

# (W)aarde met leven



NWO Aard- en Levenswetenschappen  
2007 - 2010



# Inhoud

Samenvatting	2
1. Het onderzoeksveld en de maatschappij	4
2. De rol van ALW	5
3. Visie	6
4. Instrumenten	7
4.1 Actielijn 1: Ruimte voor onderzoekers	7
• Open programma	7
• Top-subsidies	7
• Vernieuwingsimpuls	7
• Meervoud	7
• Vaarprogramma	7
• Centrale programma's	8
4.2 Actielijn 2: Bundeling van krachten	8
• Thematische programma's	8
• Investerings in infrastructuur	8
• Internationalisering	8
4.3 Actielijn 3: Wetenschap voor de samenleving	9
• Thematische programma's	9
• Communicatie en kennisoverdracht	9
5. Inzet op thema's en beleidsvelden	11
5.1 Thema's	11
5.2 Beleidsvelden	11
5.2.1 Beleidsveld Aardse Systemen en Leefmilieu	12
5.2.2 Beleidsveld Van Bouwsteen tot Biosfeer	13
6. Aanpak	15
6.1 Horizontale programmering	15
7. De ALW organisatie	19
8. Financiële invulling beleidsvoornemens	20
Bijlage A: ALW in NWO-brede thema's	22
A.1 Duurzame Aarde	22
A.2 Hersenen en cognitie;	22
A.3 Systeembioologie	23
A.4 Gebruik van nanowetenschap en -technologie	23
Bijlage B: ALW-Beleids- en Onderzoeksvelden	24
B.1. Beleidsveld Aardse Systemen en Leefmilieu	24
B.1.1 Dynamica van de Aarde, topografie en geohazards	24
B.1.2 Klimaat: verleden, heden en toekomst	25
B.1.3 Water als levensader	26
B.2. Beleidsveld Van Bouwsteen tot Biosfeer	27
B.2.1 Genomics voor ecologie, evolutie en biodiversiteit	27
B.2.2 Ontwikkelingsbiologie en functionele genetica	28
B.2.3 Tussen brein en moleculen	29
B.2.4 Systeembioologie	31

# Samenvatting

## Onderzoeksveld en maatschappij

Om de aarde in de toekomst duurzaam, veilig, gezond en welvarend te kunnen blijven bewonen staan we voor belangrijke uitdagingen. Om die uitdagingen succesvol aan te kunnen gaan is nieuwe kennis nodig om antwoord te kunnen geven op gecompliceerde vragen. Voor aard- en levenswetenschappers betreft het vragen over de veranderingen in het klimaat, het uitsterven van soorten, de belasting van onze atmosfeer, over natuur-rampen, over genetische stabiliteit en over de snelle mondiale verspreiding van levensbedreigende virussen of over de wens van voldoende voedsel van goede kwaliteit voor iedereen. Bij dergelijke vragen speelt mee dat levende materie een sterke wisselwerking en samenhang kent met zijn leefomgeving en dat dode en levende materie soms eindig is in zijn beschikbaarheid als voedsel of als grondstof. De omgeving wordt mede beïnvloed door de mens en bepaalt de grenzen voor evolutie en groei. Daarbinnen koppelt het leven terug door zijn omgeving zelf te beïnvloeden en mede vorm te geven. Dergelijke dynamiek kent nog veel onvoorziene interacties en koppelingen. Complexe wisselwerkingen en processen vinden plaats vanaf het molecuul tot in ecosystemen en tussen en in het natuurlijke systeem aarde. Onderzoek hiernaar levert kennis over onze biologische en geologische basis en is onmisbaar voor bijvoorbeeld modern gezondheidsonderzoek, voor onze voedselproductie, voor ecologisch of biodiversiteitonderzoek en voor klimaat en geodynamisch onderzoek.

## Rol van ALW

ALW heeft de belangrijkste uitdagingen inhoudelijk vertaald naar te stimuleren thema's en beleidsvelden. ALW acht zich als nationale coördinator en initiator bij uitstek geschikt en in staat om voor de aard- en levenswetenschappen als leverancier van kennis en inzicht op te treden en de gestelde uitdagingen aan te gaan met disciplinair onderzoek én waar nodig met een geïntegreerde discipline overschrijdende aanpak. Bevorderen van excellentie, actieve stimulering en coördinatie op basis van een goede afstemming en intensieve samenwerking met anderen, nationaal en internationaal zijn daarbij bepalend. Zo kan ook worden bijgedragen aan het stimuleren en verwerven van internationale excellente posities voor Nederlands onderzoek en onderzoekers. ALW wil met en voor zijn partners kunnen programmeren en geeft in deze nota aan waar dit de komende jaren het beste kan gebeuren.

## Visie

Clustering van expertise en internationalisering is belangrijk. Niet alleen om een zo hoog mogelijk rendement te krijgen op onze onderzoeksmiddelen en investeringen, maar ook omdat de uitdagingen in deze tijd een omvang hebben gekregen die grotere synergie via focus en massa noodzakelijk maakt. Voor het verkrijgen van deze synergie vindt ALW het belangrijk dat onderzoekers in staat worden gesteld langdurig met elkaar samen te werken in brede multidisciplinaire thema's. Er moet focus worden bereikt op maatschappelijke thema's en sterke onderzoeksgroepen, en massa gecreëerd door langduriger financiering met grotere bedragen. De onderzoeksinstellingen en (clusters van) sterke onderzoeksgroepen dienen daarbij een grotere speelruimte te krijgen om zich krachtig tot hoofdrolspelers op Europees en mondiaal niveau te kunnen ontwikkelen. Hiervoor is een verdubbeling van het huidige basisbudget van ALW nodig. Los daarvan wil ALW m.b.v. de thematische keuzes additionele middelen verwerven om daarmee de missie van ALW en zijn partners te realiseren.

## **Uitvoering**

ALW zal met de volgende gebiedspecifieke keuzen uitvoering geven aan de NWO-strategie. Deze beleidskeuzen gaan uit van een feitelijke realisatie van de noodzakelijk geachte budgetverdubbeling. Zonder deze realisatie is bijstelling en temporisatie van de plannen op onderdelen in deze nota, evident.

### **Wetenschap voor de samenleving**

Wetenschap voor de samenleving betekent voor het gebied afstemmen en ruimte bieden voor maatschappelijke vragen. ALW zal een nationaal onderzoek- en ontwikkelingsplan op het terrein van kust en zeeonderzoek uitwerken en implementeren. Dit plan is onderdeel van een vernieuwing van de publieke kennisinfrastructuur van Nederland en vormt als marien focus ook een bijdrage aan het bredere NWO-thema 'Duurzame Aarde'. Voor dit thema werkt ALW ook aan een programma voor Biodiversiteit dat met stakeholders nader zal worden gedefinieerd. ALW zal verder specifiek bijdragen aan de NWO-thema's 'Hersenen en Cognitie', 'Nanowetenschap' en aan 'Systeembioologie'. Niet alle thema's zijn vastgelegd, zodat ALW alert kan blijven op de meest actuele maatschappelijke ontwikkelingen. Daar zal ALW zo nodig tijdig op inspelen. Met nieuwe en reeds in ontwikkeling zijnde beleids- en aandachtsvelden wil ALW de komende jaren vanuit de eigen basis een krachtige impuls geven aan de NWO-thema's.

### **Ruimte voor onderzoekers**

Het gebied ALW zal een 'bottom up' programma voor ongebonden project onderzoek met vrije competitie instandhouden, met de mogelijkheid van doorlopende indiening. ALW streeft daarbij naar honoreringskansen van 40%. Daarnaast wil ALW uitbreiding realiseren met een vrije competitie voor grotere coherente subsidies. Stimuleren van talent zal worden voortgezet in de vernieuwingsimpuls, maar vereist intensivering, gezien het hoge aanbod van veelbelovende onderzoekers, zowel kwantitatief als kwalitatief. Samen met Exacte en Chemische wetenschappen legt ALW een extra accent op het extra aanstellen van vrouwelijke UD's. ALW zal ook actief bijdragen aan het stimuleren van talent, door de persoonsgerichte steun via bijvoorbeeld het VENI, VIDI en VICI programma voort te zetten.

### **Bundeling van krachten**

Focus en massa zal worden aangebracht door het ontwikkelen van multi- en interdisciplinaire beleidsvelden en thema's van voldoende kritische massa. Actuele fundamentele en maatschappelijke vragen vergen de komende jaren coherentie en stimulering voor onderzoek, zoals ook in de afgelopen strategieperiode is gerealiseerd d.m.v. het Darwin Centrum. ALW kiest voor de twee beleidsvelden '*Aardse systemen en leefmilieu*' en '*Van bouwsteen tot biosfeer*'. Hierbinnen zal in een aantal onderzoeksvelden onderzoek worden gedaan naar dynamica van de aarde, topografie en 'geohazards', klimaat, water en systeembioologie, evenals ontwikkelingsbiologie, neurowetenschappen en genomics benaderingen in ecologie, biodiversiteit en evolutie. Deze onderwerpen ontwikkelt ALW als onderzoeksvelden die zullen worden ingebed in de voor ALW relevante NWO-thema's. Daaronder valt ook de samenwerking met het Netherlands Genomics Initiative (NGI).

ALW draagt daarnaast bij aan de financiering van de materiele infrastructuur. Schaalvergroting vraagt om additionele investeringen in de infrastructuur. Het betreft o.a. grootschalige monitoring- en aardobservatiesystemen, genomics faciliteiten, biobanken en collecties en de nieuwste spectro- en microscopische apparatuur met beeldvormende technieken. Voor midden/grootschalige apparatuur zal ALW een nationaal apparatuurplan ontwikkelen. Waar relevant zal ALW met Europese zusterorganisaties transnationale programma's en centra ontwikkelen.

# 1 Het onderzoeksveld en de maatschappij

## Aarde en leven

De kennis in het ALW-veld gaat over de aarde en het leven in al zijn vormen. Het leefmilieu wordt beïnvloed door de mens en daarmee worden ook de grenzen bepaald voor evolutie en groei. Het leven zelf koppelt terug door het leefmilieu te beïnvloeden en zo mede vorm te geven. Dergelijke dynamiek kent nog veel onvoorziene interacties en koppelingen, die zich voor de wetenschapper afspelen in niet lineaire netwerken op verschillende schalen in ruimte en tijd. Dit houdt in dat de levende en dode natuur niet altijd doet wat we er met de huidige kennis van zouden verwachten. De complexe wisselwerking tussen de biologische en abiotische componenten in het systeem aarde leidt steeds tot nieuwe probleemstellingen en vragen die dienen te worden opgepakt met fundamenteel disciplinair onderzoek. Door de voortgaande ontwikkeling van kennis van de ontstaansgeschiedenis en de complexe processen van de aarde en het leven en door ontwikkeling van geavanceerde apparatuur, afgezet tegen een veelheid van maatschappelijk geïnduceerde vraagstellingen, bevinden de aard- en levenswetenschappen zich in een stroomversnelling. ALW maakt in deze nota met thema's en beleidsvelden een aantal op focus en massa gerichte keuzen die concreet richting zullen geven aan onze investeringen in de komende jaren.

## .... en mens en maatschappij

De mens is op grote schaal bezig zijn leefomgeving ingrijpend te veranderen en legt daarbij steeds meer beslag op het milieu, natuurlijke hulpbronnen en ruimte. Dit vormt een steeds groter aandachtsveld in het onderzoek.

Meer en meer wordt de wens gehoord om kennis toepasbaar te maken. In grote delen van het onderzoeksveld is dat al het geval, zoals bijvoorbeeld op gebied van het milieu, de landbouw en het gezondheidsonderzoek. Zowel door de vordering van de kennis als door maatschappelijke ontwikkelingen hebben de aard- en levenswetenschappen groot maatschappelijk belang verkregen. Bestaande en te verwerven kennis draagt bij aan de inzichten die nodig zijn om actuele en toekomstige maatschappelijke problemen op te lossen en de fundamenten te leggen voor goede beleidsmatige keuzen.

