

3 augustus 2010

Kennis van het Verleden voor een Duurzame Toekomst van de Wadden

Uitwerking kennis- en onderzoeksprogramma A
'Verleden Wadden: de reconstructie van de
ontwikkeling van het waddengebied'
van de Integrale Kennisagenda Waddenacademie
2009

Auteurs:
Hanneke Verweij
Poppe de Boer
Salomon Kroonenberg
Hans Mol
Hessel Speelman
Theo Spek

Inhoudsopgave

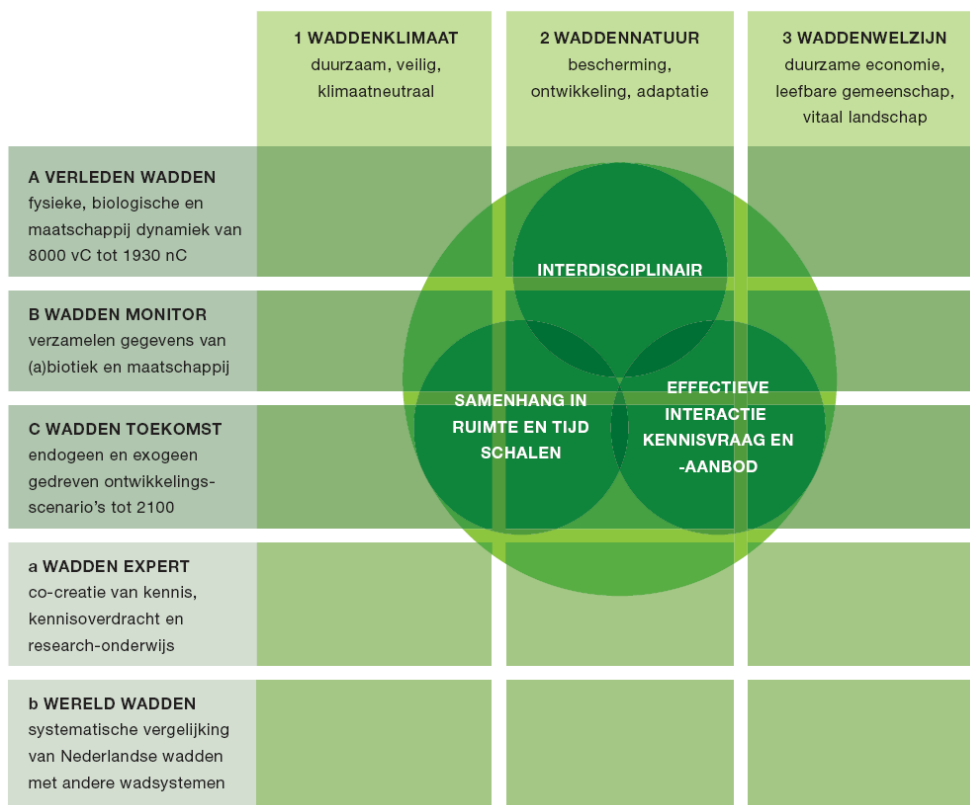
1. Inleiding.....	5
2. Rationale voor realisatie kennis- en onderzoeksprogramma's.....	7
3. Kennis- en onderzoeksprogramma: Kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de wadden.....	10
4. Programmalijnen van het Kennis- en Onderzoeksprogramma	15
4.1. Inleiding.....	15
4.2. Uitwerking van de vier programmalijnen.....	17
5. Kennisinfrastructuur die kennishuishouding van het waddengebied kan borgen	24
6. Planning.....	25
6.1. Tijdschema	25
6.2. Kostenraming en beoogd type van financiering.....	26
6.3. Slotopmerking	26

1. Inleiding

Het hier gepresenteerde kennis en onderzoeksprogramma betreft een uitwerking van het generieke kennis- en onderzoeksprogramma ‘Verleden Wadden’ van de Integrale Kennisagenda van de Waddenacademie ‘Kennis voor een duurzame toekomst van de wadden’ (Kabat e.a., 2009).

In de Integrale Kennisagenda van de Waddenacademie worden een zestal grote overkoepelende programma’s voorgesteld, waarbinnen in multidisciplinair verband onderzoek wordt verricht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een drietal generieke en een drietal integrale kennis- en onderzoeksprogramma’s, ondersteund door twee randvoorwaardelijke thema’s. Dit is geïllustreerd in Figuur 1.

De zes programma’s (horizontaal: A, B en C en verticaal: 1, 2 en 3) zijn zo gekozen en dusdanig integraal geformuleerd dat ze samen het totale kennisveld aangaande het waddensysteem kunnen bedienen. Ze hebben een semipermanent karakter waarbij slechts graduele updates nodig zijn van prioriteiten in activiteiten en – in nog mindere mate – in doelstellingen. Voor alle programma’s, generiek of vraag gerelateerd, pleit de Waddenacademie voor integraliteit en systeemdenken (de bollen) die zij essentieel acht om te komen tot significante kennissprongen.



Figuur 1 Kennis- en onderzoeksprogramma's (Integrale kennisagenda Waddenacademie 2009)

De horizontale, generieke kennisprogramma's genereren basisgegevens van, en fundamentele inzichten in de werking van het waddensysteem. Hierin vindt onderzoek plaats dat uiterst relevant is voor een breed scala aan maatschappelijke vragen, maar vaak buiten de scope valt van meer vraaggestuurd onderzoek.

De verticale integrale onderzoeksprogramma's proberen lacunes op te vullen die relevant zijn voor beleidsvorming en -evaluatie zonder te vervallen in single-issue benaderingen of een te beperkt tijd- dan wel ruimtelijk perspectief. Op de kruispunten van horizontale, generieke programma's enerzijds en verticale, vraaggerelateerde projecten anderzijds vindt uitwisseling plaats van data, informatie, kennis en expertise.

Alle zes programma's worden ondersteund door twee randvoorwaardelijke thema's (horizontaal: a en b). Deze thema's ondersteunen de opstellers en uitvoerders van de programma's bij de interactie met het beleid en beheer om te komen tot co-creatie van kennis en een effectieve kennisoverdracht, en bij het opleiden van een nieuwe generatie van waddenexperts die begrippen als integraliteit en engaged scholarship geïnternaliseerd hebben. Het tweede thema is ondersteunend bij de internationale inkadering van onderzoeksplannen en -uitvoering.

Samen beslaan de zes programma's plus de twee thema's de totale kennishuishouding ten aanzien het wadengebied. De programma's en thema's hebben een langlopend (enkele decennia) perspectief.

2. Rationale voor realisatie kennis- en onderzoeksprogramma's

Sinds het rapport van de Commissie Mazure in 1974 is het besef doorgebroken dat het waddengebied een zeer uniek gebied is, waar uiterst zorgvuldig mee moet worden omgegaan. Dit besef heeft sedertdien aan invloed gewonnen. In 2004 verscheen het rapport van de Adviesgroep Waddenzeebeleid (Commissie Meijer). Deze commissie pleitte voor een integraal perspectief, uitgaande van voorrang van de natuur met beperkt menselijk medegebruik, teneinde de in het geding zijnde waarden en belangen te bewaken en verder te ontwikkelen. Het toegenomen besef van de unieke waarde heeft geleid tot wet- en regelgeving met als leidend principe het behoud van de natuurwaarde en cultuurhistorische waarde van het waddengebied, met ruimte voor duurzaam menselijk medegebruik. Dit beleid vormt ook de basis voor de erkenning door UNESCO van het gebied als Werelderfgoed in 2009. Ook voor de Waddenacademie is dit principe leidend.

