

Gedegen, innovatieve en verbindende monitoring
van het waddengebied

KLIMAAT & VEILIGHEID

DEEL C - MONITORINGSENQUETE

Pim Vugteveen
Lucien Hanssen
Alma de Groot
Julia Vroom

Radboud Universiteit
IWWR - Afdeling Milieukunde
IMARES Wageningen UR
Deltares

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	3
1.1	Achtergrond	3
1.2	Doelstellingen WaLTER	3
1.3	Samenwerking met Deltaprogramma Waddengebied.....	4
1.4	Enquête.....	4
2	WERKWIJZE	5
2.1	Enquête ontwerp	5
2.2	Respondenten.....	7
3	KENNISBEHOEFTE	8
3.1	Benodigde monitoringsinzet.....	9
4	CONCRETE MONITORINGSBEHOEFTE	14
5	TOEREIKENDHEID HUIDIGE MONITORING	16
5.1	Aanvullende monitoring	17
5.2	Innovaties in monitoring	17
6	BEVINDINGEN IN CONTEXT DELTAPROGRAMMA WADDENGEBIED	25
6.1	Specifieke thema's voor Deltaprogramma Waddengebied	25
6.2	Adaptation Tipping Points	25
6.3	Quick Reaction Force	27
7	CONCLUSIES.....	28
8	BIJLAGEN	29

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Het Waddengebied geldt als één van de belangrijkste getijdengebieden van de wereld. In 2009 kreeg de Waddenzee een plek op de UNESCO Werelderfgoedlijst. De natuurwaarden van het gebied genieten speciale institutionele en juridische bescherming. De Waddenregio kent tegelijkertijd een intensief en gevarieerd gebruik door bedrijven, bewoners en bezoekers.

Op dit moment wordt er al veel gemonitord in het Waddengebied, zowel in reguliere programma's als op projectbasis. De reguliere programma's zijn vooral om een vinger aan de pols te houden en, waar nodig, op lokaal of regionaal niveau bij te sturen. De projectmatige monitoring is vaak gerelateerd aan projecten die functies van het gebied moeten versterken of waarborgen, en geeft inzicht in de effecten en waar bijsturing nodig is. Het gevolg van het geheel aan monitoringsprogramma's is een relatief grote meetinspanning door verschillende onderzoeks- en overheidsorganisaties rond het fysische, ecologische en socio-economisch systeem.

Deze meetinspanningen zijn echter niet altijd op elkaar afgestemd en data zijn niet altijd volledig ontsloten. Ook vragen nieuwe informatiebehoeften van gebruikers of aangescherpte regelgeving om uitbreiding of aanpassing van bestaande monitoringsactiviteiten.

1.2 Doelstellingen WaLTER

Het WaLTER project richt zich op de ontwikkeling van een toegankelijk dataportaal en een integraal monitoringsplan voor een beter begrip van het functioneren van de Wadden, zowel op ecologisch als socio-economisch gebied. Aanleiding voor het WaLTER-project is de overtuiging dat goede data essentieel zijn voor het ontwikkelen van kennis en een duurzaam beheer van het Waddengebied. Concreet beoogt WaLTER bestaande onderzoeks- en monitoringsprogramma's in de Waddenzee en het Waddengebied beter op elkaar af te stemmen, gaten in het meetnet te vullen op basis van bestaande informatiebehoeften en data beter te ontsluiten. Belangrijke resultaten van WaLTER vormen een dataportaal en omvattend monitoringsplan voor geïntegreerde monitoring van het Waddengebied. Uitgangspunten voor WaLTER zijn:

- (1) Gaat uit van adaptieve monitoring, waardoor het mogelijk is monitoringsactiviteiten aan te passen als er nieuwe inzichten naar voren komen of als kennisvragen veranderen;
- (2) Is gebaseerd op robuuste wetenschappelijk onderbouwde modellen over de werking van het ecologisch systeem en over de werking van het socio-economisch systeem;
- (3) Neemt de betekenis van ruimte- en tijdschalen in beschouwing;
- (4) Heeft aandacht voor de interacties tussen het ecologische en het socio-economisch systeem.

1.3 Samenwerking met Deltaprogramma Waddengebied

Klimaatverandering en de gevolgen voor veiligheid en natuur door o.a. zeespiegelstijging vormen momenteel een zeer belangrijk thema in het Waddengebied. Het nationale Deltaprogramma omvat een deelprogramma voor het Waddengebied gericht op de toekomstige veiligheidsopgave en op onderzoek naar mogelijke veiligheidsstrategieën en passende maatregelen. Het Deltaprogramma Waddengebied ontwikkelt een integrale aanpak om de veiligheid tegen overstromen in het Waddengebied te kunnen waarborgen. Daarbij wordt waterveiligheid geïntegreerd met natuur, recreatie en duurzame economische activiteiten. Daarnaast richt het programma zich op het monitoren van de gevolgen van klimaatverandering op waterveiligheid en ecologie.

Vanwege de gezamenlijke ambities in het bereiken van relevante en efficiënte monitoring en de projectmatige overlap werken WaLTER en het Deltaprogramma voor een deel samen bij het opstellen van monitoringsplannen. De focus van WaLTER ligt daarbij voornamelijk op de ecologie en socio-economie, terwijl Deltaprogramma Waddengebied zich richt op het fysisch systeem en input geeft aan WaLTER op het gebied van ecologie waar nodig.

1.4 Enquête

Als eerste fase in de ontwikkeling van het WaLTER monitoringsplan richt Werkpakket 1 (uitgevoerd door de Radboud Universiteit) zich op de identificatie en articulatie van de specifieke kennisbehoeften en monitoringswensen van potentiële WaLTER gebruikers. Hiertoe is in eerste instantie begonnen met een inventarisatieronde van kennisbehoeften onder belanghebbenden in het Waddengebied en zijn vragen gearticuleerd uit verschillende kennisagenda's en beleidsdocumenten van stakeholders. Dit heeft een breed scala aan relevante kennis- en informatievragen opgeleverd. De resultaten van deze inventarisatie zijn terug te vinden in de Themadossiers op www.walterproject.nl.

De volgende, huidige stap richt zich op het terugbrengen van deze 'groslijst' van vragen naar een 'kernlijst' waarin de prioritaire kennisbehoeften staan. Deze kernvragen worden vervolgens doorvertaald naar relevante meetvragen en -variabelen die binnen een Waddenbreed meetnetwerk kunnen worden opgenomen. Deze uitwerkingen vormen de basis voor de op te stellen monitoringsplannen van WaLTER (door Werkpakket 6) en van het Deltaprogramma Waddengebied.¹

¹ Deze rapportage met de belangrijkste bevindingen en de onderliggende Wadden Monitoringsassessment Databank (WMD) vormen hiervoor het uitgangspunt.

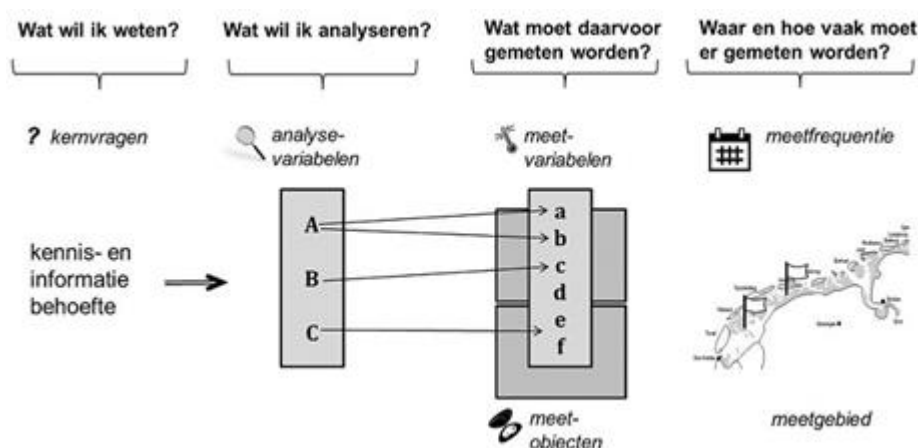
2 WERKWIJZE

2.1 Enquête ontwerp

Door middel van de WaLTER Survey (2011) en inventarisatie van de kennisagenda's van o.a. de Waddenacademie heeft de WaLTER projectgroep een set van 135 kennis- en informatievragen geïdentificeerd rondom het thema Klimaat & Veiligheid (zie Themadossier Klimaat & Veiligheid, www.walterproject.nl). Deze set van vragen is verder inhoudelijk gestructureerd en semantisch gecheckt. Ook is de lijst gecontroleerd op dubbelingen en sterk gelijkende vragen zijn samengevoegd naar een omvattende vraag. Vragen welke te breed en/of duidelijk geen monitoringsrelevantie hebben zijn weggelaten.

Het resultaat van deze bewerkingsslag is een groslijst van 103 vragen. Deze lijst met vragen is onderverdeeld in verschillende thema's, waarbij elk thema is gedefinieerd met een hoofdvraag. Elk thema omvat meerdere specialistische kennisvragen (zie Bijlagen, Tabel A1). Deze lijst is de basisinvoer voor een enquête welke is gericht op het selecteren en nader uitwerken van kernvragen (prioritaire kennisbehoeften) door een panel van respondenten.

Voor het ontwerpen en uitvoeren van de monitoringsenquête is gebruik gemaakt van het Qualtrics software pakket (<http://www.qualtrics.com/>). Het voordeel van deze toepassing is dat de enquête gemakkelijk kan worden gedistribueerd, online kan worden uitgevoerd, en dat de gegevens automatisch worden opgeslagen. De enquête bestaat uit een aantal blokken van gecombineerde meerkeuze- en open vragen. De inhoudelijke lijn van de enquête volgt onderstaand schema (Figuur 1). Het eerste blok richt zich op het identificeren van de kernvragen uit de aangeboden groslijst. De experts die deelnemen aan de enquête selecteren uit deze lijst 15 vragen die ze het meest relevant achten voor het thema Klimaat & Veiligheid.



Figuur 1. Samenhang gehanteerde begrippen voor vertaling van informatie- naar monitoringsbehoeften (gebaseerd op INBO, 2008²).

² INBO, 2008. Ontwerp en evaluatie van meetnetten voor het milieu- en natuurbeleid. Leidraad voor de meetnetontwerper. Vlaamse Overheid DL, Natuur en Energie. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel

De geselecteerde kernvragen worden in de vervolgfase nader gepreciseerd en getypeerd in termen van benodigde monitoringsinzet en de relevante resolutie en schaal van de vraag. Wanneer een vraag te generiek wordt bevonden, kan deze door de respondent in een specifiekere meetvraag worden geherdefinieerd.

Het doel van het volgende blok in de enquête is om elke afzonderlijke kernvraag verder te articuleren in zo concreet mogelijke monitoringscriteria. Wat dient er te worden gemeten om de gearticuleerde kennisleemtes achter de vraag in te vullen en aan bestaande kennis- en informatiebehoeften te voldoen? Hiervoor wordt aan de respondenten gevraagd om de relevante *analysevariabelen*, de kwantificeerbare eigenschappen, van de kernvragen te benoemen en zo een vertaling te geven van 'wat wil ik weten?' naar 'wat wil ik analyseren?' (Figuur 1).

Een analysevariabele wordt bepaald op basis van gegevens van één of meerdere meetobjecten waarvan één of meerdere meetvariabelen in het veld worden opgemeten. Het laatste blok (zie Figuur 1) richt zich ten slotte op het specificeren van deze meetvariabelen en meetobjecten. Daarbij kunnen ook relevante ruimtelijke en temporele schalen worden aangegeven. De enquête wordt afgesloten met enkele open vragen, gericht op het verkrijgen van informatie over de huidige monitoring en mogelijke innovaties in monitoring.

2.2 Respondenten

In totaal zijn er 27 experts benaderd om deel te nemen aan de enquête, waarvan er uiteindelijk 17 de enquête hebben ingevuld (63 %). Respondenten zijn afkomstig van ministeries, kennisinstituten en universiteiten (Tabel 1). Deelnemers zijn betrokkenen bij DP Waddengebied, bij andere monitoringsprogramma's en/of experts op gebied van geomorfologie, hydrodynamica, mariene en estuariene ecologie, hoogwaterveiligheid en kustbeheer.

Tabel 1. Affiliatie en zelf toegekende kwalificatie monitoringsbekendheid door de respondenten.

ResID	Organisatie	Inhoudelijk bekend met huidige monitoring
R1	Deltares	goed
R2	Deltares	zeer goed
R3	Deltares	zeer goed
R4	Deltares	goed
R5	Deltares	goed
R6	Universiteit Utrecht - Fysische Geografie	redelijk
R7	IMARES Wageningen UR	goed
R8	IMARES Wageningen UR	goed
R9	IMARES Wageningen UR	zeer goed
R10	Ministerie EL&I - Directie Regio en Ruimtelijke Economie	redelijk
R11	Ministerie I&M, DG Ruimte en Water	redelijk
R12	NAM	goed
R13	Rijkswaterstaat Waterdienst	zeer goed
R14	Rijkswaterstaat Waterdienst	goed
R15	Rijkswaterstaat Waterdienst	goed
R16	Rijkswaterstaat Waterdienst	redelijk
R17	Wageningen UR - Earth System Science - Climate Change Group	redelijk

3 KENNISBEHOEFTE

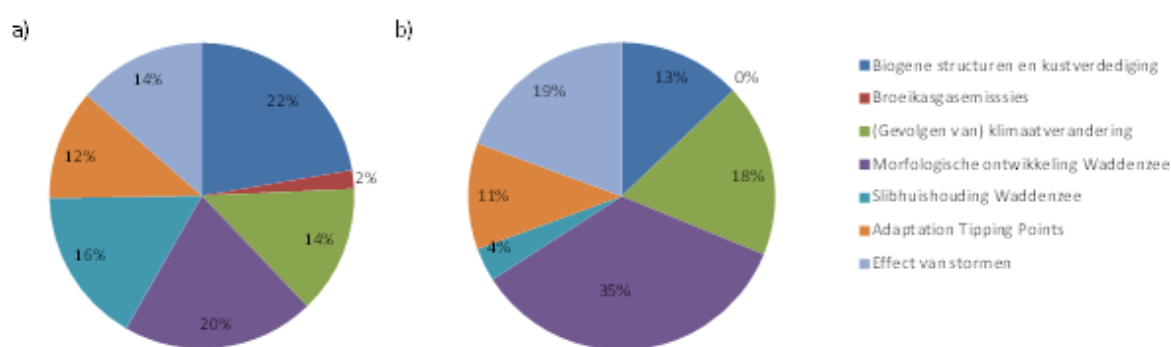
Van de 103 vragen zijn er 72 (70%) door één of meerdere respondenten geselecteerd (zie bijlage Tabel A1 voor specificatie). Hiervan zijn er 58 minimaal twee keer door respondenten geselecteerd. De vragen bestrijken alle hoofdcategorieën van vragen.

