

## **Bouwstenen voor het NMP4**

Aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 5



# Bouwstenen voor het NMP4

Aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 5

---

Vormgeving lay - out en productie : Studio RIVM

Druk en afwerking : Wilco bv, Amersfoort

CIP-gegevens

ISBN 90 6960 094 3

NUGI 825

RIVM-rapportnr. 408 129 022

© RIVM Bilthoven, 2001

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912j het Besluit van 20 juni 1974, Stb 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1985, Stb 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprerecht (postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelten uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken dient u zich te richten tot: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven.

---

## VOORWOORD

De publicatie 'Bouwstenen voor het NMP4' is een aanvulling op de in september 2000 door het RIVM uitgebrachte Nationale Milieuverkenning 5. In de Milieuverkenning zijn de hardnekkige milieuproblemen voor de komende decennia geïdentificeerd. In dit Bouwstenen-rapport is vastgelegd welke aanvullende informatie door het RIVM is geleverd ter ondersteuning van de totstandkoming van het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP4).

In tegenstelling tot vorige NMP's is geen integrale doorrekening van het NMP4 gemaakt in termen van milieu-effecten en -kosten van maatregelpakketten. Het NMP4 is immers anders van karakter dan vorige NMP's: het is een strategische, op de lange termijn (2030) gerichte beleidsnota zonder concreet uitgewerkte - en dus doorrekenbare - maatregelpakketten voor deze periode. Het NMP4 vervangt ook niet het meer op de korte termijn (2010) gerichte NMP3, maar is aanvullend op het NMP3. Wel heeft het RIVM op het terrein van verzuring en verstoring/geluidhinder kosteneffectiviteitsberekeningen gemaakt voor het jaar 2010, ter ondersteuning van de in het NMP3 aangekondigde herijking van de beleidsdoelen op deze terreinen. De belangrijkste resultaten van die berekeningen zijn in de voorliggende rapportage opgenomen, onder verwijzing naar de betreffende RIVM-rapporten.

Met het uitbrengen van dit Bouwstenen-rapport wordt het RIVM-materiaal dat in de loop van het NMP4-proces is ingebracht ook toegankelijk voor andere doeleinden. Zo kunnen bijvoorbeeld de politieke partijen er gebruik van maken bij het verder vormgeven van de milieuparagraaf in hun partijprogramma voor de verkiezingen in mei 2002.

Voor achterliggend cijfermateriaal verwijs ik u naar de separaat uitgebrachte RIVM-rapportage 'Bouwstenen voor het NMP4: Bijlagen'.

De Directeur Milieu,



Prof.ir. N.D. van Egmond



---

# INHOUDSOPGAVE

## VOORWOORD 5

## SAMENVATTING 9

### 1 INLEIDING 13

### 2 HARDNEKKIGE MILIEUPROBLEMEN, BARRIÈRES EN TRANSITIES 15

- 2.1 Hardnekkige milieuproblemen 15
- 2.2 Dertig jaar milieubeleid 16
- 2.3 Barrières voor een duurzame ontwikkeling 21
- 2.4 Transitie en de rol van de overheid 22

### 3 KLIMAATVERANDERING, VERZURING EN EEN DUURZAME ENERGIEHUISHOUDING 25

- 3.1 Inleiding 25
- 3.2 Klimaatverandering 25
  - 3.2.1 Probleemschets en NMP4-ambitie 25
  - 3.2.2 Verdeling van toekomstige inspanningen in het kader van het klimaat 28
  - 3.2.3 Economische effecten klimaatbeleid 31
  - 3.2.4 Mogelijkheden voor vastlegging van CO<sub>2</sub> (sinks) 33
- 3.3 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 36
  - 3.3.1 Probleemschets en NMP4-ambitie 36
  - 3.3.2 Het Nederlandse verzuringsbeleid in Europees perspectief 41
  - 3.3.3 Voorstelbaarheid van de doelen van het verzuringsbeleid 42
- 3.4 Oplossingsrichtingen in het klimaat- en verzuringsbeleid 44
  - 3.4.1 Oplossingsrichtingen in het mondiale klimaatbeleid 44
  - 3.4.2 Synergie in de Nederlandse aanpak van klimaatverandering en verzuring 45
  - 3.4.3 Illustratie: transitie van de brandstofcel in transport 48

<b>4</b>	<b>MONDIALE BIODIVERSITEIT EN NATUURLIJKE HULPBRONNEN</b>	<b>51</b>
4.1	Probleemschets en NMP4-ambitie	51
4.2	De Biodiversiteitconventie	53
4.3	Invoerstromen van Nederland vanuit ontwikkelingslanden	56
4.4	Mondiale voedselvoorziening, areaalgebruik en landbouwproductiviteit	57
4.5	Milieubelasting van mijnbouw en metaalindustrie	58
<b>5</b>	<b>HOOGWAARDIGE LEEFOMGEVING</b>	<b>61</b>
5.1	Probleemschets en NMP4-ambitie	61
5.2	Hoogwaardig: een kwestie van definitie	62
5.3	Kosten en baten van geluidmaatregelen	67
5.3.1	Effecten van geluidoverlast	68
5.3.2	Maatregelen: kosten en baten in 2010 en 2030	70
5.3.3	Generiek brongerichte aanpak van geluidoverlast	71
5.3.4	Knelpuntgerichte aanpak	73
<b>6</b>	<b>DUURZAME LANDBOUW EN BESCHERMING VAN DE NATIONALE BIODIVERSITEIT</b>	<b>79</b>
6.1	Inleiding	79
6.2	Van NMP4-ambities naar benodigde depositie- en emissieniveaus	79
6.3	Uitbreiding natuurgebieden in Nederland	82
6.4	Gebiedsgericht ammoniakbeleid	83
6.5	Aandeel grote natuur in Nederland	85
6.6	Landbouwgrond met vernattingsschade	86
6.7	Mogelijke effecten van beheersmaatregelen	88
<b>7</b>	<b>GEZOND EN VEILIG</b>	<b>91</b>
7.1	Probleemschets en NMP4-ambitie	91
7.2	Onbeheersbare risico's van micro-organismen	93
7.3	Mogelijke risico's van hoogspanningslijnen	103
7.4	Risico's van maatschappelijke activiteiten in Nederland	104
<b>8</b>	<b>KOSTEN, BATEN EN SYNERGIE IN HET MILIEUBELEID</b>	<b>109</b>

<b>REFERENTIES</b>	<b>113</b>
--------------------	------------



## SAMENVATTING

*Het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP4) bevat de strategische beleidslijnen voor de lange termijn (2030). Het zet in op systeeminnovaties, transities en beleidsvernieuwingen om oplossingen te vinden voor de milieuproblemen die zich de komende decennia zullen blijven voordoen. De ambities voor het oplossen van de hardnekkige milieuproblemen zijn hoog. Zo is het doel dat de milieukwaliteit uiteindelijk zodanig is dat circa 95% van de natuur in Nederland duurzaam wordt beschermd. Daarnaast mogen er op termijn geen milieugerelateerde gezondheidseffecten meer zijn. Om deze vergaande beleidsambities te kunnen realiseren zullen de emissies van met name  $\text{NO}_x$ , VOS, ammoniak en fijn stof in Nederland met 70-90% moeten worden gereduceerd ten opzichte van 1990. Het NMP4 verwacht daarbij veel van technologische oplossingen (doorbraaktechnologieën). Met de huidige, bekende technologieën zijn dergelijke reductiepercentages in 2030 nauwelijks voorstelbaar. Om de effecten van klimaatverandering het hoofd te kunnen bieden zal de  $\text{CO}_2$ -emissie in West-Europa de komende decennia met 30-50% moeten afnemen, uitgaande van op termijn gelijke  $\text{CO}_2$ -emissies per hoofd van de bevolking op mondiale schaal. In vrijwel alle IPCC-scenario's wordt echter een verdere stijging van de  $\text{CO}_2$ -emissie voorzien. Desondanks lijken er voldoende technologische opties te zijn om een aanzienlijke reductie van de  $\text{CO}_2$ -emissie te kunnen bewerkstelligen. De kosten van deze opties zijn relatief gering. De voornaamste invoeringsproblemen liggen op het politieke, sociale en institutionele vlak. Het NMP4 bevat ook nieuwe korte-termijn doelstellingen (2010) voor verzuring en geluidhinder. Deze zijn minder vergaand dan de oorspronkelijke NMP3-doelen voor 2010. Realisatie van de 2010-doelen uit het NMP3 in 2020 is voor de emissie van  $\text{SO}_2$  voorstelbaar, maar lijkt voor de emissie van VOS problematisch. Het doel voor de  $\text{NO}_x$ -emissie is met de nu voorstelbare technieken in 2020 niet realiseerbaar. Dit geldt ook voor de emissie van ammoniak.*

### **Een aantal milieuproblemen is hardnekkig**

Eén van de hoofdconclusies uit de 5e Nationale Milieuverkenning is dat met het vastgestelde milieubeleid op diverse terreinen weliswaar vermindering van de druk op het milieu kan worden bewerkstelligd, maar dat een aantal hardnekkige milieuproblemen overblijft, waarvan de belangrijkste een internationaal karakter hebben en een verre tijdshorizon (30 tot 100 jaar). Voorbeelden van dergelijke milieuproblemen op de verschillende schaalniveaus zijn:

- *Wereldschaal*: verlies van biodiversiteit, klimaatverandering, verstoring van de stikstofkringloop en lokale beschikbaarheid van voldoende en kwalitatief goed water.
- *Europese schaal*: achteruitgang van natuurgebieden en biodiversiteit, het relatief grote aandeel in de mondiale emissies van  $\text{CO}_2$ , grootschalige luchtverontreiniging door fijn stof en ozon en de effecten daarvan op de volksgezondheid.
- *Nationale schaal*: verlies aan biodiversiteit in het landelijk gebied (door onder andere het mestprobleem en verdroging van de natuur) en gezondheidsverliezen in het stedelijk gebied gerelateerd aan de kwaliteit van de leefomgeving (luchtkwaliteit, geluidhinder, beschikbaarheid van groene ruimte).

Nederland zal in de komende decennia natuur- en gezondheidseffecten blijven onderkennen van de milieuproblemen op internationale schaal, zoals klimaatverandering, ver-

zuring en grootschalige luchtverontreiniging. Het bestrijden van hardnekkige milieuproblemen vraagt om vergaande maatschappelijke inspanningen. Om voldoende maatschappelijk draagvlak voor deze inspanningen te krijgen zullen diverse sociale, economische en institutionele barrières moeten worden overwonnen.

### *Transitie-denken als nieuwe benaderingswijze in het milieubeleid*

Het NMP4 bevat de beleidsmatige reactie op de conclusies uit de 5e Milieuverkenning. Het beschrijft de ingrijpende (inter)nationale veranderingen en maatregelen die nodig zijn om de hardnekkige milieuproblemen aan te pakken. Een centrale rol daarbij spelen transities: structurele veranderingen in de maatschappij (of een deelsysteem daarvan), waarbij sprake is van op elkaar inwerkende en elkaar versterkende technologische, economische, sociaal-culturele en institutionele ontwikkelingen op verschillende schaalniveaus. Het NMP4 zet de komende decennia in op drie transities, namelijk naar een duurzame energiehuishouding, een duurzaam gebruik van de biodiversiteit en natuurlijke hulpbronnen, en naar een duurzame landbouw. Bij dergelijke doelgerichte transities kan de overheid invloed uitoefenen door bijvoorbeeld een actief investerings- en stimuleringsbeleid gericht op kennis en kennisontwikkeling (R&D). Het aandeel van het Nederlandse R&D-budget in de wereld is circa 2%. Het aandeel van de overheid in het nationale R&D-budget is minder dan de helft. Internationale samenwerking en afstemming, en publiek-private R&D-financiering zijn dan ook onontbeerlijk.

### *Een duurzame energievoorziening is technologisch en economisch voorstelbaar*

Het (richtinggevende) emissiedoel van 30% CO<sub>2</sub>-reductie in 2030 ten opzichte van 1990 is zeer ambitieus maar theoretisch gezien haalbaar. Technologisch is het voorstelbaar, maar het vergt zeer grote inspanningen, zowel vanuit de overheid om de randvoorwaarden te scheppen als vanuit de overige economische sectoren om de noodzakelijke maatregelen daadwerkelijk te treffen. Oplossingsrichtingen voor CO<sub>2</sub> reduceren ook andere energiegerelateerde emissies (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, fijn stof en VOS). Het meelift-effect (synergie) is echter onvoldoende om het NO<sub>x</sub>-emissiedoel in 2030 te bereiken. Het realiseren van het NO<sub>x</sub>-doel vereist naast vergaande CO<sub>2</sub>-oplossingsrichtingen grootschalige toepassing van geavanceerde energiesystemen, zoals bijvoorbeeld de brandstofcel. Inzet van technologische opties kan tegen relatief geringe kosten voor een aanzienlijke reductie van de energiegerelateerde emissies zorgen. De kosten die in Nederland nodig zijn om de NMP4-beleidsdoelen voor klimaatverandering en verzuuring te halen, worden geschat op 1,0-2,5% van het Bruto Nationaal Product in 2030.

### *Karakteristieke natuurgebieden zijn in Nederland planologisch goed beschermd, karakteristieke open landschappen niet*

In 1994 heeft Nederland de Biodiversiteitsconventie uit 1992 (Rio de Janeiro) geratificeerd en vertaald in een Strategisch Plan van Aanpak Biodiversiteit. Uitgangspunt in deze conventie is de internationale verantwoordelijkheid van landen voor karakteristieke natuur, landschappen en soorten. Karakteristieke natuurgebieden in Nederland zijn, ondanks de hoge ruimte- en milieudruk, in vergelijking met omliggende landen planologisch gezien goed beschermd. Karakteristieke ecosystemen (zoals de duinen, kustecosystemen en laagvenen) zijn vanuit internationaal perspectief heel kwetsbaar en hun

bescherming hangt sterk samen met een effectief beleid in eigen land. Rivier- en heuvel-landnatuur zou baat kunnen hebben bij internationale samenwerking en initiatieven buiten ons land. De karakteristieke open landschappen worden in Nederland planologisch gezien onvoldoende beschermd.

### ***In achterstandswijken lijkt de kans op stapeling van ongunstige ruimtelijke, sociale en milieufactoren groter dan elders in Nederland***

De kwaliteit van de leefomgeving wordt niet alleen bepaald door de mate van geluidhinder. Ook van belang zijn de kwaliteit van de woning, het uiterlijk en aanzien van de buurt, de aanwezigheid van ruimte en groen, burens, veiligheid, niveau van voorzieningen (winkels, schouwburg, bibliotheek) en de milieukwaliteit (lucht en bodem). Lokale omstandigheden, met name hoge verkeersemisies, zijn van grote invloed op de gezondheid en veiligheid van bevolkingsgroepen. Er is reden tot zorg over waarden als sociale rechtvaardigheid of de billijkheid van de verdeling van de kwaliteit van de leefomgeving, zowel in ruimtelijk als sociaal opzicht. Er zijn indicaties dat met name in achterstandswijken de kans op stapeling van ongunstige ruimtelijke, sociale en milieufactoren aanzienlijk groter is dan elders.

### ***Stillere autobanden zijn het meest kosteneffectief ter vermindering van de geluidhinder***

Generieke, brongerichte maatregelen kunnen een duidelijke vermindering van de geluidproblematiek in Nederland bewerkstelligen. De meest kosteneffectieve maatregel is de invoering van stillere autobanden, aangezien de effecten aanzienlijk zijn en er nauwelijks extra kosten mee zijn gemoeid. Bij een knelpuntgerichte aanpak kan toepassing van dubbellaags ZOAB en plaatsing van nieuwe of verhoging van bestaande geluidschermen langs rijks- en spoorwegen, ervoor zorgen dat vrijwel geen woningen meer zullen bestaan die hogere geluidbelastingen hebben dan 70 dB(A) ten gevolge van rijksweg- en railverkeer. De kosten die hiermee samenhangen bedragen circa 1,5-2 miljard gulden. In vrijwel alle onderzochte gevallen zijn de maatschappelijke baten van generieke, brongerichte maatregelen (bijvoorbeeld stillere banden en stillere voertuigen) hoger dan de kosten. Bij een knelpuntgerichte aanpak (plaatsen van nieuwe of verhogen van bestaande geluidschermen, aanleg dubbellaags ZOAB) is dat niet altijd het geval.

### ***Duurzame bescherming van de natuur in Nederland vraagt om een combinatie van generiek en gebiedsgericht milieubeleid***

De ambitie in het NMP4 is om uiteindelijk 95% van de natuur in Nederland duurzaam te beschermen, door inzet van een combinatie van zowel generiek als gebiedsgericht beleid en waar nodig aangevuld met effectgerichte beheersmaatregelen. In 2000 was minder dan 10% van de natuur in Nederland duurzaam beschermd. Bij de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur zou voorrang gegeven kunnen worden aan de aankoop van landbouwenclaves in en rond grote eenheden natuur. De milieuoedities kunnen dan verbeteren in een gebied dat aanzienlijk groter is dan het aangekochte gebied. Verplaatsing van landbouwbedrijven uit een zone van 500 meter rond natuurgebieden kan leiden tot een vermindering van de lokale stikstofdepositie met maximaal 200 mol per ha per jaar. Daarmee kan het percentage (voor stikstof) beschermde grote eenheden

natuur in 2010 worden verhoogd van circa 30% tot boven de 50%. Een meest kosten-effectieve invulling van de verhouding tussen generiek en gebiedsgericht beleid is nog niet goed te geven. Het effect van gebiedsgericht beleid is afhankelijk van de wijze waarop de generieke emissiereductie al heeft plaatsgevonden. Als op langere termijn op grote schaal emissievrije stallen beschikbaar komen wordt gebiedsgericht beleid minder effectief: de locatie van dergelijke stallen is dan immers niet relevant. Hoe sneller gebiedsgerichte maatregelen worden getroffen, hoe groter dus het potentiële effect. Ook zonder generieke verlaging van de achtergronddepositie heeft gebiedsgericht beleid doorgaans een gunstig effect op de natuurbescherming.

Ter bestrijding van verdroging kunnen grondwaterstanden worden verhoogd. Dat zal niet alleen in de natuurgebieden zelf effect hebben, maar ook in de directe omgeving van natuurgebieden. Op in totaal circa 500.000 ha areaal in Nederland kunnen dan vernattingseffecten optreden. Ongeveer de helft daarvan is landbouwgrond die buiten de Ecologische Hoofdstructuur ligt. Hier kan dan sprake zijn van vernattingsschade in de zin van verminderde landbouwopbrengsten.

### *De kans dat per ongeluk gevaarlijke nieuwe micro-organismen worden geïntroduceerd, lijkt zeer gering*

Problemen op het terrein van 'gezond en veilig' hangen samen met milieugerelateerde gezondheidsrisico's, voedselkwaliteit, kwaliteit van drink- en zwemwater en externe veiligheidsrisico's van maatschappelijke activiteiten (zoals transport over de weg, per rail en door de lucht, industriële bedrijvigheid en opslag van gevaarlijke stoffen). Het milieugerelateerde gezondheidsverlies, uitgedrukt als het aantal verloren gezonde levensjaren, is in Nederland ongeveer 2-5% van de totale gezondheidsverliezen. Vooral door de vergrijzing zal het gezondheidsverlies door luchtverontreiniging de komende decennia toenemen. Het transport van gevaarlijke stoffen over de weg en het luchtverkeer leveren een veel grotere bijdrage aan het rampenpotentieel in Nederland dan de bedrijven die verplicht zijn een externe veiligheidsrapport (EVR) uit te brengen.

Naast bewezen milieugerelateerde gezondheidsrisico's zijn er diverse nog onbewezen maar niet uit te sluiten risico's voor de volksgezondheid. Voorbeelden zijn de mogelijke gezondheidseffecten van micro-organismen, hormoonontregelende stoffen (oestrogenen), genetisch gemanipuleerde organismen, hoogspanningslijnen en GSM-apparatuur. De komende decennia zullen micro-organismen en infectieziekten (zoals AIDS, tuberculose en malaria) nog volop aandacht en inzet vragen van de gezondheidszorg, wetenschappers en politici. De steeds verdere ontsluiting van de wereld ('global village') zal nog vele acute bedreigingen opleveren in de vorm van plotselinge ziektegevallen op plekken waar ze niet worden verwacht. Ook zullen tot nu toe onbekende infectieziekten opduiken. De ervaring leert dat er goede mogelijkheden zijn om adequaat te reageren. De kans dat (biomedische) laboratoria per ongeluk gevaarlijke nieuwe micro-organismen zouden kunnen introduceren lijkt zeer gering; een grotere bedreiging lijkt uit te gaan van bioterrorisme. Het mogelijke aantal extra gevallen van leukemie bij kinderen als gevolg van het wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen, wordt geschat op 0,2 tot 1 per jaar op een totaal van circa 110 nieuwe gevallen per jaar.

# 1 INLEIDING

In september 2000 heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) de 5e Nationale Milieuverkenning (MV5) gepresenteerd. Hierin zijn de hardnekkige milieuproblemen voor de komende decennia aangegeven. Het onlangs verschenen Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP4) is het beleidsmatige antwoord op de in de MV5 geschetste milieuproblemen.

Bij de totstandkoming van het NMP4 heeft het RIVM een interactieve, ondersteunende rol gespeeld. Op verzoek van de NMP4-departementen is op diverse terreinen (bijvoorbeeld klimaat, energie, verzuring, biodiversiteit, leefomgeving, geluidhinder en natuurbescherming) kennis ingebracht, bedoeld als bouwstenen voor en ondersteuning van beleidsmatige keuzes en afwegingen. In deze publicatie 'Bouwstenen voor het NMP4; aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 5' legt het RIVM vast welke informatie in de loop van het NMP4-proces is geleverd. Overigens is niet alle geleverde informatie uiteindelijk in het NMP4 geland. Voor een herkenbare koppeling met het NMP4 zijn in dit Bouwstenen-rapport zoveel mogelijk de hoofdthema's van het NMP4 gevolgd: duurzame energiehuishouding, biodiversiteit en duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen, natuur en landbouw, kwaliteit van de leefomgeving (inclusief geluidhinder), en gezondheid (inclusief gevaarlijke stoffen) en externe veiligheid. Met nadruk wordt gesteld dat deze publicatie géén evaluatie van het NMP4 bevat.

In tegenstelling tot eerdere NMP's heeft het RIVM geen integrale doorrekening van maatregelpakketten uit het NMP4 gemaakt. Het NMP4 is anders van karakter dan vorige NMP's, meer strategisch en op de lange termijn (2030) georiënteerd. Het bevat eerste stappen op weg naar de lange-termijn ambities en geen concreet uitgewerkte maatregelpakketten voor de lange termijn. Het NMP4 vervangt dan ook niet het NMP3 waarin het korte termijn beleid tot 2010 is aangegeven, maar is een aanvulling hierop.

In het vorige NMP is aangekondigd dat de 2010-doelstellingen voor zowel verzuring als geluidhinder zouden worden herijkt. Bij beide herijkingsprojecten is het RIVM nauw betrokken geweest en zijn kosteneffectiviteitsberekeningen van mogelijke aanvullende maatregelen voor het jaar 2010 gemaakt. De belangrijkste resultaten van deze berekeningen zijn in dit Bouwstenen-rapport meegenomen, onder verwijzing naar de betreffende RIVM-rapporten. Hetzelfde geldt voor de ondersteuning die het Natuurplanbureau (bestaande uit het RIVM in samenwerking met de Stichting DLO) begin 2001 heeft geboden aan het zogeheten Natuuroffensief van de Staatssecretaris Natuurbeheer van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. De milieugerelateerde conclusies van die ondersteuning zijn in dit Bouwstenen-rapport meegenomen, waarbij wordt verwezen naar de betreffende Natuurplanbureau-publicatie.

De tijdens het NMP4-proces ingebrachte informatie was afhankelijk van de kennisbehoefte die bij de NMP-departementen gedurende het proces bleek te bestaan voor een bepaald thema of aandachtsveld. Het gevolg is dat deze publicatie niet terreindekkend is voor het gehele milieuterrein. Daarnaast bevat deze publicatie ongelijksoortige informa-

tie, van kwantitatieve inschattingen van kosten en effecten van maatregelen (verzuring, geluidhinder) tot kwalitatieve beschouwingen over bijvoorbeeld het begrip leefomgeving of over de mogelijke toekomstige risico's van micro-organismen.

In mei 2002 (uiterlijk) zullen weer landelijke verkiezingen plaatsvinden. De minister van VROM heeft aan de partijen uit de Tweede Kamer aangeboden om - net zoals in 1994 en 1998 is gebeurd - hun partijprogramma door het RIVM te laten doorrekenen op milieu-effecten en -kosten. Met het uitbrengen van dit Bouwstenen-rapport maakt het RIVM het materiaal dat in het NMP4-proces is ingebracht ook toegankelijk voor de politieke partijen. Zij kunnen van dit materiaal gebruik maken bij het verder invullen van de milieuparagraaf uit hun verkiezingsprogramma.

Voor een verdere, veelal kwantitatieve, onderbouwing van de conclusies uit deze publicatie, wordt verwezen naar het separaat uitgebrachte RIVM-rapport 'Bouwstenen voor het NMP4: Bijlagen' (rapportnummer 408 129 023).

## 2 HARDNEKKIGE MILIEUPROBLEMEN, BARRIÈRES EN TRANSITIES

### 2.1 Hardnekkige milieuproblemen

Eén van de hoofdconclusies uit de 5e Nationale Milieuverkenning is dat met het vastgestelde milieubeleid op diverse terreinen weliswaar vermindering van de druk op het milieu kan worden bewerkstelligd, maar dat een aantal hardnekkige milieuproblemen overblijft, waarvan de belangrijkste een internationaal karakter hebben (RIVM, 2000). Hardnekkig betekent dat met het huidige milieubeleid ook op lange termijn niet die milieukwaliteit kan worden gerealiseerd waarbij de risico's voor de volksgezondheid, leefomgeving en ecosystemen tot een acceptabel niveau zijn teruggebracht.

De meeste milieuproblemen waarvoor in de afgelopen decennia oplossingen zijn gevonden speelden zich af op nationale of lokale schaal. Op mondiale schaal is alleen de problematiek van de afbraak van de ozonlaag beleidsmatig opgelost. De resterende hardnekkige milieuproblemen spelen zich steeds meer af op het Europese en zelfs mondiale schaalniveau en hebben een verre tijdshorizon (30 tot 100 jaar). Het merendeel van de resterende milieuproblemen is hardnekkig en steeds moeilijker op te lossen. De steeds verder toenemende complexiteit van de wereldwijde sociale, economische en institutionele netwerken kan daarbij zowel een kans als een bedreiging zijn (Rotmans en De Vries, 1997). Zo kunnen dergelijke netwerken leiden tot een mondiale samenwerking, tenzij de regionale cultuurverschillen en concurrentie sterk blijken te zijn. De mondiale communicatie kan leiden tot een efficiënte marktwerking met een toenemend bewustzijn van de rol van het mondiale ecosysteem en van de acceptatie van randvoorwaarden aan de economische ontwikkeling. Dat vergt dan wel een sterke sturing door overheden.

#### *Wereldschaal*

De ontwikkeling van de milieukwaliteit op mondiale schaal is het gevolg van hardnekkige trends in mondiale sociale en economische ontwikkelingen (economische groei, bevolkingsgroei). De belangrijkste daaruit voortvloeiende problemen in het ecologisch domein op wereldschaal, met negatieve gevolgen voor ontwikkelingskansen in het sociale en economische domein, zijn:

- druk op de biodiversiteit door toename van de vraag naar grond voor voedselproductie en voor biomassa als energiebron;
- klimaatverandering (met name door emissie van CO<sub>2</sub>);
- verstoring van de stikstofkringloop, door de intensivering van de landbouw, en de stijgende emissie van NO<sub>x</sub>, vooral door toename van het autoverkeer;
- (de dagelijkse) beschikbaarheid van voldoende en kwalitatief goed water.

Nederland zal in de komende decennia de effecten van klimaatverandering en verminderende beschikbaarheid van landbouwgronden in ontwikkelingslanden en van de afnemende biodiversiteit ondervinden.

### *Europa*

De ontwikkeling van de milieukwaliteit op Europese schaal is voor een deel het gevolg van de mondiale grensoverschrijdende milieuproblemen en voor een deel van hardnekkige trends in Europese maatschappelijke ontwikkelingen (groei van inkomens en mobiliteit, verstedelijking, vergrijzing, immigratie). Hardnekkige problemen zijn:

- achteruitgang van natuurgebieden en biodiversiteit in Europa door emissies van stikstofverbindingen, met name door verkeer en landbouw;
- het relatief grote aandeel in de mondiale emissies van CO<sub>2</sub>;
- grootschalige luchtverontreiniging door fijn stof en ozon en de effecten daarvan op de volksgezondheid.