Het waddengebied wordt gekenmerkt door een sterke wisselwerking tussen mens en natuur. In het Nederlandse deel van het waddengebied wonen ruim een kwart miljoen mensen en daarnaast komen er grote aantallen bezoekers om te recreëren. Binnen het gebied is sprake van een grote sociaaleconomische en cultuurhistorische diversiteit. Een deel van de mensen woont er constant en sommige families hebben er een eeuwenlange geschiedenis. Dit geldt zowel voor de eilanden als de kuststrook. De bewoners voelen zich verbonden met het waddengebied en velen vinden hun bestaan in het waddenecosysteem. Het waddenecosysteem draagt de sporen van de aanwezigheid van de mens, zowel ten goede als ten kwade. Enerzijds is het unieke open landschap van vandaag gevormd door natuur en mens gezamenlijk. Anderzijds zijn ook een aantal bedreigingen voor het waddenecosysteem toe te schrijven aan de mens, zoals vervuiling van water en bodem en overbevissing. Het toegenomen besef over de unieke waarde heeft geleid tot wet- en regelgeving met als leidend principe het behoud van de natuurwaarde en cultuurhistorische waarde van het waddengebied, met ruimte voor duurzaam menselijk medegebruik.

De wisselwerking tussen mens en natuur in het waddengebied impliceert dat beiden in hun onderlinge afhankelijkheid gezien dienen te worden. Deze wisselwerking wordt erkend in deel 4 van de planologische kernbeslissing (PKB, tevens Derde Nota Waddenzee, 2007) en komt daarbij tot uitdrukking in de formulering van het ontwikkelingperspectief.

De Waddenacademie constateert dat er discussie is, en kennisvragen zijn over de handelingsperspectieven van het menselijk medegebruik in het waddengebied. Deze discussie is gebaat bij een goede interdisciplinaire wetenschappelijke kennis van de huidige situatie en van de wijze waarop in een millennialange interactie tussen mens en omgeving de huidige situatie tot stand is gekomen.

De offensieve strategie die de Commissie Meijer voor ogen had hield onder meer in het instellen van een Waddenfonds ter financiering van extra investeringen in het waddengebied. In oktober 2005 besloot het toenmalige kabinet op voorstel van minister Dekker van Volkshuisvesting, Ruimtelijk Ordening en Milieubeheer (VROM) om in te stemmen met het instellen van het Waddenfonds, waarvoor over een periode van 20 jaar 800 miljoen euro beschikbaar werd gesteld (inclusief compensatie voor de kokkelvisserij). Het Waddenfonds heeft vier primaire doelstellingen. De vierde doelstelling van het Waddenfonds betreft het ontwikkelen van een duurzame kennishuishouding ten aanzien van het waddengebied.

De Commissie Meijer pleitte voor het instellen van een onafhankelijke Waddenacademie, die deze doelstelling vorm zou moeten geven. Het toenmalige kabinet besloot om het advies van de Commissie Meijer over te nemen en uiteindelijk werd de Waddenacademie op 30 juli 2008 formeel ingesteld. Met een groot inauguratiesymposium ging de Waddenacademie op 1 en 2 december 2008 in Leeuwarden feitelijk van start. Wat betreft het Waddenfonds richt de Waddenacademie zich derhalve primair op de doelstelling 'het ontwikkelen van een duurzame kennishuishouding ten aanzien van het waddengebied'.

Op 30 mei 2009 tijdens de Waddentoogdag 2009 bood prof. Pavel Kabat aan voor het waddengebied verantwoordelijke bewindslieden Cramer, Verburg en Huizinga de integrale kennisagenda van de Waddenacademie 'Kennis voor een duurzame toekomst van de Wadden' aan.

In de integrale kennisagenda van de Waddenacademie 'Kennis voor een duurzame toekomst van de Wadden' (Kabat e.a., 2009) is de 'rationale' van de kennisagenda als volgt verwoord en onderbouwd:

Er bestaat op het niveau van de verschillende disciplines veel kennis over het waddengebied, maar er is ook sprake van belangrijke disciplinaire kennishiaten. Ook moet worden vastgesteld dat de bestaande kennis en expertise in belangrijke mate versnipperd en verkokerd is. Gebrek aan interdisciplinariteit is een hindernis waar het gaat om ons begrip van het waddengebied als samenhangend en open systeem. In een systeembenadering worden verschillende elementen, kenmerken en processen van een (gekoppeld natuurlijk en socio-economisch/cultureel) systeem expliciet met elkaar in verbinding gebracht. Daarbij ligt de nadruk op het in beeld brengen van terugkoppelingen (feedbacks) tussen verschillende processen en subsystemen, op de dynamiek die door deze terugkoppelingen wordt gestuurd, en op de samenhang tussen verschillende schalen in ruimte en tijd.

Om het waddengebied op korte, middellange en lange termijn op systeemniveau te kunnen begrijpen is naar het oordeel van de Waddenacademie een integrale aanpak nodig. Volgens de Waddenacademie verdient het waddenonderzoek het predicaat 'integraal' als het voldoet aan de volgende vier criteria:

- het laat een combinatie zien van twee of meer disciplines met nadruk op het overschrijden van de grenzen tussen alfa, bèta en gamma;
- het besteedt aandacht aan de samenhang tussen schalen in ruimte en tijd;
- het besteedt aandacht aan de cumulatie van processen, ingrepen en effecten;

- het is gebaseerd op de co-productie van kennis, waarin het genereren van kennisvragen, het gebruik van kennis en het genereren van kennis in nauwe interactie tot stand komt tussen wetenschappers, kenniswerkers en beleidsmakers.

De nadruk op integraliteit in de kennisagenda betekent uiteraard niet dat er in het waddengebied in de toekomst geen plaats zal moeten zijn voor disciplinair, verdiepend en door nieuwsgierigheid gedreven wetenschappelijk onderzoek. Ook dit segment van de kennisontwikkeling wil de Waddenacademie, in samenwerking met de universiteiten en de onderzoeksscholen, stimuleren en in verband brengen met de bredere bestuurlijke, politieke, maatschappelijke en beleidsmatige kennisbehoefte over het waddengebied.

Op basis van de in de Kennisagenda opgenomen zes generieke kennis- en onderzoeksprogramma's met de twee ondersteunende thema's (Figuur 1) kan een duurzame kennishuishouding van het Waddengebied worden ontwikkeld. De ontwikkeling van een duurzame kennishuishouding is de hoofdreden voor de instelling van de Waddenacademie.

Een van de zes overkoepelende kennis- en onderzoeksprogramma's uit de kennisagenda betreft 'Verleden Wadden: reconstructie van de ontwikkeling van het waddengebied', dan wel 'Kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de Wadden'. Dit kennis- en onderzoeksprogramma is in dit document nader uitgewerkt.

3. Kennis- en onderzoeksprogramma: Kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de wadden

Het kennisprogramma ‘Verleden Wadden’ (deelprogramma A van het kennis- en onderzoeksprogramma; zie Figuur 1) betreft de integrale reconstructie van de ontwikkeling van het waddegebied in tijd en ruimte.

Het richt zich op het verwerven en verspreiden van data, informatie en (fundamentele) kennis en inzichten betreffende – de wisselwerking tussen – de klimatologische, geologische, ecologische, economische en sociaal-culturele dynamiek van het waddegebied vanaf het einde van het Pleistoceen (8000 vC.) tot heden. Het beoogt, op verschillende tijd- en ruimteschalen, de basisdata, -informatie en -kennis te genereren die onmisbaar zijn voor het begrijpen van het huidige gedrag van het wadde systeem, het bepalen van de waarden van het waddegebied, en het voorspellen en modelleren van toekomstige ontwikkelingen van het wadde systeem in relatie tot menselijk medegebruik.