## De onderzoeksinfrastructuur

De onderzoekswereld is volop in beweging. Het merendeel van het Nederlandse aard- en levenswetenschappelijke onderzoeksveld bestaat uit vaste formatie aan universiteiten en instituten en daarbinnen treedt een gestage verschuiving op naar een groter aandeel van tijdelijke aanstellingen. Er treedt clustering op in de kennisinfrastructuur, specialisatie van universiteiten en er is sprake van vergaande invloed van de EU op internationale samenwerking. Hervormingen bij universiteiten en instituten zijn merendeels gericht op schaalvergroting en op versterking van de kennisketen van fundamenteel tot toegepast onderzoek. Het traditionele lineaire kennismodel maakt steeds meer plaats voor een interactief en niet lineair kennismodel. Met het Besluit Subsidies Investerings Kennisinfrastructuur (Bsik) programma's en het FES (Fonds Economische Structuurversterking) komen nieuwe tijdelijke geldstromen voor onderzoek beschikbaar. ALW acht het van belang dat deze middelen ook bijdragen aan een evenwichtige ontwikkeling van de betrokken onderzoeksvelden.

## 2 De rol van ALW

Het NWO gebied Aard- en Levenswetenschappen **stimuleert de kwaliteit** van het Nederlandse onderzoek over de volle breedte van het terrein. ALW bestrijkt onderzoek van de vaste aarde, de atmosfeer en het klimaat, de oceanen en polen enerzijds en van de levenswetenschappen anderzijds, d.w.z. ecologie, evolutie en biodiversiteit, alsmede de ontwikkeling, fysiologie en genetica van hele organismen tot cellulair en moleculair niveau.

Ook de interacties tussen de deelsystemen, behoren tot het kerndomein van het gebied. Stimulering strekt zich uit tot, waar nodig over, de grensgebieden met andere wetenschapsgebieden.

Het NWO gebied Aard- en Levenswetenschappen **stimuleert de vernieuwingen** in het inter- en multidisciplinaire aard- en levenswetenschappelijke onderzoek dat wordt geïnspireerd door ontwikkelingen in de basisdisciplines, de beschikbaarheid van genomgegevens, door nieuwe instrumentele ontwikkelingen, door vragen op het gebied van voeding, gezondheid, landbouw, milieu, grondstoffen, energie en grootschalige veranderingen in klimaat en milieu. Al deze ontwikkelingen dragen bij aan het vorm en inhoud geven van het containerbegrip duurzame ontwikkeling. Dit begrip wordt daarmee verenigd. ALW financiert circa 600 personeelsplaatsen (2005). Daarmee is ALW een grote flexibele speler in het onderzoeksveld. Het betreft geheel tijdelijke aanstellingen van 2-4 jaar met nadruk op assistenten in opleiding (AIO's) en postdoctorale onderzoekers. Binnen de ALW-programma's met roulerende fondsen vallen ieder jaar weer middelen vrij die kunnen worden ingezet als tijdelijke impuls voor het behalen van een voorsprong of voor het ombuigen of in gang zetten van nieuw onderzoek.

Het NWO gebied Aard- en Levenswetenschappen **stimuleert kennisoverdracht** van de resultaten van aard- en levenswetenschappelijk onderzoek.

Het NWO gebied Aard- en Levenswetenschappen **coördineert** vanuit een nationaal overkoepelend perspectief de onderzoeksinspanningen van de universiteiten, waar relevant, in combinatie met die aan de departementale instituten; het verricht **kwaliteitselectie** via subsidie instrumenten tezamen met **onderzoek** via grootschalige beleidsvelden, thema's en programma's.

## 3 Visie

Welvaart en welzijn zijn sterk verbonden met de mate waarin wij in staat zijn zelf nieuwe kennis te genereren, bestaande kennis te ontsluiten en het geheel adequaat te benutten. Een sterke nationale basis voor onderzoek en ontwikkeling die, met zorg voor kwaliteit, in staat is op onafhankelijke wijze de juiste keuzen te maken en tot uitvoering te brengen draagt belangrijk bij aan deze verbondenheid binnen het nationale vermogen zo succesvol mogelijk te maken. ALW wil hierin een belangrijke schakel zijn voor de aard- en levenswetenschappen.

ALW zet zich in voor excellente onderzoekers, bundeling van krachten en voor betere terugkoppeling naar de samenleving. Het potentieel in het gebied ALW is groot. Er is sprake van een gebied dat zeker verder in belang zal toenemen, gelet op de grote maatschappelijke uitdagingen die specifiek, maar zeker niet exclusief, binnen het ALW-onderzoeksveld vallen

ALW wil met substantiële stimulering prioriteit kunnen geven aan potentieel hoogwaardig en vernieuwend, grensverleggend onderzoek. Het gaat om onderzoek gedreven door nieuwsgierigheid en door maatschappelijke relevantie. Maatschappelijke thema's, clustering van expertise en internationalisering zijn belangrijke externe ontwikkelingen waar ALW met stimulansen op wil aansluiten. ALW kiest voor samenwerking in vier brede multidisciplinaire NWO-thema's. Dit versterkt focus en massa: focus op maatschappelijke thema's en sterke onderzoeksgroepen, en massa door langduriger financiering met grotere bedragen. De onderzoeksinstituten krijgen daardoor grotere speelruimte. ALW wil zo (clusters van) sterke onderzoeksgroepen helpen zich te ontwikkelen tot hoofdrolspelers op Europees en mondiaal niveau.

De vier NWO-thema's waaraan ALW zal bijdragen staan aangegeven in hoofdstuk 5.1 en worden kort nader beschreven in bijlage A. ALW zal hieraan concrete bijdragen leveren onder andere vanuit de eigen onderzoeksvelden die staan aangegeven in hoofdstuk 5.2. Deze ALW-onderzoeksvelden worden kort nader beschreven in bijlage B.

Naast thematiek en programmering acht ALW het van groot belang dat er ruimte geboden kan worden voor het in competitie realiseren van creatieve individuele ideeën en voor het in competitie in Nederland behouden van excellent talent. ALW zal de daarvoor benodigde subsidie instrumenten voortzetten en waar mogelijk versterken.

## 4 Instrumenten

### 4.1 Actielijn 1: Ruimte voor onderzoekers

#### Open programma

Het ALW Open Programma is voor het veld van grote betekenis. Voor vele universitaire onderzoekers is dit een van de weinige mogelijkheden om hun onderzoeksplannen ten uitvoer te kunnen brengen. De keuze van het onderwerp is vrij. ALW selecteert in het kader van het open programma onderzoek dat van excellente kwaliteit en vernieuwend is. De kwaliteit wordt vastgesteld aan de hand van een peer review systeem. Daarbij wordt voornamelijk gebruik gemaakt van buitenlandse referenten en onafhankelijke beoordelingscommissies. ALW is in staat gebleken het open programma, ondanks de financiële beperkingen, overeind te houden. Het honoreringspercentage in dit programma staat onder druk en dient door een versterking van het budget te worden gebracht op een niveau van 40% van de aanvraagdruk onder de garantie dat daarbij nog steeds sprake is van excellent onderzoek. Op dit moment moet veel onderzoek, dat door de 'peers' als excellent is beoordeeld, worden afgewezen. Het programma werkt met doorlopende indiening, zodat onderzoekers zelf het beste moment voor indiening kunnen kiezen.

#### Top-subsidies

ALW wil een aanvang maken in het open programma met subsidies voor grotere coherente voorstellen. Vooralsnog is daarbij gekozen voor het model TOP-subsidies, zoals dat door CW en ZonMW wordt gehanteerd. Als startbudget wil ALW M€ 1,3 inzetten oplopend tot M€ 5 per jaar, zodat jaarlijks acht programma's kunnen starten.

#### Vernieuwingsimpuls

ALW zal zijn huidige eigen bijdrage aan de vernieuwingsimpuls op basis van de bestaande afspraken binnen NWO voortzetten. In dit NWO-programma ligt het accent op het persoonlijke talent van de aanvrager en de inzet is het aanwezige onderzoekertalent niet voor Nederland verloren te laten gaan en vooral ook een verdere stimulans te bieden voor wetenschappelijk top-talent. Het gebiedsbestuur merkt echter op dat ALW niet in staat is om met de huidige middelen een voldoende aantal van de als excellent geselecteerde VI voorstellen te honoreren. Door de budgettaire restricties moeten noodgedwongen excellente voorstellen worden afgewezen en daarmee gaan onherroepelijk zeer getalenteerde onderzoekers verloren. ALW streeft daarom naar uitbreiding van het aantal voor ALW beschikbare VI posities en derhalve naar verruiming van deze budgetlijn. ALW acht uitbreiding van het aantal VI posities vanaf 2007 noodzakelijk.

#### Meervoud

ALW handhaaft het MEERVOUD programma dat is gericht op het extra aanstellen van vrouwelijke UD's. Met name in deze categorie constateert ALW een sterke ondervertegenwoordiging van het aantal vrouwen. *'Zonder vrouwelijke UD's geen vrouwelijke UHD's'* is een constatering van de voorbereidingscommissie van dit programma die nog steeds opgeld doet. ALW acht het essentieel dat de aan te stellen onderzoeker zelf betrokken is bij het schrijven van het MEERVOUD-projectvoorstel. Andere NWO-programma's richten zich op de categorie UHD.

#### Vaarprogramma

ALW kent een specifiek programma ter ondersteuning van onderzoekers die gebruik willen maken van kostbare zeegeaande infrastructuur. In de komende strategieperiode zal ALW dit programma onverkort voortzetten. Echter, met de komst van het Zee- en Kustonderzoeksplan zal ALW de beschikbare middelen onder de regie brengen van een nieuwe nog nader te bepalen governance structuur, die gericht bezig zal zijn met de uitvoering van dit plan (zie ook hoofdstuk 6: Horizontale programmering).

#### **Centrale programma's**

ALW blijft participeren in de bestaande centraal gecoördineerde NWO-programma's voor bijzondere doelgroepen. Het betreft onder andere de NWO-programma's Mozaiek, Aspasia, Rubicon en Spinoza. Ook zal ALW actief participeren in nieuwe centraal geïnitieerde programma's zoals het te vormen fonds voor 'brain gain' acties en de omvangrijke Nationale Research Initiatieven. Voor dit laatste ambieert ALW d.m.v. de in deze nota geselecteerde onderzoeksvelden een stevige basis te leggen.

## **4.2 Actielijn 2: Bundeling van krachten**

#### **Thematische programma's**

De thematische programma's die multi- en interdisciplinair van opzet zijn leveren substantiële bijdragen aan het bundelen van krachten in het onderzoeksveld. Zie voor een verder beschrijving onder actielijn 3. Een succesvol voorbeeld van bundeling van krachten dat met substantiële subsidiering van ALW in de afgelopen strategieperiode tot stand kon worden gebracht is het Darwin Centrum.

#### **Investerings in infrastructuur**

Zowel in de aardwetenschappen als in de levenswetenschappen treedt schaalvergroting op en zijn additionele investeringen in de infrastructuur noodzakelijk. ALW wil investeren in bijvoorbeeld grootschalige monitoring- en aardobservatiesystemen, genomics faciliteiten, biobanken en collecties en de nieuwste spectro- en microscopische apparatuur met beeldvormende technieken. Voor midden/grootschalige apparatuur zal een nationaal apparatuurplan worden ontwikkeld. Eerdere advisering van de in 2005 opgeheven Commissie Mariene Faciliteiten en de oplopende aanvraagdruk binnen het door ALW uitgevoerde onderdeel van het NWO investeringsprogramma middelgroot gaf aan dat uitbreiding van het sterk onder druk staande investeringsbudget ook in het mariene veld noodzakelijk is. Zodra budgetuitbreiding dit mogelijk maakt wil ALW het jaarlijkse investeringsbudget structureel verdubbelen.

#### **Internationalisering**

Internationalisering legt een flink beslag op de tijd van onderzoekers en op de middelen die voor het gebied aard- en levenswetenschappen beschikbaar zijn. Omdat er door internationalisering nieuwe samenwerkingen tot stand komen levert het inhoudelijk veel meerwaarde op. Er kunnen op deze wijze grootschaliger vraagstellingen worden aangepakt. Met onderstaande voorbeelden wil ALW de gevolgde aanpak illustreren. ALW zal deze aanpak de komende jaren voortzetten.

##### *Participatie in het ESF EUROCORES instrument*

ALW heeft in de voorgaande strategieperiode gekozen voor ruime participatie in het ESF EUROCORES instrument. Inmiddels participeert het veld daardoor zeer succesvol in concrete EUROCORES programma's zoals EuroDYNA, EuroMargins, EuroClimate, EuroDiversity, EuroScope, EuroMARC en EuroDEEP. Doordat de projecten binnen deze programma's door de ESF worden beoordeeld heeft ALW nationaal winst in efficiëntie geboekt en kan de kwaliteit van het Nederlandse onderzoek op het Europese podium goed worden afgewogen tegen de internationale concurrentie. Het succes van dergelijke participaties ontleent ALW aan het feit dat de internationale selectie door de ESF steeds veel meer samenwerkingsprojecten oplevert, met Nederlandse participatie, van excellente kwaliteit dan dat er middelen zijn. Door deze beperking worden excellente projecten afgewezen, waardoor ook de internationale partners in die projecten hun onderzoek niet meer kunnen uitvoeren. Ondanks het feit dat voor dat deel wel de benodigde middelen aanwezig zijn.