We richten ons in dit rapport op de beschrijving van de meest urgente kennisbehoeften, dat wil zeggen de vragen die door *minimaal* vier respondenten zijn geselecteerd (~30% van de vragen). Deze worden gepresenteerd in Tabel 2. Gerapporteerde kwalificaties en interpretaties van individuele kennisvragen worden zoveel mogelijk gebaseerd op de inbreng van minimaal 2 respondenten. Vragen geselecteerd door slechts 1 respondent worden in principe niet meegenomen in de analyse, tenzij van toegevoegde waarde bij de bespreking van de resultaten.³

Bij de selectie van de kernvragen, zie bijlage Tabel A1, is het duidelijk dat de aandacht van de respondenten vooral uitgaat naar:

- klimaatverandering/zeespiegelstijging
 - veranderingen in stormklimaat
 - veranderingen in waterstanden
- (effecten op) sedimenthuishouding en morfologie
 - transporten, budgetten, dynamiek
 - korrelgrootte
 - effecten van stormen

De selectie van vragen (minimaal 4x gekozen) laat een thematische voorkeur zien, zie Figuur 2. Vragen over morfologische ontwikkeling van de Waddenzee zijn relatief vaker geselecteerd, evenals het effect van stormen op het Waddenzeesysteem.



Figuur 2. Thematische voorkeuren van respondenten. a) thematische verdeling van vragen, zie tabel A1 voor specificaties (n_{vraag}=103); b) thematische verdeling van gekozen vragen (minimaal 4x gekozen; N_{keuze}=170)

³ Zie Bijlage Tabel A2 en Tabel A3

3.1 Benodigde monitoringsinzet

De volgende fase van de enquête is erop gericht om de eerder geduide kennisbehoeften nader te onderbouwen en te specificeren in termen van concrete monitoringbehoeften. Er is immers een verschillende mate en type van monitoringsinzet nodig.

Kennisbehoeften zijn verschillend gemotiveerd. Sommige kenniswensen zijn gekoppeld aan een gebrek en noodzaak van meer en dieper systeeminzicht, andere vragen zijn gekoppeld aan de wens om systeemontwikkelingen te kunnen signaleren vanuit beleidsopgaven. De monitoringsarticulatie is daarom verschillend van aard. Verschillende typen van monitoring worden hier onderscheiden. Monitoring kan gericht zijn op waarom het systeem verandert, *onderzoeksgerichte monitoring* genoemd; of op het meten van de toestand en de trends in systeemontwikkeling: *surveillance monitoring*. Tot slot kan monitoring gericht zijn op het meten en toetsen van effecten in relatie tot gestelde beleids- of handavingsnormen: *operationele monitoring*).⁴ Deze verschillende typen monitoring hoeven elkaar in de praktijk niet uit te sluiten en een geïntegreerd monitoringsprogramma zoals WaLTER beoogt, kan deze verschillende doelen in potentie verenigen.

Afhankelijk van het type en doel van de monitoring, kan een passende ruimtelijke en temporele dekking worden gekozen. Respondenten hebben per kernvraag een indicatie gegeven van de *duur* van benodigde monitoring; zou op de lange termijn gemeten moeten worden, of volstaat een tijdelijke (projectmatige) monitoringsinzet? Naast deze kwalitatieve duiding konden respondenten ook een kwantitatieve categorie aangeven van de tijdschaal waarop de monitoringsinspanning zou moeten plaatsvinden.

Er is ook een zekere *resolutie* van waarnemingen nodig, hiervoor is naar de generiek benodigde *frequentie* van monitoring gevraagd, namelijk of er continue, periodiek, dan wel event-afhankelijk zouden moeten worden gemeten. Naast een temporele frequentie dienen metingen te worden verricht op een bepaalde ruimtelijke schaal, of in een specifiek gebied. Voor de ruimtelijke schaal konden de respondenten ook een kwantitatieve categorie aangeven.

Bovenstaande aspecten worden achtereenvolgens besproken. Tabel 2 geeft een overzicht van bovenstaande aspecten voor de vragen die door minimaal vier mensen zijn gekozen. Per vraag wordt een indicatie gegeven voor de benodigde monitoringsinzet in termen van duur, temporele frequentie en relevante ruimtelijke resolutie. Voor beide laatste categorieën konden respondenten relevant geachte schaalgroottes selecteren. Voor de tijdschalen werd de volgende indeling gehanteerd: <1 jaar, 1-10 jaar, 10 -50 jaar, en > 50 jaar. Voor de ruimteschalen: 1-10 km², 10-100 km², 100-1000 km², en >1000 km². In kolom 'Monitoring voldoet' staat aangegeven of de respondenten meenden dat de huidige monitoringsinspanning voldoende is om de kennis- c.q. meetvraag te beantwoorden. Hier wordt verder op ingegaan op pagina 15.

⁴ Deze indeling van surveillance/investigative/operational monitoring is overgenomen uit het rapport WFD (Water Framework Directive) Common Implementation Strategy Working Group 2.7 Monitoring, 2003. Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive; Final version.

De gegeven kwalificaties in de tabel volgen uit antwoorden welke in meerderheid door de respondenten zijn gekozen (minimaal twee keer). Voor kwalificaties waarover geen duidelijke consensus bleek voor één antwoordcategorie, zijn voor de volledigheid ook de overige respondentkeuzes afgekort tussen haakjes weergegeven.

Tabel 2. Overzicht toplist kernvragen (≥4x geselecteerd). De respondentkeuzes (aantal) voor tijd- en ruimteschaal categorieën zijn grafisch in staafdiagrammen weergegeven. Gehanteerde indeling tijdschaal (jaar): | <1 |1-10 |10-50 |> 50 |. Gehanteerde indeling ruimteschaal (km²): |1-10 |10-100 |100-1000 |>1000 |. De hoogste waarde is in donkergrijs weergegeven. De laatste kolom vermeldt het ID # vraagnummer.

Vragen	Type monitoring	Duur	Frequentie	Tijd	Ruimte	Monitoring voldoet	ID#
1. Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	surveillance	lange-termijn	continue			ja	#2
2. Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	surveillance	lange-termijn	continue			ja	#3
3. Wat is de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering?	surveillance	lange-termijn	periodiek			ja, mits/nee	#16
4. Wat is de invloed van stormen op sedimenttransporten in en naar de Waddenzee?	onderzoeks ger.	tijdelijk	event-afh			nee	#54
5. Hoe verandert de natuurlijke dynamiek op de eilanden (washover, stormerosie en eolisch zandtransport) en de robuustheid van de eilanden als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging?	surveillance	lange-termijn	periodiek			weet niet	#35
6. Waar kan er het beste gesuppleerd worden om de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering en menselijke ingrepen te verkleinen?	onderzoeks ger.	tijdelijk /combinatie	periodiek /event-afh			nee	#18
7. Waar vertonen dijken onder extreme omstandigheden zwakke plekken? (piping, kwel, loslatende bekleding)	surveillance /operational	lange-termijn /combinatie	periodiek /event-afh			weet niet (j/jm)	#78
8. Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	surveillance	lange-termijn	periodiek			nee/weet niet	#8
9. Hoe kunnen getijbekkens sediment uitwisselen, welke mechanismen beïnvloeden deze uitwisseling?	onderzoeks ger.	combinatie	continue/periodiek /event-afh			nee	#27
10. Wat is de korrelgrootteverdeling op het wad?	surveillance	lange-termijn	periodiek			nee	#42
11. Hoe snel herstelt het systeem zich na een storm?	surveillance /onderzoeks ger.	lange-termijn /combinatie	periodiek /event-afh			nee/weet niet	#65
12. Hoeveel golfenergie wordt tijdens een storm gedissipeerd op een kwelder?	onderzoeks ger.	tijdelijk	periodiek /event-afh			nee	#81
13. Onder welke omstandigheden hebben kwelders wel en geen invloed op de golfhoogte voor de dijk?	onderzoeks ger.	tijdelijk	event-afh			nee	#100
14. Wat is het effect van dynamisch zeereepbeheer op veiligheid en natuur?	surveillance /onderzoeks ger.	lange-termijn	periodiek			nee/weet niet (j/jm)	#101
15. Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee?	surveillance /onderzoeks ger.	lange-termijn /combinatie	continue /periodiek			nee	#7

Vragen	Type monitoring	Duur	Frequentie	Resolutie Tijd	Resolutie Ruimte	Monitoring voldoet	ID#
16. Wat is het effect van suppleties in de Noordzeekustzone op het sedimenttransport naar de Waddenzee?	surveillance /onderzoeks ger.	combinatie	periodiek			nee	#15
17. Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?	surveillance	lange-termijn	periodiek			nee	#17
18. Wat is de sedimenttransportcapaciteit van de zeegaten?	onderzoeks ger.	lange-termijn /tijdelijk	continue/periodiek /event-afh			nee	#26
19. Welke processen bepalen geul-plaat interacties?	onderzoeks ger.	tijdelijk /combinatie	periodiek/event-afh			nee/weet niet	#31
20. Wat is het effect van stormen op de hoogteligging van het dijkvoorland (wad en/of kwelder) en hoe (snel) vindt er herstel plaats?	operational (i/s)	combinatie (l/t)	event-afh			ja, mits (n)	#57
21. Wat is de rol van buitendelta's (ebgetijdendelta's) op de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?	onderzoeks ger.	combinatie (t)	periodiek/event-afh			nee	#22
22. Welke processen bepalen de vorm en afmetingen van een buitendelta?	onderzoeks ger.	lange-termijn (t/c)	periodiek			ja (n)	#24
23. Wat is het effect van stormen op de kwelder (klifvorming, kwelderkreken, vegetatie) en hoe (snel) herstelt de kwelder zich weer?	surveillance /onderzoeks ger.	lange-termijn	event-afh			nee/weet niet	#56
24. Wat is de hoogte van het vloedmerk (veeklijnen) na een storm, als maat voor golfoploop?		tijdelijk (l)	event-afh			nee	#59
25. Wat is de mate van duinafslag als gevolg van een storm en (hoe snel) herstelt dit zich weer?		lange-termijn (t)	event-afh			(jm/n/wn)	#60
26. Wat is de invloed van slufte- en washover-vorming op eilanden op de veiligheid?	onderzoeks ger. (s)	tijdelijk (l/c)	periodiek			nee (jm)	#72
27. Wat is de invloed van veranderend stormklimaat/ijsgang op de stabiliteit en voorkomen van mossel- en oesterbanken?	onderzoeks ger.	lange-termijn	periodiek			ja/nee	#75
28. Migreren geulen in de buurt van waterkeringen , waardoor de veiligheid in het geding zou kunnen komen?	surveillance	lange-termijn	periodiek			nee (j/jm)	#77
29. Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	onderzoeks ger.					weet niet	#94

Met betrekking tot de benodigde inspanning voor monitoring zien we dat vooral vragen over systeemveranderingen o.a. als gevolg van klimaatverandering, en vragen over de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee een routinematige en lange-termijn monitoring behoeven (zie Tabel A7 voor enkele toelichtingen). Vragen voor tijdelijke monitoring zijn meer causaal gericht, dat wil zeggen dat ze betrekking hebben op verbanden tussen variabelen. Het betreft vaker vragen met een onderzoeks karakter, zoals de vraag *wat is de invloed van stormen op sedimenttransporten in en naar de Waddenzee*. Sommige vragen vereisen een combinatie van monitoringsinzet: eerst tijdelijk intensief dan routinematig, zoals een vraag over *sedimentuitwisseling op grote ruimtelijke schaal*.

De gewenste meetfrequentie verschilt tussen de vragen. Sommige vereisen een continue monitoring, andere kunnen beantwoord worden met periodieke metingen. De vragen voor continue monitoring betreffen vooral de 'wat'-vragen, de vragen die gericht zijn op monitoring van systeem status en veranderingen in fysische parameters. Vragen die periodieke monitoring behoeven, zijn er meer op gericht op langere termijn effecten en invloeden vast te stellen, zoals de signalering van veranderingen in morfologische en ecologische dynamiek.

Er zijn ook kennisbehoeften die gerichte monitoringsinzet vragen binnen een niet van tevoren te plannen, afgebakende tijdsperiode, zogenoemde event-afhankelijke monitoring. Event-afhankelijke monitoring wordt voornamelijk door de respondenten aangegeven bij vragen rond de gevolgen van stormgebeurtenissen en veiligheid.

Voor meerdere vragen bestaat geen eenduidigheid welke resolutie deze nodig hebben en er wordt zowel continue/periodiek/event-afhankelijke monitoring aangegeven. Sommige vragen zijn vanwege hun complexiteit meervoudig in de vereiste monitoring, zoals een vraag over de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee.

Consistent met eerdere antwoorden geven respondenten lange tijdschalen aan van tien tot vijftig jaar voor de vragen die een routinematige monitoring nodig hebben, zoals de vragen rondom klimaatverandering en over morfologische ontwikkeling van het Waddengebied. Andere kennisvragen zijn meer gericht op korte tijdschalen, zoals de vragen met betrekking tot stormen.

Naast monitoringsduur hebben de respondenten ook een inschatting van de relevante ruimtelijke schaal voor monitoring van de vragen aangegeven. Het vaakst wordt een schaal van 10 – 100km² genoemd. Grote ruimtelijke schalen (>100 km²) worden duidelijk minder aangegeven. Er zit echter wel meer variatie in de antwoorden dan bij het aangeven van een temporele schaal; mogelijk is het minder evident en lastiger voor respondenten om een ruimtelijke schaal aan te geven.⁵

⁵ Zie bijlage Tabel A4

4 CONCRETE MONITORINGSBEHOEFTE

Nadat het type en de omvang (zowel in tijd als ruimte) van de gewenste monitoring inzichtelijk is geworden, kan dit verder worden vertaald naar concrete analysevariabelen. Analysevariabelen zijn uitdrukkingen van de meetbare grootheden welke van belang zijn te analyseren om de hoofdvragen te beantwoorden (zie Figuur 1). Tabel 3 geeft een overzicht van de meest genoemde analysevariabelen per thema.

Tabel 3. De meest genoemde analysevariabelen per thema. In de rechterkolom staat het aantal (N) keren dat de analysevariabele door respondenten is genoemd. Het betreft analysevariabelen voor vragen welke minimaal 2 keer zijn gekozen (N=66).

