

Samenvatting

Hoe kunnen wij de Aarde op duurzame wijze bewonen? Vandaag de dag zijn weinig vragen zo prangend als deze. Omdat wetenschap en technologie een cruciale rol hebben gespeeld in zowel het zichtbaar maken als het bestrijden van milieuschade, worden zij vaak gepresenteerd als *het* antwoord op de huidige ecologische crisis. Als we recente ontwikkelingen binnen met name de levenswetenschappen in ogenschouw nemen, dan lijkt hun bijdrage in het doorvoeren van de vereiste veranderingen inderdaad veelbelovend. Geconfronteerd met de kwetsbaarheid van de Aarde voor menselijk ingrijpen, staan wij op de drempel van een nieuw technologisch tijdperk, waarin wij onze relatie met de natuur als het ware heruitvinden. Waar meer klassieke technologische benaderingen doorgaans worden gekenmerkt door een tegennatuurlijke tendens – een tendens de dynamiek van de natuur te verstoren en tegen te werken –, laten nieuwe technologische benaderingen zich in toenemende mate inspireren door de ontwerpprincipes van de levende natuur zelf. De opkomst van technieken die met de natuur meewerken en meedenken, onthult een *ecotechnologische wending*, een omslagpunt waarbij de evolutionaire strategieën van de natuur het model voor menselijke innovatie verschaffen.

In mijn proefschrift reflecteer ik kritisch op de kansen van *ecotechnieken* om een nieuwe, duurzame(re) relatie tussen mens, techniek en natuur tot stand te brengen. Hierbij richt ik mij op een specifieke casus: het wetenschapsveld *ecological genomics* ofwel *ecogenomics*. Deze casus laat ons niet alleen zien hoe opkomende wetenschapsvelden kunnen bijdragen aan een groenere toekomst, maar confronteert ons ook met de obstakels die wij tegenkomen bij de transformatie van 'oude' naar 'nieuwe' benaderingen van de natuur. In mijn proefschrift staat de volgende vraag centraal:

In hoeverre reflecteert het ecological genomics discours, als een casus van de ecotechnologische wending, de mogelijkheid van een nieuwe relatie tussen mens, techniek en natuur?

Deze overkoepelende vraag bevat een aantal sub-vragen: Welke beloftes liggen precies besloten in het ecogenomics discours? Hoe kan een nieuwe relatie tussen mens, techniek en natuur worden verkregen en hoe kan ecogenomics hiertoe bijdragen?

Om deze vragen te beantwoorden, volg ik twee routes. Allereerst analyseer ik het *ecogenomics discours* zoals het naar voren komt in wetenschappelijke publicaties, programmatische documenten, onderzoeksvoorstellen, etc. Hierin komen spanningen naar voren die aan drie beloftes kunnen worden gerelateerd:

1. *Een wetenschappelijke belofte*: Ecogenomics zal een huwelijk tot stand brengen tussen laboratorium-georiënteerd genomics onderzoek en veld-georiënteerd ecologisch onderzoek.
2. *Een maatschappelijke belofte*: Ecogenomics zal tal van maatschappelijke behoeften vervullen, bijvoorbeeld in de landbouw, industrie en gezondheidszorg.
3. *Een ecologische belofte*: Ecogenomics zal in deze behoeften voorzien op intelligente, duurzame en zelfs op 'natuurlijke' wijze.

Ten tweede onderzoek ik hoe de ecotechnologische wending ter sprake komt in het *filosofische discours*. Hoe hebben (hedendaagse) milieufilosofen gereflecteerd op de spanningen en beloftes die ten grondslag liggen aan ecogenomics en andere ecotechnieken? Ik zal het werk van verschillende denkers bespreken die de relatie tussen technowetenschap en de ecologische crisis hebben bestudeerd, in het bijzonder de Australische ecofeministe Val Plumwood (1939-2008) en de Duitse cultuurfilosoof Peter Sloterdijk (1947).

