

Geïntegreerd aardwetenschappelijk onderzoek ten behoeve van de ruimtelijke ordening

Een voorstel voor een raamprogramma


Raad voor Aarde en Klimaat

© 2008. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, via internet of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de rechthebbende, behoudens de uitzonderingen bij de wet gesteld.

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW)
Kloveniersburgwal 29, 1011 JV Amsterdam
Postbus 19121, 1000 GC Amsterdam
T 020-551 07 00
F 020-620 49 41
E knaw@bureau.knaw.nl
www.knaw.nl

Voor het bestellen van publicaties: 020-551 07 80

ISBN 978-90-6984-543-2

Het papier van deze uitgave voldoet aan  ISO-norm 9706 (1994) voor permanent houdbaar papier

Opmaak en beeldbewerking: Ellen Bouma, Alkmaar

Inhoud

Samenvatting 7

1. Inleiding: nieuwe wetgeving met nieuwe uitgangspunten 9

2. Beleidsingang 13

2.1 De regionale benadering als algemeen uitgangspunt 13

2.2 Een uniek moment voor geïntegreerd aardwetenschappelijk onderzoek 14

3. Onderzoeksingang 15

3.1 Het lagensysteem als basis 15

3.2 Lagenonderzoek 16

4. Globale schets onderzoeksvoorstel voor een proefgebied ter illustratie van de voorgestelde procedure 23

4.1 Regiokeuze 23

Bijlagen

1. Kust- en duinlandschap; aardwetenschappelijk onderzoek voor de ruimtelijke ordening: een voorbeeld van de besproken procedure 27

2. Samenstelling Raad voor Aarde en Klimaat (RAK) van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW) 57

Samenvatting

Nooit eerder zijn er in de geschiedenis ongeveer tegelijkertijd zoveel beleidsintenties uitgesproken op het gebied van het ruimtelijk beleid als nu het geval is. Dit geldt zowel voor het nationale als het EU-niveau. De inmiddels algemeen erkende problematiek van de klimaatverandering maakt genoemde intenties nog eens extra urgent.

De nieuwe wet Ruimtelijke Ordening treedt in 2008 in werking en een nieuw, op duurzaam gebruik gericht, bodembeleid is in ontwikkeling. Daarnaast zijn sinds kort richtlijnen binnen de Europese Unie (EU) van kracht op het gebied van habitat, water en, binnenkort, bodem die ook wettelijk zijn verankerd. De term 'bodem' heeft in dit verband overigens een brede betekenis en omvat tevens geologie, hydrologie en landschap.

Het onderzoek ten behoeve van het brede vakgebied van de ruimtelijke ordening is momenteel sterk verbrokken, eenzijdig disciplinair gericht en het ontbeert een aardwetenschappelijke component. Dit is ongunstig, zeker ook gezien de verwachte klimaatverandering en zeespiegelstijging die een sterke invloed zullen hebben op de mogelijkheden van de ruimtelijke ordening. Maar ook het aardwetenschappelijk onderzoek rond deze thematiek is gefragmenteerd.

De nieuwe wetgeving vereist een nieuwe, geïntegreerde onderzoeksbenadering vanuit de aardwetenschappen die op een coherente, transparante en overtuigende wijze het aardwetenschappelijk onderzoek kan presenteren in het brede vakgebied van de ruimtelijke ordening en die tegelijkertijd onderbouwd kan aangeven dat nog veel fundamenteel aardwetenschappelijk onderzoek nodig is om het hoofd te bieden aan de problemen van de toekomst.

Dit advies heeft daarom in eerste instantie ten doel uitgangspunten te formuleren voor onderzoeksprogramma's op het gebied van de aardwetenschappen die deze onderzoeksvragen wel systematisch adresseren, analyseren en beantwoorden, en daarmee, in tweede instantie, een essentiële bijdrage kunnen leveren aan het formuleren van de eerder genoemde en door de wet vereiste structuurvisies. Daarnaast kunnen deze uitgangspunten zorgen voor een coherente en transparante presentatie van de aardwetenschappen binnen het brede terrein van de ruimtelijke planvorming.

Het advies betreft een voorstel voor een geïntegreerde en procesmatige aanpak van het aardwetenschappelijk onderzoek ten behoeve van de ruimtelijke ordening. Een dergelijke aanpak ontbreekt momenteel. Dat heeft tot gevolg dat, ondanks de nieuwe wetten die betrekking hebben op de ruimtelijke ordening, de aardwetenschappen veel kansen laten liggen. Kansen op aardwetenschappelijk onderzoek dat niet alleen uit oogpunt van de wetenschap relevant is, maar ook – en vooral – uit oogpunt van veiligheid meer aandacht en inzet verdient.

Als kader voor een dergelijke onderzoeksbenadering op het gebied van de ruimtelijke ordening is gekozen voor een raamwerk dat direct aansluit op de nieuwe nationale en internationale wetgeving. Een uitgangspunt hiervoor is een regionale

benadering op basis van het lagenmodel van de *Nota Ruimte*¹, waarbij in dit raamwerk de eerste laag de dynamiek van geologie/bodem/water (laag 1a) en van de ecologie beschrijft (laag 1b), de tweede laag de verbindingen onder de loep neemt en de derde laag de vestigingsplaatsen tot onderwerp heeft. De zeven bodemfuncties – die in dit advies worden toegelicht – omschreven in de EU Richtlijn Bodem worden mede bepaald door de dynamiek binnen deze verschillende lagen.

Het advies *Geïntegreerd aardwetenschappelijk onderzoek ten behoeve van de ruimtelijke ordening. Een voorstel voor een raamprogramma* richt zich tot onderzoekfinancierende instanties, zoals de (kennisdirecties van) de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (vrom), Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Verkeer en Waterstaat (v&w) en de provinciale onderzoekafdelingen en het gebiedsbestuur Aard- en Levenswetenschappen (ALW) van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), maar ook aan architectenbureaus en faculteiten aardwetenschappen.

¹ *Nota Ruimte*, ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag 2005.

Inleiding

Nieuwe wetgeving met nieuwe uitgangspunten

De nieuwe wet Ruimtelijke Ordening zal naar verwachting per 1 januari 2008 van kracht worden. In deze wet dienen door het Rijk, de Provincies en de Gemeenten structuurvisies te worden opgesteld met uitgangspunten voor het ruimtelijk beleid en plannen van uitvoering. Tegelijkertijd ontwikkelt het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) een nieuw bodembeleid², waarbij het accent ligt op duurzaam bodemgebruik, en stelt de *Nota Ruimte* van 2005 twintig Nationale Landschappen voor.

Daarnaast zijn er bindende richtlijnen vanuit de EU op het punt van habitat (Natura 2000 Habitattypen en de Ecologische Hoofd Structuur), water (kader-richtlijn water) en binnenkort bodem (EU Richtlijn Bodem, waarin zeven bodemfuncties worden gedefinieerd, die beschermd dienen te worden en die ook betekenis hebben voor de Ecologische Hoofd Structuur) (CEC, 2006a, 2006b³)⁴. Deze op de toekomst gerichte wetten en richtlijnen kunnen, naar onze mening, niet adequaat worden ingevuld zonder een substantiële aardwetenschappelijke inbreng die tot op heden nagenoeg ontbreekt. Zo blijken de bestemmingsplannen van gemeenten weinig rekening te houden met geologie, geomorfologie en bodem⁵.

De aard van flora en fauna in een bepaald gebied en de kwaliteit van water en lucht zijn in belangrijke mate een functie van aardwetenschappelijke processen, en dat wordt tot nu toe onvoldoende onderkend. Wel is sprake van een kentering in het denken. Zo buigt een interdepartementale werkgroep zich over de vraag hoe, in analogie met regelgeving rond kadastragegevens, het raadplegen en aanleveren van gegevens over de ondergrond wettelijk verplicht kan worden gesteld voor overheidsinstanties, zodat voldoende rekening wordt gehouden met de ondergrond bij ruimtelijke planvorming in algemene zin en aanleg van bijvoorbeeld lijninfrastructuur in het bijzonder. Dit voorstel wordt ondersteund door een studie van het Beraad voor Geoinformatie (GI-beraad) binnen VROM waarin op basis van een kosten-batenanalyse overtuigend wordt aangetoond dat tijdige inbreng van aardwetenschappelijke kennis in het planproces tot significante besparingen en tot meer succesvolle projecten kan leiden.

² Tweede Kamer der Staten Generaal. 2003. Milieubeleid 2002-2006. Beleidsvernieuwing bodemsanering. Brief van de staatssecretaris van VROM. Kamerstuk 28663-28199.

³ Commissie van de Europese Gemeenschappen (CEC) 2006a. *Thematische strategie voor bodembescherming. Samenvatting van de Effectbeoordeling* (SEC) (2006)1165 en *Commission of the European Communities* (CEC) 2006b. *Directive of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC*. Brussels. 22 september 2006. COM 232 final.

⁴ Bouma, J. & Droogers, P. 2007. 'Translating soil science into environmental policy: a case study on implementing the EU soil protection strategy in the Netherlands'. *Keynote iuss World Congress of Soil Science*. Philadelphia, USA, July 8-15, 2006. *Environmental Science and Policy*. 10: 454-463.

⁵ Ancker, J.A.M. van den & Jungerius, P.D. 2000. *Aardkundige Waarden en Ruimtelijke Ordening – het gemeenteniveau*. G&L, Stichting Geomorfologie & Landschap, Ede (i.o. van Expertisecentrum LNV (nu: Directie Kennis).

Wanneer vervolgens deze zogenaamde wettelijke raadpleegplicht wordt ingevoerd, vormt dat een extra reden om aandacht te schenken aan de wijze waarop aardwetenschappelijke kennis het beste kan worden ingebracht in het planproces. Het systeem Aarde is in hoge mate dynamisch en deze dynamiek wordt in de toekomst nog versterkt door de klimaatverandering die hoogstwaarschijnlijk in Nederland zal leiden tot meer neerslag, warmere zomers en stijging van de zeespiegel. En dat terwijl de autonome, door geologische factoren bepaalde, bodemdaling voortgaat⁶. Reden temeer om, ook gezien deze toekomstige ontwikkelingen, aardwetenschappelijke processen uitdrukkelijk in de overwegingen te betrekken bij het vormgeven van toekomstig ruimtelijk beleid. De vraag is nu hoe dit het beste kan worden gerealiseerd.

Alvorens deze vraag te beantwoorden dient wel te worden bedacht dat ook veel andere aandachtsgebieden grote invloed hebben op het ruimtelijke planproces. De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) heeft hier duidelijk op gewezen⁷ bij het definiëren van een aantal basisprincipes van het ruimtelijk beleid, zoals: samenhang, differentiatie, hiërarchie en rechtvaardigheid. Beleidsingangen vanuit verschillende aandachtsgebieden moeten op een evenwichtige wijze worden benut, gemitigeerd of aangepast. Het is dan ook uitdrukkelijk in deze bredere context dat in deze nota de aardwetenschappelijke inbreng aan de orde wordt gesteld. Juist gezien ook de genoemde inbreng vanuit verschillende aandachtsgebieden is het extra belangrijk dat de aardwetenschappen een duidelijke, coherente en transparante boodschap presenteren.

Terugkerend naar de aardwetenschappen opnieuw de vraag hoe deze boodschap vorm te geven. De eerder genoemde *Nota Ruimte* biedt daartoe een duidelijk uitgangspunt, want daarin wordt voor het ruimtelijk beleid aanbevolen het zogenaamde 'drielagenmodel' toe te passen. Hierin geeft, voor een bepaald gebied, de eerste laag de dynamiek aan van het geologie/bodem/watersysteem en de ecologische toestand, terwijl de tweede laag zich richt op verbindingen op land en water, en de derde laag op bebouwing. Tot nu toe is bij planning en uitvoering van ruimtelijk beleid dit lagenmodel niet systematisch toegepast, noch krijgt het in het nationale en internationale onderzoek voldoende aandacht. Bij het in de toekomst opstellen van de eerder genoemde structuurvisies moet naar onze mening het drielagenmodel als uitgangspunt te dienen.

Dit roept echter nog veel fundamentele onderzoeksvragen op die niet alleen disciplinair van aard zijn maar ook interdisciplinair. Immers, de dynamische processen in de eerste laag, nu en in de toekomst, vormen de basis voor dynamische processen in de andere lagen. Denkend aan de zeven bodemfuncties (die later in deze notitie zullen worden geanalyseerd) betekent dit interactie met onder andere landbouwkundigen, bosbouwkundigen, hydrologen, ecologen, sociologen, economen, planologen, landschapsarchitecten, archeologen, klimatologen en recreatiedeskundigen.