Thema	Analysevariabele	Specificaties door respondenten	N
Hoe verloopt de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?	• Sedimenttransport	- fluxen bij geulen-platen, zeegaten, Noordzee-Waddenzee, wantijen	39
	• Bodemligging	- snelheid - verspreiding - diepte- en hoogteligging Waddenzee, inclusief intergetijdengebied en buitendijs - getijdenplaten, topografie wantijen	35
	• Morfologie	- eilanden - duinvorming o.i.v. zandtransport door wind - kwelderontwikkeling - eilandkopontwikkeling - geulen en platen - reconstructie getijdebekkens	19
Hoe ziet de slibhuishouding in de Waddenzee eruit?	• Sedimentsamenstelling	- korrelgrootteverdeling in fracties en met slibgehalte	17
	• Sedimenthuishouding	- bodemsediment - invang - natuurlijke- en antropogene invloed	10
	• Biota	- sedimentdynamiek - benthos - biobouwers en biobrekers	8
Hoe verandert het klimaat en wat zijn daar de gevolgen van?	• Waterstanden	- extreme waterstanden - gemiddelde zeespiegelstijging - gemiddeld hoog water - gehele waddengebied en regionale vergelijking	13
	• Aanwezigheid	- boven bodem en t.o.v. NAP - aantal en verhouding soorten - organismen lagere en hogere trofische niveaus	12
	• Populatiedynamiek	- schelpdieren - metapopulaties, migratie en uitwisseling met Noordzee - reproductie - settlement	12
Wat is het (cumulatieve) effect van stormen op het Waddenzeesysteem?	• Bodemligging	- voorland, wad- en kwelderhoogte - voor en na storm	9
	• Morfologie	- biogeomorfologie duinen, kwelders, wadplaten - duinprofiel	8
	• Erosie en sedimentatie	- opslibbing - overwash depositie en erosie	5
Hoe (goed) functioneren biogene structuren (kwelders, mossel- en oesterbanken) als kustverdediging?	• Golven	- golfhoogte - golfvoortplanting - golfdissipatie (reductie/demping) - belasting	38
	• Bodemligging	- hoogteligging dijkvoorland - hoogteligging kwelder	11

Thema	Analysevariabele	Specificaties door respondenten	N
	• Kustveiligheid	- rondom rifstructuren nabij waterkeringen - aantasting zeereep als kustverdediging - weerstand tegen golfaanval en overstroming - depositie in relatie tot veiligheid	10
Wanneer worden <i>Adaptation Tipping Points</i> bereikt?	• Kustveiligheid	- kweldruk - zandwellen - stabiliteit keringen	8
	• Omvang	- areaal en structuur mossel- en oesterbanken - verandering omvang mossel- en oesterbanken	6
	• Bodemligging	- geulen - per bekken	6

De analysevariabelen bodem(ligging), golven en sedimenttransport worden het vaakst genoemd.

Veelgenoemde ecologische analysevariabelen betreffen onder andere soortensamenstelling, en populatiedynamiek.

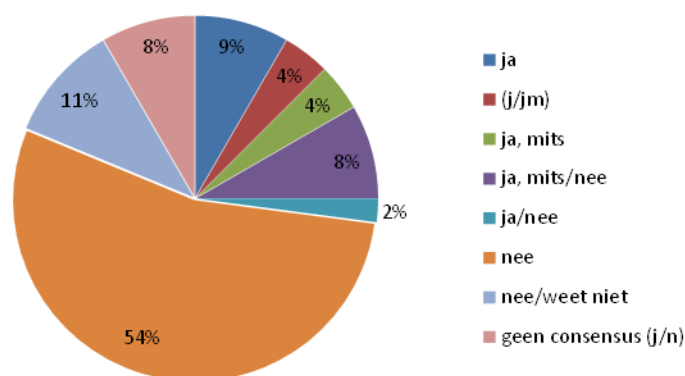
Over alle geselecteerde vragen heen zijn er analysevariabelen die het vaakst worden genoemd (Tabel 4). *Bodemligging* (bathymetrie, bodemhoogte, hoogteligging) wordt vooral genoemd bij vragen rond morfologische ontwikkeling. *Golven* (omvat ook voorplanting/dissipatie, energie, en hoogte) wordt vaak genoemd bij vragen over veiligheid en kustverdediging. *Sedimenttransport* (zandtransport) wordt genoemd bij vragen over gevolg van suppletie op het systeem.

Tabel 4. Voorgestelde analysevariabelen door respondenten en aantal keer (N) dat ze genoemd zijn.

Analysevariabele	N	Analysevariabele	N	Analysevariabele	N
Bodemligging	62	Getij	12	Zandvolume	5
Golven	57	Profiel	12	Pseudofaeces	4
Sedimenttransport	47	Populatiedynamiek	12	Locatie	4
Morfologie	39	Areaal	10	Primaire en secundaire productie	4
Erosie en sedimentatie	33	Wind	10	Droogval	3
Sedimentsamenstelling	33	Slib	10	Storm	2
Samenstelling / voedselweb	24	Omvang	10	Kwaliteit	2
Sedimenthuishouding	21	Habitat	10	Biomassa	2
Waterstanden	20	Hydrodynamica	10	Volume	2
Biota	19	Stormfrequentie & intensiteit	7	Gasuitwisseling	1
Kustveiligheid	18	Waterkwaliteit	6	Veeklijn	1
Meteorologie	15	Humane activiteiten	6	Droogte	1
Waterstroming	14	Troebelheid / turbiditeit	6	Verstoring	1
Aanwezigheid organismen	14	Spui	6		

5 TOEREIKENDHEID HUIDIGE MONITORING

Tabel 2 geeft voor de meest geselecteerde kernvragen (N=29) een kwalificatie van de mate waarin de huidige monitoringsinspanningen en -programma's voldoen om in de geschetste kennisbehoeften te voorzien. Uit Tabel 2, en in aanvulling hierop onderstaande Figuur 3, is duidelijk dat veel van de kernvragen niet met de huidige monitoringsinspanning kunnen worden beantwoord. Dit duidt erop dat aanpassingen in de huidige monitoringsinzet noodzakelijk zijn.⁶



Figuur 3. Kwalificatie van huidige monitoring. Kwalificaties gekoppeld aan vragen welke minimaal door 2 respondenten zijn geselecteerd (N=48 gebruikt voor diagram, N=10 onvoldoende data).

Ongeveer een kwart van de vragen kan volgens respondenten met huidige monitoring of met een kleine aanpassing hieraan beantwoord worden. Dit beperkt zich in sterke mate tot vragen waarin waterstanden relevant zijn (zoals *Wat zijn de veranderingen in gemiddeld zeeniveau?*, *Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?*, *Wat zijn de veranderingen in waterstanden?*; zie Tabel A5). Deze worden goed gemeten via het Landelijk Meetnet Water van Rijkswaterstaat (MWTL) en door het KNMI. Respondenten wijzen op het belang van voortzetting van de volledige MWTL monitoring, specifiek de monitoring van bathymetrie, waterstanden, hydrodynamica en wind. Naast de wettelijke taken (N2000, TMAP, OSPAR) zijn deze gegevens essentieel voor lange-termijn analyses, het in beeld krijgen van de fysische dragers, en daarmee het begrijpen en inschatten van fysische processen in het Waddengebied.

Vragen waarvan respondenten aangeven dat deze *niet* met de huidige monitoring beantwoord kunnen worden of waarvoor huidige monitoringsinzet aanpassing behoeft ('ja, mits') geven aanleiding om nader te bekijken en op basis van de antwoorden van de respondenten voorstellen te doen over een vernieuwde/aangepaste meetinzet.

Tot slot zijn er vragen waarvoor niet of onduidelijk is of huidige monitoring voldoet. Onduidelijkheid over de toereikendheid van de monitoring kan het gevolg zijn van onwetendheid van de respondenten (de vraag ligt bijvoorbeeld buiten zijn/haar

⁶ De inventarisatie van kennisbehoeften impliceert uiteraard indirect al een behoefte aan nieuwe/aangepaste monitoring

vakgebied), maar kan ook veroorzaakt worden door een beperkte toegankelijkheid van sommige datasets. Tabel A6 in de bijlage geeft een overzicht van deze vragen en de toelichting van respondenten met betrekking tot de redenen.

5.1 Aanvullende monitoring

Uitbreiding dan wel aanpassing van de huidige monitoringsinzet is nodig voor veel van de gearticuleerde kennisbehoeften. Ontbrekende data, inclusief specifieke parameters in de huidige monitoring, en/of het ontbreken van fundamentele systeem- en proceskennis zijn redenen waarom huidige monitoring, en de wijze waarop het wordt uitgevoerd, ontoereikend zijn.

Tabel 5 geeft een overzicht van de vragen waarvoor uitbreiding en/of aanpassing van de huidige monitoringsinzet gewenst is en de toelichting van respondenten hierop. Het valt op dat de huidige monitoring vooral ontoereikend is ten aanzien van vragen over suppleties, stormen, sedimenttransport, sediment (troebelheid/korrelgrootteverdeling) en golfdissipatie. Redenen hiervoor liggen in belangrijke mate in de databeschikbaarheid. Als belangrijke reden hiervoor worden de meetkosten genoemd. Verder wordt er soms met een te grove resolutie of ongeschikte frequentie gemeten. Voor meerdere vragen gerelateerd aan klimaat, stormen en *washovers* geven respondenten aan dat event-afhankelijke monitoring nodig is. Met betrekking tot suppleties wordt genoemd dat er (te) weinig data is over bestaande suppleties. Verder worden sedimenttransporten niet systematisch gemeten. Ook wordt het belang van internationalisering genoemd; data uit buurlanden zijn bijvoorbeeld van belang voor vragen over uitwisseling tussen (delen van) getijdenbekkens, en over de Noordzee-Waddenzee uitwisseling.

Verder ontbreekt er fundamentele systeem- en proceskennis. Respondenten wijten dit aan de complexiteit van het systeem en waarschuwen dat zorgvuldige (monitorings)keuzes noodzakelijk zijn. Bijvoorbeeld het betrouwbaar meten van oorzaak-gevolg relaties, de effecten van suppleties, en sedimenttransporten wordt als gecompliceerd geschat. Met betrekking tot de effecten van suppleties wordt aangegeven dat bijvoorbeeld gekeken kan worden naar de monitoring en resultaten van de Zandmotor aan de Delflandse kust. Verder wordt er voorgesteld om voor bepaalde vragen experimenten en bijbehorende monitoring op te zetten, specifiek rond suppleties en het verkleinen van de sedimentvraag, en de mechanismen achter grootschalige sediment uitwisseling (respectievelijk kernvragen #18 & #27).

5.2 Innovaties in monitoring

De ontwikkelingen in informatietechnologie, cameratechnieken en automatiseringsmogelijkheden voor metingen zijn de laatste jaren in een stroomversnelling gekomen, en leveren relevante innovatiemogelijkheden voor monitoring. Respondenten zijn in de enquête gevraagd om relevante innovaties voor monitoring aan te geven. Men gaf in sommige gevallen ook suggesties voor nieuwe metingen ten behoeve van gesignaleerde kennisbehoeften.

De respondenten noemen vaak *remote sensing* technieken: het gebruik van satellietbeelden, radar (bijv SeaDarQ), LiDAR, Argus videotechniek, en hoge-

resolutie camera's aan vliegtuigjes. Daarbij gaat het om metingen aan morfologie, hydrodynamica, slib, en flora & fauna.

Verder doet men suggesties voor bestaande en te ontwikkelen nieuwe meetapparaten: ondiep water akoestische dopplerstroommeters (ADCP's) en andere akoestische methoden, en kleine meetinstrumenten met dataloggers (zelfregistrerende zwemmende en rijdende robots, *smart dust*).

Aanvullend worden suggesties gedaan voor de inzet van bestaande apparatuur op nieuwe manieren, specifiek wordt de inzet van *arrays* van druksensoren voor golfdissipatie genoemd. Ook wordt het belang van goede referentiedata genoemd (zoals betere referentie ten opzichte van NAP), hiermee valt of staat de uiteindelijke waarde van de analyses. Tot slot werd benoemd dat nieuwe (mobiele) *apps* het mogelijk maken om een groter publiek in te zetten voor het opnemen van temperatuur, luchtvochtigheid, morfologie, plantengroei, hoogteligging, of fotomateriaal.

Als belangrijke noot wijzen enkele respondenten op het feit dat technisch-methodologische innovaties vaak leiden tot *extra* data en daarmee wellicht betere informatie, maar niet automatisch tot het efficiënter maken van monitoringsinspanningen.

Tabel 5. Toelichting respondenten op redenen (ontbreken data en/of fundamentele systeemkennis) dat huidige monitoring voor geselecteerde kernvragen niet voldoet NB. 'nee, mits' kwalificatie gebaseerd op gecombineerde antwoorden 'nee' en 'ja, mits' antwoordcategorieën.

Vraag	Monitoring voldoet	Data-beschikbaarheid	Fundamentele systeemkennis	Anders	ID#
Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee?	Nee	• Veel parameters zowel fysisch als biologisch worden niet of met een te grove resolutie gemonitord. Voorbeelden: slib dynamiek en de zoet - zout verdeling worden onvoldoende gemonitord om goede modellering op te baseren. Met name de diepere geulen worden ook onvoldoende gemonitord met betrekking tot soortensamenstelling. • Mits de metingen van primaire productie en benthos Waddenzee breed worden uitgevoerd.	• Voor veel soorten en gemeenschappen is het niet duidelijk welke abiotische factoren regelrecht sturend zijn en waar co-variatie met andere factoren correlaties in het veld oplevert. Zolang die dwarsverbanden niet goed bekend zijn is het moeilijk je monitoring goed te prioriteren. • Hoewel er al veel en lang gemeten wordt ontbreekt nog zeer veel kennis. Door het complexe systeem is het zelfs de vraag of het ooit zullen ontrafelen. Over de keuze wat te monitoren moet misschien eerst eens zorgvuldig worden nagedacht. • Complexe materie vanwege door elkaar lopende processen. Veel verschillende onderdelen. Nadere bezinning over concrete invulling wenselijk door deskundigen.	• Deze zeer gecompliceerde vraag vraagt om meerjarig multidisciplinair onderzoek. Het is met recht een kernvraag, waarnaar veel onderzoek wordt gedaan, maar waarnaar meer onderzoek nodig is.	#7
Wat is het effect van suppleties in de Noordzeekustzone op het sedimenttransport naar de Waddenzee?	Nee	• Gegevens worden niet verzameld waarschijnlijk in verband met de kosten.	• De beschikbare data laten een analyse naar de invloeden van de suppleties niet toe. • Het kwantitatief bepalen van de zandstromen langs de kust en in de zeegaten is lastig maar nodig om de zin en het effect van suppleties te achterhalen.	• Het meten van sedimenttransport op grote tijd- en ruimteschaal (zoals hierboven aangegeven) is in de praktijk een groot probleem, vanwege veelheid aan en robuustheid en nauwkeurigheid van meetapparatuur, en dus hoge kosten. Het lopend onderzoek aan de "zandmotor" is wellicht eerst te voltooien alvorens in de Waddenzee onderzoek te doen.	#15
Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?	Nee	• Data is niet voldoende mate beschikbaar. Kosten voor inwinning • Bepaalde onderdelen (met name sediment dynamiek en stroming op intergetijdeplaten) worden onvoldoende gemonitord.	• Geen kennis oorzaak-gevolgrelaties.		#17
Waar kan er het beste gesuppleerd worden om de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering en menselijke ingrepen te verkleinen?	Nee	• Hier moet worden gezocht naar een optimale combinatie van alle aanwezige kennis en methodiek. Vraagt een sterk projectmatige aanpak, bijv. In de vorm van een grootschalig experiment. • Er voldoende parameters worden gemonitord	• Met name de sediment transport processen op de ebdelta en in het zeegat zijn zeer complex. Daardoor is het effect van suppleties vaak moeilijk in te schatten. Probleem is ook dat de eilanden worden gekenmerkt door een subtiele sedimentbalans; een grootschalige suppletie kan hierin ook verstorend werken.	• We weten wel wat gemonitord moet worden (golven, stromingen en sedimenttransporten en morfologische veranderingen): pas dan kunnen de kennisvragen die eronder liggen worden beantwoord.	#18