Nederland zal in de komende decennia de natuur- en gezondheidseffecten van de grootschalige luchtverontreiniging en verzuring blijven ondervinden.

### *Nederland*

De ontwikkeling van de milieukwaliteit in Nederland is voor een deel het gevolg van grensoverschrijdende mondiale en Europese milieuproblemen en voor een deel van specifiek Nederlandse maatschappelijke ontwikkelingen (hoge bevolkingsdichtheid, verstedelijking, toename van de mobiliteit, groei in de energie-intensieve productie en in energie- en ruimte-intensieve consumptie, de daaraan verbonden hoog blijvende inzet van fossiele brandstoffen, en de hoge veedichtheid). Hardnekkige problemen op Nederlandse schaal zijn:

- in het landelijk gebied: het verlies aan biodiversiteit door onder andere het mestprobleem (inclusief emissie van ammoniak, nitraat in bodem- en grondwater en fosfaat-afspoeling naar water) en verdroging van de natuur;
- in het stedelijk gebied: de gezondheidsverliezen gerelateerd aan de kwaliteit van de leefomgeving (luchtkwaliteit, geluidhinder, beschikbaarheid van recreatief interessante groene ruimte).

Er bestaan verschillende visies op de te kiezen oplossingsrichtingen. Ruwweg zijn hier technologisch optimisten en technologisch pessimisten te onderscheiden. In de visie van de 'optimisten' zijn er voorlopig nog voldoende technologische innovaties voorstelbaar om de hardnekkige problemen het hoofd te bieden. De 'pessimisten' achten deze innovaties slecht bestuurbaar, vrezen dat innovaties te laat zullen zijn of weer nieuwe problemen met zich zullen brengen en kiezen dan ook voor niet-technologische oplossingen, zoals gedragsverandering, versobering en onthaasting. Een eenduidige keuze bestaat hier niet. Het milieubeleid moet zo mogelijk beide oplossingsrichtingen naast elkaar proberen te benutten.

## **2.2 Dertig jaar milieubeleid**

In de Milieubalans 2000 (RIVM, 2000a) is een apart hoofdstuk opgenomen over 'dertig jaar milieubeleid'. Daarin wordt gesteld dat milieubeleid een essentieel terugkoppelingsmechanisme is in de interactie tussen maatschappij en milieu. Milieubeleid kan zowel ingrijpen op de effecten (bijvoorbeeld woningen isoleren of heidevelden afplagen) als aan de bronnen (bestrijdingstechnieken afdwingen, autogebruik ontmoedigen).



Bij het vormgeven van het milieubeleid kan gekozen worden uit verschillende beleidsinstrumenten, zoals voorschriften, heffingen, subsidies of voorlichting.

### *Beleidsfasen*

Kenmerkend voor de ontwikkeling van het milieubeleid in de afgelopen 30 jaar is dat geleidelijk een verschuiving is opgetreden van een overwegend op incidenten gebaseerd ‘ad hoc’ beleid naar een meer planmatig, preventief en samenhangend beleid.

De eerste acties op milieugebied bestonden uit het reageren op incidenten. De Wet verontreiniging oppervlaktewater (WVO, 1970) is de eerste wet gericht op verbetering van de waterkwaliteit en ontstond als reactie op de zichtbaar slechte waterkwaliteit. De eerste milieunota was de Urgentienota (1970). Hierin stond de bescherming van de volksgezondheid nog voorop. De bodemverontreinigingen in onder meer Lekkerkerk (1980) en de Volgermeerpolder (1982/83) waren aanleiding voor een omvangrijk bodemsaneringprogramma en aanpassing van het afvalbeleid. Dode meren en bossen in Europa leidde tot het ontstaan van het verzuringsbeleid. De beleidsagenda is vooral tussen de Urgentienota (1970) en het Indicatief Meerjarenprogramma Milieubeheer (1985) steeds omvangrijker geworden, wat kenmerkend is voor de erkenningsfase waarin het beleid zich in die periode bevond.

De toenemende complexiteit van de milieuproblematiek leidde in de jaren '80 tot het ontwikkelen van integraal milieubeleid, gericht op een samenhangende benadering van de kwaliteit van bodem, water en lucht en toegespitst op een aantal geselecteerde milieuthema's en doelgroepen. Milieukwaliteitsdoelen en vergunningverlening werden in toenemende mate op elkaar afgestemd. Het eerste Nationaal Milieubeleidsplan (NMP, 1989) kan worden gezien als de afronding van deze fase van intensivering van de beleidsontwikkeling, waarbij voor de beleidsthema's en doelgroepen doelstellingen en tussendoelen werden vastgesteld.

Het eerste NMP vertaalde duurzame ontwikkeling vooral in ‘sterke’ duurzaamheidsgrenzen, waarbinnen economie en maatschappij zich dienden te ontwikkelen. De eendigheid van de aardse ecosystemen vormde hiervoor de belangrijkste legitimering. In de jaren '90 groeide nationaal en internationaal steeds meer het idee dat milieu- en natuurdoelen in samenhang moeten worden gezien met sociale en economische doelen, dat het gaat om een afweging van risico's en belangen en van kosten en baten. Deze benadering - waarbij het milieu dienstbaar is aan de maatschappelijke ontwikkeling - wordt wel ‘zwakke duurzaamheid’ genoemd. In het verlengde hiervan verschoof de beleidsaandacht van absolute doelen naar relatieve duurzaamheidsmaten, zoals efficiency- en oenkoppelingindicatoren en ‘benchmarking’.

In de jaren '90 kwam in het beleid meer nadruk te liggen op uitvoering en handhaving. Mede door de algemene trend van deregulering en decentralisatie werd steeds meer accent gelegd op de eigen verantwoordelijkheid van het bedrijfsleven: in plaats van nieuwe regelgeving kwamen er vrijwillige afspraken in de vorm van convenanten, meerjarenafspraken, benchmarking en verhandelbaarheid van emissieplafonds (zoals

voor  $\text{NO}_x$ ). Financieel-economische instrumenten worden steeds meer ingezet als een impuls voor (vrijwillige) gedragsverandering zoals energiebelastingen en fiscale aftrek voor milieu-investeringen. De instrumentenmix van het milieubeleid is vooral in de laatste tien jaar sterk verbreed (Hoek *et al.*, 1998).

### *Beleidseffectiviteit*

Er is in de afgelopen 30 jaar veel bereikt. Vooral dankzij technologische ontwikkelingen, die bijdroegen aan efficiencyverbeteringen en absolute vermindering van uitstoot. Daardoor is de milieukwaliteit op veel gebieden verbeterd (Van de Peppel *et al.*, 1994). Desalniettemin resteren er nog steeds problemen, waarvan klimaatverandering en verlies van biodiversiteit tot de belangrijkste behoren.

Bij emissiereducties van meer dan 80-90% (zoals bij het terugdringen van de zwavel-emissies en de fosfaatlozingen) bleek regelgeving effectief. Het verbieden van producten (zoals bij CFK's) was zeer effectief, zeker wanneer dit in internationaal verband werd afgesproken. Bij minder sterke emissiereducties en waar de beoogde reductie toch al het resultaat was van een compromis tussen milieu en economie, was het effect echter vaak aanzienlijk minder dan verwacht. Dit kwam vooral doordat op alle bestuurlijke niveaus die bij de uitvoering en handhaving betrokken zijn, deze afwegingen opnieuw werden gemaakt, steeds meer van de doelstelling werd afgeknabbeld en soms maar amper de helft van het beoogde resultaat werd gerealiseerd (RIVM, 1996).

De EU-regelgeving is in toenemende mate zijn stempel gaan zetten op het Nederlandse milieubeleid. Op dit moment wordt 70-80% van de Nederlandse milieuwetgeving direct of indirect door de EU bepaald (VROM-raad, 1999). Internationale overeenkomsten bleken zeer effectief in het terugdringen van de milieudruk. Zo is de zure depositie dankzij internationale afspraken sterk teruggedrongen, konden enkele persistente bestrijdingsmiddelen worden uitgebannen en kon de productie van CFK's worden beëindigd. Alhoewel internationale afspraken een onmisbaar antwoord zijn op de globaliseringstrend is de totstandkoming ervan een vrij traag proces: de onderhandelingen over een nieuw protocol op de bovengenoemde terreinen vergde al gauw een jaar of vijf.

Ook vragen internationale afspraken vaak nog een nationale uitwerking: bijvoorbeeld een doorvertaling van nationaal afgesproken emissieplafonds in taakstellingen voor sectoren en herziening van vergunningen.

Ook nationaal gingen de beleidsontwikkelingen soms trager dan verwacht. Verschillende maatregelen uit NMP1 (bijvoorbeeld rekeningrijden en inkrimping van de veestapel) zijn na ruim tien jaar nog steeds onderwerp van discussie. Internationale afspraken (denk aan schone vrachtwagens) kwamen bijna vijf jaar later tot stand dan in NMP2 werd verwacht. Mede hierdoor kwam gedurende de looptijd van het NMP2 (Paars-1) maar 60% van de beoogde  $\text{NO}_x$ -reductie tot stand (RIVM, 1998). Onzekerheden in de feitelijke uitvoering van het voorgenomen beleid blijken veelal groter dan de onzekerheden in de verwachte economische groei (Maas, 2000).

De prioriteiten in het milieubeleid zijn in de afgelopen 30 jaar voortdurend aangepast aan de omstandigheden. In grote lijnen verschoof de aandacht van schoonmaken achteraf naar preventief beleid. Rioolwaterzuivering, afvalverwijdering, rookgasreiniging, bodemsanering en geluidsmaatregelen behoren sinds 1985 tot de belangrijkste uitgavenposten van het milieubeleid. Na 1985 zijn vooral de verzuringsuitgaven sterk gestegen. Aan het einde van de jaren '90 namen vooral de uitgaven ter reductie van de CO<sub>2</sub>-emissies sterk toe. Opmerkelijk was dat de aanpak van de landbouwgerelateerde milieuproblemen, en dan met name het mest- en ammoniakvraagstuk, relatief lange tijd achterwege bleef. Wanneer gekeken wordt naar de omvang van het probleem (het gat tussen beleidsdoel en feitelijke situatie) en de milieu-uitgaven die voor het oplossen ervan werden uitgetrokken kan worden geconcludeerd dat aan het vraagstuk - tot voor kort - een lage prioriteit werd gegeven. In feite hebben niet-milieuspecifieke maatregelen, zoals de invoering van de melkquota in de EU, nog het meeste effect gesorteerd. De landbouwgerelateerde milieuproblemen hebben sinds kort een hogere prioriteit gekregen.

### *Beleidslegitimatie*

Een puur 'chemische' interpretatie van het begrip duurzame ontwikkeling blijkt steeds meer ontoereikend te worden bij het verwerven van het benodigde maatschappelijke draagvlak, zeker wanneer de beschikbare technieken duur of ontoereikend zijn en een beroep moet worden gedaan op gedragsverandering. Of wanneer zekere kosten op de korte termijn moeten worden afgewogen tegen onzekere toekomstige baten. Steeds vaker wordt 'duurzaamheidsbeleid' beschouwd als de samenhangende aanpak van sociale, economische en ecologische problemen. Natuurbehoud en gezondheid vormen nog steeds belangrijke motieven voor het voeren van milieubeleid. Maar de natuur wordt niet alleen meer gezien als een beschermde plek voor bedreigde soorten. Natuur heeft ook economische functies en is er ook voor de ontspanning van de mens. Ook de gezondheidsrisico's van milieuvraagstukken worden steeds meer geplaatst in het kader van een bredere beschouwing over de rol van de economische en sociale omgeving in het welbevinden (Coenen *et al.*, 2000).

Vragen als "welke aantasting van milieukwaliteit of biodiversiteit kunnen en willen we verantwoorden aan onszelf en ons nageslacht, ten gunste van een bepaalde economische winst of welzijn?" vereisen een afweging over verschillende beleidsterreinen heen en een integratie van kennis op terreinen als natuur, milieu, economie en volksgezondheid. Betrokkenheid van burgers en bedrijven bij de besluitvorming rond duurzaamheid en leefbaarheid zal steeds belangrijker worden bij het bereiken van draagvlak voor verandering.

#### **Zoutlozingen in de Rijn door Franse kalimijnen**

Al voor de Tweede Wereldoorlog waren er grote problemen met de hoge zoutgehaltes in de Rijn, die voornamelijk werden veroorzaakt door de zoutlozingen van de Franse kalimijnen en het zoute water dat uit de Duitse steenkoolmijnen gepompt werd. Eind jaren '60 bereikten de chlorideconcentraties een hoogtepunt. Nederland heeft

vanaf de oprichting van de Internationale Commissie voor de Bescherming van de Rijn (1950) aangedrongen op het verminderen van de zoutlozingen. De hoge zoutconcentraties zorgde met name in Nederland voor problemen bij de drinkwaterwinning en bij het gebruik in de landbouw. De zoutlozingen vormde een van de belangrijkste

gespreksonderwerpen op de eerste ministersconferentie van de Rijnsoeverstaten die begin jaren zeventig in Den Haag plaatsvond. Mede naar aanleiding daarvan hebben de Rijnsoeverstaten in 1976 gezamenlijk het Rijnzoutverdrag getekend. Het Rijnzoutverdrag heeft als doel het verlagen van de chlorideconcentratie, en wel zodanig dat bij de Nederlands-Duitse grens een concentratie onder de 200 mg/l moet worden bereikt. Dit dient te gebeuren door het verminderen van de lozing van chloride bij de Franse kalimijnen in twee fasen. De eerste fase, die sinds januari 1987 in werking is, bestaat uit het op land opslaan van 20 kg/s chloride. Bij de tweede fase had, vanaf januari 1989, de lozing nog eens met 40 kg/s chloride verminderd moeten worden.

Door technische problemen en breed verzet van de lokale bevolking in de Elzas, die ondergrondse opslag van het zout niet zag zitten, is er vervolgens jarenlang onderhandeld over een aanvullend protocol, dat zowel ter invulling als gedeeltelijke vervanging van de doelstelling van de tweede fase diende. Dit aanvullende protocol is op 25 september 1991 ondertekend en op 1 november 1994 in werking getreden. De belangrijkste afspraken uit het aanvullende protocol zijn:

1. Frankrijk is verplicht tot het op land opslaan van een zo groot mogelijke hoeveelheid zout gedurende de periode waarin de richtwaarde van 200 mg/l chloride bij de Nederlands/Duitse grens (Lobith) wordt overschreden.
2. De verplichting tot opslag voor Frankrijk is tot en met 31 december 1998 van kracht.
3. Frankrijk mag de hoeveelheid zout die op basis van het aanvullend protocol is opgeslagen met een aantal beperkingen na afloop in de Rijn storten, waarbij de richtwaarde van 200 mg/l chloride bij Lobith van toepassing blijft.
4. Nederland verplicht zich het lozingspunt van brak water uit de Wieringmeerpolder te verplaatsen van het IJsselmeer naar de Waddenzee.
5. De kosten van de genomen maatregelen in het aanvullende protocol worden gedragen door Duitsland (30%), Frankrijk (30%), Zwitserland (6%) en Nederland (34%).
6. Het protocol bevat specifieke afspraken over de 'financiële modaliteiten'. Kernpunten bij de afrekening van de kosten bij de Franse kalimijnen vormen een maximumbedrag voor investeringen en een vergoeding per opgeslagen hoeveelheid chloride. Uiterlijk op 31 december 1998 dient een definitieve afrekening van de gemaakte kosten plaats te vinden.

7. Er zijn afspraken gemaakt over de maximale vrachten in afzonderlijke riviergedeelten als gevolg van chloridelozingen groter dan 1 kg/s, voor en na 1 januari 1999.

Frankrijk heeft tot en met 1998 overeenkomstig de afspraken zout opgeslagen bij overschrijding van de 200 mg/l-grens bij Lobith. In de periode 1991-1998 heeft Frankrijk in totaal 960.000 ton kalizout opgeslagen. Dat is een relatief geringe hoeveelheid, zo'n 20% van de maximale hoeveelheid waarmee in het protocol rekening was gehouden. Dit is voornamelijk een gevolg van de relatief hoge afvoer van de Rijn in deze periode. Mogelijk heeft ook de afname van zoutlozingen uit andere bronnen een rol gespeeld. De laatste jaren is de richtwaarde van 200 mg chloride per liter bij de Nederlands-Duitse grens (Lobith) nog maar zelden overschreden.

Nederland blijft wel alert op het thema, aangezien er nog altijd grote hoeveelheden zout bij de Franse kalimijnen op land zijn opgeslagen en er een grote kans bestaat dat zout de komende jaren in de Rijn gestort zal worden én omdat er in Frankrijk plannen bestaan om op een tweetal plaatsen de zoutlozingen ten gevolge van industriële processen te verhogen. De rechter in Frankrijk heeft recent schadevergoeding toegekend aan waterleidingbedrijven in verband met schade door hoge chloridegehalten in verleden, zoals versnelde vernieuwing van het leidingnet en installaties die nodig is als gevolg van corrosie.

Sinds 1998 geeft Nederland uitvoering aan het besluit het uitslagwater van de Wieringmeerpolder rechtstreeks te lozen op de Waddenzee. Daarnaast wordt momenteel verkend of er mogelijkheden zijn om een overgangsgebied met brak water tussen IJsselmeer en Waddenzee aan te leggen. Deze verkenning is aangekondigd in de Vierde Nota waterhuishouding, de Nota Natuur voor Mensen, Mensen voor Natuur en deel 1 van de pkb Derde Nota Waddenzee en past binnen een van de doelen van de EU-Kaderrichtlijn Water, te weten verbetering van aquatische ecosystemen. Strikte randvoorwaarde bij de verkenning is dat het IJsselmeer zijn functie als bron voor de zoetwatervoorziening voluit en zonder beperkingen moet kunnen blijven vervullen. Dit betekent dat in ieder geval bij de huidige innamepunten van zoet water geen effect van de aanleg van een brakwaterzone gevonden mag worden. Bijgevolg zal een brakwaterzone aan de IJsselmeerkant van de Afsluitdijk altijd met platen of dammen van het IJsselmeer worden afgesloten, behoudens een voorziening waarmee zoet water in de zone inge-

laten kan worden. Inlaat van zout water in het IJsselmeer is dus niet aan de orde. Overigens betreft het alleen een verkenning. Er is dus geen besluit tot aanleg genomen (mogelijkheid/wenselijkheid) en evenmin is een gewenste plaats (IJsselmeer-

kant of Waddenzeekant van de Afsluitdijk) of omvang vastgesteld, maar gekeken wordt naar een oppervlak van maximaal circa 25 vierkante km, dat is circa 2% van het oppervlak van het IJsselmeer.

## 2.3 Barrières voor een duurzame ontwikkeling

In de 5e Milieuverkenning wordt onderkend dat het bestrijden van de hardnekkige milieuproblemen een enorme maatschappelijke inspanning vergt. Om voldoende maatschappelijk draagvlak voor deze inspanningen te krijgen zullen diverse sociale, economische en institutionele barrières moeten worden overwonnen. Voorbeelden van dergelijke barrières zijn:

### *Sociale domein*

- *sociale dilemma's*: individuele, op de korte termijn gerichte belangen van consumenten zijn dominant ten opzichte van het collectieve lange-termijn belang van natuur en milieu;
- *normen- en waardenpatroon*: in de Westerse culturen zijn vrijwel alle activiteiten gericht op het realiseren van een toename van de materiële bezittingen, met negatieve gevolgen voor natuur en milieu. Vraag is hoe het normen- en waardenpatroon in een meer immateriële - en dus milieuvriendelijkere - richting kan worden gestimuleerd.

### *Economische domein*

- *ontbrekende markten*: schaarste en aantasting van milieu en natuur zijn maar beperkt in de prijzen van goederen en diensten verdisconteerd. De onlangs in gang gezette vergroening van het belastingstelsel is een stap in de goede richting. De milieuschade is echter niet volledig in geld uit te drukken, waardoor kosten en baten van milieu-inspanningen moeilijk tegen elkaar zijn af te wegen en winstgevend economische activiteiten, ook al veroorzaken deze milieuproblemen, veelal in het voordeel zijn ten opzichte van milieuvriendelijke alternatieven met een lagere winst;
- *bestedingsgedrag van consumenten*: milieu- en natuuroverwegingen spelen bij het bestedingsgedrag van consumenten nauwelijks een rol van betekenis, ondanks het feit dat consumenten in enquêtes aangeven wel degelijk grote waarde te hechten aan natuur en milieu (SCP, 1996; Gatersleben, 2000). De algemene perceptie is dat individuele aanpassingen in het bestedingspatroon nauwelijks zullen bijdragen aan het oplossen van milieuproblemen. Bovendien zien consumenten hun individuele bijdrage aan het milieuprobleem veelal onvoldoende beloond, waardoor zij de neiging hebben om te profiteren van de milieu-inspanningen van anderen zonder eigen milieu-inspanningen. Ook wordt aanschaf van milieuvriendelijke producten soms gezien als legitimering voor minder milieubewust gedrag;
- *investeringsbeslissingen van producenten*: milieu speelt slechts bij uitzondering een rol bij investeringsbeslissingen van producenten, de belangrijkste drijfveren zijn kostenbesparing en winstperspectieven, verbetering van kwaliteit van producten,

markttuitbreiding door vernieuwing van producten en beheersing van interne veiligheidsrisico's; wel zijn er voorbeelden van bedrijven die hun concurrentiepositie (en dus hun marktpositie) hebben verbeterd door milieu-innovaties. Ontwikkeling van nieuwe milieutechnologieën wordt vaak belemmerd door gebrek aan milieu-expertise bij ontwikkelaars, gebrek aan synergie tussen ontwikkelaar en toepasser en gebrek aan draagvlak bij maatschappelijke organisaties (Weaver *et al.*, 2000; Cramer, 1994). Implementatie en diffusie van milieuvriendelijke technieken wordt soms belemmerd door de negatieve perceptie van consumenten en producenten van de kwaliteit van (relatief) milieuvriendelijke producten, de hoge kosten ten opzichte van minder milieuvriendelijke alternatieven en de moeilijke inpasbaarheid van deze technologieën in bestaande productieprocessen (Van Schijndel en Ros, 2000; Booij *et al.*, 1999).

### *Institutionele domein*

- *verbreding milieubeleid*: in toenemende mate worden milieuvraagstukken, met name op mondiaal niveau, in verband gebracht met sociale en economische vraagstukken, zoals armoedebestrijding, sociale participatie, rechtvaardige welvaartsverdeling (noord-zuid tegenstellingen) en werkloosheidsbestrijding (IPCC, 2000). Duurzame ontwikkeling vergt verdere integratie van deze vraagstukken.

De implementatie van op duurzaamheid gerichte veranderingsprocessen en doorbraaktechnologieën vraagt om aanzienlijk grotere aanpassingen dan de optimalisatie van conventionele technologieën, niet alleen bij direct betrokken bedrijven en huishoudens, maar ook bij actoren in de omgeving, zoals toeleveranciers, klanten, bank- en verzekeringswezen en belangenorganisaties (Dieleman, 1999; Ligteringen, 1999). Het stimuleren van doorbraaktechnologieën zou meer dan voorheen vooral moeten plaatsvinden in het kader van een internationale maatschappelijke verandering en minder gericht moeten zijn op specifieke milieuthema's of sectoren. De overheid heeft in beperkte mate mogelijkheden om technologische ontwikkelingen te sturen, maar kan in de voorwaardenscheppende sfeer een belangrijke stimulerende rol spelen (Kemp, 1995; Idenburg en Nagelhout, 2001).

## 2.4 Transitie en de rol van de overheid

Het NMP4 bevat de beleidsmatige reactie op de conclusies uit de 5e Milieuverkenning. Het beschrijft de ingrijpende (inter)nationale veranderingen en maatregelen die nodig zijn om de hardnekkige milieuproblemen aan te pakken. Transitie spelen daarbij een centrale rol. Transitie kunnen worden omschreven als maatschappelijke veranderingsprocessen die tenminste één generatie duren en die de volgende eigenschappen hebben (Rotmans *et al.*, 2000):

- het betreft een structurele verandering van de maatschappij of een complex deelsysteem daarvan;
- er is sprake van op elkaar inwerkende en elkaar versterkende technologische, economische, sociaal-culturele en institutionele ontwikkelingen op verschillende schaalniveaus;

- een transitie is de resultante van langzame veranderingen (ontwikkelingen in *voorraden*) en snelle dynamiek (*stromen*).

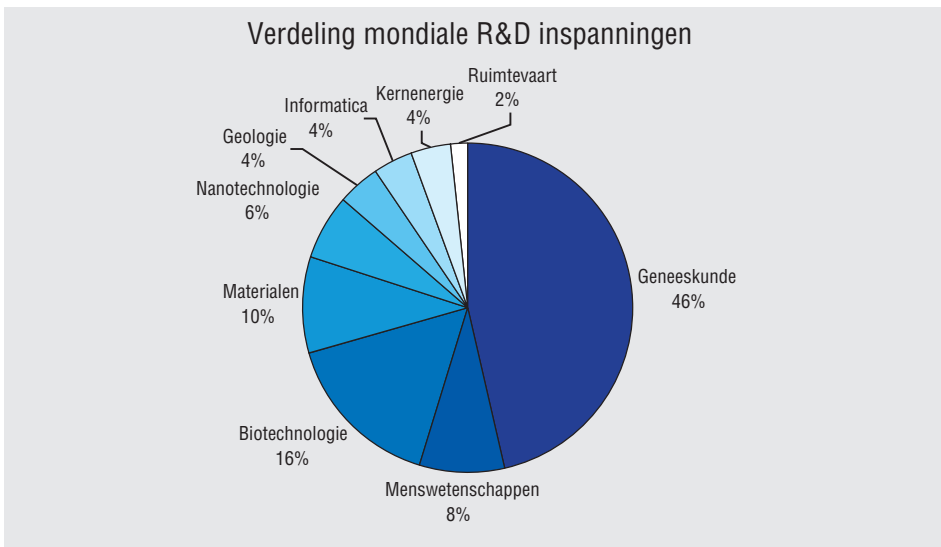
Transities of fundamentele maatschappelijke veranderingen kunnen verschillende oorzaken hebben en op grond daarvan worden geclassificeerd. Boulding (1970) onderscheidt er een aantal:

- *toevallige* transities (zo heeft bijvoorbeeld AIDS geleid tot een verandering in het seksueel gedrag);
- *gedetermineerde* transities (zo is de demografische transitie grotendeels het gevolg van de welvaartsontwikkeling);
- *evolutionaire* transities (de overgang van een economie van jagers en verzamelaars naar een landbouw-economie; de industrialisatie; de overgang naar een kennis-economie);
- *dialectische* transities (revoluties; dreiging en overwinning domineren hier);
- *doelgerichte (teleologische)* transities (bijvoorbeeld de aanleg van wegen en spoorwegen, van rioleringen en de omschakeling op elektriciteit en aardgas; hierbij speelt de overheid als regisseur, wetgever en investeerder een dominante rol).

In het NMP4 gaat het om de laatst genoemde categorie: doelgerichte transities. Bij dergelijke transities kan de overheid invloed uitoefenen, bijvoorbeeld door een actief investerings- en stimuleringsbeleid gericht op kennis en kennisontwikkeling (R&D). De andere typen transities voltrekken zich nagenoeg exogeen, waardoor beïnvloeding door de overheid nauwelijks mogelijk lijkt.

### R&D-inspanningen

Van de huidige R&D-inspanningen op mondiale schaal gaat veruit het grootste deel naar de geneeskunde (figuur 2.1). Als ervan wordt uitgegaan dat de kans op een technologi-



Figuur 2.1 Verdeling van de mondiale R&D-inspanningen (NOWT, 1998).

sche doorbraak een functie is van de inspanning die wordt getroost, dan is de kans op een langer en gezonder leven veel groter dan de kans op een duurzamer leven. Het aandeel van het Nederlandse R&D-budget in de wereld is circa 2%. Het aandeel van de overheid in het nationale R&D-budget is minder dan de helft. Bij doelgerichte transitie zijn internationale samenwerking en afstemming, en publiek-private R&D-financiering dan ook onontbeerlijk. Voorbeelden van belangrijke vragen voor de Nederlandse overheid daarbij zijn:

- hoe kan de hoge technologische kennis in Nederland op specifieke terreinen (elektronica, gasttechnologie, biotechnologie) worden gecombineerd met een adequate op mondiale duurzaamheid gerichte innovatiestrategie vanuit Nederland?
- hoe kan tot een internationaal afgestemde R&D-strategie worden gekomen, inclusief grootschalige proefprojecten (wie experimenteert met waterstof, wie met brandstofcellen en wie bijvoorbeeld met gewasteelt op zout water)? Het 'human genome' programma is een voorbeeld van een effectieve internationale arbeidsverdeling, gecombineerd met samenhang en samenwerking.