⁶ Gans, W. de, 2006. *ANWB Geologieboek Nederland*. ANWB B.V. Den Haag, 160 pp, en Mulder, E.F.J. de, Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E. & Wong, Th.E. (eds) 2003. *De ondergrond van Nederland. Geologie van Nederland*, deel 7, TNO-NITG.

⁷ *Ruimtelijke Ontwikkelingspolitiek*, WRR-rapport 53, 1998.

Deze notitie heeft daarom in eerste instantie ten doel uitgangspunten te formuleren voor onderzoeksprogramma's op het gebied van de aardwetenschappen die deze onderzoeksvragen *wel* systematisch aan de orde stellen, analyseren en beantwoorden, en daarmee, in tweede instantie, een essentiële bijdrage kunnen leveren aan het formuleren van de eerder genoemde en door de wet vereiste structuurvisies. Daarnaast kunnen deze uitgangspunten zorgen voor een coherente en transparante presentatie van de aardwetenschappen binnen het brede terrein van de ruimtelijke planvorming.

De KNAW⁸ adviseert dan ook om in de toekomst uit te gaan van genoemde uitgangspunten bij het formuleren van onderzoeksprogramma's. Dit voorstel is gericht aan zowel onderzoeksinstellingen als aan financiers van projecten op het gebied van de ruimtelijke ordening.

⁸ Dit voorstel voor een raamprogramma is opgesteld door een werkgroep van de Raad voor Aarde en Klimaat (RAK) bestaande uit Johan Bouma (voorzitter), Hanneke van den Ancker, Pim Jungerius, Ward Koster, Jan de Leeuw, Tom Veldkamp en Linda Groen (secretaris). Hierbij is voortgebouwd op resultaten van een *Expert Meeting*, gehouden op 27 oktober 2006 bij de KNAW, waaraan door ruim 35 aardwetenschappers is deelgenomen.

2. Beleidsingang

2.1 De regionale benadering als algemeen uitgangspunt

Een gemeenschappelijk en ook wel verrassend uitgangspunt van alle hierboven genoemde wetten en richtlijnen is de regionale benadering:

- (i) De in 2005 gelanceerde twintig Nationale Landschappen hebben inherent een regionaal karakter.
- (ii) In zijn brief aan de Tweede Kamer van december 2003, waarin een vernieuwing van het bodembeleid wordt aangekondigd, benadrukte voormalig staatssecretaris Van Geel (VROM) het belang van duurzaam bodemgebruik waarbij de bodem niet langer wordt beschouwd als ‘... een statisch compartiment, maar als een dynamisch ecosysteem’. Dit is een belangrijke verandering omdat eerder het bodembeleid in de praktijk beperkt was tot sanering van chemisch verontreinigde bodems. Er wordt in zijn brief gesproken over ‘gebiedsgerichte ambities’ en over ‘systeembenadering voor een gebiedsgericht beleid’. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het begrip ‘bodem’ in de Nederlandse wetgeving anders is gedefinieerd dan in het overeenkomstige vakgebied. Bodem in wettelijke zin is: ‘het vaste deel van de aarde met de zich daarin bevindende vloeibare en gasvormige bestanddelen en organismen’. Dat betekent bijvoorbeeld dat het grondwater tot de bodem behoort, evenals de ondergrond. Ook het begrip landschap valt binnen deze termen.
- (iii) Zoals al vermeld in de inleiding richt de nieuwe wet Ruimtelijke Ordening zich op het landelijke, provinciale en gemeentelijke niveau waar structuurvisies moeten worden vervaardigd. Deze vervangen de vroegere planologische kernbeslissingen op rijksniveau, de streekplannen op provinciaal niveau en de structuurplannen op gemeenteniveau. Ook hier is dus sprake van een regionale benadering op drie schaalniveaus, waarbij de verantwoordelijkheden verschuiven van het nationale naar het provinciale en het gemeentelijke niveau.
- (iv) Ook de EU-richtlijnen voor habitat (2000), water (2000) en binnenkort bodem (2007) richten zich uitdrukkelijk op regio's⁹. Daarbij kan worden aangetekend dat het begrip ‘bodem’ nauwer wordt gedefinieerd dan in Nederland: ‘*soil forming the top layer of the earth's crust situated between the bedrock and the surface, excluding groundwater*’. De EU Richtlijn Bodem definieert zeven bodemfuncties die waarschijnlijk in de toekomst richtinggevend zullen zijn voor de ruimtelijke ordening:
 - a. productie van biomassa middels landbouw- en natuur;
 - b. opslag, filtering en transformatie van nutriënten, substanties en water;
 - c. bron voor biodiversiteit, zoals habitats, soorten en genen;
 - d. fysieke en culturele omgeving voor de mens en voor menselijke activiteiten;
 - e. bron van grondstoffen;

⁹ Camp, L. van, Bujarrabal, B., Gentile, A.R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. & Selvaradjou, S.K. 2004. ‘*Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*’. EUR 21319 EN/6. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- f. sink (opslagmedium) voor koolstof;
- g. archief van het geologisch en archeologisch erfgoed.

2.2

Uniek moment voor geïntegreerd aardwetenschappelijk onderzoek

Nooit eerder zijn er in de geschiedenis ongeveer tegelijkertijd zoveel beleidsintenties uitgesproken op het gebied van het ruimtelijk beleid als nu het geval is. Dit geldt voor zowel het nationale als het EU-niveau. De inmiddels algemeen erkende problematiek van de klimaatverandering maakt genoemde intenties nog eens extra urgent.

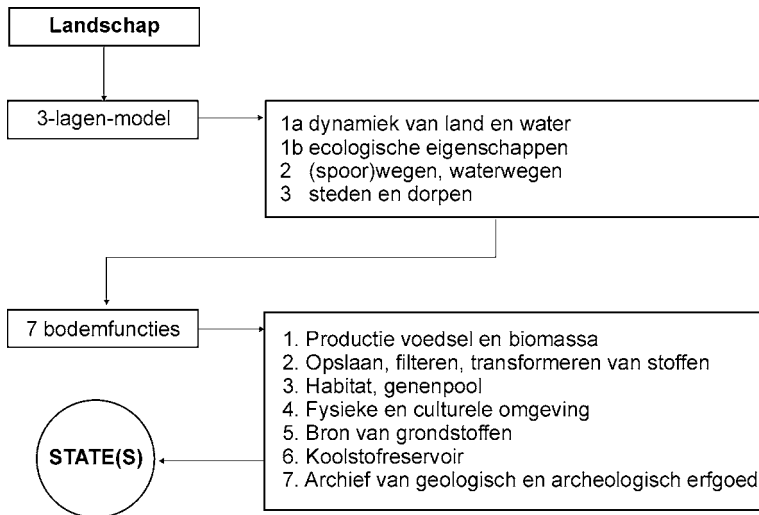
De kernvraag is nu hoe al deze beleidsintenties kunnen worden gerealiseerd. Dat kan namelijk niet zonder gericht systeemonderzoek waarbij alle betrokken disciplines op een zinvolle en evenwichtige wijze aan bod komen. De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat de verbrokkelde wijze waarop momenteel onderzoek op het punt van de ruimtelijke ordening plaatsvindt, onvoldoende is om richting te geven aan het voorgenomen beleid. Dat geldt overigens ook voor de aardwetenschappen, waar hydrologen, bodemkundigen, klimatologen, geomorfologen en geologen hun eigen professionele circuits goed kennen, maar die minder interactie tot stand brengen dan wenselijk zou zijn. Daarom volgt nu vanuit een aardwetenschappelijke optiek een analyse van benodigd onderzoek en vooral van de structurering daarvan.

3. Onderzoeksingang

3.1 Het lagensysteem als basis

Het ligt voor de hand het eerder omschreven lagenmodel, zoals beschreven in de *Nota Ruimte*, als uitgangspunt te nemen bij het vormgeven van gewenst onderzoek rond de ruimtelijke ordening. Daarbij dient te worden opgemerkt dat de huidige combinatie van geologie/bodem/water/ecologie binnen de eerste laag zinvol is, omdat abiotische en biotische factoren sterk verstrengeld zijn bij de vorming van het substraat in het verleden. De aard van sedimenten en dus ook van hun fysische en chemische eigenschappen wordt immers in belangrijke mate bepaald door biotische factoren.

Naar de (nabije) toekomst kijkend zou het echter, mede gezien de klimaatproblematiek, nuttig zijn het abiotische te onderscheiden van het biotische en te spreken van een laag 1a waarin de dynamiek van het huidige geologie/bodem/watersysteem wordt omschreven en een laag 1b waarin plant en dier aan bod komen, inclusief landbouw (zie figuur 1). In de bijlage, waarin Pim Jungerius een voorbeeld presenteert voor het kust- en duinlandschap, wordt het gebruik van het hiërarchische landschapsecologische of rangordemodell¹⁰ op basis waarvan de interactie tussen de lagen 1a en 1b kan worden gekarakteriseerd.



Figuur 1: Schematische weergave van de in deze notitie besproken systematiek, op het punt van de operationele procedure voor de karakterisering van de toestand (State) van een landschap (S) (zie tekst).

Bij toekomstscenario's kan vervolgens, gegeven het in het verleden gevormde substraat, eerst worden gekeken hoe de hydrologie van een gebied verandert als functie

¹⁰Maarel, E. van der & Dauvellier, P.L. 1978. *Naar een globaal ecologisch model voor een ruimtelijke ontwikkeling van Nederland*. Ministerie van vro, Staatsuitgeverij, Den Haag.

van veranderende randvoorwaarden, zoals een ander klimaat of zeespiegelstijging, terwijl vervolgens wordt gekeken wat dit zou kunnen betekenen voor plant en dier, of – in bredere zin – de ecologie. Hierbij zullen simulatiemodellen een belangrijke rol kunnen spelen. Dit op de (nabije) toekomst gerichte en hier voorgestelde onderscheid tussen de lagen 1a en 1b is ook zinvol, omdat in het verleden de toenmalige eerste laag door velen vooral ecologisch is geïnterpreteerd en, naar onze mening, de onderliggende aardwetenschappelijke processen onvoldoende aan bod zijn gekomen.

De tweede en derde laag zouden dan opnieuw respectievelijk verbindingen op land en water en de bebouwing kunnen omschrijven, maar dan meer geconcretiseerd door verweving met de zeven bodemfuncties van de EU (figuur 1). Daarbij is, in navolging van de *Nota Ruimte*, het uitgangspunt dat bij het formuleren van ruimtelijke plannen de drie lagen systematisch worden doorlopen, beginnend bij laag 1 en eindigend bij laag 3. Op deze wijze wordt aardwetenschappelijk onderzoek structureel verankerd in onderzoek rond de ruimtelijke ordening.

Samengevat is de verhaallijn: wat is in een gebied de actuele dynamiek van bodem en water mede als functie van de geohydrologie van het gebied? Wat gaat er mogelijk in de toekomst veranderen? Welke toekomstscenario's zijn relevant? Wat is de huidige toestand in termen van de zeven bodemfuncties? Hoe zouden die kunnen veranderen, gezien veranderende omgevingsfactoren zoals voorspeld voor laag 1? Wat betekent dit voor de verbindingen, voor de bebouwing en, vooral, voor elk van de zeven bodemfuncties in ieder scenario? Hierbij wel de aantekening dat de verschillende bodemfuncties onderling van belang verschillen in verschillende gebieden. De mate van detail waarmee de verschillende functies worden uitgewerkt zal daarom kunnen verschillen. Dat laat het uitgangspunt onverlet dat bij iedere planvorming zowel de dynamiek van de drie lagen als de zeven functies in beschouwing moeten worden genomen.

Kijkend naar de toekomst kan alleen een scenarioachtige benadering worden gevolgd. Immers, er is geen enkelvoudige 'oplossing' voor de toekomstige ruimtelijke ordening, maar er zijn veel opties, elk gebaseerd op verschillende uitgangspunten die in interactie met alle betrokkenen worden geformuleerd. Vanuit die opties zal uiteindelijk een keus moeten worden gemaakt. Deze scenariobenadering sluit overigens uitstekend aan op bestaande klimaat- en planingsscenario's van het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), het Centraal Planbureau (CPB), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), etc. Bij het formuleren van toekomstscenario's kan het later te bespreken DPSIR-systeem een belangrijke rol spelen.