		• weinig data over bestaande suppleties, geen data over nog niet uitgevoerde suppleties.			
Wat zijn de gevolgen van suppleties in de Waddenzee?	Nee			• De kennis hiervoor ontbreekt in het waddengebied. Voor de kust is er wel veel meer kennis aanwezig. Daar wordt nu met de zandmotor ook verder gebouwd aan kennisuitbreiding. • Er wordt nu niet gesuppleerd in de Waddenzee. • Suppleren in de Waddenzee is nog niet uitgevoerd en daarom kan de gevolgen daarvan nog niet worden gemonitord.	#21
Wat is de rol van buitendelta's (ebgetijdendelta's) op de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?	Nee	• Probleem is combinatie van ontbrekende proceskennis en databeschikbaarheid. Er is nog maar zeer weinig bekend over de sediment transportprocessen op de ebdelta. De complexe 3D structuur van de morfologie en water-beweging vraagt ook om een sterk projectmatige benadering met modellen, gebruik remote sensing technieken (bijv. radar) en gerichte metingen. • Databeschikbaarheid in de Waddenzee. • Nog niet voldoende uitgezocht: geen gerichte metingen en weinig natuurwaarnemingen.	• Transport op de ebdelta is een complex proces van stromings- en golfgerelateerde processen met transport over de ebdelta en langs de kust, in kustdwarse richting naar en van de kust en via het zeegat naar binnen en naar buiten. Deze sediment-stromen zijn onvoldoende bekend.		#22
Wat is de sedimenttransportcapaciteit van de zeegaten?	Nee	• Zie vorige vraag rol ebdelta. • Nu geen systematische monitoring van sedimenttransport. • Gegevens worden niet verzameld waarschijnlijk in verband met de kosten of praktische problemen met de uitvoering			#26
Hoe kunnen getijbekkens sediment uitwisselen, welke mechanismen beïnvloeden deze uitwisseling?	Nee	• Veel parameters worden niet op de juiste frequentie gemonitord. • De data strekken zich niet ver genoeg uit naar het verleden zodat belangrijke events gemist worden die onze inzichten wezenlijk zouden verdiepen. Daarnaast wordt te weinig over de grens van het nl waddengebied gekeken: internationalisering is fundamenteel.	• Een aantal processen zijn onbegrepen of deels begrepen: experimentele monitoring en proeven zouden hier veel licht op kunnen werpen en een betere focus kunnen geven over waar en wat gemonitord moet worden.	• Ik vraag me af of eerdere uitgevoerd benut kan worden of nieuw onderzoek nodig is. • Historische reconstructies van de diverse kombergingsgebieden met een zo hoog mogelijke resolutie en zover teruggaand als maar mogelijk ontworpen door een combinatie van oude kaarten en delft-2d achtige stromings- en sedimenttransport-modellen zouden deel uit moeten gaan maken van de beschikbare monitoringsreeksen, zodat hindcast kan worden gedaan over langere perioden dan 30-70 jaar. Dit is mogelijk met de huidige inzichten.	#27
Wordt de Waddenzee troebeler?	Nee	• Te weinig geschikte data. • Kosten en inspanning.			#36

Wat is de invloed van biobouwers en andere organismen op de troebelheid in de Waddenzee?	Nee		• Troebelheidsmetingen ontbreken.	• Deze kernvraag vraagt om gericht onderzoek.	#37
Wat is de korrelgrootteverdeling op het wad?	Nee	• Databeschikbaarheid zeer gering. Kosten metingen hoog.		• Programma moet zo worden opgezet dat: 1) er sprake is van goede ruimtelijke dekking; 2) monsters in de tijd niet teveel uit elkaar liggen (anders kan de situatie ontstaan dat monsters genomen tijdens een rustig voorjaar in een zelfde dataset als monsters genomen na een herfststorm); 3) methode van monsteranalyse moet consistent zijn (van sampling tot voorbereiding en analyse). • Er worden onvoldoende vaak en met onvoldoende methodische continuïteit bodemkaarten van korrelgrootte gemaakt. • Duur • Mogelijkheden voor toepassing van remote sensing dienen nader te worden onderzocht. Voorlopige studies geven aan dat hiermee goed basisbeeld kan worden verkregen dat lokaal dient te worden gecontroleerd.	#42
Wat zijn de effecten van temperatuur en windrichting op sedimenthuishouding?	Nee		• Met name bij de temperatuur afhankelijkheid kan er voor slibtransport ook een belangrijke link met primaire productie liggen.	• Problematisch is het meten van de sedimenthuishouding (dit overlapt met opmerkingen bij andere kernvragen over sedimenttransport en sedimentatie).	#48
Welke kwaliteit sediment is nodig voor het herstel en op peil houden van natuurwaarden?	Nee	• Wordt niet gemeten. • Kosten en inspanning.			#50
Hoe groot zijn sedimenttransporten en waterbewegingen tijdens een storm?	Nee	• Kosten, inspanning, beschikbare tijdsvenster.			#53
Wat is de invloed van stormen op sedimenttransporten in en naar de Waddenzee?	Nee	• Er zijn geen metingen rond stormen bekend • Ik weet niet zeker in hoeverre monitoringdata in kader van bijvoorbeeld SBW of TESO metingen beschikbaar zijn. • Niet alle parameters worden voldoende gemonitord. • Kosten, inspanning en beschikbaar tijdsvenster voor de metingen.	• Ontbreken data.	• Meten tijdens stormen kan problematisch zijn. Er zijn geen permanente meetstations waar sedimenttransport gemeten wordt. • Een specifiek onderzoeksprogramma is nodig.	#54

Wat is het effect van stormen op de kwelder (klifvorming, kwelderkreken, vegetatie) en hoe (snel) herstelt de kwelder zich weer?	Nee/ Weet niet	• Waarschijnlijk valt er door gegevens huidige monitoring en lufo's te relateren aan stormen al veel af te leiden, maar waarschijnlijk valt er veel te winnen door na storm gericht te monitoren.		• Het ontbreekt aan event-afhankelijke metingen.	#56
Wat is de hoogte van het vloedmerk (veeklijnen) na een storm, als maat voor golfoploop?	Nee			• Ruimtelijk zeer gevarieerd en daarom erg duur.	#59
Wat is de mate van duinafslag als gevolg van een storm en (hoe snel) herstelt dit zich weer?	(jm/n/wn)	• Gegevens beschikbaar worden gesteld en gecombineerd, en eventueel aanvullende monitoring. • Databeschikbaarheid: idealiter moeten de duinprofielen voor en na storm bekend zijn.			#60
Wat is het cumulatieve effect van meerdere stormen op het systeem?	Nee			• Er zullen onderzoeksprojecten zijn geweest waarbij voor delen van de Waddeneilanden langs de Noordzeekust gedurende 1 of enkele jaren intensiever gemeten is (d.m.v. Argus monitoring). Ook voor sommige delen van de (kwelderkust) kust langs de Waddenzee zal dit het geval zijn (bijv. SBW, promotieonderzoeken), maar weinig zullen zich daarbij hebben gericht op het bepalen van de cumulatieve fysische en ecologische effecten van stormen en de implicaties daarvan voor de normering van waterkeringen. • Er is geen event-afhankelijk onderzoek.	#66
Wat is de invloed van sluf- en washover-vorming op eilanden op de veiligheid?	Nee (jm)	• Niet voldoende data beschikbaar van het effect van extreme "events". • Ontbreken van data.	• Proceskennis nog onvoldoende; zeker daar waar het golfaanval betreft op hele dissipatieve (vlakke) stranden en de duinvoet en de transportcapaciteit ten gevolg van deze golven.	• Mits de metingen van hoogte en vegetatie op eilanden wordt geïnterpreteerd in het licht van kustveiligheid.	#72
Hoe kunnen biobouwers worden ingezet ten behoeve van kustverdediging?	Nee (wn)		• Er is nog weinig bekend over de schaalinteracties, dus is het lastig te bepalen welke factoren gemeten moeten worden.	• Is voor een deel ook projectafhankelijk; de effecten van maatregelen kunnen worden gemonitord.	#79
Hoeveel golfenergie wordt tijdens een storm gedissipeerd op een kwelder?	Nee	• Vrijwel geen data beschikbaar in Nederland van golfvoortplanting over kwelder. • Dit wordt nu nog niet gemonitord. • Ontbreken van data. • Databeschikbaarheid. Er zou een meetcampagne voor opgezet kunnen worden.	• Mate van golfdissipatie zal sterk afhangen van een groot aantal variabelen, zoals hoogteligging, reliëf, vegetatietype en bedekking, inkomend golfveld etc. Vraagt gerichte procesmetingen in combinatie met modellering.		#81

		• Je moet hiervoor eerst een golfgootproef doen wil dit met succes in de natuur bemeten worden.			
Vertonen kwelders non-lineair gedrag, en welke consequenties heeft dit voor veiligheid en monitoring?	Nee	• Niet alle data op juiste resolutie beschikbaar.	• Databeschikbaarheid	• Wordt momenteel niet gedaan.	#85
Hoe veel golfenergie wordt door zeegrasvelden gedissipeerd?	Nee			• Dit type monitoring vindt in projecten plaats. Dan moet er eerst een geschikte locatie met zeegras zijn, en dan een project worden geïnitieerd.	#96
Onder welke omstandigheden hebben kwelders wel en geen invloed op de golfhoogte voor de dijk?	Nee		• Beperkte info (vooral uit Duitse waddengebied) beschikbaar op basis van veek-merken op de dijk.	• Gericht onderzoeksprogramma nodig. • Dit vereiste intensieve monitoring vanwege de heterogeniteit in het oppervlak.	#100
Wat is het effect van de bodemdaling op het getijdenverloop?	(j/jm)			• Er moet gemeten worden ten opzichte van een goede referentie voor de hoogte. Nu is kwaliteit van de referentie van dezelfde orde als het te meten effect (enkele centimeters)	#34
Is de sedimentatie in bekkens groter dan nodig ter compensatie van zeespiegelstijging? (hierbij wordt aanpassing aan afsluitingen dus niet meegenomen)	(j/jm)	• Mits hoogtemetingen zo nauwkeuriger kunnen worden uitgevoerd dat de sedimentatie kan worden bepaald.			#69
Hoeveel sediment wordt afgezet op kwelders?	Ja, mits			• Sommige gebieden worden uitgebreid onderzocht andere helemaal niet tot minder intensief. Hoewel dekking niet volledig is kan het algemene opslibbingsbeeld voor de Waddenzee kwelders er wel uit gedestilleerd worden. Metingen tijdens event zijn zeldzaam.	#40
Wat is de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering?	Ja, mits / Nee	• De routinemetingen m.b.t. De kustvakken en de wadden worden wel periodiek uitgevoerd. Er zijn echter ook incidentele metingen nodig om het effect van events in beeld te brengen. • Datakosten voor inwinning. • Data van bodemligging zijn niet erg nauwkeurig. / data van korrelgrootte van het bodemsediment niet/nauwelijks beschikbaar. • Databeschikbaarheid en de mogelijkheid om data en modellen te combineren. • Met name slib wordt te weinig (ruimtelijk en temporeel) gemeten.	• Vooral de relatie tussen sedimenttransport en de drijvende krachten. • Systeemkennis is niet alleen op monitoring gebaseerd.	• Er wordt veel gemeten, maar niet alle parameters. • Duur	#16

Wat is het effect van stormen op de hoogteligging van het dijkvoorland (wad en/of kwelder) en hoe (snel) vindt er herstel plaats?	Ja, mits (n)			• Er gericht wordt gemonitord en gericht informatie wordt gecombineerd.	#57
Wat is de golfdissipatie over mossel- en oesterbanken?	(jm/n)	• Er wordt op dit moment in het kader van het project Mosselwad (Waddenfonds en Ministerie van I&M, provincie Friesland en Noord-Holland) gewerkt aan dit onderwerp, zowel op basis van metingen als modelberekeningen. • Databeschikbaarheid. Een golfmeetprogramma zou de benodigde data kunnen leveren.	• Processen worden op dit moment in Mosselwad nader in kaart gebracht.		#91