#### *Internationale Pooljaar (IPY, 2007 - 2008)*

In het kader van het Internationale Pooljaar (IPY, 2007 - 2008) zal ALW, samen met departementale stakeholders, deelname van excellente onderzoeksgroepen in polair onderzoek extra stimuleren. Hiervoor is met extra departementale steun een budget zeker gesteld van M€ 7,- waarmee Nederlandse onderzoekers in staat worden gesteld internationaal in het IPY te participeren door middel van wetenschappelijk excellent en maatschappelijk relevant onderzoek. De poolgebieden (tussen ca. 60° – 90° Noorder- en Zuiderbreedte) bevatten unieke informatie over het gedrag van het 'Systeem Aarde', zowel nu als in vroegere tijden.

#### *Gebruikersondersteuning Ruimteonderzoek*

Nederland participeert in verschillende wetenschappelijke programma's van het Europese ruimtevaartagentschap ESA. Hierdoor krijgen Nederlandse onderzoekers toegang tot zeer kostbare, in international kader ontwikkelde grootschalige wetenschappelijke infrastructuur in de ruimte. ALW wil, samen met de ministeries van OCW en VenW, het gebruik van deze in ESA kader ontwikkelde ruimte-infrastructuur door Nederlandse onderzoekers in het belang van excellent wetenschappelijk onderzoek stimuleren.

Naast continuering van het flankerende beleid voor Aardobservatie en Microgewicht-onderzoek zal er ook gebruikersondersteuning geboden worden voor het internationaal sterk opkomende gebied van het planeetonderzoek. De wetenschappelijke onderzoeksthema's binnen deze programma's sluiten uitstekend aan bij de beleidsvelden 'Aardse systemen en leefmilieu' en 'Van bouwsteen tot biosfeer'.

ALW blijft alert op internationale samenwerking met excellente onderzoekers. Daarbij zal ALW inspelen op stimuleringsmiddelen die NWO wil bieden voor samenwerking met 'emerging economies'. Waar relevant wil ALW ook met Europese zusterorganisaties transnationale programma's en centra ontwikkelen.

### **4.3 Actielijn 3: Wetenschap voor de samenleving**

#### **Thematische programma's**

Wetenschap schrijdt voort. Kernvragen veranderen, nieuwe methoden komen tot ontwikkeling die tot nieuwe inzichten kunnen leiden. Tegelijkertijd verschuiven maatschappelijke prioriteiten. Thematische programma's zijn het instrument om optimaal in te spelen op deze dynamiek in aanbod en vraag. In lijn met de NWO-strategie richt ALW zich op de centrale NWO-thema's om, samen met andere gebieden, stichtingen en stakeholders, onderzoek te stimuleren dat kennis ontwikkelt die maatschappelijk relevant is. De programma's zullen een multidisciplinaire opzet krijgen en worden nader toegelicht en kort uitgewerkt in hoofdstuk 5.1 en in bijlage A.

Maatschappelijke relevantie houdt niet in dat het onderzoek direct tot bruikbare resultaten moet of kan leiden. Wel wordt bij thema's de maatschappelijke vraag gezien als begin van het wetenschappelijk programma. Nieuwe kennisontwikkeling blijft evenwel vaak een kwestie van lange adem. De problemen van de toekomst moeten een wetenschappelijk gebaseerde analyse hebben om te kunnen worden aangepakt.

#### **Communicatie en kennisoverdracht**

Een goede communicatie is essentieel om de missie van ALW doelmatig en doeltreffend uit te voeren. NWO wil zo open en transparant mogelijk communiceren met de buitenwereld. Hierbij speelt internet in de vorm van de NWO-website een centrale rol. Deze website dient als informatieverstrekker voor o.a. programma's en subsidies, maar is ook het kanaal waarlangs onderzoekers subsidies aanvragen. De komende jaren zal de rol van elektronische communicatie met de onderzoekswereld verder intensiveren.

ALW onderzoek heeft een sterke maatschappelijke component. Dat komt bijvoorbeeld duidelijk naar voren bij onderzoek naar het klimaat, bij biodiversiteit en de biologische kant van verouderingsonderzoek. ALW wil daarom een stevige betrokkenheid van maatschappelijke organisaties en het bedrijfsleven bij ALW-onderzoek. Dit probeert ALW op verschillende niveaus te verwezenlijken. Vertegenwoordigers van deze groepen hebben zitting in het gebiedsbestuur of een stuurgroep van een programma en zijn betrokken bij het formuleren van onderzoeksprogramma's. Er worden speciale publieksdagen georganiseerd gericht op professionele gebruikers van kennis. ALW wil in de komende jaren de samenwerking met en communicatie naar maatschappelijke groepen verder uitbreiden.

We leven in een kennis-intensieve maatschappij en het is belangrijk dat de Nederlandse samenleving goed op de hoogte is van actuele ontwikkelingen in wetenschap en techniek. Daarom is ALW een intensief samenwerkingsverband met het Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis aangegaan. In Naturalis wordt nu tentoonstellingsruimte ingericht waar Nederlands onderzoek een plek kan krijgen. Het museum ontvangt ieder jaar veel scholieren uit primair en secundair onderwijs en beheert websites op het gebied van aard- en levenswetenschappen (oa. [www.natuurinformatie.nl](http://www.natuurinformatie.nl)) die meer dan twee miljoen bezoekers per jaar trekken.

## 5 Inzet op thema's en beleidsvelden

### 5.1 Thema's

Thematische programma's zijn een speerpunt in de NWO-strategie. NWO heeft dertien thema's in de strategie opgenomen en daarnaast aangetekend ruimte te willen behouden voor het inspelen op andere actuele ontwikkelingen.

ALW zal bij implementatie van de NWO-strategienota voornamelijk in vier NWO-thema's participeren:

- *Duurzame Aarde*
- *Hersenen en Cognitie*
- *Systeembioologie*
- *Nanotechnologie*

In de context van deze thema's (nader omschreven in bijlage A) zullen vanuit ALW maatschappelijk relevante zaken zoals veiligheid, kennisoverdracht, gezondheid, economische waardecreatie, natuur, waterkwaliteit en ruimtelijke ordening worden geadresseerd. Deze zullen in samenspraak met relevante stakeholders nader worden uitgediept. Met reeds lopende en met nieuwe in ontwikkeling zijnde ALW-onderzoeksvelden wil ALW deze NWO-thema's een krachtige impuls geven. Waar mogelijk zal ALW ook met onderzoekers vanuit het veld bijdrage aan de andere NWO-thema's. Daarbij valt te denken aan het NWO-thema '*Nieuwe methoden voor productie, opslag, transport en gebruik van energie*' en aan het thema '*Dynamica van complexe systemen*'. Na onderstaande beschrijving van de ALW-beleids- en onderzoeksvelden zal worden aangegeven hoe deze m.b.v. horizontale programmering aangesloten zullen worden op NWO-thema's.

### 5.2 Beleidsvelden

In 2004 is de ALW-Beleidsadviescommissie (BAC) gevraagd om een advies uit te brengen over de voor de komende strategieperiode te maken onderzoekskeuzen. Verzocht is inhoudelijke keuzen zoveel mogelijk te koppelen aan maatschappelijke opgaven. De BAC is voor deze advisering vanaf de basis begonnen met een brede 'call for suggestions'. Vanuit het hele onderzoeksveld zijn daarop suggesties voor mogelijke programma's en thema's ontvangen. Deze waren sterk variabel in opzet en omvang, maar vormden een stevige basis om tot een aantal keuzes te kunnen komen. Onder regie van de Beleidsadviescommissie zijn met behulp van schijfgroepen geselecteerde onderzoeksvelden nader uitgewerkt. Dit proces heeft uiteindelijk, na advisering aan het gebiedsbestuur, geresulteerd in zeven onderzoeksvelden met onderlinge dwarsverbanden. Voor het gebiedsbestuur heeft dit geresulteerd in twee samenvattende beleidsvelden onder de noemers '*Aardse systemen en leefmilieu*' en '*Van bouwsteen tot biosfeer*'. Het gebiedsbestuur ambieert dit onderzoek met voldoende kritische massa (verder) te ontwikkelen en wil het waar mogelijk inbedden in de NWO-thema's, waaronder ook de samenwerking met NGL. Daadwerkelijke implementatie van onderzoek in deze onderzoeksvelden zal in sterke mate afhangen van externe financieringsmogelijkheden en de specifieke inhoudelijke inbreng van participerende stakeholders.

De relaties tussen de NWO-thema's en de specifieke bijdragen daaraan uit de beleidsvelden in de aard- en levenswetenschappen worden ter samenvatting kort weergegeven in onderstaande beleidsmatrix.

Beleidsmatrix NWO - ALW		ALW Programmering	1. Aardse systemen en leefmilieu:	Dynamica van de aarde, topografie en geohazards	Klimaat: verleden, heden en toekomst	Water als levensader	2. Van bouwsteen tot biosfeer:	Genomics voor ecologie, evolutie en biodiversiteit	Ontwikkelingsbiologie en functionele genomica	Tussen brein en moleculen	Systeembioologie
Wetenschap voor de samenleving & Bundeling van Krachten	<b>ALW Horizontale programma's:</b>			•	•	•		•			
	• Zee & Kust onderzoeksplan							•			
	• Biodiversiteit								•		•
	• Ecologie Rond Genetisch gemodificeerde Organismen (ERGO)										
	• Dierenwelzijn initiatief										
	<b>NWO-thema's:</b>										
	NWO Duurzame Aarde			•	•	•		•			
	NWO NRI Hersenen en Cognitie									•	
NWO Systeembioologie								•		•	
NWO Nanowetenschap											

Gelet op de actuele fundamentele en maatschappelijke vragen in dit gebied vergt het onderstaande onderzoek de komende jaren substantiële extra stimulering.

### 5.2.1 Beleidsveld Aardse Systemen en Leefmilieu

Ruimte en tijd vormen bij klimaatsonderzoek belangrijke factoren. Trage en snelle componenten van het klimaatstelsel zijn mondiaal en regionaal van belang. Aardkundige processen en het archief in onze aardlagen zullen daarom gericht worden onderzocht. Via de hydrologische kringloop zijn land, zee en atmosfeer interactief met elkaar verbonden. Ontwikkelingen en processen worden vertaald naar een beter begrip en betere voorspelbaarheid van geohazards en vormen zo een bijdrage aan de veiligheid in onze samenleving. Dit brede beleidsveld wordt op advies van de beleidsadviescommissie in de periode 2007 – 2010 concreet ingevuld met de drie onderstaande onderzoeksvelden. ALW wil deze inbrengen in het NWO-thema 'Duurzame Aarde'.

- **Dynamica van de Aarde, topografie en geohazards:**

Het centrale doel is het begrijpen en kwantificeren van de fundamentele processen die topografie bepalen en de gevolgen van de veranderingen daarin in ruimte en tijd. Hoe ontstaat topografie en hoe beïnvloedt dit het risico op geohazards voor onze samenleving? Zowel geodynamica als klimaat bepalen mede de topografie, een sleutelement voor vele geohazards.

- **Klimaat: verleden, heden en toekomst:**

Om verdergaande inzichten te verkrijgen in sturende mechanismen en terugkoppelingsprocessen die leiden tot klimaatvariabiliteit is verdere ontrafeling van het klimaatsysteem nodig. Dit moet plaatsvinden door de ontwikkeling van klimaatmodellen, bestudering van de mogelijke effecten van toekomstige klimaatveranderingen en een sterke integratie van modelsituaties, observaties en klimaatreconstructies. Ook zal fundamenteel onderzoek naar specifieke processen noodzakelijk zijn om beter inzicht te kunnen krijgen in de fysisch-chemische en biologische terugkoppelingen van het klimaatsysteem.

- **Water als levensader**

De zo bepalende interacties tussen regenwater, grondwater en oppervlaktewater enerzijds en tussen hydrologie en ecologie anderzijds, zijn in toenemende mate onderhevig aan druk van veranderend landgebruik, klimaatverandering, landbouwkundig gebruik van water, waterbeheersmaatregelen en vervuiling. Om de gevolgen van deze veranderingen te begrijpen is het van groot belang niet alleen kennis te hebben van de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van de hydrologische kringloop, maar ook een goede kennis van de primaire biologische en geochemische processen die door deze kringloop worden beïnvloed.