3.2

Lagenonderzoek

De vraag welk onderzoek nodig is om de drielagenbenadering operationeel te maken valt, vanuit aardwetenschappelijke optiek, uiteen in twee onderdelen:

1. aardwetenschappelijk onderzoek aan laag 1a, en
2. de rol van de aardwetenschappen in relatie met laag 1b en de twee andere lagen.

Daarbij is de conclusie gerechtvaardigd dat bestaande kennis volstrekt on-

voldoende is om adequaat vorm te geven aan een gebiedsgewijze, dynamische karakterisering van bodem en water voor zowel actuele als mogelijke toekomstige condities.

Deze conclusie is belangrijk omdat met name in beleidskringen wel wordt verondersteld dat het 'slim monteren' van bestaande kennis uit verschillende deeldisciplines alle vragen nu al zou kunnen oplossen. Dit is niet het geval. Het is momenteel zo dat laag 1a vooral als een data-laag wordt gezien en behandeld. Er wordt niet met dynamiek gewerkt. Voor de diepere ondergrond wordt bijvoorbeeld wel het grondwater goed gemodelleerd, maar de aansluiting bij de bovenste meters met de onverzadigde zone is nog niet goed mogelijk. De kennis over ecologie die van toepassing is voor laag 1b is nog inhoudelijk fragmentarisch en zeker niet terreindekkend. Voor bepaalde gebieden, zoals de Natura 2000-gebieden en de Ecologische Hoofdstructuur, zijn gegevens beschikbaar.

Meer aandacht is echter nodig voor de relaties met de waterdynamiek in laag 1a en bodemfunctie 2 (figuur 1) die betrekking heeft op het opslaan, filteren en transformeren van stoffen. De vegetatie is op dit punt zeer gevoelig voor kleine, korte termijnveranderingen in ruimte en tijd die nog zeer moeilijk zijn weer te geven in landschappelijk verband. Ook de bodembioïecologie op het raakpunt van de lagen 1a en 1b, is zeer dynamisch en divers en het is nog steeds moeilijk om representatieve kwaliteitsmaten te ontwikkelen voor het milieubeleid die recht doen aan haar complexiteit en dynamiek, en die mede bepalend zijn voor functies 2 en 3. De bodembioïecologie speelt ook een centrale rol bij het definiëren van het koolstofreservoir (functie 6).

3.2.1 *De dynamiek van laag 1a: nu en in de toekomst*

Er zijn veel monitoringgegevens beschikbaar maar de verschillende databases zijn vaak niet compatibel. Het voor simulatiemodellen adequaat weergeven van de geologische opbouw van de ondergrond met de daarbij behorende hydrologische parameters is nog niet mogelijk, met uitzondering wellicht van diepe, relatief homogene zandpakketten. Ook de heterogeniteiten van de bovenste bodemhorizonten in termen van onregelmatige bodemhorizonten en het voorkomen van macroporiën, kunnen nog moeilijk in modellen worden geïncorporeerd. Naar de manier om dit vorm te geven is meer basisonderzoek nodig op het punt van genese en naar processen om deze vanuit die kennis functioneel op te schalen.

3.2.2 *De relatie tussen laag 1a en de andere lagen*

Het is procedureel interessant om de relaties tussen de dynamiek van laag 1a en de verschijnselen in de lagen 1b t/m 3 te spiegelen aan de zeven bodemfuncties zoals deze door de EU-Richtlijn Bodem worden onderscheiden (figuur 1).

Alleen de functie (5) kan direct vanuit laag 1a worden beantwoord. De functies (1), (2), (3) en (6) krijgen vorm door middel van de interactie tussen processen in de lagen 1a en 1b. Immers, productie van groene massa in landbouw en natuur (1) berust op een nauwe interactie tussen abiotische en biotische verschijnselen. Transformaties van nutriënten en andere bestanddelen (2) zijn een functie van de eigenschappen van het abiotische substraat, maar nog meer van

de input vanuit het biotische systeem, terwijl zeker in Nederland de invloed van de mens overheersend is. Habitat en genenpool (3) zou in eerste instantie gezien kunnen worden als een exclusief verschijnsel behorend bij laag 1b. Maar de interactie met het abiotische milieu is sterk en daarom ligt het voor de hand de dynamiek van laag 1a mede in beschouwing te nemen. Dat geldt zeker ook voor het koolstofreservoir (6), dat qua grootte afhankelijk is van vegetatie en groei-plaatsomstandigheden.

Er resten nog twee functies die duidelijk samenhangen met transportmogelijkheden en bewoning. Dit zijn typische antropogene functies die maakbaar zijn. De fysieke en culturele omgeving voor menselijk handelen (4) heeft raakpunten met lagen 1a en 1b: waar is bijvoorbeeld recreatie mogelijk in de toekomst? Waar vinden we interessante landschappen? Waar vinden we interessante geologische en archeologische fenomenen (7)? De verbinding van de lagen 1a en 1b met de lagen 2 en 3 profileert zich sterk in het licht van de klimaatproblematiek: waar wordt het nat? Wat voor effecten kan dat hebben voor de vegetatie of de landbouw en voor transportroutes en bewoningspatronen in de toekomst? Hoe bewaren we onze geologische en archeologische monumenten, of beter: hoe zorgen we voor een functionele inpassing van genoemde monumenten in een veranderend landschap in een veranderende maatschappij?¹¹

3.3

Noodzaak voor een gebiedsgewijze benadering

Een constatering op zich dat interdisciplinair onderzoek nodig is om het drielagenmodel in combinatie met de zeven bodemfuncties te maken tot een operationeel werktuig voor onderzoek en, daarnaast voor, het beleid is niet meer voldoende. Er is al te veel in abstracte zin gesproken over de noodzaak tot interdisciplinariteit. Er dient daarom duidelijk te worden aangegeven op welke wijze dit onderzoek vorm moet krijgen. Daartoe is het belangrijk om af te stappen van generieke beschouwingen en algemene uitgangspunten en de aandacht te richten op concrete gebieden met karakteristieke eigenschappen en problemen waaraan gewerkt wordt door een team van deskundigen. Ieder gebied heeft zijn eigen kenmerkende dynamiek, mogelijkheden en beperkingen die een aparte, gerichte benadering vereisen.

We merken op dat alle genoemde wetten en richtlijnen een generiek karakter bezitten, ook al wordt een gebiedsgewijze aanpak in de implementatie aanbevolen. De stap van generiek naar specifiek moet nu echt gemaakt worden, via voorbeeldstudies in karakteristieke gebieden, waar specifieke functies en bedreigingen actueel zijn, nu en, vooral ook, in de toekomst. Naarmate er meer van dergelijke studies worden gedaan, ontstaat de mogelijkheid ervaringen uit te wisselen en gaandeweg te komen tot algemeen geldende (en dus in tweede instantie weer generieke) conclusies en richtlijnen. Die zijn dan wel gebaseerd op in de praktijk getoetste ervaringen. We stellen dus voor het onderzoek bottom-

¹¹ Gray, M., Jungerius P.D. & Ancker, J.A.M. van den, 2004. *Geodiversity and geoheritage as features of Soil Protection*. CIRCA, Library Soil Policy, European Commission. (<http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/soil/library>). Zie tevens: Ancker, J.A.M. van den & Jungerius, P.D. 2005. *Position paper on geodiversity and geoheritage within the framework of the EU Soil Strategy*. SCAPE Soil Conservation and Protection for Europe Publication.

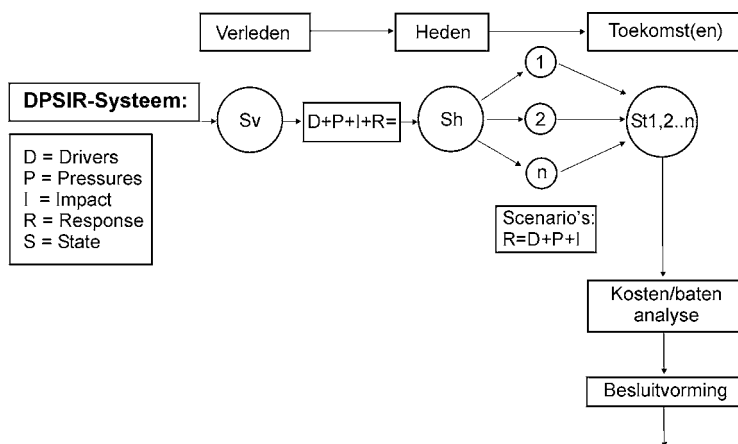
up, gebiedsgewijs vorm te geven en niet generiek en top-down, gezien vanuit de beleidsnota's die voorliggen. We kiezen in eerste instantie ter illustratie van de hier voorgestelde procedure voor het kustgebied (zie bijlage 1).

Essentieel bij de gebiedsgewijze benadering is de identificatie van benodigde kennis- en data-lacunes. Niet alle huidige wetenschappelijke kennis is even relevant voor geïntegreerd, regionaal aardwetenschappelijk onderzoek en veel kennis ontbreekt. Het definiëren van deze ontbrekende kennis op basis van de hier voorgestelde systeemanalyse is veel effectiever dan het definiëren vanuit de verschillende afzonderlijke disciplines. Hoe kan dit worden georganiseerd? Een vijftal *Technical Working Groups* (TWG's) van de EU, waarin ongeveer 60 onderzoekers hebben samengewerkt, hebben een poging gewaagd kennislacunes te definiëren en hebben zich de afgelopen vier jaar gebogen over de vraag welk onderzoek nodig zou zijn om implementatie van de EU Richtlijn Bodem mogelijk te maken. Deze groepen kwamen in vijf deelrapporten van in totaal 872 pagina's met aanbevelingen voor ongeveer 200 nauwelijks samenhangende 'priority areas' for research, hetgeen onwerkbaar is omdat een overkoepelende visie ontbrak¹². Het resultaat is niet alleen onwerkbaar maar ook contraproductief omdat het alle vooroordelen over intern gericht onderzoek lijkt te bevestigen. Een dergelijk groot aantal losstaande aanbevelingen kan overigens worden verwacht wanneer disciplinair gerichte *working groups* wordt gevraagd om advies: er ontstaan disciplineaire boodschappenlijstjes die geen ingang bieden tot de noodzakelijke interdisciplineaire systeemanalyse¹³.

De TWG's geven wel de nuttige suggestie om bij het vormgeven van onderzoek uit te gaan van de DPSIR-benadering ('*drivers of land use change (D) result in pressures (P) and in particular states or conditions of the land (S) which, in turn, define the impact (I) of a given threat and form the basis for defining possibilities for a response (R).*'). Dit is een aantrekkelijke dynamische benadering die onderliggende processen in de tijd benoemt en die voorkomt dat functies en bedreigingen statisch worden ingevuld. Deze benadering is vooral aantrekkelijk voor het ontwikkelen van toekomstscenario's waarbij deze onderliggende processen een sleutelrol spelen. We stellen daarom voor deze DPSIR-benadering ook toe te passen binnen het hier eerder geschetste kader van het drielagensysteem en de zeven bodemfuncties. Daarbij wordt de oorspronkelijke DPSIR-volgorde niet aangehouden omdat het vanuit de aardwetenschappelijke optiek logischer is eerst de actuele situatie te schetsen (S) zoals die tot stand is gekomen door de *driving forces* (D) en de daarbij behorende *pressures* (P) in het verleden en vervolgens te kijken welke hedendaagse *drivers* (D) er bij zijn gekomen voor verandering, met de daarbij behorende *pressures* (P) en *impacts* (I). Tot slot komt dan de beleidsmatige respons (R) aan de orde, en die bepaalt de geschatte, toekomstige S via de gekozen scenario's. De hier gegeven beschouwing is geschematiseerd samengevat in figuur 2.

¹² Camp, L. van, Bujarrabal, B., Gentile, A.R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. & Selvaradjou, S.K. 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/6. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

¹³ Bouma, J. & Droogers, P. 2007. 'Translating soil science into environmental policy: a case study on implementing the EU soil protection strategy in the Netherlands'. Keynote 1055 World Congress of Soil Science. Philadelphia, USA, July 8-15, 2006. *Environmental Science and Policy*. 10: 454-463.



Figuur 2: De DPSIR-procedure die bedoeld is om zowel de vroegere State (Sv) als de actuele State (Sh) van een landschap te verklaren op basis van een analyse van de onderliggende veranderingprocessen. Het schema heeft een belangrijke rol bij het formuleren van toekomst-scenario's die leiden tot verschillende potentiële States (St). Beoordeling van iedere State (S) gebeurt via het schema van figuur 1.