6 BEVINDINGEN IN CONTEXT DELTAPROGRAMMA WADDENGEBIED

6.1 Specifieke thema's voor Deltaprogramma Waddengebied

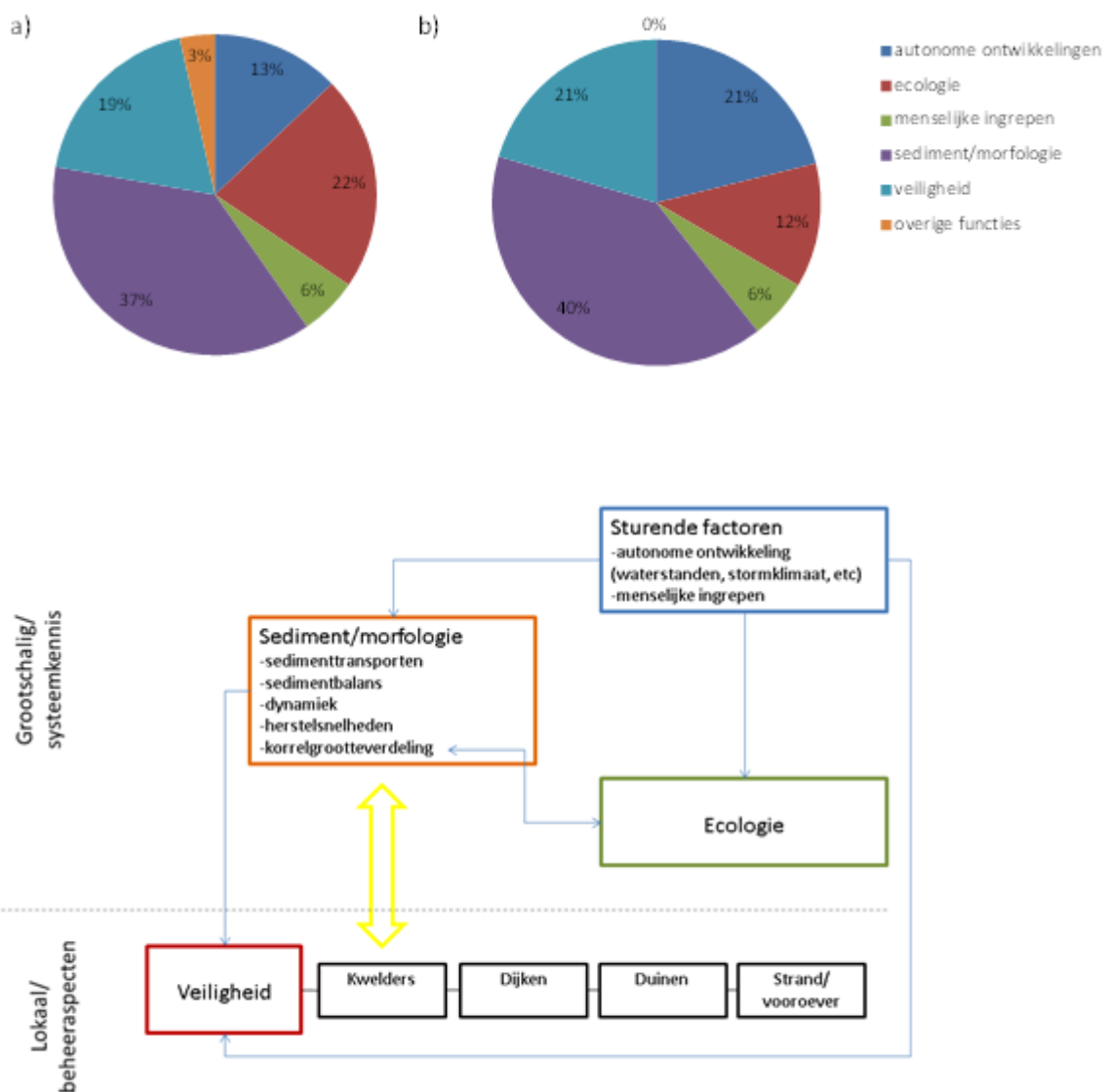
Binnen het Deltaprogramma Waddengebied is er specifieke aandacht voor de thema's Adaptation Tipping Points (ATP) en Quick Reaction Force (QRF). Een Adaptation Tipping Point is een situatie waarin het systeem (fysisch, ecologisch en/of sociaal-economisch) onder invloed van zeespiegel-stijging of klimaatverandering zo verandert, dat de huidige strategieën voor - in dit geval - waterveiligheid niet meer voldoende zijn. Een Quick Reaction Force is eventafhankelijke monitoring zoals gerelateerd aan stormen.

Vanuit het inhoudelijke perspectief van Deltaprogramma Waddengebied zijn thematische relaties gedefinieerd, op basis van de geselecteerde kernvragen en onderliggende voorgestelde analysevariabelen (Figuur 4c). Figuur 4a laat de verdeling van de kernvragen over deze thema's zien, en Figuur 4b de verdeling van de geselecteerde kernvragen. Vooral de autonome ontwikkelingen (waterstanden, stormklimaat, etc.) zijn relatief vaker geselecteerd, de ecologie minder vaak. De thema's die het meest belangrijk worden gevonden zijn sediment/morfologie, autonome ontwikkelingen en veiligheid.

6.2 Adaptation Tipping Points

De vragen die geselecteerd zijn binnen het vooraf gedefinieerde thema ATP betreffen het gedrag van washovergeulen op de eilanden, geulen in de buurt van waterkeringen, en de herstelsnelheid na stormen. ATP's kunnen gesignaleerd worden door een verandering in de verhouding tussen zeespiegelstijging en sedimentatie in de bekkens op verschillende ruimtelijke schalen en de verhouding tussen het getijprisma en de natte doorsnede van de geulen in elk bekken. Binnen het ecologische systeem kan er worden gekeken naar de verhouding tussen de oppervlaktes van de pionierzone van kwelders, de climaxvegetatie op kwelder en de niet-begroeide intergetijdeplaten grenzend aan de kwelder.

Gezien het thema waterveiligheid van DPW is zeespiegelstijging één van de belangrijkste parameters, die dan ook in de top tien van meest genoemde te monitoren parameters staat (Tabel 4). De zeespiegelstijging kan bepaald worden uit waterstandsmetingen. Uit de enquête volgt dat deze metingen toereikend zijn en dat een periode van 10-50 jaar nodig is om trends te herkennen. "Veranderingen in stormklimaat" is ook vaak geselecteerd, en wordt genoemd als één van de belangrijkste parameters waarmee veranderingen in het systeem snel kunnen worden gedetecteerd. Ook hierbij wordt langdurig meten als belangrijk gezien.



4. Thematische voorkeuren van respondenten volgens indeling Deltaprogramma Waddengebied (NB-sommige vragen ingedeeld bij meerdere thema's) en conceptuele samenhang a) thematische verdeling van alle vragen (nvraag=171); b) thematische verdeling van gekozen vragen (minimaal 4x geselecteerd; Nkeuze=282); c) Conceptuele samenhang op basis van inbreng kennis- en informatiebehoeften en genoemde analysevariabelen

Verder is het thema ATP zeer breed, zodat veel geselecteerde kernvragen op de een of andere wijze ermee verbonden zijn, met name waar het om veranderingen in de staat van het systeem of de sturende factoren gaat. In een aparte rapportage voor DPW wordt dit verder uitgewerkt.

Om de sedimentatie in de bekkens te kunnen bekijken moet onderscheid gemaakt kunnen worden tussen verschillende oorzaken van sedimentvraag (bijv. gaswinning, zeespiegelstijging, afsluiting Zuiderzee/Lauwerszee). Het bepalen van

sedimentatie in de bekkens vereist lange tijdreeksen, omdat de meetfout groot is en het aantal metingen beperkt (elke zes jaar voor de bekkens). Daarvoor inzicht in sedimenttransporten evident. De respondenten geven aan dat er een gebrek aan metingen is op dit gebied.

6.3 Quick Reaction Force

Van de kernvragen die binnen het thema QRF vallen, is het effect van stormen op de Waddenzee het meest geselecteerd. Daarnaast zijn golfdissipatie op kwelders (en daarmee golfbelasting op de dijk en de kwantificering daarvan m.b.v. veecklijnen) en de herstelsnelheden van het systeem (duinen, dijkvoorland) relatief vaak genoemd. Het ligt voor de hand dat veel van deze metingen event-gerelateerd zullen zijn, namelijk rond stormen, maar ook continue metingen zoals waterstanden worden aangegeven. Voor het beantwoorden van veel van deze vragen is in de eerste instantie onderzoeksgerichte en tijdelijke, projectmatige monitoring nodig. Op ruimtelijke schaal concentreren de vragen rond sedimenttransporten tijdens stormen zich op buitendelta's, wantijen en kwelders. Door de respondenten worden de wens uitgesproken om de SBW golfmetingen te continueren, zodat een langere tijdreeks kan worden verkregen.

7 CONCLUSIES

De kennis- en informatiebehoefte binnen het thema Klimaat & Veiligheid richten zich in belangrijke mate op meetvragen rondom klimaatverandering/zeespiegelstijging, de morfologische ontwikkeling, en het effect van stormen. Meer specifiek hierbinnen worden veranderingen in stormklimaat/waterstanden, en veranderingen in sedimentvraag/transport genoemd.

Vragen over systeemveranderingen zoals klimaat en de samenhangende gevolgen, en vragen over de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee hebben een routinematige en lange-termijn monitoring nodig. Voor de meeste kennisvragen is een schaal van 10 – 100 km² voor monitoring het meest relevant.

Bodemligging, golven en sedimenttransport zijn prioritaire analysevariabelen. Van de huidige metingen voldoen met name de waterstanden aan de meetbehoefte. Echter, aanpassing van monitoring is nodig voor vragen met betrekking tot suppleties, stormen, sedimenttransport, sediment (troebelheid, korrelgrootteverdeling) en golfdissipatie.

Belangrijke en efficiënte innovaties in de monitoring zijn te behalen door de inzet van *remote sensing* technieken. De instelling van event-afhankelijke monitoring is gewenst voor vragen met betrekking tot stormen en de daarbij optredende *overwash*.

8 BIJLAGEN

Tabel A1. Inputlijst kennis- en informatievragen Klimaat & Veiligheid. * - geselecteerd bij eerste selectie; ** geselecteerde kernvraag; **** geselecteerde kernvraag door minimaal vier respondenten, - niet geselecteerd.

ID#	VRAGEN	
Hoe verandert het klimaat en wat zijn daar de gevolgen van?		
1	Wat zijn de veranderingen in gemiddeld zeeniveau?	**
2	Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	****
3	Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	****
4	Wat zijn de veranderingen in afvoeren?	**
5	Wat zijn de veranderingen in watertemperatuur?	*
6	Wat zijn de veranderingen in neerslag/droogte?	**
7	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee?	****
8	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	****
9	(Hoe) kunnen de effecten van aan visserij gerelateerde maatregelen op soortensamenstellingen worden onderscheiden van de effecten van klimaatverandering?	*
10	Wat zijn de gevolgen van een veranderend klimaat op de waterkwaliteit?	*
11	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op toerisme, recreatie, landbouw, visserij en andere economische sectoren?	-
12	Wat is de invloed van veranderende neerslag/droogteperiode op het spuien in de Waddenzee?	**
13	Hoe verandert het baggerbezwaar in havens als gevolg van klimaatverandering/hoe kan het baggerbezwaar verminderd worden?	**
14	Wat is de invloed van de Waddenzee op de verzuring van de Noordzee?	-
Hoe verloopt de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?		
15	Wat is het effect van suppleties in de Noordzeekustzone op het sedimenttransport naar de Waddenzee?	****
16	Wat is de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering?	****
17	Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?	****
18	Waar kan er het beste gesuppleerd worden om de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering en menselijke ingrepen te verkleinen?	****
19	Kunnen suppleties in de Waddenzee worden gebruikt om de sedimentvraag als gevolg van zeespiegelstijging en menselijke ingrepen te verkleinen?	*
20	Waar zou het beste gesuppleerd kunnen worden in de Waddenzee?	-
21	Wat zijn de gevolgen van suppleties in de Waddenzee?	**

ID#	VRAGEN	
22	Wat is de rol van buitendelta's (ebgetijdendelta's) op de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?	****
23	Hoe ontwikkelen de buitendelta's zich?	**
24	Welke processen bepalen de vorm en afmetingen van een buitendelta?	****
25	Wat veroorzaakt de cycliciteit van buitendelta's?	**
26	Wat is de sedimenttransportcapaciteit van de zeegaten?	****
27	Hoe kunnen getijbekkens sediment uitwisselen, welke mechanismen beïnvloeden deze uitwisseling?	****
28	Welke factoren bepalen de boomvormige structuur van de geulsystemen?	-
29	Welke factoren beïnvloeden de plaats en verplaatsing van wantijen?	*
30	Wat is de verhouding platen/geulen?	**
31	Welke processen bepalen geul-plaat interacties?	****
32	In hoeverre zijn plaat-geul interacties van belang m.b.t. het verdrinken van de wadplaten?	-
33	Vertonen geulen en wadplaten non-lineair gedrag, en welke consequenties heeft dit voor veiligheid en monitoring?	**
34	Wat is het effect van de bodemdaling op het getijdenverloop?	**
35	Hoe verandert de natuurlijke dynamiek op de eilanden (washover, stormerosie en eolisch zandtransport) en de robuustheid van de eilanden als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging?	****
	Hoe ziet de slibhuishouding in de Waddenzee eruit?	
36	Wordt de Waddenzee troebeler?	**
37	Wat is de invloed van biobouwers en andere organismen op de troebelheid in de Waddenzee?	**
38	Zijn er verschuivingen in benthos populatie? En heeft dit effect op de zand- en slibhuishouding?	**
39	Wat is de invloed van kwelders op de troebelheid in de Waddenzee?	*
40	Hoeveel sediment wordt afgezet op kwelders?	**
41	Wat is de seizoensgebonden opslag van sediment door diatomeeën op het wad?	*
42	Wat is de korrelgrootteverdeling op het wad?	****
43	Hoeveel fijn sediment is er beschikbaar voor de kwelders?	*
44	Zijn er verschuivingen in micro-algen populaties/bedekking?	*
45	Wat is de invloed van de haveninrichting (vorm, havenhoofden) op het baggerbezwaar?	**
46	Wat is de invloed van spuien op baggerbezwaar in de haven?	*
47	Hoe wordt het baggerbezwaar beïnvloed worden door alleen te spuien tijdens afgaand water?	-
48	Wat zijn de effecten van temperatuur en windrichting op sedimenthuishouding?	**
49	Wat is het natuurlijke slibgehalte in de Eems-Dollard?	**

ID#	VRAGEN	
50	Welke kwaliteit sediment is nodig voor het herstel en op peil houden van natuurwaarden?	**
51	Welke korrelgroottes zijn er nodig voor opslibbing in de Waddenzee en zijn deze korrelgroottes voorhanden in het geïmporteerde sediment?	**
52	Wat zijn de effecten van de afsluitingen op de slibhuishouding en in welke verhouding staan die tot effecten van overige gebruiksvormen?	**
Wat is het (cumulatieve) effect van stormen op het Waddenzeesysteem?		
53	Hoe groot zijn sedimenttransporten en waterbewegingen tijdens een storm?	**
54	Wat is de invloed van stormen op sedimenttransporten in en naar de Waddenzee?	****
55	Wat is het effect van stormen op de buitendelta?	**
56	Wat is het effect van stormen op de kwelder (klifvorming, kwelderkreken, vegetatie) en hoe (snel) herstelt de kwelder zich weer?	****
57	Wat is het effect van stormen op de hoogteligging van het dijkvoorland (wad en/of kwelder) en hoe (snel) vindt er herstel plaats?	****
58	Hoeveel sediment wordt door stormen afgezet op kwelders?	**
59	Wat is de hoogte van het vloedmerk (veeklijnen) na een storm, als maat voor golfoploop?	****
60	Wat is de mate van duinafslag als gevolg van een storm en (hoe snel) herstelt dit zich weer?	****
61	Is de eilandstaart kleiner geworden als gevolg van een storm en herstelt deze zich weer?	*
62	Wat is het effect van cumulatieve stormen op de eilandstaarten?	*
63	Waar is tijdens een storm vegetatie weggeslagen op de eilandstaarten en -koppen en hoe snel herstelt zich dit weer?	*
64	Hoeveel zand wordt door overwash geërodeerd en afgezet op de eilanden?	**
65	Hoe snel herstelt het systeem zich na een storm?	****
66	Wat is het cumulatieve effect van meerdere stormen op het systeem?	**
Wanneer worden Adaptation Tipping Points bereikt?		
67	Verandert de herstelsnelheid na stormafslag? (als indicatie voor het naderen van een system tipping point = waar het systeem plotseling van gedrag of staat verandert)	**
68	Vindt er terugschrijdende vegetatieontwikkeling plaats op de kwelders die een indicatie geeft voor verdrinking?	**
69	Is de sedimentatie in bekkens groter dan nodig ter compensatie van zeespiegelstijging? (hierbij wordt aanpassing aan afsluitingen dus niet meegenomen)	**
70	Wat is de verhouding tussen getijvolume en natte doorsnede van geulen in de bekkens?	*
71	Hoe functioneert de kustverdediging en kunnen toereikende (hybride) keringen worden ontwikkeld?	**
72	Wat is de invloed van slufter- en washover-vorming op eilanden op de veiligheid?	****
73	Wat is de invloed van Brede Dijken (nieuwe multifunctionele dijkvorm) op zoet-zoutovergangen en hoogwatervluchtplaatsen?	**
74	Wat is de invloed van Brede Dijken op kwelders?	**
75	Wat is de invloed van veranderend stormklimaat/ijsgang op de stabiliteit en voorkomen van mossel- en oesterbanken?	****
76	Wat (hoe groot) is de vegetatiebedekking op zeewerende duinen?	-