Het programma maakt, noodgedwongen, gebruik van proxies voor klimatologische, paleogeografische, paleo-ecologische en cultuurlandschappelijke reconstructies. Belangrijke bouwstenen van dit programma betreffen:

- Geowetenschap: 8000 vC. tot heden: ontwikkeling Wadde systeem (gesteenten en vloeistoffen, geomorfologie en dynamiek) in tijd en ruimte;
- Ecologie: 8000 vC. tot heden, paleo-ecologische reconstructies en historische ecologie;
- Maatschappij- en cultuurhistorie: 8000 vC. tot heden: landschappelijke ontwikkeling en bewoningsgeschiedenis waddegebied;
- Economie: Middeleeuwen tot 1932, historische economie;
- Klimaat: 8000 vC. tot heden: paleoklimaat (proxies), paleozeespiegel;
- Data en informatie: op orde brengen en veiligstellen van voor Reconstructie Ontwikkeling
- Waddegebied relevante data en informatie.

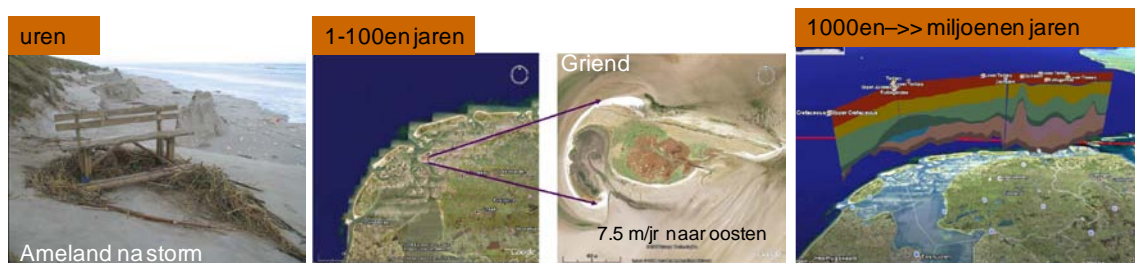
Het huidige waddegebied beschikt over specifieke natuurlijke en cultuurhistorische, archeologische en economische waarden. Zo heeft de bijzondere natuurlijke waarde van met name de Waddezee in juni 2009 naast brede nationale ook wereldwijde erkenning gekregen door plaatsing op de Unesco werelderfgoedlijst.

Het kennis- en onderzoeksprogramma richt zich niet alleen op de Waddezee, maar op het gehele waddegebied en omvat derhalve de Noordzee ten noorden van de eilanden, de Waddeeilanden, de daarachter gelegen Waddezee en de kustzone van het vaste

land. Het unieke karakter van het gebied wordt gekenmerkt door een grote dynamiek, zowel in tijd als in ruimte.

In de ondergrond van het Waddengebied zijn gesteenten aangeboord met een ouderdom van meer dan 300 miljoen jaar. In deze miljoenen jaren heeft het waddengebied een zeer gevarieerde ontwikkeling doorgemaakt met karakteristieke en effecten die het huidige waddengebied en zijn gebruiksmogelijkheden mede bepalen. De complexe geologische geschiedenis manifesteert zich niet alleen in de geologische opbouw en structuren (breuken, zoutstructuren) van de bodem en ondergrond, maar ook in de ruimtelijke variatie in eigenschappen en gedrag van gesteenten (compactiegedrag) en porievloeistoffen (poriedruk, zoet-zoutverdeling grondwater), en temperatuurverdeling in de ondergrond.

De eigenlijke vorming van het waddengebied heeft minder dan 10 000 jaar in beslag genomen en heeft zich voltrokken tijdens voortdurende veranderingen in klimaat en daarmee samenhangende variaties in zeespiegelstijging, stormvloedfrequenties en sedimentaanvoer en -afvoer. De kustvorming en topografische ontwikkeling van het waddengebied is waarschijnlijk mede, direct of indirect, beïnvloed door de ligging en/of activiteit van geologische structurele elementen, de heterogene opbouw van de ondergrond en de voortgaande werking van geologische processen. De huidige toestand en dynamische kenmerken van het waddensysteem zijn het gezamenlijke resultaat van processen, en interactie van processen, diep in de aarde, nabij en aan het oppervlak en in de biosfeer, hydrosfeer en atmosfeer die op verschillende tijd- en ruimteschalen plaatsvinden.



Figuur 2 Kenmerk van het waddengebied: grote dynamiek in tijd en ruimte. Processen, zoals bijvoorbeeld geologische en klimatologische processen) starten in een ver verleden en lopen door in de toekomst. Ruimtelijk gezien is het waddensysteem veelal slechts onderdeel van grootschaligere (geologische en klimatologische) systemen.

De natuurlijke veranderingen nabij en aan het oppervlak van het waddensysteem hebben de bewoningsgeschiedenis van het gebied sterk beïnvloed (Figuur 3).



Figuur 3 Bewoningsgeschiedenis van het waddengebied is sterk beïnvloed door de natuurlijke dynamiek van het waddensysteem

Sinds de eerste bewoning van het waddengebied, en in toenemende mate sinds 600 vC, worden met name die veranderingen nabij en aan het oppervlak van het waddensysteem mede beïnvloed door de menselijke activiteiten (zoals o.a. de aanleg van dijken, inpoldering, landgebruik, ontwatering, grondwateronttrekking, en recenter ook

aardgaswinning, zoutwinning, opslag gas). De winning van zout en aardgas en opslag gas in het waddengebied vindt plaats op grote dieptes (tot ca. 4km) en in gesteenten met een ouderdom van meer dan 250 miljoen jaar. Zowel de winning van zout en aardgas op grotere diepte als ook grondwaterwinning, inpoldering en ontwatering veranderen de ondergrond en werken door naar het aardoppervlak en de waddenzeebodem (naar het biotische en abiotische waddensysteem) (Figuur 4). De bekendste doorwerking naar het oppervlak is bodembeweging en vooral bodemdaling. Er treedt een cumulatie en verstregeling op van verschillende natuurlijke en antropogene oorzaken van bodembeweging aan de oppervlakte (Figuur 4).



Cumulatie van effecten:

- Natuurlijke compactie
- Peilbeheer
- Grondwaterwinning
- Gas/zoutwinning

Figuur 4 Veranderingen nabij en aan het aardoppervlak van het waddensysteem worden mede beïnvloed door de mens: De mens als 'geological force'.

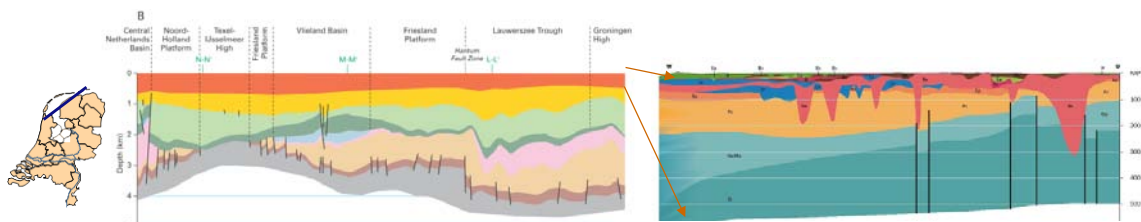
De toekomstige ontwikkeling van het waddengebied zal naar verwachting plaatsvinden in een zich veranderend klimaat en daarmee samenhangende mogelijke versnelling van de zeespiegelstijging en variatie in hoogte en frequentie van stormvloeden, en zal mede beïnvloed worden door de voortgaande werking van natuurlijke en antropogene processen. De ondergrond van het waddengebied biedt diverse gebruiksmogelijkheden die het streven van de eilanden en de kustprovincies naar meer zelfvoorzienendheid met betrekking tot water en energie en verduurzaming van energie (warmte-koude opslag, aardwarmte) kunnen helpen verwezenlijken. Deze maatschappelijke behoefte aan meervoudig gebruik van de ondergrondse ruimte neemt toe. Het vaststellen van de gebruiksmogelijkheden van de ondergrond en de hieraan gekoppelde veranderingen in de ondergrond en doorwerking daarvan naar het aardoppervlak en Waddenzeebodem is niet mogelijk zonder een gedetailleerdere 3D kennis van opbouw en structuur van de ondergrond en van de fysisch-chemische eigenschappen van gesteenten en vloeistoffen en een betere proceskennis. Vraagstellingen vanuit beheer van milieu, natuur en cultureel erfgoed, vraagstellingen rond de veiligheid van de leefomgeving en economische vraagstellingen spelen daarbij een rol. Kennis met betrekking tot snelheid en aard van klimaatveranderingen en de kwantitatieve gevolgen voor diverse

geologische ontwikkelingen in het waddengebied (zoals sedimentatie, erosie, grondwaterstroming, compactie en bodemdaling) en daaraan gerelateerde gevolgen voor bijvoorbeeld ecologie, landbouw, zoetwatervoorraden, zijn nog beperkt.