Uitgaande van de huidige toestand, staat de *respons* centraal als basis voor de verschillende scenario's. Die *respons* leidt per scenario tot een nieuwe *state*. De volgende vragen kunnen worden gesteld:

Hoe functioneerde het systeem in het verleden? Wat is het referentiepunt? (S-verleden in figuur 2)

Hoe functioneert het systeem op dit moment? (S-heden in figuur 2)

- a. Karakterisering van de bodem/waterdynamiek van het gebied op basis van geologische, geomorfologische, geohydrologische en bodemkundige gegevens (laag 1a) (S)
- b. Karakterisering van ecologische condities, in samenhang met (a) (laag 1b) (S)
- c. Documenteren van transportwegen en bebouwing (lagen 2 en 3) (S)
- d. Documentatie voor het gebied van de zeven bodemfuncties (punten 1 t/m 6). Er lijkt een zekere overlap te bestaan tussen laag 1a en functie 2 en laag 1b en functie 3. Dit is echter niet het geval. Laag 1a geeft alleen de waterdynamiek aan. Functie 2 spreekt over al of niet opgeloste stoffen. Laag 1b beschrijft algemene ecologische condities voor het betreffende gebied in termen van planten en dieren, terwijl functie 3 zich veel specifiek richt op bepaalde soorten. De genenpool vormt een apart aspect.

Hoe gaat het systeem waarschijnlijk functioneren bij verschillende toekomst-scenario's (S-toekomst(en) in figuur 2)

- e. Scenario-ontwikkeling voor de toekomst, op korte en langere termijn, toegespitst op het gebied (gebruikmakend van bestaand veldonderzoek en bestaande algemene scenario's van bijvoorbeeld het CPB, het RIVM, EURURALIS, etc.)¹⁴. Ieder scenario representeert een bepaalde *respons* op een bepaalde *state*.

¹⁴ Verburg, P.H., Schulp, C.J.E., Witte, N. & Veldkamp, A. 2006. *Downscaling of land use scenarios to assess the dynamics of European landscapes. Agriculture Ecosystems and Environment*. 114: 39-56.

Daarbij speelt klimaatverandering een centrale rol en is het uitgangspunt van de scenarioanalyse de actuele situatie S, zoals hierboven gedefinieerd. (R,D,P,I). De centrale vraag hier is dus: wat zijn de te verwachten *impacts* van *drivers* en *pressures* die voortkomen uit bepaalde toekomstbeelden, als *response* (R) op waargenomen of veronderstelde ontwikkelingen.

Wat betekenen deze veranderingen voor de ruimtelijke ordening?

- f. Laten zien wat de mogelijke effecten zouden kunnen zijn van dergelijke scenario's op de condities in het betreffende gebied (S-toekomst) en hun implicaties voor ruimtelijke ordening. Formuleren in termen van 'opties': er zijn immers geen 'ideale en unieke' oplossingen. Daarbij opnieuw aandacht voor de zeven functies in onderling verband. De kwaliteit van iedere S wordt dus gekarakteriseerd door de zeven bodemfuncties, zoals die mede bepaald worden door de legendynamiek, zoals schematisch aangegeven in figuur 1.

Bij dit alles is het nuttig om uitgebreid gebruik te maken van Geografische Informatiesystemen (GIS) voor het visualiseren van de resultaten en van een interactieve website waarin de voortgang transparant wordt gedocumenteerd, vooral ook in de richting van het grote publiek. Daarbij wel de waarschuwing dat interdisciplinariteit meer inhoudt dan het op elkaar projecteren van deelkaarten in een GIS-systeem.

Bijlage 1 betreffende het kust- en duinlandschap toont aan dat ervarings- en veldkennis essentieel is en een centrale plaats verdient in de analyse naast toepassing van moderne computertechnieken zoals simulatiemodellen, GIS- en *remote sensing*-systemen.

Dit alles vereist een grote, gerichte inspanning. Het zal duidelijk zijn dat bij de hierboven genoemde vier stappen veel onderzoekers betrokken zullen moeten worden. Een aantal disciplines is reeds in de inleiding genoemd. Deze betrokkenheid zal nader worden uitgewerkt in het onderzoek wanneer specifieke vragen voor ieder te onderzoeken proefgebied zijn geïdentificeerd. Ieder gebied heeft zijn eigen team dat is toegespitst op de unieke problemen en mogelijkheden van het betreffende gebied. Zoals hier globaal geschetst zou dit een voorbeeld zijn van een *Community of Scientific Practice*¹⁵ (CsP).

Met nadruk wordt hier (nog) niet gesproken over een *Community of Practice* (CoP), een inmiddels wijdverbreid concept dat de interactie weergeeft tussen onderzoekers enerzijds en stakeholders, beleid, ondernemers, NGO's, etc, anderzijds¹⁶. Wij zijn van mening dat deze interactie cruciaal is voor de toekomst, zeker wanneer er concrete structuurvisies moeten worden opgesteld. Maar eerst dienen we ons wetenschappelijk huis op orde te brengen. Daartoe probeert dit voorstel een bijdrage te leveren. Daarna treden we met het ontwikkelde instrumentarium naar buiten en wordt in nauwe interactie binnen een CoP gewerkt aan plannen voor ruimtelijke ordening. Uit deze exercitie zullen nieuwe scenario's ontstaan en nieuwe onderzoeksbehoeften naar voren komen. Die hebben

¹⁵ Bouma, J. 2005. *Agenda for future research*. In: Koeman, J.H. & Schiereck, J.D. (Eds). *Responsibilities of environmental research*. KNAW, Amsterdam and IUCN: 65-73.

¹⁶ Bouma, J. 2005. *Soil scientists in a changing world*. *Advances in Agronomy* 88: 67-96.

dan een logische plaats binnen het ontwikkelde instrumentarium. Het direct proberen te ontwikkelen van het genoemde instrumentarium in een *CoP* leidt waarschijnlijk tot kakofonie en chaos.

4. Globale schets onderzoeksvoorstel voor een proefgebied ter illustratie van de voorgestelde procedure

4.1 Regiokeuze

De keuze van het proefgebied is ingegeven door de volgende overwegingen:

- a. Beleidsurgentie:** De mogelijke effecten van klimaatverandering op bodem en water en daarmee op de inrichting van het landschap zijn bijzonder groot, met name in die gebieden van Nederland die uitzonderlijk gevoelig zijn voor veranderingen in de waterhuishouding. Bovendien zullen belangrijke veranderingen in de landinrichting, die deels al in gang gezet zijn, in de toekomst in versterkte mate optreden. Hierbij wordt in het bijzonder gedacht aan het uitcultuur nemen van landbouwgronden, grootschalige herinrichting van gebieden ten behoeve van natuurontwikkeling, herinrichting van kust- en riviergebieden in verband met gewijzigde inzichten betreffende gewenste veiligheidsniveaus, voortgaande uitbreiding van bebouwing en infrastructurele werken, etc.
- b. Kwetsbaarheid:** Processen die de bodem aantasten worden veroorzaakt of versterkt door menselijke activiteit. Hierbij komt als bijkomende factor dat incidentele extreme weersomstandigheden, al dan niet gerelateerd aan klimaatverandering, eveneens een negatief effect hebben op de bodem. Door de Commissie voor de Europese Gemeenschappen¹⁷ wordt in een inventarisatie aangegeven met welke processen van bodemaantasting ernstig rekening gehouden moet worden, te weten: erosie, afname van het organische stofgehalte, bodemverdichting, verzilting, aardverschuivingen, verontreiniging, bodemafdekking, en teruggang van de biodiversiteit.
- c. Kennisontwikkeling:** De kans op uitvoerbare en praktisch toepasbare onderzoeksstrategieën wordt aanzienlijk vergroot als er een goede koppeling bestaat tussen het beschikbare (hoge) kennisniveau en de mogelijkheid tot integrale kennisontwikkeling. Hiervoor is interdisciplinaire samenwerking onontbeerlijk.
- d. Aardwetenschappelijke betekenis:** Nederland maakt deel uit van de Noordwest-Europese laagvlakte. Belangrijke onderdelen van dit complexe, aardwetenschappelijke systeem zijn uitzonderlijk goed ontwikkeld in Nederland en vertegenwoordigen daarmee – ook in internationaal opzicht – zeer grote natuurwaarden¹⁸. Het Nederlandse deel van het Waddengebied, de Zeeuwse en Zuid-Hollandse estuaria en de Midden- en Noord-Nederlandse stuwwalgebieden zijn hiervan evidente voorbeelden. Het begrip aardwetenschappen

¹⁷ Commissie van de Europese Gemeenschappen (CEC) 2006a. *Thematische strategie voor bodembescherming. Samenvatting van de Effectbeoordeling* (SEC) (2006)1165 en *Commission of the European Communities* (CEC) 2006b. *Directive of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC*. Brussels. 22 september 2006. COM 232 final.

¹⁸ Ancker, J.A.M. van den, Baas, H.G. & Visscher, M.E.G. 2004. *Natuur met (w)aarde. Handboek aardkundig landschapsbeheer. Landschapsbeheer Nederland*, Utrecht, zie tevens: *Council of Europe. Recommendation Rec (2004) 3 on conservation of the geological heritage and areas of special geological interest*. 5 May 2004.

Gray, M. 2004. *Geodiversity. Valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons Ltd., 434 pp., zie tevens: Stichting Aardkundige Waarden 2005. *Eigenaardignederland. Aardkundig erfgoed van Nederland*. KNNV Uitgeverij.

wordt in dit verband opgevat als betrekking hebbend op de bodemkundige, geologische, geomorfologische en/of hydrologische gesteldheid.

- e. Positionering ten opzichte van de nationale en internationale onderzoeksagenda:** De belangrijkste onderzoeksvragen dienen aan te sluiten bij bestaande of geplande onderzoeksprogramma's (zoals het Nederlandse Kennis voor Klimaatprogramma) en bij prioritaire onderzoeksvragen (zoals die geïdentificeerd zijn in de *Soil Protection Policy* van de Europese Commissie (EC) (2006), en het recente *Science Plan and Implementation Strategy van het International Geosphere-Biosphere Programme*¹⁹).

¹⁹ IGBP (2006) *Science Plan and Implementation Strategy. International Geosphere-Biosphere Programme. Global Change IGBP Report 55.*

Bijlagen

Bijlage 1 **Kust- en duinlandschap
aardwetenschappelijk onderzoek voor de ruimtelijke ordening:
een voorbeeld van de besproken procedure**

Pim Jungerius (met dank aan Albert Oost)

Inhoud

1. Inleiding 29
2. De *state* 31
 - 2.1 De *state* op macroschaal: de Noordzeekust van Calais tot Denemarken 31
 - 2.2 De *state* op mesoschaal 34
3. De operationele procedure 43
 - 3.1 Inleiding 43
 - 3.2 Het kust- en duinlandschap 43
 - 3.3 Het drielagenmodel 45
 - 3.4 De zeven bodemfuncties van de EU Richtlijn Bodem 46
4. Toekomstscenario: Habitatrichtlijn voor kust en duin 49
 - 4.1 Inleiding 49
 - 4.2 De Natura 2000 Habitattypen 49
5. Conclusies 55

1. Inleiding

In dit voorbeeld wordt het schema van figuur 1 van *Geïntegreerd aardwetenschappelijk onderzoek ten behoeve van de ruimtelijke ordening. Een voorstel voor een raamprogramma* uitgewerkt voor het kust- en duinlandschap. Het schema is gebaseerd op de door de Europese Unie (EU) voorgestelde dynamische ‘DPSIR-benadering’ (*Drivers, Pressures, State, Impact, Response*). Centraal staat de hedendaagse *state*, de huidige toestand, waaraan een continue reeks eerdere *states* aan vooraf is gegaan. De eerste *state* die voor de kust van belang is, is die aan het begin van het Holoceen, toen het klimaat verbeterde en de zeespiegel begon te rijzen. Klimaatverandering en zeespiegelrijzing zijn sindsdien ook altijd de belangrijkste *drivers* van het kustsysteem geweest¹ en zullen dat ook in de toekomst blijven.