ID#	VRAGEN	
77	Migreren geulen in de buurt van waterkeringen , waardoor de veiligheid in het geding zou kunnen komen?	****
78	Waar vertonen dijken onder extreme omstandigheden zwakke plekken? (piping, kwel, loslatende bekleding)	****
	Hoe (goed) functioneren biogene structuren (kwelders, mossel- en oesterbanken) als kustverdediging?	
79	Hoe kunnen biobouwers worden ingezet ten behoeve van kustverdediging?	**
80	Zijn nieuwe technieken voor kustverdediging succesvol?	**
81	Hoeveel golfenergie wordt tijdens een storm gedissipeerd op een kwelder?	****
82	Wat is de hoogte van het dijkvoorland (wad en/of kwelder)?	**
83	Wat zijn de vegetatiekenmerken op de kwelder (ruimte en tijd) van belang voor golfdemping en voorkoming van erosie?	*
84	Vinden er veranderingen in krek patroon op de kwelder plaats die invloed hebben op de golfreductie?	*
85	Vertonen kwelders non-lineair gedrag, en welke consequenties heeft dit voor veiligheid en monitoring?	**
86	Wat is de verhouding van de oppervlakt pionierzone/kwelder/wad? Hoe verandert dit door de tijd?	**
87	Wat is het hoogteverschil tussen wad en kwelder? (maat voor stabiliteit kwelder)	*
88	Wat is het effect van lange droogteperiodes op een kwelder?	**
89	Heeft beweiding van kwelders een positief of negatief effect op veiligheid?	**
90	Wat zijn de ruimtelijke verschillen in kweldererosie?	*
91	Wat is de golfdissipatie over mossel- en oesterbanken?	**
92	Vertonen mossel- en oesterbanken non-lineair gedrag, en welke consequenties heeft dit voor veiligheid en monitoring?	*
93	Wat zijn de afmetingen, leeftijd en stabiliteit van mossel- en oesterbanken die een functie hebben voor de veiligheid?	*
94	Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	**
95	Zijn zeegrasvelden geschikt als kustverdediging?	*
96	Hoe veel golfenergie wordt door zeegrasvelden gedissipeerd?	**
97	Waar bevinden zich begroeide strandvlaktes (groene stranden) die kunnen fungeren als golfbreker, hoe groot zijn deze en hoe sterk/groot is de vegetatiebedekking?	*
98	Hoe groot zijn de volumes zand in zeerepen (dit ivm dynamisch beheer)?	**
99	Hoe beïnvloeden de toegenomen intensiteit en/of frequentie van verstoringen zoals winterstormen en/of ijsgang de stabiliteit en voorkomen van eenmaal gevestigde mosselbanken?	*
100	Onder welke omstandigheden hebben kwelders wel en geen invloed op de golfhoogte voor de dijk?	****
101	Wat is het effect van dynamisch zeerepbeheer op veiligheid en natuur?	****
	Hoe groot zijn de broeikasgasemissies (kooldioxide, methaan en lachgas) uit het waddengebied?	
102	Wat is het aandeel van menselijke activiteiten in de uitstoot van broeikasgas in het Waddengebied?	-
103	Welke mechanismen bepalen de natuurlijke broeikasgasemissies uit het Waddengebied?	**

Tabel A2. In de tabel is aangegeven hoeveel van de respondenten de verdiepingsslag naar het niveau van analysevariabelen, en naar het niveau van meetvariabelen hebben gemaakt. N: aantal keren dat vraag door respondenten is geselecteerd, sortering van hoog naar laag. Alle vragen met $N \geq 4$ staan weergegeven.

	Vraag	N (# resp)	Niv ana (# resp)	Niv meet (# resp)	ID#
1.	Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	10	8	5	#2
2.	Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	10	7	2	#3
3.	Wat is de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering?	10	6	5	#16
4.	Wat is de invloed van stormen op sedimenttransporten in en naar de Waddenzee?	10	9	9	#54
5.	Hoe verandert de natuurlijke dynamiek op de eilanden (washover, stormerosie en eolisch zandtransport) en de robuustheid van de eilanden als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging?	8	5	3	#35
6.	Waar kan er het beste gesuppleerd worden om de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering en menselijke ingrepen te verkleinen?	7	4	3	#18
7.	Waar vertonen dijken onder extreme omstandigheden zwakke plekken? (piping, kwel, loslatende bekleding)	7	3	0	#78
8.	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	6	5	4	#8
9.	Hoe kunnen getjebekkens sediment uitwisselen, welke mechanismen beïnvloeden deze uitwisseling?	6	6	5	#27
10.	Wat is de korrelgrootteverdeling op het wad?	6	4	4	#42
11.	Hoe snel herstelt het systeem zich na een storm?	6	2	2	#65
12.	Hoeveel golfenergie wordt tijdens een storm gedissipeerd op een kwelder?	6	6	5	#81
13.	Onder welke omstandigheden hebben kwelders wel en geen invloed op de golfhoogte voor de dijk?	6	4	2	#100
14.	Wat is het effect van dynamisch zeerepbeheer op veiligheid en natuur?	6	5	3	#101
15.	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee?	5	5	4	#7

16.	Wat is het effect van suppleties in de Noordzeekustzone op het sedimenttransport naar de Waddenzee?	5	5	4	#15
17.	Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?	5	4	2	#17
18.	Wat is de sedimenttransportcapaciteit van de zeegaten?	5	4	4	#26
19.	Welke processen bepalen geul-plaat interacties?	5	4	2	#31
20.	Wat is het effect van stormen op de hoogteligging van het dijkvoorland (wad en/of kwelder) en hoe (snel) vindt er herstel plaats?	5	3	2	#57
21.	Wat is de rol van buitendelta's (ebgetijdendelta's) op de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?	4	3	3	#22
22.	Welke processen bepalen de vorm en afmetingen van een buitendelta?	4	3	2	#24
23.	Wat is het effect van stormen op de kwelder (klifvorming, kwelderkreken, vegetatie) en hoe (snel) herstelt de kwelder zich weer?	4	3	1	#56
24.	Wat is de hoogte van het vloedmerk (veeklijnen) na een storm, als maat voor golfoploop?	4	2	1	#59
25.	Wat is de mate van duinafslag als gevolg van een storm en (hoe snel) herstelt dit zich weer?	4	2	0	#60
26.	Wat is de invloed van slufte- en washover-vorming op eilanden op de veiligheid?	4	3	3	#72
27.	Wat is de invloed van veranderend stormklimaat/ijsgang op de stabiliteit en voorkomen van mossel- en oesterbanken?	4	3	3	#75
28.	Migreren geulen in de buurt van waterkeringen, waardoor de veiligheid in het geding zou kunnen komen?	4	3	3	#77
29.	Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	4	2	0	#94

Tabel A3. Thematische ordening van kernvragen, inclusief een samenvatting van specificaties welke respondenten aan de vragen hebben gegeven.

	Thema	Vraag	Specificaties vanuit respondenten	ID
	Autonoom			
1.	klimaat	Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	• Richting (baan); frequentie; intensiteit (en onzekerheid); focus op waterstanden, golven en wind.	#2
2.	klimaat	Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	• Gemiddeld zeeniveau, HW en LW inclusief doortij-springtij karakteristieken; maximale/ extreme waterstanden; droogvalduur, -frequentie en -hoogte van wadplaten en kwelders; veranderingen van Noordzee naar vasteland.	#3
3.	ecologie; klimaat	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee?	• Temperatuur, regenintensiteit, stormintensiteit, zuurgraad en zeespiegelstijging; focus op basis voedselweb, i.e. primaire- en secundaire productie.	#7
4.	ecologie; klimaat	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	• Gevoeligheid van soorten voor temperatuur, strenge winters, stormfrequentie en variatie in zoetwaterbelasting.	#8
5.	ecologie; klimaat; ATP	Wat is de invloed van veranderend stormklimaat/ijsgang op de stabiliteit en voorkomen van mossel- en oesterbanken?	• Deze vraag is onderdeel van Mosselwad.	#75
6.	menselijke ingreep; sediment/morfologie	Waar kan er het beste gesuppleerd worden om de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering en menselijke ingrepen te verkleinen?	• Naast 'waar' ook hoeveelheden en frequenties; 1) Waar (en hoeveel) suppletie voor waarborging veiligheid eilanden 2) Voor eigen dynamiek Waddenzee → waar kunnen we dan het beste suppleren? • Op welke plaatsen kun je zand suppleren met vervolgens (= later in tijd) minimaal transport richting locaties waar dit ongewenst is.	#18
7.	sediment/morfologie	Wat is de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering?	• Deze vraag opsplitsen in: 1) hoeveel sediment is nodig om mogelijk versterkte zeespiegelrijzing te kunnen compenseren? 2) hoeveel sediment nodig voor garanderen veiligheid Noordzeekust 3) hoeveel sediment is nodig om er voor te zorgen dat de onbedijkte delen van de eilanden in staat zijn om aggradatie te bewerkstelligen? • Met name <i>sedimentsamenstelling</i> ook van belang	#16
8.	sediment/morfologie ; veiligheid	Hoe verandert de natuurlijke dynamiek op de eilanden (washover, stormerosie en eolisch zandtransport) en de robuustheid van de eilanden als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging?	• Kunnen washover vorming en eolisch transport, al of niet in combinatie met stormerosie bijdragen aan de robuustheid van de eilanden waardoor de eilanden beter in staat zijn om een klimaatverandering en zeespiegelrijzing aan te kunnen?	#35
	Ecologie			
9.	sediment/morfologie; slibhuishouding	Wat is de korrelgrootteverdeling op het wad?	• In combinatie met de (massa)dichtheid van de bodem; in combinatie met bodemslibgehalte, als een belangrijke habitatfactor in relatie tot voorkomen type bodemdieren.	#42
10.	sediment/morfologie; stormen	Wat is het effect van stormen op de kwelder (klifvorming, kwelderkreken, vegetatie) en hoe (snel) herstelt de kwelder zich weer?	• Specifiek ook het effect van stormen op het oppervlak van de kwelder.	#56
11.	veiligheid; biogene structuren	Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	• Is onderzoeksvraag.	#94

12.	veiligheid; biogene structuren	Wat is het effect van dynamisch zeereepbeheer op veiligheid en natuur?	• Invloed van dynamisch zeereepbeheer op mate van verstuing, mate van bescherming tegen golfaanval en overstroming; invloed op depositie landinwaarts en verjonging van de natuur? • Veiligheid beschouwen in termen van sterkte zandige kering, natuur in termen van effect op doelsoorten.	#101
	Menselijke ingreep			
13.	sediment/morfologie	Wat is het effect van suppleties in de Noordzeekustzone op het sedimenttransport naar de Waddenzee?	• Waar gaat het zand heen en beïnvloedt dit de sedimentsamenstelling?	#15
14.	sediment/morfologie	Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?		#17
	Sediment/morfologie			
15.		Wat is de rol van buitendelta's (ebgetijdendelta's) op de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?	• 1) de mate waarin de ebdelta dient als (tijdelijk) reservoir van sediment (en daarmee ook als doorgeefluik naar kust van eiland en via getij-inlaat naar de Waddenzee); 2) de mate waarin de ebdelta van invloed is op processen in de Waddenzee, en met name het aspect van de golfvoortplanting van Noordzee naar Waddenzee.	#22
16.	sediment/morfologie	Welke processen bepalen de vorm en afmetingen van een buitendelta?		#24
17.	sediment/morfologie	Wat is de sedimenttransportcapaciteit van de zeegaten?	• Samenhang met #5; volume zand/sediment dat gemiddeld per jaar via de buitendelta's zeegaten de Waddenzee bereikt, en wat is aandeel suppletiezand hierin.	#26
18.	sediment/morfologie	Hoe kunnen getijbekkens sediment uitwisselen, welke mechanismen beïnvloeden deze uitwisseling?	• De karakteristieken van de waterbeweging (m.n. getij-asymmetrie) in relatie tot getijverschil en morfologie, en in combinatie met het type sediment, de gevolgen voor het (netto) sedimenttransport; sedimenttransport over de wantijen.	#27
19.	sediment/morfologie	Welke processen bepalen geul-plaat interacties?	• 1) opbouwende werking van platen onder invloed van getijprocessen (overstroming, aanvoer en afzetting van sediment); 2) bepalen van erosieve krachten onder invloed van golfwerking; 3) eventuele bijdrage van golven aan opbouw plaat doordat sediment hoger op de plaat wordt gebracht (asymmetrie transport); 4) sedimenttransport tussen geul en plaat en hoe groot is die jaargemiddelde uitwisseling.	#31
20.	stormen	Wat is de invloed van stormen op sedimenttransporten in en naar de Waddenzee?	• Wat is de bijdrage van stormen aan het netto transport van/naar de Waddenzee? • sedimenttransporten van en naar kwelders en platen (plaat-geul uitwisseling) en in en uit de Waddenzee.	#54
21.	stormen	Hoe snel herstelt het systeem zich na een storm?	• Focus op morfologie, troebelheid, flora en fauna; belangrijk om te kijken op verschillende (systeem) schaalniveaus.	#65
22.	sediment/morfologie; veiligheid	Hoeveel golfenergie wordt tijdens een storm gedissipeerd op een kwelder?		#81
23.	veiligheid; biogene structuren	Onder welke omstandigheden hebben kwelders wel en geen invloed op de golfhoogte voor de dijk?	• Zie ook de antwoorden op de gerelateerde vragen: - Wat is het effect van stormen op de hoogteligging van het dijkvoorland en hoe vindt herstel plaats? - Wat is het cumulatieve effect van meerdere stormen?	#100

			Omstandigheden worden hier geïnterpreteerd als wind- en waterstandscondities. Hoe groot is genoemde invloed voor verschillende golfomstandigheden en kwelders?	
24.	Veiligheid; ATP	Wat is de invloed van sluffer- en washover-vorming op eilanden op de veiligheid?	• 1) Zijn sluffers en washovers van invloed op de golfaanval op een eiland? • 2) Welke rol spelen sluffers en washovers wat betreft de overstrooming van eilanden en in hoeverre een bedreiging voor dijken en waterkeringen?	#72
25.	Veiligheid; ATP	Migreren geulen in de buurt van waterkeringen , waardoor de veiligheid in het geding zou kunnen komen?	• In samenhang met deze vraag zou naar de stabiliteit van de keringen gekeken kunnen worden.	#77
26.	Veiligheid; stormen	Wat is het effect van stormen op de hoogteligging van het dijkvoorland (wad en/of kwelder) en hoe (snel) vindt er herstel plaats?		#57
27.	Veiligheid; stormen	Wat is de mate van duinafslag als gevolg van een storm en (hoe snel) herstelt dit zich weer?	• Aanvullende vraag of dit zand op het strand blijft of in de kustzone direct voor het strand.	#60
	Veiligheid			
28.	ATP	Waar vertonen dijken onder extreme omstandigheden zwakke plekken? (piping, kwel, loslatende bekleding)		#78
29.	stormen	Wat is de hoogte van het vloedmerk (veeklijnen) na een storm, als maat voor golfoploop?		#59

Tabel A4. Toelichting op tijd- en ruimteschalen door respondenten.