Een onmisbaar sluitstuk voor duurzame ontwikkeling blijft de doorvertaling naar het gedrag van het individu. Daarbij gaat het vooral om het verkrijgen van een langdurig democratisch draagvlak voor duurzame oplossingen, ook al lijken die oplossingen niet direct in het eigen belang van het individu te zijn. Afhankelijk van het vertrouwen in technologische doorbraken zullen ook de bestaande consumptiepatronen en leefstijlen ter discussie gesteld moeten worden: hoe kunnen meer duurzame gedragsstructuren worden bewerkstelligd?



## 3 KLIMAATVERANDERING, VERZURING EN EEN DUURZAME ENERGIEHUISHOUDING

### 3.1 Inleiding

Eén van de belangrijkste mondiale uitdagingen is het tegengaan van de verandering van het klimaat op aarde. De oorzaken van klimaatveranderingen hangen nauw samen met het huidige systeem van energievoorziening, dat ook invloed heeft op de milieuproblematiek rond verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Klimaatverandering, verzuring en grootschalige luchtverontreiniging hebben gevolgen voor de volksgezondheid en de veiligheid, op biodiversiteit en voor de voedselproductie. Nederland draagt bij aan deze grote milieuproblemen en ondervindt ook effecten ervan. Daarmee is Nederland niet alleen mede-verantwoordelijk voor het zoeken naar oplossingen, maar heeft daar ook baat bij. De ambities van Nederland, zoals neergelegd in het NMP4, beogen een transitie naar een duurzame energiehuishouding, waarin zowel de uitstoot van broeikasgassen als van verzurende stoffen zal zijn teruggebracht tot een duurzaam niveau.

Klimaatverandering, verzuring en grootschalige luchtverontreiniging en de ambitie om deze milieuproblemen aan te pakken openen de zoektocht naar oplossingen. Er kunnen diverse oplossingsrichtingen worden onderscheiden. Enerzijds zijn er de meer traditionele oplossingen gericht op één specifiek milieuthema: aanpak van klimaatverandering (*paragraaf 3.2*) óf de aanpak van verzuring en grootschalige luchtverontreiniging (*paragraaf 3.3*). De samenhang tussen milieuproblemen rond klimaatverandering, grootschalige luchtverontreiniging en verzuring biedt ook kansen voor een strategie die verschillende problemen gelijktijdig aanpakt: synergie in oplossingsmogelijkheden (*paragraaf 3.4*).

### 3.2 Klimaatverandering

#### 3.2.1 Probleemschets en NMP4-ambitie

##### *Probleemschets*

Het meest grootschalige milieuprobleem op dit moment is de verandering van het klimaat op aarde. Daarvan zijn effecten te verwachten voor maatschappelijke structuren, zoetwatervoorraden, voedselvoorziening, volksgezondheid, veiligheid, ecosystemen en biodiversiteit. De gemiddelde temperatuur op de wereld is sinds 1900 gestegen met 0,4 tot 0,7°C. De belangrijkste oorzaak van de temperatuurstijging is de sterke toename van de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer, zoals kooldioxide (CO<sub>2</sub>), methaan (CH<sub>4</sub>) en distikstofoxide (N<sub>2</sub>O). De toename van de concentratie van CO<sub>2</sub> is vooral het gevolg van het toegenomen gebruik van fossiele brandstoffen en ontbossing. De toename van de methaanemissie is voor een belangrijk deel het gevolg van de wijdverbreide en steeds intensievere landbouw en, in mindere mate, van stortplaatsen van afvalstoffen.

Ook de toename van de concentratie van  $N_2O$  in de atmosfeer is grotendeels het gevolg van voedselproductie (RIVM, 2000). De wetenschappelijke argumenten die de stelling ondersteunen dat klimaatverandering in hoge mate een gevolg is van menselijke activiteiten zijn inmiddels aanzienlijk sterker geworden (IPCC, 2001).

De mondiale gemiddelde temperatuurstijging gedurende de 20e eeuw en de daarbijbehorende klimaatverandering heeft al een duidelijk effect gehad op natuurlijke processen. Verschillende studies geven een statistisch significante relatie aan tussen lokale klimaatverandering en veranderingen die in de natuur zijn waargenomen (onder andere Hughes, 2000; Both en Visser, 2001). Het gaat bijvoorbeeld om de verspreiding en het voorkomen van soorten, het moment van bladzetting en bloei van planten, het smelten van gletsjers en ontdooien van permafrost, en de dikte en het oppervlak van ijs op de Noord- en Zuidpool. Veranderingen doen zich voor in alle werelddelen en kunnen vanuit de ruimte worden waargenomen (remote sensing). Uit de waarnemingen is af te leiden dat de natuur waarschijnlijk veel gevoeliger is voor klimaatverandering dan tot nu toe werd aangenomen. Dit betekent ook dat de verwachte opwarming van meer dan  $2^\circ C$  gedurende de 21e eeuw tot grote, mogelijk onomkeerbare, effecten kan leiden.

Voor de komende decennia wordt in alle scenario's een sterke groei van de mondiale emissie van  $CO_2$  verwacht (RIVM, 2000). Klimaatmodellen geven een stijging van de temperatuur aan bij de meeste scenario's van ongeveer  $1^\circ C$  tussen nu en 2050.

#### *Gevolgen voor ecosystemen en maatschappelijke systemen*

Veel ecosystemen zijn bijzonder kwetsbaar voor klimaatveranderingen. Onder andere toendra's, alpine vegetaties, arctische en tropische bossen en koraalriffen zullen te lijden hebben van de hogere temperaturen, de stijging van de zeespiegel en veranderende neerslagpatronen. Klimaatverandering zal in dergelijke kwetsbare gebieden leiden tot verlies aan biodiversiteit, terwijl andere soorten juist in aantal of ruimtelijke verspreiding kunnen toenemen. Hierdoor wordt de samenhang tussen ecosystemen verstoord. Ook kan klimaatverandering een vergroting betekenen van het verspreidingsgebied van ziekten, zoals malaria, dengue (knokkelkoorts) en cholera. Een ander belangrijk gevolg van klimaatverandering is de te verwachten toename in extreme gebeurtenissen, zoals overstromingen, orkanen, modderlawines en hittegolven. Deze leiden met name in kustgebieden en langs rivieren tot aanzienlijk grotere kansen op extra erosie, verlies van natuurgebieden zoals wetlands, en schade aan infrastructuur en bebouwing (IPCC, 2001).

Een belangrijk effect van klimaatverandering - zoals ingeschat door het Intergovernmental Panel on Climate Change - is dat een temperatuurstijging van enkele graden Celsius positief zal uitpakken voor de landbouw in de geïndustrialiseerde landen door de hogere opbrengsten, maar negatief voor de landbouw in ontwikkelingslanden. Bij een grotere stijging van de temperatuur zal de landbouw in alle landen negatief worden getroffen. Daarnaast zal de beschikbaarheid en kwaliteit van water in veel gebieden afnemen, vooral door verandering in neerslagpatronen en -hoeveelheden. Met name ontwikkelingslanden zullen ook wat dit betreft onevenredig zwaar worden getroffen.

Niet alle gebieden op aarde zijn even kwetsbaar voor verandering in het klimaat. Ontwikkelingslanden zijn erg kwetsbaar, omdat een belangrijk deel van hun economieën in klimaatgevoelige sectoren (landbouw, visserij en bosbouw) zijn geworteld en de financiële draagkracht en technologie ontbreekt om zich aan de veranderende omstandigheden te kunnen aanpassen. Kleine eilandstaten en laaggelegen kustgebieden zijn extra kwetsbaar voor zeespiegelstijging en stormen. De impact van klimaatverandering zal ook in de (arctische) poolgebieden naar verwachting groot zijn, doordat de veranderingen daar volgens de huidige inschattingen het grootst zullen zijn en het snelst zullen gaan, terwijl de ecosystemen daar juist minder in staat zijn om veranderingen op te vangen.

De kwetsbaarheid van gebieden in Zuid-Europa en van het arctisch gebied is groter dan elders in Europa. Verwacht wordt dat de helft van de alpine gletsjers en omvangrijke permafrost-gebieden aan het einde van de 21e eeuw zullen zijn verdwenen. De toeristenindustrie zal ook de effecten merken, aangezien de meest aantrekkelijke toeristengebieden in klimaatspecifieke gebieden liggen (sneeuwgebieden, strandgebieden en dergelijke).

Natuurlijke systemen zijn kwetsbaarder dan maatschappelijke systemen, vooral door de beperkte mogelijkheden om veranderingen op te vangen. Kleine veranderingen kunnen daardoor al onherstelbare schade toebrengen. Natuurlijke ecosystemen kunnen worden geholpen door het aanleggen van verbindingzones, natuurparken en beschermde gebieden of door het verplaatsen van soorten. In maatschappelijke systemen kan door planmatig ingrijpen worden ingespeeld op de veranderende omstandigheden. Een preventief beleid gericht op terugdringing van de uitstoot van broeikasgassen is volgens de huidige inzichten echter aanzienlijk goedkoper. Het aanpassingsvermogen van ontwikkelingslanden is in het algemeen aanzienlijk lager dan dat van de rijke landen, door beperkingen in de beschikbaarheid en toegankelijkheid van natuurlijke hulpbronnen, institutionele capaciteit, financiële draagkracht, technologie en kennis.

Verder onderzoek zal beter inzicht moeten geven in de samenhang tussen de dynamiek en de kwetsbaarheid van maatschappelijke en natuurlijke systemen.

### *NMP4-ambitie*

Voor het klimaatbeleid is een begin gemaakt met ambities voor de lange termijn binnen het Klimaatverdrag van de Verenigde Naties. Nederland heeft dat verdrag in 1994 geratificeerd. Artikel 2 van het Klimaatverdrag stelt als hoofddoel:

“Het bewerkstelligen van een stabilisatie in de atmosfeer van concentraties van broeikasgassen op een niveau waarop gevaarlijke antropogene verstoring van het klimaatsysteem wordt voorkomen. Dit niveau dient te worden bereikt binnen een tijdsbestek, dat toereikend is om ecosystemen in staat te stellen zich op een natuurlijke wijze aan te passen aan klimaatverandering, te verzekeren dat de voedselproductie niet in gevaar komt en de economische ontwikkeling op duurzame wijze te doen voortgaan.”

In Nederland is dit hoofddoel vertaald in de Vervolgnota Klimaatverandering (1996), waarin is aangegeven welke klimaatverandering (politiek) nog acceptabel wordt geacht. Om grote nadelige effecten op de biodiversiteit te voorkomen, wordt gestreefd naar een gemiddelde mondiale temperatuurstijging van niet meer dan 2°C ten opzichte van het preïndustriële niveau. Daarnaast zou de snelheid van temperatuurstijging lager moeten zijn dan 0,1°C per tien jaar en mag de maximale stijging van de zeespiegel niet meer bedragen dan 50 centimeter (NMP4-ambitie). Dit om ecosystemen en maatschappelijke systemen de kans te geven om zich aan te passen aan de veranderde omstandigheden.

### 3.2.2 Verdeling van toekomstige inspanningen in het kader van het klimaatverdrag

- *Realisatie van de NMP4-ambities vereist dat de emissies van CO<sub>2</sub> wereldwijd in 2100 50-75% lager moeten liggen dan in 1990. Om dit te kunnen bereiken moet rond 2050 de mondiale CO<sub>2</sub>-emissies reeds 15-20% lager liggen dan in 1990. Bij het huidige beleid stijgen de mondiale emissies in deze periode met zo'n 50%.*
- *De snelheid van temperatuurstijging (maximaal 0,1°C per decennium) is tot 2030 het meest beperkend in vergelijking met doelstellingen van maximale temperatuurstijging (in totaal 2°C) of zeespiegelstijging (50 centimeter).*
- *De verdeling van de mondiale emissieruimte van CO<sub>2</sub> op basis van convergentie van de CO<sub>2</sub>-emissie per hoofd van de bevolking lijkt het meest perspectiefvol, om een snelle deelname van ontwikkelingslanden aan een internationaal regime van klimaatbeleid te bewerkstelligen.*

#### *NMP4-ambities en richtinggevende lange-termijn doelstellingen*

De lange-termijn ambities van het NMP4 zijn door het RIVM vertaald in milieukwaliteitscondities en emissieniveaus van broeikasgassen. Volgens de huidige inzichten worden de ambities voor de lange termijn gehaald als de atmosferische concentratie van CO<sub>2</sub> beperkt blijft tot circa 450 ppmv (parts per million). Wereldwijd zou in 2100 de emissie van CO<sub>2</sub> ongeveer 50-75% lager moeten liggen dan in 1990 om aan de ambities te kunnen voldoen (RIVM, 2000). Pas dan wordt tegemoetgekomen aan de in het NMP4 gestelde lange-termijn ambities voor temperatuurstijging en zeespiegelstijging, maar dat geldt dan nog niet voor de snelheid van temperatuurstijging. Deze parameter is de moeilijkst te realiseren ambitie.

In beginsel is het denkbaar om de beoogde stabilisatie van de CO<sub>2</sub>-concentratie in 2100 te bereiken zonder aanvankelijk veel aan emissie-reductie te doen of zelfs stabilisatie of verdere emissiegroei te accepteren tot ongeveer 2030. Na 2030 zal dan echter een veel sterkere emissiereductie nodig zijn dan bij een snelle en meer geleidelijke aanpak. Hiermee kan worden ingespeeld op eventuele toekomstige technologische mogelijkheden om de doelen te behalen.

Als ook eisen worden gesteld aan de snelheid van temperatuurverandering zou een emissiepad moeten worden gekozen met vrij snelle emissiereductie in het begin van de

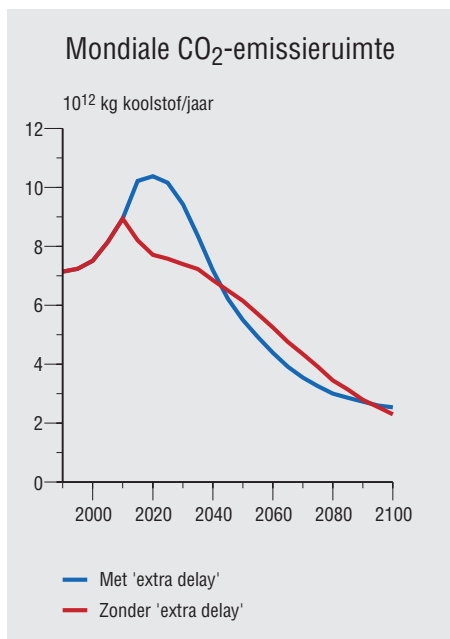
21e eeuw. Dan zouden de mondiale emissies rond 2050 15-20% lager moeten liggen dan in 1990. Bij het huidige beleid stijgen de mondiale emissies in deze periode met circa 50%.

Er zijn twee emissie-paden opgesteld waarbij de lange-termijn doelstellingen kunnen worden gerealiseerd (figuur 3.1): één waarin wordt voldaan aan alle drie de eisen van maximale temperatuurstijging, zeespiegelstijging en snelheid van temperatuurstijging (aangeduid als *NMP4-scenario*), en één waarin de eis van snelheid van temperatuurstijging voorlopig is losgelaten (aangeduid als 'extra delay-scenario'). Rond 2040 zullen de emissies volgens het *NMP4-scenario* en de emissies volgens het 'extra delay-scenario' weer op ongeveer hetzelfde niveau liggen, vergelijkbaar met het huidige emissie-niveau.

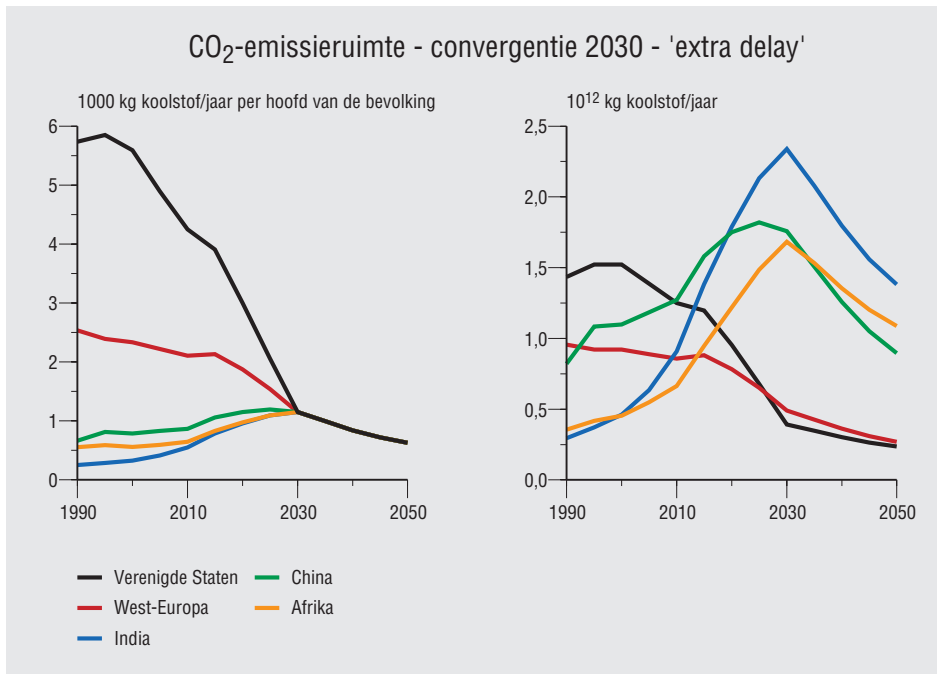
### Verdeling van de mondiale emissieruimte ('extra delay')

De klimaatdoelstellingen stellen een plafond aan de totale emissie van broeikasgassen. Binnen het huidige kader aan klimaatafspraken volgens het Kyoto Protocol is er een verdeling gemaakt van zogenaamde Annex-1 landen (met name de industrielanden en Oost-Europa, inclusief Rusland) en niet Annex-1 landen (met name ontwikkelingslanden). De Annex-1 landen zijn volgens het protocol gebonden aan klimaatafspraken in de periode tot 2012, de niet Annex-1 landen hoeven voorlopig nog geen actie te ondernemen, maar zullen in latere periodes wel worden geacht deel te nemen aan een internationaal klimaatbeleid. Het Kyoto Protocol is overigens nog niet geratificeerd.

De beschikbare emissieruimte van CO<sub>2</sub> kan mondiaal worden verdeeld aan de hand van de zogenaamde *convergentie-benadering*: een verdeling van de emissieruimte op basis



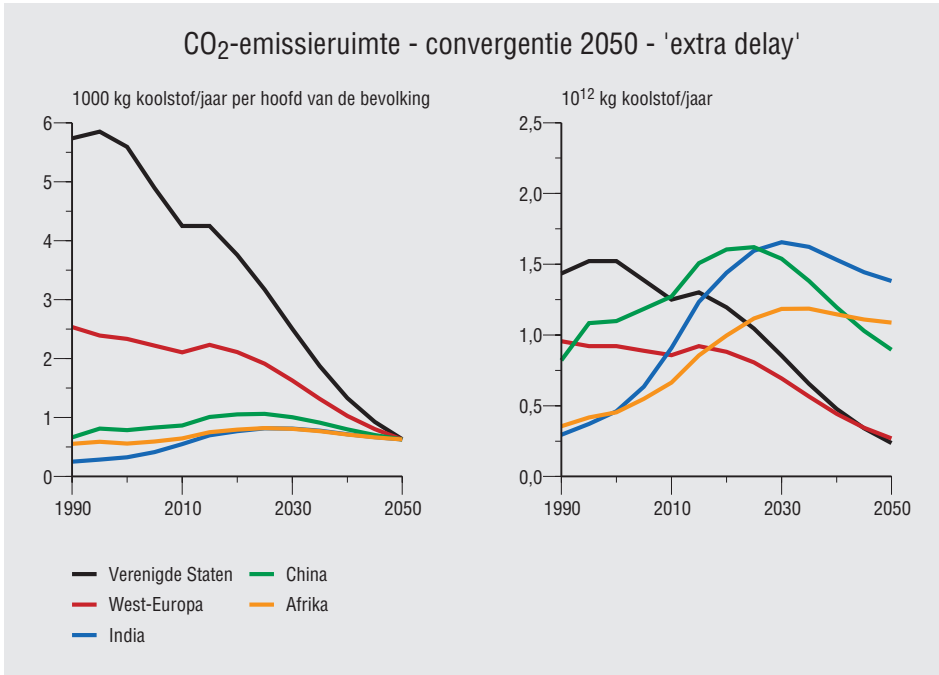
Figuur 3.1 Mondiale CO<sub>2</sub>-emissiepaden conform de normatieve uitgangspunten van het *NMP4*, met en zonder 'extra delay'.



Figuur 3.2 Veranderingen in de CO<sub>2</sub>-emissieruimte bij een convergentie in hoofdelijke emissieruimte in 2030 ('extra delay scenario').

van gelijke CO<sub>2</sub>-emissie per hoofd van de bevolking in een bepaald jaar (bijvoorbeeld 2030 of 2050). Convergentie van emissies per hoofd van de bevolking kan op elk gewenst jaar worden ingesteld. Convergentie in 2030 resulteert in een vergaande afname van zowel de hoofdelijke als de absolute emissieruimte van CO<sub>2</sub> in de Annex-1 landen, ook na uitvoering van het Kyoto Protocol (figuur 3.2). Voor West-Europa betekent dit in het 'extra delay-scenario' een emissieruimte in 2030 die circa 50% lager ligt dan de CO<sub>2</sub>-emissie in 1990. Afhankelijk van het basisscenario kan het ook voor niet Annex-1 landen al een beperking van de groei van hun emissieruimte betekenen. Convergentie van de emissies per hoofd van de bevolking in 2050 vermindert de reductie van de emissieruimte ten opzichte van 2030 voor de Annex-1 landen, maar betekent tegelijkertijd dat ook niet Annex-1 landen hun CO<sub>2</sub>-emissie al aanzienlijk zullen moeten beperken (figuur 3.3). In dit geval is de emissieruimte voor West-Europa in 2030 circa 30% lager dan de CO<sub>2</sub>-emissie in 1990.

Een alternatief is de *toenemende participatie benadering*: een geleidelijke toetreding van landen die nog geen kwantitatieve reductiedoelstellingen hebben (niet Annex-1 landen) tot de groep van de landen die wel dergelijke doelstellingen hebben (Annex-1 landen). In deze benadering zullen landen toetreden tot een regime van emissiereductie, zodra ze aan bepaalde criteria voor toetreden voldoen. Dit kan in een aantal stappen gebeuren, van 'geen maatregelen' tot 'volledige participatie'. Het verloop van de emissies per land is sterk afhankelijk van de gehanteerde criteria voor toetreding tot een volgende stap in het regime van internationaal klimaatbeleid. Als er te zachte criteria gel-



Figuur 3.3 Veranderingen in de CO<sub>2</sub>-emissieruimte bij een convergentie in hoofdelijke emissieruimte in 2050 ('extra delay scenario').

den, dan blijven de ambities van het NMP4 en de Vervolgnota Klimaatverandering buiten beeld. De ambities zijn in deze benadering alleen haalbaar bij een snelle toetreding (binnen 10 à 20 jaar) van met name grote ontwikkelingslanden zoals China en India aan het volwaardige regime. Gegeven de voor de lange-termijn milieu-ambities noodzakelijke snelle deelname van ontwikkelingslanden aan wereldwijde beheersing van broeikasgassen, lijkt een regime met convergentie van hoofdelijke emissierechten aantrekkelijker dan een regime van toenemende participatie. Nader onderzoek is nodig naar de economische gevolgen en stimulans-structuren van verschillende mogelijke regimes, evenals naar de mogelijkheden om negatieve gevolgen voor ontwikkelingslanden met name op de langere termijn te minimaliseren.

### 3.2.3 Economische effecten klimaatbeleid

- Een klimaatbeleid gericht op het realiseren van de lange-termijn ambities van het NMP4 zal in 2030 leiden tot een wereldwijd economisch groeiverlies van in totaal circa 0,6%, oplopend tot maximaal 4% in 2050. Het economisch groeiverlies in West-Europa wordt geraamd op in totaal 0,2-1,0% in 2030.
- Bij instelling van een mondiaal stelsel van emissiehandel zullen de ontwikkelingslanden na toetreding de (economische) winnaars zijn. Tot die tijd profiteren Centraal-Europa en de voormalige Sovjet-Unie het meest van emissiehandel, maar op lange termijn zijn zij (economische) verliezers.

Met het WorldScan-model van het Centraal Planbureau (CPB) zijn de economische effecten berekend van het klimaatbeleid, uitgaande van de ambities van het NMP4 (stabilisatie van broeikasgassen in de atmosfeer op het niveau van 450 ppmv). De kosten van het beleid worden gepresenteerd als *percentage groeiverlies* van het Bruto Nationaal Product (BNP) ten opzichte van een vastgesteld groeiscenario. Afhankelijk van de keuze van het scenario bedragen de kosten van het klimaatbeleid maximaal 0,6% groeiverlies in 2030, oplopend tot maximaal 4% groeiverlies in 2050 (CPB, 2001). Dit betekent dat in 2050 het mondiale BNP maximaal 4% lager zal uitkomen dan het niveau dat bereikt zou worden zonder het veronderstelde klimaatbeleid. Dit komt overeen met een groeiverlies van enkele tienden procenten per jaar. Verschillen zijn mogelijk tussen de diverse regio's in de wereld. Voor West-Europa wordt het groeiverlies geraamd op in totaal 0,2-1,0% in 2030.

De resultaten zijn sterk afhankelijk van het economisch groeiscenario dat wordt verondersteld voor de situatie in de toekomst indien er geen klimaatbeleid wordt toegepast. Deze referentiepaden zijn afhankelijk van bevolkingsgroei, economische en technologische ontwikkelingen. De vier basisscenario's kenmerken elk een eigen wereld, enerzijds op basis van economische inzet versus milieubeleid, anderzijds op globalisering versus regionalisering (IPCC, 2000; RIVM, 2000). Het scenario met hoge bevolkingsgroei en regionalisering (regionale markt-scenario) leidt tot de hoogste emissie, waardoor in dit scenario de grootste inspanning moet worden geleverd om de doelen te halen. De rem door klimaatbeleid op de economische groei is hier dan ook het grootst. Bij het 'schone scenario' met mondiale samenwerking is de relatieve inspanning het geringst, waardoor ook de kosten voor klimaatbeleid het laagst zijn.

### *Emissiehandel*

In de opties voor klimaatbeleid is nadrukkelijk emissiehandel meegenomen. In de berekeningen is opgenomen dat de Annex-1 landen meteen een stelsel van emissiehandel invoeren en dat na 2012 ook de niet Annex-1 landen zich bij zo'n stelsel voegen. Alle landen krijgen emissierechten toebedeeld op basis van gelijke hoeveelheden per hoofd. Vooral China, Afrika, en India krijgen dan een groot gedeelte van de mondiale emissieruimte toegewezen, waardoor ze gezien hun lage uitstoot per hoofd van de bevolking veel ruimte overhouden om te handelen in emissierechten. Zij zullen dan ook exporteur worden van emissierechten naar het rijke noorden, wat gunstige economische effecten oplevert. Op de langere termijn zullen echter ook deze landen door het strenge regime van de mondiale beperking van CO<sub>2</sub>-emissies gaan verliezen, ofschoon zij wel exporteur van emissierechten zullen blijven. De olie-exporterende landen (Midden-Oosten) zullen in alle gevallen sterk verliezen, omdat hun export van energie sterk zal teruglopen.

Centraal-Europa en de voormalige Sovjet-Unie zijn op de lange termijn de grote verliezers, ondanks dat zij op kortere termijn de economische winnaars zijn van het Kyoto Protocol. Immers, na toetreding van de arme landen tot de emissiereducerende groep landen zullen zij geconfronteerd worden met een grote concurrentie van beschikbare opties om de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren in het economisch inefficiënte arme zuiden.



Bovendien stoten zij meer CO<sub>2</sub> uit per hoofd van de bevolking dan de arme landen, waardoor zij weinig rechten zullen krijgen ten opzichte van hun huidige emissieniveau.

### 3.2.4 Mogelijkheden voor vastlegging van CO<sub>2</sub> (sinks)

- *De mogelijkheden voor CO<sub>2</sub>-vastlegging door de biosfeer (bosaanplant, verhogen grondwaterpeil veenweidegebieden, omschakelen van akker- in grasland) lijken in Nederland beperkt (maximaal enkele megatonnen per jaar).*
- *CO<sub>2</sub>-opslag in geologische structuren in Nederland, zoals uitgeputte gasvelden en aquifers, heeft een belangrijk potentieel (orde grootte van enkele gigatonnen).*

De term ‘sink’ (put) wordt gebruikt voor de langdurige vastlegging van koolstof (CO<sub>2</sub>). Dit kan in de biosfeer, oceanen of ondergronds. Planten leggen CO<sub>2</sub> vast in de vorm van (organische) koolstofverbindingen. Ondergronds of in oceanen kan CO<sub>2</sub> worden opgeslagen. In de onderhandelingen rond het Kyoto Protocol worden sinks gezien als een optie om de doelstellingen dichterbij te brengen door vergroting van de opslag en de vastlegging van CO<sub>2</sub> door de biosfeer op het land.