Het huidige maatschappelijk streven naar een duurzame toekomst van het waddengebied betreft zowel het natuurlijke waddensysteem, als de veiligheid van de bewoners, de sociaal-economische belangen en de cultuur-historische waarden.

De Integrale Kennisagenda van de Waddenacademie (Kabat e.a., 2009), en de daaraan ten grondslag liggende verkenningen, laten zien dat veel disciplinaire kennis over het waddengebied beschikbaar is m.b.t. de thema's klimaat, geowetenschap, ecologie, maatschappij en cultuurhistorie, sociale en ruimtelijke economie. Tevens is vastgesteld dat het gebrek aan interdisciplinariteit beperkend is waar het gaat om het begrijpen hoe het huidige waddengebied functioneert als integraal systeem in de context van bijvoorbeeld behoud en ontwikkeling van natuurwaarden, duurzaam menselijk medegebruik, klimaatverandering, bodembeweging en zeespiegelstijging.

De bodem/ondergrond van het waddengebied vormt een uniek, omvangrijk, multidisciplinair archief waarin de resultaten van klimatologische, geologische, ecologische processen en activiteiten van de mens in onderlinge samenhang aanwezig zijn (Figuur 5). In de loop van vele decennia zijn in het kader van een veelheid aan activiteiten in het waddengebied data en informatie uit de bodem/ondergrond beschikbaar gekomen. Analyse en interpretatie van het ondergrondse archief – voor het recente verleden tezamen met historische bronnen – verschaffen de basis voor het genereren van nieuwe – kwalitatieve en kwantitatieve – kennis en inzichten m.b.t. het functioneren van het waddengebied als integraal systeem op verschillende tijd en ruimteschalen in verleden tot heden. Een belangrijk deel van het programma 'Kennis van het Verleden voor een duurzame toekomst van de Wadden' richt zich op de ontsluiting en de analyse en interpretatie van dit archief.



Figuur 5 De bodem/ondergrond van het waddengebied vormt een uniek, omvangrijk, multidisciplinair archief waarin de resultaten van klimatologische, geologische, ecologische processen en activiteiten van de mens in onderlinge samenhang aanwezig zijn.

De koppeling van verschillende tijd- en ruimteschalen (zoals de diverse geologische tijd- en ruimteschalen met die van het menselijk handelen) en de toepassing van een modelmatige aanpak zijn integrale onderdelen van de analyse en interpretatie van het ondergrondse archief en de historische bronnen. Analyse en interpretatie bieden onder meer de mogelijkheid om klimaatveranderingen en de invloed ervan op geologische processen in het waddengebied (zoals sedimentatie, veenvorming, erosie, grondwaterstroming, compactie/inklinking) en de daarmee samenhangende kust- en landschapsvorming te reconstrueren, te kwantificeren en te modelleren. Analyse van het bovenste deel van het ondergronds archief tezamen met bestaande geologische,

geomorfologische, archeologische en historische bronnen is in het bijzonder van belang voor de reconstructie van landschapsontwikkeling in relatie tot bewoningsgeschiedenis en menselijk handelen; inclusief de effecten van de menselijke bestaanswijze op klimaat, bodem, water en natuur.

Het ondergrondse archief voor de reconstructie van de ontwikkeling van het waddengebied beslaat een groter gebied dan het huidige waddengebied: de kustlijn aan het begin van het Holoceen (10.000 jaar geleden) lag zeker 10 km ten noorden van de huidige kustlijn. Deze sedimenten dicht aan het oppervlak van de Noordzeebodem zijn van belang voor de reconstructie van de vroege geschiedenis van het waddensysteem. De diepere opbouw en structuur van het waddengebied behoren tot geologische structurele elementen die zich uitstrekken tot ver buiten het waddengebied en zijn het resultaat van processen op grote geologische ruimte- en tijdschaal die veelal starten in een – ver – verleden en doorwerken tot - ver - in de toekomst. Zowel de aard van opbouw van de bodem/ondergrond als de ruimte-en tijdschaal waarop de processen zich manifesteren vergen bij voorkeur een internationale (trilaterale) aanpak van de reconstructie van de ontwikkeling van het Waddengebied.

Het kennis- en onderzoeksprogramma beoogt de basisdata en -informatie en de (fundamentele) kennis en inzichten (op verschillende tijd- en ruimteschalen) te genereren en te verspreiden die onmisbaar zijn voor het begrijpen van het huidige gedrag van het waddensysteem, het bepalen van de waarden van het waddengebied, en het voorspellen en modelleren van toekomstige ontwikkelingen van het waddensysteem in relatie tot menselijk medegebruik.

4. Programmaliijnen van het Kennis- en Onderzoeksprogramma

4.1. Inleiding

Het programma bestaat uit vier samenhangende programmaliijnen. De basis van het programma wordt gelegd in de eerste twee programmaliijnen:

- 1 Data en informatie: het op orde brengen, op kwaliteit borgen, veiligstellen en verstrekken van alle voor de integrale reconstructie van de ontwikkeling van het waddengebied relevante data en informatie. Dit betreft klimatologische, geologische, ecologische, economische en sociaal-culturele data en informatie.
- 2 4D informatiesysteem betreffende de integrale reconstructie van het waddengebied in tijd en ruimte: het geïntegreerd toegankelijk maken van geanalyseerde en geïnterpreteerde informatie ontleend aan reeds beschikbare data en informatie en de in programmaliijn 1 verkregen data en informatie. Dit betreft onder meer het creëren van dataproducten (kaarten, modellen) betreffende de geologische opbouw en structuur en fysisch-chemische-geobiologische eigenschappen bodem/ondergrond en daarin voorkomende vloeistoffen, paleogeografie en -natuur en -cultuurlandschappen.

De opbouw, structuur en eigenschappen van het aardoppervlak en de bodem/ondergrond van het waddengebied, tot een diepte van ca. 5 km, vormen het belangrijkste natuurlijke archief voor het genereren van nieuwe - kwalitatieve en kwantitatieve - kennis en inzichten m.b.t. het functioneren van het waddengebied als integraal systeem op verschillende tijd- en ruimteschalen. Programmaliijn 2 verschaft het raamwerk en aanvullende basisgegevens voor uitvoering van de programmaliijnen 3 en 4. In programmaliijn 2 worden in verschillende fasen het raamwerk en de basisgegevens opgebouwd en publiek beschikbaar gesteld onder meer middels een 3D digitale atlas van het Waddengebied. Zo'n atlas zal o.m. geologische basiskaarten (zoals dikte en verspreidingskaarten van geologische eenheden en locatie van breuken van Carboon tot heden), paleogeografische kaarten van het Holoceen, thematische kaarten (o.m. temperatuurkaarten, grondwaterkaarten, bodemdalingskaarten), landschapskaarten en cultuur-historische kaarten bevatten. Een eerste digitale basisatlas van het Nederlandse Waddengebied kan al snel worden samengesteld met behulp van reeds beschikbare landelijke en internationale kaarten en informatie uit bestaande databases. Deze digitale basisatlas wordt in de loop van de uitvoering van programmaliijn 2 verder gedetailleerd en ingevuld met nieuwe data en informatie en zal uiteindelijk ook onderdeel worden van de in deze programmaliijn voorziene grensoverschrijdende 3D digitale atlas. De atlas is geschikt voor diverse gebruikersgroepen (onderzoek, educatie, musea).