### 5.2.2 Beleidsveld Van Bouwsteen tot Biosfeer

De ontzagwekkende hoeveelheid variatie en complexiteit van interacties op cel, organisatie en op systeem niveau maken het begrijpen daarvan in ruimte en tijd tot een uitdaging van de eerste orde. Het gaat er in dit beleidsveld om wegen te vinden om op de juiste wijze met deze complexiteit om te kunnen gaan en vanuit de integratie van disciplines te komen tot antwoorden en oplossingen voor maatschappelijke opgaven. Dit beleidsveld wordt concreet opgebouwd uit de vier onderstaande onderzoeksvelden die grotendeels aansluiten op de NWO-thema's Hersenen en Cognitie en Systeembioologie.

- **Genomics voor ecologie, evolutie en biodiversiteit**

Voor een beter begrip van de dynamiek en het beheer van biodiversiteit op lange termijn moeten ecologische en evolutionaire patronen, processen en functies effectief geïntegreerd worden. Het doel is deze integratie te bewerkstelligen met het pas ontlokten vakgebied van de ecologische en evolutionaire genomwetenschap. Daarbij gaat het ruwweg om de toepassing van genomwetenschap en zijn technieken met het doel zowel reacties van organismen op het milieu als hun onderlinge interacties te onderzoeken. De combinatie van de voortgaande reductionistische analyse van (deel)processen en de integratie met behulp van holistische benaderingen op systeemniveau kan de basis leggen voor het beter begrijpen van evolutionaire processen en het daarop gebaseerde beheer van biodiversiteit.

- **Ontwikkelingsbiologie en functionele genetica**

Doel is de kernvraag van de ontwikkelingsbiologie 'Hoe ontstaat een volwassen individu uit een enkele cel?' te beantwoorden met een combinatie van 'state-of-the-art' ontwikkelingsgenetica, genomwetenschap, bioinformatica en theoretische biologie.

- **Tussen brein en moleculen**

Doel is verschillende traditioneel gescheiden stromingen samen te brengen om reële doorbraken te faciliteren in de conceptuele en technologische vooruitgang in de neurowetenschappen. Het gaat om integratie van onderzoek binnen en over de grenzen van het ALW-domein. Dit is essentieel om bijvoorbeeld op termijn een basis te geven aan het ontwerpen van rationele strategieën voor het behandelen en voorkomen van hersenaandoeningen

- **Systeembio**

Doel is het verkrijgen van een systematisch inzicht in het functioneren van organismen. Gericht zal worden op het genereren van relevante gegevens, de integratie van de gegevensstroom en de ontwikkeling van bruikbare theoretische modellen die betrekking hebben op belangrijke eigenschappen van organismen. Ook is het doel de onderliggende mechanismen en principes vanuit een moleculair standpunt te doorgronden en daar waar direct relevant en mogelijk gegevens verkregen op moleculair, subcellulair en cellulair niveau binnen een ecosysteem of een orgaan te integreren. Dit onderzoek zal tot nieuwe inzichten leiden bij toekomstige innovaties in medisch, landbouwkundig, industrieel en milieu onderzoek.

## 6 Aanpak

In de afgelopen strategieperiode 2002 – 2005 heeft het gebied Aard- en Levenswetenschappen belangrijke (inter)disciplinaire en gebiedsoverschrijdende thema's ontwikkeld en in gang gezet. Dit heeft geleid tot noodzakelijke verdieping en verbreding in het onderzoek. De ondersteuning en oriëntatie van het vakgebied, in de context van de maatschappelijke probleemstelling, is succesvol doordat onderzoek in cofinanciering met andere gebieden en ministeries in gezamenlijke wetenschappelijke programma's uitgevoerd kan worden.

Het gebiedsbestuur hecht aan bundeling van krachten van partijen in het nationale onderzoeksbestel. Door te werken met grote clusters kan ALW inhoudelijk sterke beleidsvelden en themabijdragen ontwikkelen en kan versnippering worden voorkomen.

De schaalvergroting leidt tot grotere doelmatigheid en het beroep op referenten/beoordelaars kan worden beperkt.

Binnen NWO zijn vier eenheden in hun doelstelling direct betrokken bij de 'life sciences', te weten ALW, CW, NGI en ZonMw. In het verleden hebben zij al verschillende gezamenlijke initiatieven ontwikkeld. De voortschrijdende ontwikkelingen in de wetenschap en de toepassingsterreinen maken het echter wenselijk dat op een aantal gebieden nadrukkelijker gezamenlijke planvorming plaatsvindt. De besturen van ALW, CW, NGI en ZonMw hebben daarom besloten nauwer te gaan samenwerken op terreinen waar samenwerking meerwaarde biedt en hebben daartoe een 'task force life sciences' ingesteld. Een eerste voorbeeld daarvan is systeembioïologie. Met de task force wordt er tevens naar gestreefd een centraal aanspreekpunt en spreekbuis van NWO te vormen voor de buitenwereld van wetenschap, beleid en toepassing ('front office').

Het gebied ALW geeft de NWO missie t.a.v. kwaliteit, vernieuwen en kennisbenutting in nauwe samenwerking met partners inhoud door:

- het financieren van innoverend onderzoek van hoge kwaliteit
- het signaleren, stimuleren en aanjagen van nieuwe wetenschappelijke ontwikkelingen,
- het bevorderen van samenhang door middel van nationale en internationale coördinatie en door te zorgen dat het Nederlandse ALW-onderzoek internationaal goed is ingebed,
- het bijdragen aan het opzetten van, en zorg voor adequate toegang tot (inter)nationale onderzoeksfaciliteiten en zorg voor voldoende uitrusting met geavanceerde apparatuur,
- het afstemmen van onderzoekprogrammering op maatschappelijke opgaven,
- het bevorderen van de vertaling van onderzoeksresultaten naar beleid en toepassingen, en kennisoverdracht naar publiek en politiek,
- transparante, efficiënte en flexibele middelenverdeling in competitie, op basis van onafhankelijke 'peer review',
- voorlichting te geven over het werk van ALW.

### 6.1 Horizontale programmering

Voor de realisatie van de onderzoeksvelden van ALW zullen deze worden ingebed in de NWO brede thema's, in samenhang met bijdragen vanuit andere gebieden en stichtingen, in de vorm van horizontale programma's die dwars door deze onderzoeksvelden heen lopen.

Binnen deze onderwerpen zijn er belangrijke verbindingen mogelijk met bijdragen van andere disciplines. Bij uitwerking en nadere prioritering zal worden aangesloten op wensen van stakeholders.

Van de in hoofdstuk 5 genoemde onderzoeksvelden wil ALW 'Dynamica van de Aarde, Topografie en Geohazards', 'Klimaat: verleden, heden en toekomst' en 'Water als levensader' met name inbrengen als bijdrage aan het NWO-thema 'Duurzame Aarde'

(zie bijlage A1). Dit thema is onderdeel van de NWO actielijn 3 'Wetenschap voor de samenleving' waarin NWO maatschappij geïnspireerd wil programmeren. Ook 'Bio-diversiteit' zal in dit thema aan de orde zijn. De (concept) programma's in 'Duurzame Aarde' zijn onder andere gericht op 'Maatschappij, water, rivieren', 'Natuurlijke hulpbronnen' en 'Klimaatverandering'. Als geheel treedt het NWO-thema voor de genoemde ALW onderzoeksvelden op als horizontaal programma.

Het initiatief van de NWO gebieden ALW, MaGW, ZonMW en GW om via een NWO-thema (bijlage A2) te komen tot een *Nationaal Research Initiatief Hersenen & Cognitie* is een goed voorbeeld van horizontale programmering. Het combineert actielijn 3 'Wetenschap voor de samenleving' met actielijn 2 'Bundeling van krachten'. De combinatie beoogt vanuit een brede basis van fundamenteel onderzoek op het gebied van de biologische, medische, cognitieve- en gedragswetenschappen en de informatietechnologie te komen tot een aantal goed gedefinieerde zwaartepunten die door meerdere NWO-gebieden gedragen worden, en waaraan ook maatschappelijke en economische partners hun bijdragen leveren. Het initiatief richt zich dan op maatschappelijk urgente thema's als Leren en Geheugen, Communicatie, en Hersenaandoeningen. Voor dit initiatief bestaat een brede nationale consensus binnen het sterk multi- en interdisciplinaire onderzoeksveld. Het geeft vorm aan het gelijknamige NWO-thema, en betekent tevens de invulling van het ALW-onderzoeksveld 'Tussen brein en moleculen' (bijlage B 2.3) binnen het ALW-beleidsveld 'Van bouwsteen tot biosfeer'. Ook zal dit initiatief bijdragen aan de onderzoeksvelden 'Ontwikkelingsbiologie en functionele genetica' (bijlage B 2.2), en 'Systeembioologie' (bijlage B2.4).

In het advies van de Beleidsadviescommissie worden de wetenschappelijke vragen en mogelijk te betrekken partijen voor uitvoering en cofinanciering voor de ALW onderzoeksvelden nader uitgediept en geïdentificeerd (zie bijlage B).

Horizontaal programmeren leidt tot verschillende programmamodaliteiten. De twee voorgaande voorbeelden verlopen via de thema's die binnen de NWO-actielijnen 'Wetenschap voor de Samenleving' en 'Bundeling van Krachten' nader zullen worden uitgewerkt. Programma's kunnen op maat worden toegesneden al naar gelang de externe inbreng en participatie. Daarbij worden door stakeholders (maatschappelijk relevante) onderzoeksvragen en middelen ingebracht en kan in combinatie gebruik worden gemaakt van de gedefinieerde prioriteiten in het onderzoeksveld zelf. Met het op deze wijze bijeenbrengen van vraag en aanbod kan regie worden gevoerd en ontstaat belangrijke synergie.

Een aantal concrete voorbeelden van flexibel door onze instrumenten heen lopende horizontale programma's, die met externe partners worden ontwikkeld, wordt gegeven in de kader teksten.

### **Horizontale programmering: Onderzoeksplan Zee- en Kustonderzoek**

Het onderzoeksplan maakt deel uit van het NWO-thema 'Duurzame Aarde' en doorsnijdt componenten van de ALW-onderzoekvelden 'Dynamica van de Aarde', 'Klimaat' en 'Biodiversiteit'. Accenten in dit plan komen nadrukkelijk vanuit het mariene domein.

Het Zee- en Kustonderzoeksplan is in december 2005 uitgebracht en in ontwikkeling genomen. Het vormt een nationaal plan dat is uitgewerkt in samenspraak met alle betrokken departementen, onderzoeksinstituten, universiteiten en maatschappelijke organisaties (Delta instituut, Wageningen IMARES, NIOZ, NIOO, OCW, V&W, VROM, LNV). Aan deze ontwikkeling, mede gericht op het creëren van focus en massa, liggen vele adviezen ten grondslag die de noodzaak en tijdigheid van deze inspanning onderbouwen. Partijen willen binnen het plan als eerste starten met een integraal programma 'Veranderende draagkracht'. Het gaat daarbij specifiek over mogelijk veranderende draagkracht van het Nederlandse mariene systeem, de oorzaken hiervan en de consequenties voor beheer en gebruik.

### **Horizontale programmering: Biodiversiteit**

Initiatieven op het terrein van biodiversiteit worden mede op basis van het BAC-advies ontwikkeld en passen als horizontale programma's binnen de in deze nota omschreven beleidsvelden en NWO-thema's.

Zo is een onderzoeksplan ontwikkeld voor een nieuw programma biodiversiteit in samenwerking met ministeries, maatschappelijke organisaties en NWO-gebieden waarin de NWO uitgangspunten 'focus en massa', 'multidisciplinariteit' en 'kennisoverdracht' zijn verwerkt. De inhoud van het biodiversiteitprogramma betreft een nationale invulling van het wereldwijd geaccepteerde DIVERSITAS Science plan. Naast onderzoek uit het verleden over het hoe en waarom van *verlies* van biodiversiteit, gevolgd door de vraag hoe biodiversiteit *duurzaam gebruikt en behouden* kan worden zal nu met name de vraag hoe biodiversiteit hersteld kan worden aan de orde worden gesteld. Daarbij kan het pas ontlokten vakgebied van de ecologische en evolutionaire genomics (EEG) een verdieping en verbreding van het onderzoeksveld teweegbrengen. Binnen dit breed opgezette programma is er aandacht voor maatschappelijk relevant biodiversiteitonderzoek op biologisch, maatschappelijk, economisch, sociaal en juridisch niveau met daarin de mogelijkheid tot het verrichten van  $\beta$ - $\gamma$  geïntegreerd onderzoek. Door de nauwe samenwerking met stakeholders kan nadrukkelijk aandacht worden geschonken aan de mate waarin het onderzoek een antwoord geeft op beleidsvragen en vragen van (andere) gebruikers van kennis.