#### *CO<sub>2</sub>-vastlegging in de biosfeer*

CO<sub>2</sub>-vastlegging in de biosfeer is een mogelijkheid om bij te dragen aan de doelstellingen van het klimaatbeleid. Planten en bomen halen CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer en leggen dat vervolgens vast in plant of boom. Dat kan bijvoorbeeld in de vorm van hout in bomen of wortels in de bodem, maar ook in de vorm van algen (biomassa) in zeeën en oceanen. De belangrijkste mogelijkheden voor deze vorm van CO<sub>2</sub>-vastlegging in Nederland zijn (Hisschemöller, 2001):

#### *Verhogen grondwaterspiegel veenweidegebieden*

Door al het veenweidegebied in Nederland onder water te zetten zou per jaar maximaal ongeveer 4-7 Mton CO<sub>2</sub> kunnen worden vastgelegd. Dat komt doordat de huidige oxidatie van het veen dan stopt (3-5 Mton) en door extra veenvorming (1-2 Mton). Dit impliceert dat al het veenweidegebied in Nederland (circa 450.000 ha landbouwgrond, oftewel 10% van de totale oppervlakte van Nederland) zou moeten worden opgekocht en omgezet in natuur (moerasland). Een dergelijke grootschalige aanpak is niet realistisch. Daarnaast kunnen, ook bij uitvoering op kleinere schaal, ongewenste neveneffecten voor het klimaat optreden, doordat bij het onder water zetten van veen methaan (een veel sterker broeikasgas dan CO<sub>2</sub>) kan vrijkomen. Onbekend is in hoeverre hierdoor het positieve klimaateffect van de vastlegging van CO<sub>2</sub> weer teniet wordt gedaan.

#### *Nieuw bos*

Voor de vastlegging van 1 Mton CO<sub>2</sub> in bossen is ongeveer 350.000 ha nieuwe aanplant nodig (ter vergelijking: de doelstelling van de overheid is om 75.000 ha nieuw bos aan te leggen tot 2020). Met name in koolstofrijke bodems komt in de eerste 20 jaar echter meer CO<sub>2</sub> vrij dan bovengronds door bomen wordt vastgelegd. Dit is vooral het geval bij veengrond en in mindere mate bij klei- en zandgrond. Voor het realiseren van een

dergelijke grote hoeveelheid bos zal veel landbouwgrond moeten worden opgekocht. Realisering van de huidige doelstelling voor 2020 levert naar schatting circa 0,2 Mton CO<sub>2</sub>-vastlegging op (ECN/RIVM, 1998).

#### *Landschapsbeheer*

Met een zorgvuldig landschapsbeheer, met name het omschakelen van akkerland naar grasland, minder diep ploegen en aanleg van hagen en houtwallen, kan in Nederland maximaal 1 Mton CO<sub>2</sub> worden vastgelegd. De omzetting van 90.000 ha akkerland naar grasland geeft naar schatting circa 0,5 Mton van CO<sub>2</sub>-vastlegging (Nabuurs *et al.*, 1999). Combinaties van landgebruik en natuurbeheer bieden het meeste perspectief, gezien de grote hoeveelheden land die nodig zijn voor deze optie.

#### *Algen groei in oceanen*

Een andere mogelijkheid is de vastlegging van CO<sub>2</sub> door stimulering van algengroei in oceanen. Hierover is slechts weinig bekend. In een paar studies zijn berekeningen gedaan naar het effect van toevoeging van nutriënten (bijvoorbeeld fosfaat of ijzer) die de algengroei stimuleren (Matear and Elliott, 2000; Watson *et al.*, 2000). Uit een Australische modelstudie blijkt dat als de komende tachtig jaar 2,3 Gton fosfor (in de vorm van fosfaat) in de zuidelijke grote oceaan zou worden toegevoegd, over 200 jaar ongeveer 180 Gton CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer zal zijn vastgelegd. Vooral de eerste jaren levert dit snelle CO<sub>2</sub>-opname op en na ongeveer 50 jaar zal een nieuw evenwicht van CO<sub>2</sub>-opname worden bereikt. Dat nieuwe evenwicht zal tot circa 20% hoger liggen dan zonder de fosfaatbemesting het geval zou zijn geweest. Toepassing van het voorzorgsprincipe is echter gewenst, gezien de onbekendheid van de invloed van dergelijke bemestingsexperimenten en eventuele grootschalige toepassingen op bijvoorbeeld de soortenstructuur of het ecosysteem van de diepe oceaan. De invloed op de biodiversiteit kan groot zijn (bijvoorbeeld explosieve groei van giftige algen of vermindering van het aantal soorten vis). Bij experimenten op zee zijn de onzekerheden nog groter, want door de complexiteit van het marine ecosysteem en een tekort aan kennis kunnen de gevolgen niet goed in kaart worden gebracht. Bovendien loopt de fosfaatbelasting in veel randzeeën al sterk op door afspoeling van landbouwgrond en riolering, wat in een aantal gevallen vergaande consequenties heeft gehad op het leven in deze zeeën.

#### *CO<sub>2</sub>-opslag in geologische structuren van oceanen*

Een methode om te voorkomen dat CO<sub>2</sub> van fossiele energiedragers in de atmosfeer terecht komt, is om CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen of de productie van waterstof af te vangen en op te slaan onder de grond of in de oceaan. De belangrijkste mogelijkheden om CO<sub>2</sub> op te slaan zijn uitgeputte olie- en gasvelden, aquifers (waterdragende lagen in de bodem), kolenlagen en opslag in zeeën en oceanen.

#### *Uitgeputte olie- en gasvelden*

Capaciteit voor CO<sub>2</sub>-opslag in gasvelden komt beschikbaar op het moment dat deze velden zijn uitgeput door gaswinning. In principe heeft deze optie een groot potentieel, voor Nederland geschat op circa 10 Gton CO<sub>2</sub>. Schattingen van het wereldwijde potentieel komen uit op enkele honderden tot zelfs 2.000 Gton CO<sub>2</sub>. De komende decennia

zullen steeds meer gasvelden in Nederland vrijkomen voor CO<sub>2</sub>-opslag. In eerste instantie zullen dat vooral de kleinere gasvelden zijn. Het grote Slochterenveld in Groningen komt naar schatting niet eerder dan in 2040 beschikbaar voor opslag (maximale opslagcapaciteit circa 7 Gton CO<sub>2</sub>). Offshore komen de eerste gasvelden nu al vrij. De totale opslagcapaciteit tot 2030 wordt geschat op circa 1,6 Gton CO<sub>2</sub>. Op termijn zal CO<sub>2</sub>-opslag mogelijk moeten kunnen concurreren met opslag van andere gassen, zoals opslag van aardgas voor piekopvang en wellicht opslag van waterstof.

### *Aquifers*

CO<sub>2</sub> kan worden opgeslagen in waterdragende lagen (aquifers) met een afsluitende laag. Deze aquifers moeten dan wel op een diepte liggen van tenminste zo'n 750 meter, om geen onderscheid meer te hebben tussen CO<sub>2</sub> als gas en vloeistof. De vereiste injectiedruk en compressie-energie zijn dan ook hoog in vergelijking tot opslag in gasvelden. De totale capaciteit in de EU (inclusief Noorwegen) wordt geschat op circa 800 Gton CO<sub>2</sub>. De schattingen voor Nederland variëren van 1 tot 40 Gton CO<sub>2</sub> (Turkenburg en Hendriks, 1999).

### *Kolenlagen*

Door CO<sub>2</sub> te injecteren in kolenlagen verdringt CO<sub>2</sub> het daar aanwezige methaan. Momenteel is CO<sub>2</sub>-injectie in diepere steenkoollagen niet commercieel haalbaar, maar de verwachting is dat de mogelijkheden over 5 tot 10 jaar aanzienlijk zullen toenemen (Vellinga en Verseveld, 1999). Geraamd wordt dat de hoeveelheid methaan in de Nederlandse kolenlagen ongeveer gelijk is aan de hoeveelheid methaan in het Slochterenveld (Wolf *et al.*, 1997).

### *CO<sub>2</sub>-opslag in de oceanen*

Oceanen nemen veel CO<sub>2</sub> op. De bovenste (warme) laag is verzadigd met opgelost CO<sub>2</sub>. De koudere diepere lagen zijn echter onverzadigd en hebben in principe een enorme capaciteit voor CO<sub>2</sub>-opslag. De uitwisseling tussen warme en koude lagen verloopt traag. Door CO<sub>2</sub> op grote diepte (1.000-3.000 meter) in de oceaan te injecteren kan het worden opgelost in deze diepe laag. Op een diepte van meer dan 3.000 meter wordt CO<sub>2</sub> zwaarder dan water en kan het op de oceanbodem worden opgeslagen ('CO<sub>2</sub>-meren'). Het potentieel van deze opties op mondiale schaal wordt geschat op vele honderden tot duizenden Gton CO<sub>2</sub>. Voor Nederland lijkt deze optie vooralsnog minder relevant, gezien enerzijds de afstand tot de oceaan en anderzijds het hebben van voldoende alternatieven.

### *Milieu- en veiligheidsaspecten van CO<sub>2</sub>-opslag*

Opslag van CO<sub>2</sub> in de diepe ondergrond heeft een aantal milieu- en veiligheidsrisico's. In de Nederlandse situatie hebben die vooral betrekking op de opslag in aquifers en in lege gasvelden. Enkele voorbeelden zijn:

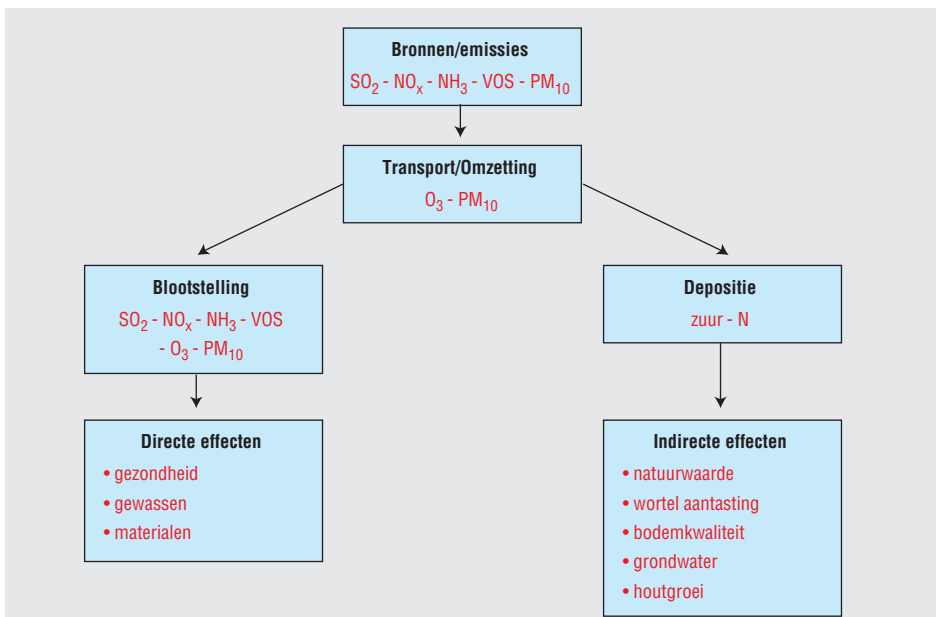
- *Ontsnappen van CO<sub>2</sub> naar de atmosfeer.* Gezien de ervaring met ondergrondse opslag van gassen lijkt dit risico bij CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden heel beperkt (Over *et al.*, 1999). Onbekend is de invloed van geïnjecteerd CO<sub>2</sub> op de verzuring van aquifers, op de afsluitende lagen en op het grondwater (vrijkomen van zware metalen).

- *Seismische activiteit.* Het injecteren van CO<sub>2</sub> kan mogelijk aardbevingen tot gevolg hebben. Druktoenames bij CO<sub>2</sub>-opslag veroorzaken sneller aardbevingen dan drukafnames bij gaswinning. In Nederland zijn sinds 1986 meer dan 128 aardbevingen geregistreerd vanwege drukafname door gaswinning.
- *Verzakking of stijging van de aardoppervlakte.* Drukveranderingen kunnen mogelijk leiden tot verzakking (gaswinning) of stijging (CO<sub>2</sub>-opslag) van de aardoppervlakte.
- *Bovengronds transport van CO<sub>2</sub>.* Opslag van CO<sub>2</sub> vereist transport van CO<sub>2</sub>. Daaraan zijn veiligheidsrisico's verbonden, met name in dichtbevolkte gebieden. Deze risico's kunnen worden beperkt als het transport ruimtelijk goed wordt ingepast en technisch voldoende wordt beveiligd. De veiligheidsrisico's van CO<sub>2</sub>-transport kunnen dan vergelijkbaar zijn met het transport van andere industriële gassen.

### 3.3 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging

#### 3.3.1 Probleemschets en NMP4-ambitie

In het NMP4 wordt ingezet op optimale milieukwaliteitscondities voor de kwaliteitsbeelden 'natuur en biodiversiteit' enerzijds en Nederland 'gezond en veilig' anderzijds. Uit deze ambities kunnen doelstellingen worden afgeleid voor de milieukwaliteit en de volksgezondheid. De verschillende factoren die onder verzuring en grootschalige luchtverontreiniging vallen zijn complex (*figuur 3.4*). Bij de berekeningen is 1990 als basis-



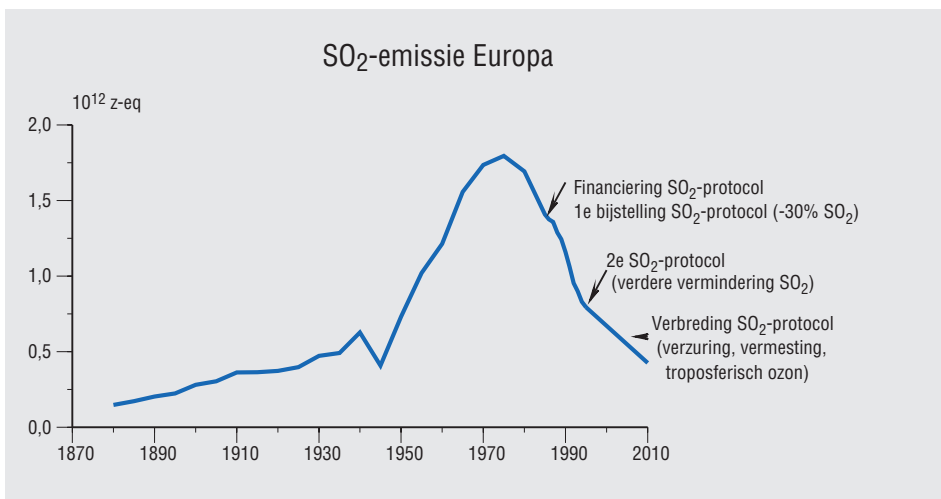
*Figuur 3.4 Samenhang in en effecten (direct en indirect) van verzuring en grootschalige luchtverontreiniging.*

jaar genomen, analoog met de insteek in het NMP4. Onder het basisscenario valt ook de uitvoering van het in 1999 ondertekende Protocol van Gothenburg. De NMP4-ambitie is dat verzuring en grootschalige luchtverontreiniging in 2030 geen belemmering meer mogen vormen voor de natuurdoelen binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Hiermee zal circa 95% van de natuur in Nederland duurzaam moeten worden beschermd. Een ecosysteem wordt als duurzaam beschermd gezien, als voor 80% van de soorten die er in principe kunnen voorkomen de milieucondities geen belemmering zijn om zich te kunnen handhaven (Van Hinsberg en Kros, 1999).

Wat betreft de volksgezondheid is de NMP4-ambitie dat de risico's verwaarloosbaar moeten zijn om ziek te worden door luchtverontreiniging of daaraan dood te gaan. Dit is in overeenstemming met de betreffende EU-richtlijnen op dit gebied. Voor verschillende stoffen is op basis van epidemiologische studies een concretisering van deze richtlijn gemaakt, waarbij onderscheid wordt gemaakt in blootstelling op jaargemiddelde, dag-gemiddelde en uurgemiddelde concentraties. Op basis van deze studies wordt ervan uitgegaan dat de concentraties in de lucht van NO<sub>2</sub>, fijn stof en ozon moeten dalen tot onder respectievelijk 40 µg/m<sup>3</sup> (jaargemiddelde), 20 µg/m<sup>3</sup> (jaargemiddelde) en 120 µg/m<sup>3</sup> (maximum 8 uurgemiddelde).

*Verzurende stoffen*

Sinds enkele decennia worden in Europa afspraken gemaakt over emissiereducties voor verzurende stoffen. Halverwege de zeventiger jaren werd de grootste SO<sub>2</sub>-emissie van bijna 1.800 miljard zuurequivalenten bereikt (figuur 3.5). Sindsdien zijn de emissies met bijna een factor 3 gedaald, onder meer door succesvolle afspraken tussen de Europese landen. In het tweede SO<sub>2</sub>-protocol (1994) is voor het eerst een effectgerichte benadering gevolgd. Dit protocol heeft als doel dat in 90% van de Europese natuurgebieden de kritische waarde voor depositie van verzurende stoffen niet meer wordt overschreden. Volgens afspraak moet de Europese SO<sub>2</sub>-emissie hiervoor in 2010 meer dan



Figuur 3.5 SO<sub>2</sub>-emissie in Europa ten westen van de Oeral (UN/ECE, 1999).

60% lager liggen dan in 1980. In december 1999 is in Gothenburg het meest recente protocol door 28 landen ondertekend. Dit protocol heeft als uitgangspunt de bescherming van ecosystemen en volksgezondheid en richt zich op een gelijktijdige kosteneffectieve vermindering van verzuring, vermisting en vorming van troposferisch ozon. De afgesproken emissiereductie voor  $\text{SO}_2$  is hierbij verhoogd tot 74% reductie in Europa in 2010 ten opzichte van 1980. De door Nederland toegezegde reductie bedraagt 90%. Als het Gothenburg Protocol volledig wordt uitgevoerd, zal de situatie in 2010 sterk zijn verbeterd. De omvang van de gebieden waar de verzuringsdoelstellingen worden overschreden daalt dan van 930.000  $\text{km}^2$  (16% van de natuurgebieden) in 1990 naar 150.000  $\text{km}^2$  (2,6% van de natuurgebieden) in 2010. Voor de stikstofdepositie is de situatie wat minder gunstig. In 2010 zal het niet tegen de stikstofdepositie beschermde areaal natuur nog 1,1 miljoen  $\text{km}^2$  (20%) bedragen, tegen 1,7 miljoen  $\text{km}^2$  (30%) in 1990. Vrijwel volledige bescherming tegen zure depositie vergt een extra emissiereductie op Europese schaal van bijna 70% vergeleken met het Gothenburg Protocol. Zelfs met een dergelijke vergaande reductie zal nog ruim 6% van de natuurgebieden niet beschermd zijn tegen een overmaat aan stikstofdepositie. Nederland steekt hierbij ongunstig af met een niet beschermd areaal aan natuur in 2010 van 80% tegen zowel verzuring als stikstof.

### *Smogvorming*

De fotochemische smogdeken die in de zomer boven het Europese continent wordt gevormd uit vluchtige organische stoffen (VOS) en stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) stelt mensen, natuur, landbouwgewassen en materialen in vrijwel geheel Europa bloot aan hoge troposferische ozonconcentraties. De kritische waarde waarboven oogstreducties van meer dan 5% optreden is in de jaren negentig in ongeveer driekwart van continentaal Europa overschreden. Naar schatting vindt op slechts 7% van het Europese continent onder de huidige omstandigheden geen overschrijding plaats van de drempelwaarden voor gezondheid. Door uitvoering van het Gothenburg Protocol zal de situatie in 2010 zijn verbeterd. Het aantal dagen met zomersmog zal dan waarschijnlijk met meer dan 50% ten opzichte van 1990 zijn afgenomen. De door de Europese Commissie in navolging van de Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) voorgestelde lange-termijn streefwaarde (geen overschrijding van 8 uursgemiddelde concentratie troposferische ozon van 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zal desondanks ook in de komende 30 jaar in Nederland niet worden gehaald. Bij de bescherming van bossen wordt daarentegen een relatief grote vooruitgang geboekt. De concentraties troposferisch ozon zullen in Nederland en Europa pas significant verminderen als de eerder afgesproken emissiereducties worden verdubbeld.

### *Fijn stof*

De Europese Unie heeft sinds 1999 een richtlijn luchtkwaliteit voor fijn stof. De jaargemiddelde concentratie van  $\text{PM}_{10}$  (deeltjes kleiner dan 10  $\mu\text{m}$ ) dient in 2005 onder de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  uit te komen. Indicatief is gesteld dat in 2010 de jaargemiddelde concentraties onder de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  moeten uitkomen. Voor kortdurende blootstelling is een maximum daggemiddelde van 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  vastgesteld. Vanaf 2005 mag deze niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden en vanaf 2010 niet vaker dan 7 dagen per jaar. Nu worden ongeveer 170 miljoen mensen in Europese Unie (EU15) ieder jaar blootgesteld aan jaar-

gemiddelde concentraties van meer dan  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De belangrijkste bronnen van primair fijn stof zijn centrales, industrie en verkeer. Ook een rol spelen secundaire stofdeeltjes die gevormd worden uit  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , VOS en  $\text{NH}_3$ . Daarnaast zijn er natuurlijke bronnen zoals zeezout en bodemstof. Op Europese schaal bestaat nog geen volledig kwantitatief beeld van diverse bronnen en processen in de fijn stof problematiek.

De NMP4-ambities ten aanzien verzuring en grootschalige luchtverontreiniging zijn zoveel mogelijk geconcretiseerd in kwantitatieve doel- en taakstellingen (Albers *et al.*, 2001; Beck *et al.*, 2001). Hierbij spelen verschillende natuurwetenschappelijke en maatschappelijke onzekerheden. Ook zijn er grote onzekerheden in het te verwachten internationale beleid.

De afgeleide richtinggevende depositie- en emissiedoelen voor de lange termijn zijn gebaseerd op het concept van *critical loads* en *critical levels*: de maximaal toelaatbare depositie of concentratie in Nederland waarmee nog aan de doelstellingen voor natuur, biodiversiteit en volksgezondheid wordt voldaan.

#### *Natuur en biodiversiteit*

- Het duurzaam kunnen floreren in Nederland van de meest kwetsbare natuur (95% bescherming van het potentieel van het huidig areaal van de Nederlandse natuur) vereist dat de lokale depositie van verzurende stoffen op gevoelige ecosystemen maximaal 300-600 mol per hectare aan potentieel zuur bedraagt. Om de effecten van eutrofiëring te voorkomen dient de depositie op gevoelige ecosystemen beperkt te blijven tot 300-500 mol per hectare stikstof.
- Voor ozon is de lange-termijn doelstelling voor bescherming van de natuurlijke vegetatie in overeenstemming met EU-richtlijnen vastgelegd op het niveau van  $6 \text{ mg}/\text{m}^3$  uur, als geaccumuleerde som boven de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per uur, gedurende daglichturen in het driemaands groeiseizoen.

Het realiseren van depositieniveaus waarbij ook de gevoelige ecosystemen duurzaam worden beschermd lijkt met alleen generiek beleid niet haalbaar. Een generiek beleid aangevuld met gebiedsgericht- en effectgericht beleid lijkt het meest kansrijk om de gestelde ambities te bereiken (zie *hoofdstuk 6*). Oplossingen liggen mogelijk in de sfeer van ruimtelijke gedifferentieerde doelstellingen, gebaseerd op de draagkracht van bodem en ecosysteem op een bepaalde plek en de kwaliteit van de daar gewenste natuur. Uit de NMP4-ambities kunnen bijbehorende emissieniveaus worden afgeleid (*tabel 3.1*). Gezien de eerder genoemde onzekerheden kennen deze niveaus een vrij grote range.

Tabel 3.1 Emissiereducties van luchtverontreinigende stoffen die nodig zijn om de NMP4-amibities te realiseren, 1990-2030.

Stof	Emissiereductie 2030 t.o.v. 1990 %	Emissie niveau 2030 kton
SO <sub>2</sub>	80-90	25-40
NO <sub>x</sub>	80-90	70-120
NH <sub>3</sub>	75-85	30-55
VOS	75-90	50-120
Fijn stof	85-95	5-10

### Volksgezondheid

- Uit oogpunt van volksgezondheid is voor *ozon* een drempelwaarde verondersteld tussen de 50 en 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (als 8 uursgemiddelde). Onder deze drempelwaarde is geen verdere gezondheidswinst te behalen. De waarde ligt beneden de WHO-richtlijn van 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , omdat ook onder de 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nog gezondheidseffecten mogelijk zijn.
- Voor *fijn stof* bestaat geen drempelwaarde voor effecten. Schattingen in verschillende studies geven aan dat effecten ook beneden de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  te verwachten zijn. Doordat fijn stof een verzamelnaam is voor een groot aantal stoffen en voor fracties die zeer verschillen in deeltjesgrootte, is op voorhand niet duidelijk of bestrijding van fijn stof ook leidt tot een evenredige vermindering van met fijn stof geassocieerde gezondheidseffecten.
- Voor NO<sub>2</sub> geldt een grens van 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  als jaargemiddelde concentratie, in overeenstemming met de betreffende EU-richtlijn.

Emissiereducties van ozonvormende stoffen ter bescherming van de gezondheid blijken meer stringent dan de berekende reducties voor de bescherming van de natuur. De WHO/EU-ozondoelstellingen ter bescherming van de gezondheid kan in een gemiddelde zomer worden gerealiseerd bij een emissiereductie van VOS tot een niveau van 40-60 kton en een emissiereductie van NO<sub>x</sub> tot 50 kton. De rest van Europa zal dan evenredige emissiereducties moeten realiseren.

Naast de directe uitstoot van fijn stof deeltjes (primair fijn stof) wordt fijn stof ook in de lucht gevormd. De stoffen (precursors) die bijdragen aan de concentraties fijn stof zijn VOS, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub>. Bij de bepaling van de emissiereducties van de precursors voor fijn stof is uitgegaan van de berekende reducties voor de verzurings-, eutrofiërings- en ozondoelstelling. Uitgaande van een niet-beïnvloedbaar achtergrondniveau van circa 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  blijft voor de primaire fijn stof emissies een ruimte van circa 5-10 kton om de doelstelling van 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  te realiseren.



### 3.3.2 Het Nederlandse verzuringsbeleid in Europees perspectief

In het kader van het Gothenburg Protocol hebben de Europese landen informatie geleverd over de ecosystemen die zij willen beschermen en welke kritische depositieniveaus van zwavel en stikstof daarbij horen. Voor Nederland is momenteel alleen informatie opgenomen over bossen. Door aanlevering van nieuwe gegevens kan een betere aansluiting worden gemaakt met de doelstellingen zoals geformuleerd in recente nota's zoals 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (LNV, 2000). De Noordwest-Europese landen hebben nog geen gezamenlijk beleid voor de soort natuur die ze willen beschermen.

#### *Zwaveldepositie*

Het Verenigd Koninkrijk en Duitsland hebben van de buurlanden de laagst aangemelde *critical load* voor zwaveldepositie, gevolgd door Nederland met een waarde van 160 mol per ha per jaar. Als het maximaal technologisch potentieel in Europa wordt gebruikt, kan in 2010 het percentage niet-beschermde natuur voor alle omringende landen beneden de 2% komen. Alleen Nederland blijft steken op bijna 10%. In dit geval is de gemiddelde potentieel zuurdepositie ten gevolge van SO<sub>2</sub>-emissies in Nederland gedaald tot circa 160 zuurequivalenten per ha per jaar.

#### *Stikstofdepositie*

Frankrijk heeft de laagst aangemelde *critical load* voor de stikstofdepositie, overeenkomend met een 98%-beschermingsniveau van ecosystemen. Daarna komen Duitsland, Nederland, België en het Verenigd Koninkrijk. Denemarken komt uit op een relatief hoge toegestane *critical load*. In Nederland, België, Duitsland en Frankrijk is na uitvoering van het Gothenburg Protocol 78-94% van de ecosystemen nog niet beschermd tegen overmatige stikstofdepositie. In Denemarken is dat 32% en in het Verenigd Koninkrijk 1%. Als het maximaal technologisch potentieel in Europa wordt gebruikt - het zogeheten *maximum feasible reduction* (MFR-)scenario - kan in 2010 het percentage niet-beschermde natuur in Denemarken en het Verenigd Koninkrijk beneden de 1% uitkomen. Frankrijk, Duitsland en België hebben dan nog 35-48% niet-beschermde natuur en Nederland bijna 80%. Uitgezet tegen het percentage oppervlakte van het betreffende land komt Frankrijk als minst beschermd land naar voren, gevolgd door Nederland, België en Duitsland. Denemarken en het Verenigd Koninkrijk zijn qua oppervlakte het best beschermd.