De programmaliijnen 1 en 2 beogen de basisdata en informatie te verschaffen voor diverse gebruikersgroepen: a) voor onderzoekers ten behoeve van de uitvoering van de programmaliijnen 3 en 4, en i.v.m. de andere kennis-en onderzoeksprogramma's van de Integrale Kennisagenda van de Waddenacademie (Kabat e.a., 2009); b) overheden: om een veelheid aan specifieke beleid- en beheersvragen ten aanzien van aardoppervlak/bodem/ondergrond en meervoudig gebruik daarvan te kunnen beantwoorden; c) onderwijsinstanties, musea, voorlichtingscentra. De selectie van relevante data en informatie en dataproducten zal daarom steeds in samenspraak met belanghebbenden plaatsvinden. Het ontsluiten en

toegankelijk maken van data en informatie zijn integrale onderdelen van de programmalijnen 1 en 2.

De programmalijnen 3 en 4 betreffen onderzoek naar het natuurlijk dynamisch gedrag van het waddensysteem (3) en de interactie van mens en natuurlijk dynamisch gedrag van het waddensysteem (4):

- 3 Geïntegreerde klimatologische, geologische en ecologische ontwikkeling waddengebied op verschillende tijd- en ruimteschalen. Twee voorbeelden uit deze programmalijn zijn:
 - a. van de sedimenthuishouding en geomorfologie in relatie tot paleo-klimaat en verschillende paleo-snelheden zeespiegelstijging
 - b. Ontwikkeling grondwatersystemen (grondwaterstand, ruimtelijke patronen kwaliteit, zoet-zoutverdeling) en ecologie in relatie tot paleo-klimaat en zeespiegelstijging
- 4 Geïntegreerde klimatologische, geologische, ecologische, economische en sociaal-culturele ontwikkeling waddengebied (gedurende de Laat Holocene periode met menselijke bewoning) . Twee voorbeelden uit deze programmalijn zijn gericht op het ontwikkelen van meer kennis betreffende duurzaam menselijk gebruik van de bodem/ondergrond (zowel wat betreft oude als nieuwe bestaansbronnen):
 - a. Ontwikkeling menselijk gebruik van natuurlijke bestaansbronnen (landbouw, visserij, grondwater, geo-energie, etc.); inclusief relatie tot natuurlijke draagkracht van waddengebied
 - b. Gebruiksmogelijkheden ondergrond waddengebied met betrekking tot opslag (water, gas, CO₂) en oude en nieuwe bestaansbronnen, zoals grondwater, olie, gas (conventioneel, niet-conventioneel), zout, aardwarmte, veen en zand, inclusief processen met betrekking tot de verandering van ondergrond en doorwerking naar oppervlakte

Dit kennis- en onderzoeksprogramma beoogt data, informatie en (fundamentele) kennis, onder meer in de vorm van kaartbeelden en conceptuele en proces-gebaseerde modellen, te genereren betreffende de ontwikkeling van het waddensysteem tot heden. Deze data, informatie en kennis zijn onmisbaar voor het begrijpen van de huidige karakteristieken en het huidige gedrag van het waddensysteem, het bepalen van de waarden van het waddengebied, en het voorspellen en modelleren van de toekomstige ontwikkeling van het waddensysteem. De in het onderzoeksprogramma te genereren kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de wadden betreft onder meer:

- Informatie en kennis om de natuurlijke draagkracht van de wadden vast te stellen (ten behoeve van veiligheid, duurzaamheid natuurwaarden);
- Informatie en kennis die de waarden van het waddengebied bepalen (aardkundige, cultuurhistorische, archeologische, economische waarden), ten behoeve van natuur- en landschapsbeheer, ruimtelijke inrichting, waterbeheer en toerisme;
- Informatie en kennis van de natuurlijke oorzaken van bodemdaling;

- Informatie over de historische wisselwerking tussen mens en water (ten behoeve van waterbeheer);
- Informatie en kennis over de ontwikkeling en eigenschappen van natuurlijke bestaansbronnen in het waddengebied (gas, olie, aardwarmte, zout, grondwater, zand);
- Informatie en kennis m.b.t. tot gebruik van de ondergrond in verleden en heden en relatieve bijdrage aan veranderingen in ondergrond en bodembeweging.
- Onderbouwing voor de ontwikkeling van prognoses en toekomstscenario's m.b.t. gevolgen klimaatverandering voor het waddengebied;
- Kwantitatieve informatie t.b.v. de ontwikkeling van kwalitatieve en kwantitatieve modellen en de toetsing van modelberekeningen (lange en korte termijn modelleringen van processen, zoals bijvoorbeeld glacioisostasie, tektonische processen, erosie en sedimentatie tijdens Holocene transgressies en regressies, compactie, drukontwikkeling en grondwaterstroming, morfodynamische processen).

4.2. Uitwerking van de vier programmalijnen

De overkoepelende doelstelling van dit generieke kennis- en onderzoeksprogramma betreft het genereren van data, informatie van, en (fundamentele) kennis van en inzichten in, de klimatologische, geologische, ecologische, economische en sociaal-culturele dynamiek van het waddensysteem vanaf het einde van het Pleistoceen (8000 vC.) tot heden. Daarbij worden de klimatologische, geologische, ecologische, economische en sociaal-culturele aspecten van de ontwikkeling zoveel mogelijk in onderlinge samenhang bestudeerd.

Op basis van de kennislacunes m.b.t. de integrale reconstructie ontwikkeling waddengebied, zoals geïdentificeerd in de integrale kennisagenda van de Waddenacademie (Kabat e.a., 2009), en de daaraan ten grondslag liggende verkenningen, is het onderstaande kennis- en onderzoeksprogramma samengesteld. Het bestaat uit de hieronder beschreven vier samenhangende programmalijnen.

Programmalijn 1: Het op orde brengen, kwaliteit borgen, veiligstellen en verstrekken van data en informatie t.b.v. de reconstructie van de ontwikkeling van het waddengebied

Deze programmalijn betreft de inzameling, verwerving, archivering, kwaliteitsborging en verstrekking van alle voor de integrale reconstructie van de ontwikkeling van het waddengebied relevante data en informatie. Dit betreft klimatologische, geologische, ecologische, economische en sociaal-culturele data en informatie.

De data en informatiefunctie is ook van toepassing op de andere kennis- en onderzoeksprogramma's van de Integrale Kennisagenda Waddenacademie (Figuur 1), zoals monitoring van de ontwikkeling van het waddengebied (Wadden-Monitor) en het voorspellen van de ontwikkeling van het waddengebied (Wadden Toekomst).

Programmaliijn 2: 4D informatiesysteem betreffende de integrale reconstructie van het waddengebied in tijd en ruimte

▪ **Deelprogramma 2.1. Het geïntegreerd toegankelijk maken van geanalyseerde en geïnterpreteerde data en informatie**

Het geïntegreerd toegankelijk maken van geanalyseerde en geïnterpreteerde data en informatie betreft data en informatie ontleend aan a) bestaande geologische, geomorfologische, bodemkundige, archeologische en historische bronnen en b) de in programmaliijn 1 verkregen data en informatie. De geanalyseerde data en informatie worden gevat in dataproducten (zoals karterproducten, modellen) betreffende de geologische opbouw en structuur en fysisch-chemische-geobiologische eigenschappen bodem/ondergrond en daarin voorkomende vloeistoffen, alsmede paleo geografie en (paleo)natuur en (paleo)cultuurlandschappen.

