen (actueel in Westerschelde, potentieel in Zeeschelde). Daarnaast is het zo dat de ontwikkelings-projecten er mede op gericht zijn om het estuarium als habitat (zowel paai-, trek-, overlevingshabitat) te verbeteren. Het is dan ook essentieel om te weten of die doelstelling bereikt wordt. Anderzijds kunnen vispopulaties potentieel negatief beïnvloed worden door bagger- en stortactiviteiten en de indirecte gevolgen op het milieu (zowel habitat beschikbaarheid als turbiditeit).

Binnen het ecologsich functioneren is de kinderkamer functie van het estuarium esentieel. In aanvulling met Nederland moet de kinderkamer functie van het estuarium bepaald worden door een jaarlijkse gerichte bemonstering van zowel pelagiaal als specifieke habitats. Dit moet afgestemd worden tussen Vlaanderen en Nederland. In Nederland zal een extra inspanning vereist zijn om naast het pelagiaal ook specifieke habitats te bemonsteren.

Voor de schorren, GGG's en wetlands wordt voorgesteld om het visbestand in een selectie van gebieden op te volgen. Elk jaar worden enkele gebieden bemonsterd, binnen een zesjaarlijkse cyclus.

9.6.2. Trekvis

In Vlaanderen moet ook specifiek gemonitored worden in welke mate trekvissen hun levenscyclus kunnen vervolledigen in het estuarium. Dit is belangrijk zowel voor de KRW als voor de Habitatrichtlijn. Een specifieke monitoringstrategie hiervoor wordt momenteel uitgewerkt in het LTV O&M programma trekvis. De maandelijkse gestandaardiseerde bemonsteringen in de Kerncentrale van Doel zijn ideaal om trends in kaart te brengen en dienen dan ook onverminderd verder gezet.

9.6.3. Biomassa, stocks

Naast de bepaling van de kinderkamerfunctie en het gericht opvolgen van de biodiversiteit via fuikvangsten (zie hoger) stellen we voor om eens in de 6 jaar een grondige inventarisatie uit te voeren van de visstocks in het estuarium. Dit vereist een grote inspanning waarbij verschillende vistechnieken worden gebruikt op een groot aantal plaatsen en met een voldoende herhaling in de tijd. Voorgesteld wordt om een dergelijk programma via een specifieke opdracht te laten vastleggen.

9.6.4. monitoring contaminatie van vis

Om de contaminatiegraad van vissen te bepalen loopt zowel in Nederland als Vlaanderen een meetprogramma. In Nederland wordt de Bot jaarlijks bemonsterd in het middengebied van de Westerschelde en in Vlaanderen wordt de paling verzameld. In Nederland wordt ook paling bemonsterd. Bot wordt in Nederland gecontroleerd op huidaandoeningen, in Vlaanderen niet omdat het een zeer weinig voorkomend verschijnsel is. In Nederland worden organische en anorganische polluenten in het visweefsel bepaald. Gezien het hier om verschillende soorten gaat zijn beide datasets moeilijk naast elkaar te leggen. Het gaat hier evenwel om 2 soorten die in het volledige estuarium voorkomen (van de zeer weinige soorten die dit doen!). Het verdient dan ook abosluut aanbeveling om zowel in Nederland als in Vlaanderen paling en bot te verzamelen. Voor beide soorten kan dan een potentiële gradiënt in vervuiling en een wijziging hiervan vastgesteld worden (bv. het meer stroomafwaarts verschuiven van de verontreiniging of een toe- of afname, al dan niet ten gevolgen van veranderde geomorfologische processen).

De bemonstering van mosselen gebeurt in het oostelijk deel WS en is niet uit te breiden naar Vlaanderen.

Naast een wederzijds uitbreiden van het meetnet dienen analysemethoden en parameterlijsten op elkaar afgestemd te worden.

9.7. Broedsucces

Bovenaan de voedselketen staan de hoogste trofische niveaus. Het succes van soorten bovenaan de keten is een goede graadmeter voor de kwaliteit van het gehele ecologische functioneren. Daarom wordt het broedsucces en de condities van de jongen van de visdief voorgesteld.

De visdiefkolonie van Terneuzen is de laatste 12 jaar gemonitord op broedsucces (en condities van jongen) in het kader van broedsuccesmonitoring kustbroedvogels Delta (t/m 2005) en/of problemen met eieren of jongen, als mogelijk gevolg van lokale verontreinigingen (t/m 2007). Jongenproductie is de laatste jaren goed, zelfs één van de meest productieve van de Delta. Voortzetting van deze monitoring is aangewezen:

- om vinger aan de pols houden in verband met verontreinigingen, vertroebeling, mogelijke bewuste verstoring
- de kolonie wordt met ingang van broedseizoen 2009 "verplaatst": forse investering van RWS, waarvan je het resultaat wilt weten (niet alleen in aantallen)
- financiële inspanning vrij gering (15 k€ / jaar, incl. rapportage), aantallen worden sowieso gemonitored (zie diversiteit soorten)
- onderbreken van de bestaande waardevolle tijdreeks is jammer en onomkeerbaar

Hoofdstuk 10. Diversiteit soorten

10.1. Inleiding

Diversiteit is binnen de ecologie een belangrijke graadmeters voor de kwaliteit van een ecosysteem. Vanuit diversiteit vloeit een rijkdom aan functies voort. Elk organisme vervult binnen zijn niche een belangrijke functie en draagt zo bij tot het ecosysteem functioneren. Biodiversiteit dient dus opgenomen te worden in een systeemmonitoring, als graadmeter voor de toestand van het ecosysteem.

Verschuivingen in soortensamenstelling zal vaak een voorbode zijn van belangrijke problemen op andere niveaus. Waar bijvoorbeeld vegetatietypes relatief traag veranderen, kan de soortensamenstelling veel sneller veranderen en een voorbode zijn voor grootschaligere vegetatie veranderingen. De intrede van een exotische soort kan bijvoorbeeld aanvankelijk geen invloed hebben op het ecosysteem, maar van zodra inheemse soorten worden verdrongen, kunnen bepaalde functies sterk verminderen in kwaliteit of kwantiteit.

Soortendiversiteit, en de hieraan gekoppelde functionele diversiteit, is belangrijk op alle niveaus van het ecosysteem functioneren. Soortendiversiteit dient daarom niet enkel opgevolgd te worden voor de hoogste trofische niveaus, maar op alle niveaus die belangrijk zijn binnen het ecosysteem functioneren (zie figuur 9.1 ecologisch functioneren).

De voorgestelde monitoring van soorten is gericht op de algemene beschrijving van het systeem en de verpichtingen ten aanzien van verschillende EU richtlijnen (o.a. EU HR & VR) en nationale wetgeving. Voor elk van die wetgevingen gelden andere soortenlijsten. Hier wordt nu niet in detail op ingaan, maar het hier voorgestelde programma is voldoende om voor alle vereiste soorten de nodige gegevens te hebben.

10.2. Primaire producenten: fytoplankton en fytobenthos

Soortensamenstelling van het fytoplankton en -fytobenthos is een basisgegeven voor het ecologisch functioneren. Niet alle soorten kennen een zelfde PP, een zelfde groei en nutriënt- of lichtlimitatie bij dezelfde milieucondities. Monitoring van soortensamenstelling en -abundantie is daarom reeds opgenomen binnen het luik Ecologisch functioneren (zie hoofdstuk 9.2 en 9.3). Deze monitoring biedt de nodige info over diversiteit.

10.3. Diversiteit aan hogere planten

Waar vegetaties relatief traag veranderen, kan de soortensamenstelling, of de verhouding tussen verschillende soorten in een vegetatie veel sneller veranderen en een voorbode zijn voor grootschaligere vegetatie veranderingen.

De diversiteit van planten zal bepaald worden via opnames, stratified random, verspreid over de verschillende vegetatietypes en waterlichamen. Deze opnames zijn gekoppeld aan het opmaken van de vegetatiekaarten en dienen ook als "groundtruth" voor de kaarten. Voor Vlaanderen wordt dat geschat op zo'n 300 opnames. Voor Nederland ligt dit in dezelfde grootte orde. Deze opnames leveren een soortenlijst per gebied en een beschrijving van de vegetatietypes op en leveren ook de informatie voor het bepalen van de staat van instandhouding van de vegetatietypes.

De opnames gebeuren eens om de 6 jaar, samen met de opmaak van de vegetatiekaart en zijn in overeenstemming met KRW en EU HR.

10.4. Zoöplankton - zoöbenthos

De diversiteit van het (macro)zoöbenthos is een belangrijke graadmeter voor het bepalen van de algemene toestand van het estuariene ecosysteem. In het luik "ecosysteem functioneren" werd een monitoring van de soortensamenstelling reeds verantwoord (zie 9.5 zoöbenthos: benthische secundaire productie). De daar voorgestelde monitoring levert alle gegevens om ook de diversiteit van het macrozoöbenthos te bepalen. Zoöbenthos dient ook te worden opgevolgd voor de KRW.

Zoöplankton kan snel groeien en reproduceren met een generatieduur van enkele weken en een levensduur van hooguit enkele maanden. Het ondergaat advectief en dispersief transport door waterbeweging. De frequentie van staalname moet hierop ingesteld zijn (maandelijks tot tweemaandelijks). Dichtheid en diversiteit zijn dan goede graadmeters voor lokale fluctuaties in groeimogelijkheid en variatie in transport. Soortensamenstelling, belangrijk voor het ecosysteem functioneren, is reeds opgenomen in het monitoringsvoorstel. Deze monitoring volstaat voor het bepalen van diversiteit doorheen de seizoenen.

10.5. Hyper-epibenthos

Niettegenstaande hyper- en epibenthos een zeer belangrijke groep is zijn die in geen enkele wettelijk en/of beleidskader opgenomen. Ze vormen een belangrijke schakel in de voedselketen richting hogere trofische niveaus en omvatten commerciëel belangrijke soorten als de Grijze garnaal. Het kwantitatief opvolgen van deze groep is erg arbeidsintensief en daarom moeilijk haalbaar. Het bepalen van de diversiteit is evenwel een makkelijk te bepalen parameter die ons toelaat

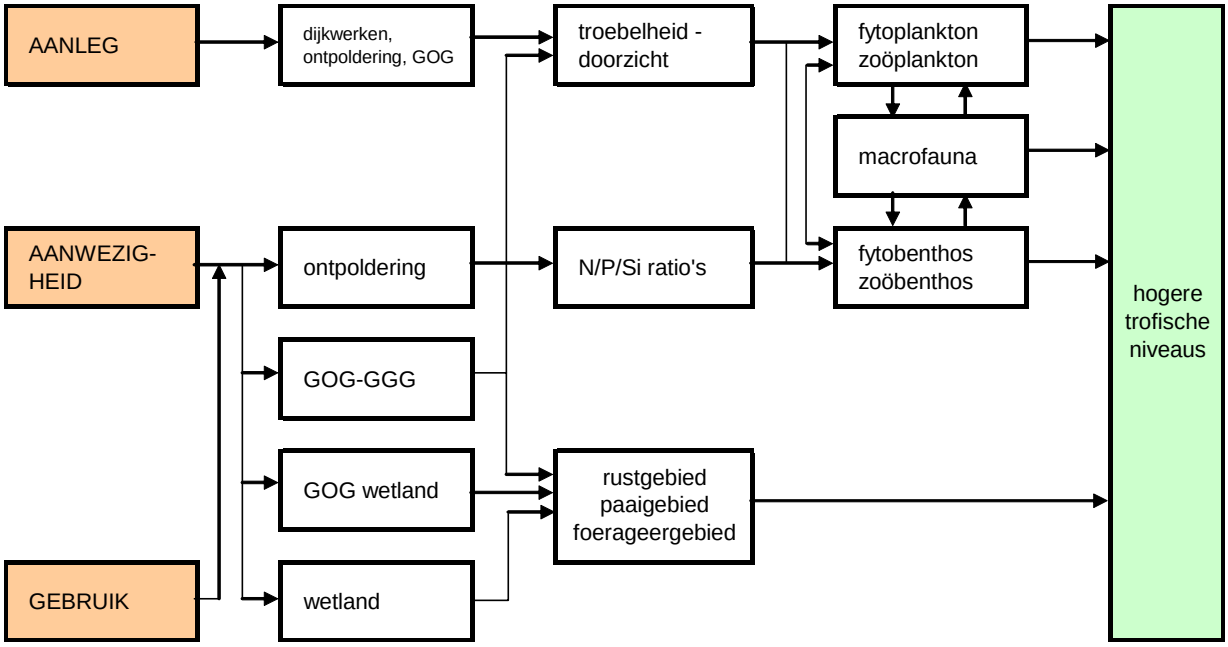
om eventuele trends in soortensamenstelling te detecteren. Daarom lijkt het aangewezen die op te volgen.

Tot op heden zijn geen echte monitoring inspanningen in het estuarium gericht op het opvlogen van de diversiteit van hyper- en epibenthos niettegenstaande dit een zeer belangrijke groep is. De gegevens die verzameld worden tijdens de visbemonsteringen zijn de enige, maar waardevolle informatiebron die verder moet opgevolgd worden. In Vlaanderen worden de bijvangsten in de fuiken nu ook op soort gebracht en geteld. Beide methoden laten evenwel niet toe om tot een coherent beeld van de diversiteit van die groep te komen. Daarom wordt ook voorgesteld om in de Westerschelde fuikbemonsteringen uit te voeren en pelagisch te vissen in de Zeeschelde (zie bij vissen). Dit zou niet alleen voor vissen maar ook voor hyper- en epibenthos betere resultaten geven. Ook de WOT-survey naar schelpdieren levert informatie over epifauna. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen welke technieken optimaal zijn.

Bij de intensieve visbemonsteringen (zie verder) kan op analoge manier hyper- en epibenthos kwalitatief mee bestudeerd worden.

10.6. Hogere trofische niveaus

Diversiteit van hogere organismen, bovenaan de voedselketen, geeft een goede indicatie over de toestand van het gehele ecosysteem, en verdient vanuit dit oogpunt opgenomen te worden in systeemmonitoring. Bovendien kunnen veel ingrepen tot effecten bij hogere trofische niveau's leiden. (Fig. 10.1).



Figuur 10.1 Overzicht van enkele effecten op hogere trofische niveaus.

10.6.1. Vissen

Vissen, hoewel economisch en ecologisch een zeer belangrijke groep krijgen momenteel te weinig aandacht in de Schelde. Vissen vormen een onderdeel van de KRW verplichtingen en enkele soorten zijn opgenomen in de EU-HR als aandachtssoort. Het opvolgen is dus met andere woorden verplicht. Bovendien zijn er erg veel ingrepen die potentiëel een effect hebben op vissen (Fig. 10.2).

Er is een montoring meetnet op basis van fuikvangsten in Vlaanderen. Voor de KRW wordt in Vlaanderen met dubbele schietfuiken bemonsterd. Dit geeft geen beeld van de volledige diversiteit van de visfauna, maar kan voor belangrijke groepen toch een semikwantitatieve inschatting van veranderingen aangeven. Er wordt gepleit om analoge bemonsteringen ook in de Westerschelde uit te voeren. Ook de meetpunten op de zijrivieren moeten toegevoegd worden aan het monitoring programma. Deze punten worden nu wel reeds door het INBO opgevolgd. Daarnaast verwijzen we naar het luik vissen bij ecologisch functioneren.

Gegevens over vissen in GGG's, GOG's en wetlands moeten door specifieke programma's los van deze algemene monitoring verzameld worden.