### **Horizontale programmering: Ecologie Rond Genetisch gemodificeerde Organismen**

Het programma '*Ecologie Rond Genetisch gemodificeerde Organismen*', ERGO is een recent voorbeeld van horizontale programmering. Dit programma, dat met 100% externe financiering tot stand kon komen, resulteert in nieuwe ecologische kennis, noodzakelijk om de analyse van milieurisico's van komende generaties genetisch gemodificeerde planten op het huidige hoge niveau te kunnen laten plaatsvinden.

Na parlementaire debatten en een inventarisatie van wetenschappelijke onderwerpen door de Commissie genetische modificatie (Cogem), ontwierp ALW voor de ministeries VROM, EZ, LNV en OCW een onderzoeksprogramma op maat. Het programma richt zich op introgressie van transgenen, effecten op niet-doel-organismen (multitrofe interacties) en effecten op bodemecosystemen. Namens de departementen zal met name VROM ook tijdens de uitvoeringsfase, die in maart 2006 begon, nauw bij het programma betrokken blijven. Hoewel onafhankelijk daarvan ontwikkeld, draagt het programma ERGO tevens bij aan het 'oude' NWO-thema '*Ethische en maatschappelijke aspecten van onderzoek en innovatie*'.

### **Horizontale programmering: Dierenwelzijn initiatief**

Verbonden met de moderne, intensieve dierlijke productie zijn er nog veel onopgeloste vragen met betrekking tot het welzijn van landbouwhuisdieren, en bestaat er nog steeds een grote maatschappelijke druk, maar ook verantwoordelijkheid om deze problemen op te lossen. De mogelijkheden voor een nieuw onderzoeksprogramma op dit gebied worden momenteel door onderzoekers verkend. In dit voorstel wordt ruime aandacht besteed aan het gericht betrekken van alle betrokkenen bij dit onderwerp, dus niet alleen wetenschappers, maar ook fokkerijorganisaties, instellingen op het gebied van diergezondheid, retailers, consumenten, ethici en communicatiedeskundigen.

Als ervaren en betrouwbare speler in het opzetten en uitvoeren van onafhankelijke kwaliteitselecties heeft ALW zijn sporen verdiend. Die ervaring biedt huidige en toekomstige stakeholders de garantie dat middelen die via de ALW organisatie ter beschikking komen van onderzoek altijd voor kwalitatief hoogwaardig onderzoek zullen worden ingezet. ALW zet zich continue in op verbetering van zijn efficiency in de selectieprocedures en van zijn dienstverlening aan de onderzoekers.

## 7 De ALW-organisatie

De ALW gebiedsorganisatie is op zijn huidige taken berekend. Een breed georiënteerd gebiedsbestuur, met daarin vertegenwoordigers vanuit het bedrijfsleven, wordt op strategisch inhoudelijke onderwerpen geadviseerd door een brede, in het veld gewortelde, beleidsadviescommissie en ondersteund door een professioneel bureau.

Het ALW-veld is in de afgelopen tien jaar als een coherent bestuursterrein ontstaan uit samenvoegingen van vele onderzoeksvelden. Ook aan universiteiten heeft een vergelijkbare opschaling van bestuurlijke eenheden plaatsgevonden. Die vergelijkbaarheid geeft ALW-identiteit en een goede herkenbare aansluiting op het werkveld.

De breedte van het terrein maakt dat ALW inmiddels al op vele manieren noodzakelijke dwarsverbanden in het onderzoek kan aanbrengen om grootschalig multidisciplinair en (onderzoeks)gebiedoverschrijdend onderzoek van de grond te krijgen.

Daar waar een duidelijke meerwaarde te behalen is met brede NWO-thema's, die zich ver uitstrekken buiten het werkterrein van één gebied, is het gebiedsbestuur voorstander van het per geval bekijken welke organisatiestructuur het beste bij kan dragen aan een succesvolle ontwikkeling van zo'n thema. Het gebiedsbestuur ziet zichzelf daarbij als aanjager en als noodzakelijke continue factor voor de centrale regie op het totale veld. Mede vanuit die sterke basis kunnen steeds periodiek, in samenwerking met andere NWO-partners, succesvolle thematische spin-offs ontstaan die onder eigen regie verder kunnen gaan. Zo blijft er ook altijd een goede thuisbasis bestaan daar waar thema's op enig moment over moeten gaan een 'sunset'- (stoppen) dan wel op een inbeddingsscenario (verankeren).

## 8 Financiële invulling beleidsvoornemens

Voor het kunnen realiseren van de ambities en inhoudelijke plannen die in deze strategie-nota uiteengezet zijn is een adequaat financieel kader nodig. NWO heeft voor de gehele organisatie het kader geschetst waarbinnen ook deze ALW-implementatienota valt. Voor reële implementatie in het veld van de aard- en levenswetenschappen is tenminste een budgetverdubbeling nodig.

Onderstaande tabel geeft het streefbudget voor ALW in 2010 uitgaande van de benodigde financiële versterkingen.

Omschrijving	ALW (M€)	AB (M€)	Derden (M€)	Streefbudget 2010 (M€)
<b>Structurele versterkingen:</b>				
<b>Actielijn 1: Ruimte voor onderzoekers:</b>				
• Open programma	10,0			10,0
• Top-subsidies	5,0			5,0
• Talent (VI, MEERVOUD)	5,0	5,0		10,0
• Investerings infrastructuur	5,0			5,0
<b>Actielijnen 2 &amp; 3: Bundeling van krachten &amp; Wetenschap voor de samenleving:</b>				
• <b>Programmeringsgelden:</b>	11,0	11,0	13,0	35,0
- Duurzame Aarde (overig)				
- Hersenen en Cognitie				
- Systeem Biologie				
- Nanotechnologie				
- Beleidsveld Aardse Systemen en Leefmilieu				
- Beleidsveld Van Bouwsteen tot Biosfeer				
- Horizontale programma's				
• Duurzame Aarde: Zee- en Kust onderzoekplan(incl. vaarprogramma)	1,5	1,5	7,0	10,0
• Duurzame Aarde: Nationaal flankerend klimaatprogramma w.o. onderzoeksveld Klimaat: verleden, heden en toekomst	2,5	2,5	10,0	15,0
• Gebruikersondersteuning Ruimteonderzoek			3,5	3,5
<b>Subtotaal</b>	<b>40,0</b>	<b>20,0</b>	<b>33,5</b>	<b>93,5</b>

Bij structurele versterking van de budgetlijn 'programmeringsgelden' zal ALW deze middelen als eerste inzetten voor de aangegeven, met partners nader te ontwikkelen, programma's, in de aangegeven beleidsvelden. De concrete programma's zullen als aard- en levenswetenschappelijke bijdragen aansluiten en ingebed worden in de NWO-thema's. Een nadere uitwerking van wat specifiek vanuit het aard- en levenswetenschappelijk perspectief dient te gebeuren is te vinden in hoofdstuk 5 en meer in detail in de bijlagen A en B.

Bij de te genereren bijdragen van derden denkt ALW vooral aan het benaderen van de departementen OCW, LNW, V&W, VROM, EZ, BUZA en VWS. Daarnaast zijn er partners mogelijk vanuit onderzoeksinstituten en de industrie. Coördinerende steun valt te verwachten vanuit de European Science Foundation (ESF EUROCORES), naast mogelijke financiering vanuit het Zevende Kaderprogramma van de EU (FP7) respectievelijk vanuit de nieuwe European Research Council (ERC).

# Bijlage A: ALW in NWO-brede thema's

## A.1 Duurzame Aarde

De ingrijpende effecten van de mens op de aarde worden steeds meer zicht- en voelbaar op vrijwel alle plaatsen op deze wereld: warm en koud, droog en nat, rijk en arm. Het gaat hier om de effecten op klimaat, milieu en ecosystemen, maar in toenemende mate ook om indirecte negatieve gevolgen op veiligheid, economische ontwikkeling, armoede, volksgezondheid en welzijn. Ging de aandacht eerder vooral uit naar het beschrijven van de processen en het voorkómen van schadelijke effecten (mitigatie), in toenemende mate richt de aandacht zich ook op de noodzaak tot aanpassing aan deze veranderingen (adaptatie). Ter ondersteuning van een effectieve aanpak is integraal wetenschappelijk onderzoek naar oorzaken, effecten en hun samenhang en de relatie met het natuurlijke systeem aarde onontbeerlijk, evenals het vertalen van resultaten in scenario's en oplossingen. Internationale, mondiale samenwerking is hierbij essentieel. De Nederlandse wetenschap speelt op meerdere terreinen een vooraanstaande rol in dit onderzoek. Met het multidisciplinaire thema 'Duurzame Aarde' wil NWO deze positie versterken. Het accent zal liggen op het creëren van focus en massa in onderzoeksterreinen waar Nederland een internationale positie heeft, zoals klimaat, geodynamica, water-, kust- en zeeonderzoek, duurzame technologieën, energievraagstukken. De focus zal liggen op multidisciplinair onderzoek in drie deelvelden: *Energie en emissies; Veranderingen in het klimaatsysteem; Mens en milieu: natuurlijke hulpbronnen, water, rivieren, kustzones*. In het investeringsbeleid ligt de nadruk op een integrale, multidisciplinaire benadering vanuit natuur-, technische en sociale wetenschappen. De resultaten van dit onderzoek zullen van direct belang zijn voor ontwikkeling van beleid en innovaties. Dit programma sluit aan bij het sleutelgebied Water van het Innovatieplatform, de verkenningen van de COS, de thema's van TNO en de GTI's en de strategische agenda's van de departementen alsmede bij de Kaderprogramma's van de EU.

## A.2 Hersenen en cognitie

Voor de moderne, kennisintensieve samenleving is het opnemen, verwerken en overdragen van kennis essentieel. Om op de snelle veranderingen in te kunnen spelen zijn voortdurende leer- en aanpassingsprocessen nodig. Daarnaast maakt de verwachte sterke toename in hersenaandoeningen als gevolg van de vergrijzende maatschappij betere behandelingsmethoden en strategieën ter voorkoming van hersenstoornissen dringend noodzakelijk. De neuro- en cognitiewetenschappen zijn van cruciaal belang voor welzijn (hersenziekten, veroudering), educatie (ontwikkelingstoornissen, leren) en welvaart en bedrijvigheid (taal- en communicatietechnologie). Recente belangrijke wetenschappelijke doorbraken hebben het mogelijk gemaakt hersenen en mentale functies onder één noemer te brengen, waardoor het nu voor het eerst mogelijk wordt kennis over gedrag, over psychische functies en over moleculaire en cellulaire processen met elkaar te integreren. Wereldwijd wordt de uitdaging van dit onderzoeksterrein herkend en erkend. Nederlandse neuro- en cognitiewetenschappers hebben een uitstekende internationale reputatie en een wijdvertakt netwerk van internationale samenwerkingsverbanden. Het thematisch programma, dat mogelijk wordt vormgegeven als een NRI, beoogt een optimale integratie en krachtenbundeling van basaal neurowetenschappelijk onderzoek, medisch en gezondheids(zorg)onderzoek, cognitie- en gedragwetenschappen, taalkunde en informatietechnologie. Dit programma sluit aan bij de thema's van VNO/NCW, de verkenningen van de COS en van de Stichting Toekomstbeeld der Techniek en bij de strategische agenda van de departementen.