- Component 2.1.1. Raamwerk opbouw en structuur bodem/ondergrond. Dit deelcomponent betreft de verfijning van de bestaande regionale kennis wat betreft de huidige opbouw en structuur van de bodem/ondergrond van het waddengebied. De ondergrond omvat de bodem, het topsysteem (bovenste 30 m), ondiepe ondergrond (tot c. 500 m) en diepe ondergrond (> 500 m). De (litho)stratigrafische opbouw wordt weergegeven op het niveau van formaties en laagvlakken en aandacht wordt besteed aan de locatie en breedte van breukzones en de spronghoogte van breuken. Waar mogelijk is de schaal fijner voor de ondiepe ondergrond en nog gedetailleerder voor het topsysteem (o.m. kaart Top-Pleistoceen). Het betreft de samenstelling van 3D digitale basiskaarten/ondergrond modellen met wetenschappelijke toelichtingen. Voor de ondergrond van 0 – ca. 5000m worden de kaarten en modellen samengesteld op basis van (her)interpretatie van basisdata en informatie (afkomstig van diepe en ondiepe boringen, resultaten van geochemische, geobiologische en geomechanische monsteranalyses, boorgatmetingen en seismische gegevens) en relevante rapporten en publicaties. De basiskaarten betreffen tijd-, diepte- en diktekaarten op het niveau van geologische formaties en laagvlakken dan wel facies en de locatie en spronghoogtes van breuken. Met de analyse van beschikbare seismische gegevens verzameld t.b.v. de olie- en gaswinning wordt de opbouw en structuur van de ondiepe ondergrond meer gedetailleerd in kaart gebracht. Het uiteindelijke 3D raamwerk betreffende de opbouw en structuur van de bodem/ondergrond betreft een volledige geïntegreerd model van de bodem, topsysteem, ondiepe en diepe ondergrond.
- Component 2.1.2. Karakterisatie aardoppervlak, bodem/ondergrond. De schematisatie van de bodem/ondergrond (deelprogramma 2.1) wordt in dit deelprogramma aangevuld met die fysische, geochemische, geobiologische eigenschappen van aardoppervlak, bodem, gesteenten, breuken en vloeistoffen in de ondergrond. De verkregen informatie wordt opgenomen in ondergrondmodellen en schematisaties uit component 2.1. De karakterisatie bodem/ondergrond waddengebied is gericht op het verschaffen van een betrouwbaar ruimtelijk beeld van de eigenschappen van bodem, gesteenten, breuken en vloeistoffen voor het hele waddengebied. Dit betreft onder meer het vaststellen en het digitaal in kaart brengen van de volgende karakteristieken: eigenschappen van reservoirs/aquifers en die van slechtdoorlatende laagpakketten (porositeit, permeabiliteit, geomechanische en

geochemische eigenschappen van kleien/schalies en van de heterogene krijtkalk); eigenschappen van breukzones (porositeit, permeabiliteit, cementatie); spanningstoestand ondergrond; eigenschappen vloeistoffen (grondwater/formatiewater, gas, olie; poriedruk, chemische samenstelling); geothermische eigenschappen van de ondergrond (warmtegeleidend vermogen, warmteproducerend vermogen, warmtecapaciteit, warmtedoorvoer); gestabiliseerd werkelijke temperatuurverloop in ondergrond.

- Component 2.1.3. Samenstellen van 4D digitale Atlas Waddengebied. Dit betreft een geïntegreerd karterprogramma van het aardoppervlak (morfologie, natuur- en cultuurlandschappen) en de opbouw en structuur en fysische-chemische-geobiologische eigenschappen van de bodem/ondergrond en daarin voorkomende vloeistoffen. Het beoogt de data en informatie over de opbouw en eigenschappen en evolutie van het aardoppervlak en de bodem/ondergrond toegankelijk te maken middels een samenhangende set karterproducten (kaartbladen plus toelichting), bijvoorbeeld in de vorm van een 4D waddenatlas. De variatie in eigenschappen en opbouw van aardoppervlak en bodem/ondergrond vormen de 3D component van de atlas. De 4e dimensie (tijd) betreft de ontwikkeling van het waddengebied.

De eerste digitale basisatlas van het Nederlandse Waddengebied kan al snel worden samengesteld met behulp van reeds beschikbare landelijke en internationale kaarten en informatie uit bestaande databases en publicaties. Deze digitale basisatlas wordt in de loop van de uitvoering van programmalijn verder gedetailleerd en ingevuld met nieuwe data en informatie en zal uiteindelijk ook onderdeel worden van de in het programma voorziene grensoverschrijdende 3D digitale atlas. De atlas is geschikt voor diverse gebruikersgroepen (onderzoek, educatie, musea):

- a. Samenstellen van 3D digitale basis Atlas Waddengebied op basis van beschikbaar kaartmateriaal en informatie uit bestaande databases
- b. Samenstellen 3D digitale atlas Waddengebied na realisatie van bovenstaande componenten 2.1.1 en 2.1.2. Detaillering basisatlas plus samenstelling op maat toegesneden karterproducten/modellen afgestemd op technisch- wetenschappelijke en beleid en beheersvragen t.a.v. aardoppervlak, bodem en ondergrond.
- c. Samenstellen grensoverschrijdende 3D digitale atlas Waddengebied (in trilateraal overleg met Duitse en Deense partners).

- ***Deelprogramma 2.2. 4D Informatiesysteem***

Het zichtbaar en toegankelijk maken van dataproducten en modellen (deelprogramma 2.1) en onderliggende data en informatie (programmalijn 1). Dit in afstemming met bestaande landelijke programma's m.b.t. informatiesystemen en landelijke en Europese standaardisaties.

Programmalijn 3: Geïntegreerde klimatologische, geologische en ecologische ontwikkeling waddengebied op verschillende tijd- en ruimteschalen

▪ ***Deelprogramma 3.1. Geologische ontwikkeling***

Dit deelprogramma is gericht op het verschaffen van inzicht in de processen, de interactie van deze processen en de eigenschappen van gesteenten en vloeistoffen diep in de aarde, nabij en aan het oppervlak, die van belang zijn om de dynamische – Holocene – ontwikkeling van het waddensysteem te kunnen begrijpen en modelleren en op basis daarvan de natuurlijke ontwikkeling in toekomst te kunnen voorspellen. Het betreft het vaststellen van de afzonderlijke invloed van de ligging en/of activiteit van structurele elementen, de heterogene opbouw en eigenschappen van de bodem/ondergrond en de voortgaande werking van geologische processen op de Holocene evolutie van kustvorming en topografische ontwikkeling, en op de relevantie van de verschillende invloeden. Deelonderzoeken betreffen onder meer: het vaststellen en begrijpen van de invloed van de ligging en activiteit van zoutstructuren en breuken op de Pleistocene ontwikkeling van de ondergrond (locatie glaciële tunneldalen) en daarmee op Holocene ontwikkeling van waddengebied; het vaststellen en begrijpen van de relatieve bijdrage van compactie van de verschillende sedimentpakketten aan de natuurlijke bodemdaling en de ruimtelijke verdeling van de bodemdalingsnelheden tijdens de Holocene ontwikkeling van het waddengebied; het bepalen en begrijpen van glacio-isostatische bewegingen als gevolg van het afsmelten van de ijskappen; het vaststellen en begrijpen van de mogelijke invloed van de verschillen in bodemdaling op transgressies en regressies tijdens het Holoceen en op de vorming van de kustlijn in het waddengebied. Specifieke aandachtsgebieden betreffende natuurlijke bodemdaling zijn onder meer: de relatie tussen de daling van de Lauwerszee Trog en de Holocene ontwikkeling van het Lauwersmeer gebied; de oorzaken en grootte van de natuurlijke daling van de Lauwerszee Trog (compactie, tektoniek, isostasie); idem voor het Eemsmondgebied.

▪ ***Deelprogramma 3.2. Klimatologische ontwikkeling in het waddengebied in het Holoceen***

Reconstructie paleoklimaat m.b.v. biochemische, geochemische, hydrochemische en hydrodynamische proxies) en inpassing in grootschalige (supraregionale en mondiale) paleoklimaat trends en modellen; dit onderzoek vindt plaats in nauwe relatie met de deelprogramma's 3.3. t/m 3.6.