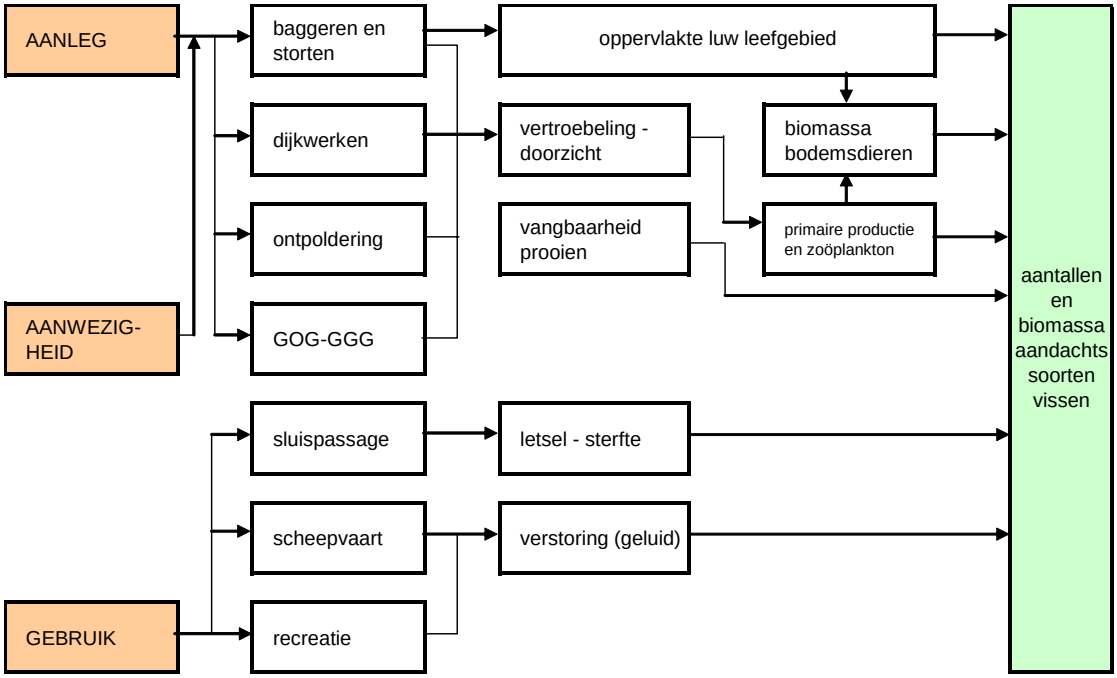


Fig. 10.2. Overzicht van de effecten van de ingrepen op vissen. (Aangepast naar Donkers et al., 2007).

10.6.2. Amfibiën

Dit is vooral van belang voor de nieuw aan te leggen gebieden in het kader van het Sigmaplan. Gerichte bemonsteringen dienen gepland te worden. We pleiten ervoor om dat te koppelen aan globale monitoring van amfibiën in Vlaanderen. In hoofdzaak moeten de soorten opgenomen in de EU-HR worden opgevolgd.

Een 6 jaarlijkse bemonstering van de relevante gebieden, of op zijn minst een inventarisatie van geschikt habitat is nodig met het oog op rapportage verplichtingen. Tijdens en kort na aanleg van nieuwe gebieden zullen extra monitoringsinspanningen vereist zijn, elke resorteren onder projectmonitoring.

10.6.3. Broedvogels

Verschillende broedvogels zijn opgenomen of als IHD soort, of in de bijlage van EU VR en moeten daarom opgevolgd worden. Kustbroedvogels zijn bij uitstek een goede indicator van het estuariene systeem. Gezien de lange termijn datasets hiervan is het erg belangrijk om dit te continueren. Er moet maximaal aangesloten worden bij landelijke programma's.

Voor kustbroedvogels is een goed lopend monitoring project zowel in Vlaanderen als Nederland en hier dient enkel gewerkt aan het opstellen van 1 gezamenlijke dataset. Broedvogels van de Bijlage I en de IHD worden momenteel echter nog niet opgevolgd. Hier wordt gepleit om in samenspraak met lopende broedvogelprojecten in Nederland (via SOVON) en Vlaanderen (diverse projecten INBO) een strategie op te stellen voor het opvolgen van die soorten. Een broedvogelkartering waarbij het volledige gebied (zowel binnen als buitendijks) eens per 6 jaar wordt bestreken lijkt het enig haalbare. Dit moet georganiseerd worden samen met lokale beheerders. Voor sommige soorten kan een hogere frequentie worden bereikt door koppeling met eerder genoemde programma's. Dit moet nader uitgewerkt worden.

Het broedsucces van visdieven wordt opgevolgd in het kader van het ecologisch functioneren (zie aldaar).

10.6.4. Niet broedvogels

De watervogeltellingen behoren wereldwijd tot de meest volledige datasets van populaties. Ook in Nederland en Vlaanderen is een lange traditie van watervogeltellingen. Deze tellingen zijn vereist vanuit de aanduiding als RAMSAR gebied en voor de EU-VR. De lopende programma's voldoen, zowel in Vlaanderen als Nederland. Enkel een gezamelijke, duidelijke rapportage dringt zich op.

10.6.5. Zoogdieren

Die zoogdieren, opgenomen in de EU –HR moeten opgevolgd worden. Een inventarisatie om de 6 jaar, gekoppeld aan landelijke programma's volstaat. De zeehond, als toppredator, krijgt wellicht de meeste aandacht binnen de huidige programma's. Waarnemingen van andere zeezoögdieren worden best eveneens centraal verzameld. Naast de zeezoogdieren komen verschillende soorten zoogdieren voor, vermeld in een annex van de habitatrichtlijn. Naast de Noorse Woelmuis, die mogelijks in Zeeland kan voorkomen, gaat het hier vooral over soorten (vnl vleermuizen, Bever en Otter) die in het Vlaamse deel van het studiegebied voorkomen of potentieel kunnen voorkomen. Hun verspreiding en aantalsevolutie dient opgevolgd te woren. Dit moet afgestemd worden met de landelijke monitoring van die soorten door het INBO. Ook hier geldt een zesjaarlijkse opname met het oog op rapportage.

Zeehond

De Zeehond, als toppredator neemt evenwel een speciale plaats in. De populatie ontwikkeling geeft een goed beeld van de ecologische toestand. Het gedetailleerd opvolgen van aantallen en reproductie succes is daarom een belangrijke maat voor de kwaliteit van het estuarium.

De Zeehond behoort tot één van de beter gevolgde soorten van het Deltagebied en de Westerschelde in het bijzonder. Het huidige programma door middel van een maandelijkse systematische vlucht binnen één getij, tweewekelijks tussen juli en september, voldoet meer dan voldoende.

Vleermuizen

Punt-transecttellingen in de potentieel geschikte habitats: 3 herhalingen/jaar, max 50 transecten eens om de 6 jaar.

Bever

Na vestiging is een jaarlijkse simultaantelling bij hutten vereist evenals een hoogfrequente wekelijkse controle van sporen langs de Sigmadijken in gekende leefgebieden (in functie van veiligheid).

Otter

Na vestiging om de 6 jaar tellen van het aantal individuen op een nog nader te bepalen methode.

10.7. "Probleem soorten"

Door de continue veranderingen, onder andere door global change, en als gevolg van transport, moedwillige of accidentele uitzettingen, kunnen zich een aantal probleemsoorten verspreiden langsheen de Schelde. Het is niet mogelijk om op voorhand een meetprogramma op te stellen voor het opvolgen van die soorten,

maar continue waakzaamheid is geboden en bij het optreden van een aantal soorten is het wenselijk om direct een gericht programma op te starten. Dit kan al dan niet een uitbreiding vergen van de hier beschreven programma's. Soorten die in aanmerking komen voor gedetailleerd opvolgen zijn onder andere: plaagalgen, de Chinese Wolhandkrab, de Amerikaanse ribkwal (*Mnemiopsis Leidyi*), Japanse duizendknoop, reuzenbalsemien, grote waternavel etc.

De opvolging van invasieve plantensoorten zit ten dele vervat in de vegetatiekartering en opnames voor diversiteit aan plantensoorten. uitbreiding van het programma is vooralsnog niet aan de orde. Voor andere plaagsoorten kan dit wel het geval zijn. De Chinese wolhandkrab bijvoorbeeld, kan een aangepast programma vereisen, aangezien deze soort problemen kan stellen voor het ecologisch functioneren, maar ook een potentiële invloed kan hebben op veiligheid (graaft in dijken).

10.8. Andere soorten

Door heel wat vrijwilligers en/of professionelen worden gegevens over diversiteit van verschillende groepen verzameld (bv. mollusca, insecta etc.). Hoewel voor de meeste van deze groepen geen wettelijke verplichtingen zijn voor het opvolgen van die groepen worden ze dan ook niet opgenomen binnen de basis systeemmonitoring. Toch kunnen deze gegevens zeer waardevolle info leveren over de toestand van de biodiversiteit in het estuarium. We willen dan ook pleiten voor het opzetten van een systeem waarbij de verzamelde gegevens op een gestructureerde manier worden opgeslagen in de centrale database van de systeemmonitoring. Op die manier gaan de gegevens niet verloren en kunnen waar nodig gebruikt worden voor de rapportages. We pleiten ervoor dat het datacentrum met de verschillende verenigingen/individuen, aktief bij natuurstudie in het estuarium, een netwerk zou uitbouwen met het oog op het verzamelen van de gegevens. Dit kan al dan niet in samenwerking met nationale instituten gebeuren. Deze manier van werken kan ook de kwaliteit van de data sterk verbeteren. Immers wanneer overleg gepleegd wordt met organisaties/individuen voor het verzamelen van de gegevens, dan kan dit vermoedelijk ook op een veel systematischer en wetenschappelijk onderbouwde manier gebeuren waardoor de bruikbaarheid van de gegevens toeneemt.

Hoofdstuk 11. Veiligheid

Monitoring voor veiligheid is een cruciaal onderdeel van de systeemmonitoring: veiligheid tegen overstromingen is een absolute prioriteit. Daarom wordt dit in dit rapport als een apart hoofdstuk opgenomen, niettegenstaande verschillende parameters ook voor andere doeleinden gemeten worden. Gezien de verschillen tussen Vlaanderen en Nederland worden beide hier ook apart behandelt.

11.1. Veiligheid in Nederland (naar Wijsman et al., 2007)

1 Waterstanden
Monitoring van waterstanden speelt een cruciale rol in de handhaving van de veiligheid. Enerzijds heeft de monitoring een waarschuwings-/alarmeringsrol bij stormvloeden. Anderzijds wordt (historische) monitoring gebruikt om de overschrijdingskansen van waterstanden te berekenen waarop de dijken worden gedimensioneerd. Beide worden achtereenvolgens besproken.

Langs de Westerschelde worden de waterstanden om de 10 minuten opgeslagen in ca. 20 meetplaatsen van het zgn. meetnet ZEeuwse GEtijdewateren.

Ten tweede wordt de waterstandsmonitoring van het ZEGE meetnet gebruikt om de Hydraulische Randvoorwaarden te bepalen voor de vijfjaarlijkse toetsing van de WoW. Deze worden elke vijf jaar opnieuw bepaald, door nieuwe inzichten met betrekking tot klimaat en morfologie mee te nemen in de bepaling. Voor de kust speelt de gemeten zeespiegelstijging hierbij vooral een belangrijke rol.

2 Golven
Monitoring van golfhoogte vindt ook plaats op de enkele meetpunten van het ZEGE meetnet. Aan deze monitoring is echter geen waarschuwingsprocedure gekoppeld. Wel heeft de monitoring een belangrijke rol in het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden die worden gebruikt voor de vijfjaarlijkse toetsing en het ontwerpen van de dijkbekleding.

3 Dijk kwaliteit
Ten eerste heeft monitoring in de vorm van dijkbewaking tijdens stormen een waarschuwende rol. Daarnaast heeft monitoring in de vorm van periodieke onderhoudsinspecties een kwaliteitwaarborgende rol.

Zodra het waarschuwingspeil is overschreden wordt door de beheerders dijkbewaking ingesteld. Tijdens de dijkbewaking worden kritieke plekken van de dijk intensief gemonitord. Indien ergens problemen worden geconstateerd worden direct noodmaatregelen genomen. Deze kunnen plaatsvinden in de vorm van locale dijkversterkingen of evacuatie van het achterland.

Daarnaast vindt er periodieke monitoring van de dijkkwaliteit plaats. Doordat continu bepaalde dijksecties de kruinhoogte wordt gemonitord, wordt de gehele dijkringhoogte vijfjaarlijks gemonitord. De vijfjaarlijkse periode strookt niet met de zesjarencyclus, voorgesteld in MONEOS. Aangezien monitoring van de dijkringhoogte niet rechtsreeks gekoppeld is aan of afhankelijk is van andere monitoring in het estuarium, is aanpassing van de vijfjarencyclus naar zes jaar geen echte noodzaak. Lokaties met veel zetting/klink worden meegenomen in onderhoudsprojecten. Verder wordt de bekleding (grasmat of steenglooiing) voor, in en na het stormseizoen visueel geïnspecteerd. Grasbeheerders zijn verantwoordelijk voor grasherstelwerkzaamheden, de steenreparaties worden meestal meegenomen door projectbureau zeeweringen. De vooroever wordt jaarlijks gemeten door peilingen met een peilboot. GIS-applicaties worden vervolgens gebruikt om de vooroevererosie te kunnen bepalen. De binnenteen van de dijk wordt elke winter geïnspecteerd. Er wordt op piping (horizontaal uitspoelen) gecontroleerd door de zandvoerende wellen in de sloot aan de binnenzijde te inspecteren. Ook wordt gecontroleerd op afschuiving van het binnenbeloop.

De kunstwerken van de dijk worden voor het stormseizoen beoordeeld. Van de grotere kunstwerken (sluizen) is Rijkswaterstaat vaak de beheerder. Indien er schade wordt geconstateerd wordt deze voor de aanvang van het stormseizoen gerepareerd. Naast de periodieke monitoring inspecteren de waterschappen de dijken ook na afloop van extreme weersomstandigheden, bijvoorbeeld na stormen of extreme hoog/laagwaterstanden. De focus ligt hierbij op eventueel door de storm veroorzaakte schade aan de bekleding.

Nieuw is de monitoring van waterspanningen in dijken. Het monitoren wordt uitgevoerd door in dwarsrichting peilpuizen te installeren. Op de peilbuizen is vervolgens de waterspanning af te lezen, waardoor verschillende faalmechanismen beter kunnen worden beoordeeld. Deze vorm van monitoring wordt momenteel alleen op proeflokaties uitgevoerd waar extra informatie nodig is over de toestand van de dijk (bijv. proeflokatie Hoedekenskerke). Na afloop van het proefproject (eind 2007) zal worden besloten of deze vorm van monitoring op grotere schaal zal worden toegepast.

11.2. Veiligheid Vlaanderen (gebaseerd op Moneos-studie van Arcadis-WL Delft-IMDC)

Lopende monitoring van de waterkering

Voor de monitoring van de waterkering langsheen de Zeeschelde en de bijrivieren is de Cel Exploitatie van de Afdeling Zeeschelde van de NV Waterwegen en Zeekanaal verantwoordelijk. De monitoring van de waterkering is onderdeel van het gesystematiseerd project Onderhoud infrastructuur Waterwegen, HOOP-20. Dit project is gericht op een rationeel organiseren van de onderhoudsinspanning

van het patrimonium om de veiligheid hoog te houden. Het project en de bijhorende methodiek is van toepassing op het geheel van het patrimonium met uitzondering van de vaste bruggen en viaducten, beweegbare bruggen, tunnels, duikers, grondkerende structuren en steunmuren. Deze worden zowel door Afdeling Zeeschelde geïnspecteerd, alsook bijkomend gecontroleerd door MOW-TOD.