### A.3 Systeembioologie

Inzicht in de werking van levende systemen is essentieel voor doelmatige formulering van medicijnen en voedsel en het bestrijden van infecties, evenals voor het begrijpen van ontwikkeling en regeneratie bij mens, dier en plant en voor het ontwerp van efficiënte duurzame bioproductieprocessen. Organismen functioneren op basis van ingewikkelde in elkaar grijpende netwerken van processen over vele aggregatieniveaus heen. Genen, eiwitten en ook stofwisselingsproducten werken in de cel op elkaar in, in een systeem waarin vele koppelingen en terugkoppelingen plaatsvinden in en tussen diversen compartimenten. Ook cellen binnen een orgaan en organen binnen een organisme onderhouden dergelijke complexe wisselwerkingen met elkaar. Hetzelfde geldt in wezen voor organismen binnen een populatie en voor populaties onderling. De essentie van systeembioologie is *kwantitatief* te achterhalen hoe moleculen, cellen, organellen, organen en organismen in tijd en ruimte samenwerken om biologische processen te laten verlopen. Door (informatie) technologische ontwikkelingen en door de vooruitgang in de 'omics' disciplines komen steeds meer gegevens beschikbaar, die geïntegreerd zullen worden in computationele en theoretische benaderingen en voorspellende modellen. Deze aanpak betekent een methodologische doorbraak. Systeembioologie vereist daarom samenwerking tussen biologen, chemici, natuurkundigen, wiskundigen, informatici en medici. De beoogde nationale inspanning richt zich op drie toepassingsterreinen: agro/voeding, farmaceutica en bioprocetechnologie. Dit programma sluit aan bij de thema's van VNO/NCW, de prioriteiten van SenterNovem, de sleutelgebieden Food en Flowers en Chemie van het Innovatieplatform, de interesse van een aantal bedrijven en de verkenningen van de COS.

### A.4 Gebruik van nanowetenschap en -technologie

Nanotechnologie heeft potentieel grote gevolgen voor tal van terreinen in de samenleving. Te denken valt aan zulke uiteenlopende gebieden als energie en duurzaamheid, gezondheid, veiligheid, rechtspraak en communicatie, met nieuwe bedrijvigheid op veel gebieden. Vanwege die grote reikwijdte in onze toekomstige maatschappij moet Nederland tijdig inspelen op vragen naar kennis, kenniswerkers en kennisinfrastructuur. FOM en STW hebben in samenwerking met ALW, CW en ZonMw een strategiedocument opgesteld als aanzet tot een nationaal initiatief van NWO op het terrein van nanowetenschap en -technologie. Drie strategische thema's zijn daarin geformuleerd waarop Nederland sterk is en waar voor onderzoekers en bedrijven in Nederland kansen liggen:

- nanomedicine,
- voorbij 'Moore' (naar micro-elektronica voorbij de siliciumtechnologie),
- functionele nanodeeltjes en oppervlakken met patronen op nanoschaal.

In samenwerking met de overheid, het bedrijfsleven en maatschappelijke partijen en in aansluiting op het voorziene kabinetsstandpunt nanotechnologie kan een initiatief van NWO hier succesvol zijn. Dit programma sluit aan bij de thema's van VNO/NCW, de prioriteiten van SenterNovem, de Sleutelgebieden Hightech machines en materialen en Chemie van het Innovatieplatform en de thema's van TNO en de GTI's, alsmede bij de EU-kaderprogramma's.

# Bijlage B: ALW-Beleids- en Onderzoeksvelden

## B.1. Beleidsveld Aardse Systemen en Leefmilieu

### B.1.1 Dynamica van de Aarde, topografie en geohazards

Aan het ene eind van het Aardse spectrum is er de theorie van de plaattektoniek en de dynamica van de aarde. Aan het andere eind vinden we de invloed van de mens en de eisen die we stellen aan een veilige en comfortabele samenleving. Belangrijke aandachtsvelden voor de toekomst zijn 'global change' en 'sustainable development', hetgeen een focus vereist op *Environmental and Earth Systems Research* om beter inzicht te krijgen in Aarde-mens relaties.

De twee uiteinden van het spectrum van de dynamica van de Aarde vinden een vanzelfsprekende ontmoetingsplaats in het aardoppervlak ofwel in de topografie. Dit is tevens de plek waar de *geohazards* zich voordoen. Topografie is daarnaast een zeer gevoelige sensor van zowel diepte- als oppervlakteprocessen – inclusief klimaat en menselijk handelen. De Nederlandse wetenschappelijke gemeenschap heeft grote kennis en reputatie opgebouwd op het gebied van 1) structuur en geodynamica van de vaste Aarde, 2) interacties tussen processen in het inwendige en de oppervlakte van de Aarde (d.m.v. analyse en modellering) met onder andere *geohazards* zoals aardbevingen, vulkanisme, massabewegingen en overstromingen, 3) het gebruik van aardobservatietechnieken, voor het waarnemen van veranderingen van het aardoppervlak en van landgebruik, over grote gebieden en met hoge resolutie in plaats en tijd.

In alle gevallen spelen modellen een essentiële rol om onze kennis over aardse processen te formaliseren, voor het definiëren van (observationale en theoretische) lacunes en tenslotte voor geopredictie.

De veranderende, dynamische Aarde vereist het monitoren, kwantificeren en uiteindelijk het kunnen voorspellen van processen die de Aarde en de mens beïnvloeden. Voor vele *geohazards* is de topografie van de Aarde een sleutelement: deze wordt bepaald door zowel geodynamica als klimaat, en bepaalt op zijn beurt in grote mate de natuurlijke risico's die de mens ondergaat.

Het centrale doel van dit aandachtsveld is daarom het begrijpen en kwantificeren van de fundamentele processen die topografie bepalen, en de gevolgen van de veranderingen daarin, in ruimte (regionaal en globaal), en in tijd (op menselijke en geologische tijdschalen). De keuze van topografie als focus is gericht op het beantwoorden van de cruciale vraag 'hoe ontstaat topografie en hoe beïnvloedt dit het risico op *geohazards* voor onze samenleving ?

#### *Maatschappelijke relevantie*

Veel van de grote catastrofale rampen zoals aardbevingen, tsunami's, vulkanische uitbarstingen zijn het directe resultaat van processen die diep in de Aarde plaatsvinden. Maar ook erosie, modderstromen, landverschuivingen, overstromingen en stormen veroorzaken grote schade aan de maatschappij. Miljoenen mensen leven onder de constante dreiging van door het aardse systeem geïnduceerde rampen, risico's en gevaren: *geohazards*. Deze worden veelal veroorzaakt door puur natuurlijke factoren maar soms worden ze mede veroorzaakt door menselijke activiteiten of door menselijk ingrijpen in het leefmilieu, zoals (verkeerd) landgebruik, mijnbouw en waterwerken.

### B.1.2 Klimaat: verleden, heden en toekomst

Het is duidelijk geworden dat er relatief snelle (t.o.v de tijdschalen van de externe forcing) klimaatsovergangen kunnen plaatsvinden, die voornamelijk gegenereerd worden door 'interne terugkoppelingen' in het klimaatsysteem. Experimenten met klimaatmodellen en gedetailleerde klimaatreconstructies hebben hierbij een cruciale rol gespeeld. Daarnaast hebben nieuwe technieken geleid tot een schat aan nieuwe data, zowel over het huidige klimaat (via satelliet- en in-situ- observaties) als over het klimaat in het verleden (via de ontwikkeling en het beschikbaar komen van nauwkeuriger klimaat-'proxies'). De potentiële aanwezigheid van kritische drempels in het klimaatsysteem, die bij overschrijding kunnen leiden tot dramatische en onomkeerbare klimaatveranderingen op korte termijn, dwingt tot nader onderzoek. Dit geldt zeker gezien de snelle veranderingen die zich momenteel voordoen in de samenstelling van de atmosfeer als gevolg van de sterk toegenomen antropogene uitstoot van broeikasgassen en aerosolen.

Verdere ontrafeling van het klimaatsysteem vereist de ontwikkeling van klimaatmodellen waarin niet alleen de 'trage' componenten oceaan, cryosfeer, biosfeer en lithosfeer worden geïntegreerd, maar waarin ook hun onderlinge wisselwerking met de atmosfeer zo goed mogelijk wordt benaderd. Bovendien kunnen de mogelijke effecten van toekomstige klimaatveranderingen voor mariene en terrestrische milieus in analoge situaties uit het (verre) verleden in groot detail worden bestudeerd en dus geverifieerd. Dit wordt mogelijk gemaakt door verbeterde boortechnieken in het kader van het *Integrated Ocean Drilling Program* (IODP) en door de ontwikkeling en toepassing van klimaat-'proxies' die nog beter in staat zijn om grootheden zoals temperatuur, saliniteit, zeespiegel of CO<sub>2</sub> concentraties in het verleden te reconstrueren uit geologische en biologische archieven.

Een sterke integratie van modelsimulaties, observaties en klimaatreconstructies is belangrijk in (paleo)klimatologische onderzoek om verdergaande inzichten te verkrijgen in de sturende mechanismen en de terugkoppelingsprocessen, die leiden tot klimaatvariabiliteit op mondiale en regionale schaal. Fundamenteel onderzoek naar specifieke processen is noodzakelijk om beter inzicht te krijgen in de fysisch-chemische en biologische terugkoppelingen van het klimaatsysteem.

Nederlandse onderzoekers spelen internationaal een vooraanstaande rol op het gebied van klimaatonderzoek met behulp van modellen, observaties en reconstructies. Daardoor is de noodzakelijke expertise aanwezig voor het implementeren van het beoogde prioritaire aandachtsveld.

Om het aandachtsveld inhoud te geven worden accenten gelegd op vier complementaire, deels overlappende onderzoeksvelden te weten 1) trage componenten, 2) snelle componenten, 3) voorspellen van toekomstige veranderingen en 4) deelprocessen.

#### *Maatschappelijke relevantie*

Stimulering van geïntegreerde studies vanuit de Nederlandse context kan resulteren in het bereiken van een toonaangevende rol in onderzoek gericht op het begrijpen van de werking van het klimaatsysteem in het heden en het geologische verleden en op het voorspellen van de toekomstige ontwikkeling van het klimaatsysteem en de effecten daarvan op bijvoorbeeld de bio- en anthroposfeer op de langere termijn. De daartoe op te lossen vraagstellingen zijn bijzonder actueel zowel vanuit de maatschappelijke invalshoek als de fundamentele. Behalve wetenschappelijk vernieuwend is het voorgestelde aandachtsveld van groot maatschappelijk belang. In het kader van het 'Climate Change' vraagstuk is het essentieel een beter inzicht te verkrijgen in de verschillende aspecten van het klimaat in het verleden (klimaatgevoeligheid, veranderingen in variabiliteit die samenhangen met veranderingen in het gemiddelde klimaat). Ook zullen de aan het aandachtsveld gekoppelde onderzoeksinspanningen een wezenlijke bijdrage leveren aan internationale onderzoeksverplichtingen die Nederland op zich heeft genomen (Rio '92; Kyoto '94).

### B.1.3 Water als levensader

In waterrijke gebieden wordt de interactie tussen biologische en geochemische processen in de bovenste bodemlaag sterk gestuurd door het waterregime. Hierbij speelt de wisselwerking tussen neerslag, en aanvoer van grond- en oppervlaktewater een belangrijke rol. Een duidelijke aanwijzing hiervoor is het feit dat de soortensamenstelling van plantengemeenschappen in stroomgebieden sterk wordt bepaald door de aanwezigheid van kwel van grondwater en door de duur en frequentie van overstromingen. Soortenrijke vegetaties zijn b.v. kenmerkend voor beekdalén met kwel van grondwater, waarbij de specifieke waterchemie van grondwater zorgt voor de aanvoer van bufferende of nutriëntenvastleggende stoffen. Aan de andere kant spelen microbiële en chemische processen in de toplaag van de bodem ook een grote rol bij transformaties van nutriënten en metalen, zodat de kwaliteit van het naar de beek afvloeiende water gedurende het verblijf van het water in de bodem gestaag beter wordt.

Naast deze belangrijke invloeden via de waterchemie, speelt ook de waterkwantiteit een belangrijke rol. Het waterregime bepaalt wisselingen in waterstanden en beek- en rivierafvoeren, die rechtstreeks gevolgen hebben voor de dynamiek van redoxcycli in de bodem en voor de overleving van planten en dieren. Een nog vrijwel onbekend terrein betreft de functie van organismen van de ondiepe ondergrond, in het bijzonder micro-organismen. Deze vertonen waarschijnlijk een veel grotere taxonomische en functionele diversiteit dan lang is aangenomen. Het is echter onduidelijk hoe deze diversiteit zich op procesniveau vertaalt. Interacties van micro-organismen met planten zijn hierbij van groot belang, maar grotendeels onopgehelderd. Bovendien is niet duidelijk hoe de hydrologie en menselijke ingrepen de biodiversiteit en de processen in de ondergrondse en bovengrondse biosfeer beïnvloeden.

Ook in het oppervlaktewater spelen micro-organismen en het daaraan verbonden voedselweb een belangrijke rol in het handhaven van een goede waterkwaliteit. Niet bekend is hoe zaken als waterstandwisselingen, eutrofiëring en vooral verzilting ingrijpen op het voedselweb van oppervlaktewateren en daarmee ook op de waterkwaliteit.