Duur	Frequentie	Vraag	• Toelichting door respondenten (per bullet)	ID#
combinatie	continue/periodiek/ event-afh	Hoe kunnen getijbekkens sediment uitwisselen, welke mechanismen beïnvloeden deze uitwisseling?	• Het gaat om inzicht in de mate waarin kombergingen sediment en water uitwisselen.	#27
combinatie	periodiek	Wat is het effect van suppleties in de Noordzeekustzone op het sedimenttransport naar de Waddenzee?	• Voor zandtransport als gevolg van een kustsuppletie van "normale" omvang zal het effect van deze verstoring/verandering waarschijnlijk niet zichtbaar zijn op grotere tijd- en ruimteschalen dan aangegeven. Dit heeft te maken met de aanpassingstijd/-afstand van zwevend zandtransport.	#15
combinatie (l/t)	event-afh	Wat is het effect van stormen op de hoogteligging van het dijkvoorland (wad en/of kwelder) en hoe (snel) vindt er herstel plaats?	• We weten nog relatief weinig over dit onderwerp. Het is wel van belang voor normtoetsing van eventuele toekomstige hybride veiligheidsstrategieën. Daarom in eerste intensieve onderzoeks georiënteerde projectmonitoring gericht op kennisontwikkeling en mogelijk routinematige monitoring als hybride keringen als veiligheidsstrategie worden geïmplementeerd. • Deze tijd- en ruimteschalen zijn wenselijk, maar misschien is het niet haalbaar.	#57
lange-termijn	continue	Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	• Hoe langer de meetserie hoe beter de trend, maar na 10-50 jaar al een redelijk beeld. • Ruimtelijk schaal minimaal een ecologische eenheid (komberging) binnen de Waddenzee.	#3
lange-termijn	continue	Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	• Veranderingen in stormklimaat zijn heel belangrijk, maar extremen zijn zeldzaam (die wij hopelijk nooit mee zullen maken). Omdat veiligheidsbeleid is gebaseerd op deze input, is het dus belangrijk om modellen zo goed mogelijk te kalibreren (en dus voortdurend data te verzamelen). • Verandering in stormklimaat is kwestie van lang (blijven) volgen. Belangrijk is wel dat er tijdens stormen (events) ook metingen aan verschillende parameters worden uitgevoerd hoe moeilijk dat ook is. • Ruimtelijk schaal minimaal een ecologische eenheid (komberging) binnen de Waddenzee.	#2
lange-termijn	event-afh	Wat is het effect van stormen op de kwelder (klifvorming, kwelderkreken, vegetatie) en hoe (snel) herstelt de kwelder zich weer?	• Er zijn hier verschillende tijd en ruimteschalen mogelijk. Moeilijk om aan het effect van stormen op kwelders ook nog eens het effect van klimaatverandering te relateren.	#56
lange-termijn	onvold data	Wat is het effect van de bodemdaling op het getijdenverloop?	• Bodemdaling zal sowieso erg langzaam gaan. veranderingen ven getijdestromen volgt daarop. dus zaak van lange adem.	#34
lange-termijn	periodiek	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	• Probeer hier bio-indicatoren te selecteren waarvan we weten of verwachten dat ze gevoelig zijn voor veranderingen in het klimaat (bijv. via gevoeligheid voor temperatuur, zoutgehalte/zoetwater aanvoer, wind -en golfcondities). • Ruimteschaal betreft (delen van) de Waddenzee, tijdschaal meerdere jaren tot maximaal 50 jaar, zowel periodieke als event-afhankelijke (stormen) metingen zijn noodzakelijk.	#8
lange-termijn	periodiek	Wat is de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering?	• Er is nu nog veel onbekend. als sedimenttransport in kaart is gebracht is al veel bereikt. ik denk dat er niet heel grote verschuivingen plaats gaan vinden als gevolg van klimaatverandering. wel spelen events als stormen een grote rol.	#16
lange-termijn	periodiek	Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?	• Langdurig op verschillende schalen monitoren.	#17
lange-termijn	periodiek	Hoe verandert de natuurlijke dynamiek op de eilanden (washover, stormerosie en eolisch zandtransport) en de	• Ik vermoed dat diverse tijd- en ruimteschalen een rol spelen en zelf onderwerp van onderzoek zijn.	#35

Duur	Frequentie	Vraag	• Toelichting door respondenten (per bullet)	ID#
		robuustheid van de eilanden als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging?		
lange-termijn	periodiek	Wat zijn de effecten van de afsluitingen op de slibhuishouding en in welke verhouding staan die tot effecten van overige gebruiksvormen?	• Bij alle eerdere vragen over sediment zou je eigenlijk willen weten hoe groot het aandeel van slib hierin is. • Van voor de afsluiting van de Zuiderzee en een periode er na zijn geen speciale slibdata verzameld, zodat de nadruk hier toch zal liggen op de algehele verschuivingen in geul-plaatareaal en diepteligging.	#52
lange-termijn	periodiek	Migreren geulen in de buurt van waterkeringen, waardoor de veiligheid in het geding zou kunnen komen?	• Alleen kustgebied dicht bij zeewering.	#77
lange-termijn	periodiek	Wat is de korrelgrootteverdeling op het wad?	• Deze variabele wordt niet erg systematisch bemonsterd en de monsters worden ook lang niet altijd op dezelfde wijze bewerkt. Op dit moment loopt er een programma, o.a. gesponsord door de NAM in relatie tot het voorkomen van bentische organismen. Mogelijk dat dit verdere aanknopingspunten biedt. * Bij mijn weten beschikt TNO over korrelgrootte - gegevens. Ik weet niet of zij deze zelf gemeten hebben of dat RWS dat gedaan heeft.	#42
lange-termijn	periodiek	Wat is de invloed van veranderend stormklimaat/ijsgang op de stabiliteit en voorkomen van mossel- en oesterbanken?	• Een lange monitoringsperiode is noodzakelijk er van uitgaande dat er een veranderend storm- en ijsgang klimaat is.	#75
lange-termijn	periodiek	Wat is het effect van stormen op de buitendelta?	• Om het effect van bodemveranderingen te meten, kunnen de vaklodingen gebruikt worden.	#55
lange-termijn (t)	event-afh	Wat is de mate van duinafslag als gevolg van een storm en (hoe snel) herstelt dit zich weer?	• Dit is wenselijk, en daar kun je misschien de monitoring op afstemmen.	#60
lange-termijn (t/c)	periodiek	Welke processen bepalen de vorm en afmetingen van een buitendelta?	• Maak gebruik van de bodemlodingen in de geulen en de platen welke op reguliere basis plaatsvinden.	#24
lange-termijn/combinatie	continue/periodiek	Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee?	• Meer dan 50 jaar vooruit voedselweb voorspellen is zeer lastig, het speelt wel op grote (Waddenzee-brede) ruimteschaal. • Klimaatverandering vindt plaats op een schaal van meerder decennia, dus moeten de veranderingen die over die tijdsspanne plaatsvinden op die schaal bekeken worden. De vraag zelf strekt zich over meerdere tijd en ruimte schalen uit. Zeker de ruimte schaal is daarmee eigenlijk niet goed aan te geven. • Wel een moeilijke kernvraag, omdat voedselweb op zich al lastig is en al helemaal om dat ook nog effecten van klimaat te ontdekken / Ruimtelijke schaal hangt af hoe breed je het onderzoek wilt trekken.	#7
lange-termijn/combinatie	periodiek/event-afh	Hoe snel herstelt het systeem zich na een storm?	• Deze vraag kan gecombineerd worden met de vraag naar het effect van stormen op sedimenttransport en op de wadplaten en kwelders. Vragen rond monitoring worden daarom niet specifiek beantwoord. • Het is wenselijk om voor verschillende schalen uitspraken te doen.	#65
lange-termijn/tijdelijk	continue/periodiek/event-afh	Wat is de sedimenttransportcapaciteit van de zeegaten?	• Voor de capaciteit per zeegat onderzoeken en vervolgens de trend op de termijn 1-10 jaar.	#26
onvold data		Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	• Als duidelijk is: - in hoeverre mosselbanken voorkomen nabij waterkeringen en welke condities dit voorkomen bepalen; - wat er qua habitatrandvoorwaarden nodig is om vestiging van biogene riffen te laten ontstaan;	#94

Duur	Frequentie	Vraag	• Toelichting door respondenten (per bullet)	ID#
			- waaraan deze riffen moeten voldoen (bijv. qua afmetingen) om een rol te kunnen spelen in kustverdediging (dempen van golfenergie en vastleggen van sediment/meegroeien met zeespiegel).	
onvold data	event-afh (c)	Wat is het cumulatieve effect van meerdere stormen op het systeem?	• Vooral de zone rond primaire waterkeringen tot een waterdiepte waar golven de bodem merkbaar beïnvloeden.	#66
onvold data	onvold data	Verandert de herstelsnelheid na stormafslag? (als indicatie voor het naderen van een system tipping point = waar het systeem plotseling van gedrag of staat verandert)	• Deze vraag dient in combinatie met de andere vragen over stormen behandeld te worden. Voor deze vraag wordt daarom geen specifieke monitoring aangegeven.	#67
onvold data	periodiek (c)	Wat zijn de gevolgen van suppleties in de Waddenzee?	• In het kader van een project kan het effect van een suppletie onderzocht worden.	#21
tijdelijk	event-afh	Onder welke omstandigheden hebben kwelders wel en geen invloed op de golfhoogte voor de dijk?	• We zouden in transecten over kwelders, op verschillende locaties langs de kust/eilanden, gerichte metingen moeten doen een golfdemping en dit relateren aan hoogteprofielen, vegetatietypen, kreken en sloten, etc.	#100
tijdelijk	event-afh	Wat is de invloed van stormen op sedimenttransporten in en naar de Waddenzee?	• Projectmonitoring om kennishiaten op dit gebied in te vullen (ingebed in bijvoorbeeld promotieonderzoeken). • Ruimtelijk schaal is afhankelijk van grootte van het kombergingsgebied. • Je zou dit eerst eens voor een kombergingsgebied kunnen proberen uit te zoeken. Anders logistiek nog ingewikkelder dan het al is.	#54
tijdelijk	onvold data	Hoe veel golfenergie wordt door zeegrasvelden gedissipeerd?	• Waarschijnlijk zou het hier om een combinatie in monitoring kunnen gaan: een tijdelijke continue monitoring, gecombineerd met een event-afhankelijke monitoring.	#96
tijdelijk	periodiek/event-afh	Hoeveel golfenergie wordt tijdens een storm gedissipeerd op een kwelder?	• Om echt inzicht te krijgen, is uitgebreide monitoring nodig: op verschillende locaties en onder verschillende omstandigheden.	#81
tijdelijk/combinatie	periodiek/event-afh	Waar kan er het beste gesuppleerd worden om de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering en menselijke ingrepen te verkleinen?	• Gezien de grote schaal van dit soort problemen is een combinatie nodig van historische data, modelberekeningen en veldmetingen. Bij voorkeur zou dit moeten gebeuren in het kader van een grootschalig experiment. • Dit kan op verschillende tijd- en ruimteschalen. • Als je wilt weten wat de effecten zijn van een suppletie op een bepaalde lokaliteit zal het afhankelijk zijn van de dynamiek van het gebied en de grootte van de suppletie wanneer je waarnemingen wegvallen in de ruis: dit bepaalt de meetduur en het meetareaal.	#18

Tabel A5. Toelichting op relevante meetprogramma's welke (gedeeltelijk) bijdragen aan beantwoording genoemde kernvragen

Vraag	Monitoring Voldoet	Toelichting relevante meetprogramma's	ID
Wat zijn de veranderingen in gemiddeld zeeniveau?	Ja	• Waterstandmetingen van Rijkswaterstaat. • Het monitoren van waterstanden op een tiental locaties in de Waddenzee via het Landelijk Meetnet Water van RWS.	#1
Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	Ja	• Meetnet KNMI en RWS Waddengebied. • Weersgegevens, waaronder wind (kracht en richting) worden al lange tijd gemonitord. • KNMI • Getijdenregistratie RWS langs de kust. • Lopende monitoring door middel van waarnemingen KNMI / RWS volstaat voor doen van uitspraken. <i>Aanvullende opmerkingen:</i> • Er bestaat het risico dat de huidige SBW veldmetingen, welke gedurende stormseizoen gedaan worden, niet meer gecontinueerd zullen worden. • Data beschikbaarheid is beperkt. Een aantal waveriders en waterstandsmeters vanaf open Noordzee tot en met de binnenlanden zou moeten worden toegevoegd in een paar zeegatsystemen. • Waterstanden worden op voldoende plaatsen gemeten, voor golven en wind (meteo) is dit niet geval: beperkt tot de Noordzee zijde van de Waddeneilanden. Voor de Waddenzee kust langs Friesland en Groningen worden alleen waterstanden gemeten en is uitbreiding met golven en eventueel wind (meteo) nodig. • Ik weet niet in hoeverre de huidige meteorologische gegevens in voldoende mate iets kunnen zeggen over de Waddenzee of dat de huidige resolutie te grof. In dit laatste geval zouden er meer meteo locaties nodig zijn.	#2
Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	Ja	• Standaard meetnet RWS NL kustzone. • Gewone meetprogramma. • RWS-metingen aan waterstanden. • Getijdenregistraties RWS langs de kust / Hoogtemetingen RWS in de Waddenzee (lodingen, lidar). • Lopende meetprogramma's Rijkswaterstaat. <i>Aanvullende opmerkingen:</i> • Huidige inspanningen worden gecontinueerd.	#3
Welke processen bepalen de vorm en afmetingen van een buitendelta?	Ja (n)	• Reguliere vaklodingen en lodingen ten behoeve van scheepvaart.	#24
Wat is het effect van de bodemdaling op het getijdenverloop?	(j/jm)	• Waterstandsmonitoring programma van RWS via LMW in de Waddenzee.	#34
Is de sedimentatie in bekkens groter dan nodig ter compensatie van zeespiegelstijging? (hierbij wordt aanpassing aan afsluitingen dus niet meegenomen)	(j/jm)	• Monitoring programma bodemhoogte van RWS.	#69
Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?	Nee	• Data van bodemhoogtes van RWS.	#17
Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	Nee / Weet niet	• MWTL, wel extra analyse van gegevens noodzakelijk in licht van deze vragen.	#8
Hoe ontwikkelen de buitendelta's zich?	(j/n)	• Bodemhoogtes gemeten door RWS.	#23