#### *Milieukosten*

In tabel 3.2 is een overzicht gegeven van de jaarlijkse kosten die Nederland en het omringende buitenland zouden moeten opbrengen om de in het Gothenburg Protocol afgesproken emissiereducties voor 2010 te realiseren. De daarmee samenhangende kosten bedragen zowel in Nederland als in de omringende landen tussen 1990 en 2010 bijna 60% van de totale kosten die voortvloeien uit het maximum technisch potentieel (MFR-) scenario. Per kg vermeden emissie maakt Nederland hierbij meer kosten (gemiddeld circa 30%) dan het omringende buitenland. Wanneer de kosten per inwoner worden vergeleken dan zijn de kosten voor Nederland echter lager dan gemiddeld.

Tabel 3.2 Kosten voor het realiseren van het verzurings- en eutrofiëringbeleid in Noordwest-Europa (Bron: IIASA).

	NO <sub>x</sub> en VOS		SO <sub>2</sub>		Totaal <sup>1)</sup>		Totaal <sup>1)</sup>	
	gulden per kg		gulden per kg		gulden per kg		gulden per inwoner	
	Ned. <sup>3)</sup>	NW-Europa <sup>2)</sup>	Ned. <sup>3)</sup>	NW-Europa <sup>2)</sup>	Ned. <sup>3)</sup>	NW-Europa <sup>2)</sup>	Ned.	NW-Europa <sup>2)</sup>
1990 → ref 2010	7,3	6,7	6,0	3,8	6,9	5,3	310	320
Ref 2010 → Gothenburg	2,0	2,0	1,8	1,1	4,2	2,4	22	18
Gothenburg → MFR <sup>4)</sup>	11	9,8	0,7	5,3	18	13	240	280
Totale kosten Gothenburg als % tov MFR-kosten (1990=ref)	65%	64%	99,7%	75%	58%	56%		

<sup>1)</sup> De som is inclusief de kosten voor het ammoniakbeleid.

<sup>2)</sup> De kosten zijn gemiddeld over Nederland, Denemarken, Duitsland, België, Frankrijk Groot-Brittannië.

<sup>3)</sup> Voor de 5e Milieuverkenning zijn nieuwe kostencurves gemaakt. Voor NO<sub>x</sub> komen de gemiddelde kosten op bijna f 9,- per kg uit. Hierbij is echter geen rekening gehouden met de synergie effecten met VOS. Voor SO<sub>2</sub> wordt aangenomen dat de kosten volgens de meeste recente inzichten ruim f 2,- per kg zullen bedragen.

<sup>4)</sup> MFR = maximum feasible reduction, oftewel: het maximaal technisch potentieel scenario.

Vergeleken met 1990 investeren België en Duitsland het meeste geld per inwoner om het Gothenburg Protocol te realiseren. Om vervolgens het maximaal technisch potentieel te realiseren komen per inwoner de hoogste kosten voor bij Denemarken en België. Voor het volledig realiseren van dit technisch potentieel nemen de gemiddelde kosten per kg vermeden emissie voor alle Noordwest-Europese landen gemiddeld met bijna een factor 3 toe.

De uit de NMP4-ambitie afgeleide doelstelling voor de stikstofdepositie (300-500 mol per hectare) zou binnen bereik komen als de stikstofdepositie ten opzichte van het maximaal technisch potentieel (het MFR-)scenario nogmaals zou worden gehalveerd via structurele veranderingen in het energie-, mobiliteits- en landbouwsysteem.

### 3.3.3 Voorstelbaarheid van de doelen van het verzuringsbeleid

- *Realisatie van de 2010-doelen uit het NMP3 in 2020 is voor de emissie van SO<sub>2</sub> voorstelbaar, maar lijkt voor de emissie van VOS problematisch. Het NMP3-doel voor de NO<sub>x</sub>-emissie is met de nu voorstelbare technieken in 2020 niet realiseerbaar.*
- *De economische effecten van het realiseren van de 2010-doelen uit het NMP3 in 2020 lijken te overzien: zonder extra maatregelen zal het aandeel van de milieukosten in het Bruto Nationaal Product afnemen van 3% in 2000 naar minder dan 2% in 2020. De kosten van de extra maatregelen worden geraamd op maximaal 1% van het BNP.*

#### *Emissie- en depositiedoelen*

In het NMP3 zijn emissiedoelen voor 2010 opgenomen voor verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: 40 kton SO<sub>2</sub>, 120 kton NO<sub>x</sub>, 54 kton NH<sub>3</sub> en 117 kton VOS. Deze

doelen zijn ook bij uitvoering van het maximaal technisch potentieel (MFR) in 2010 niet haalbaar. Nagegaan is in hoeverre realisatie van de NMP3-doelstellingen in 2020 technisch voorstelbaar en betaalbaar is. Deze inschatting kan worden gezien als een eerste indicatie van de voorstelbaarheid van de richtinggevende doelen voor 2030, zoals die uit de NMP4-ambities zijn afgeleid. Voor een toelichting op de voorstelbaarheid van de ammoniak-doelstelling wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

Voor SO<sub>2</sub> levert het realiseren van een emissieniveau van 40 kton in 2020 geen technische problemen op. Volledige vervanging van de inzet van kolen door aardgas en biomassa in elektriciteitscentrales en vervanging van olie door gas als brandstof in raffinaderijen vergt enkele tientallen miljoenen gulden, maar is voor een deel al in gang gezet. Verdere verlaging van het zwavelgehalte in dieselolie (in Europees verband), extra maatregelen in chemie en metaal en internationale maatregelen ter verlaging van het zwavelgehalte in bunkerolie voor schepen leveren voldoende emissiereductie op om een emissie van 40 kton te halen. De meerkosten bedragen ongeveer 100 miljoen gulden per jaar.

De emissie van NO<sub>x</sub> zou in 2020 rond de 175-185 kton kunnen uitkomen met toepassing van bestaande technieken, zoals SCR (selectieve katalytische reductie) in binnenvaart en zeevaart, ultra-low-NO<sub>x</sub>-branders dan wel SCR in industrie en centrales, efficiëntere en nog schonere verwarmingsketels en toepassing van de meest efficiënte technologie in auto's, brommers en overige mobiele werktuigen. De kosten hiervoor bedragen indicatief ruim 500 miljoen gulden per jaar. Vrijwel alle technische maatregelen vergen een Europese aanpak. Het NMP3-doel van 120 kton in 2010 lijkt dus ook in 2020 niet haalbaar. Technisch gezien is realisatie op de langere termijn voorstelbaar, maar de implementatie in 2020 is onwaarschijnlijk, deels vanwege de noodzakelijke technologische doorbraken (zoals het overwinnen van technologische drempels bij de toepassing van brandstofcellen) en deels vanwege te voorziene bestuurlijke en institutionele obstakels (onder andere de noodzakelijke gedragsveranderingen en de wil tot ombouwen van bestaande installaties). De totale NO<sub>x</sub>-emissie zou rond de 120-130 kton kunnen uitkomen als: 15% van de voer- en vaartuigen zou zijn uitgerust met brandstofcellen of elektrische motoren, 15% van het energie-aanbod zou bestaan uit biomassa of windenergie, 90% van de bestaande stationaire bronnen bij de industrie en overige sectoren zou zijn omgebouwd en uitgerust met ultra-low-NO<sub>x</sub>-branders, en als door dematerialisatie en gedragsverandering bovenop de reeds voorziene energie-efficiencyverbetering van ruim 2% per jaar nog een verbetering van meer dan 0,5% per jaar zou plaatsvinden. Gezien de gebruikelijke invoeringstermijnen voor nieuwe technologieën lijkt dit niet haalbaar in 2020. Voor voer- en vaartuigen zou bijvoorbeeld een zeer actief en op korte termijn te implementeren beleid nodig zijn om een aandeel van 'nul-emissie' voertuigen en schepen van 15% te kunnen bereiken. Voldoende schaalgrootte van de (Europese) afzetmarkt en een snelle introductie van experimentele versies zijn essentiële voorwaarden om rond 2010-2015 betaalbare exemplaren beschikbaar te hebben.

In 2020 kan door middel van bestaande technologie theoretisch gezien een VOS-emissie van 130-140 kton worden bereikt. De kosten hiervoor zullen kosten tenminste 500 miljoen gulden per jaar bedragen. Een dergelijk emissieniveau vergt aanpassingen in de

industrie, Europese productafspraken, een maatschappelijk draagvlak voor het louter gebruiken van watergedragen verven voor tweewielers en personenauto's en een verbod op spuitbussen. Het doel van 120 kton in 2010 lijkt ook in 2020 niet gehaald te kunnen worden met de bestaande technologieën. Daartoe zou invoering nodig zijn van onzekere maatregelen als de (ook bij NO<sub>x</sub> genoemde) toepassing van brandstofcellen of elektrische motoren bij 15% van de voer- en vaartuigen, en een voortvarend Europees innovatiebeleid ten aanzien van chemische producten.

Al met al lijken de voorstelbare maatregelen toereikend om in 2020 een depositie van circa 1.500-1.700 mol potentieel zuur en 1.000-1.200 mol stikstof te kunnen bereiken. Dit vormt een goed uitgangspunt om na 2020 toe te werken naar een generiek depositieniveau van circa 900-1.100 mol potentieel zuur en 700-900 mol stikstof. In combinatie met gebieds- en effectgericht beleid (bijvoorbeeld ammoniakvrije zones, zie *hoofdstuk 6*) kan dan mogelijk een beschermingsniveau van 90-95% voor de natuur in Nederland worden bereikt.

### *Economische effecten*

De economische effecten in termen van milieukosten als percentage van het Bruto Nationaal Product (BNP) lijken te overzien: zonder extra maatregelen zal het aandeel van de milieukosten in het BNP afnemen van 3% in 2000, naar minder dan 2% in 2020. De kosten van de bovengenoemde extra maatregelen worden indicatief geschat op maximaal 1% van het BNP. Wel zouden in specifieke sectoren, met name de landbouwsector en de vervoersector, problemen kunnen optreden bij bedrijven die zich niet snel genoeg kunnen aanpassen aan de nieuwe omstandigheden.

## **3.4 Oplossingsrichtingen in het klimaat- en verzuringsbeleid**

### **3.4.1 Oplossingsrichtingen in het mondiale klimaatbeleid**

- *De kosten van uitvoering van het Kyoto Protocol zijn in de orde van enkele tienden procenten tot hooguit 2% van het Bruto Nationaal Product in 2010.*
- *Inzet van technologische opties kan tegen relatief geringe kosten zorgen voor een aanzienlijke reductie in de emissie van broeikasgassen.*
- *De voornaamste problemen bij klimaatbeleid liggen op het politieke, sociale en institutionele vlak. Het is perspectiefvol om klimaatbeleid te laten aansluiten bij het te voeren economische beleid.*

De laatste jaren is belangrijke vooruitgang geboekt in de ontwikkeling van technologieën, die het potentieel hebben om de mondiale emissie van broeikasgassen over tien tot twintig jaar weer terug te brengen tot beneden het niveau van 2000. Het gaat hierbij onder meer om technologieën op het gebied van energie-efficiency, windenergie, brandstofcellen, en het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> bij diverse industriële productieproces-

sen. De kosten van dergelijke ontwikkelingen zijn relatief laag, maar het invoeren van klimaatmaatregelen stuit vaak op politieke en maatschappelijke weerstanden. Door het klimaatbeleid meer te integreren in het economische beleid en meer te richten op duurzame ontwikkeling kan de effectiviteit van klimaatmaatregelen worden vergroot. Bossen, landbouwgronden en andere ecosystemen bieden mogelijkheden om extra CO<sub>2</sub> op te slaan, waardoor per saldo de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer kan verminderen. Deze categorie oplossingen heeft een reductiepotentieel van 10-20% van de potentiële uitstoot van fossiele brandstoffen tot 2050.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change schat in dat met de thans beschikbare technologische opties de potentiële emissiereducties van broeikasgassen voor ongeveer de helft in 2020 kunnen worden gehaald met baten die hoger zullen zijn dan de kosten. De andere helft kan voor maximaal f 250,- per ton koolstof worden gerealiseerd. Wel brengt het realiseren van deze reducties implementatiekosten met zich mee en ook is bijvoorbeeld effectieve technologie-overdracht nodig. Kostenindicaties voor het halen van de doelstellingen van het Kyoto Protocol in de industrielanden, inclusief Nederland, komen uit op 0,2-2% van het in 2010 bereikte Bruto Nationaal Product (BNP). Dit percentage daalt tot 0,1-1,1% als volledig gebruik wordt gemaakt van de mogelijkheid in het Protocol om de emissieruimte internationaal te verhandelen. Dit komt ongeveer overeen met een vermindering van de jaarlijkse economische groei met circa 0,1%. De effectiviteit van klimaatmaatregelen kan waarschijnlijk nog aanzienlijk worden verbeterd door de maatregelen in te bedden in een algemeen sociaal-economisch beleid dat gericht is op duurzame ontwikkeling (IPCC, 2000).

### 3.4.2 Synergie in de Nederlandse aanpak van klimaatverandering en verzuring

- *Het richtinggevende 2030-emissiedoel voor CO<sub>2</sub> is zeer ambitieus maar theoretisch gezien haalbaar. Technologisch is het voorstelbaar, maar het vergt zeer grote inspanningen zowel vanuit de overheid om de randvoorwaarden te scheppen als vanuit de overige economische sectoren om de noodzakelijke maatregelen daadwerkelijk te treffen.*
- *Oplossingsrichtingen voor CO<sub>2</sub> reduceren ook andere energiegerelateerde emissies (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, fijn stof en VOS). Het meelift-effect is echter onvoldoende om het NO<sub>x</sub>-emissiedoel in 2030 te bereiken.*
- *Het realiseren van het 2030-emissiedoel voor NO<sub>x</sub> vereist naast vergaande CO<sub>2</sub>-oplossingsrichtingen grootschalige toepassing van geavanceerde energiesystemen, zoals bijvoorbeeld de brandstofcel.*

In opdracht van het ministerie van VROM hebben ECN en RIVM in het voorjaar van 2000 ter voorbereiding van het NMP4 oplossingsrichtingen in kaart gebracht om emissies die samenhangen met energiegebruik en mobiliteit in 2030 vergaand te reduceren (ECN/RIVM, 2000). De onderzochte oplossingsrichtingen zijn in overleg met de NMP4-ministeries vastgesteld. Vertrekpunt voor de analyses waren de richtpunten voor

de emissie in 2030 van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, VOS en fijn stof, zoals die door VROM zijn aangegeven (tabel 3.5). Deze emissieniveaus zijn indicatief bedoeld en hebben een grote marge, als gevolg van de diverse onzekerheden die hier een rol spelen.

Tabel 3.5 Richtpunten voor de emissie van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, VOS en fijn stof in 2030, zoals door het ministerie van VROM opgegeven ter verkenning van mogelijke oplossingsrichtingen.

Stof	Emissierange in 2030	Reductiepercentage
CO <sub>2</sub>	110-130 Mton	circa 30% t.o.v. 1990 (in het binnenland)
NO <sub>x</sub>	20-40 kton	circa 95% t.o.v. 1980
SO <sub>2</sub>	20-40 kton	circa 95% t.o.v. 1980
VOS	20-40 kton	circa 95% t.o.v. 1980
Fijn stof	0-22 kton	75 à 100% t.o.v. 1980

Voor CO<sub>2</sub> bedraagt de reductieopgave circa 120 Mton in 2030 (het verschil tussen de in de 5e Milieuverkenning geraamde emissie in 2030 bij bestaand beleid en het emissierichtpunt voor 2030). Dit komt overeen met een reductie van circa 30% ten opzichte van 1990.

Van de onderzochte oplossingsrichtingen hebben ‘schoon fossiel’ (CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag), ‘hernieuwbare bronnen’ (wind, zon, getijde, biomassa) en ‘efficiencyverbetering’ (energiebesparing) het hoogste maximale reductiepotentieel in 2030 (tabel 3.6). Onder het maximale potentieel wordt verstaan het potentieel dat haalbaar lijkt als zo snel mogelijk, met maximale inspanning en gedurende de hele periode tot aan 2030 de betreffende oplossingsrichting door zowel de overheid als andere sectoren wordt uitgevoerd.

De reductiepotentiëlen van de afzonderlijke oplossingsrichtingen kunnen niet eenvoudigweg bij elkaar worden opgeteld. Oplossingsrichtingen hebben soms immers betrekking op hetzelfde energiegebruik of dezelfde emissie, wat leidt tot overlap van de potentiëlen. De maximale overlap bij het combineren van alle oplossingsrichtingen is circa 70-80 Mton CO<sub>2</sub>-emissiereductie.

Tabel 3.6 Oplossingsrichtingen voor de emissie van CO<sub>2</sub>.

Oplossingsrichting	Maximale reductiepotentieel in 2030 (in Mton) <sup>1)</sup>
Wijziging economische structuur	30
Aanpassing gedrag	10
Efficiencyverbetering	40-60
Hernieuwbare bronnen	40-75
Schoon fossiel	50-60
Kernenergie	10-20

<sup>1)</sup> Niet optelbaar vanwege overlap

Bron: ECN/RIVM, 2000.

Als tweede stap in de verkenning van mogelijke oplossingsrichtingen is een zogeheten ‘*startoplossing*’ samengesteld. In deze startoplossing is niet gekozen voor optimalisatie, maar is voor iedere oplossingsrichting een ongeveer gelijk aandeel van het maximale reductiepotentieel ingezet, zodanig dat het emissierichtpunt voor 2030 wordt bereikt. Het blijkt dat voor de startoplossing al 70% van het totale maximale potentieel nodig is.

Vervolgens is een aantal varianten op de startoplossing onderzocht:

- variant zonder kernenergie;
- variant zonder schoon fossiel en zonder kernenergie;
- variant zonder biomassa en zonder kernenergie;
- variant waarin het ‘meelift-effect’ voor de overige stoffen wordt geoptimaliseerd.

Door het uitsluiten van één of meer oplossingsrichtingen moeten de resterende oplossingsrichtingen maximaal worden aangesproken om de emissierichtpunten alsnog te kunnen bereiken. De kosten voor de startoplossing worden geraamd op 6-30 miljard gulden in 2030. De kosten voor de onderscheiden varianten liggen in dezelfde orde van grootte. De bijbehorende investeringskosten liggen ruwweg tussen de 150 en 500 miljard gulden, cumulatief tot 2030.

De oplossingsrichtingen die gericht zijn op reductie van de energievraag hebben betrekking op vrijwel alle sectoren. Extra reducties aan de aanbodkant hebben vaak betrekking op een aantal specifieke sectoren. Sectoren waar relatief veel oplossingsrichtingen aangrijpen zijn de elektriciteitssector en de transportsector. De structuur van deze sectoren kent zowel in de startoplossing als in de varianten grote veranderingen. De CO<sub>2</sub>-emissie van deze sectoren komt, afhankelijk van de variant, maximaal 70-75% lager uit dan de raming voor 2030 bij bestaand beleid.

Tenslotte is gekeken naar de ‘meelift-effecten’ bij de emissies van de overige stoffen. Voor NO<sub>x</sub> is nagegaan wat voor extra maatregelen nodig zijn om het emissierichtpunt voor 2030 te kunnen bereiken. Dit richtpunt wordt met de oplossingsrichtingen uit de CO<sub>2</sub>-startoplossing gecombineerd met nageschakelde NO<sub>x</sub>-reductietechnieken (zoals SCR en katalysatoren) niet gehaald. Om dat wel te realiseren dienen alle CO<sub>2</sub>-oplossingen maximaal te worden ingezet en is grootschalige toepassing van geavanceerde energiesystemen, zoals de brandstofcel, nodig. Daar waar dergelijke systemen niet mogelijk zijn is aanvulling met nageschakelde NO<sub>x</sub>-reductietechnieken noodzakelijk. De emissies van SO<sub>2</sub> en fijn stof liften dusdanig mee met de CO<sub>2</sub>-oplossingen, dat de emissierichtpunten voor deze stoffen binnen bereik zijn. Dat geldt niet voor de emissie van VOS, vooral omdat het grootste deel van deze emissie in 2030 niet samenhangt met energiegebruik of mobiliteit.

Conclusie is dat de emissierichtpunten zoals die door het beleid zijn aangeleverd zeer ambitieus zijn. Het emissierichtpunt voor CO<sub>2</sub> lijkt theoretisch haalbaar, maar zal zeer grote inspanning vergen van zowel de overheid om de randvoorwaarden te scheppen als van de andere economische sectoren om de noodzakelijke maatregelen daadwerkelijk te treffen. Bij het reduceren van de emissies van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en fijn stof treden sterke

synergie-effecten op. Desondanks is het voor het realiseren van het  $\text{NO}_x$ -emissierichtpunt noodzakelijk dat geavanceerde energiesystemen zoals de brandstofcel grootschalig worden toegepast. Of dat zal gebeuren is zeer onzeker. In principe is noch voor het  $\text{CO}_2$ - noch voor het  $\text{NO}_x$ -emissierichtpunt een volledig andere samenleving of economische structuur vereist. Wel zijn aanzienlijke aanpassingen in de energievoorziening noodzakelijk. Het veranderen van de energievoorziening beslaat al gauw een traject van tientallen jaren. Hoe eerder daarmee wordt begonnen, hoe beter. Daarbij lijkt een maximale inzet op vrijwel alle oplossingsrichtingen nodig om de ambitieuze emissierichtpunten voor 2030 te kunnen bereiken.

### 3.4.3 Illustratie: transitie van de brandstofcel in transport

In een brandstofcel worden waterstof ( $\text{H}_2$ ) en zuurstof ( $\text{O}_2$ ) omgezet in waterdamp waarbij elektriciteit vrijkomt. Brandstofcelvoertuigen worden aangedreven door elektromotoren die hun stroom krijgen van een brandstofcel. Waterstof kan buiten het voertuig worden geproduceerd uit water (via elektrolyse) of uit koolwaterstoffen (via een thermisch katalytisch proces). De meest efficiënte productiewijze bij gebruik van koolwaterstoffen is de omzetting van aardgas (methaan). Waterstof wordt in dat geval aan boord van het voertuig opgeslagen. Het is deze opslag van waterstof die technisch vooralsnog een groot probleem is. Waterstof kan ook aan boord van het voertuig worden gevormd uit bijvoorbeeld methanol of benzine (in een zogeheten *reformer*). Methanol en benzine kunnen eenvoudig in het voertuig worden meegenomen en voor de distributie ervan kan gebruik worden gemaakt van de bestaande infrastructuur.

Bij het omzettingsproces in de brandstofcel zelf is geen sprake van schadelijke emissies. Wel kunnen bij de productie van de brandstoffen en bij het tanken nog schadelijke emissies vrijkomen. Op dit moment wordt de *solid polymere fuel cell* (SPFC) het meest geschikt geacht voor transportdoeleinden. Brandstofcellen zijn ook perspectiefvol voor de opwekking van elektriciteit in stationaire toepassingen. In Gelderland draait sinds kort de grootste brandstofcel ter wereld. Met een elektrisch vermogen van 100 kW wordt zowel elektriciteit als warmte geleverd aan het net. Het brandstofrendement is 75%, afgezien van de rendementsverliezen die bij de productie van waterstof optreden.

#### Transitie van de brandstofcel in transport

In een transitie van de energievoorziening zijn vele barrières te overwinnen. Ter illustratie zijn kenmerkende elementen in kaart gebracht met behulp van 'back casting' voor de introductie van de brandstofcel in transport. In vijf stappen is dit geconcretiseerd: van een definitie van een eindbeeld in 2030 naar een schets van het implementatietraject. Hierbij zijn de effecten binnen Nederland voornamelijk beschouwd vanuit het oogpunt van het beleid.

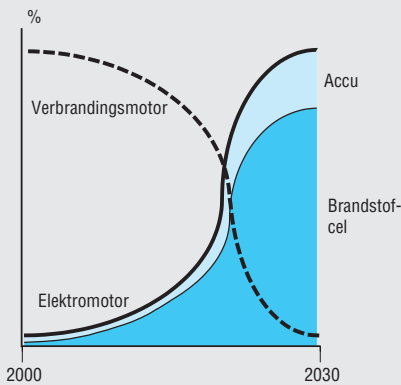
##### Step1 Definitie van het eindbeeld

Verkeer en vervoer in Nederland in 2030 is vrijwel schoon voor  $\text{CO}_2$  en  $\text{NO}_x$ . Het gestelde einddoel is dat 80% van de transportmiddelen een brandstofcel heeft. Verondersteld is dat de benodigde

brandstof, waterstof en (m)ethanol, in 2030 vrijwel schoon kan worden geproduceerd. Daarnaast is aangenomen dat mobiliteitsreductie en andere schone vervoerswijzen maximaal zijn ingezet.



### Aandeel brandstofcel in transport



#### Stap2 Barrières en kansen

Het overwinnen van barrières betekent veelal ook het benutten van kansen. Het onderscheid is vaak kunstmatig.

*Barrières*, opgevat als drempels en randvoorwaarden, doen zich voor ten aanzien van:

- de technologie. De brandstofcel op waterstof is beschikbaar, maar het volume van de opslag in het transportmiddel moet nog worden verbeterd. Bij de brandstofcel zijn verbeteringen nodig in het geval er zwavel in de brandstof zit;
- de marktomvang. De prijs/prestatieverhouding moet nog een factor 5 omlaag, en op deelmarkten zelfs nog meer. Bij voldoende marktomvang zal dit verschil waarschijnlijk kleiner worden. Het probleem is om voldoende marktomvang te krijgen en per deelmarkt uit te bouwen.

*Kansen* zijn er voor:

- fabrikanten van schone transportmiddelen;
- de transportsector en de olie- en autoindustrie vanwege een schoon imago;
- steden: stille stadskernen;
- milieubeleid: grote NO<sub>x</sub>-reductie op korte termijn is mogelijk bij sommige marktniches (binnenvaart).

#### Stap 3 Keuze meest uitdagende probleem

De meest uitdagende opgaven zijn:

1. het op korte termijn vaststellen van een langetermijn doel in EU-kaders en hier voortschrijdend in tijdstappen naar toe werken door een consistent EU-beleid en het geven van adequate (financiële) prikkels;
2. het doorbreken en op elkaar afstemmen van onderling afhankelijke deelsystemen: de consument kan geen schoon transportmiddel kopen,

de fabrikant maakt geen schoon transportmiddel als er geen geschikte brandstof kan worden getankt, de brandstofdistributeur is afhankelijk van de schone brandstofproducent. Deze laatste is weer afhankelijk van de drie voorgaande.