De zo bepalende interacties tussen regenwater, grondwater en oppervlaktewater enerzijds en tussen hydrologie en ecologie anderzijds, zijn in toenemende mate onderhevig aan druk van veranderend landgebruik, klimaatverandering, landbouwkundig gebruik van water, waterbeheersmaatregelen (b.v. de Europese Kaderrichtlijn Water) en vervuiling. In sommige gevallen gaan deze veranderingen in de richting van een nog kunstmatiger karakter van de waterhuishouding, terwijl er in andere gevallen juist sprake is van herstel van een meer natuurlijk functioneren van de lokale of regionale hydrologie. Om de gevolgen van deze veranderingen te begrijpen is het van groot belang niet alleen kennis te hebben van de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van de hydrologische kringloop, maar ook een goede kennis van de primaire biologische en geochemische processen die door deze kringloop worden beïnvloed.

Zoetwater speelt op een complexe manier in op processen in ecosystemen, waarbij de kwantiteit en de herkomst van het water (regen, grondwater en oppervlaktewater) van doorslaggevende betekenis zijn. Echter, de aard van deze interacties, vooral de rol van de biosfeer in de regulatie van belangrijke hydrologische en biogeochemische fluxen, is onvoldoende bekend. Daarom zou op ecologisch en geochemisch terrein een sterke en innovatieve verbinding gemaakt kunnen worden met de hydrologie, die de positie van Nederlandse onderzoekers internationaal verder verbetert en consolideert.

#### *Maatschappelijke relevantie*

Water is een essentiële hulpbron voor het leven op aarde. Water is de kern van alle leven en reguleert biologische, geochemische en hydrologische functies van ecosystemen. Zoetwater, in rivieren, meren en delta's, heeft aan de basis gestaan van de voorspoed van

vele samenlevingen; Nederland is daarvan een bijzonder voorbeeld. Naast het voordeel van het ruim voorhanden zijn van water voor tal van essentiële functies in de maatschappij, vormen risico's van overstromingen en (tijdelijke) watertekorten de keerzijde van een waterrijke leefomgeving. Wereldwijd wordt steeds duidelijker dat door menselijke exploitatie de waterhuishouding van stroomgebieden sterk wordt beïnvloed, waardoor rivierafvoeren en grond- en oppervlaktewaterstroming verre van natuurlijk verlopen. (Over)exploitatie van grondwater vormt in een grote delen van de wereld een probleem. In deltagebieden gaat dat gepaard met bodemdaling waarbij ook veranderingen optreden in het hydrochemische karakter van grondwater, zoals verzilting en eutrofiëring. Er is weinig bekend over de effecten hiervan op geochemische fluxen, hun variabiliteit, en over de interactie tussen oppervlakte- en grondwater met betrekking tot de biologie en de chemie.

## **B.2. Beleidsveld Van Bouwsteen tot Biosfeer**

### **B.2.1 Genomics voor ecologie, evolutie en biodiversiteit**

Om een wetenschappelijke basis te leveren voor een beter begrip van de dynamiek en het beheer van biodiversiteit op lange termijn moeten ecologische en evolutionaire patronen, processen en functies effectief geïntegreerd worden. Dit aandachtsveld richt zich op deze integratie, in samenhang met het pas ontloken vakgebied van de ecologische en evolutionaire *genomics* (EEG).

Ruwweg kan EEG gedefinieerd worden als de toepassing van genoomwetenschap en zijn technieken met het doel om zowel reacties van organismen op het milieu als hun onderlinge interacties te onderzoeken. Dit gebeurt door analyse van de betrokken genen, de manier waarop ze fenotypes produceren en de evolutie van hele genomen. Meer in het bijzonder richt EEG zich op de rol van natuurlijke variatie en de expressie daarvan in de natuur. Een belangrijke vraag is bijvoorbeeld hoe fenotypische variatie ontstaat en welke functionele rol dat speelt bij de evolutie in verschillende milieus. Interessante taxa zijn diegene die belangrijk zijn vanwege hun fylogenetische positie, hun rol in de evolutionaire ontwikkeling of hun spilfunctie als sleutelsoort en/of gemeenschap. Slechts enkele taxa zijn genomische modellen; de overgrote meerderheid is dat niet. Van cruciaal belang is dat een beter begrip van de enorme variatie in genexpressie in verschillende milieus en van de vele gen-omgevingsinteracties belangrijk zal bijdragen aan het leggen van verbanden tussen processen op verschillende temporele, ruimtelijke en organisatieschalen.

Het Nederlandse biodiversiteitonderzoek wordt internationaal erkend als zijnde van voortreffelijke kwaliteit. EEG kan een verbreding en verdieping van het veld teweegbrengen door het beschrijvende werk aan patronen ('wat is er aanwezig?') uiteindelijk te integreren met onderzoek aan processen die ten grondslag liggen aan de ecologische functies en het voortbestaan van die patronen ('hoe werkt het?').

De weergaloze omvang van genoominformatie – hetzij in de vorm van volledige genoomsequenties, hetzij als EST (*expressed sequence tags*)-banken of expressieprofielen van nieuwe categorieën van genetische markers – stelt ecologen en evolutiebiologen in staat om zicht te krijgen op de 'genen die er toe doen', op hun regulatie in uiteenlopende processen zoals stress-responsen (bijv. klimaatverandering, temperatuur, parasiet-gastheerrelaties, virulentie en predatie) en op de afbeelding van het genotype in het fenotype (in bijv. de vroege ontwikkeling, de levenscyclus, adaptieve populatiedivergentie, ecotypedifferentiatie en speciatie). Op moleculair-evolutionair niveau kan het vergelijken van genoomsequenties tussen soorten (*comparative genomics*) blootleggen hoe de hoofdlijnen van het leven zijn geëvolueerd (bijv. bij het samenstellen van de boom van het leven,

*assembling the tree of life, ATOL*). Ook kan vergelijkende genomwetenschap leiden tot een beter begrip van de architectuur van gebieden in het genoom die belangrijke biologische processen beïnvloeden, zoals genduplicatie, horizontale genoverdracht, transcriptionele en translationele regulatie, adaptatie en speciatie. De studie van deze vragen, evenals die gerelateerd aan evolutie op korte termijn en neutrale evolutie, wordt ook mogelijk gemaakt door *genomics*-technieken toe te passen op experimentele evolutie van prokaryoten in het laboratorium onder sterk gecontroleerde omstandigheden. Aan de andere kant van het spectrum moeten veldecologen in staat zijn om eencelligen, larven en gameten te identificeren en na te speuren met gebruikmaking van *DNA-microarrays* gericht op detectie van gedefinieerde fylogenetische groepen (*phylochips*), teneinde fragmentatie en connectiviteit in het landschap te beoordelen. Op dezelfde manier is er een nieuwe generatie van moleculaire merkers in opkomst voor de studie van selectie en snelle aanpassing, die een aanvulling vormen op de conventionele 'neutrale' merkers. Deze technieken en merkers kunnen worden gebruikt voor belangrijke terugkoppelingen naar de hogere integratie niveau's. Tenslotte ondergaat de genetica van microbiële gemeenschappen op dit moment een revolutie door de studie van genexpressies (*transcriptomics*) en de studie van het collectieve genoom van levensgemeenschappen (*metagenomics*), waardoor in de nabije toekomst de multitrofe organisatie van gehele levensgemeenschappen en ecosystemen begrepen wordt.

Om kort te gaan, er staat ons een golf van integratief innovatief onderzoek te wachten als *genomics*-technieken toegepast gaan worden op ecologische en evolutionaire vraagstukken. Met extra stimulering kunnen veel groepen in staat worden gesteld om op topniveau samenwerkingsverbanden aan te gaan.

#### *Maatschappelijke relevantie*

Biodiversiteitonderzoek blijft van fundamenteel belang voor het welzijn van de mens. De ecosystemen van de wereld ondergaan een massaal verlies van biodiversiteit, veroorzaakt door zowel natuurlijke als antropogene processen; nationaal en internationaal blijft dit onderwerp prioriteit krijgen.

Begrip van ecologische functies en de reacties van organismen – zowel prokaryoten als eukaryoten – op genoombrede schaal kan ons inzicht in de dynamiek van levensgemeenschappen en ecosystemen vergroten en ons helpen de kwaliteit van het milieu te definiëren. Dit aandachtsveld zal een groot deel van het biodiversiteitsonderzoek in Nederland omvatten en leiden tot een bredere vergelijkende analyse van patronen en processen, en uiteindelijk tot een succesvoller wetenschappelijk onderbouwd beheer van biodiversiteit.

### **B.2.2 Ontwikkelingsbiologie en functionele genomica**

Ontwikkelingsbiologen buigen zich over een van de meest fundamentele vragen van het leven: hoe ontstaat een volwassen individu uit een enkele cel? De successen van de moleculair-genetische benadering van ontwikkelingsbiologisch onderzoek en de recente opheldering van de basenvolgorde van het DNA van modelorganismen voor de ontwikkelingsbiologie suggereren wellicht dat deze vraag al grotendeels is opgehelderd. De groeiende lijst van genen die door moleculair-biologen in verband is gebracht met ontwikkelingsprocessen leveren inderdaad een beeld op van de processen die zich in en tussen cellen afspelen. Hierbij springen verschillende uitvindingen van de natuur om tot een meercellig organisme te komen in het oog. Zeker zo treffend zijn de overeenkomsten tussen dieren zo verschillend als worm en mens, en zelfs tussen dieren en planten. Echter, de grootste puzzel van de ontwikkelingsbiologie blijft hiermee onopgelost. Wat maakt een mens verschillend van een chimpansee, muis, fruitvlieg of worm, en een tomaat verschillend van een mammoetboom? Vergelijking van de in het DNA opgeslagen codes voor aanmaak van RNA's en eiwitten maakt de puzzel niet simpeler: oppervlakkig gezien bevat het humane

genoom niet veel meer code dan een simpele worm of een klein onkruidje. Hoe kunnen we dan de verschillen in complexiteit en specialisatie tussen deze organismen begrijpen?

Het oplossen van dit vraagstuk vergt inzicht in de manier waarop de instructies voor ontwikkeling in het DNA liggen opgeslagen. Het DNA is, in tegenstelling tot de in de populaire literatuur vaak aan te treffen analogie, geen 'blauwdruk' voor de ontwikkeling. DNA van planten, dieren, schimmels bevatten slechts instructies voor het maken van bepaalde RNA's en eiwitten onder condities die afhangen van de al in de cel aanwezige eiwitten, RNA's en andere moleculen. Deze circulaire relaties vormen een kluwen van interacties en afhankelijkheden waarbij processen als celdeling, celspecialisatie en celmigratie als 'emergente eigenschap' ontstaan. Het aantal basiselementen van zo'n netwerk in de vorm van door het DNA gecodeerde genen kan sterk op elkaar lijken, maar slechts de complexiteit van het netwerk van interacties kan de complexiteit en de karakteristieke eigenschappen van wormen, onkruid en het menselijk brein verklaren.

Het ontrafelen van deze netwerken en hun kenmerkende eigenschappen is een uitdaging voor de ontwikkelingsbiologie en de wetenschap van de 21<sup>e</sup> eeuw. Ontwikkelingsbiologen en -genetici kunnen nu gebruik maken van de in de 'genomics' programma's ontwikkelde kennis van de genomen van een scala van modelorganismen en van de programmatuur ontwikkeld voor het ontrafelen van patronen en het opstellen van modellen door bio-informatici en theoretisch biologen.

Het doel van het aandachtsveld is om de kernvraag van de ontwikkelingsbiologie 'hoe ontstaat een volwassen individu uit een enkele cel' te beantwoorden met een combinatie van 'state-of-the-art' ontwikkelingsgenetica, genomics, bio-informatica en theoretische biologie.

#### *Maatschappelijke relevantie*

Het aandachtsveld beoogt excellent Nederlands onderzoek van ontwikkelingsbiologen gericht op zowel dierlijke (muis, zebraavis, klauwpad, kip, worm, fruitvlieg) als plantaardige (*Arabidopsis*, *Medicago*, *petunia*, tomaat, rijst) modelsystemen de komende jaren te kunnen ondersteunen. Op die wijze kan ontwikkelingsbiologisch onderzoek bijdragen aan de fundamentele vraagstellingen van de levenswetenschappen en nieuwe toepassingen genereren in geneeskunde en landbouw, zoals stamcel-biologie, predispositie voor ziekte, abnormale fysieke en mentale ontwikkeling, veroudering en veredeling van planten en dieren en ook een bijdrage leveren aan de beoordeling van de met de toepassingen geassocieerde risico's.