De twee routes die ik in dit proefschrift volg, worden uiteengezet in vier artikelen (hoofdstuk 2 tot 5). Na de introductie van de onderzoeksthema's in hoofdstuk 1, besteed ik in hoofdstuk 2 aandacht aan de geschiedenis van ecogenomics. Hoe hebben de belangrijkste pijlers van dit wetenschapsveld vorm gekregen? Welke publicaties zijn bepalend geweest voor de totstandkoming van de beginselen van het veld? Het voornaamste doel van dit hoofdstuk is echter de toetsing van de belofte dat ecogenomics een huwelijk tot stand zal brengen tussen ecologie en genomics (*Belofte 1*). Omdat ecologie en genomics voortkomen uit verschillende domeinen binnen de biologie, belooft de integratie van deze twee wetenschapsvelden een geheel nieuwe kijk op ecosystemen te bewerkstelligen; in tegenstelling tot traditionele moleculaire technieken, die slechts een beperkt aantal variabelen gelijktijdig konden bestuderen, maakt ecogenomics een gedetailleerde studie van ecosystemen mogelijk op zowel micro- als macroniveau. Ik toets deze belofte door te onderzoeken hoe ecologie en genomics geïntegreerd zijn in de twee benaderingen die het veld vandaag de dag domineren. De eerste benadering – in mijn proefschrift aangeduid als de 'organism-centred approach' – beoogt ons begrip van ecosysteemprocessen te verbeteren door zich te concentreren op het niveau van het individuele (model)organisme. De tweede benadering – waar ik naar verwijst als de 'metagenomic approach' – brengt het DNA van complete microbiologische gemeenschappen in kaart; de gemeenschap wordt beschouwd als een organisme met één gezamenlijk genoom, het *metagenoom*. Ik zal laten zien dat beide benaderingen reeds belangrijke stappen hebben gezet om de kloof tussen ecologie en genomics te overbruggen. De 'organism-centred approach', die tot voor kort werkte met klassieke modelorganismen (*Arabidopsis*, *Drosophila*, etc.), kan zich dankzij de introductie van 'next-generation sequencing methodology' (NGS) concentreren op soorten met een ecologische

relevantie, dat wil zeggen soorten die inzicht verschaffen in kritische ecologische interacties. Voorbeelden hiervan zijn reptielen, amfibieën en vogels. De ‘metagenomic approach’ maakt het mogelijk om gemeenschappen van microben te onderzoeken in hun natuurlijke habitat, in plaats van in het laboratorium. Dit is van groot belang, omdat veel micro-organismen niet ‘in vitro’ bestudeerd kunnen worden.

Ondanks deze veelbelovende ontwikkelingen is genomics nog altijd de dominante partner binnen het ecogenomics huwelijk. Dit geldt in het bijzonder voor de ‘organism-centred approach’, die haar nieuwe modellen blijft bestuderen onder gecontroleerde laboratoriumcondities. Deze missen de onvoorspelbaarheid en variëteit van natuurlijke ecosystemen. Daarnaast is zowel de ‘organism-centred approach’ als de ‘metagenomic approach’ voornamelijk geïnteresseerd in de genetische mechanismen die ten grondslag liggen aan kritische ecologische interacties. Deze ‘genomics taal’ dreigt andere narratieven die complexe ecologische processen willen beschrijven, te overschaduwen.

In het derde en vierde hoofdstuk onderzoek ik de ambivalentie tussen de maatschappelijke en ecologische beloftes van ecogenomics; het wetenschapsveld zal ons in staat stellen om diverse maatschappelijke behoeften te vervullen (*Belofte 2*), terwijl het tegelijkertijd de integriteit van ecosystemen respecteert (*Belofte 3*). Het ecogenomics discours laat echter een spanning zien tussen deze twee beloftes: de wens om het potentieel van het veld voor bruikbare toepassingen ten volle te benutten, dreigt de ecologische belofte te ondermijnen. In hoofdstuk 3 richt ik mij op een casus uit het Nederlandse ecogenomics veld om te laten zien dat achter deze spanning een verschil tussen conflicterende natuuropvattingen schuilgaat. Tijdens een memorabele ecogenomics bijeenkomst in februari 2008 gaf Bram Brouwer, directeur van het Nederlandse Ecogenomics Consortium, een presentatie waarin hij het begrip ‘nature mining’ introduceerde. Een deel van het publiek reageerde zeer enthousiast op zijn presentatie, maar andere deelnemers hadden zo hun reserves. Deze gemengde reactie wordt doorgaans geïnterpreteerd als de culminatie van een conflict over de toekomstige richting van het ecogenomics wetenschapsveld: door nieuwe financieringseisen had er een verschuiving plaatsgevonden van ‘publicatie’ naar ‘product’. Ik zal echter beargumenteren dat wij de onrust die voortvloeide uit Brouwers presentatie niet volledig kunnen begrijpen door die te reduceren tot een strategisch conflict over de onderzoeksrichting van het veld. Door het begrip ‘nature mining’ te gebruiken, onthulde Brouwer (onbedoeld!) dat de leden van de Nederlandse ecogenomics gemeenschap verschillende, in sommige gevallen zelfs conflicterende, natuuropvattingen onderschrijven. Het begrip ‘nature mining’ behoort tot een instrumenteel vocabulaire dat de natuur in de eerste plaats als ‘product’ presenteert. Een deel van het publiek had geen enkel probleem met deze

commodificatie van de natuur. Anderen konden zich echter niet vinden in deze reductie van de natuur tot een reservoir van bruikbare grondstoffen.