*Binnenlandse emissies van transport in 2030 (RIVM, 2000).*

Type	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Weg-personenvervoer	38%	7%
Weg-vrachtovervoer	38%	43%
Weg-overig	14%	5%
Niet-wegverkeer	10%	45%
Totaal transport	60 Mton	240 kton
	dit is 1/4 van dit is bijna 3/4 van	
Totaal Nederland	240 Mton	340 kton

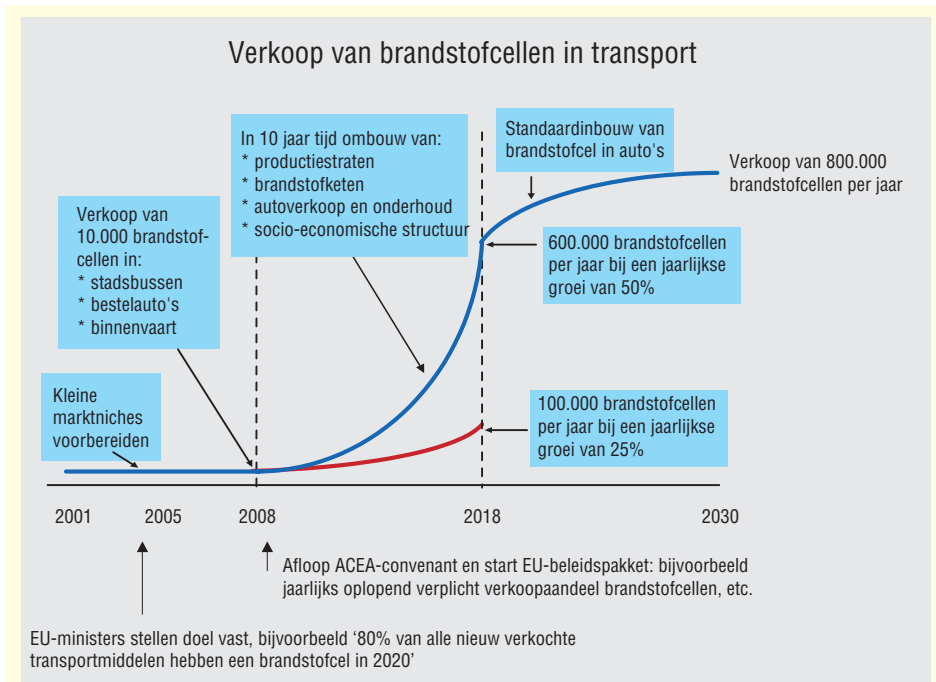
- In 2030 is er een opvallend groot aandeel van niet-wegverkeer in NO<sub>x</sub>.
- Voor niet-wegverkeer zijn de aandelen van NO<sub>x</sub>-emissie ongeveer als volgt:
  - binnenvaart 30% → marktniche?
  - zeescheepvaart 40%
  - mobiele werktuigen 20% → marktniche?
  - rest (lucht, rail, recreatie) 10%

#### Stap 4 Ontwikkeling oplossingsstrategieën

Er zijn twee sporen te onderscheiden. Het *eerste* spoor is gericht op het ontwikkelen van beleid op EU-breed niveau. Begonnen kan worden met gelijkgerichte landen. In verband met de radius van de transportmiddelen is het van belang om een gezamenlijke brandstofinfrastructuur op te bouwen met zoveel mogelijk buurlanden. Mogelijke voortschrijdende prikkels van het EU-beleid zijn:

- verplichtstelling van een oplopend aandeel schone transportmiddelen bij verkoop;
- aanscherpen emissienormen voor NO<sub>x</sub> en introductie van emissienormen voor CO<sub>2</sub>;
- introductie van systeem van handelbaarheid van emissie- en reductierechten onder andere in combinatie met de twee bovenstaande punten.

Aanvullend dienen via belastingen en accijnzen financiële prikkels te worden gegeven voor het bevorderen van schone transportmiddelen en schone brandstoffen. Daarnaast dienen bedrijfsleven en consumenten betrokken te worden bij de probleemstelling en het formuleren van oplossingen.



Het *tweede* spoor is de implementatie van beleid op nationaal niveau in overleg met belanghebbende partijen (stakeholders). Het zoeken en creëren van markt niches kan hierbij werken als een katalysator.

Belangrijke elementen zijn:

- flexibiliteit in de brandstof: 1 transportmiddel (hybride) is geschikt voor meerdere brandstoffen en/of 1 brandstof is geschikt voor meerdere typen van motoren;
- bijeenbrengen stakeholders in een nieuw platform (breder dan het huidige ACEA-convenant en Auto Oil) en afspraken maken over transitieproces. Een voorbeeld is het opstellen van een plan van aanpak voor gelijktijdige acties in de keten;
- overheid heeft voorbeeldfunctie en voortrekkersrol.

#### Stap 5 Implementatietraject op tijdbalk

##### Technologie

Om het einddoel (80% van de transportmiddelen in 2030 heeft een brandstofcel) te bereiken moet vanwege de levensduur van motoren 80% van de nieuw verkochte transportmiddelen in 2018 al een brandstofcel hebben. Uitgaande van een maximaal verkoopaandeel in 2008 (10.000 brandstofcellen) moet de verkoop in 10 jaar stijgen met gemiddeld 50% per jaar. Historisch liggen groeitempo's van vergelijkbare technologieën echter meer in de orde van 25% per jaar.

Illustratief beleidstraject:

- 2004: nationaal masterplan voor markt niches;
- 2005: EU-ministers stellen doel vast, bijvoorbeeld 80% van alle nieuw verkochte transportmiddelen in 2018 hebben een brandstofcel;
- 2006: Plan van aanpak van stakeholders in gelijkgerichte landen;
- 2008: EU-beleidspakket met voortschrijdende eisen (à la Auto Oil) en financiële prikkels.

##### Kanttekeningen bij het maatschappelijk draagvlak

Het is de vraag of de systemen (productiestraten, brandstofketen, en dergelijke) in 10 jaar tijd geheel of gedeeltelijk kunnen worden omgebouwd zonder discontinuïteiten en maatschappelijke weerstand te veroorzaken. Zo lijkt deze periode kort voor de verspreiding van kennis bij autofabrikanten, verkopers, onderhoudgarages, brandstofproducenten en -distributeurs. Vraag- en aanbodmarkten moeten zich aan elkaar aanpassen en in evenwicht komen. Van tevoren is onzeker welke type brandstofcel gaat winnen. Dit maakt groot-schalige investeringen risicovol en is er gevaar voor desinvesteringen van bestaande capaciteit. Een snelle verandering in rol en functies van personeel, bedrijven en organisaties kan sociaal als ongewenst worden ervaren. Ook de introductie en aanpassing aan het nieuwe (financiële) beleid kunnen weerstand oproepen (zoals bij rekeningrijden).

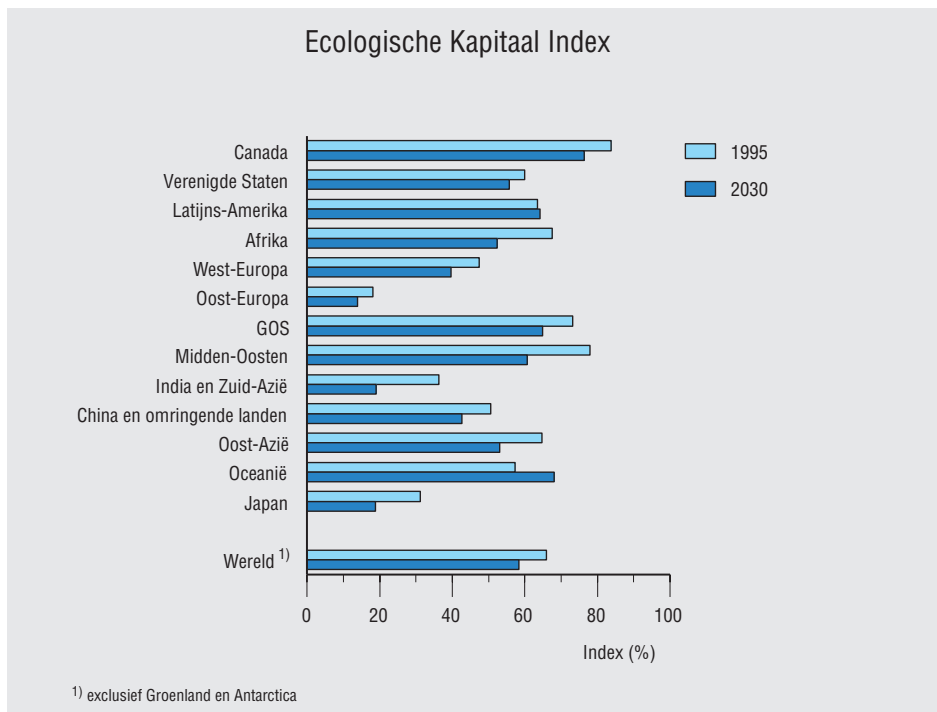
# 4 MONDIALE BIODIVERSITEIT EN NATUURLIJKE HULPBRONNEN

## 4.1 Probleemschets en NMP4-amibitie

### Hardnekkig probleem

De 5e Milieuverkenning concludeert dat de biodiversiteit de komende dertig jaar over de hele wereld zal afnemen, met name in de oorspronkelijk zeer soortenrijke ecosystemen in de tropen en subtropen (figuur 4.1). Verlies van natuurlijk areaal is de belangrijkste oorzaak, gevolgd door achteruitgang in de milieukwaliteit. Rond 2030 zal het aandeel van in cultuur gebracht gebied op aarde de 50% overschrijden. De resterende natuur zal dan vooral te vinden zijn in voor de mens moeilijk bewoonbare streken.

Door de groeiende behoefte aan landbouwgrond zal de druk op de beschikbare hoeveelheid vruchtbare grond sterk toenemen, met name in Afrika en Azië. Een grootschalige omschakeling op biobrandstoffen zou een aanzienlijke bijdrage kunnen leveren aan de oplossing van het klimaatvraagstuk, maar zal eveneens een grote claim leggen op het beschikbare land, oplopend tot 20-25% van het totale gewasareaal in 2050. Daar komt bij de behoefte aan land ter compensatie van gronden die reeds geërodeerd of uitgeput zijn door niet-duurzame landbouw. Klimaatverandering kan bovendien de kans op erosie vergroten. De grootste veranderingen in landgebruik worden verwacht in regio's van



Figuur 4.1 De biodiversiteit in verschillende regio's in de wereld, 1995-2030 (situatie 1950=100%).

waaruit Nederland niet veel importeert. Mogelijk is de Nederlandse import uit ontwikkelingslanden van hout - en in de toekomst van vlees - een aandachtspunt.

Wat betreft de beschikbaarheid van natuurlijke hulpbronnen wordt voorzien dat het aantal mensen dat met watertekorten of een slechte waterkwaliteit te maken krijgt in de komende dertig jaar zal toenemen, vooral in de steden in ontwikkelingslanden. De groei van de vraag naar water vloeit voort uit de verwachte toename van de geïrrigeerde landbouw, industriële productie en het huishoudelijk gebruik. Het aanbod van water kan veranderen door klimaatverandering.

Van de visgronden in de wereld was in 1994 ongeveer 60% uitgeput of in volle exploitatie en 40% in beginnende exploitatie. Er wordt in steeds verder gelegen gebieden gevist, de vangsten nemen af ten opzichte van de inspanning, er worden steeds jongere exemplaren gevangen en de vangst verschuift van hogere naar lagere soorten in de voedselketen. De biodiversiteit neemt vooral in kustgebieden af door overbevissing en het gebruik van sleepnetten. De Nederlandse vloot heeft een deel van haar activiteiten verschoven naar verre wateren, met name voor de kust van West-Afrika. De Europese Unie subsidieert de visserij daar via akkoorden met de betreffende landen. Deze ontwikkeling heeft nadelige effecten op vispopulaties waarvan de bewoners in de betreffende regio afhankelijk zijn.

#### **Economie, ecologie en sociale verhoudingen steeds meer uit balans**

In de afgelopen eeuw is de wereldbevolking meer dan verdubbeld. Het gemiddelde inkomen per hoofd verzesvoudigde, evenals het energie- en materialengebruik. De verschillen tussen arm en rijk verdubbelden. Het areaal natuurgebied nam met 30% af. Het door de mens gecultiveerde areaal nadert de 50% van de landoppervlakte (RIVM, 2000). De biodiversiteit is op dit areaal teruggebracht tot circa 70 soorten. Ongeveer 20% van de vruchtbare grond spoelde weg. Meer dan de helft van de visgronden wordt volledig geëxploiteerd of zelfs overgeëxploiteerd. Ongeveer 5-10% van de soorten stierven uit (Myers, 1984). De spanning tussen cultuur en natuur wordt naar verwachting in de komende eeuw scherper. De natuur op aarde

staat sterk onder druk door areaalverlies (vooral voor landbouwgrond in ontwikkelingslanden en in minder mate voor verstedelijking), klimaatverandering en vervuiling (vooral de overvloedige toevoer van voedingsstoffen) (Leemans, 1999 en 2000). In mindere mate speelt de verstoring van ecosystemen door het introduceren van nieuwe soorten en het overexploiteren van bestaande soorten een rol. De vraag hoeveel soorten nog kunnen verdwijnen zonder ecosystemen te verstoren, is nog moeilijker objectief te beantwoorden dan de vraag hoeveel schroeven uit een vliegtuig gemist kunnen worden. Het is een kwestie van risicomanagement, van voorzorg.

#### ***NMP4-ambitie***

Het NMP4 stelt dat biodiversiteit de 'levensverzekering' voor huidige en toekomstige generaties is: het vervult een aantal essentiële functies voor de mens en is aanjager van processen en condities die het welzijn en de welvaart van mensen ondersteunen. Biodiversiteit levert goederen, grondstoffen en diensten die de mens nodig heeft om te eten, te drinken, te wonen en te werken. Een van de essentiële functies is het reguleren van de basale processen die het leven op aarde mogelijk maken: de productie van schone lucht en biomassa, het instandhouden van voedsel-, stikstof- en waterkringlopen en van het klimaatsysteem (de regulatiefunctie). Daarnaast heeft de biodiversiteit een economische

functie, direct in de landbouw, bosbouw, visserij en biotechnologie en meer indirect in de farmacie, de chemische industrie en het toerisme (de productiefunctie). Bovendien heeft de diversiteit van de soorten (flora en fauna) invloed op de kwaliteit van leven (de informatiefunctie).

De ambitie van het NMP4 is het veilig stellen van de mondiale biodiversiteit en het duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen.

## 4.2 De Biodiversiteitconventie

- *Karakteristieke natuurgebieden in Nederland zijn, ondanks de hoge ruimte- en milieudruk, in vergelijking met omliggende landen planologisch gezien goed beschermd.*
- *Karakteristieke ecosystemen als de duinen, kustecosystemen en laagvenen zijn vanuit internationaal perspectief kwetsbaar en hun bescherming hangt sterk samen met een effectief beleid in eigen land. Rivier- en heuvellandnatuur zou baat kunnen hebben bij internationale samenwerking en initiatieven buiten ons land.*
- *Karakteristieke open landschappen worden in Nederland planologisch gezien onvoldoende beschermd.*

In 1992 is in Rio de Janeiro de Biodiversiteitconventie van de Verenigde Naties vastgesteld. Volgens deze conventie moet elk land zijn (nader te definiëren) biodiversiteitsvoorraad volledig duurzaam beschermen, zowel als doel op zich als vanwege het duurzaam behoud van de verschillende functies van de natuur voor de mens. Daarbij wordt het aan de landen zelf overgelaten om te bepalen wat zij precies duurzaam willen beschermen (welke soorten, natuurgebieden, natuurfuncties en landschappen). Uitgangspunt is de internationale verantwoordelijkheid van landen voor karakteristieke natuur, landschappen en soorten. Nederland heeft het verdrag in 1994 geratificeerd en vertaald in het zogeheten Strategisch Plan van Aanpak Biodiversiteit. Inmiddels is dit beleid geactualiseerd in de nota Natuur voor mensen, Mensen voor natuur (LNV, 2000). Het in het Nederlandse natuurbeleid vastgelegde compensatieprincipe biedt de mogelijkheid om verlies aan biodiversiteit op de ene plek te compenseren door meer biodiversiteit elders. In de internationale discussie is het steeds meer geaccepteerd dat wanneer (ontwikkelde) landen vinden dat de biodiversiteit in een ander (ontwikkelings-)land meer moet worden beschermd dan dat het (ontwikkelings-)land zelf van plan is, die (ontwikkelde) landen daar dan voor moeten betalen. De zogeheten ‘*debt-for-nature swaps*’ vormen hiervan een uitwerking.

### *Soorten waarvoor Nederland een bijzondere internationale verantwoordelijkheid heeft*

De internationale verantwoordelijkheid van Nederland voor de in ons land voorkomende biodiversiteit is groter naarmate die biodiversiteit elders op aarde schaarser is. In het natuurbeleid wordt daarop ingespeeld door middel van de systematiek van de doelsoorten. Op basis van deze systematiek kan worden afgeleid dat Nederland een bijzondere

verantwoordelijkheid heeft voor de bescherming van ecosystemen van kustgebieden (de Noordzee, kwelders, duingebieden, en dergelijke) en ecosystemen van voedselarme, natte gebieden (zoals vennen, schraallanden, laaglandbeken). Verder is Nederland belangrijk vanwege de ligging aan de pale-arctische vliegroute, waarlangs trekvogels van Noord naar Zuid en vice versa trekken. Vrij veel vogelsoorten broeden in Nederland en overwinteren in tropisch Afrika (weidevogels en dergelijke) of overwinteren in Nederland en broeden in Siberië (onder andere ganzen).

Vooraf voor vogels en waterleven zijn moerassen en laagvenen en de kwelders/schorren en getijdengebieden van grote internationale betekenis. De duinen zijn van grote botanische betekenis. Unieke 'Nederlandse' plantensoorten zijn bijvoorbeeld: driernervige zegge, groenknolorchis, drijvend waterweegbree, sneeuwkllokje en diverse wolfsklauwen.

Een unieke vogelsoort die vooral in Nederland voorkomt is de grutto. Het leefgebied van unieke soorten wordt deels beschermd via de aanwijzing van Vogelrichtlijn- en Habitatrictlijn-gebieden. In de Natuurbalans 2000 wordt ten aanzien van de Vogelrichtlijn-gebieden geconcludeerd dat inmiddels op adequate wijze wordt voldaan aan de internationale verplichting. De door Nederland ingediende lijst van Habitatrictlijn-gebieden behoeft echter nog aanpassing om de bescherming van habitats en soorten te verbeteren. Aandachtspunt bij de implementatie van deze internationale richtlijnen is de rechtsonzekerheid en juridisering van de besluitvorming over ingrepen in speciale beschermingszones (RIVM/DLO, 2000).

Nederland dankt zijn biodiversiteit aan zijn geografische positie en het daarmee samenhangende Atlantisch klimaat: het is gelegen in een rivierdelta aan de rand van het continent en profiteert van de warme golfstroom. De zee beïnvloedt het klimaat sterk: gedurende het gehele jaar is er neerslag met gematigde temperaturen en op jaarbasis een neerslagoverschot. Vanwege de monding van een aantal grote rivieren in zee en de invloed van de ijstijden bestaat het grootste deel van het land uit een afwisseling van fijne en grovere sedimenten. In gebieden die permanent onder water stonden, heeft in het verleden veenvorming plaatsgevonden. De ligging aan de rand van het continent (waarlangs veel trekvogels zich bewegen), het zeeklimaat, de invloed van rivieren en de geologie resulteren in milieucondities die elders op aarde niet veel voorkomen.

### *Ecosystemen waarvoor Nederland een internationale verantwoordelijkheid heeft*

Om de voor ons land karakteristieke biodiversiteit te beschermen gaat het Nederlandse natuurbeleid uit van een systeem van ongeveer 150 natuurdoeltypen, die worden aange troffen in negen fysisch-geografische regio's in de wereld: drie van deze regio's zijn gebonden aan zoute wateren, terwijl de resterende zes vooral uit landmilieus bestaan.

De verspreiding van de karakteristieke biodiversiteit van de zes vooral aan landmilieus gebonden regio's is bestudeerd aan de hand van de verspreiding van een aantal kenmerkende vaatplanten in Europa. De biodiversiteit van ecosystemen van de *duinen* en de

*zeekleigebieden* is buiten ons land heel beperkt aanwezig, namelijk in delen van de Engelse oostkust, de Franse, Belgische en Duitse kust en in het zuiden van Denemarken. De ecosystemen van de duinen zijn verhoudingsgewijs in Nederland goed ontwikkeld en veiliggesteld. De verspreiding van ecosystemen van het *rivierengebied* en het *heuvelland* omvat buiten ons eigen land daarentegen een veel grotere oppervlakte. Voor het kalkrijke heuvelland gaat het om grote delen van Groot-Brittannië, Frankrijk, Duitsland en delen van België, Zwitserland, Denemarken en Polen. In Nederland zijn heuvels echter zeldzaam. Ecosystemen van het rivierengebied komen in dezelfde landen voor evenals in Zuid-Zweden, Oostenrijk en Hongarije. Kenmerkende ecosystemen van *laagveengebieden* en de hogere *zandgronden* komen voornamelijk voor in de Noordduitse laagvlakte en in Noord-Polen. Laagveengebieden zijn er ook in Oost-Engeland en een paar verspreide gebieden in Centraal-Europa.

In de meeste gebieden buiten Nederland is de ruimtedruk kleiner dan in Nederland (de duinen uitgezonderd) en zijn de huidige milieukwaliteit en de condities voor een goed waterbeheer veelal gunstiger. Daarentegen is in het buitenland de beschermingsstatus vaak zwakker en zijn veel natuurgebieden net als in ons land grotendeels ontgonnen (laagveengebieden in Oost-Engeland, heiden in Duitsland). Bovendien ontbreekt het in het buitenland vaak aan een adequaat terreinbeheer. Vooral de duinen, de wadden en de zeekleigebieden zijn internationaal gezien uniek. Ecosystemen van het heuvelland en het rivierengebied komen naar verhouding ook vaak in het buitenland voor.

*Tabel 4.1 Een indicatieve inschatting van de kwaliteit en de druk op kenmerkende Nederlandse ecosystemen in vergelijking met het buitenland, en van de mate waarin investeringen in het buitenland kansrijk kunnen zijn om karakteristieke Nederlandse ecosystemen te beschermen.*

Fysisch geografische regio	Omvang areaal buitenland	Ruimtedruk	Druk op milieukwaliteit	Kwantitatief waterbeheer	Kansrijkheid buitenlandse investeringen
Duinen	•	-	+	+	klein
Zeekleigebieden	•	0/+		0	klein
Laagvenen	••	0	0/+	0/+	matig
Hogere zandgronden	••	0/+	+	+	matig
Rivierengebied	•••	+	-	+	relatief groot
Heuvelland	•••	+	+	+	relatief groot

• < 5x het Nederlandse areaal	•• = 5-15x het Nederlandse areaal	••• > 15x het Nederlandse areaal
- = in buitenland meer druk dan in Nederland	0 = in buitenland ongeveer gelijke druk als in Nederland	+ = in buitenland minder druk dan in Nederland

### **Internationaal gezien unieke landschappen**

Qua landschap kent Nederland (internationaal gezien) bijzondere open landschappen in het westen en noorden van het land. Daarbij gaat het onder meer om de oude zeekleigebieden in Zeeland, Holland en Friesland en bijvoorbeeld de nieuwe IJsselmeerpolders. Sommige van deze gebieden zijn aangemeld als UNESCO-werelderfgoed. Daarnaast zijn de wadden, inclusief de eilanden, en de duinen internationaal gezien zeldzaam, evenals verschillende heide-ontginningslandschappen in het oosten en zuiden. In grote

lijnen komen deze internationaal gezien unieke landschappen overeen met de gebieden die een grote betekenis hebben bij het beschermen van internationaal gezien unieke soorten en ecosystemen. De planologische bescherming van de karakteristieke Nederlandse landschappen is veelal zwak (zie de Natuurbalansen van 1998, 1999 en 2000).

### 4.3 Invoerstromen van Nederland vanuit ontwikkelingslanden

- *Verwacht mag worden dat invoerstromen uit ontwikkelingslanden duurzamer zijn als tevens sprake is van milieu- of ontwikkelingshulp aan die landen.*

Nederland is een handelsnatie, met relatief grote import- en exportstromen. Nederland importeert uit ontwikkelingslanden land- en bosbouwproducten die mogelijk op een niet-duurzame wijze zijn geproduceerd. Bij de import van landbouwproducten zijn de voornaamste exporterende landen die ook Nederlandse milieuhulp krijgen Brazilië, India en China (tabel 4.2); bij de import van tropisch hardhout zijn het met name Indonesië en Brazilië (tabel 4.3). In een aantal gevallen ontvangen de landen die mogelijk niet-duurzame producten naar Nederland exporteren ontwikkelings- of milieuhulp van

Tabel 4.2 De belangrijkste invoerstromen van Nederland van landbouwproducten vanuit ontwikkelingslanden (1999).

	Invoerwaarde (in miljoenen guldens)	Status van ontwikkelingssamenwerking <sup>a)</sup>
<b>Brazilië</b>	<b>1691</b>	<b>M</b>
<i>waarvan:</i>	283 <i>oliehoudende zaden</i> 75 <i>veevoer</i> 226 <i>fruit/noten/specerijen</i> 876 <i>fruit &amp; groenten</i> 211 <i>vlees</i>	
<b>Argentinië</b>	<b>705</b>	-
<i>waarvan:</i>	155 <i>oliehoudende zaden</i> 82 <i>veevoer</i> 320 <i>fruit/noten/specerijen</i> 98 <i>vlees</i>	
<b>Thailand</b>	<b>617</b>	-
<i>waarvan:</i>	303 <i>veevoer</i> 31 <i>zetmeel</i> 130 <i>fruit &amp; groenten</i> 128 <i>vlees</i>	
<b>Zuid-Afrika</b>	<b>379</b>	OS, speciale status
<b>India</b>	<b>253</b>	OS, M
<b>China</b>	<b>148</b>	M
<i>waarvan:</i>	124 <i>fruit &amp; groenten</i> 22 <i>vlees</i>	
<b>Overig Azië</b>	<b>428</b>	<i>m.n. fruit/groenten/rijst</i>
<b>Overig Afrika</b>	<b>758</b>	<i>m.n. fruit/noten</i>

<sup>a)</sup> OS = ontwikkelingshulp

M = milieuhulp

Bron: CBS



Tabel 4.3 De belangrijkste landen van waaruit Nederland tropisch hout importeert (1997).

	Hoeveelheid geïmporteerd tropisch hout (in 1000 m <sup>3</sup> )	Status van ontwikkelings-samenwerking <sup>a)</sup>
Maleisië	177	-
Kameroen	140	-
Indonesië	55	OS, M
Brazilië	49	M
Ivoorkust	31	-
Gabon	23	-
Singapore	19	-
Ghana	16	OS, M
Myanmar	8	-
Thailand	7	-
Suriname	6	(wel verdragsverplichtingen)
Congo (Brazzaville)	3	-

<sup>a)</sup> OS = ontwikkelingshulp

M = milieuhulp

Bron: FAO

Nederland. Aangezien de Nederlandse ontwikkelingsgelden in het algemeen gekoppeld zijn aan het duurzaamheidsprincipe, mag worden verwacht dat in deze gevallen de invoerstromen duurzamer zijn dan wanneer geen sprake zou zijn geweest van milieuhulp.

## 4.4 Mondiale voedselvoorziening, areaalgebruik en landbouwproductiviteit

- *Om mondiaal gezien voldoende voedsel te kunnen produceren zal de productiviteit van de landbouwgrond in met name ontwikkelingslanden aanzienlijk moeten toenemen. Technieken die dat in voldoende mate kunnen bewerkstelligen zijn momenteel niet voorhanden.*

Om op aarde voldoende voedsel te kunnen produceren, binnen het huidige areaal én om 20 tot 30% van de landbouwgrond aan te wenden voor biobrandstoffen (zoals wordt overwogen in het kader van het internationale klimaatbeleid), zal de productiviteitsstijging van de bodem in ontwikkelingslanden ruim 2% per jaar moeten bedragen. Dat is evenveel als de productiviteitsstijging in de afgelopen 40 jaar, maar ongeveer het dubbele van wat wordt verwacht bij autonome ontwikkeling (FAO, 2000). Op dit moment zijn geen technieken beschikbaar die een productiviteitsstijging van een dergelijke omvang kunnen bewerkstelligen. De beschikbaarheid van zoet water blijkt vaak de belangrijkste beperking. Sterker nog: de productiviteitsstijging in het verleden heeft in veel gevallen geleid tot uitputting of verontreiniging van grondwatervoorraden. Daarnaast zijn er diverse institutionele belemmeringen die een forse toename van de bodemproductiviteit in ontwikkelingslanden in de weg staan, bijvoorbeeld feodalisme, gebrekkige infrastructuur, gebrek aan voorzieningen en daardoor leegloop van het platteland.

## 4.5 Milieubelasting van mijnbouw en metaalindustrie

- *Het metaalgebruik zal wereldwijd naar verwachting sterk toenemen, waardoor de metaalindustrie een belangrijk aandeel blijft hebben in het totale energiegebruik en de milieubelasting (met name SO<sub>2</sub>-emissies).*

De intensiteit van het mondiale metaalgebruik (het metaalgebruik per eenheid BNP) is de afgelopen decennia voor de meeste metalen gedaald. De absolute consumptie is echter met 2 à 3% per jaar gestegen. Er zijn grote verschillen tussen de verschillende regio's in de wereld. In de rijkere geïndustrialiseerde landen is de intensiteit gedaald, maar in de armere landen is een toename te zien. De metaalintensiteit is afhankelijk van de ontwikkelingsfase van een land of regio en de stand van de technologische ontwikkeling.

De productie van metalen heeft een behoorlijke aandeel in het wereldwijde kapitaal- en energiegebruik. Het veroorzaakt diverse milieuproblemen, die samenhangen met de mijnbouw, het transport en de productie van primaire metalen (bijvoorbeeld ijzer en koper). In 1995 was de productie van primaire metalen verantwoordelijk voor 7% van het wereldwijde energiegebruik, in Oost-Europa en China oplopend tot 10-15% van de totale energievraag. Het aandeel in de emissie van broeikasgassen is nog hoger, gezien het grote gebruik van met name kolen in de productie van ijzer en staal. Ook heeft de metaalindustrie een belangrijke bijdrage in de emissie van zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), met name bij de productie van koper. Wereldwijd is ongeveer 12% van de SO<sub>2</sub>-emissie terug te voeren op metaalproductie (*tabel 4.3*) (Bouwman en Van Vuuren, 2000).