Voor de monitoring wordt gebruik gemaakt van 4 types inspectie :

A-inspectie : algemene inspectie
B-inspectie : bijzondere inspectie
O-inspectie : occasionele inspectie
R-inspectie : routine-inspectie

Alle gegevens van het patrimonium worden in de patrimonium databank opgeslagen via de patrimonium databank applicatie (IMDC, 2003). Dit is een webapplicatie welke toelaat om via een webbrowser kunstwerken te bekijken, toe te voegen en te verwijderen.

Het programma laat toe om de volgende informatie van een kunstwerk te bewerken:

algemene gegevens
adressen
geografische coördinaten (deze taak zal in de toekomst overgenomen worden door de GIS applicatie)
beheerders
specifieke gegevens (afhankelijk van het type van patrimonium)
foto's en tekeningen
inspectiegegevens (dit is zeer beperkt en zal in de toekomst overgenomen worden door de applicatie onderhoud en inspecties)
Er is een identificatienummer ontwikkeld om het volledige patrimonium op een éénduidige manier te kunnen inventariseren. Dit identificatienummer heeft de vorm **AA.B.CCC.DDD.E** waarbij de letters het volgende voorstellen:
AA: Typenummer patrimonium

- ➔ 01: sluizen
- ➔ 02: stuwen
- ➔ 03: kaaimuren
- ➔ 04: dijken
- ➔ 05: oeververdedigingen
- ➔ 06: waterbodems
- ➔ 07: stortterreinen
- ➔ 08: sifons
- ➔ 09: uitwateringssluizen
- ➔ 10: wegen
- ➔ 11: groen
- ➔ 12: exploitatieterreinen
- ➔ 13: meetinrichtingen
- ➔ 14: pompstations

- ➔ 15: aanlegsteigers
- ➔ 16: staketsels
- ➔ 17: strandhoofden
- ➔ 18: zeedijken
- ➔ 19: beweegbare bruggen
- ➔ 20: vaste bruggen
- ➔ 99: domeinen

BB: Lokatiecode

- ➔ 01: linkeroever
- ➔ 02: midden
- ➔ 03: rechteroever
- ➔ 04: zee
- ➔ 05: andere

CCC: Nummer van de waterweg zoals gebruikt bij bruginspecties
DDD: Volgnummer
E: Bijkomend cijfer voor wijzigingen, bij de aanvang is dit cijfer 0

In bovenstaande lijst zijn de onderlijnde elementen van belang voor de monitoring van de toestand van de waterkering. Wegen en groen zijn ook als zeer belangrijk voor de monitoring van de toestand van de waterkering beschouwd. Verzakkingen of scheuren in de dijkweg duiden duidelijk op enige problematiek. Het verschil in groenbestand op landtaluds bij bvb. kwel is frappant.

Tabel 12: Overzichtstabel inspectiefrequentie waterkerende elementen

Waterkerend element	**Routine-inspectie**	**Algemene inspectie**
Sluizen –01	dagelijks	3-jaarlijks[1]
Stuwen –02	dagelijks	4-jaarlijks
Kaaimuren – 03	wekelijks	4-jaarlijks
Dijken – 04	wekelijks	jaarlijks
Oeververdediging - 06	wekelijks	jaarlijks
Sifons 08	wekelijks	4-jaarlijks
Uitwateringssluizen – 09	wekelijks	4-jaarlijks
Wegen - 10	wekelijks	jaarlijks
Groen - 11	wekelijks	jaarlijks

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de inspecties voor sluizen, stuwen, oeververdedigingen, dijken,... wordt verwezen naar Bijlage 4 Tabellen VI-XII.

Het is belangrijk op te merken dat de aangegeven inspectiefrequentie in de HOOP-tabellen streefwaarden zijn, die niet overeenstemmen met de effectieve inspectiefrequentie. Uit overleg met de betrokken verantwoordelijken binnen de afdeling Zeeschelde blijkt dat de inspectiefrequentie beperkt is als gevolg van de huidige (te krappe) personeelsbezetting. De belangrijkste reductie heeft betrekking op de routine-matige inspecties, die voor de kaaimuren en de dijken

[1] In het basis HOOP-20 document wordt een 4-jaarlijkse inspectie beschreven, alsook in de titel van de meest recente omschrijving “vierjaarlijkse inspectie van de sluizen, terwijl in de beschrijving zelf een 3-jaarlijkse inspectie wordt vermeld.

eerder tweewekelijks of minder frequent plaatsvinden (t.o.v de voorziene wekelijkse inspectie). Hetzelfde geldt voor de sifons (aantal = 3) en de uitwateringssluizen (aantal = 360).

11.3. Voorgestelde monitoring

Onderstaand worden eerst de globale kenmerken geformuleerd voor de monitoring, vervolgens worden deze vertaald naar te meten grootheden, lokaties en frequenties, aangevuld met een voorgestelde meet-, verwerkings- en analysetechniek

Getij
Bovenafvoer
Golven
Wind
Bodemligging rivier
Bodemligging voorland
Topografie dijk
Toestand van de oeververdediging
Toestand van de dijkbekleding
Toestand van de kunstwerken (sluizen, stuwen, kaaimuren, sifons, uitwateringsduikers)

Getij

Voorgesteld wordt om de volledige lijst van meetstations te behouden, zoals beschreven onder hydrodynamiek. Hierbij is het aangewezen het station Oosterweel volledig in te schakelen en op dezelfde manier uit te rusten en op te volgen als de overige stations. Tevens wordt voorgesteld de metingen ter hoogte van de kunstwerken met dezelfde frequentie te monitoren als de getijposten.

De verwerkingsfrequentie zou moeten verhoogd worden naar jaarlijks voor wat betreft de rapportering van de gemeten grootheden. Het analyserapport inzake de getijkarakteristieken zou 6-jaarlijks moeten opgesteld worden (congruent met de andere rapportages), waarbij telkens een actualisatie wordt gemaakt van de globale getijkarakteristieken en ook de extremewaarde verdelingen worden geactualiseerd en trends in beeld worden gebracht.

Wind

Er bestaat reeds registratie van windkarakteristieken in de Beneden-Zeeschelde. Het verdient aanbeveling om zeker 1 meteostation te behouden voor continue opvolging van windsterkte en windrichting, als indicator voor de golfbelasting op de waterkering.

Bodemligging rivier

Er wordt van uit gegaan dat de gegevens die verzameld (zullen) worden voor de beschrijving van bathymetrie en morfologie volstaan zoals beschreven onder morfodynamiek.

Bodemligging voorland, vooroever

De bodemligging van het voorland en de vooroever dient eens per 2 tot 2.5 jaar opgemeten te worden (afgestemd ook op de nodige metingen ten behoeve van natuur en morfologie). De voorgestelde frequentie bij morfodynamiek, eens om de 3 jaar voor de Boven Zeeschelde en Rupel en eens om de 6 jaar voor de zijrivieren is voldoende

Topografie dijk

De dijk dient geregeld aan een visuele controle onderworpen te worden. De opmeting van de hoogteligging van het dijklichaam gebeurt bij voorkeur om de 5 jaar. Omwille van de koppeling met de overige bathymetrische opnames wordt alsnog voorgesteld om dit 3 respectevelijk 6 jaarlijks te doen.
Bij aanleg van nieuwe dijklichamen wordt voorgesteld de kruinhoogte jaarlijks op te meten gedurende eerste 6 jaar en vervolgens het normale meetschema te volgen.

Toestand van de oeververdediging

Voorgesteld wordt de vooropgestelde opvolgingsfrequentie volgens HOOP ook effectief te volgen. Aanvullend dienen voor elk dijkvak alle geometrische en materiaaltechnische karakteristieken van de oeververdediging (bij voorkeur aangevuld met "as built" plans) opgenomen te worden.

Toestand van de dijkbekleding

Voorgesteld wordt de vooropgestelde opvolgingsfrequentie volgens HOOP ook effectief te volgen. Aanvullend dienen voor elk dijkvak alle geometrische en materiaaltechnische karakteristieken van de dijkbekleding (bij voorkeur aangevuld met "as built" plans) opgenomen te worden.

Toestand van de kunstwerken (sluizen, stuwen, kaaimuren, sifons, uitwateringsduikers)

Voorgesteld wordt de vooropgestelde opvolgingsfrequentie volgens HOOP ook effectief te volgen. Aanvullend dienen voor elk kunstwerk alle geometrische en materiaaltechnische karakteristieken van de kunstwerken (bij voorkeur aangevuld met "as built" plans) opgenomen te worden.

Geotechnische eigenschappen dijk

In 2007 is een meetprogramma opgestart om via boringen/sonderingen (bij voorkeur geo-elektrisch) de geotechnische eigenschappen van de dijken in kaart te brengen. Streefdoel zou moeten zijn om binnen een termijn van vijf jaar het volledig gebied, onderhevig aan getij, te onderzoeken en in kaart te brengen.

Hoofdstuk 12. Project monitoring

We moeten 2 types projecten onderscheiden. Zij die in het estuarium zelf plaatsgrijpen en zij die buiten de huidige bedijking plaatsvinden. De eerste groep projecten, omvat bv. alternatieve stortstrategieën. De monitoring hier is gericht op het in detail opvolgen van mogelijke effecten gedurende een bepaalde tijd. Na verloop van tijd vervalt deze monitoring en is het gebied gewoon onderdeel van het lopende programma zonder aanpassingen of aanvullingen. Bij de 2de categorie gaat het om projecten zoals ontpolderingen, GGG's en wetland ontwikkeling. Die projecten vereisen in de fase van aanleg een gedetailleerde opvolging maar na zeker tijd worden ze onderdeel van het systeem en moeten ze opgenomen worden in het geïntegreerde monitoring programma. Dat zal evenwel een uitbreiding van die monitoring vergen, omdat de totale oppervlakte van het gebied zal toenemen. Dat kan ook een aantal extra meetpunten voor verschillende parameters met zich meebrengen.

Elk nieuw project kan een nieuwe projectmonitoring vereisen. Het is binnen dit rapport niet de doelstelling om voor elk project projectmonitoring uit te werken. In wat volgt worden enkele voorbeelden gegeven en grote lijnen uitgezet waaraan de projectmonitoring moet voldoen. Hierbij is het essentieel om een onderscheid te maken tussen projectmonitoring en onderzoeksmonitoring. De projectmonitoring heeft tot doel om na te gaan of de ontwikkeling van het project de vooropgestelde doelstellingen haalt (bv. vestiging van vegetatie, bereiken van een bepaalde topografie, aanwezigheid van soorten, ….). Veel projecten zijn evenwel ook ideale wetenschappelijke experimenten die via onderzoeksmonitoring kunnen opgevolgd worden om meer inzicht te krijgen in fundamentele processen. Het is dan ook zeer sterk aan te bevelen om in ieder geval de grotere projecten op te volgen via project- EN onderzoeksmonitoring. In dit hoofdstuk gaan we enkel in op projectmonitoring. De vraagstelling gaat hierbij dus uit van het project en de te bereiken doelstellingen. Voor onderzoeksmonitoring is de vraagstelling in eerste instantie wetenschappelijk bepaald en zijn de projecten te beschouwen als wetenschappelijke experimenten.

12.1. Type 1: projecten binnen het estuarium.

Baggerwerken en verruiming van de vaargeul kunnen een invloed hebben op veiligheid en natuurlijkheid in het estuarium. De werkzaamheden zelf kunnen een invloed hebben op de troebelheid van het estuarium, met een keten van effecten tot gevolg. Verdiepung van de vaargeul betekent een aanpassing van de morfologie van het estuarium, wat mogelijk leidt tot wijzigende hydrologie. In Donckers et al (2007) worden de mogelijke effecten van de werkzaamheden voor toegankelijkheid uitvoerig besproken. Via effectketens wordt de mogelijke beïnvloeding voor diverse criteria onderzocht. In dit rapport worden deze niet

meer herhaald. Voor de parameters, vereist om deze mogelijke effecten nauwkeurig op te volgen, verwijzen we naar deze studie, en beperkt dit rapport zich tot 1 duidelijk voorbeeld van projectmonitoring.

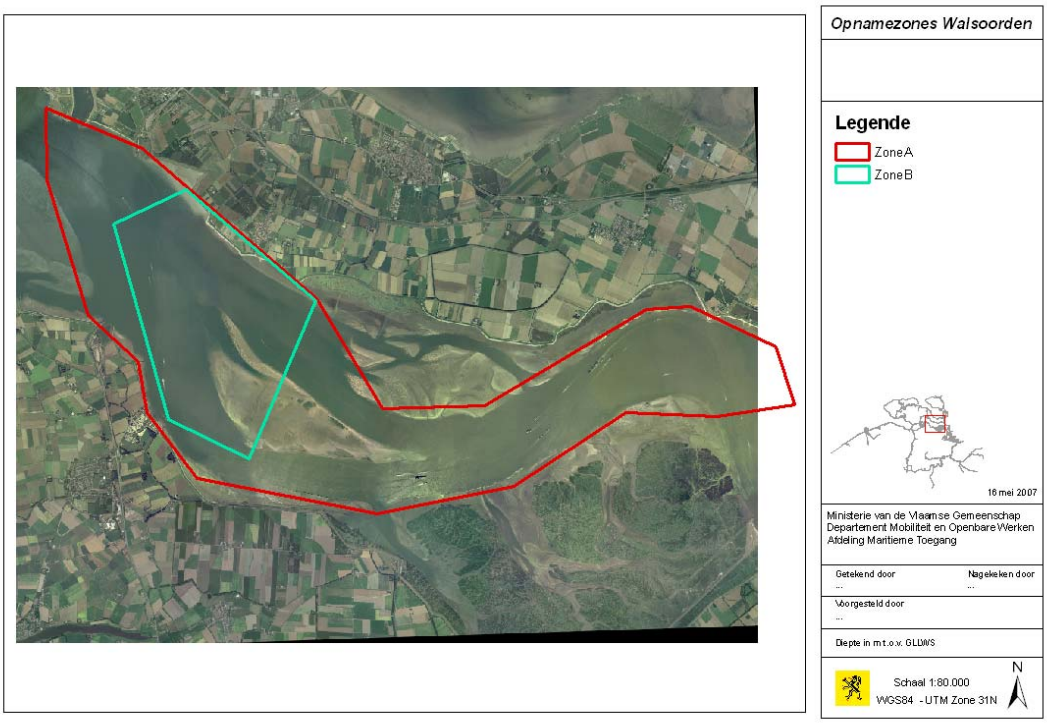
Als voorbeeld van een projectmonitoring wordt hier de monitoring genomen van het huidige project Walsoorden. Naar onze mening staat dit model voor het opvolgen van dit type projecten. De informatie is afkomstig van Tom Ysebaert (NIOO-CEME).

12.1.1. Projectmonitoring Walsoorden

Het Walsoorden project is gestart in 2004 als test voor alternatieve stortlokaties en strottechnieken.

Het studiegebied is opgedeeld in een "kernzone", zone B en een groter gebied, zone A. In eerste instantie zijn hier veel gedetailleerdere bathymetrische opnames (multibeam) gemaakt:

- Zone B werd wekelijks tot maandelijks opgemeten vanaf november 2004.
- Zone A werd 3-maandelijks opgemeten vanaf november 2004 en maandelijks van juni 2006 tot maart 2007.



Voor de platen zijn een aantal laseraltimetrische opnamen gemaakt (2005, 2006, 2007, resolutie 1m x 1m).