De *pressures*, de processen die door de *drivers* op gang zijn gebracht, zijn in de loop van de duizenden jaren echter wel veranderd en zullen dat ook blijven doen. Hier gaat het voornamelijk om de *pressures* die zich ook nu nog laten gelden en waarmee dus rekening moet worden gehouden bij de ruimtelijke ordening. Processen die nog onvoldoende bekend zijn, moeten beter worden onderzocht. Tot de natuurlijke *pressures* van de kust behoren onder meer:

- kuststromingen, eb- en vloedbewegingen en branding
- weersystemen, stormvloedfrequenties, windsystemen

Er zijn in het verleden ook *impacts* geweest die schade aan het systeem hebben toegebracht en met mitigerende *responses* zijn bestreden, evenals dat nu zo is en in de toekomst zo zal blijven. Zij komen alleen aan de orde als zij voor het begrijpen van de hedendaagse *state* nodig zijn.

In het volgende wordt eerst een geomorfologische visie op de hedendaagse *state* van kust en duin gegeven. Daarna wordt de operationele procedure van figuur 1 van het raamprogramma doorlopen. Ten slotte wordt als voorbeeld één toekomstscenario uitgewerkt.

¹ Mulder, E.F.J. de, Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E. & Wong, Th.E. (eds), 2003. *De ondergrond van Nederland. Geologie van Nederland*, deel 7, NITG-TNO, 379 pp.

2. De state

Inzicht in de kustontwikkeling is sterk afhankelijk van het gekozen schaalniveau. Deze geomorfologische visie op de toestand van het kust- en duinlandschap is uitgewerkt voor twee schaalniveaus: de macroschaal van de gehele Noordzeekust vanaf Calais tot aan Denemarken, en de mesoschaal van de Nederlandse kust, verdeeld in de drie grote eenheden: de estuariumkust in Zuidwest-Nederland, de vastelandskust van Holland, en de Waddeneilanden. Er is ook veel multidisciplinair onderzoek mogelijk op de microschaal – dat van de individuele landschappen en landschapselementen – maar alleen in het gekozen voorbeeld voor een toekomstscenario is de lijn doorgetrokken tot op microschaal.

2.1 De state op macroschaal: de Noordzeekust van Calais tot Denemarken

Wat het meest opvalt aan het beeld van de Noordzeekust is de strakke kustboog (Fig. 1). Dit is een schoolvoorbeeld van hoe geomorfologische wetten werken: uitsteeksels worden opgeruimd en inhammen worden opgevuld. De boog wordt pas onderbroken door de mondingen van de grote rivieren in Zuidwest-Nederland die tot estuaria zijn omgevormd. Door de sterke longitudinale stroming hebben zelfs de grote rivieren met hun enorme puinafvoer geen delta kunnen vormen. Dat is heel bijzonder en voor ons land nadelig, want deltavorming is automatisch landaanwinst.



Fig. 1. De strakke boog van de Noordzeekust is te danken aan de sterke stroming langs de kust. Bron: Google

Voor de ontwikkeling van de kust betekent dit dat uitbouw van de kust (fig.2) geomorfologisch niet duurzaam is. Het is beter om kunstmatige landaanwinst evenwijdig aan de kust te realiseren, bijvoorbeeld met langgerekte eilanden. Dit vereist onderzoek door aardwetenschappers in samenwerking met ingenieurs.



Fig. 2. Uitbouwsels verstoren de natuurlijke gang van zaken en zijn niet duurzaam. Hun effect is ver stroomafwaarts nog merkbaar (Carter, R.W.G., 1988. Coastal environments, an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coast lines. Academic Press, London). Bron: Google

Ook het graven van sluffers² met als doel de gewenste dynamiek van de duinen te verhogen, is geomorfologisch gezien niet duurzaam (Fig.3) en zou met het oog op de stabiliteit van de kust vermeden moeten worden. Als er al in een goed ontwikkelde zeereep van nature kerven ontstaan, is dat altijd door wind. De zee

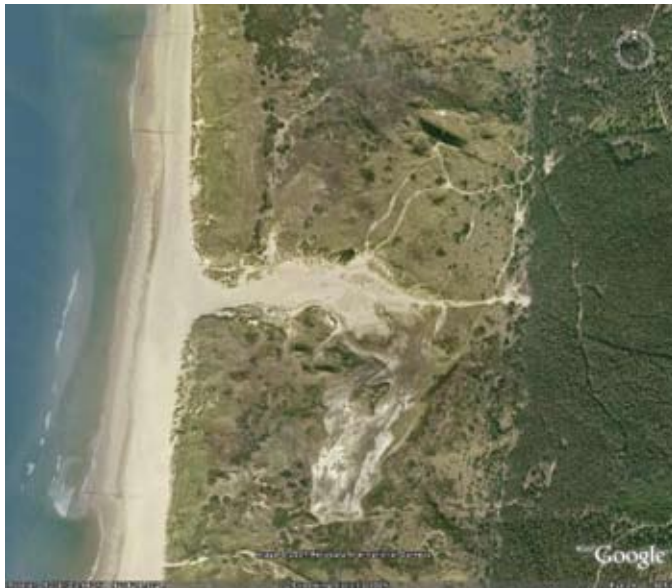


Fig. 3. De kerf bij Schoorl is een geomorfologische anomalie. Bron: Google

² slufter: getijdengebied, als afwateringsgeul ontstaan, waarbij zout water vanuit zee onder invloed van het getij door een geul in de duinen het land binnen kan dringen. In de strikte zin gebeurt dit niet telkens bij hoogwater, maar enkel bij springtij. Hiermee krijgen de duinen ook aanvoer van vers zand. Er ontstaat een levendig duinengebied met begroeide en onbegroeide delen, droge en natte, kalkrijke en kalkarme, humusrijke en humusarme grond. Deze overgangen leveren een typische flora en fauna op.

opereert over een breed front en kan alleen de duinvoet terugzetten, tenzij het water zo hoog zou stijgen dat het zoals bij een dijkdoorbraak over de kruin van de zeereep zou spoelen. Hoe de dynamiek van een zeereep op natuurlijke wijze zou kunnen worden verhoogd, kan alleen geomorfologisch onderzoek uitwijzen. Zandsuppletie³ om de kust te versterken is daarentegen geomorfologisch wel verantwoord. De maatregel sluit aan bij de natuurlijke geomorfologische dynamiek omdat het de gang van zaken nabootst van sediment dat door een rivier naar zee wordt gebracht en vandaar langs de kust wordt verplaatst. Vooroever-suppletie⁴ (Fig. 4) lijkt het beste: de zee brengt zelf het zand op het strand. Nader onderzoek is vereist om de meest natuurlijke vorm te vinden.



Fig. 4. Vooroever-suppletie op Texel. Eigen foto

Enkele onderzoeks-lacunes op macroschaal

- oorzaken en verdeling van de diverse processen van bodemdaling op de kust
- de aanvoer van zand en water via de grote rivieren
- beïnvloeding van de kuststroming
- de fysica van de kust- en duinvormende processen

³ zandsuppletie: een zachte techniek van kustverdediging, waarbij het strand door het aanbrengen van in zee gewonnen zand kunstmatig wordt verhoogd en verbreed. Op een gesuppleerd strand wordt de energie van de golven gebroken.

⁴ vooroever-suppletie: bestaat uit het aanbrengen van een kunstmatige zandbank voor de kust. De zandbank heeft twee functies: de golven worden gebroken, en door de stroming beweegt zand van de zandbank langzaam naar de kust.

2.2

De state op mesoschaal

Op mesoschaal kunnen drie kustzones worden onderscheiden (Fig.5):

1. De estuariumkust: eilanden en riviermondingen
2. De duinenkust van het Hollandse vasteland
3. De eilandenreeks van de Wadden



Fig. 5. De drie kustzones.

2.2.1

De estuariumkust: eilanden en riviermondingen

De rivieren hebben, in samenwerking met de eb- en vloedbeweging van de zee, de zeearmen gevormd. Door hun vorm wordt bij storm het water in deze zeearmen gemakkelijk opgestuwd, waardoor deze kust van oudsher het meest van overstromingen heeft te lijden. De afsluiting van de zeearmen door de deltawerken heeft hier in een deel van de estuariumkust een einde aan gemaakt. Zodra de deltawerken niet meer functioneren, zal de gecombineerde stroming van zee- en rivierwater haar rechten weer doen gelden, versterkt door stormvloed en als die opnieuw optreden. De eilanden hebben hun richting oostwest dwars op de kust van de rivieren geërfd. Bij maatregelen die hier in de toekomst worden genomen moet er rekening mee worden gehouden dat dit de natuurlijke richting is die met duurzaamheid gepaard gaat.

Slikken⁵ verlanden onder natuurlijke omstandigheden tot schorren⁶ en worden dan ingepolderd, waardoor deze ecologisch en aardwetenschappelijk bijzondere systemen verdwijnen (Fig.6). Gaat dit proces vanwege de zeespiegelrijzing langer duren, waardoor zij langer blijven functioneren? Of zullen zij juist geheel

⁵ slikken: onbegroeid op- of aanwas van een kustgebied, dat bij eb normaal droogvalt en aan de oppervlakte uit enigszins kleiig materiaal bestaat.

⁶ schorren: buitendijks gebied dat alleen bij uitzonderlijk hoog water overstroomt.

verdwijnen? Dit geldt ook voor de wadplaten en kwelders⁷ van de Waddeneilanden. Onderzoek hiernaar is nodig.



Fig. 6. Slikken in Zeeland zijn ecologisch en aardwetenschappelijk interessant, maar tevens een toeristische trekpleister. Eigen foto

Andere onderzoekslacunes met betrekking tot de estuariumkust:

- de betekenis van toenemende storm(vloed)frequenties voor kust- en duinontwikkeling
- de aanvoer van zand en water via de grote rivieren
- de invloed van de kustrivier op de estuariene circulatie
- voorspelling van mogelijke overstromingspatronen

2.2.2

De duinenkust van het Hollandse vasteland

De geomorfologische grondbeginselen komen hier, op andere wijze dan langs de estuariumkust, tot uiting bij een aantal duin- en kustvormen. De duinenkust van Noord- en Zuid-Holland heeft altijd geprofiteerd van door de zee zelf opgeworpen barrières. Ongeveer 5000 jaar geleden waren dat de strandwallen⁸. Zij maakten de veengroei in het achterland mogelijk, bepaalden het patroon van de nederzettingen (Fig.7), de ligging van de talrijke landgoederen en de bloembollenteelt. Een uitdagende onderzoeksvraag is, hoe zij wederom zouden kunnen worden gevormd voor de huidige kust.

⁷ kwelders: begroeide buitendijkse landaanwas die niet meer bij een gemiddeld hoog water onderloopt; slechts bij erg hoge waterstanden.

⁸ strandwallen: door de branding op een schoorwal gevormde rug die bij eb gedeeltelijk droog ligt.



Fig. 7. De bodemkaart van Wassenaar met het strandwallenpatroon dat de vestiging en het landgebruik bepaalt.
Bron: Stichting voor Bodemkartering

Vanaf 900 vormden de duinen een beschermende wal voor de kust. Daarvan zijn de kamduinen⁹ uniek voor Europa (Fig.8). Zij zijn gevormd tussen 1000 en 1600, in dezelfde tijd als ook de zandverstuivingen op de Veluwe ontstaan, dus kennelijk was het een droge periode. De correlatie tussen klimaat en type van duinvorming verdient nader onderzoek.



Fig. 8. De laatmiddeleeuwse kamduinen bij Heemskerk.
Bron: Rijksgeologische dienst, 1970

Nu overheersen watererosie en vervlakking in de zogenaamde ‘grijze duinen’. Dat is normaal voor landschappen in de vochtige klimaatzones waar de vegetatie

⁹ kamduinen: danken hun ontstaan aan de windwaartsgerichte armen die zich laten vergelijken met de tanden van een (grove) kam. In het landschap is een kamduin te herkennen als een aaneenschakeling van paraboolvormige duinen.

het altijd wint van de geomorfologische processen. Wel vinden we als overblijfsel van duindynamiek de stuifkuilen waaraan grote waarde wordt gehecht omdat zij de biodiversiteit van de binnenduinen aanzienlijk verhogen. Hun vorming is complex¹⁰. Een voorbeeld: het droge, humushoudende zand bovenaan een duinhelling is waterafstotend en wordt bij regen afgespoeld. Hierdoor komt het oorspronkelijke blonde, stuifgevoelige zand aan de oppervlakte. Door winderosie ontstaan hier stuifkuilen (Fig. 9).