Ondanks de huidige en voorziene 'dematerialisatie' van de wereldeconomie is de verwachting dat het gebruik van metalen zal blijven stijgen in de komende decennia, vooral als gevolg van economische veranderingen in de ontwikkelingslanden. Voor de lange termijn is het denkbaar dat het metaalgebruik wereldwijd drie- tot zesmaal zo groot zal

*Table 4.3 Bijdrage van de metaalproductie aan de emissie van SO<sub>2</sub>, per wereldregio (1995).*

Regio	SO <sub>2</sub> -emissies (in Tg)		
	metaalproductie	totaal	aandeel
Noord-Amerika	0,3	24,5	1%
Latijns-Amerika	3,1	9,2	34%
Afrika	1,4	6,9	20%
West-Europa	4	22,5	18%
Centraal- en Oost-Europa	5,3	33,8	16%
China	2	28,3	7%
Rest van Azië	1,3	16,7	8%
Oceanië	0,5	1,5	33%
Wereldtotaal	18,1	148,5	12%

Bron: EDGAR database, RIVM.

zijn als tegenwoordig, namelijk als de huidige ontwikkelingslanden dezelfde economische ontwikkeling doormaken als de huidige geïndustrialiseerde landen in het verleden hebben gedaan. Het is zelfs niet uit te sluiten dat de huidige dalende trend in de metaalintensiteit in ieder geval tijdelijk weer een stijgende lijn zal vertonen.

De modelberekeningen van het RIVM op het gebied van metaalproductie en uitputting betreffen de periode 1900-2100. In deze berekeningen wordt uitputting beschreven in termen van extra benodigde energie en kapitaal als gevolg van een daling van de ertsconcentratie. De berekeningen geven aan dat in de afgelopen eeuw de gemiddelde mondiale ertsconcentratie met circa 15% is gedaald en voor een aantal metalen met zelfs 70% (voornamelijk koper, lood en zink). Technologische ontwikkelingen wegen echter ruimschoots op tegen deze daling, waardoor per saldo de inzet van productiefactoren per eenheid metaal in de periode toch is gedaald.

De scenario's voor de toekomst laten zien dat voor ijzer en staal niet wordt verwacht dat uitputting de erts een belangrijke rol zal gaan spelen. Wel zullen ijzer- en staalproductie naar verwachting een grote bijdrage (5-10%) blijven leveren aan de wereldwijde consumptie van energie als gevolg van de sterk toenemende vraag in de huidige ontwikkelingslanden.

Bij koper, lood en zink is tot op heden een daling te zien in de energie-intensiteit bij de mijnbouw. Doordat de ertslagen echter steeds moeilijker bereikbaar zullen worden, is het niet ondenkbaar dat deze energie-intensiteit in de toekomst weer zal toenemen. De recycling van metalen zal naar verwachting de komende decennia blijven stijgen, maar dat zal vooralsnog onvoldoende zijn om de winning van primaire metaalerts te laten dalen.



## 5 HOOGWAARDIGE LEEFOMGEVING

### 5.1 Probleemschets en NMP4-ambitie

Voor Nederland wordt het gezondheidsverlies dat is toe te schrijven aan milieuverontreiniging, uitgedrukt als het aantal verloren gezonde levensjaren, geschat op ongeveer 2 tot 5% van de totale gezondheidsverliezen (RIVM, 2000). Belangrijk zijn luchtverontreiniging (fijn stof, ozon op leefniveau), geluid en de kwaliteit van het binnenmilieu. In de komende 30 jaar zal in Nederland het gezondheidsverlies door luchtverontreiniging toenemen. Dit komt vooral door de vergrijzing en daarmee samenhangende grotere gevoeligheid voor luchtverontreiniging. De verontreiniging met fijn stof neemt af en de ozongehalten stabiliseren in dezelfde periode. De luchtkwaliteit in Nederlandse steden zal tot 2020 verbeteren en daarna weer iets achteruitgaan. Ongeveer een half tot één miljoen inwoners van Nederland zullen in 2030 aan te hoge niveaus van verontreiniging blootstaan.

Ook wordt in de 5e Nationale Milieuverkenning geconcludeerd dat Nederland voller en lawaaiiger wordt. In 2030 zal het percentage inwoners dat blootgesteld is aan een hoge geluidbelasting verdubbeld zijn ten opzichte van 1995. Ook het oppervlak met lawaai neemt toe. Stillegebieden waar het echt stil is worden schaars, evenals perioden van stilte. Wegverkeer blijft door de jaren heen de belangrijkste hinderbron. Effecten van maatregelen gericht op het reduceren van de geluidhinder worden tenietgedaan door de groei van het verkeer en de bevolking.

Het huidige tempo waarin stille vliegtuigen worden ingezet voor het luchtvervoer is onvoldoende om de verwachte groei in verkeersvolume te kunnen accommoderen binnen de huidige en toekomstige geluidnormen voor de luchtvaart. Na opening van de vijfde Schipholbaan zal de geluidbelasting aanvankelijk 10 tot 20% lager liggen dan in 1990. Zelfs bij handhaving van de PKB-normen voor Schiphol zal, bij verdere toename van het luchtverkeer, de ernstige geluidhinder in de wijde omgeving toenemen, onder meer door de Vinex-plannen in de Randstad.

In vooroorlogse en vroeg-naoorlogse stadswijken in Nederland zijn de ruimtelijke, sociale en milieukwaliteit vaak ongunstiger dan in andere woonmilieus. Ook de gezondheid van de bewoners en hun waardering van de leefbaarheid zijn er relatief slechter. Concentratie van kansarme bevolkingsgroepen in buurten met een ongunstige kwaliteit van de dagelijkse leefomgeving zal in de komende decennia aandacht blijven vragen. De forse groei van groenstedelijke woonmilieus die in Nederland tot 2030 wordt verwacht, is weliswaar gunstig voor de beleefde kwaliteit van de dagelijkse leefomgeving, maar bedreigt tegelijkertijd ecologische en landschappelijke waarden.

De recreatieve waarde van het landelijk gebied in Nederland wordt matig gewaardeerd. De voor de huidige beleving belangrijke factoren in de omgevingskwaliteit zullen in 2030 nauwelijks anders zijn dan nu. Toename in belevingswaarde door uitbreiding van

bos en natuur wordt tenietgedaan door een afname in belevingswaarde door uitbreiding van woningen, industrie en glastuinbouw. Door de groeiende recreatievraag en het toenemende lawaai neemt de ruimte om rustig en in stilte te recreëren af van bijna 30% van het landelijk gebied in 1995 tot nog geen 10% in 2030. Ook de provincies waar het nu nog stil en rustig is buiten de Randstad zullen voller en lawaaiiger worden.

De ambitie in het NMP4 ten aanzien van de leefomgeving is, om de bijdrage van het milieubeleid aan de kwaliteit van de leefomgeving te versterken door de volgende drie veranderingen aan te brengen:

- het vergroten van de samenhang tussen milieu- en ruimtelijk beleid;
- het versterken van de samenhang tussen het beleid van de verschillen overheden;
- het vergroten van de verantwoordelijkheid van mede-overheden voor de plaatselijke leefomgeving.

Daarnaast stelt het NMP4 dat de geluidbelasting van woningen in 2010 niet meer dan 70 dB(A) mag zijn, ter voorkoming van gezondheidsschade.

## 5.2 Hoogwaardig: een kwestie van definitie

- *Lokale omstandigheden, met name hoge verkeersemissies, zijn nog steeds van invloed op de gezondheid en veiligheid van bevolkingsgroepen.*
- *Er is reden tot zorg over waarden als sociale rechtvaardigheid of de billijkheid van de verdeling van de kwaliteit van de leefomgeving, zowel in ruimtelijk als sociaal opzicht.*

Gezondheid kan op vele verschillende manieren worden gedefinieerd. Al in 1946 definieerde de Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) bij haar oprichting gezondheid als “niet slechts de afwezigheid van ziekte of gebrek, maar volledig lichamelijk, geestelijk en sociaal welbevinden”. De befaamde Britse epidemioloog sir Richard Doll zei erover: “... this definition is a fine and inspiring concept and its pursuit guarantees health professionals unlimited opportunities for work in the future, but it is not of much practical use ...” (Doll, 1992). Mede gezien de noodzaak tot kostenbeheersing in de zorg, is de neiging het brede gezondheidsbegrip tegenwoordig in te perken tot “de afwezigheid van die lichamelijke en psychische klachten die door een arts herkend en benoemd kunnen worden” (WRR, 1997).

Mede dankzij goed beheer van het milieu, met name de openbare hygiëne (riolering, drinkwatervoorziening, huisvesting), is in de Westerse wereld in de twintigste eeuw de levensverwachting enorm toegenomen. Bij volksgezondheid ligt de nadruk nu dan ook vooral op kwaliteit van leven. In een vergrijzende populatie is de zorg en preventie veelal gericht op het verminderen en uitstellen van (maatschappelijke) beperkingen die samenhangen met chronische aandoeningen. Ook de invloed van milieuverontreinigingen betreft tegenwoordig vooral kwaliteitsaspecten. Luchtverontreiniging kan ertoe leiden dat mensen met hart- of luchtwegaandoeningen vaker, ernstiger klachten hebben en

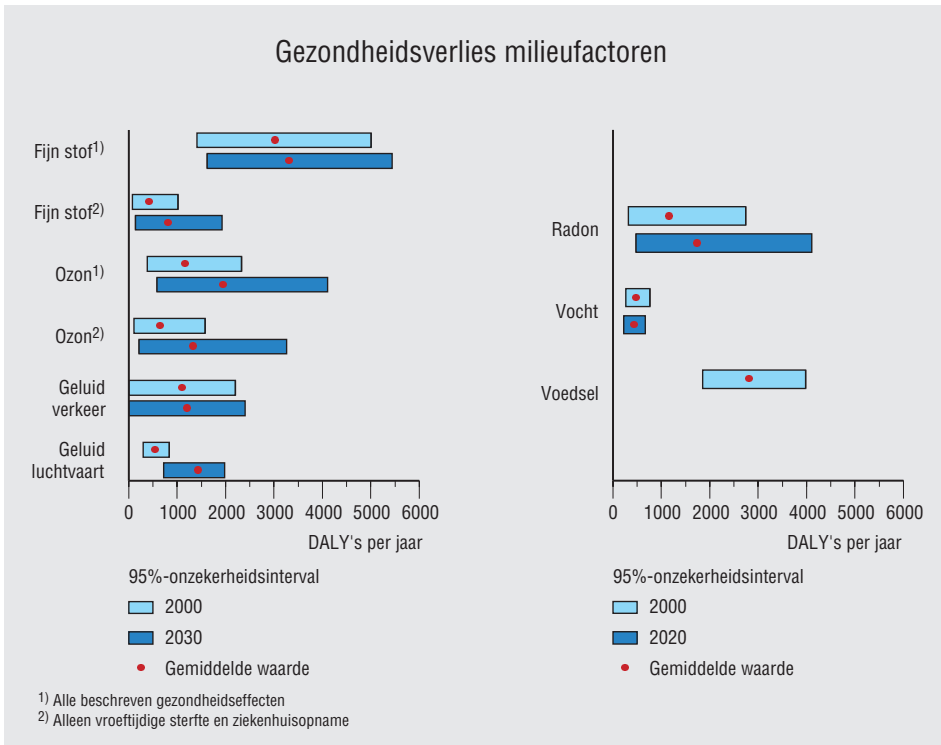
dus vaker moeten verzuimen. Lawaai kan leiden tot hinder, stress, en verlies aan vermogen tot concentratie en prestatie. Ook langs indirecte weg zou lawaai het optreden of aandoeningen van hart en bloedvaten kunnen beïnvloeden, bijvoorbeeld door een verschuiving van bloeddruk in de populatie (meer mensen met hoge bloeddruk, meer hart- en vaatproblemen) (RIVM, 2000; Gezondheidsraad, 1999).

In de 5e Milieuverkenning is door het combineren van gegevens over blootstelling, ziekte en ziektelast in Nederland, een ruwe schatting gemaakt van het aantal gezondheidsgewogen jaren (DALY's) dat in Nederland jaarlijks verloren gaat aan milieuovertreiniging nu en in 2030 (figuur 5.1).

Opvallend is dat de berekeningen een toename van de ziektelast als gevolg van luchtverontreinigingscomponenten laten zien voor 2030, terwijl de niveaus van blootstelling stabiliseren of zelfs wat dalen. Deze toename komt geheel op het conto van de toegenomen gevoeligheid in een vergrijzende populatie, meer mensen met chronische aandoeningen van hart, vaten en luchtwegen.

In opeenvolgende Milieubalansen en -verkenningen worden de volgende gezondheidseffecten (in aflopende hardheid) onderscheiden (RIVM, 1995; RIVM, 2000):

- verergering klachten van astma, chronische bronchitis, hart- en vaatziekten, psychische stoornissen en dergelijke (aantasting gezondheid in strikte zin);



Figuur 5.1 Jaarlijks gezondheidsverlies in gezondheidsgewogen levensjaren door milieufactoren in 2000 en 2030 (de balkjes staan voor het 5 tot 95% onzekerheidsinterval) (RIVM, 2000).

- ernstige hinder, slaapverstoring, verminderd concentratievermogen, belemmering van dagelijkse bezigheden (zoals praten, TV-kijken);
- gevoelens van onveiligheid en vervreemding, zich ongezond voelen, gestrest of bezorgd zijn aantasting gezondheid in de ruimste zin.

Er zijn aanwijzingen dat al dergelijke gezondheid- of welzijnseffecten in de bevolking direct of indirect leiden tot toename van medische consumptie. Deze voorbeelden illustreren dat ‘gezond en veilig’ moeilijk als absoluut en onderscheidend criterium toe te passen is. Er is geen ‘afkappunt’: op het niveau van populaties is een geheel veilig en gezond milieu ondenkbaar, zeker als wordt afgezien van zeer ingrijpende maatschappelijke veranderingen (transport, energie, productie, consumptie, recreatie). De afgelopen decennia is de milieukwaliteit flink verbeterd. Toch is het milieugerelateerde gezondheidsverlies nog altijd enkele procenten van het totale gezondheidsverlies in Nederland (De Hollander *et al.*, 1999).

Bij figuur 5.1 moet gewezen worden op het belang van lokale luchtverontreiniging bij het ontstaan van gezondheidsverlies, in het bijzonder verkeersemissies (bijvoorbeeld ultrafijne deeltjes, dieselemmissies en NO<sub>2</sub>). Uit recent epidemiologisch onderzoek komen aanwijzingen dat vooral in de nabijheid van drukke verkeerswegen de gezondheid (met name de luchtwegen) wordt aangetast (Roorda-Knape *et al.*, 1999). Een analyse van de luchtkwaliteit langs snelwegen laat bijvoorbeeld zien dat een groot aantal woningen (in de orde van 5000), met name in Rotterdam en Amsterdam zich in 2010 binnen het overschrijdingsgebied van de NO<sub>2</sub>-norm zal bevinden (Metz *et al.*, 2000). Kwantitatieve gegevens ontbreken echter om specifiek voor dergelijke omstandigheden een schatting te kunnen maken.

### **Hoogwaardig**

Centraal in het NMP4 (en twee andere nota’s over wonen (VROM, 2000a) en ruimtelijke ordening (VROM, 2000b) staat het begrip kwaliteit van leven. Dat gaat verder dan alleen gezondheid. De 5e Milieuverkenning definieert kwaliteit van leven als “de feitelijke materiële en immateriële uitrusting van het leven, en de perceptie daarvan” (RIVM, 2000). Op individueel niveau spelen naast gezondheid ook het familieleven, vriendschappen, werk, mogelijkheden om te consumeren en uiteraard de dagelijkse leefomgeving een rol. Op een wat abstracter niveau gaat het om bestaans- en rechtszekerheid, of een eerlijke verdeling van lusten en lasten in de samenleving.

Op basis van de vele onderzoeken die zijn gedaan naar de beleving van de dagelijkse leefomgeving, kunnen grofweg de volgende factoren worden onderscheiden die een bepalende rol spelen:

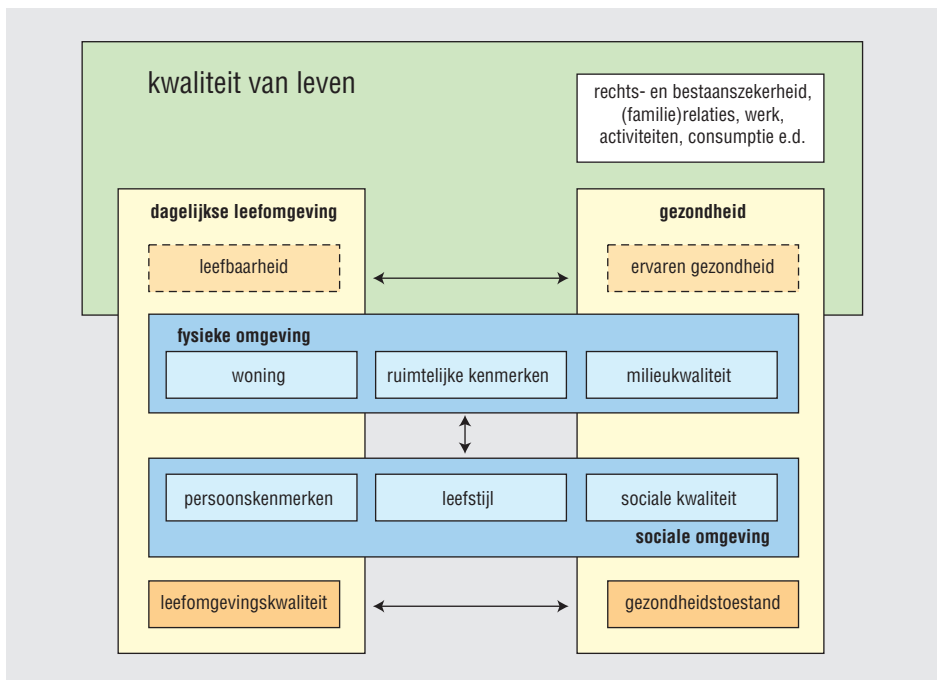
1. kwaliteit van de woning
2. uiterlijk en aanzien buurt (schoon, heel)
3. ruimte en groen (uitzicht)
4. burens, sociale binding
5. veiligheid
6. milieuoverlast (lawaai, stank)



- 7. niveau van voorzieningen (winkels, schouwburg, bibliotheek)
- 8. milieukwaliteit (lucht, bodem).

De kwaliteit en geschiktheid van de woning staan meestal bovenaan. Deze bepalen vaak tevens de tevredenheid met de buurt. Duidelijk is dat de mate waarin een buurt ‘hoogwaardig’ wordt gevonden een ingewikkeld aggregaat is van hoedanigheden uit het sociale en het fysieke domein (figuur 5.2).

Bij leefbaarheid is ook het ‘transactionele’ aspect zeer belangrijk. Mensen beoordelen hun omgeving en proberen om te gaan met de negatieve aspecten ervan. Dat leidt weer tot herwaardering van de omgeving. Kortom: het is een dynamisch proces. De dagelijkse leefomgeving kan worden beoordeeld aan de hand van feitelijke, tel- of meetbare kenmerken, zoals decibellen geluid, aantallen bushaltes, verhouding tussen huur- en koopwoningen, inbraken of ongevallen, afstand tot voorzieningen, of vierkante meters groen. Deze omgevingsaspecten zijn in beginsel stuurbaar, er kan ruimtelijk, milieu- of sociaal beleid op gevoerd worden. Daarnaast gaat het om de beleving van mensen die er dagelijks vertoeven: de waardering, voorkeuren, houding, gedragingen en gevoelens van individuele bewoners ten aanzien van hun dagelijkse leefomgeving. De relatie tussen objectieve omgevingskwaliteit en beleving (aangeduid als ‘de leefbaarheid’ van de omgeving) is ingewikkeld. Bij onderzoek naar de leefbaarheid van de dagelijkse leefomgeving wordt de mens de maat genomen. Daarmee wordt de leefbaarheid mede bepaald door persoonskenmerken, zoals leeftijd, levensfase, leefstijl, opleiding, inko-

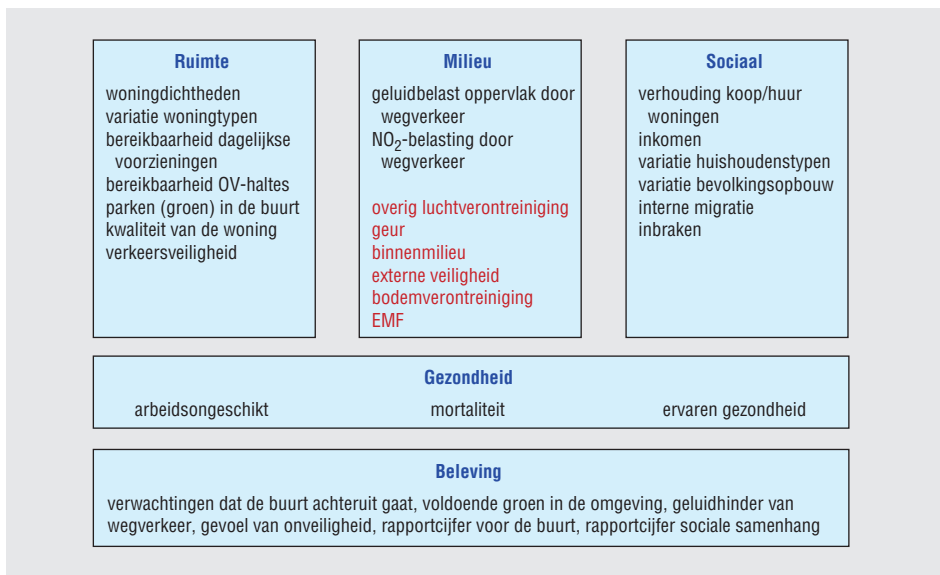


Figuur 5.2 Schema van de belangrijkste elementen van kwaliteit van leven, gezondheid en dagelijkse leefomgeving (leefbaarheid) (RIVM, 2000).

men, gezondheid en de algemene maatschappelijke context. De leefstijl bepaalt in belangrijke mate de keuze van het woonmilieu. Zo zal een jonge, eigenzinnige starter eerder kiezen voor een binnenstedelijk woonmilieu vanwege de sociaal-culturele voorzieningen en de openbaarheid, en zich niet al te veel storen aan hoge woningdichtheden of lawaai op straat. Gezinnen met jonge kinderen zullen daarentegen veel waarde hechten aan het groen, de (eigen) ruimte en de rust van een groenstedelijk milieu en een zekere eenvormigheid voor lief nemen. Op dit moment ontbreekt een verklarend model voor 'leefbaarheid' of 'hoogwaardigheid'. Onderzoek richt zich vooral op maatontwikkeling, nog niet op modelontwikkeling.

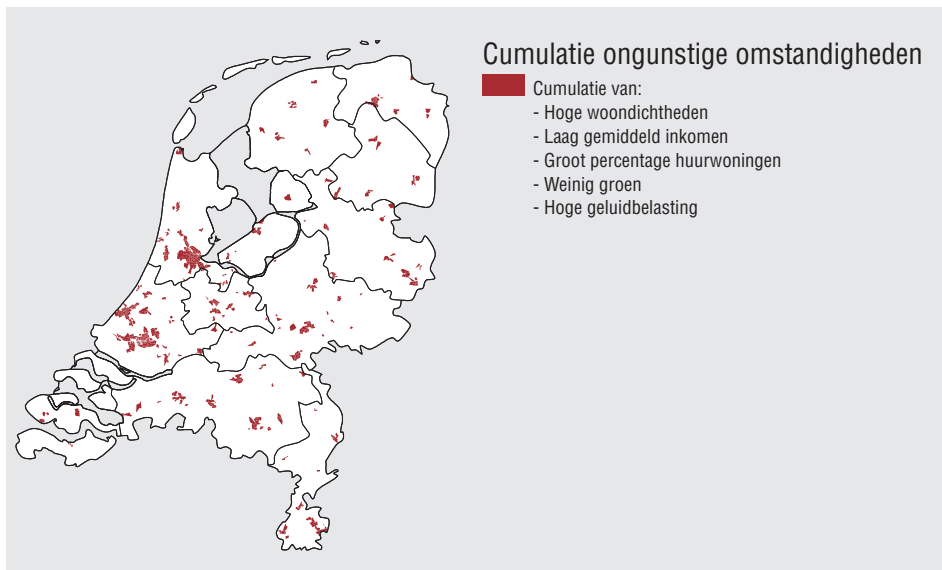
### Stapeling van risicofactoren

Ook in het egalitaire Nederland zijn aspecten van kwaliteit van leven verre van gelijkmatig verdeeld over de ruimte of over sociale groepen. Een aansprekend voorbeeld is de aanmerkelijk lagere levens- en gezondheidsverwachting in achterstandswijken, vergeleken met meer welvarende wijken (5 respectievelijk 12 jaar). Leefstijl, zoals rook- en drinkgedrag en omgang met stress, wordt vaak genoemd als belangrijke factor, maar ook de sociale en fysieke omgeving speelt een rol (Mackenbach en Verkleij, 1997). Uit recente ruimtelijke analyses komt het beeld naar voren dat in bepaalde wijken de kans op een stapeling van ongunstige ruimtelijke, sociale en milieufactoren aanzienlijk groter is dan in andere (figuur 5.3). Dit beeld komt ook terug in de gezondheidstoestand van de bewoners en hun beleving van woning en buurt. Het betreft vooral de (net) buiten stedelijke centra gelegen vooroorlogse en vroeg-na-oorlogse woonmilieus met een vaak dichte bebouwing en meergezinswoningen. Een indeling naar woonmilieus in Nederland laat zien dat ruim 45% van de woningen en huishoudens zich in dergelijke buiten-centrum- en randstedelijke woonmilieus bevindt. Uiteraard is in lang niet al deze wijken



Figuur 5.3 Domeinen en factoren waarvoor in de 5e Milieuverkenning op gedetailleerd niveau (viertijferig postcode) data zijn geanalyseerd (in rood de nog ontbrekende milieufactoren).

een stapeling van sociale en fysieke risicofactoren aan de orde. Uit de Nationale Atlas Volksgezondheid (RIVM, 2000b) blijkt dat er ook wijken voorkomen met een gunstiger profiel wat betreft fysieke en sociale kenmerken en gezondheidstoestand. De potentieel riskante wijken zijn verspreid over de meer verstedelijkte gebieden in Nederland, maar beperken zich niet tot alleen de grote steden. Een clustering van vijf kwaliteitsindicatoren uit het fysieke, sociale en milieu domein naar (4-cijferig) postcodegebied laat zien dat een dergelijke stapeling concentreert in het randstedelijk gebied (figuur 5.4). Het gaat hier om woningdichtheid, oppervlakte beschikbaar park of plantsoen, het percentage huishoudens met een inkomen beneden modaal, percentage huurwoningen en percentage geluidbelast oppervlakte (> 50 dBA). In de gebieden waar een mogelijke stapeling van deze ongunstige factoren aan de orde is woont bijna een derde van de Nederlandse huishoudens. Nadere analyse zal moeten uitwijzen of in al deze gebieden ook de gezondheid en de leefbaarheid minder zijn. Er bestaat vooral in de grote steden zorg over de sociaal-economisch kwetsbare groepen die zich geen prettige, hoogwaardige leefomgeving met veel identiteit kunnen veroorloven, maar wel de gevolgen onderkennen van een minder stringent milieubeleid in hun directe woonomgeving.



Figuur 5.4 Gebieden waar mogelijk sprake is van zowel hoge woningdichtheden, als een laag gemiddeld inkomen, een groot percentage huurwoningen, weinig groen en een hoge geluidbelasting.

### 5.3 Kosten en baten van geluidmaatregelen

- *Generieke, brongerichte maatregelen kunnen een duidelijke vermindering van de geluidproblematiek in Nederland bewerkstelligen. De meest kosteneffectieve maatregel is de invoering van stillere banden, aangezien de effecten aanzienlijk zijn en er nauwelijks extra kosten mee zijn gemoeid.*

- Bij een knelpuntgerichte aanpak kan toepassing van dubbellaags ZOAB en plaatsing van nieuwe of verhoging van bestaande geluidschermen langs rijks- en spoorwegen, ervoor zorgen dat vrijwel geen woningen meer zullen bestaan die hogere geluidbelastingen hebben dan 70 dB(A) ten gevolge van rijksweg- en railverkeer. De kosten die hiermee samenhangen bedragen circa 1,5–2 miljard gulden.
- In vrijwel alle onderzochte gevallen zijn de maatschappelijke baten van generiek, brongerichte maatregelen hoger dan de kosten. Bij een knelpuntgerichte aanpak is dat niet altijd het geval.