Tevens zijn er een aantal stroommetingen uitgevoerd:

- Stroommetingen (13h) op een raai tussen Walsoorden en de plaat van Walsoorden
  * mei-juni 2005
- Stroommetingen (13h) op raai tussen Walsoorden en Hansweert
  * maart 2006
  * september 2006

De stroomsnelheid werd elk half uur opgemeten op een dwarssectie van de Schelde. De dataset bevat naast de vectoriele stroomsnelheid ook de concentratie aan zwevende stoffen over de volledige diepte van de waterkolom.

Set van 110 boxcore stalen (november 2006) met analyseresultaten naar korrelgroottesamenstelling

Voor de ecologische monitoring worden volgende zaken opgevolgd:

- Subtidaal:
  - bodemdieren: bemonsterd in de stortzone en in een aantal controlezones (oorspronkelijk volgens een BACI design, maar wijkt er nu wel wat van af) => in totaal 60 stalen (sinds 2007 80 stalen) in voor- en najaar, sinds 2004
  - op al deze lokaties wordt ook de korrelgrootteverdeling gemeten

- Intertidaal:
  - op 40 lokaties worden bodemdieren, korrelgrootte, chl a, en spectrale reflectantiemetingen (RAMSES) gemeten, sinds 2004 in voor- en najaar
  - CASI vluchten (hyperspectrale opnamen in 2004, 2005, 2006 en 2007) van de plaat van Walsoorden => hieruit wordt oa. NDVI-index afgeleid => synoptische kaart van de plaat.
  - tevens worden op een paar stations hydrodynamische metingen uitgevoerd (stroomsnelheid, golfhoogte) => deze metingen zijn slechts enkele getijen uitgevoerd.
  - op een paar stations sedimentatie-erosiemetingen

Het betreft hier dus in principe vooral een uitbreiding van de metingen uit de basis systeem monitoring. De temporele en ruimtelijke resolutie zijn evenwel veel hoger. Projectsgewijze moeten die uitgewerkt worden. Gezien sedimenttransport cruciaal is bij dit soort projecten willen we benadrukken dat dit zo nauwkeurig mogelijk moet opgevolgd worden.

Type II: projectmonitoring aanleg nieuwe gebieden.

Monitoring van nieuwe gebieden (GOG-GGG, GOG-wetland, Ontpoldering, wetland) zit vervat in de systeemmonitoring. Om het welslagen van nieuw aangelegde gebieden te bemonsteren, en om de effecten van ingrepen op het

Schelde-ecosysteem in kaart te brengen, zal deze systeemmonitoring niet steeds volstaat. Er moet met meer detail gekeken kunnen worden naar lokale effecten. De effecten van ingrepen moeten ook snel gedetecteerd worden om de evolutie van nieuwe gebieden gedetailleerd te kunnen opvolgen. Een tijdelijke verhoging van de monitoringsinspanningen om antwoord te formuleren op specifieke vragen zal dus nodig zijn. Op de nieuwe gebieden rusten immers zeer specifieke doelstellingen (voor veiligheid en natuurlijkheid).

De extra monitoring kort voor, tijdens en na de aanleg van het nieuwe gebied zal vervat zitten in een projectmonitoring. De vereiste monitoring zal op maat van het project moeten uitgewerkt worden. In wat volgt worden de grote lijnen uitgezet waaraan zo'n projectmonitoring moet tegemoet komen. Er werd voor de nieuwe gebieden een opdeling gemaakt voor:

- GOG-GGG
- GOG-wetland
- ontpoldering

12.2. Type II: GOG-GGG

Het Lippenbroek wordt momenteel, als eerste en voorlopig enige GOG-GGG, zeer gedetailleerd opgevolgd, maar dat is te beschouwen als onderzoeksmonitoring. Een dergelijke inspanning op grotere schaal is onmogelijk. De resultaten van het Lippenbroek onderzoek zullen de planning van nieuwe gebieden ondersteunen en zullen helpen bij de interpretatie van monitoringsgegevens van die nieuwe gebieden.Toch vereisen de nieuw aangelegde gebieden een gedetailleerdere opvolging gedurende een zeker periode dan wat in het geïntegreerde systeemmonitoringsplan voorzien is.

12.2.1. Hydrodynamiek

Waterstanden zijn dé bepalende factoren bij ecosysteemontwikkeling in intergetijdengebieden, en dus ook in slikken en schorren. Slik- en schorontwikkeling in een GGG staat of valt met het instellen van het geschikte getij, waarbij het behoud van de springtij-doodtij variatie essentieel is. Voor het behalen van de ecologsiche doelstellingen in het GGG is het nauwkeurig opvolgen van het getij essentieel. Niet enkel voor het ecologisch functioneren is getij essentieel, ook naar veiligheid toe heeft het GGG-getij een belangrijke impact. Enerzijds kan er door GGG-werking reeds partiële vulling van het GOG ontstaan, anders bepaalt het GGG-getij mede de sedimentatiesnelheid en dus beïnvloeding van de komberging.

Opvolging van het getij in GGG's is voorzien in de systeemmonitoring van het estuarium. Het betreft hier slechts één tijmeter per (deel)gebied. Tijdens de projectmonitoring zal een grotere dichtheid aan meetposten nodig zijn. Bij het inwerking stellen van het GGG zal een initiële testfase nodig zijn, om de exacte sluisconfiguratie (hoogte schotbalken) te bepalen. Op deze testfase volgt een

monitoring van het getij op verschillende lokaties in het gebied, om na te gaan of de doelstellingen naar waterstanden overal worden gehaald, en om eventueel te kunnen ingrijpen (sluisconfiguratie bijstellen, kreekvorming sturen) bij problemen.

Het aantal meetposten zal per project bepaald moeten worden. Deze meetposten kunnen eenvoudige drukmeetsondes zijn, die om de 10 minuten de waterstand registreren, en minimaal om de 6 maanden worden uitgelezen. Gedurende 3 jaar worden de nieuw aangelegde gebieden opgevolgd. Voldoet het tijregime aan de gestelde doelen, dan vervallen de extra inspanningen en wordt de opvolging van het getij beperkt tot 1 tijpost per (deel)gebied. Deze tijpost is bij voorkeur uitgerust met teletransmissie indien het een GOG-GGG betreft, in het kader van veiligheid.

Bij de inrichting van het GGG kan gekozen worden voor een adaptief beheer, waarbij initieel een grotere tijslag wordt toegelaten, welke later (na 1 – 3 jaar) verder wordt gereduceerd. De grotere tijslag zal bepaalde morfologische ontwikkelingen in de polder (o.a. schoropbouw, kreekvorming) versnellen. Na deze initiële fase wordt het beperktere GGG getij ingesteld, dit om sedimentatie te minimaliseren. Wanneer gekozen wordt voor een gefaseerde instelling van het definitieve getij, is een langere opvolging van tijstanden via projectmonitoring aan de orde.

Voor de analyseren van het getij in een GGG, zijn tijdata van het estuarium zelf onmisbaar. Waarschijnlijk zullen de data van bestaande tijposten ruimschoots volstaan. Indien geen tijpost aanwezig is in de nabije omgeving van het projectgebied, kan het nodig zijn een tijdelijk meetpunt op te stellen in het estuarium, nabij de project site. Een eenvoudig drukmeetsonde kan hiervoor volstaan.

Indien in de omgeving van het GGG laaggelegen polders liggen, kan een monitoring van de grondwaterstand rondom het gebied aangewezen zijn. Er wordt weinig invloed op de grondwatertafel in deze polders verwacht. Meten geeft echter zekerheid, dit zal nuttig zijn bij mogelijke discussies met omwonenden over vernatting. Deze monitoring van het grondwater dient te starten ruim voor het inwerkingtreden van het gebied, om een goede referentiesituatie te kennen.

12.2.2. Morfodynamiek

Sedimentatie en erosie zijn nauw verbonden met het succes van een GGG. Enerzijds is sedimentatie niet wenselijk, omwille van verlies aan komberging. Anderszijds is sedimentatie vereist voor de ontwikkeling van een typische schorbodem. Bestaande polderbodems, meestal kompakte klei, zijn immers geen geschikt substraat voor een rijke benthosgemeenschap. Een minimum aan verse estuariene sedimenten is dus noodzakelijk.

Er moet dus een evenwicht gevonden worden tussen behoud van komberging en opbouw van een schorbodem. Dit evenwicht zal afhankelijk zijn van de

getijkarakteristieken. Daarom wordt voorgesteld om bij de projectmonitoring van het getij, ook de sedimenatie op te volgen met een hogere frequentie en dichtheid dan voorgesteld in de systeemmonitoring. Niet enkel sedimentatie is hierbij belangrijk, ook erosie en geulvorming beïnvloeden de komberging en de overstromingsfrequentie in het GGG.

Uiteraard is eenzelfde inspanning naar sedimentatiemetingen als in het GOG-GGG Lippenbroek niet aan de orde. Het betreft daar onderzoeksmonitoring. In de geplande GGG's zal een veel eenvoudigere opzet volstaat, te bepalen per project. Wel moeten die gebieden onmiddellijk worden opgenomen in de LIDAR metingen van de systeemmonitoring.

Wanneer gekozen wordt voor een adaptief sluisbeheer, om gedurende een korte periode (bv 1 of 2 jaar, of een aantal winters na elkaar) meer water binnen te laten om morfologsiche ontwikkelingen te versnellen, dan zal een uitgebreidere monitorinsopzet vereist zijn. Het is immers de morfologische evolutie van het gebied die het sluisbeheer zal sturen tijdens deze initiële faze. Daarom kan een netwerk van meetpunten met SET (Surface Elevation Table) vereist zijn. Een SET opstelling per 10 tot 20 ha is wenselijk. Halfjaarlijkse opname van de sedimentatie tijdens de periode van adaptief sluisbeheer is aan de orde. Na instelling van het definitieve getij volgt een jaarlijkse monitoring gedurende 3 jaar. Indien de evolutie voldoet aan de verwachting, wordt de morfodynamiek van het gebied opgenomen in de systeemmonitoring.

Als alternatief voor de SET methode, kan ook een monitoring op raaien worden voorgesteld.

Bij aanleg van het GOG-GGG is het graven van een toegangsgeul/kreek naar het sluizencomplex noodzakelijk. Aan scheldezijde gaat deze geul mogelijks door bestaand schor. Veranderingen in de lokale morfologie en stroompartonen, en uitgaande debiet uit het GOG-GGG bij eb, kunnen omringende bestaande schorren negatief beïnvloeden. Daarom is het aangewezen om in bepaalde situaties ook de morfologie van de schorren, gelegen in de onmiddellijke omgeving van het proejctgebied, op te volgen met een hogere ruimtelijke temporele dichtheid. Dit gaat van frequentie visuele inspectie tot het gedetailleerd opmeten van raaien. Tijdig detecteren van ongewenste evoluties maakt snel ingrijpen mogelijk, om verlies van habitat te voorkomen.

12.2.3. Diversiteit habitats

Binnen de systeemmonitoring worden ecotopenkaarten zesjaarlijks opgesteld. Tijdens de projectmonitoring wordt deze frequentie verhoogd tot driejaarlijks. Vegetatie wordt tijdens de eerste 3 jaar, via projectmonitoring, jaarlijks opgevolgd, vervolgens om de drie jaar om nadien opgenomen te worden in de systeemonitoring. Vegetatieontwikkeling is immers een goede indicator voor de evolutie van het gebied richting functioneel slik- en schorregebied. Sterk

afwijkende vegetatieve ontwikkelingen kunnen mogelijke problemen aan het licht brengen.

12.2.4. Algemene fysico-chemie van water en bodem

Algemene fysico-chemie van water en bodem worden in het Lippenbroek zeer gedetailleerd in kaart gebracht. Dit is niet aan de orde in de nieuw geplande GGG's. Tijdens de eerste drie jaar na inwerkingtreding wordt wel een opvolging van enkele basisparameters voorgesteld. Deze kunnen via een datasonde opgevolgd worden in de kreek/gracht nabij het sluizencomplex. Volgende parameters worden voorgesteld:

temperatuur: meting vereist voor pH, specifieke geleidbaarheid en zuurstofmetingen (% saturatie). Temperatuur is bepalend voor tal van biochemeische en biologische processen.
pH: essentiele parameter voor diverse biologische en biochemische processen
zuurstofgehalte: goede indicator voor waterkwaliteit en primaire productie. Monitoring van zuurstof kan mogelijke problemen aan het licht brengen. Vroegtijdige detectie van mogelijke anoxie maakt tijdig ingrijpen mogelijk om verdere problemen trachten te beperken.
geleidbaarheid: als maat voor zoutgehalte. Bepalend voor ecologie.
turbiditeit: als maat voor lichtklimaat en ondersteunend bij morfodynamiek

Het is niet noodzakelijk een continue opvolging van deze parameters te voorzien. Tijdens de eerste drie jaar van de projectmonitoring worden verschillende meetsessies van 1 springtij – doodtijcyclus voorgesteld, verspreid over verschillende seizoenen. Het aantal meetsessies kan variëren van project tot project, en is ook functie van de evolutie van het gebied. Bij afwijkende evolutie en bijhorende bijsturing van het project, zal meer en langere opvolging genoodzaakt zijn, eventueel ook van andere waterkwaliteitsparameters.

De meeste GGG's moeten, in het kader van Sigma en IHD een aantal doelstellingen vervullen inzake nutriëntcyclering. De mate waarin GGG's deze doelstellingen bereiken kan achterhaald worden via enkele welgekozen getijdemetingen. Tijdens een volledige tijcyclus wordt elk half uur tijdens inwatering een waterstaal genomen, elk tuur tijdens de stagnante faze en de uitwatering. Deze stalen dienen genalyseerd te worden op nutriënten (N, P en Si). Voorgesteld wordt om dit type tijmeting 2 maal per jaar uit te voeren tijdens jaar 1, jaar 3 en jaar 6 na aanleg. Indien de het gebied de te verwachten evolutie volgt, stopt na jaar 6 deze monitoring.

De meeste polders langsheen de Schelde kennen een vervuiling van de bodem met zware metalen en andere polluenten. Bij aanleg van elk GGG zal een indicatief bodemonderzoek uitgevoerd worden, op volgende parameters:

- droge stof
- organisch materiaal
- klei

- minerale olie
- 16 PAK's (styreen, naftaleen, fenantreen, antraceen, fluoranteen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, benzo(g,h,i)peryleen, ind(1,2,3,c,d)pyreen, acenafteen, fluoreen, acenaftyleen, diabenz(a,h)antraceen, pyreen)
- 8 metalen (Pb, ZN, Cd, Cu, Ni, As, Hg, Cr)
- PCB's
- OCB's (organochloorpesticiden)

Deze lijst kan afhankelijk van specifieke lokale omstandigeheden verder aangevuld worden met verdachte parameters. Indien ernstige contaminatie wordt vastgesteld, zal bijkomend onderzoek nodig zijn om aard en omvang van de vervuiling nauwkeurig in kaart te brengen.

Indien geen vervuiling werd vastgesteld, kan het gebied opgenomen worden in de systeemmonitoring. Bij vervuilde sites, waar een potentieel risico bestaat voor het biobeschikbaar worden van belangrijke hoeveelheden polluenten, is extra waakzaamheid geboden en wordt een frequentere bodemstaalname en analyse voorgesteld in het kader van projectmonitoring. Jaarlijkse staalname van alle relevante parameters is vereist.

12.2.5. Ecologisch functioneren

Te Lippenbroek wordt het ecologisch functioneren in detail opgevolgd. Deze resultaten moeten de monitoring in de nieuwe gebieden ondersteunen. Verderzetting van de ecologische evolutie in Lippenbroek is dus een noodzaak. Aangezien Lippenbroek gelegen is in het zoete gedeelte van het estuarium, is een onderzoeksmonitoring in een brakke aangewezen. Deze onderzoeksmonitoring moet zich toeleggen op de ecologische ontwikkeling van een brakwater GGG.