▪ ***Deelprogramma 3.3. Paleogeografische ontwikkeling***

Vervaardigen van nu ontbrekende gedetailleerde paleogeografische kaartbeelden voor de periode tussen 8000 en 600 vC. (Vroeg- en Midden Holoceen) en 600 vC.-heden (zie ook deelprogramma 4.1.)

▪ ***Deelprogramma 3.4. Morfologische ontwikkeling van het waddengebied gedurende het Holoceen***

Reconstructie van de morfologische ontwikkeling van het waddengebied, in het bijzonder in relatie tot ontwikkeling van klimaat, zeespiegel en stormvloeden.

▪ ***Deelprogramma 3.5. Reconstructie relatie dynamiek kwelders, platen, geulen en klimaatverandering (zeespiegelverandering)***

De interactie tussen de verandering van klimaat, zeespiegel, sedimentatiesnelheid en sedimentatiepatroon is complex. Kwantitatieve kennis van de wisselwerking tussen de verschillende mechanismen die in het verleden werkzaam waren tijdens de evolutie van het waddengebied is belangrijk om de effecten van toekomstige klimaatverandering op sedimentatie in het waddengebied te kunnen voorspellen. Onderzoek waarin detailkennis betreffende de opbouw en eigenschappen van de ondiepe en matig diepe ondergrond gecombineerd wordt met geobiologische analyses biedt goede mogelijkheden om gedetailleerde reconstructies van zowel het paleoklimaat (d.m.v. klimaatproxies), paleosedimentatie en paleobodemvorming te maken. M.b.v. historische kaarten (waaronder zeekaarten) kunnen de korte termijn morfodynamische veranderingen in de afgelopen honderden jaren in kaart gebracht worden. Op basis van reconstructies van de relatie tussen paleoklimaat en sedimentatie kan vervolgens de reactie van het waddensysteem op snelle klimaatveranderingen vastgesteld worden.

▪ ***Deelprogramma 3.6. Ontwikkeling grondwatersystemen***

Reconstructie van de fysische en chemische ontwikkeling van grondwatersystemen (zoetwaterlensvorming, verzilting) in relatie tot kustmigratie en topografie van de eilanden, en in relatie tot de uitbouw van de kust van het vaste land en daling van de vastelandsbodem. Reconstructie van de fysische en chemische ontwikkeling van kwaliteitszonerings t.g.v. processen zoals zoetwaterlensvorming, zoutwaterintrusie en ontkalking. Reconstructie van de relatie tussen de dynamiek van grondwatersystemen en trends in neerslag en evapotranspiratie in relatie tot klimaatverandering.

▪ ***Deelprogramma 3.7. Klimaatverandering en kwaliteit waddenzee water***

Reconstructie van paleoveranderingen in klimaat en watertemperatuur en waterkwaliteit van de Waddenzee met behulp van marien-biologische proxies (zoals de samenstelling van organisch materiaal, kalk en silica skeletjes van algen) en marien-geochemische proxies in de sedimenten in de ondergrond en in fysisch-chemische eigenschappen van het grondwater. Het met behulp van deze proxies reconstrueren van veranderingen in de zoet-zout gradient, trofische status en waterkwaliteit in de loop van de tijd en deze vervolgens koppelen aan paleoklimaatveranderingen.

▪ ***Deelprogramma 3.8. (Verder) ontwikkelen van conceptuele en proces-gebaseerde modellen***

Een modelmatige aanpak vormt onderdeel van elk van de deelprogramma's 3.1-3.2. en 3.4. t/m 3.7. De data, informatie en inzichten resulterend uit deze onderzoekscomponenten vormen de basis voor het ontwikkelen, of verbeteren van bestaande, modellen en het uitvoeren van modelberekeningen.

▪ ***Deelprogramma 3.9. Natuurlijke ontwikkeling bestaansbronnen (grondwater, zout, veen, zand, oude en nieuwe geo-energie; gas, kolen, aardwarmte) (zie deelprogramma's 3.1 en 3.6)***

(in wisselwerking met de kennis- en onderzoeksprogramma's Wadden Monitor, Wadden Klimaat neutraal, Wadden Welzijn)

- **Deelprogramma 3.10. Grensoverschrijdende reconstructie waddengebied**
(trilateraal; relatie met het samenstellen van een grensoverschrijdende 3D digitale atlas Waddengebied (zie deelprogramma 2.1).

Programmalijn 4: Geïntegreerde klimatologische, geologische, ecologische, economische en sociaal-culturele ontwikkeling waddengebied

Dit deel van het kennis- en onderzoeksprogramma betreft de ontwikkeling van het waddengebied tijdens de Laat Holocene Periode met menselijke bewoning (ca 600 vC. – heden). Een belangrijk deel van het onderzoek in het Laat Holoceen is gericht op de mens in relatie tot de natuurlandschappelijke, maatschappelijke, cultuurlandschappelijke en economische ontwikkeling van het gebied.

- **Deelprogramma 4.1. Paleogeografische ontwikkeling/landschapsontwikkeling**

Vervaardigen van gedetailleerde paleogeografische kaartbeelden voor de periode tussen 600vC en 1000nC (pre- en protohistorie) en tussen 1000 en 2000 nC (historische tijd) gebruikmakend van geologische, archeologische, historisch-geografische, historische en paleoecologische data en informatie. Essentieel is hierbij een gedifferentieerde behandeling van de diverse getijdenbekkens in het waddengebied en een verbeterd inzicht in zowel zeespiegel- als bekkenspecifieke grondwatercurven in het Waddengebied (zie ook deelprogramma 3.3.).

- **Deelprogramma 4.2. Adaptatie van menselijke bestaanswijze aan natuurlijke (klimatologische, geologische/morfologische, ecologische) ontwikkeling waddengebied**

Diachrone ontwikkeling van een samenhangend overzicht van de bewoningsgeschiedenis en cultuurlandschapsontwikkeling van zowel het binnendijkse voormalige Waddengebied als het buitendijkse actuele Waddengebied (inclusief de eilanden), gebruikmakend van aardwetenschappelijke, archeologische, historisch-geografische, historische, paleoecologische en toponymische data en informatie. Belangrijke onderzoeksthema's zijn daarbij:

- a. de diachrone ontwikkeling van het terpenlandschap;
- b. de diachrone ontwikkeling van de zeeklei- en veenlandschappen in de voormalige getijdebekkens;
- c. de bedijkingsgeschiedenis van het Waddengebied;
- d.

- **Deelprogramma 4.3. Ontwikkeling menselijk gebruik van de natuurlijke bestaansbronnen in het waddengebied**

Ontwikkeling van nieuwe historisch-ecologische kennis over het historische menselijke gebruik van zowel de Waddenzee zelf als van de natuurlijke en halfnatuurlijke landschappen in de binnendijkse delen van het Waddengebied, gebruik makend van enerzijds paleoecologische en archeologische data en informatie (bodemarchief) en anderzijds historisch-geografische, historische, toponymische, ecologisch-historische en agrarisch-historische data en informatie (historische bronnen), alsmede lokale kennis van bewoners en gebruikers (actuele bronnen/oral history) en gericht op toekomstige

toepassingen in natuur- en landschapsbeheer, visserijbeleid, omgevingsbeleid en waterbeheer.

- ***Deelprogramma 4.4. Effecten van menselijke bestaanswijze op klimaat, landschap (bodem, water, flora, fauna)***

Ontwikkeling van nieuwe kennis betreffende de relatieve bijdragen van natuurlijke en antropogene invloeden aan extreme gebeurtenissen (stormvloeden, dijkdoorbraken), bodemdaling en grondwaterstijging in het verleden, met speciale aandacht voor de integratie van aardwetenschappelijk onderzoek (event-stratigrafie, sedimentologie, nieuwe dateringstechnieken) en historische en archeologische data en informatie.