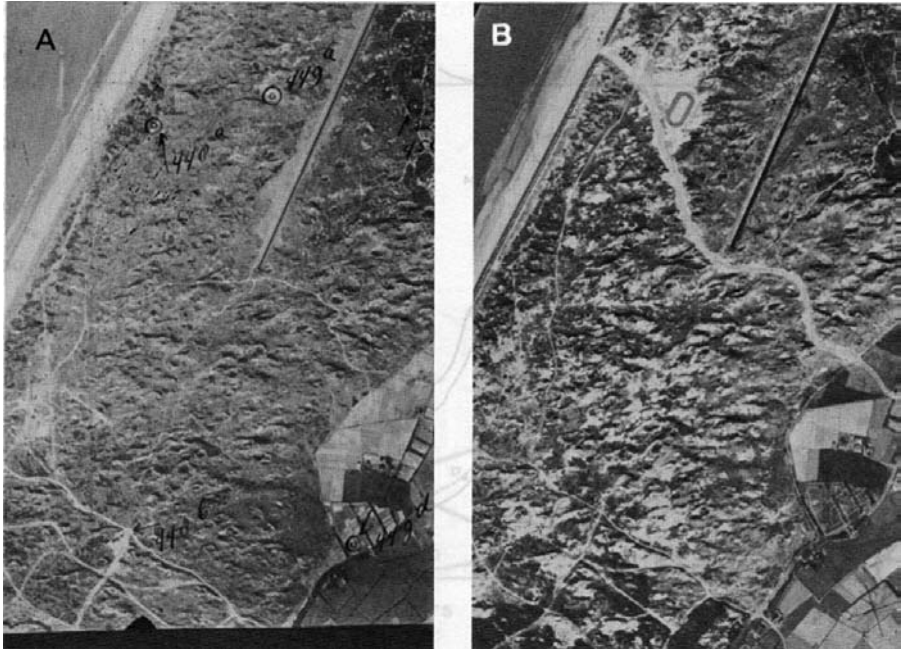
Fig. 9. Een stuifkuil in Meijndel, ontstaan na het afstrippen van de bodem door watererosie bovenaan de duinhelling. Eigen foto

Als we weten wat de oorzaak was van de destabilisatie van duinterrein De Blink tussen 1938 en 1957 (Fig. 10), kunnen we de vorming van stuifkuilen en daarmee de geo- en biodiversiteit bevorderen.

Andere kennislacunes, onderzoek met cultuurhistorici:

- De vorming van de strandwallen valt samen met erosie door het kappen van bossen door Neolithische agrariërs. Bestaat er een verband, en zo ja, kan het effect gesimuleerd worden zodat we nieuwe strandwallen krijgen?
- De vorming van de Jonge Duinen in de late middeleeuwen valt samen met erosie door het kappen van bossen om de opkomende steden in het achterland van voedsel te voorzien. Bestaat er een verband, en zo ja, kan het effect gesimuleerd worden om de duinvorming opnieuw op gang te brengen?

¹⁰ Jungerius, P.D., Verheggen, A.J.T. & Wiggers, A.J., 1981. 'The development of blowouts in 'De Blink', a coastal dune area near Noordwijkerhout, The Netherlands'. *Earth Surface Processes and Landforms* 6, pp 375-396.



*Fig. 10. De Blink bij Noordwijk lag in 1938 (A) geheel vast en is sinds 1957 (B) met een honderdtal stuifkuilen altijd blijven stuiven. Wat heeft dit veroorzaakt?
Bron: Topografische Dienst Nederland*

2.2.3

De eilandenreeks van de Wadden

Bepalend voor de geomorfologie van de kust waren de stormvloedten van de tiende tot de twaalfde eeuw die de kust hebben opgedeeld in een aantal eilanden; ‘ogen’. Tussen de eilanden lagen óf wadden die opslibden tot kwelders en intussen zijn ingepolderd, óf zeegaten die toegang gaven tot de Waddenzee. Onder invloed van de zeespiegelstijging beweegt de eilandreeks zich landwaarts. Bij ingrepen in de geomorfologie van de Waddeneilanden dient er rekening gehouden te worden met het feit dat de wadden en kwelders tussen Callantsoog en Eierland op Noord-Texel op de Noordzee afwaterden en verder naar het oosten op de Waddenzee. Waarom dit zo is moet nader worden onderzocht. Bij de aanleg van de stuifdijk op Texel in 1630 is geen rekening gehouden met de afwateringsrichting. Het water van de kwelder werd tegengehouden (Fig. 11) en uiteindelijk gedwongen de andere kant op te gaan. Het openhouden van de Slufter waarin de kwelderkreken vroeger uitmondden, geeft nog steeds problemen door gebrek aan water.

Slufter (overigens wel getijdengebieden) zijn geen inbraken van de zee, maar afwateringsgeulen, óf van een primaire duinvallei tussen twee zeerepen, óf van een kwelder. De Slufter op Texel waterde de kwelder af vóór de aanleg van de stuifdijk in 1830. De kweldergeulen zijn in de ondergrond van polder Dorpzicht nog zichtbaar (Fig. 12). In een eerste plan voor herinrichting van de polder werd daarmee geen rekening gehouden.



Fig. 11. Inundatie van de kwelders tussen Texel en Eierland door de aanleg van de stuifdijk langs de Noordzeekust in 1630. Bron: Gemeentearchief Den Haag



Fig. 12. Aan de oostkant van Texel zijn de kwelderkeren die oorspronkelijk via de Slufter op de Noordzee afwaterden. Dit is op de luchtfoto nog zichtbaar. Bron: Topografische Dienst Nederland

Kerven ontstaan óf in de kruin, óf aan de voet van een zeereep die aan de natuur wordt overgelaten. Vreemd genoeg blaast de wind de zeereep meestal niet door; de kerf buigt af voordat de kruin is bereikt (Fig. 13). Dit geeft de stabiliteit van een natuurlijke zeewering aan. Het waarom van dit proces is niet duidelijk en vraagt nader onderzoek naar het gedrag van de wind.



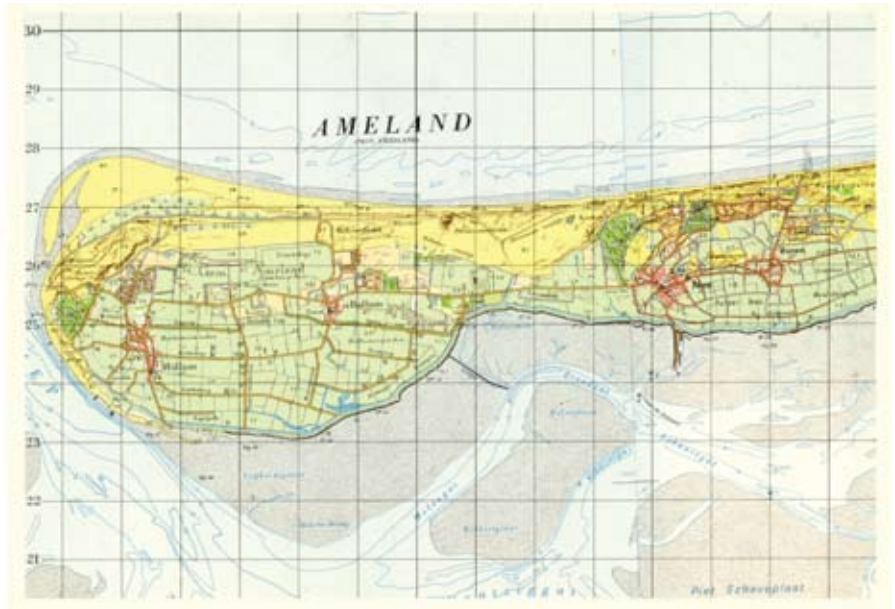
Fig. 13. Kerven op Ameland breken niet door de zeereep heen, maar buigen af. Eigen foto

Vanaf de tiende eeuw vluchtte de mens bij hoog water niet meer naar wierden en terpen, maar begon hij land op de zee terug te veroveren. Deze veranderende houding ten opzichte van de natuur is universeel in Europa. Via stuifdijken over de kwelders werden de eilanden met elkaar verbonden (Fig. 14). Hiermee werd het natuurlijke proces een handje geholpen. Omdat met geomorfologische principes werd gewerkt zijn deze stuifdijken doorgaans vrij duurzaam.

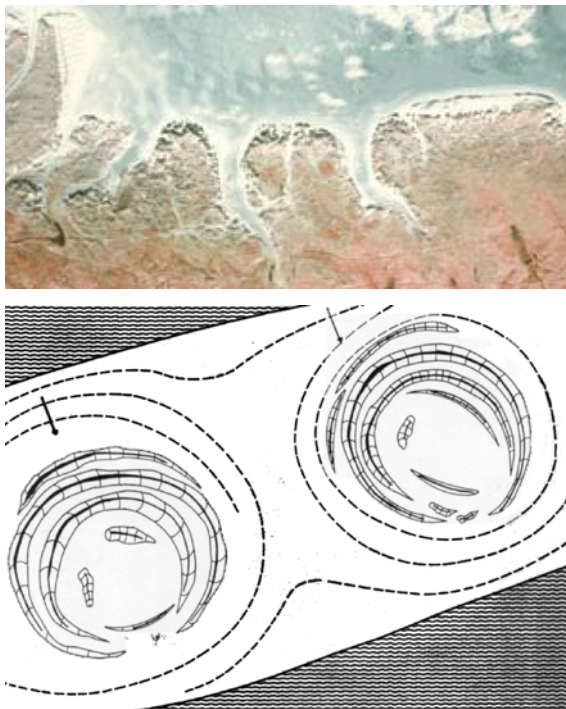
Aan de aangroeiende oostpunten van de Waddeneilanden, waar de mens niet hielp, stooft er te weinig zand in voor een gesloten zeereep en ontstonden de internationaal unieke oogduinen (Fig. 15). Door de zandsuppletie worden momenteel de gaten tussen de oogduinen opgevuld waardoor we één van onze meest bijzondere aardkundige waarden dreigen te verliezen. Onderzoek moet uitwijzen wat daaraan te doen valt.

Andere kennislacunes:

- De datering van overstuivingsfasen met behulp van optische luminescentie
- De ontwikkeling van de eilanden op verschillende tijd- en ruimteschalen: kustterugtrekking, kustparallelle migratie de vorming van paraboolduinen en stuifvlaktes



*Fig. 14. Kunstmatige stuijdijken verbinden de eilandkernen.
Bron: Topografische Dienst Nederland*



*Fig. 15. Oogduinen op de oostpunt van Ameland (schema uit Klijn (zie noot 18), 1981).
Bron: Topografische Dienst Nederland*

3. De operationele procedure

3.1 Inleiding

In het voorgaande is beschreven hoe de huidige *state* van het kust- en duinlandschap tot stand is gekomen door de combinatie van *drivers*, *pressures*, *impacts* en *responses*, waarbij is aangegeven welk onderzoek moet worden gedaan om de onderzoeksvragen die er zijn, te kunnen beantwoorden. Dit laatste is belangrijk, omdat klimaatverandering en zeespiegelrijzing ook in de toekomst de belangrijkste *drivers* blijven, aangevuld met sociale en economische *drivers* zoals bevolkingsgroei, die een toename van de recreatiebehoeften met zich meebrengt, en wereldhandel die ruimte voor havenfaciliteiten behoeft. Naast de natuurlijke *pressures* van de kust die in het eerste deel zijn genoemd (kuststromingen, eb- en vloedbewegingen en branding, en weersystemen, stormvloedfrequenties, windsystemen) krijgt Nederland in toenemende mate te maken met *pressures* en *impacts* die de mens creëert, door bouw van dijken, havens, eilanden, zandsuppletie en veranderingen aan de kustlijn en natuurontwikkeling.

Volgens het schema van figuur 1 van het raamprogramma (zie pagina 12) worden in de operationele procedure voor kwaliteitsmeting ten behoeve van de ruimtelijke ordening drie boxen onderscheiden: het landschap, het drielagenmodel inclusief het rangordemodel, en de zeven bodemfuncties (zie paragraaf 3.4) van de EU Richtlijn Bodem. In het hierna volgende wordt dit uitgewerkt voor het kust- en duinlandschap.

3.2 Het kust- en duinlandschap

Er gaat veel veranderen langs de Nederlandse kust zowel door de natuur als door de mens. De problemen van klimaatverandering en de zeespiegelrijzing zullen Nederland zwaarder treffen dan enig ander land in Europa, want Nederland ligt in een permanent tektonisch dalingsgebied (Fig. 16), terwijl de zeespiegel door isostatische aanpassing¹¹ na de ijstijd en een reeks van andere oorzaken extra stijgt. Het land daalt ook al heel lang door afgraving van veen en drainage ten behoeve van de landbouw.