Voor "algemene kwaliteit van water en bodem" worden reeds enkele parameters voorgesteld voor projectmonitoring, onder andere te meten via een datasonde. Deze metingen kunnen volstaan als projectmonitoring voor het ecologisch functioneren. Enkel wanneer er aanwijzingen zijn dat het ecologisch functioneren verstoord is, of zich niet voldoende ontwikkeld om te voldoen aan de doelstelling, kan extra projectmonitoring aangewezen zijn. De inhoud van deze projectmonitoring zal dan sterk afhangen van de specifiek situatie.

12.2.6. Diversiteit soorten

Extra monitoring bij nieuwe gebieden wordt normaal niet voorzien, tenzij voor vis. De nieuwe gebieden kunnen meestal meteen opgenomen worden in de systeemmonitoring.

Voor broedvogels worden standaard geen bijkomende inspanningen voorgesteld. Het doel van de broedvogelmonitoring is na te gaan of

- de momenteel niet aanwezige aandachtssoorten als broedvogel verschijnen naar gelang geschikt habitat ontwikkeld.
- het huidige populatieniveau van aanwezige soorten wordt gehandhaafd en dat minstens één leefbare kernpopulatie zich ontwikkeld.
- de gebruikte populatiedichtheden gebruikt bij het opstellen van de IHD's worden gerealiseerd.

De systeemmonitoring voorziet reeds een inschatting voor de gehele Zeescheldevallei om de 6 jaar. Hogere frequentie is niet vereist: de populaties zullen mee evolueren met de vegetatie en het bereiken van de doelen hangt af van de vegetatiesuccessie. Deze laatste wordt nagegaan. Zesjaarlijkse monitoring zou bijgevolg voldoende moeten zijn.

Kreken en poelen in getijdegebieden kunnen van belang zijn voor jonge vissen. Bovendien kunnen GGG's als foerageergebied fungeren voor vele vissoorten. Vismigratie in en uit de nieuwe gebieden kan echter gehinderd worden door achterblijvende geulontwikkeling of obstructie aan de sluisconstructies. Het gebruik door vissen van deze wateren en de veranderingen hierin als gevolg van de inrichting moet worden gemonitord, met voor- en najaars bevissing van slikken en permanent waterhoudende kreken en poelen, dmv schietfuiken (slik), hokfuiken (kreken), elektrisch (zoete kreken en poelen), sleepnetten (brakke poelen). Indien in het gebied reeds waterpartijen aanwezig zijn, is een nulsituatiemeting nodig. Na inrichting vindt monitoring plaats 1 jaar en 3 jaar na inrichting. Nadien wordt het gebied opgenomen in de zesjaarlijkse cyclus van de systeemmonitoring.

12.3. Type II: ontpoldering

Voor ontpolderingen is weinig extra monitoring noodzakelijk, waar extra monitoring vereist is gelden vaak dezelfde voorwaarden als bij projectmonitoring voor GGG's.

12.3.1. Hydrodynamiek

Tijstanden en hoogteligging zijn bepalend voor de habitatontwikkeling, voor het gebruik door diersoorten. Het opvolgen van getij en morfologische ontwikkelingen is bijgevolg belangrijk. Het netwerk van tijposten kan volstaan voor de monitoring van ontpoldering, tenzij in de nabijheid van het gebied geen tijpost voorhanden zou zijn. In het gebied zelf zullen doorgaans geen extra tijmetingen vereist zijn, tenzij door topografie van het gebied, er zones zouden zijn met sterk verlengde overstromingsduur. Dan is in deze zones een tijmeting, gelijkaardig aan GGG's, aangewezen.

12.3.2. Morfodynamiek

Overstromingsregime, en dus hoogteligging, is bepalend voor de habitatontwikkeling. Het is daarom essentieel om de topografische evolutie op te volgen, om bij ongewenste evoluties tijdig te kunnen ingrijpen. De gebieden

worden onmiddellijk meegenomen in de LIDAR opnames. Voogesteld wordt om de topografie ook frequenter te bepalen op raaien (mbv GPS, laser, theodoliet…), raaien loodrecht op as van rivier, initieel 1 raai/250 m aslengte, nadien in te passen in de systeemmonitoring. Op deze raaien wordt op regelmatige afstand (bv 50 m) bodemsamenstelling bepaald (granulometrie, organisch C-gehalte, chlorofyl-a). Tijdens de eerste 3 jaar worden 2 opnames per jaar voorgesteld. De volgende 3 jaar volstaat jaarlijkse opname, waarna het gebied kan worden opgenomen in de systeemmonitoring.

Ook naburige schorren kunnen beïnvloed worden door de ingrepen in het projectgebied. Hier wordt, net zoals bij GGG's, een minimale monitoring voorgesteld.

12.3.3. Diversiteit habitats

Binnen de systeemmonitoring worden ecotopenkaarten zesjaarlijks opgesteld. Tijdens de projectmonitoring wordt deze frequentie verhoogd tot driejaarlijks. Vegetatie wordt tijdens de eerste 3 jaar, via projectmonitoring, jaarlijks opgevolgd, vervolgens om de drie jaar om nadien opgenomen te worden in de systeemonitoring. Vegetatieontwikkeling is immers een goede indicator voor de evolutie van het gebied richting functioneel slik- en schorregebied. Sterk afwijkende vegetatieve ontwikkelingen kunnen mogelijke problemen aan het licht brengen.

12.3.4. Algemene fysico-chemie van water en bodem

Er worden geen extra metingen van de waterkwaliteit voorgesteld. Wel is extra aandacht vereist voor bodemverontreiniging, gelijkaardig aan GGG's (zie 12.3.4).

12.3.5. Ecologisch functioneren

Geen extra monitoring vereist, tenzij er indicaties zijn dat het gebied niet de gewenste evolutie volgt. Systeemmonitoring volstaat in de nieuwe gebieden. Extra opvolging van benthos is wel wenselijk om de evolutie van ontpolderde gebieden op te volgen. Dit is echter niet haalbaar voor alle gebieden. Daarom wordt voorgesteld om 3 ontpolderde gebieden (zout, brak en zoet), in detail op te volgen via onderzoeksmonitoring. Bij voorkeur worden hiervoor ontpolderingen gekozen waar reeds een ruime dataset voor werd vergaard.

12.3.6. Diversiteit soorten

Hier is geen extra monitoring vereist, wel onmiddellijke opname in de systeemmonitoring

12.4. Type II: GOG wetland

In het kader van Sigma en IHD worden in het Zeescheldebekken verschillende gebieden omgevormd tot wetland. Op deze gebieden rusten verschillende doelstellingen. Extra projectmonitoring zal vereist zijn om het bereiken van de doelstelling op te volgen en indien nodig de evolutie van het gebied bij te sturen. Binnen de wetland projectgebieden zijn twee types te onderscheiden: deze gelegen in een GOG, en wetlands die volledig binnendijks liggen. Beide types vereisen een gelijkaardige monitoring. Enkel bij de GOG-wetalnds zal extra aandacht vereist zijn voor de invloed van GOG-werking op het bereiken van de ecologische doelstelling.

12.4.1. Hydrodynamiek

De ontwikkeling van de gewenste wetlandhabitats hangt in grote mate af van de grondwaterdynamiek na inrichting. Voor elk habitattype kan de optimale hydrodynamiek afgeleid worden. Doel van de monitoring is na te gaan of de vereiste grondwaterstanden worden gerealiseerd.
Methode:

- Een breedmazig grond- en oppervlaktewatermeetnet wordt per projectgebied opgesteld (1 peilbuis/10-15ha, min. 1 peilschaal/100-150 ha). Het peilbuizen en –schalennetwerk kan meestal uitgaan van een bestaande netwerk (zoals bijvoorbeeld opgesteld in het kader van 'Deelopdracht 17: Grond- en oppervlaktewateronderzoek' van de 'Studie t.b.v. aanleg van overstromingsgebiedeStudie overstromingsgebieden en natuurgebieden i.h.k.v. het Sigmaplan').
- tweewekelijkse handmeting of continue meting (drukmeters, 1 meting/dag) van peilen.
- frequentie:
  peilen worden gemeten jaar 1 en 2 voorafgaand aan inrichting
  jaar 1 en 2 na inrichting
  jaar 5 en 6 na inrichting
  opname in systeemmonitoring
- mbv Menyanthes-software worden de tijdsreeksen van 2 jaar geëxtrapoleerd naar een standaard periode waarvoor de hydrodynamische kenmerken worden bepaald.

Indien in de naaste omgeving van het projectgebied laag gelegen polders zijn, worden extra peilbuizen voorzien buiten het projectgebied. Zo kan het potentiële effect van de inrichting op het omliggende gebied ingeschat worden.

Bij GOG-wetlands is een continue monitoring van het waterstand essentieel, om de effecten van een stormtij te bepalen. In het kader van veiligheid is binnen binnen systeemmonitoring reeds een tijpost met telemetrie voorzien in elk GOG. Het betreft slechts 1 tijpost per GOG (deel)gebied. Om de duur van de overstroming na stormtij, en de invloed op grondwaterstand ruimtelijk in kaart te brengen, dienen in GOG-wetlands een aantal piëzometers uitgerust te worden met drukmeters voor continue registratie van de waterstand (4 metingen/dag).

12.4.2. Morfodynamiek

Geen extra monitoring vereist.

12.4.3. Diversiteit Habitats

Binnen de systeemmonitoring worden ecotopenkaarten zesjaarlijks opgesteld. Tijdens de projectmonitoring wordt deze frequentie verhoogd tot driejaarlijks. Vegetatie wordt tijdens de eerste 3 jaar, via projectmonitoring, jaarlijks opgevolgd, vervolgens om de drie jaar om nadien opgenomen te worden in de systeemonitoring. Vegetatieontwikkeling is immers een goede indicator voor de evolutie van het gebied richting functioneel slik- en schorregebied. Sterk afwijkende vegetatieve ontwikkelingen kunnen mogelijke problemen aan het licht brengen.

12.4.4. Algemene Fysico-Chemie van water en bodem

De ontwikkeling van de gewenste wetlandhabitats hangt is eveneens afhankelijk van de grondwatersamenstelling welke door de inrichtingsmaatregelen kan wijzigen. De bedoeling van de monitoring is de wijzigingen in grondwaterkwaliteit te detecteren om aanwijzingen te hebben van redenen van eventuele gewenste of ongewenste wijzigingen in .

Methode

- Staalname en chemische analyse van grondwater (2x/jaar).
- Parameters: pH, EC20, HCO_3^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, Cl^-, NH_4^+, K^+, Na^+, $Ca2^+$, Mg^{2+}, Fe
- Frequentie: nulsituatie, jaar 1 na aanleg, jaar 3 na aanleg, jaar 6 na aanleg.

Speciale aandacht gaat ook naar bodemverontreiniging. Zelfde principes zijn toepasbaar als voor GOG-GGG.

12.4.5. Ecologisch functioneren

Geen extra monitoring vereist

12.4.6. Diversiteit soorten

Broedvogels

Voor broedvogels worden bijkomende inspanningen voorgesteld. Het doel van de broedvogelmonitoring is na te gaan of

- de momenteel niet aanwezige aandachtssoorten als broedvogel verschijnen naar gelang geschikt habitat ontwikkeld.
- het huidige populatieniveau van aanwezige soorten wordt gehandhaafd en dat minstens één leefbare kernpopulatie zich ontwikkeld.
- de gebruikte populatiedichtheden gebruikt bij het opstellen van de IHD's worden gerealiseerd.

De systeemmonitoring voorziet reeds een inschatting voor de gehele Zeescheldevallei om de 6 jaar. In de projectgebieden wordt specifiek nagegaan of de inrichting van de gebieden en de ontwikkeling van de habitats leidt tot de gewenste broedvogelaantallen / dichtheden. Een volledige broedvogelkartering (territoriumkartering, tellen nesten, jongen …) wordt voogesteld, driejaarlijks, tijdens de eerste zes jaar.

vis

De waterlopen en stilstaande wateren in de overstromingsgebieden en wetlands zijn van belang voor jonge vissen en eurytope vissen. Het gebruik door vissen van deze wateren en de veranderingen hierin als gevolg van de inrichting moet worden gemonitord.

Methode

- Voorjaars en najaars bevissing van permanent waterhoudende waterlopen langer dan 500 m en ecologisch waardevolle plassen groter dan 0.1 ha.
- Frequentie: 0, 1, 3, 6

zoogdieren

Voor een aantal zoogdiersoorten zijn expliciete IHD's opgesteld. Voor momenteel aanwezige soorten geldt dat minstens één leefbare kernpopulatie moet worden onderhouden en dat het huidige populatieniveau gehandhaafd blijft.

Vleermuizen

Er wordt in eerste instantie onderzocht welke soorten momenteel gebruik maken van de projectgebieden. Per projectgebied wordt het habtitatgebruik semikwantitatief in kaart gebracht aan de hand van punttransecttellingen met batdetectors, in jaar 0, 1, 3 en 6 na inrichting.

Overige zoogdieren (bever, otter)

De oppervlakte potentieel habitat, de aanwezigheid en aantalsschattingen worden jaarlijks bepaald voor de gehele Zeescheldevallei. Dus geen specifieke projectmonitoring.

Overige zoogdieren (dwergmuis, waterspitsmuis)

Deze zijn opgenomen in de IHD-Schelde. Monitoring lijkt op eerste zicht moeilijk en weinig relevant.

Amfibieën en reptielen

Rugstreeppad: potentieel habitat wordt in kaart gebracht (is waarschijnlijk nauwelijks aanwezig) en gericht onderzocht op aanwezigheid.
Kamsalamander: aanwezigheid in projectgebieden wordt onderzocht.

Hoofdstuk 13. Algemeen Besluit

Er zijn grote ingrepen gepland in het Schelde estuarium waardoor het gebied moet voldoen aan heel wat doelstellingen, opgelegd vanuit verschillende sectoren.

Het is dan ook logisch dat er een uitgebreid monitorig programma moet komen dat ons in staat stelt om te toetsen of de doelstellingen gehaald worden en om te voldoen aan nationale en internationale wetgevingen die van kracht zijn.

Deze nota geeft een eerste poging tot synthese van bestaande meetprogramma's voor verschillende onderdelen van het Schelde estuarium en haar valleigebied.

Het betreft een omvangrijk pakket metingen dat moet uitgevoerd worden. Om dit succesvol te laten verlopen moet een aantal randvoorwaarden vervuld zijn. In eerste instantie moet gewaakt worden op de kwaliteit en de onderlinge vergelijkbaarheid van de waarnemingen. Daarom verdient het aanbeveling om voor alle metingen een standaard operationele procedure vast te leggen die door alle partners, zowel in Vlaanderen als in Nederland wordt gebruikt. Op die manier kunnen we garanderen dat de data onderling vergelijkbaar zijn.

Technieken evolueren evenwel continu. Daarom is het ook nodig om na te gaan in hoeverre nieuwe technieken kunnen gebruikt worden. Die kunnen de kosten verlagen en/of efficiëntie van de metingen verhogen. Hierbij moet echter steeds gewaakt worden voor de continuïteit en vooral de vergelijkbaarheid van de data.

De volgende cruciale stap is een goed databeheer en ontsluiting van de data. Wanneer dit niet voldoende geregeld is dan zullen er belangrijke meerwaarden verloren gaan.