In hoofdstuk 4 zal de normativiteit die besloten ligt in bepaalde narratieven van de natuur uitvoeriger worden bestudeerd. Om te illustreren hoe ecotechnieken zich onderscheiden van meer traditionele benaderingen van de natuur, gebruiken wetenschappers verschillende narratieve structuren, metaforen en beelden. Met deze narratieve zelfpresentaties willen zij hun onderzoeksactiviteiten niet alleen inzichtelijk maken, maar ook legitimeren. Dit hoofdstuk concentreert zich op twee van deze ecotechnologische narratieven. Ten eerste de *schatgraversnarratief*, gebruikt door wetenschappers uit het metagenomics veld om hun zoektocht naar het leven in de bodem te illustreren. Deze narratief benadrukt de rijkdom aan producten die nog in de aarde verborgen ligt; de ecotechnologische wending wordt gepresenteerd als een zoektocht naar de 'goods' die de natuur in de loop van de evolutie heeft voortgebracht. Maar er zijn ook kritische geluiden die aangeven dat de schatgraversnarratief geen volledig beeld geeft van wat er allemaal speelt binnen ecotechniek. Eén van die geluiden is afkomstig van Janine Benyus (1958), grondlegger van de 'learning from nature movement' die bekendstaat als *biomimicry*. Als wij recht willen doen aan de creatieve processen van de natuur, dan zullen wij haar moeten presenteren als een bron van 'ideas' in plaats van 'goods', aldus Benyus. Ze probeert deze alternatieve visie te vatten in het beeld van de natuur als onze *leermeester*. Een meer respectvolle benadering van de natuur vereist niet alleen dat we de excellente kwaliteit van haar 'goods' erkennen; noch volstaat het om de natuur voor te stellen als een soort 'superinnovator'. De leermeesternarratief impliceert dat we niet alleen de natuur, maar ook onszelf met andere ogen gaan bekijken, namelijk als leerlingen die zich openstellen voor de wijsheid van de natuur.

Hoewel Benyus de leermeesternarratief presenteert als het tegendeel van de schatgraversnarratief, vertonen de twee zelfpresentaties een opvallende overeenkomst: ze worden geacht sympathieke modellen te verschaffen met louter positieve, strategisch bruikbare connotaties. De schatgraversnarratief benadrukt dat de hoge investeringen vereist voor de zoektocht naar bodemleven, uiteindelijk zullen resulteren in een grote materiële beloning: een rijkdom aan bruikbare producten, zoals antibiotica, vitamines en enzymen. Ook de leermeesternarratief wordt geassocieerd met een positieve belofte. De prijs is hier echter niet zozeer materieel, maar veeleer intellectueel van aard: als we zorgvuldig luisteren naar de lessen van de natuur, zullen we zelf ook slimmere en betere probleemoplossers worden.

De twee narratieven zijn echter veel ambivalenter en dubbelzinniger dan de wetenschappers die ze gebruiken zich lijken te realiseren; ze zijn ingebed in bredere culturele narratieven waar ze niet alleen (impliciet) naar verwijzen, maar ook hun motiverende kracht aan

ontlenen. Met behulp van twee populaire 'Hollywood Blockbusters' zal dit hoofdstuk de morele ambivalentie van beide ecotechnologische narratieven laten zien: de Indiana Jones film *Raiders of the Lost Ark* (1981) en de Walt Disney-versie van *The Sorcerer's Apprentice* (1940).