Wat zijn de effecten van de afsluitingen op de slibhuishouding en in welke verhouding staan die tot effecten van overige gebruiksvormen?	(j/jm/n)	• o.a. RWS lodingen, zandsuppleties	#52
Hoe functioneert de kustverdediging en kunnen toereikende (hybride) keringen worden ontwikkeld?	(j/wn)	• We hebben een Hoogwaterveiligheidsprogramma die gaat over het functioneren van de kustverdediging en we weten in grote lijnen hoe we hybride keringen kunnen ontwikkelen. Pas na die ontwikkeling volgt er een monitoringsvraag.	#71
Wat is de invloed van veranderend stormklimaat/ijsgang op de stabiliteit en voorkomen van mossel- en oesterbanken?	Ja/nee	• Ik ben hier niet geheel van op de hoogte, maar volgens mij wordt onder regie van EL&I de omvang van mossel- en oesterbanken gemonitord. • Mosselwad	#75
Migreren geulen in de buurt van waterkeringen , waardoor de veiligheid in het geding zou kunnen komen?	Nee (ja/jm)	• Voor bepaling bodemligging zou wel de frequentie verhoogd kunnen worden. • RWS-lodingen	#77
Wat is de hoogte van het dijkvoorland (wad en/of kwelder)?	Nee (j)	• Monitoring programma bodemhoogte van RWS.	#82
Hoe groot zijn de volumes zand in zeerepen (dit ivm dynamisch beheer)?	(j/wn)	• Lidar en overige waarnemingen ten behoeve van Jarkusraai-opnames.	#98
Wat is het effect van dynamisch zeereepbeheer op veiligheid en natuur?	Nee / Weet niet (j/jm)	• Bodemligging om effecten voor veiligheid te beoordelen; vegetatiekarteringen om de effecten op de natuur te beoordelen; het beheer moet duidelijk omschreven zijn en consequent worden toegepast.	#101
Waar vertonen dijken onder extreme omstandigheden zwakke plekken? (piping, kwel, loslatende bekleding)	Weet niet (j/jm)	• Dijkscouw	#78
Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	Weet niet	• Mosselwad	#94

Tabel A6. Toelichting op monitoringsbehoefte voor geselecteerde kernvragen waarvoor niet eenduidig is of de huidige monitoring in de benodigde data voorziet

Vraag	Monitoring voldoet	Data-beschikbaarheid	Fundamentele systeemkennis	Anders	
Hoe ontwikkelen de buitendelta's zich?	(j/n)			• Het ontbreken van een gericht plan om de trilaterale buitendelta's te monitoren op ontwikkeling in tijd en ruimte.	#23
Hoeveel sediment wordt door stormen afgezet op kwelders?	(j/n/wn)	• Geen/weinig data.			#58
Zijn er verschuivingen in benthos populatie? En heeft dit effect op de zand- en slibhuishouding?	(jm/n/wn)			• Benthospopulatie is in de laatste jaren lokaal goed in kaart gebracht. Koppeling met zand- slibhuishouding is echter niet uitgevoerd o.a. omdat kennis hierover onvoldoende aanwezig is (zowel interactie als kennis over bodem).	#38
Wat zijn de veranderingen in afvoeren?	(jm/wn)	• Mits aan de hand van stromingsmodellen de verspreiding van het (bekende) volume zoet/brakke lozingswater kan worden.			#4
Welke processen bepalen de vorm en afmetingen van een buitendelta?	ja (n)	• Databeschikbaarheid beperkt.	• Ik vind de vraag belangrijk, maar het ligt wat buiten mijn expertise veld. Ik kan slechts ten dele aangeven welke parameters noodzakelijk zijn en weet niet op de huidige monitoring voldoet. • Diverse aspecten		#24
Wat is de invloed van veranderend stormklimaat/ijsgang op de stabiliteit en voorkomen van mossel- en oesterbanken?	ja/nee	• Ontbreken van data.			#75
Wat is de hoogte van het dijkvoorland (wad en/of kwelder)?	nee (j)	• Kwelder wordt nog niet als onderdeel kustverdediging beschouwd en daarom ontbreken structurele data. Juist dit grensgebied tussen land en water valt grotendeels buiten de huidige gegevensbestanden van bijvoorbeeld AHN en lodingen.		• Het voorland wordt nog niet overal meegenomen in de hoogtemeting.	#82
Migreren geulen in de buurt van waterkeringen, waardoor de veiligheid in het geding zou kunnen komen?	nee (ja/jm)	• Meetfrequentie bodemligging. Geen gegevens over stabiliteit.	• Via RWS-lodingen ook veel info, maar nog veel onduidelijk over processen.		#77
Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	nee/weet niet	• Speelt zeker een rol in combinatie met het volgende punt. • Niet alle biotische parameters worden gemonitord.	• In samenhang met vorige; ik vermoed dat lang niet altijd bekend is hoe organismen zullen reageren op klimaatveranderingen. Het is dan ook moeilijk om de juiste bio-indicatoren te selecteren. Tegelijk weten we	• Mits de metingen worden gecontinueerd en geïntensiveerd.	#8

Vraag	Monitoring voldoet	Data-beschikbaarheid	Fundamentele systeemkennis	Anders	
			dat het onmogelijk en niet efficiënt is heel veel soorten te monitoren (kosten en logistiek).		
Welke processen bepalen geul-plaat interacties?	nee/weet niet	• Weinig bekend van gedrag van geulen en platen in Waddengebied op korte tijdschalen. Veel monitoringdata van geulmorfologie en plaathoogte kent een interval van ca. 5-6 jaar in Waddenzee. Dit is onvoldoende om relatie te kunnen leggen met maatgevende processen. • Mits de sediment in/export van kombergingen bekend is	• Proceskennis is ook nog ontoereikend.		#31
Hoe snel herstelt het systeem zich na een storm?	nee/weet niet		• Eerst kennis over het evenwicht en vervolgens de effecten van een verstoring bekijken		#65
Wat is het effect van dynamisch zeerepbeheer op veiligheid en natuur?	nee/weet niet (j/jm)	• Verschillende aspecten worden niet systematisch gevolgd. • Ik denk dat voor veiligheid de monitoring voldoende is, ik weet niet of de huidige inventarisatie van biota (onderwater, intergetijdegebied, duingebied) voldoende is om een uitspraak te doen over effecten op natuur. • Mits hoogte- en vegetatieopnames van kustzone en duinen worden gekoppeld (zie Alterra rapport zeerep Ameland-Oost).			#101
Hoe verandert de natuurlijke dynamiek op de eilanden (washover, stormerosie en eolisch zandtransport) en de robuustheid van de eilanden als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging?	weet niet	• Data van extreme events maar beperkt voorhanden; informatie leunt sterk op niet gevalideerde modellen voor ondiep water processen tijdens storm, zeker daar waar het sediment transport betreft.	• De processen gedurende deze extreme events zijn ook maar beperkt bekend.	• Het huidige kustbeheer van de Waddeneilanden legt een deel van de dynamische processen aan banden. • Voor zover het de morfologie betreft. • Ik kan niet goed inschatten in hoeverre eolisch zandtransport redelijk gekwantificeerd kan worden met de huidige monitoring. • Hoogteligging en gedrag wordt vrijwel niet gevolgd op de eilanden.	#35
Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	weet niet	• Dit is een nieuw onderwerp, waarvoor nog niet data worden verzameld. Wellicht is door het combineren van data toch al informatie te halen.			#94
Waar vertonen dijken onder extreme omstandigheden zwakke plekken? (piping, kwel, loslatende bekleding)	weet niet (j/jm)			• Volgens mij wordt er al veel door de WS gemonitord, en is er zelfs een project 'ijkdijk', maar misschien kan dit nog gerichter (wel vraag ik me af of dit via Walter moet) • Huidige monitoring volstaat.	#78
Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	Ja	• Er bestaat het risico dat de huidige SBW veldmetingen, welke gedurende stormseizoen		• Waterstanden worden op voldoende plaatsen gemeten, voor golven en wind (meteo) is dit niet geval: beperkt tot de	#2

Vraag	Monitoring voldoet	Data-beschikbaarheid	Fundamentele systeemkennis	Anders	
		gedaan worden, niet meer gecontinueerd zullen worden. • Databeschikbaarheid is beperkt. Een aantal waveriders en waterstandsmeters vanaf open Noordzee tot en met de binnenlanden zou moeten worden toegevoegd in een paar zeegatsystemen.		Noordzee zijde van de Waddeneilanden. Voor de Waddenzee kust langs Friesland en Groningen worden alleen waterstanden gemeten en is uitbreiding met golven en eventueel wind (meteo) nodig. • Ik weet niet in hoeverre de huidige meteorologische gegevens in voldoende mate iets kunnen zeggen over de Waddenzee of dat de huidige resolutie te grof. In dit laatste geval zouden er meer meteo locaties nodig zijn.	
Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	Ja			• Huidige inspanningen worden gecontinueerd.	#3
Wat veroorzaakt de cycliciteit van buitendelta's?	geen data		• Dit is een vermoeden. • Ik vind de vraag belangrijk (mede als achtergrond voor processen op kortere schaal) maar het zit buiten mijn expertise gebied.		#25

Tabel A7. Toelichting bij typering monitoring

Vragen	Toelichting	ID#
Wat zijn de veranderingen in stormklimaat?	• Trends en trendbreuken tijdig kunnen signaleren om te kunnen anticiperen. • Veranderingen zullen zich manifesteren zich op langere tijdschalen. • Voor kalibratie van modellen. • Het achterhalen van de betekenis van stormen voor de sedimenthuishouding van kwelders en het droogvallende wad. • Dit zal vermoedelijk een van de belangrijkste parameters zijn waaraan we veranderingen in de Noordzee en in de Waddenzee het snelst kunnen detecteren, met name als er langs de zeegaten naar binnen toe een aantal stations staan.	#2
Wat zijn de veranderingen in waterstanden?	• De bedoeling is om via monitoring toekomstige ontwikkelingen te kunnen voorspellen. • Veranderingen in zeewaterstanden zijn via de droogvalduur/frequentie en hoogte van belang voor biota.	#3
Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op het voedselweb van de Waddenzee?	• Vanuit een zorgvuldig beheer van (Werelderfgoed) Waddenzee en de Quality Status Reports. • De relatie tussen fysische habitat factoren en verspreiding / vestigingskans van soorten is nog heel slecht bekend. Om zo'n doorvertaling te kunnen maken is nog vrij veel fundamenteel onderzoek nodig. Dit kan echter niet zonder surveillance monitoring als achtergrond gegevens.	#7
Wat zijn de gevolgen van veranderend klimaat op de soortensamenstelling, populatiegrootte en leefgebied van fauna?	• Het gaat hier bij voorkeur om het vaststellen van langjarige trends en niet het signaleren van incidentele fluctuaties. • Signaleren van veranderingen. • Vanuit een verantwoordelijkheid voor een goed beheer van (Werelderfgoed) Waddenzee.	#8
Wat is het effect van suppleties in de Noordzeekustzone op het sedimenttransport naar de Waddenzee?	• Voor beantwoording van de vraag is inzicht nodig in de bepalende processen en lokale sedimenttransporten voor een specifieke suppletie.	#15
Wat is de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering?	• Het is voor mij de vraag OF deze vraag met monitoring te beantwoorden is. Lijkt me meer systeemkennis/model-output.	#16
Wat is de sedimentvraag als gevolg van menselijke ingrepen (afsluitingen, gaswinning etc)?	• Trendinformatie in analyse koppelen aan veranderingen in menselijke activiteiten.	#17
Waar kan er het beste gesuppleerd worden om de sedimentvraag als gevolg van klimaatverandering en menselijke ingrepen te verkleinen?	• Dit vraagt een heel gerichte aanpak met modellen en metingen en de vragen zijn niet met routinemonitoring aan te pakken. Denk bijvoorbeeld maar aan de ontwikkeling van de zandmotor voor de relatief "eenvoudige" Zuid Hollandse kust. • Monitoring wel afstemmen op suppletie maatregelen.	#18
Wat is de rol van buitendelta's (ebgetijdendelta's) op de morfologische ontwikkeling van de Waddenzee?	• Procesgerichte studies nodig om werking ebdelta nader te onderzoeken.	#22
Wat is de sedimenttransportcapaciteit van de zeegaten?	• Projectmatige aanpak; vraagt specialistische metingen en waarnemingen. • Nu nog te weinig bekend over het transport. later kijken naar veranderingen.	#26
Hoe verandert de natuurlijke dynamiek op de eilanden (washover, stormerosie en eolisch zandtransport) en de robuustheid van de eilanden als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging?	• Projectmatige onderzoeksopzet gewenst; geen routinemonitoring.	#35
Wat is de invloed van sluffer- en washover-vorming op eilanden op de veiligheid?	• Projectmatige opzet van metingen en modellering.	#72
Hoeveel golfenergie wordt tijdens een storm gedissipeerd op een kwelder?	• Een typische onderzoeksvraag welke op basis van projectmetingen beantwoord zou moeten kunnen worden	#81
Wat is de golfdissipatie over mossel- en oesterbanken?	• Typische onderzoeksvraag.	#91
Wanneer (tijd en ruimte) zijn mossel- en oesterbanken relevant voor veiligheid?	• Bijvoorbeeld golfremming over een mosselbank (Mosselwad), groei en stabiliteit (Mosselwad), etc.	#94
Hoe veel golfenergie wordt door zeegrasvelden gedissipeerd?	• Dit is een onderzoeksvraag.	#96