Monitoring op zich is belangrijk, maar een degelijke analyse en interpretatie van de data is de volgende cruciale stap. Hier zal het bijzonder belangrijk zijn om te zorgen voor een nauwe koppeling tussen de basis systeemmonitoring, project monitoring en onderzoeksmonitoring. Er zullen zeer veel onderzoeksgroepen aktief zijn in het gebied en een onderlinge afstemming garanderen en nauwe samenwerking bevorderen zal een uitdaging zijn. Daarom zal moeten nagedacht worden of het niet mogelijk is om een soort virtueel Schelde instituut op te richten waarin alle betrokken groepen samenwerken.

Hoofdstuk 14. Referenties

Adriaensen F., S. Van Damme, E. Van den Bergh, D. Van Hove, R. Bruys, T. Cox, S. Jacobs, P. Konings, J. Maes, T. Maris, W. Mertens, L. Nachtergale, E. Struyf, A. Van Braeckel & P. Meire, 2005. Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium. Rapport Universiteit Antwerpen, Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer (ECOBE). Studie uitgevoerd in samenwerking met Instituut voor Natuurbehoud, Vlaamse Gemeenschap (Afdeling Natuur), KU Leuven (Laboratorium Aquatische Ecologie)

Appeltans, W. , M. Tackx, S. Van Damme, A. Hannouti, K. Soetaert, F. Fiers, N. Daro & P. Meire, 2003. Zooplankton in the Schelde estuary (Belgium The Netherlands): The distribution of Eurytemora affinis: effect of oxygen? Journal of Plancton Research, 11: 1441-1445.

Arcadis-Technum, 2004, Strategische Milieueffecten rapportage Ontwikkelingsschets 2010. Schelde-estuarium, i.o.v. Rijkswaterstaat Directie Zeeland en AWZ Afdeling Maritieme Toegang.

Azémar, F., S. Van Damme, P. & M. Tackx, 2006. New occurrence of /Lecane decipiens/ (Murray, 1913) and some other alien rotifers in the Schelde estuary (Belgium). Belgian Journal of Zoology/ *137: 75 -83.

Azémar, F.2007. Zooplancton dans l'estuaire de l'Escaut (Belgique /Pays bas): systématique et écologie. Thèse Université Paul Sabatier

Bakker, C, 1972. Milieu en plankton van het Veerse meer, een tien jaar oud brakwatermeer in Zuidwest-Nederland. Med. Hydrobiol. Ver, 6: 15-38.

Brys, R., Ysebaert, T., Escaravage, V., Van Damme, S. Van Braeckel, A. Vandevoorde, B. & Van den Bergh, E. (2005) Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen in functie van de KRW: afleiden en beschrijven van typespecifieke referentieomstandigheden en/of MEP in elk Vlaams overgangswatertype vanuit de – overeenkomstig de KRW – ontwikkelde beoordelingssystemen voor biologische kwaliteitselementen. Eindrapport. VMM.AMO.KRW.REFCOND OW. Instituut voor natuurbehoud IN.O. 2005.

Caeiro, S., P. Goovaerts, M. Painho, M.H. Costa and S. Sousa, Spatial sampling design for sediment quality assessment in estuaries, Environmental Modelling and Software 18 (2003) (10), pp. 853–859

Cox, T. 2008. Oxygen and planktonic primary production in the freshwater tidal reaches of the Schelde estuary. PHD thesis. Promotor: Prof. dr. P. Meire. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.

Davies-Colley, R.J. and D.J. Smith, 2001. Turbidity, Suspended Sediment, and Water Clarity: A Review. Journal of the American Water Resources Association 37(5):1085-1101.

Donkers, Jeuken, van der Weck, Sas, Heinis, Lambeek & van Rompaey, 2007. Monitoringprogramma Toegankelijkheid. Rapport 110643/CE7/65/000564. Arcadis, Alkyon, HWE, IMDC, Resourve Analysis, WL Delft Hydraulics.

Dronkers, J. (2005), dynamics of coastal Systems, Advanced Series on Ocean Engineering, volume 25.

Dyer, K.R. (1995). Sediment transport processes in estuaries. Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Developments in Sedimentology, 53 (ed. G.M.E. Perillo), 423-449.

Ecolas, Haecon & HKV Lijn in water, 2005. Beoordelingskader Schelde-estuarium, rapport opgesteld in het kader van het gemeenschappelijk Vlaams-Nederlands onderzoeks- en monitoringprogramma van de lange termijn visie voor het Schelde-estuarium. In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse

Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Maritieme Toegang. Ecolas, Antwerpen, ref 03/077709/dl.

Fairbridge, R.W., 1980. The estuary; its definition and geochemical role. In: E. Olausson & I. Cato, Eds., Chemistry and biogeochemistry of estuaries. Wiley, New York, p. 1-35.

Fockedey, N & J. Mees, 1999. Feeding of the hyperbenthic mysid Neomysis integer in the maximum turbidity zone of the Elbe, Westerschelde and Gironde estuaries. Journal of marine Systems, 22: 207-228.

Gasparini, S., Castel, J. & Irigoien, X. 1999 Impact of suspended particulate matter on egg production of the estuarine copepod, Eurytemaora affinis. Journal of Marine Systems 22, 195-205.

Gippel, C.J., 1989. The Use of Turbidimeters in Suspended Sediment Research. Hydrobiologia 176 / 177:465-480.

Jacobs, Sander; Struyf, Eric; Maris, Tom and Meire, Patrick, submitted. Spatiotemporal aspects of silica buffering in restored tidal marshes . Submitted to ECSS.

Leloup, Sas, Van den Bergh, Van Damme en Meire 2007
Inventarisatie lopende monitoring projecten met betrekking tot veiligheid en natuurlijkheid in de Zeeschelde, haar tijgebonden zijrivieren en binnendijkse gebieden beïnvloed door het Sigmaplan
Rapport ECOBE 07-R99

Maeckelberghe H., 2003. Watersysteemkennis en de Europese kaderrichtlijn water. Water, 2003

Maes, J., M. Tackx & K. Soetaert, 2005. The predation impact of juvenile herring and sprat on estuarine copepods. Hydrobiogia, 540: 225 -235.

Maris, T., Cox, T., Van Damme, S. & Meire, P. (Red.), 2007. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2006-2007. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.

McLusky, D.S. 1993. Marine and estuarine gradients – an overview. Netherlands Journal of Aquatic Ecology 27: 489-493.

Mees, J., Cattrijsse, A., and Hamerlynck, O. (1993) Distribution and abundance of shallow-water hyperbenthic mysids (Crustacea, Mysidacea), and euphausiids (Crustacea, Euphausiacea), in the Voordelta and the Westerschelde, southwest Netherlands. Cah. Biol. Mar. 34,: 165-186.

Meire, P. & Maris, T. (2008) MONEOS, Voorstel tot geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium. Rapport ECOBE 08-R-109. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.

Meire, P. 2007. Voorstel tot geïntegreerde monitoring voor het Schelde-estuarium. Eerste concept nota. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.

Muylaert, K., M. Tackx & W. Vijverman, 2005. Phytoplankton blooms in the turbid, freshwater tidal reaches of the Schelde estuary (Belgium). Hydrobiologia, 540: 127-140.

Pritchard, D.W. 1967. What is an estuary; a physical viewpoint. In: G.H. Lauff, Ed., Estuaries, Am. Ass. Adv. Sci., publ. 83, p 3-5.

Sautour, B., and Castel, J. 1995 Comparative spring distribution of zooplankton in three macrotidal European estuaries. Hydrobiologia: 311, 139-151.

Schwartz, J. S., M. Dahle, and R. B. Robinson, 2008. Concentration- Duration-Frequency Curves for Stream Turbidity: Possibilities for Assessing Biological Impairment. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 44(3):1-8. DOI: 10.1111/j.1752-1688.2008.00186.

Soetaert, K., J.J. Middelburg, P. Meire, S. Van Damme & T. Maris. 2006. Long-term change in dissolved inorganic nutrients in the heterotrophic Scheldt estuary (Belgium, the Netherlands). Limnology and Oceanography 51: 409-423.

Soetaert, K., and Van Rijswijk, P. 1993. Spatial and temporal patterns of the zooplankton in the Westerschelde. Mar. Ecol. Prog. Ser 97,: 47-59.

Souissi, S; M. Tackx & Forget- Leroy, J. 2008. Projet ZOOSEINE. Rôle du zooplancton dans le fonctionnement de l'écosystème estuarien dans la zone de gradient de salinité : sentinelle du bon état écologique et des changements climatiques. Projetc goedgekeurd door de SIG 'Seine Aval' april 2008.

Sossou, C. 2007. Etude comparative de la distribution spatio – temporelle du zooplancton dans les estuaires de la Gironde et de l'Escaut. M2 'Ecosystème et Anthropisation' UPS–ENSAT.

Struyf, E., S. Temmerman & P. Meire. 2007 Dynamics of biogenic Si in freshwater tidal marshes: Si regeneration and retention in marsh sediments (Scheldt estuary). Biogeochemistry, 82:41-53.

Struyf E., Dausse A., Van Damme S., Bal Kris, Gribsholt B., Boschker H.T.S., Middelburg J.J. & Meire P. 2006. Tidal marshes and biogenic silica recycling at the land-sea interface. Limnology and oceanography 51: 838-846.

Struyf, E. 2005. The role of freshwater marshes in estuarine silica cycling (Scheldt Estuary) PHD thesis. Promotor: Prof. Dr. P. Meire. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.

Tackx, M. L. M. , P. J. M. Herman, S. Gasparini, X. Irigoien, R. Billiones & M. H. Daro, 2003. Selective feeding of Eurytemora affinis (Copepoda, calanoida) in temperate estuaries: model and field observations. Estuarine and Coastal Shelf Science, 56: 305 –311.

Tackx, M. , N. De Pauw, R. Van Mieghem, F. Azémar, A. Hannouti, S. Van Damme, F. Fiers, N. Daro & P. Meire, 2004. Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and the Netherlands. Spatial and temporal patterns. Journal of Plankton Res, 26 : 133-141.

Tackx, M., F. Azémar, S. Boulêtreau, N. De Pauw, K. Bakker, B. Sautour, S. Gasparini, K. Soetaert, S.Van Damme & P. Meire, 2005. Zooplankton in the Schelde estyuary, Belgium and The Netherlands. Long term trends in spring populations. Hydrobiologia, 540: 275-278.

Van Eck, B. 2007. Voorstel MONEOS monitoring. Nota aan de werkgroep integratie MONEOS, 15 mei 2007.

Van Eck & Holzhauer (Eds), 2007. Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'; Move eindrapport 2006. Rapport RIKZ/2007.003

Van Hoey, G., Drent, J., Ysebaert, T., Herman, P., 2007. The Benthic Ecosystem Quality index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch Coastal and Transitional Waters for the Water Framework Directive. NIOO rapport 2007-02

Verbessem Ingrid, Tom Ysebaert, Erika Van den Bergh, Nico De Regge,
Jan Soors & Eckhart Kuijken, 2002. 10 jaar monitoring op het Groot Buitenschoor.
Rapport IN 02/10

Verlaan, P.A.J. (1998). Mixing of marine and fluvial particles in the Scheldt estuary. PhD thesis Technische Universiteit Delft.

Wetsteijn, B., F. Twisk, P. Meininger, E. van Zanten & E. van Maldegem, D. (2007),'Monitoring van de effecten van de verruiming 48'/43'. Move-rapport 9, deel II: Biologische en chemische hypothesen 2006'(RIKZ/ZDA/2007.809w), RIKZ, Middelburg.

Wijsman, de Sonnecille & Craeymeersch, 2007. Overzicht van de lpende monitoringsprojecten met betrekking tot veiligheid en natuurlijkheid in het Nederlandse gedeelte van de Schelde (Westerschelde en haar voordelta). Rapport C051/07. IMARES, Wageningen.

Hoofdstuk 15. Lijst met afkortingen

beperkte lijst met enkele veel voorkomende afkortingen

BOD: Biological Oxygen Demand
BSi: Biogeen Silicium
CDOM: colored dissolved organic matter
COD: Chemical Oxygen Demand
DSi: Dissolved Silica
FRRF: Fast Repetition Rate Fluorometer
GGG: gecontroleerd gereduceerd getij
GOG: gecontroleerd overstromingsgebied
HR: Europese Habitat Richtlijn
IHD: Instandhoudingsdoelstellingen
KRW: Kader Richtlijn Water
LTV 2030: Langetermijnvisie 2030
OMES: Onderzoek MilieuEffecten Sigmaplan
OS 2010: Ontwikkelingsschets 2010
PAM: Pulse-Amplitude-Modulation
PAR: photosynthetically active radiation
PP: Primaire productie
VLIZ: Vlaams Instituut voor de Zee
VR: Europese Vogel Richtlijn

Hoofdstuk 16. Bijlagen

Bijlage 1

Bijlage 1 bestaat uit de 9 tabbladen die gekoppeld zijn aan de overzichtstabel uit hoofdstuk 4. De overzichtstabel is digitaal beschikbaar, met automatsiche link naar diverse subtabellen. Deze subtabellen staan op volgende pagina's weergegeven.

Tabel 1

naam van de meetpost	aanwezige meettoestellen : klassiek mechanisch op papier	per 10 min	per kwartier (buiten tijgebied)	naast waterstand ook debiet	beheerder meetposten	
Vlakte van de Raan		X			Landelijk Meetnet Water	
Westkapelle		X			Landelijk Meetnet Water	
Cadzand		X			Landelijk Meetnet Water	
Vlissingen		X			Landelijk Meetnet Water	
Breskens		X			Landelijk Meetnet Water	
Borsele		X			AMS	
Terneuzen		X			Landelijk Meetnet Water	
Overloop Hansweert		X			AMS	
Hansweert		X			Landelijk Meetnet Water	
Walsoorden		X			Landelijk Meetnet Water	
Baalhoek		X			Landelijk Meetnet Water	
Bath		X			Landelijk Meetnet Water	
Schaar van de Noord		X			AMS	
Prosperpolder	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Zandvlietsluis	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Liefkenshoek	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Boudewijnsluis		X			Waterbouwkundig Labo	
Kallosluis	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Oosterweel	X				Waterbouwkundig Labo	wordt on-line
Antwerpen-Loodsgebouw	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Hemiksem	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Schelle	X	X			Waterbouwkundig Labo	wordt vervangen door
Temse	X	X			Waterbouwkundig Labo	Schelle-Wintam
Driegoten	X				Waterbouwkundig Labo	wordt on-line
Sint-Amands	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Baasrode					Waterbouwkundig Labo	voorzien
Dendermonde	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Schoonaarde	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Uitbergen	X				Waterbouwkundig Labo	wordt on-line
Wetteren	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Melle	X	X		X	Waterbouwkundig Labo	
Gentbrugge	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Merelbeke (afw. stuw)	X		X		Waterbouwkundig Labo	
Merelbeke (opw. stuw)			X		Waterbouwkundig Labo	
Zwijnaarde (afw. stuw)	X		X		Waterbouwkundig Labo	
Zwijnaarde (opw. stuw)			X		Waterbouwkundig Labo	
Boom	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Walem	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Duffel-sluis	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Lier-Molbrug	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Emblem	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Grobbendonk	X			X	Waterbouwkundig Labo	wordt on-line
Grobbendonk			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Lier-Maasfort	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Berlaar-Kessel	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Itegem	X			X	Waterbouwkundig Labo	wordt on-line
Hulshout			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Geel-Zammel			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Mechelen-Benedensluis	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Mechelen-stuw-afwaarts		X			Waterbouwkundig Labo	
Mechelen-stuw-opwaarts		X			Waterbouwkundig Labo	
Rijmenam	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Haacht	X			X	Waterbouwkundig Labo	wordt on-line
Aarschot			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Zichem			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Diest			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Hombeek	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Zemst	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Eppegem			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Vilvoorde			X	X	Waterbouwkundig Labo	
Tielrode	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Hamme-brug	X				Waterbouwkundig Labo	wordt on-line
Waasmunster-brug	X				Waterbouwkundig Labo	
Waasmunster-Manta	X	X			Waterbouwkundig Labo	
Zele	X				Waterbouwkundig Labo	
Dendermonde afw. stuw			X		Waterbouwkundig Labo	
Dendermonde opw. stuw			X		Waterbouwkundig Labo	
Appels			X	X	Waterbouwkundig Labo	