Dit alles heeft Nederland heel kwetsbaar gemaakt. Het is een grote uitdaging voor de ontwerpers van het toekomstige Nederlandse landschap om op deze veranderingen in te spelen. Aardwetenschappers zullen het onderzoek moeten doen dat deze ontwerpers van adequate informatie voorziet. Onderzoek naar de waarde van onze bijzondere kustsystemen is niet alleen van nationaal belang, maar heeft ook betekenis in de Europese context.

Aan het begin van de jaren negentig is er veel aandacht geschonken aan de gevolgen van klimaatverandering op de geomorfologie en de ecologie van de kustduinen¹². Er is hierover een speciaal nummer verschenen van *Landscape*

¹¹ isostasie = het evenwicht tussen schollen van de aardkorst en de onderliggende plastische mantel.

¹² Meulen, F. van der, Jungerius, P.D. & Groot, R.D., 1989. 'Landscape ecological impact of climatic change on coastal dunes in Europe. Discussion report on coastal dunes', *European Conference on Landscape Ecological Impact of Climatic Change*, Lunteren.



Fig. 16. Nederland ligt in een permanent tektonisch dalingsgebied.
Bron: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

*Ecology*¹³. De directe effecten van zeespiegelrijzing zijn verlies aan areaal door afslag, versterking van de zeereep, verplaatsing van zand naar het binnenland en uitbreiding van de zone van verstuiwing van zoutwater (*salt spray*)¹⁴. Een indirect gevolg is verlaging van de grondwaterspiegel in de duinen en verdroging. Klimaatverandering heeft vooral gevolgen voor de relatie tussen geomorfologische en biologische processen. De conclusie dat er van de invloed van klimaatverandering op deze processen nog weinig bekend is, geldt nog steeds, en de aanbevelingen voor onderzoek zijn nog niet achterhaald. Het effect van veranderingen in het windsysteem op de ontwikkeling van stuifkuilen in de duinen is reeds voorspeld¹⁵.

Wellicht zal de uitvoering van de plannen voor kustontwikkeling die momenteel worden bedacht, gevolgen hebben die vele malen groter zijn dan die van

¹³ Meulen, F. van der, Witter, J.V. & Ritchie, W. (eds), 1991. 'Impact of climate change on coastal dune landscapes of Europe'. *Landscape Ecology* 6, 1-2, p 113.

¹⁴ Meulen, F. van der, 1990. 'European dunes: consequences of climatic change and sealevel rise'. In: Bakker, Th.W.M., Jungerius, P.D. & Klijn, J.A. (eds), 1990. *Dunes of the European coast, geomorphology, hydrology, soils. Catena Supplement* 18, pp 209-223.

¹⁵ Jungerius, P.D., Witter, J.V. & Boxel, J. van, 1991. 'The effect of changing wind regimes on the development of blowouts in the coastal dunes of The Netherlands'. In: Meulen, F. van der, Witter, J.V. & Ritchie, W. (eds), *Impact of climate change on coastal dune landscapes of Europe. Landscape Ecology* 6, 1/2, pp 41-48.

zeespiegelrijzing en klimaatverandering, en bij uitvoering zonder aardwetenschappelijke begeleiding ons kust- en duinsysteem permanent ontregelen.

3.3

Het drielagenmodel

Het vereiste onderzoek moet ingebed zijn in het bestaande en gericht op het toekomstige ruimtelijk beleid. Het relevante model hiervoor is het lagenmodel van de *Nota Ruimte*. Het raamprogramma maakt onderscheid in een laag 1a waarin de dynamiek van het huidige geologie/bodem/watersysteem wordt omschreven en een laag 1b waarin plant en dier aan bod komen, inclusief landbouw. Het hiërarchische landschapsecologische of rangordemodell is een zinvolle uitwerking van dit voorstel. Dit model is ontwikkeld als ecologisch model voor de ruimtelijke ontwikkeling¹⁶. Het heeft ruime bekendheid gekregen door het TNO duinenonderzoek¹⁷ en door toepassing in andere natuurprojecten¹⁸. Londo heeft in zijn boek over natuurontwikkeling voor zijn hoofdstuk over de zee deze factor aan het model toegevoegd¹⁹ (Fig. 17).

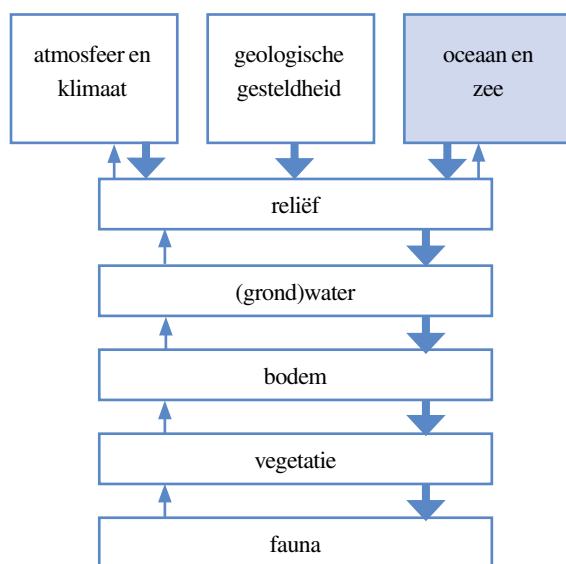


Fig. 17. Het rangordemodell voor zee en kust volgens Londo (1997).

Het rangordemodell maakt duidelijk dat een natuurlandschap het product is van klimaat, geologie, reliëf, water, bodem, vegetatie en fauna, en geeft op duidelijke wijze de afhankelijkheidsrelaties weer. De pijlen geven aan dat de invloed van de hogere componenten dominant is over die van de lagere, maar dat er

¹⁶ Maarel, E. van der & Dauvellier, P.L., 1978. *Naar een globaal ecologisch model voor de ruimtelijke ontwikkeling van Nederland*. Staatsuitgeverij, Den Haag.

¹⁷ Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. & Zadelhoff, F.J., 1981. *Nederlandse kustduinen. Landschapsecologie*. Pudoc, Wageningen.

¹⁸ Klijn, J.A., 1981. *Nederlandse kustduinen, Geomorfologie en bodems*. Pudoc, Wageningen.

¹⁹ Londo, G., 1997. *Natuurontwikkeling. Bos- en Natuurbeheer in Nederland*, Deel 6. Backhuys Publ. Leiden.

feedback is van onderaf. De mens heeft in toenemende mate invloed op alle niveaus. De relatie tussen abiotiek en biotiek zoals in dit model is uitgedrukt, is de basis van het onderzoek voorgesteld in het hierna volgende toekomstscenario.

3.4

De zeven bodemfuncties van de EU Richtlijn Bodem

Bij het formuleren van de toekomstscenario's moet de lijst van de zeven bodemfuncties van de EU Richtlijn Bodem worden doorlopen. Deze bodemfuncties en het onderzoek dat zij met zich meebrengen kunnen voor het kust- en duinlandschap als volgt worden ingevuld:

1. *Productie van biomassa*

Het belangrijkste is de vaak slechte nutriëntenvoorziening van de duinbodems en daardoor de grote invloed van atmosferische stikstof en fosfaatdepositie. Hiernaar is veel onderzoek verricht, onder meer in het kader van het onderzoeksprogramma Overlevingskans Bos en Natuur (OBN) van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV)²⁰. Daarnaast wordt landbouw, tuinbouw en bosbouw bedreven in de duinen, en daarvoor is hetzelfde onderzoek naar de relatie van gewassen en bodemeigenschappen nodig als elders. Speciale aandacht verdienen de kwelders waar de wederzijdse beïnvloeding van abiotiek en biotiek zeer sterk is.

2. *Opslag, filtering en transformatie van nutriënten, substanties en water*

Dit is vooral van belang voor de waterwinning in de duinen. De aardwetenschappelijke aspecten worden onderzocht door geohydrologen van drinkwatermaatschappijen en gespecialiseerde kennisinstututen zoals Kiwa Water Research.

3. *Bron voor biodiversiteit, zoals habitats, soorten en genen*

Dit onderwerp krijgt momenteel veel aandacht in het duinonderzoek, maar er liggen nog veel vragen open over de relatie tussen bodem/substraat en plant. Hiervoor is door LNV in 2006 het OBN-deskundigenteam Kust- en Duinlandschap opgericht. De abiotische component van het ecosysteem krijgt tot nu toe een zeer ondergeschikte rol toebedeeld, maar daarin begint nu verandering te komen door het onderzoek naar de N- en P-beschikbaarheid.

4. *Fysieke en culturele omgeving voor de mens en voor menselijke activiteiten*

De kust is een van de belangrijkste trekpleisters voor recreatie en toerisme in Nederland. De relatie met de onderlaag vraagt om veel economisch en sociaal getint onderzoek.

5. *Bron van grondstoffen*

Drinkwater is waarschijnlijk de belangrijkste grondstof die de duinen te bieden hebben. Daarnaast is de zeebodem voor de kust een bron van zand voor de suppleties die een belangrijke rol spelen bij het handhaven van de kustlijn. Dit is al decennia een onderzoeksgebied waarin ingenieurs, geologen, geomorfologen en ecologen samenwerken. Er komen aan de zeezijde steeds nieuwe onderzoeksvragen naar de mogelijkheden om geschikt zand te winnen zonder de vele andere functies van de zeebodem te schaden²¹. Nieuwe onderzoeks-

²⁰ Kooijman, A.M., Besse, M. & Haak, R., 2005. *Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in open droge duinen*. Eindrapport fase 2. Ministerie van LNV, Directie Kennis, Ede.

²¹ Laban, C., 1997. *Noordzeezand onder de loep. Aarde & Mens* 1, pp 3-11.

vragen rijzen ook aan de landkant door de varianten in de wijze van suppleren en hun invloed op de mariene en eolische processen en de ecologische respons.

6. *Sink voor koolstof*

De verdroging van de duinen resulteert in verlies van organisch materiaal van de hellingbodems en van de bodems in de vroeger natte duinvalleien.

7. *Archief van het menselijk geologisch en archeologisch erfgoed*

Onze kust herbergt aardwetenschappelijke objecten van internationaal belang, zoals de kamduinen langs de Hollandse kust en de oogduinen op de Waddeneilanden²². De duurzaamheid komt in het gedrang door natuurontwikkeling en zandsuppletie. Goed onderzoek kan de kennis opleveren die aan het behoud van deze waarden kan bijdragen. De zeebodem is bovendien een rijke bron voor scheepsarcheologie²³.

²² Ancker, J.A.M, van den & Jungerius, P.D., 2004. 'Geodiversity, geoheritage and geoconservation along the Dutch coast'. In: Dietz, T., Hoekstra, P. & Thissen, F. (eds), *The Netherlands and the North Sea. Nederlandse Geografische Studies* 325.

²³ Maarleveld, Th.J. (1998) *Archeological heritage management in Dutch waters: exploratory studies*. Nederlands Instituut voor Scheeps- en onderwaterArcheologie ROB/NISA, Lelystad.

4. Toekomstscenario: Habitatrichtlijn voor kust en duin

4.1 Inleiding

In dit laatste deel wordt de stap van generiek naar specifiek gemaakt, volgens de procedure voorgesteld in het raamprogramma. Het doel is een verdieping in de kennis van de relatie tussen de abiotische en biotische componenten van het kust- en duinlandschap, zodat schade van toekomstige ontwikkelingen (*impacts*) met de juiste maatregelen (*responses*) geminimaliseerd kan worden. Dit stelt een interdisciplinaire benadering voorop. Fig. 18 is een conceptueel model van de relatie en interactie van fysische en ecologische processen. Dit model is speciaal ontworpen voor de kust en de duinen, omdat de geomorfologische processen van zee en wind daar bijzonder actief zijn. De bodemvorming is een maat voor de progressie van de successie. In de 0-situatie zijn alleen de geomorfologische processen actief en kunnen zich alleen pioniersoorten vestigen. Naarmate de successie voortschrijdt remmen de biologische processen de geomorfologische processen af. Dit is het stadium van de 'grijze duinen' waarin zich een humeuze A-horizont begint te ontwikkelen. Tenslotte is de bodem geheel door vegetatie bedekt en zijn de geomorfologische processen uitgespeeld. Is het eindstadium bos, dan ontstaat in het bodemprofiel een B-horizont.