- ***Deelprogramma 4.5. Effecten van de langjarige interactie tussen mens en natuur op het huidige aardwetenschappelijke, archeologische, cultuurlandschappelijke, architectuurhistorische en toponymische erfgoed in het Waddengebied***

Inventarisatie, waardering, selectie en strategieontwikkeling met betrekking tot het in en rond de Waddenzee aanwezige erfgoed (in wisselwerking met kennis- en onderzoeksprogramma Wadden Welzijn).

- ***Deelprogramma 4.6. Effecten van paleo en huidig gebruik ondergrond (winning ondergrondse bestaansbronnen)***

Een belangrijk deel van dit deelprogramma is gericht op het vergroten van kennis en inzicht in de verstrengeling en cumulatie van gevolgen van de verschillende gebruiksmogelijkheden van de ondergrond en de doorwerking daarvan naar het aardoppervlak/zeebodem. Het onderzoeksveld omvat o.a. de interactie en de feedbackmechanismen tussen gebruik diep in de ondergrond met gebruik nabij het oppervlak (bijvoorbeeld interactie tussen bodemdaling t.g.v. gaswinning en grondwaterbeheer). Het onderzoeksveld is onderverdeeld in de volgende gebruik-gerelateerde subthema's: aardgaswinning, zoutwinning, aardwarmtewinning, warmte-koude opslag, grondwaterwinning, grondwaterbeheer, opslag aardgas, opslag CO₂.

5. Kennisinstructuur die kennishuishouding van het waddengebied kan borgen

Het kennis- en onderzoeksprogramma 'Kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de Wadden' sluit aan op – lopende – onderzoeksprogramma's en expertise van de volgende kennisinstellingen in Nederland:

- Deltares (Bodem en Grondwatersystemen)
- Fryske Akademy (FA)
- Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE)
- TNO (Geo Energie en Geo Informatie)
- Rijksuniversiteit Groningen
- Technische Universiteit Delft; Afdeling Geotechnologie van de Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
- Universiteit Utrecht; Faculteit Geowetenschappen
- Vrije Universiteit; Faculteit Aard- en Levenswetenschappen
- Wageningen Universiteit/Alterra

Deze Nederlandse publieke kennisinstellingen hebben alle nauwe samenwerkingsrelaties met kennisinstellingen in Duitsland en Denemarken die betrokken zijn bij de kennishuishouding van het trilaterale Waddengebied.

Er zijn in Nederland een beperkt aantal advies- en ingenieursbureaus en bedrijven die – met data, informatie en kennis – kunnen bijdragen aan de realisatie van het kennis- en onderzoeksprogramma 'Kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de Wadden'.

6. Planning

6.1. Tijdschema

De realisatie van het kennis- en onderzoeksprogramma ‘Kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de Wadden’ beslaat een periode van tenminste 15 jaar, in drie tranches van 5 jaar (2010-2015; 2015-2020; 2020-2025).

2010-2015: Uitvoering en completering (volledig) van programmalijn 1 (data en informatie) door TNO, Deltares, RCE, Fryske Akademy, Alterra.

Realisatie van deelprogramma's en componenten in programmalijnen 2 t/m 4: Programmalijn 2, uitvoeren en completeren component 2.1.3a: Samenstellen van 3D digitale basis Atlas Waddengebied op basis van beschikbaar kaartmateriaal en informatie uit bestaande databases (o.m. door TNO/Deltares, RCE, Fryske Akademy); uitvoeren componenten 2.1.1 en 2.1.2.

Programmalijn 3: uitvoeren deelprogramma: Ontwikkeling van de sedimenthuishouding en geomorfologie in relatie tot paleo-klimaat en verschillende paleo-snelheden zeespiegelstijging.

Programmalijn 3: uitvoeren deelprogramma: Ontwikkeling grondwatersystemen (grondwaterstand, ruimtelijke patronen kwaliteit, zoet-zoutverdeling) en ecologie in relatie tot paleo-klimaat en zeespiegelstijging.

Programmalijn 4: uitvoeren deelprogramma: Ontwikkeling menselijk gebruik van natuurlijke bestaansbronnen (landbouw, visserij, grondwater, geo-energie, etc.); inclusief relatie tot natuurlijke draagkracht van waddengebied.

Programmalijn 4: uitvoeren deelprogramma betreffende gebruiksmogelijkheden ondergrond waddengebied m.b.t. opslag (water, gas, CO₂) en oude en nieuwe bestaansbronnen (grondwater, olie, gas (conventioneel, niet-conventioneel), zout, aardwarmte, veen, zand..), inclusief processen m.b.t. verandering van ondergrond en doorwerking naar oppervlakte.

2015-2020: Uitvoering van deelprogramma's en componenten in programmalijnen 2 t/m 4. Prioritering te bepalen na realisatie (grotendeels) van deelprogramma's uit eerste tranche; uiterlijk in 2014.

2020-2025: Uitvoering van deelprogramma's in programmalijnen 2 t/m 4. Prioritering te bepalen na realisatie (grotendeels) van deelprogramma's uit tweede tranche; uiterlijk in 2019.

6.2. Kostenraming en beoogd type van financiering

De kosten van de eerste tranche (periode 2010-2015) worden d.d. 2010 geraamd op cumulatief 12 miljoen EURO (exclusief de realisatie van programmalijn 1).

De kosten van het uitvoeren en completeren (volledig) van programmalijn 1 (data en informatie) kunnen tot ca. 50% worden gefinancierd met bestaande programmafinanciering van de verantwoordelijke departementen (LNV, VROM, V&W, EZ en OCW), bijvoorbeeld het TNO-DINO programma en vergelijkbare financiering van Deltares, Alterra, Fryske Akademy en RCE.

De kosten van de realisatie van de deelprogramma's in de programmalijnen 2 t/m 4 kunnen worden gefinancierd met een mix van bestaande financiering voor kennisinvesteringen (eerste geldstroom universiteiten, basisfinanciering kennisinstellingen, e.d.), departementale fondsen, NWO- en EU financiering en het Waddenfonds.

6.3. Slotopmerking

Het kennis- en onderzoeksprogramma 'Kennis van het verleden voor een duurzame toekomst van de Wadden' levert data, informatie en (fundamentele) kennis voor het handhaven (deels 'herstellen') van het natuurlijk waddensysteem en het bevorderen van welzijn en welvaart van de bevolking van het waddengebied. Het is één van de kerncomponenten voor het ontwikkelen van een duurzame kennishuishouding van het Waddengebied.

De data, informatie en transdisciplinaire kennis die reeds beschikbaar is m.b.t. de ontwikkeling van het waddengebied in tijd en ruimte, en die in het kader van dit kennis- en onderzoeksprogramma zal worden gegenereerd zijn nodig om het maatschappelijk doel dat gericht is op het op duurzame wijze omgaan met het waddengebied met zijn huidige kenmerken, te realiseren. Dit betreft het natuurlijk systeem, de veiligheid voor de bewoners en de economische belangen. Om dit te bewerkstelligen moeten de data, informatie en kennis beschikbaar én toegankelijk zijn voor bestuurders, beleidsmakers en beheerders betrokken bij het waddengebied en voor de (tijdelijke en permanente) bewoners van het gebied. Ook is het nodig een nieuwe generatie waddenexperts op te leiden en de kennis van ervaren waddenexperts aan hen over te dragen (zie kennis- en onderzoeksprogramma b Wadden-Experts van de Integrale Kennisagenda, Figuur 1).

De resultaten van dit kennis- en onderzoeksprogramma vormen ook de basis voor, dan wel leveren input aan de andere kennis- en onderzoeksprogramma's die zijn gedefinieerd in de integrale kennisagenda van de Waddenacademie (Kabat e.a., 2009; zie ook Figuur 1).