Tabel 2

Oppervlaktewaterstanden GOG's GGG's en wetlands

rivier	lokatie	naam gebied	type	Aantal meetpunten	beheer	opmerking
Functionele GOG's						
Boven-Zeeschelde	Tielrode	Tielrodebroek	GOG		WL	voorzien
Boven-Zeeschelde	Moerzeke	Grote Wal	GOG		WL	voorzien
Boven-Zeeschelde	Vlassenbroek	Uiterdijk	GOG		WL	voorzien
Boven-Zeeschelde	Berlare	Scheldbroek	GOG		WL	voorzien
Boven-Zeeschelde	Berlare / Wichelen	Paardeweide	GOG		WL	voorzien
Boven-Zeeschelde	Wichelen	Bergenmeersen	GOG	minstens 1	WL	voorzien
Durme	Waasmunster	Potpolder I	GOG		WL	voorzien
Durme	Waasmunster	Potpolder IV	GOG		WL	voorzien
Rupel	Heindonk	Bovenzanden	GOG		WL	voorzien
Beneden-Nete	Lier	Anderstadt I	GOG		WL	voorzien
Beneden-Nete	Lier	Anderstadt II	GOG		WL	voorzien
Beneden-Nete	Lier	Polder van Lier	GOG		WL	voorzien
Functionele GOG-GGG's						
Boven-Zeeschelde	Hamme	Lippenbroek	GOG-GGG	10	OMES	sinds 2006, onderzoeksmonitoring
gebieden in aanleg						
Beneden-Zeeschelde	Kruibeke - Bazel -	KBR	GOG-GGG/ GOG wetland/ ontpoldering	minstens 4 voor langetermijnmonitoring (= 1 per poldercompartiment), minstens 10 tijdens de opstartfaze (projectmonitoring)		

rivier	lokatie	naam gebied	type	Aantal meetpunten	beheer	opmerking
gebieden in ontwerpfaze (GOG, GGG, wetland, ontpoldering)			*type ingreep*			
Westerschelde, Beneden Zeeschelde		Hedwige-Prosperpolder	ontpolderen			voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Wetteren, Laarne,	Kalkense Meersen	Wetland			voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Wichelen en Berlare	Wijmeers deel 1	GOG wetland			voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Wichelen en Berlare	Wijmeers deel 2	Ontpoldering			voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Wichelen	Bergenmeersen	GOG - GGG			voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Wichelen en Berlare	Paardeweide	Wetland			voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Berlare	Paardebroek	GOG wetland			voorzien door WL
Boven Zeeschelde						voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Dendermonde	Vlassenbroekse Polder	GOG - GGG	voor langetermijnmonitoring 1		voorzien door WL
Boven Zeeschelde	Dendermonde	Vlassenbroekse Polder	GOG wetland	meetpunt per deelgebied. Tijdens		voorzien door WL
				de opstartfaze (projectmonitoring)		voorzien door WL
Rupel-Dijle	Mechelen	Grote Vijver deel 1	GOG - GGG	zullen meer meetpunten vereist		voorzien door WL
Rupel-Dijle	Mechelen	Grote Vijver deel 2	GOG	zijn.		voorzien door WL
Rupel-Dijle	Willebroek, mechelen	Heindonk - Tien	GOG			voorzien door WL
Rupel-Dijle	Mechelen	Zennegat - Oude Dijlearm	GOG - GGG			voorzien door WL
						voorzien door WL
Durme	Lokeren, Waasmunster,	Bulbierbroek	Wetland			voorzien door WL
Durme	Zele, Temse en Hamme	Weijmeerbroek	Wetland			voorzien door WL
Durme		Klein Broek	Ontpolderen			voorzien door WL
Durme		Groot Broek	Ontpolderen			voorzien door WL
Durme		Zuidelijke Vijver Hof ten	Wetland			voorzien door WL
Durme		Hagemeersen	Wetland			voorzien door WL
Durme		De Bunt	Ontpolderen +			voorzien door WL
						voorzien door WL
Nete	Heist-op-den-Berg,					voorzien door WL
	Herenthout, Hulshout,					voorzien door WL
	Westerlo, Herselt,					voorzien door WL
	Laakdal en Geel					voorzien door WL

Tabel 3

Overzicht van te meten debietsraaien en continue debiets- en stroomsnelheidsmetingen

lokatie		uitvoerder	aanvullingen bestaande programma
mondingsgebied			
raai	14	Rijkswaterstaat Zeeland	
	13	Rijkswaterstaat Zeeland	
	12	Rijkswaterstaat Zeeland	
	11	Rijkswaterstaat Zeeland	
Westerschelde			
raai	10	Rijkswaterstaat Zeeland	nummering verwijst naar de bestaande raaien. Raaien in het geulsysteem nabij Terneuzen uitbreiden: oude raai 8 opnieuw opnemen , een raai in de Zuid-Everingen en een raai ten oosten van de Zuid-Everingen, en verder raai 9 opsplitsen (Donkers et al. 2007).
	9	Rijkswaterstaat Zeeland	
	8	Rijkswaterstaat Zeeland	
	7	Rijkswaterstaat Zeeland	
	6	Rijkswaterstaat Zeeland	
	5a	Rijkswaterstaat Zeeland	
	4	Rijkswaterstaat Zeeland	
	3	Rijkswaterstaat Zeeland	
	2	Rijkswaterstaat Zeeland	
	1	Rijkswaterstaat Zeeland	
Zeeschelde			
	grens	Waterbouwkundig Laboratorium	
	Deurganckdok/Lillo	Waterbouwkundig Laboratorium	In de Zeeschelde en Rupel stelt het MONEOS-T rapport voor het aantal raaien uit te breiden met 1 extra raai tussen de grens en Liefkenshoek (bv. stroomaf Deurganckdok), een raai ter hoogte van de Durme monding (=Lippenbroek) en één te Wetteren alsook één op de Rupel (Donkers et al. 2007).
	Liefkenshoek	Waterbouwkundig Laboratorium	
	Oosterweel	Waterbouwkundig Laboratorium	
	Kruibeke/Schelle	Waterbouwkundig Laboratorium	
	Lippenbroek	Waterbouwkundig Laboratorium	
	Wetteren	Waterbouwkundig Laboratorium	
Rupel			
	Boom	Waterbouwkundig Laboratorium	

Overzicht van continu/semi continu metingen estuarium

Westerschelde			
	MP1	Boei W7	RWS
	MP2	Honte 35140	RWS
	MP3	Boei 13	RWS
	MP4	Pas van Terneuzen	RWS
	MP5	Overloop Hansweert	RWS
	MP 6	Boei 85A	RWS
	MP7	Braakmanhaven	RWS
Zeeschelde			
	Boei 84		WL
	Oosterweel		WL
	Weert		WL
Nete			
	Walem (Beneden Nete)		WL
Dijle			
	Walem (Beneden Dijle)		WL

Aanvullend worden op de punten van de debietsraaien waar sedimenttransport metingen gebeuren gedurende 1 maand stroomsnelheden gemeten

In Donkers et al. (2007) wordt voorgesteld om de tijposten uit te rusten met snelheidssensoren, zodat de langjarige registratie van de snelheid en de eventuele veranderingen kunnen gevolgd worden. Daarnaast moeten op geselecteerde lokaties registrerende ADCP's worden ingezet, zoals reeds toegepast ter hoogte van de tijpost Oosterweel (zowel horizontaal als vertikaal). Te Oosterweel heeft WL hiermee goede ervaring. Dergelijke metingen kunnen een continu beeld opleveren van de verticale snelheidsstructuur, van de horizontale snelheidsverdeling en bijgevolg ook van het debiet over de ganse breedte van het estuarium. Dit type metingen kan in de Zeeschelde uitgebreid worden. Nader onderzoek moet uitwijzen of deze techniek ook toegepast kan worden op de Westerschelde.

Overzicht van diepteprofielen stroomsnelheden

Westerschelde		
	tabel 6	alle fysico-chemie meetpunten
Zeeschelde		
	tabel 6	alle fysico chemie meetpunten

Op alle punten van het netwerk voor fysico chemie (MONEOS stations, tabel 6), worden diepteprofielen gemaakt van stroomsnelheid en richting, gekoppeld aan turbiditeitsmetingen en staalnames voor zwevende stof.

In de Zeeschelde worden diepteprofielen reeds opgemeten bij alle OMES stations, deze worden overgenomen door metingen aan alle "MONEOS" stations fysico-chemie.

Meetnet stroomsnelheden boven intergetijdengebieden

meetnet uit te werken

Een belangrijk hiaat in de kennis van stromingspatronen zijn gegevens van boven de slikken en platen. Nochtans zijn juist die gegevens cruciaal om de link tussen hydrodynamiek, morfodynamiek en ecologisch functioneren te leggen, immers de intergetijdengebieden zijn de belangrijkste habitats met betrekking tot productie etc. Voor het afbakenen van ecotopen is een indeling naar dynamiek (hoogdynamisch versus laagdynamisch) noodzakelijk. De opzet van dit meetnet dat moet bestaan uit een aantal meetpunten die stratified random verdeeld zijn over de belangrijkse ecotopen, moet uitgewerkt worden op basis van de resultaten bekomen in het project Deltakennis.

Tabel 4

Golfmeting

lokatie	status	beheerder
Westerschelde		
Cadzand	bestaand	Landelijk meetnet Water
WCT	bestaand	Landelijk meetnet Water
Hoofdplaat	bestaand	Landelijk meetnet Water
Pas van Terneuzen	bestaand	Landelijk meetnet Water
Hansweert	bestaand	Landelijk meetnet Water
Bath	bestaand	Landelijk meetnet Water
Zeeschelde		
Lillo	Te installeren	Waterbouwkundig Laboratorium
Driegoten	Te installeren	Waterbouwkundig Laboratorium

Tabel 5

Debietsmetingen bovenafvoer

Op elke Boundary (zie schema) dienen de debieten bepaald te worden
Het huidige programma voldoet hieraan.

Waterloop	lokatie	beheerder
Kanaal Gent-Terneuzen	Terneuzen	Rijkswaterstaat Zeeland
Bathse spuisluis - dag	Bath	Rijkswaterstaat Zeeland
Antwerpse dokken	Antwerpen	Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
Kleine Nete (afw. Albertkanaal)	Grobbendonk	Waterbouwkundig Laboratorium
Kleine Nete (opw. Albertkanaal)	Grobbendonk	Waterbouwkundig Laboratorium
Grote Nete	Itegem	Waterbouwkundig Laboratorium
Grote Nete	Hulshout	Waterbouwkundig Laboratorium
Grote Nete	Geel-Zammel	Waterbouwkundig Laboratorium
Boven-Dijle	Haacht	Waterbouwkundig Laboratorium
Demer	Aarschot	Waterbouwkundig Laboratorium
Demer	Zichem	Waterbouwkundig Laboratorium
Demer	Diest	Waterbouwkundig Laboratorium
Zenne	Eppegem	Waterbouwkundig Laboratorium
Zenne	Vilvoorde	Waterbouwkundig Laboratorium
Dender	Appels	Waterbouwkundig Laboratorium

Debietsmetingen in Zeeschelde			opmerking
Beneden-Zeeschelde	Schelle	Waterbouwkundig Laboratorium	berekende debieten
Boven-Zeeschelde	Melle	Waterbouwkundig Laboratorium	gemeten debieten

Tabel 6

Stations vaartochten Fysico-chemie

Lokatie	afstand tot monding	Latitude	Longitude	Rivier	bestaande stations: omes	vmm	ceme	rikz	WL	Integratie: MONEOS	opmerking: de stations vermeld tussen haakjes worden niet (meer) systematisch bemonsterd
Vlakte Raan				*2 stations*				*1 (+1) stations*		***2 stations***	
Scheur west		51.409	3.270	Westerschelde				1995		**Scheur West**	
Wielingen		51.410	3.359	Westerschelde				RIKZ		**Wielingen**	
Westerschelde				*14 stations*	*1 (+2) stations*	*1 station*	*12 stations*	*4 (+6) stations*		***12 stations***	
Breskens-SSvh	0	51.412	3.566	Westerschelde			CEME	RIKZ		**Breskens**	
Terneuzen-W20	0	51.347	3.826	Westerschelde			CEME	RIKZ		**Terneuzen**	
Sloehaven-W5	7	51.444	3.667	Westerschelde			CEME			**Sloehaven**	groen gemarkeerd zijn de Nederlandse stations die worden overgenomen in het moneos voorstel
Borssele-kerncentrale	10.3	51.426	3.707	Westerschelde			CEME	1995		**Borssele**	
Honte-nabij Boei 9	11.3	51.416	3.702	Westerschelde				RIKZ tot 1997			
Griete-Boei26	27.8	51.371	3.883	Westerschelde			CEME (discontinu)			**Griete**	
Boei10h	35.2	51.425	3.921	Westerschelde			CEME	RIKZ		**Hoedekenskerke**	geel gemarkeerd zijn de Vlaamse stations die worden overgenomen in het Moneos voorstel
Hansweert-Geul	42.8	51.436	4.015	Westerschelde	OMES (2005)		CEME	RIKZ		**Hansweert**	
zuidergat-Boei 44	45.6	51.414	4.034	Westerschelde			CEME	1995		**Zuidergat**	
Perkpolder	46.6	51.403	4.033	Westerschelde			CEME			**Perkpolder**	
Lamswaarde-Boei 59	50.2	51.372	4.063	Westerschelde				RIKZ tot 1997			oranje gemarkeerd zijn de stations die in het Moneos voorstel worden verschoven naar een andere lokatie
Baalhoek	51.5	51.375	4.083	Westerschelde	OMES (2005)		CEME			**Baalhoek**	
Bath-Boei71	54	51.384	4.166	Westerschelde			CEME	1995		**Bath**	
Zandvlietsluis-Boei87	58	51.348	4.263	Zeeschelde	OMES	VMM (96)	CEME	1995		**Grens-Boei 87**	
Beneden Zeeschelde (grens tot Rupel)				*21 stations*	*5 (+3) stations*	*stations*	*6 stations*	*1 station*	*17 stations*	***5 (+ grens) stations***	
Zandvlietsluis-Boei87	58	51.348	4.263	Zeeschelde	OMES	VMM (96)	CEME	1995		**Grens-Boei 87**	
Antwerpen-Boei89	60.11	51.344	4.268	Zeeschelde	OMES (13uurs	VMM					
Antwerpen-Boei92	63.5	51.295	4.296	Zeeschelde	OMES	VMM (95)				**Liefkenshoek**	
Fort Lillo-Boei95	64.11	51.298	4.283	Zeeschelde		VMM	CEME		17 stations tussen grens en Antwerpen		
Doel-Boei 93	65.11	51.323	4.270	Zeeschelde		VMM					
Beveren-Boei98	66.11	51.264	4.303	Zeeschelde		VMM					
Antwerpen-Boei101	68.11	51.287	4.322	Zeeschelde	OMES (13uurs	VMM					
Beveren-Boei 105	71	51.252	4.322	Zeeschelde	OMES		CEME			**Melsele**	
Antwerpen-Steen	78	51.223	4.394	Zeeschelde	OMES	VMM	CEME			**Antwerpen**	
Kruibeke-veer	85	51.176	4.328	Zeeschelde	OMES		CEME			**Kruibeke**	
Hemiksem	87.11	51.147	4.329	Zeeschelde		VMM					
HoboRupel	87.11	51.153	4.331	Zeeschelde			CEME				
Bazel-veer	89	51.143	4.328	Zeeschelde	OMES (tot 200	VMM				**Bazel**	