### **B.2.3 Tussen brein en moleculen**

De neurowetenschappen hebben zich in de laatste decennia bijzonder sterk ontwikkeld dankzij de conceptuele en technologische vooruitgang op een scala van deelgebieden van neurogenetica en microscopie van levende zenuwcellen tot neurofysiologie, netwerk analyses in vivo, brain imaging en diergedrag. Een beschrijvende biologie is snel geëvolueerd tot een kwantitatieve biologie van causale verbanden, waarbij het bestuderen van dynamische processen in toenemende mate aandacht krijgt. Met name door de beschikbaar gekomen kennis van het genoom, de toepassing van transgenese bij knaagdieren, verbeterde beeldvormende en neurofysiologische technieken, is het nu mogelijk via een integratieve benadering het zenuwstelsel van molecuul tot aan gedrag te bestuderen. Langs deze weg ontstaan er ook unieke nieuwe kansen om de biologische en de psychologische beschrijving van onze hersenen dichter bij elkaar te brengen en door een gedegen inzicht in hersenprocessen bij te dragen tot een rationele behandelingen van hersenaandoeningen in de medische sector. Dit aandachtsveld hoopt deze nieuwe wegen te ondersteunen door te bevorderen dat onderzoek vanuit verschillende, traditioneel gescheiden stromin-

gen samenkomt en meerwaarde oplevert. Hiermee kunnen reële doorbraken worden gefaciliteerd in de conceptuele en technologische vooruitgang in de neurowetenschappen, die niet zijn te verwachten wanneer de diverse stromingen geen onderlinge verbanden vinden. Dit aandachtsveld hoopt daarom sterke verbanden te leggen tussen de sterke elementen van de huidige neurowetenschappen en nadrukkelijk interacties te zoeken met aanpalende gebieden zoals de psychologie, de genetica, de medische wetenschappen, de informatica etc., en met internationale initiatieven van Europese kennisinstellingen en initiatieven uit de private sector.

De doelstelling van dit aandachtsveld is feitelijk integratie, zowel binnen het ALW domein als over de grenzen van ALW, richting andere deelgebieden van NWO en andere vormen van onderzoeksfinanciering in Nederland en daarbuiten. Deze doelstelling is alleen te bereiken met een sterk eigen aandachtsveld.

Het brein van mens en dier is te bestuderen in vele verschillende spatiele en temporele dimensies. Voor een goed begrip van het centrale zenuwstelsel, is onderzoek nodig dat binnen een multidimensionale matrix verbanden meet en verklaart. Om van het niveau van de moleculen te komen tot aan het intacte brein bestudeert de neurowetenschapper daartoe genen en eiwitten, synapsen en zenuwcellen, microcircuits en macrocircuits om uiteindelijk te belanden bij de neurale systemen, die door hun activiteit (delen van) het gedrag van organismen in zijn leefomgeving kunnen verklaren. Op ieder van deze niveaus spelen dynamische veranderingen in structuur en functie een grote rol. Om aan de 'onderzoeksopdracht' van systeemcomplexiteit te kunnen voldoen is de toepassing van verschillende meettechnieken en samenwerking van veel verschillende disciplines noodzakelijk. Was er vroeger een duidelijke scheiding tussen bv. genetici en neurobiologen, tegenwoordig is er het vakgebied van de neurogenomics, waarbinnen deze grens is verdwenen. Was er voorheen op beperkte schaal biofysica mogelijk door toepassing van natuurkundige technieken voor de bestudering van moleculen, tegenwoordig is de bestudering van het levende brein een florerend vakgebied dat zich uitstrekt van de bestudering van ion kanalen tot aan meten en modelleren van honderden individuele zenuwcellen in intacte dieren. Bovendien is in belangrijke mate aandacht gekomen voor de wijze waarop het gedrag van dieren model kan staan voor de mens. Na de 'big bang' van de genomics en het 'oplossen' van het genoom van mens en dier zijn we dus aangekomen in het postgenomics tijdperk waar de bestudering van gen-functie tot het niveau van het functioneren van het intacte brein het belangrijkste streven is. De integratie van organisatie niveaus zal weer moeten worden verbonden aan de analyse van de taak die een bepaalde hersenfunctie geacht wordt te realiseren (b.v. consistente weergave van ruimtelijke relaties, die via verschillende zintuigen wordt opgenomen). Dergelijke functionele analyses kunnen de integratie van organisatie niveaus versterken en vice versa. Zulke analyses hebben een sterk fysische kant omdat zij de fysische relaties, die de omgeving van het organisme structureert, meeneemt in haar analyse. Hoe het brein zulke fysische relaties representeert is een belangrijke stap om te begrijpen hoe het brein werkt. Het brein is een orgaan dat nog veel mysteries in zich draagt. Het ontrafelen daarvan is van belang voor de perceptie van eigen identiteit en voor menselijk sociaalmaatschappelijk functioneren.

#### *Maatschappelijke relevantie*

Onze samenleving wordt geconfronteerd met een sterke toename in hersenaandoeningen (dementie, depressie etc. etc.) waarbij betere kennis van de onderliggende biologische processen dringend gewenst is. Voorts worden we enerzijds geconfronteerd met de vergrijzing en wordt anderzijds onze samenleving steeds kennisintensiever. Betere kennis van onze eigen hersenfuncties, vooral ook aan de hand van onderzoek naar model organismen helpt ons te wapenen tegen mogelijke problemen die dit met zich meebrengt. Inzicht in de werking van de hersenen vertaalt zich op vele toepassingsterreinen, zowel

binnen de levens- en medische wetenschappen (gezondheidszorg, kliniek, onderwijs) als daarbuiten (zoals computerarchitecturen, neurotechnologie, neuroprothesen, robotica). Ook in Nederland neemt het voorkomen van hersenaandoeningen sterk toe, niet alleen ouderdomsziektes, zoals de ziekte van Alzheimer vanwege de vergrijzing, maar ook door (toename van) chronische ziektes zoals depressie en schizofrenie.

Kennis-ontwikkeling vanuit het fundamentele wetenschappelijk onderzoek is daarom nu essentieel, om op termijn een basis te geven aan het ontwerpen van rationele strategieën voor het behandelen en voorkomen van hersenaandoeningen.

#### **B.2.4 Systeembio**

De systeembio stelt zich tot doel te komen tot een theoretisch model van het functioneren van een biologisch systeem. ALW wil daarbij breed inzetten op alle integratie niveau's. De basis in dit veld wordt onder anderen gevormd door onderzoek naar de interacties tussen systeemsamenstellende componenten, zoals bijvoorbeeld genen, eiwitten, andere macromoleculen en organellen en de doorvertaling daarvan naar de hogere integratie niveau's. Het zijn in het bijzonder deze interacties die aan de basis staan van de bijzondere eigenschappen van levende systemen en die over het algemeen niet worden blootgelegd met behulp van traditionele reductionistische onderzoeksmethoden. Innovatief systeembio onderzoek moet leiden tot theoretische modellen waar een voorspellende waarde aan kan worden ontleend. Het concept van de systeembio is niet nieuw echter de recente beschikbaarheid van de nucleotide volgorde van de genomen van een veelheid aan organismen en de massale gegevensstroom die verkregen wordt met behulp van high throughput meetmethoden biedt thans ongekende mogelijkheden voor dit onderzoeksveld.

De systeembio tracht de cel of een organisme in relatie tot zijn omgeving als geheel te benaderen waarbij het de fundamentele biologische kennis integreert met *genomics*, *proteomics*, *metabolomics* en andere gegevens om een beeld te verkrijgen van het functioneren van een cel, orgaan, organisme of van een complexer biologisch systeem zoals een levensgemeenschap. Een groot aantal toepassing van systeembio onderzoek liggen in het verscheid, ondermeer in de diagnostiek van ziekten, de ontwikkeling van gezonde voedingsmiddelen, de productie van fijnchemicaliën. Het systeembio onderzoek vereist een multidisciplinaire aanpak waarbij ondermeer een samenwerking tussen experimenteel en theoretische biologen, chemici, wiskundigen en natuurkundigen benodigd is om het onderzoeksveld verder te brengen. De systeembio zal niet alleen leiden tot nieuwe inzichten in de activiteiten van organismen, maar zal leidend zijn bij de ontwikkeling van nieuwe methoden met als resultaat een beter begrip van de fundamentele van het leven.

Het doel van het aandachtsveld systeembio is het verkrijgen van een systematisch inzicht in het functioneren van organismen door middel van dataondersteund theoretische modelleren. Het aandachtsveld richt zich op het genereren van relevante gegevens, de integratie van de gegevensstroom en de ontwikkeling van bruikbare theoretische modellen die betrekking hebben op belangrijke eigenschappen van organisme zoals signaaltransductie, genregulatie, celdeling, celdifferentiatie en metabolisme. Hierbij stelt het zich tot doel de onderliggende mechanismen en principes vanuit een moleculair standpunt te doorgronden. Het aandachtsveld beoogt ook, daar waar direct relevant en mogelijk, gegevens verkregen op moleculair, subcellulair en cellulair binnen een ecosysteem of een orgaan te integreren.

De te ontwikkelen theoretische modellen zullen delen van het levende systeem of van een proces op een moleculair gebaseerde wijze beschrijven met het oogmerk deze kennis toe te passen om de effecten van veranderingen in condities op een gegeven cellulaire functie

te kunnen voorspellen. De benadering vanuit het molecuul introduceert ook aspecten die tot nu toe in de beschrijving van biologische systemen minder onderzocht zijn zoals de introductie van ruis in het systeem, en de spatiale/temporale organisatie van een systeem. Het modelleren uitgaande van het molecuul wordt lastiger naarmate het te bestuderen object complexer is. Als we de keten: molecuul → macromolecuul → subcellulair complex/systeem → cel/organisme → weefsel → orgaan → organisme → populatie → levensgemeenschap → oecosysteem als spectrum van complexiteit bezien dan is het duidelijk dat, gezien de huidige kennis en inzichten, vooral de keten van molecuul tot unicellulaire organisme de beste kansen bieden voor fundamenteel wetenschappelijk onderzoek naar de basisprincipes van systeembioïogie. Daarmee is niet gezegd dat systeembenadering niet ook kan worden gedaan over een grotere spanwijdte, maar de zekerheid is dat een ander segment binnen deze keten sterk reductionistisch zal moeten zijn om de complexiteit zinvol over een aantal niveaus te integreren. Zo kan men bijvoorbeeld een orgaan modelleren aan de hand van (sub)cellulaire systemen, maar er is dan nog weinig sprake van 'molecuul tot orgaan'. Evenzeer kan men vanuit een aantal interacterende planten (met hun parasieten etc.) en aanpassingen komen tot een systeembioïogische integratie, maar de basale opbouw vanuit een moleculaire benadering moet dan vrijwel geheel achterwege blijven. Micro-organismen, unicellulaire (b.v. (cyano)bacteriën en gisten) en multicellulaire (schimmels) zijn daarom bij uitstek geschikt voor systeembioïogisch onderzoek vanwege hun relatief geringe complexiteit en hun grote vermogen tot aanpassing aan het milieu. De systeembioïogische benadering moet primair geschieden vanuit de (macro)moleculaire benadering.

Het nieuw te initiëren onderzoek zal leiden tot een massale toename aan experimentele gegevens. Het zal nodig zijn om nieuwe, allesomvattende systeem biologische databanken te ontwikkelen en deze breed beschikbaar te stellen aan de onderzoekers en de samenleving.

#### *Maatschappelijke relevantie*

De brede benadering van de systeembioïogie is van groot belang voor een scala aan mogelijke toepassingen. Theoretische modellen zullen worden ontwikkeld met een voorspellende waarde betreffende het functioneren van een organisme, een orgaan of zelfs van een ecosysteem. Dit zal een belangrijk gereedschap worden en tot nieuwe inzichten leiden bij toekomstige innovaties in medisch, landbouwkundig, industrieel en milieu onderzoek.





Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek  
Aard- en Levenswetenschappen

Uitgave:  
Nederlandse Organisatie  
voor Wetenschappelijk Onderzoek  
Aard- en Levenswetenschappen

Bezoekadres:  
Laan van Nieuw Oost Indië 300, Den Haag

Postadres:  
Postbus 93510  
2509 AM Den Haag  
Telefoon 070 344 06 19  
alw@nwo.nl  
www.nwo.nl/alw

september 2006