In hoofdstuk 5 zal ik het ecogenomics discours tijdelijk terzijde schuiven, om te onderzoeken hoe de ecotechnologische wending ter sprake komt in het werk van Peter Sloterdijk. Met Sloterdijks onderscheid tussen traditionele *allotechnieken* en opkomende *homeotechnieken* als uitgangspunt, zal ik de belofte dat ecotechniek een nieuwe relatie tussen mens, techniek en natuur tot stand zal brengen, kritisch onder de loep nemen. Sloterdijk beschrijft het revolutionaire karakter van homeotechnieken met behulp van drie concepten: ze zijn niet alleen gebaseerd op een *imitatio naturae*, maar zullen ook een *niet-dominerende* en *co-operatieve* benadering van de natuur mogelijk maken. In dit hoofdstuk zal ik beargumenteren dat Sloterdijks reflecties gebaseerd zijn op een reeks problematische assumpties. Sloterdijk veronderstelt dat onze kennis van de natuur inmiddels zo ver is gevorderd, dat wij zelfs haar meest complexe en verfijnde principes – replicatie, selectie, transgenese, etc. – in onze eigen technieken kunnen incorporeren. Getuigt deze overtuiging echter niet van *hybris*? Bovendien sluit het vermogen om de processen van de natuur na te bootsen, een niet-dominerende houding tegenover de natuur niet per definitie uit; dit vermogen verschaft ook nieuwe mogelijkheden voor exploitatie, bijvoorbeeld in de vorm van genetische manipulatie en 'nature mining'. Omdat homeotechnieken het klassieke onderscheid tussen natuurlijke en door de mens ontwikkelde technieken vertroebelen, wordt deze exploitatie bovendien steeds subtieler en (daardoor) minder zichtbaar. Homeotechnieken zouden derhalve onze controle over de natuur ook kunnen vergroten. Voortbouwend op het werk van Val Plumwood, besluit dit vijfde hoofdstuk met de overweging dat de bijdrage van homeotechnieken aan een duurzame(re) toekomst in grote mate afhangt van het bredere kader waarbinnen zij worden geïmplementeerd.

In het concluderende hoofdstuk 6 wordt beargumenteerd dat het ecogenomics discours, ondanks de belofte een nieuwe, duurzamere relatie tussen mens, techniek en natuur tot stand te brengen, in sterke mate is gebaseerd op een instrumentele natuuropvatting. Dit komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in de schatgraversnarratief en het begrip 'nature mining', waarin de natuur wordt voorgesteld als een bron die beschikbaar is voor ongelimiteerd menselijk gebruik. Maar het ecogenomics discours onthult ook een bescheidener benadering van de natuur, zij het (nog) wat aarzelend. Deze onderstroming komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in het ongemak dat de term 'nature mining' losmaakte bij een deel van de Nederlandse ecogenomics gemeenschap. De 'metagenomic approach', die vooralsnog in sterke mate leunt op een instrumentele benadering van de natuur, herbergt ook andere interpretaties van de natuur als een belangrijke

en betekenisvolle orde. Door ons te confronteren met onze afhankelijkheid van microben in het vervullen van tal van menselijke behoeften, zou metagenomics ons kunnen aanmoedigen een natuurbeeld te omarmen dat gerelateerd is aan het mythische natuurbeeld van de aarde als 'nurturing mother' (vgl. Merchant 1989). Door de onderlinge afhankelijkheid van alle levensvormen te benadrukken, zou het veld ons bovendien kunnen stimuleren om Aldo Leopolds beeld van het land als 'collective organism' verder te ontwikkelen (1949). Het Committee on Metagenomics (2007) heeft al een stap in deze richting gezet door naar de metagenomics benadering te verwijzen als "the genomics of *Gaia*". De opkomst van een vocabulaire dat een meer respectvolle visie op de natuur uitdrukt, kan ook worden herkend in andere voorbeelden van ecotechniek, zoals biomimicry. Hoewel Benyus geen aandacht besteedt aan het feit dat niet alleen de 'goods', maar ook de wijsheid van de natuur voor instrumentele doeleinden kan worden ingezet, geeft haar alternatieve leermeesternarratief blijk van de bereidheid een nieuwe, bescheidener visie op de natuur te ontwikkelen.

Hoe zouden we ervoor kunnen zorgen dat dit bescheidener perspectief geen onderstroming blijft, maar de heersende stroom wordt? Een noodzakelijke stap in dit proces is in mijn optiek dat we erkennen dat ecotechniek niet het gehele antwoord, maar slechts een *deel* van het antwoord is. Voortbouwend op de conclusie uit hoofdstuk 5, sluit dit proefschrift af met de positie dat, om te voorkomen dat ecogenomics en andere ecotechnieken woordvoerders worden van een reductionistische en instrumentele denkwijze, zij moeten worden geïntegreerd in een *democratische* wetenschap die de natuur beschouwt als *partner* in de productie van kennis (vgl. Plumwood 2002).