Tabel 6 (vervolg)

Boven Zeeschelde (Rupel - Gent)				*15 stations*	*10 (+3) stations*	*stations*	*2 stations*		*10 stations*
Rupelmonding	92	51.126	4.311	Zeeschelde			CEME		
Steendorp-kerk	94	51.122	4.273	Zeeschelde	OMES				**Steendorp**
Temse-brug	98.5	51.121	4.220	Zeeschelde	OMES	VMM (95)	CEME		**Temse**
Durmemonding	100.11	51.101	4.176	Zeeschelde	OMES (13uurs)				
GGG	103.5	51.087	4.174	Westerschelde	OMES				**Lippenbroek**
Mariekerke-veer	107	51.059	4.189	Zeeschelde	OMES (tot 200	VMM			
Baasrode-veer	113	51.039	4.166	Zeeschelde	OMES				**Baasrode**
Vlassenbroek-kapel	118	51.053	4.132	Zeeschelde	OMES (tot 2005)				
Dendermonde-ponton	121	51.035	4.106	Zeeschelde	OMES				**Dendermonde**
Damme	125	51.048	4.069	Zeeschelde	OMES				**St. Onolfs**
Zele	125	51.048	4.069	Zeeschelde		VMM			
Appels-veer	128	51.030	4.041	Zeeschelde	OMES				**Appels**
Uitbergen-brug	138	51.013	3.959	Zeeschelde	OMES	VMM			**Uitbergen**
Wetteren-brug	145	51.007	3.876	Zeeschelde	OMES				**Wetteren**
Melle-brug	151	51.006	3.804	Zeeschelde	OMES	VMM			**Melle**

Rupel		*10 stations*	*1 (+1) stations*	*? Stations*		*5 stations*
Bornem		Rupel		VMM		
Bornem		Rupel		VMM		
Niel		Rupel		VMM		**Niel**
Niel		Rupel		VMM		
Puurs		Rupel		VMM		
Puurs		Rupel		VMM		
Boom		Rupel	OMES	VMM		**Boom**
Boom		Rupel		VMM		
Rumst		Rupel		VMM		
Rumst		Rupel	OMES (13uurs	VMM		**Rumst**
Nete		Nete				**Nete**
Dijle		Dijle				**Dijle**

Boundaries								*10 boundaries*
Noordzee								**Noordzee**
Sas van gent							RIKZ	**Sas van gent**
Spuikanaal Bath								**Spuikanaal Bath**
Haven van Antwerpen					OMES	VMM		**Antwerpen**
Durme					OMES	VMM		**Durme**
Dender					OMES	VMM		**Dender**
Bovenschelde					OMES	VMM		**Bovenschelde**
Dijle					OMES	VMM		**Dijle**
Zenne					OMES	VMM		**Zenne**
Nete					OMES	VMM		**Nete**

Tabel 7

permanente meetstations

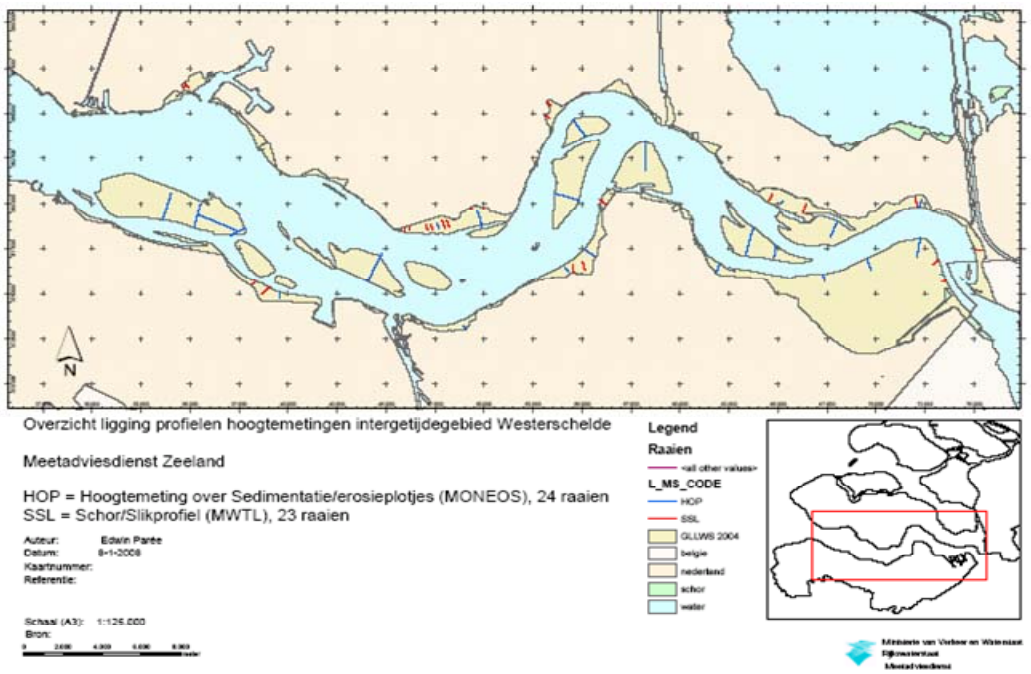
lokatie	parameters	opmerking
estuarium		
Westerschelde	temperatuur	reeds beschikbaar op meeste lokaties
nabij monding	specifieke geleidbaarheid	reeds beschikbaar op meeste lokaties
nabij Hansweert	turbiditeit	soms beschikbaar
Beneden - Zeeschelde	pH	nieuw
nabij grens	zuurstofgehalte	nieuw
nabij Antwerpen		
Boven - Zeeschelde	eventueel: debietsmeting	op sommige plaatsen reeds beschikbaar
regio Dendermonde	stroomsnelheidsmeting	op sommige plaatsen reeds beschikbaar
Rupel	fluorescentie voor chl a	meestal nieuw
regio Boom	fluorescentie voor cyanobacteriën	meestal nieuw
	turbiditeit en geleidbaarheid op	meestal nieuw
	verschillende dieptes	meestal nieuw
	PAM of FRRF (primaire productie)	meestal nieuw
Boundary punten		
Dijle	debiet	reeds beschikbaar
Zenne	temperatuur	vaak beschikbaar
Nete	specifieke geleidbaarheid	vaak beschikbaar
Durme	turbiditeit	vaak beschikbaar
Dender	pH	nieuw
Bovenschelde	zuurstofgehalte	nieuw
Haven Antwerpen		
Spuikanaal Bath	eventueel: fluorescentie voor chl a	nieuw
Kanaal Gent-Terneuzen	fluorescentie voor cyanobacteriën	nieuw

Tabel 8

Nieuwe raaien microdynamiek Zeescheldebekken

Beneden-Zeeschelde	schor/dijk	slik
Groot Buitenschoor	1 per 2 jaar	4/jaar
Schor van Ouden Doel	1 per 2 jaar	4/jaar
Galgenschoor	1 per 2 jaar	4/jaar
Ketenisse	1 per 2 jaar	4/jaar
Plaat van Boomke (enkel slik)	1 per 2 jaar	4/jaar
De Vlakte linkeroever (bijna enkel slik)	1 per 2 jaar	4/jaar
Kruibeke	1 per 2 jaar	4/jaar
Boven-Zeeschelde		
Notelaar (oost – jong)	1 per 3 jaar	4/jaar
Ballooi (enkel slik)	1 per 3 jaar	4/jaar
Temsebrug	1 per 3 jaar	4/jaar
Durmemonding	1 per 3 jaar	4/jaar
Durme	1 per 3 jaar	4/jaar
Branst	1 per 3 jaar	4/jaar
Mariekerke	1 per 3 jaar	4/jaar
Groot Schoor Hamme	1 per 3 jaar	4/jaar
De Kramp (noord-zuid = buitenbochten)	1 per 3 jaar	4/jaar
Zele	1 per 3 jaar	4/jaar
Konkelschoor	1 per 3 jaar	4/jaar
Rupel	1 per 3 jaar	4/jaar
Rupel Niel	1 per 3 jaar	4/jaar
Rupel Heindonk	1 per 3 jaar	4/jaar

Raaien microdynamiek Westerschelde



Tabel 9

Primaire productie

huidige programma primaire productie, met aanduiding van de voorgestelde wijzigingen

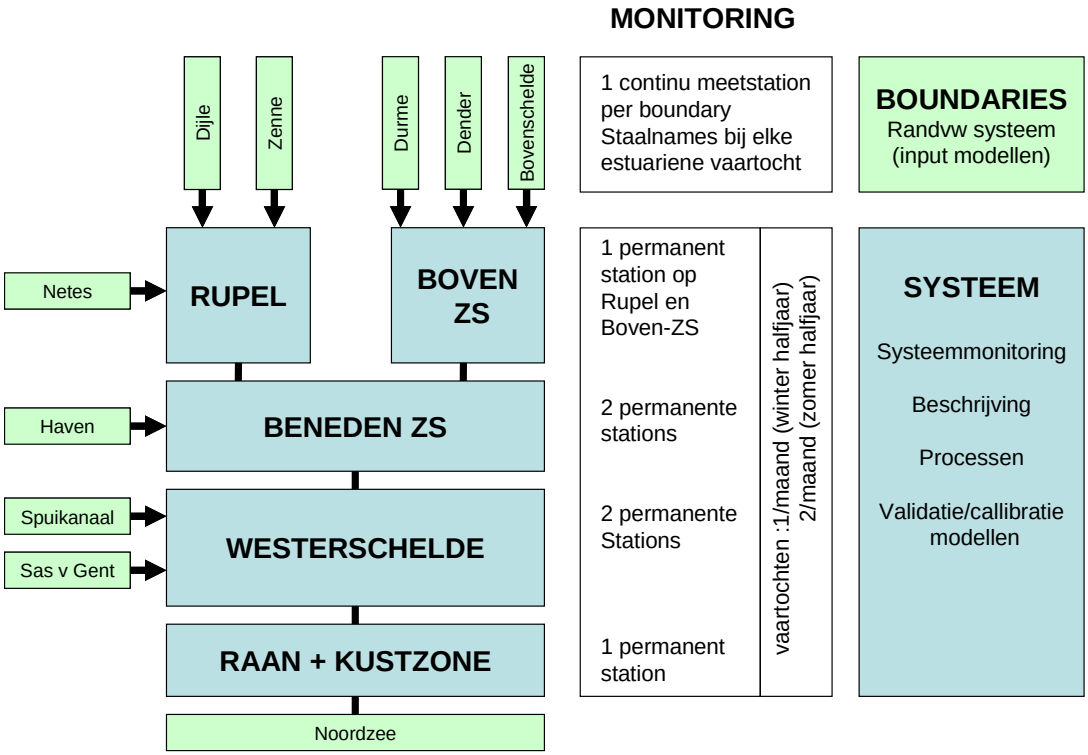
Westerschelde te bepalen tijdens alle vaartochten voor Fysico-chemie

Station		14C	FRRF	opmerking
WS1	SSvH Breskens	X	X	
WS3	Borsele		X	
WS4	W20 Terneuzen	X	X	
WS6	Hansweert	X	X	indien mogelijk (als FRRF voldoende info geeft) wordt
WS8	Perkpolder		X	de 14C methode verder afgebouwd
WS10	Bath	X	X	

Zeeschelde te bepalen tijdens alle vaartochten voor Fysico-chemie

station		14C		
	Grens (B 87)	X		Momenteel slechts 1 vaartocht per maand; dit dient uitgebreid te worden naar 2/maand in het zomerhalfjaar
	Melsele	X		
	Kruibeke	X		in de Zeeschelde wordt de FRRF techniek nog niet
	Temse	X		toegepast. Indien gunstige resultaten, kan de techniek
	Mariakerke	X		ook hier intrede doen
	Dendermonde	X		
	Appels	X		
	Uitbergen	X		
	Melle	X		nieuw toe te voegen station
	Boom	X		nieuw toe te voegen station
	Dijle	X		nieuw toe te voegen station

Bijlage 2: spreiding van de permanente meetstations en staalnames over het estuarium



Bijlage 3: Stations en parameters voor periodieke staalname

Stations staalname periodieke vaartochten

estuarium	aantal	parameter	
Vlakte van Raan	2	stroomsnelheid	in situ diepteprofielen
		temperatuur	in situ diepteprofielen
		geleidbaarheid/saliniteit	in situ diepteprofielen
Westerschelde	12	turbiditeit	in situ diepteprofielen
		zwevende stof	staalnames op verschillende diepte
			spm concentratie, samenstelling, granulometrie
Beneden - Zeeschelde	6	lichtklimaat	in situ metingen van lichtklimaat en extinctie in de waterkolom
		stikstof	NH4, NO2, NO3, Kjeldahl
		fosfor	totaal P, PO4
Boven - Zeeschelde	10	silicium	Dsi, Bsi
		koolstof	DOC, TOC, POC, delta 13C, anorganische koolstof
		zuurstof	in situ zuurstofconcentratie
Rupelbekken	5		BOD, COD
		Chlorides, sulfaten	
		pH	
		alkaliniteit	
		zooplankton	micro- en mesozooplankton
		fytoplankton	chl a, chl b, phaephytine, pigmenten ifv Chemtax analyse
			microscopische analyses
		Primaire productie	alfa en µmax waarden
		zware metalen en organische micropolluenten	

Staalname boundarypunten

Dijle	idem parameters
Zenne	(geen diepteprofielen)
Nete	
Durme	
Dender	
Bovenschelde	
Haven Antwerpen	
Spuikanaal Bath	
Kanaal Gent-Terneuzen	

Bijlage 4: thematische vergaderingen

Dit rapport werd gebaseerd op de conceptnota van Meire (2007) en de besprekingen op 4 thematische vergaderingen. Namen onder andere deel aan deze vergaderingen:

13 November 2007 te Bergen op Zoom

Hydrodynamica

T. Pieters, E. Taverniers, A. Van Braeckel, T. Maris, P. Meire, J. Berlamont, K. Mergaert, Y. Plancke, GJ. Liek, M. Schrijver, B. Van Eck

14 November 2007 te Borgerhout

Morfologie

Diversiteit Habitats

P. Meire, T. Maris, F. Roosen, A. Van Braeckel, B. Van Eck, C. Jeuken, T. Ysebaert, GJ. Liek, JJ. Peeters, E. Taverniers, M. Schrijver, Y. Plancke, D. de Jong, S. Temmerman, F. Twisk, K. Mergaert, W. Mertens

16 November 2007 te Bergen op Zoom

Fysico-Chemie

Ecologisch Functioneren

K. Mergaert, P. Meire, T. Maris, K. Mergaert, I. Verbessem, M. Schrijver, W. Mertens, J. Kromkamp, S. Wartel, E. Taverniers, B. Van Eck, S. Van Damme, W. Vyverman

19 November 2007 te Bergen op Zoom

Diversiteit Soorten

W. Mertens, T. Maris, P. Meire, E. Van den Bergh, D. de Jong, M. Schrijver, B. Van Eck, F. Twisk