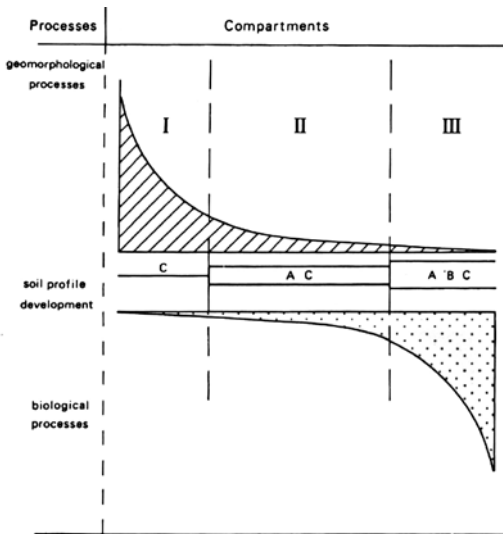


Fig. 18. De interactie van abiotische en biotische processen.

4.2 De Natura 2000 Habitattypen

Een van de meest dwingende vereisten voor geïntegreerd onderzoek is het werken met gemeenschappelijke eenheden. De Natura 2000 Habitattypen²⁴ en de Natuurdoeltypen²⁵ bieden daartoe goede mogelijkheden. Dit wordt uitgewerkt voor de habitattypen.

²⁴ Janssen, J.A.M. & Schaminée, J.H.J., 2003. *Europese natuur in Nederland. Habitattypen*. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

²⁵ Bal, D., Beijer, H.M., Fellingner, M., Haveman, R., Opstal, A.J.F.M. van & Zadelhoff, F.J. van, 2001. *Handboek Natuurdoeltypen*. Tweede editie. Rapport Expertisecentrum LNV nr. 2001/020. Wageningen.

De Habitattypen die voor de Nederlandse kust op de Europese referentielijst staan zijn:

- Sectie 11: Mariene wateren en getijdengebieden, met 4 typen
- Sectie 13: Atlantische kwelders en schorren, met 3 typen
- Sectie 21: Kustduinen van de Atlantische Oceaan, de Noordzee en de Oostzee, met 9 typen.

Het onderzoek moet zich richten op de uitwerking van de aardwetenschappelijke paragrafen van de typebeschrijvingen en hoe deze doorwerken in het beheer en het behoud van de habitattypen. Ter illustratie is van elk van de drie secties een type geselecteerd waarvoor Nederland een speciale verantwoordelijkheid heeft en waar dus met zorg mee moet worden omgegaan.

Habitat 1140 Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten

De Waddenzee herbergt het grootste areaal van dit habitatype in Europa, maar het type komt ook voor in de estuaria van de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden. Het betreft de slikwadden en zandplaten in de kustzone die bij laagwater droogvallen, de zogenaamde intergetijdenplaten. In dit habitatype leven hoge dichtheden ongewervelde dieren in complexe gemeenschappen.



Fig. 19. Drooggevallen wadplaten. Foto Paul Paris

Belangrijke bodemfuncties die door ruimtelijke ontwikkelingen kunnen worden aangetast zijn:

- Productie van biomassa, vooral ongewervelde dieren;
- Bron voor biodiversiteit, in hoge mate afhankelijk van de geodiversiteit, zowel wat processen als wat materialen betreft;
- Fysieke en culturele omgeving voor de mens en voor menselijke activiteiten: visserij, toerisme;

- Archief van het geologisch en archeologisch erfgoed: zowel door de complexe sedimentatiepatronen als door de dynamische processen zijn de wadden van zeer hoge aardwetenschappelijke waarde.

De droogvallende slik- en zandplaten zijn in de Waddenzee niet lukraak verspreid. De meeste zandplaten worden aangetroffen in de buurt van de eilanden, terwijl de slikplaten hun hoofdverspreiding kennen langs de kust van het vasteland van Friesland en Groningen, waar lagere stroomsnelheden optreden. Dit laatste geeft ook de gevoeligheid van dit habitattype aan voor natuurlijke en door de mens veroorzaakte stroomsnelheidsveranderingen in de Waddenzee en de Zuidwest-Nederlandse estuaria.

Het verspreidingspatroon van wadplaten zal daardoor ingrijpend en onomkeerbaar worden gewijzigd waarmee dit habitattype onder zware druk komt te staan. Andere *impacts* in mariene wateren en getijdengebieden zijn stroomgeulverlegging die trekroutes van vissen en larven bedreigt, veranderingen in de aanvoer van zoet rivierwater en afsluiting van de aanvoer van zee- en rivierwater door de aanleg van dammen. Het heeft tot nu toe ontbroken aan geïntegreerd aardwetenschappelijk en ecologisch onderzoek om na te gaan hoe het systeem op deze *impacts* reageert.

Habitat 1330 Atlantische schorren (Glauco-Puccinellietalia maritimae)

De schorren in ons land behoren tot de beste voorbeelden van dit habitattype in Europa.



Fig. 20. Kwelder bij Schiermonnikoog. Foto Paul Paris

Belangrijke bodemfuncties die door ruimtelijke ontwikkelingen kunnen worden aangetast zijn:

- Productie van biomassa, in de vorm van bijzondere, aan de extreme omstandigheden aangepaste plantensoorten, met insectensoorten die gespecialiseerd zijn op planten uit deze zoute gebieden. De schorren vormen een belangrijk broed- en rustgebied voor talrijke vogelsoorten;
- Bron voor biodiversiteit, in hoge mate afhankelijk van de geodiversiteit, door de verscheidenheid aan sedimentaire processen en patronen;
- Opslag, filtering en transformatie van nutriënten;
- Archief van het geologisch erfgoed: zowel door de complexe patronen als door de dynamische processen hebben schorren en kwelders een bijzondere waarde, terwijl zij door hun rijke en vaak dramatische geschiedenis ook een groot cultuurhistorisch erfgoed vertegenwoordigen.

Er zijn drie typen waarvan de verspreiding afhankelijk is van tijd en diepte van inundatie door zout water en daarom gevoelig zijn voor zeespiegelfluctuaties. Het bijzondere patroon van kreken en prieden, die geflankeerd worden door kreekruggen met daarachter lager gelegen kommen is zeer gevoelig voor verstoring. Andere *impacts* zijn betreding die tot bodemverdichting leidt en begrazing die opslibbing beïnvloedt. Bijzondere varianten worden gevormd door sluffers (afwaterings/opwateringsgeulen) en inlagen (door een dijk afgesloten schorren met zilte bodem of zoute kwel).

Habitat 2130 Vastgelegde kustduinen met kruidvegetatie ('grijze duinen')

Nederland heeft voor dit habitatype binnen Europa een grote verantwoordelijkheid, gezien het grote oppervlakte ervan en het voorkomen van unieke plantengemeenschappen. De term 'grijze duinen' slaat op het humusgehalte in het zand. Het maakt het duinzand waterafstotend en gevoelig voor watererosie. Het wegspoelen van de grijze laag bovenaan de duinhelling brengt windgevoelig schoon zand boven waarin door winderosie stuifkuilen (Fig. 9) kunnen ontstaan.

Belangrijke bodemfuncties die door ruimtelijke ontwikkelingen kunnen worden aangetast zijn:

- Productie van biomassa die doorgaans gering is maar door atmosferische depositie kan omslaan naar overproductie;
- Bron voor biodiversiteit van bijzondere aard door specialisatie aan de extreme klimaatomstandigheden en het arme substraat;
- Fysieke en culturele omgeving voor de mens en voor menselijke activiteiten, een belangrijke functie gezien de populariteit van de duinen bij recreanten en toeristen die het grootst is van alle Nederlandse landschappen;
- Sink voor koolstof is in de duinen met hun jonge bodems niet bijzonder hoog;
- Archief van het menselijk geologisch en archeologisch erfgoed, niet verwonderlijk gezien het feit dat dit landschap in West-Nederland - dat de twee Nederlandse objecten van internationaal aardwetenschappelijk belang herbergt (kamduinen en oogduinen) - als eerste door de mens werd bewoond.



Fig. 21. 'Grijze duinen' bij Scheveningen. Foto Paul Paris

Op veel plaatsen is het habitatype in zijn voorkomen bedreigd doordat de vegetatie geleidelijk vergrast of dichtgroeit met struweel, dit als gevolg van luchtverontreiniging en het wegvallen van dynamiek en een sterke afname van de konijnenstand. Ook is het habitatype gevoelig voor verdroging. Verlaging van de grondwaterstand geeft daarom grote problemen.

Naast regenwater speelt de wind in dit landschap een landschapsvormende rol. Van alle geomorfologische processen zijn die van de wind wereldwijd het minst begrepen. Er is in enkele landen, waaronder Nederland, vrij veel empirisch onderzoek gedaan, maar dat heeft nog niet geleid tot het inzicht dat nodig is om het geomorfologische effect van de wind te kunnen voorspellen. Er heerst dan ook veel onbegrip over het ontstaan van de verscheidenheid aan duinvormen, en de weinige experimenten die zijn uitgevoerd hebben niet de resultaten opgeleverd die ervan werden verwacht. Fundamenteel onderzoek naar de fysica van de eolische processen zal hier verandering in moeten brengen. Aansluitend zal geïntegreerd onderzoek het inzicht in de relatie tussen abiotiek en biotiek moeten geven dat nodig is om te begrijpen welke schade toekomstige *impacts* op deze systemen teweeg kunnen brengen.

5.

Conclusies

Een groot deel van Nederland blijkt overwegend langzaam onderstromend, uit het Pleistoceen overgeërfd landschap te zijn. Continue zeespiegelrijzing en -daling door tektoniek, daarbij geholpen door menselijk handelen, hebben Nederland zeer kwetsbaar gemaakt voor de gevolgen van klimaatverandering. Deze kwetsbaarheid is bepalend voor de inrichtingsmogelijkheden van ons land. De ruimtelijke ordening voor de toekomst dient primair te worden gebaseerd op de geomorfologische ontwikkeling van Nederland op verschillende temporele en ruimtelijke schalen; alleen zo zijn de resultaten duurzaam. Dit is de grote uitdaging voor de ontwerpers van het toekomstige Nederlandse landschap. Aardwetenschappers zullen het onderzoek moeten doen dat deze ontwerpers van adequate informatie voorziet.

De problemen waarmee we langs de kust te maken zullen krijgen, vragen om creatieve oplossingen, maar dan wel door vakmensen aangedragen. Er worden al te gemakkelijk grootse plannen ontvouwd die wel spectaculair zijn, maar bij uitvoering vrijwel zeker onvermoede en ongewenste neveneffecten zullen hebben. Zoals je er niet aan zou denken om een hartoperatie door een ander dan een ervaren chirurg te laten uitvoeren, moet je er ook niet aan denken dat er aan de kust en de duinen wordt gesleuteld door mensen zonder grondige kennis van de processen die daar in het verleden en het heden hebben gespeeld. De natuurwetten waarmee wij langs de kust te maken hebben, werken op tijdschalen van minuten tot millennia. Een verkeerde ingreep kan desastreuze gevolgen hebben waarvan we eeuwenlang spijt zullen hebben.

Samenstelling Raad voor Aarde en Klimaat (RAK) van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW)*Voorzitter*

Prof. dr. P.A.M. Andriessen, Vrije Universiteit Amsterdam (VU) – isotopengeologie

Leden

Dr. M. van Bracht, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (NITG-TNO) – hydrologie

Dr. R. van Dorland, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) – atmosfeeronderzoek, broeikas effect

Mw. drs. L.C. van Geuns, Instituut Clingendael (CIEP) – geologie

Prof. dr. S.M. Hassanzadeh, Universiteit Utrecht (UU) – hydrologie

Prof. dr. A.A.M. Holtslag, Wageningen Universiteit (WUR) – meteorologie

Prof. dr. H. Hooghiemstra, Universiteit van Amsterdam (UVA) – palynologie en kwartaire ecologie

Mw. prof. dr. S.J.M.H. Hulscher, Universiteit Twente (UT) – waterbeheer en watersystemen

Prof. dr. J.W. de Leeuw, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) en Universiteit Utrecht (UU) – organische geochemie

Prof. dr. F.D. van der Meer, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observations (ITC) en Technische Universiteit Delft (TUD) – *remote sensing* en structurele geologie

Dr. ir. H. Ridderinkhof, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) – fysische oceanografie

Prof. dr. W. Spakman, Universiteit Utrecht (UU) – tectonofysica

Secretaris

Mw. ir. A.M. de Gier, Sector Advies en Verkenning, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW)