### 5.3.1 Effecten van geluidoverlast

Blootstelling van de mens aan geluid kan *direct* leiden tot effecten zoals gehoorschade. Daarnaast kunnen *indirect* (via stressprocessen) effecten worden veroorzaakt, zoals hinder, slaapverstoring, hartvaatziekten en bijvoorbeeld een verminderd prestatievermogen bij kinderen. Burengerucht is na wegverkeer de belangrijkste bron van geluidhinder in Nederland. Luchtvaart is op enige afstand de derde belangrijke bron van geluidhinder (tabel 5.1).

Andere effecten die mogelijk kunnen optreden als gevolg van overmatig omgevingsgeluid zijn aantasting van het hormoon- en immuunsysteem, psychische stoornissen en een verlaagd geboortegewicht. Dergelijke effecten zijn nog onvoldoende onderzocht of bewezen.

Er kan onderscheid gemaakt worden in enerzijds *welzijnseffecten*, zoals hinder en slaapverstoring, en anderzijds *meer klinische effecten* van geluid, zoals gehoorschade en hart- en vaatziekten. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) maakt dit onderscheid niet expliciet. Zij verstaat onder negatieve effecten van geluid “elke tijdelijke of lange termijn beperking van het fysieke, psychologische of sociale functioneren, die gerelateerd is aan geluidblootstelling”, dus zowel de welzijnseffecten als de meer klinische effecten.

Tabel 5.1 Hinderbeleving per bron.

Bron	Gehinderden	waarvan ernstig
	%	
Wegverkeer	45	27
Railverkeer	4	2
Luchtvaart	26	13
Industrie	12	5
Recreatie	13	6
Buren	40	22

Bron: TNO-PG

### *WHO-richtlijnen*

In 1999 heeft de WHO nieuwe richtlijnen uitgebracht met betrekking tot omgevingslawaai (Berglund *et al.*, 1999). Deze richtwaarden stemmen niet allemaal overeen met eerder gepubliceerde waarden van onder andere de Gezondheidsraad. Een voorbeeld is de grenswaarde voor hinder. Volgens de Gezondheidsraad treedt hinder op vanaf ongeveer 42 dB(A) en volgens de WHO vanaf 50 dB(A). Voor hart- en vaatziekten worden door de WHO geen richtlijnen gegeven. Grofweg kan worden geconcludeerd dat de welzijnseffecten (zoals hinder en slaapverstoring) optreden vanaf ongeveer 35 dB(A) binnenshuis of 50 dB(A) buitenshuis. De meer klinische effecten (zoals gehoorschade en hartvaatziekten) treden volgens de WHO en de Gezondheidsraad op boven ongeveer 65-70 dB(A) (binnen en buiten). Scherpe grenswaarden waarboven effecten kunnen gaan optreden zijn moeilijk aan te geven (Van Kempen *et al.*, 2001). Ook kunnen andere factoren de reactie op geluid beïnvloeden, zoals individuele (niet-akoestische) factoren, bijvoorbeeld geluidgevoeligheid of angst voor de geluidbron, en de omstandigheden waarin het geluid wordt waargenomen, bijvoorbeeld wanneer de geluidbron vanuit de woning zichtbaar is en verstoring door geluid optreedt tijdens een activiteit waarvoor concentratie is vereist. Bij gevoelige groepen (onder andere ouderen, zieken, jonge kinderen, mensen met een gehoorbeschadiging) kunnen ook bij lagere geluidniveaus al aanzienlijke effecten optreden (Gezondheidsraad, 1994; WHO, 2000).

Tot slot is het van belang zich te realiseren dat:

- chronische hinder of slaapverstoring stressprocessen kunnen verergeren en daardoor ook tot klinische, meer permanente gezondheidseffecten kunnen leiden, met name wanneer sprake is van blootstelling aan meerdere stressfactoren tegelijkertijd;
- welzijnseffecten indirect ook weer tot klinische effecten aanleiding kunnen geven bijvoorbeeld onder stress meer gaan roken en drinken, met de daarbij mogelijke gezondheidseffecten.

De WHO adviseert om, ook als (volledige) wetenschappelijke bewijzen nog ontbreken, uitgaande van het voorzorgprincipe, toch actie te ondernemen om de volksgezondheid te beschermen en geluid aan de bron te reduceren. Bij het opstellen van nationale regelgeving dient volgens de WHO rekening te worden gehouden met technologische, sociale, economische en politieke factoren, en zouden de normen zodanig moeten worden gekozen dat een optimale gezondheidsbescherming voor de lange termijn wordt behaald (WHO, 2000).

Om aan te kunnen geven welke effecten bij verschillende geluidniveaus optreden, zijn zogeheten blootstelling-responsrelaties wenselijk. Deze zijn echter voor lang niet alle effecten van geluid beschikbaar. (Ernstige) hinder vormt hierop een positieve uitzondering. De hindereffecten zijn niet voor alle bronnen gelijk. Geluid van vliegverkeer wordt als hinderlijker ervaren dan even hard geluid van weg- of treinverkeer (*tabel 5.2*). Een relatie voor hinder door burenlawaai en industrielawaai ontbreekt voornamelijk.

*Slaapverstoring* door geluid omvat meerdere effecten: ervaren slaapkwaliteit, veranderingen in slaapstadia, ontwaakreacties, verandering van de hartslag, invloed op de stem-

Tabel 5.2 Hinder en ernstige hinder bij verschillende geluidniveaus van wegverkeer, railverkeer en luchtvaart.

L <sub>em</sub> (dB(A))	Wegverkeer		Railverkeer		Luchtvaart	
	% hinder	% ernstige hinder	% hinder	% ernstige hinder	% hinder	% ernstige hinder
40	0	0	0	0	0	0
45	4	0	1	0	6	0
50	9	1	3	1	14	1
55	16	4	6	2	23	5
60	25	8	11	4	33	12
65	36	15	17	7	44	22
70	48	23	25	11	57	34
75	62	34	34	17	70	49
80	78	46	44	22	85	66

ming de volgende dag en fysiologische effecten. Voor deze effecten zijn geen eenduidige blootstelling-responsrelaties beschikbaar. In de Nationale Milieuverkenning 5 (RIVM, 2000) zijn schattingen gegeven van extra gevallen van hoge bloeddruk, pijn op de borst en *hart- en vaatziekten* die in Nederland zijn toe te schrijven aan geluidbelasting. Voor 1994 wordt geschat dat 2.000-25.000 gevallen van hoge bloeddruk zijn toe te schrijven aan blootstelling aan vliegtuiglawaai. Voor het wegverkeer zijn dit er maximaal 68.000. Daarnaast zijn maximaal 4.700 gevallen van pijn op de borst (mede) toe te schrijven aan geluidbelasting door wegverkeer en 1.100 door vliegverkeer. Tenslotte zouden ongeveer 2.000 tot 2.700 (met een maximum van 5.000) hartaanvallen theoretisch kunnen worden toegeschreven aan geluid door wegverkeer. Hierbij bestaat nog onzekerheid over de vorm en sterkte van het verband tussen blootstelling aan geluid en hart- en vaatziekten, en over het werkingsmechanisme en de oorzaak-gevolgrelaties.

### 5.3.2 Maatregelen: kosten en baten in 2010 en 2030

Hoge geluidbelastingen kunnen tot ongewenste effecten leiden. Het wegverkeer is de belangrijkste bron van geluidbelasting (en hinder). Om de geluidbelastingen te reduceren zijn verschillende soorten verkeersmaatregelen mogelijk. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden in technische maatregelen (bijvoorbeeld stillere voertuigen), volumemaatregelen (minder verkeersbewegingen) en maatregelen in de ruimtelijke ordening (ruimtelijke scheiding van geluidsbron en ontvanger). In de recent verschenen Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening (VROM, 2000b) en in het Nationaal Verkeers- en Vervoersplan (V&W, 2001) wordt nader ingegaan op mogelijke ruimtelijke maatregelen en op mogelijke instrumenten en maatregelen die ingrijpen op verkeersvolumes. In het NMP4 ligt de nadruk op de meer technische maatregelen. Een ander onderscheid dat kan worden gemaakt is in wijze van aanpak: een *generieke, brongerichte aanpak* richt zich vooral op het stiller maken van voertuigen, een *specifiek knelpuntgerichte aanpak* richt zich veel meer op het lokaal reduceren van emissies door lokale aanleg van stille wegdekken, op het verminderen van de overdracht van geluid naar de omgeving door

het plaatsen van schermen of door het aanbrengen van isolatie bij woningen. Een bron-gerichte aanpak heeft als voordeel dat een verbetering van de akoestische kwaliteit door heel Nederland optreedt. Daar staat tegenover dat effecten vaak pas op wat langere termijn merkbaar zijn en dat knelpunten bij deze aanpak kunnen blijven bestaan. Bij een knelpuntgerichte aanpak zijn maatregelen in het overdrachtsgebied te prefereren boven maatregelen bij de ontvanger (los van het aspect inpassing in het landschap) (tabel 5.3).

Tabel 5.3 Waardering van verschillende benaderingen om de geluidhinder door wegverkeer te verminderen.

	Generieke, brongerichte aanpak	Specifieke, knelpuntgerichte aanpak		
		Maatregelen aan bron	Maatregelen in overdrachtsgebied	Maatregelen bij ontvanger
<i>Belangrijkste maatregel</i>	stille voertuigen, stille banden, stil wegdek op gehele (hoofd)wegennet	stil wegdek, lokaal aangelegd	schermen	isolatie
<i>Verbetering akoestische kwaliteit in Nederland</i>	++	+/-	+/-	-
<i>Oplossen geluidsknelpunten</i>	+/-	+/-	+	+/-
<i>Inpassing in landschap</i>	+	+	-	+
<i>Termijn waarop effecten merkbaar zijn</i>	+/-	+	+	+
	kan, afhankelijk van type maatregel, decennia duren	vaak onvoldoende reductie	onmiddellijk na invoering maatregel	onmiddellijk na invoering maatregel
++ = zeer goed;      + = goed;      +/- = matig;      - = slecht				

### 5.3.3 Generieke brongerichte aanpak van geluidsoverlast

Op verzoek van het ministerie van VROM heeft het RIVM voor de periode 2010-2030 de effecten, kosten en baten van een door het ministerie geformuleerd pakket van geluidmaatregelen in beeld gebracht. Het betrof brongerichte maatregelen gericht op het verminderen van de geluidemissie van weg- en railverkeer (Nijland *et al.*, 2001): invoering van stillere banden en wegdekken, stiller spoor en stillere goederen- en personentreinen. Niet doorgerekend zijn maatregelen als snelheidsbeperking van het wegverkeer en maatregelen gericht op het vliegverkeer. De doorgerekende maatregelen zijn momenteel technisch haalbaar, al worden de meeste nog niet op grote schaal toegepast. Voor besluitvorming spelen naast kosteneffectiviteit andere aspecten een rol, zoals maatschappelijk draagvlak, lastenverdeling, belangenafweging en invoeringstermijnen. Deze aspecten zijn buiten beschouwing gelaten. De besluitvorming over mogelijke invoering van maatregelen vindt op verschillende niveaus plaats. Sommige maatregelen kunnen op lokaal niveau worden geïmplementeerd, andere kennen een weerbarstig internationaal traject, bijvoorbeeld in EU-verband.

Ten opzichte van het huidige (vastgestelde) beleid kan bij beleidsintensivering en invoering van het pakket van maatregelen zoals voorgesteld door VROM, in 2030 een aanzienlijke verbetering in de Nederlandse geluidhinderproblematiek worden verwacht (tabel 5.4). De hoogste effectiviteit wordt behaald wanneer bij alle betrokken overheden voldoende draagvlak voor het te voeren beleid bestaat. Het geheel is hier meer dan de som der delen (synergie).

De kosten van het maatregelenpakket zijn geschat op ongeveer 3-4 miljard gulden. Om kosten en baten op een vergelijkbare wijze in beeld te brengen is ervoor gekozen ook de baten in geld uit te drukken. Het is uitdrukkelijk niet de bedoeling de (beleidsmatige) afweging daarmee te vernauwen tot een eenvoudige financiële rekensom. De baten van de maatregelen zijn voor de periode 2010-2030 indicatief geschat op basis van 'hedonic pricing' en 'contingent valuation'. Bij deze waarderingmethoden neemt de marktwaarde van de totale Nederlandse woningvoorraad evenredig af met de toename van de geluidbelasting. De baten van het doorgerekende pakket maatregelen komen uit op 10-30 miljard gulden, afhankelijk van (methodische) veronderstellingen over de waardevermindering van de woningvoorraad (Van Kempen, 2001). Andere baten zoals stillere en dus waardevollere natuur en recreatiegebieden, en minder gezondheidsschade zijn buiten beschouwing gelaten.

*Tabel 5.4 Effect in 2030 van brongerichte maatregelen op het percentage woon-, natuur- en stiltegebieden dat boven de heersende geluidnorm ligt.*

	Jaar	Streefwaarde dB(A)	zonder maatregelen %	met maatregelen %
Woongebieden	1995	50	71	
	2030	50	80	37
Natuur	1995	40	33	
	2030	40	41	17
Stiltegebieden	1995	40	19	
	2030	40	27	12

### *Effecten, kosten en baten van generieke, brongerichte maatregelen*

Met het voorgestelde pakket generieke, brongerichte maatregelen kan in de toekomst een duidelijke vermindering van de geluidproblematiek in Nederland worden bereikt. Elke overheidslaag kan geluidmaatregelen doorvoeren en daarmee de geluidssituatie in Nederland verbeteren. Het effect van alle maatregelen tezamen is in het algemeen groter dan de som van de effecten van de afzonderlijke maatregelen (synergie). Een hoge effectiviteit van maatregelen kan dus worden bereikt als alle bronnen op alle overheidsniveaus tezamen worden aangepakt. Er is weinig verschil tussen de effectiviteit van het maatregelenpakket voor rijksweg- en railverkeer voor wat betreft het reduceren van de geluidbelasting bij woningen. Voor natuur en stille recreatie zijn de maatregelen voor het rijkswegverkeer effectiever dan de maatregelen voor het railverkeer.



De meest kosteneffectieve maatregel is de invoering van stillere banden, aangezien hier nauwelijks extra kosten mee zijn gemoeid. Dergelijke banden zijn al op de markt en vereisen dus geen nieuwe technologie. In feite komt het neer op het verbieden van de lawaaiige banden. Ter illustratie: als vandaag lawaaiige banden zouden worden verboden is over 4 à 5 jaar het gehele wagenpark voorzien van stille banden. Met name voor de rijkswegen kan de kosteneffectiviteit van dubbellaags ZOAB nog worden vergroot door het selectief (daar waar hoogst nodig) aan te leggen.

Bij de gekozen waarderingmethode en de geschatte reducties in geluidemissie overtreffen de baten ruimschoots de kosten. Diverse gevoeligheidsanalyses onderschrijven deze conclusie. De baten die verbonden zijn aan ruimtewinst (bijvoorbeeld extra bouwgrond) en het verbeteren van de akoestische kwaliteit van natuur- en recreatiegebieden zijn hier niet meegenomen. Baten met betrekking tot de volksgezondheid zijn ten dele (namelijk via de huizenprijzen) meegenomen. In die zin geeft deze studie eerder een onder- dan een overschatting van de totale maatschappelijke baten.

### 5.3.4 Knelpuntgerichte aanpak

Een generieke, brongerichte aanpak resulteert op langere termijn in een verbetering van de akoestische kwaliteit in heel Nederland. Knelpunten, dat wil zeggen woningen die worden blootgesteld aan een geluidbelasting boven de beoogde grenswaarde, kunnen dan echter blijven bestaan. Een andere benadering in het geluidbeleid is het gericht oplossen van dergelijke knelpunten door het treffen van (veelal lokale) maatregelen. Voor rijks- en spoorwegen is een dergelijke aanpak door het RIVM voor het jaar 2010 doorgerekend.

#### *Rijkswegen*

De maatregel met de grootste effecten is de aanleg van geluidschermen. Hiermee zijn echter ook hoge kosten gemoeid (*tabel 5.5*). Twee maatregelpakketten zijn doorgerekend, waarbij het realiseren van grenswaarden van tussen 50 en 70 dB(A) uitgangspunt was:

1. Naast het plaatsen van nieuwe geluidschermen dan wel het verhogen van bestaande, wordt gebruik gemaakt van dubbellaags ZOAB om de geluidbelasting te reduceren.
2. Uitsluitend worden geluidschermen geplaatst of verhoogd ter reductie van de geluidbelasting.

*Tabel 5.5 Maatregelen, effecten en kosten van knelpuntgerichte maatregelen ter reductie van de geluidhinder.*

	Geluidreductie	Kosten per km	Opmerking
Dubbellaags ZOAB	t/m 3 dB(A)	f 188.000	Meerkosten t.o.v. ZOAB
Scherm + DZOAB	t/m 17 dB(A)	f 600.000	Kosten per meter schermhoogte, effecten afhankelijk van benodigde schermhoogte

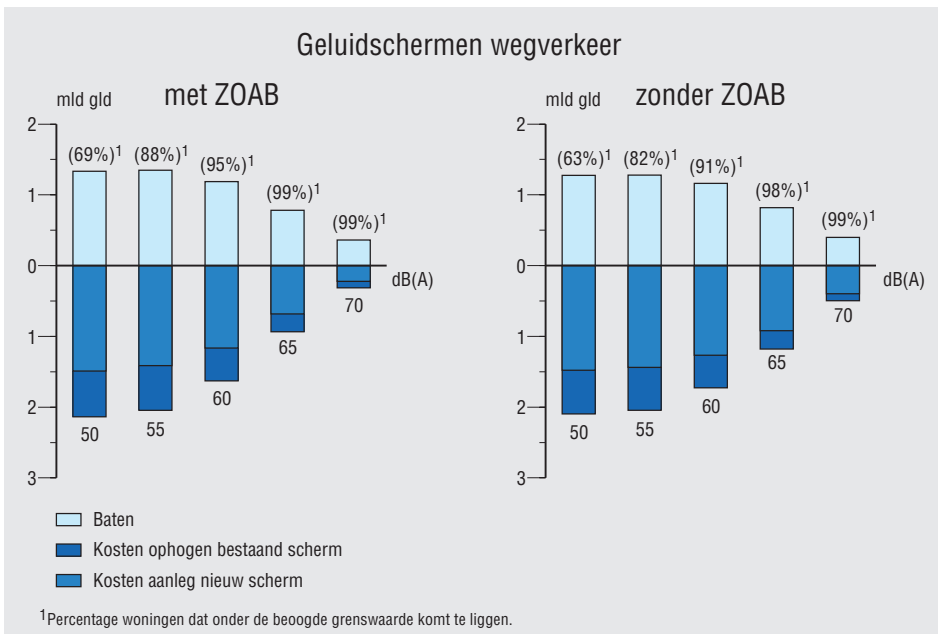
Bij een aantal knelpunten kan de beoogde grenswaarde uitsluitend tegen extreem hoge kosten worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door ondertunneling van wegen. Om die reden zijn de maatregelen steeds toegepast op een selectie van knelpunten, waarbij de volgende overwegingen een rol hebben gespeeld:

- maatregelen dienen niet te worden toegepast in extreme situaties (bijvoorbeeld één woning saneren tegen zeer hoge kosten);
- het aantal woningen boven de grenswaarde dient te worden meegewogen;
- de mate van overschrijding van de grenswaarde dient te worden meegenomen.

Op grond hiervan zijn uitsluitend die knelpunten doorgerekend waar de geschatte baten minimaal 10% van de kosten zijn.

### *Toepassing van schermen in combinatie met dubbellaags zoab*

Om vrijwel alle knelpunten aan te pakken waar woningen een geluidbelasting boven 70 dB(A) ondervinden is circa 300 miljoen gulden nodig. Indien als grenswaarde 50 dB(A) wordt gekozen, is veel meer geld nodig (figuur 5.5). Voor een bedrag van circa 2 miljard gulden kan bijna 70% van de woningen met een te hoge geluidbelasting onder de beoogde grenswaarde worden gebracht. Om een hoger percentage woningen onder de grenswaarde te brengen zouden op een groot aantal locaties andere, zeer kostbare maatregelen noodzakelijk zijn, zoals bijvoorbeeld tunnelbouw.

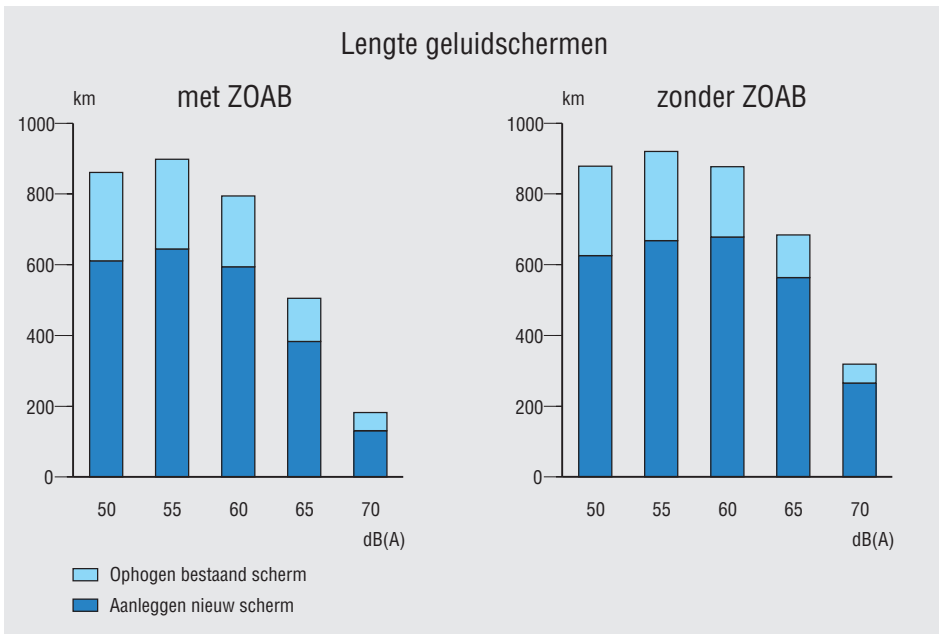


Figuur 5.5 Indicatie van de kosten en baten in 2010 van bestaande en nieuwe schermlocaties met en zonder aanleg van dubbellaags ZOAB, per grenswaarde voor de geluidbelasting (tussen haakjes staat het percentage woningen dat met deze maatregelen onder de beoogde grenswaarde wordt gebracht).

### Toepassing van uitsluitend schermen

Om vrijwel alle knelpunten waar woningen een geluidbelasting boven 70 dB(A) onder- vinden met uitsluitend schermplaatsing aan te pakken, is circa 500 miljoen gulden nodig. Schermplaatsing in combinatie met aanleg van dubbellaags ZOAB is dus aanzienlijk kosteneffectiever. Indien als grenswaarde 50 dB(A) gekozen wordt, kan voor circa 2 miljard gulden bij ruim 60% van het aantal woningen de geluidbelasting onder deze grenswaarde worden gebracht (figuur 5.5). Ook hier geldt dat om een hoger per- centage woningen onder de grenswaarde te krijgen, op diverse locaties zeer kostbare maatregelen (tunnelbouw) getroffen zouden moeten worden. Schermplaatsing in com- binatie met aanleg van dubbellaags ZOAB is bij een grenswaarde van 50 dB(A) dus vrijwel even kosteneffectief als zonder dubbellaags ZOAB.

Momenteel is er circa 500 km geluidscherm langs rijkswegen geplaatst. Voor het reali- seren van normen onder 70 dB(A) is in 2010 een verdubbeling van het aantal kilometers schermen nodig. Schermplaatsing in combinatie met toepassing van dubbellaags ZOAB beperkt de benodigde hoeveelheid schermen. Zo is het om vrijwel overal de norm van 60 dB(A) te kunnen halen noodzakelijk om ongeveer 200 km bestaand scherm op te hogen en 700 km schermen nieuw te plaatsen (figuur 5.6). Als ook dubbellaags ZOAB als mogelijke maatregel wordt meegenomen, is circa 600 km nieuw scherm nodig.



Figuur 5.6 Indicatie van het in 2010 benodigde aantal kilometers geluidscherm per grenswaar- de, met en zonder aanleg van dubbellaags ZOAB.

### *Effecten op ruimte en natuur*

Alleen bij een 100% realisatie van de 50 dB(A) grenswaarde zouden de onderzochte maatregelen ook tot een duidelijke verbetering buiten de directe woonomgeving (zoals in bijvoorbeeld natuur- en recreatiegebieden) kunnen leiden. Bij hogere grenswaarden van 65 en 70 dB(A) voor de woonomgeving is, om ook natuur- en recreatiegebieden stiller te maken, een veel grotere inzet van stil wegdek en geluidschermen noodzakelijk. De extra kosten hiervan zijn aanzienlijk. Op wat langere termijn zou een pakket bronmaatregelen meer effecten tegen lagere kosten opleveren (Van Kempen, 2000).

Aangezien de maatregelen zich uitsluitend richten op woongebieden en de EHS vrijwel volledig buiten woongebieden ligt, zijn de effecten van een knelpuntgerichte aanpak op natuur vrijwel nihil.

### *Het handhavingsgat*

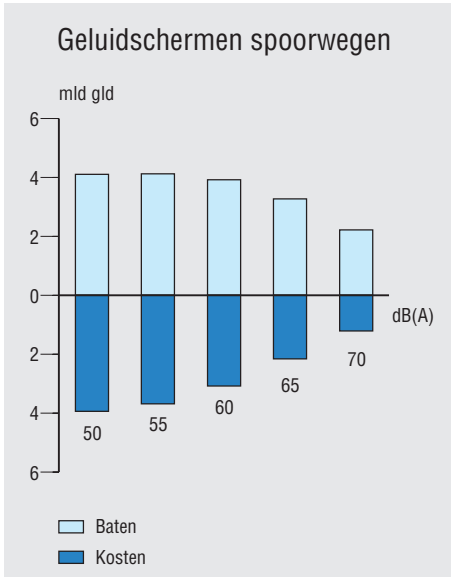
Een andere, wat afwijkende knelpuntgerichte benadering is het oplossen van het zogeheten ‘handhavingsgat’. Dit handhavingsgat heeft betrekking op de situaties waar lokaal een ontheffing van de voorkeursgrenswaarde uit de wet geluidhinder is verleend. Er is sprake van een handhavingsgat als hogere geluidbelastingen zijn ontstaan dan waarvoor ontheffing is verleend, doordat de verkeersgroei op de betreffende locaties hoger is geweest dan destijds werd voorzien. Voor een groot deel gaat het daarbij om locaties waar inmiddels schermen zijn geplaatst, maar voor een deel gaat het ook om locaties waar nog geen schermen staan. Bij de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat is in opdracht van het ministerie van Verkeer en Waterstaat een inventarisatie gemaakt van de locaties, waarvoor in het kader van het oplossen van het handhavingsgat aanvullende maatregelen worden overwogen. Het gaat daarbij om:

- ophogen van bestaande schermen;
- plaatsing van schermen op saneringslocaties volgens de A-lijst van VROM;
- plaatsing van een aantal nog niet voorziene schermen.

Het RIVM heeft geanalyseerd in hoeverre aanpak van het handhavingsgat ook effectief is om het aantal woningen boven een bepaalde grenswaarde te reduceren. Belangrijkste conclusie is dat door het aanbrengen van dubbellaags ZOAB in combinatie met schermen van 5 tot 10 meter hoogte ongeveer 90% van het handhavingsgat kan worden opgelost tegen kosten van 1,6-2,2 miljard gulden. De reductie van het totale aantal geluidbelaste woningen boven een bepaalde grenswaarde is echter lager dan bij een zuiver knelpuntgerichte aanpak. Dit komt doordat veel (geluidbelaste) woningen buiten het handhavingsgat liggen en bij deze benadering dus niet meegenomen worden.

### *Spoorwegen*

Om de geluidbelasting door spoorwegen bij alle betrokken woningen in 2010 onder een bepaalde grenswaarde te krijgen is schermplaatsing doorgerekend. De kosten per meter schermhoogte bedragen ongeveer 1,3 miljoen gulden per kilometer lengte. Met deze maatregel kan een geluidreductie tot 20 dB(A) worden gerealiseerd. Er is geen onderscheid gemaakt naar kosten voor bestaande of nieuwe schermlocaties (*figuur 5.7*). De kosten voor de sanering van spoorwegemplacements zijn buiten beschouwing gelaten.



*Figuur 5.7 Indicatie van de kosten en baten in 2010 van geluidschermen bij railverkeer, per grenswaarde voor de geluidbelasting.*

De kosten om een bepaalde grenswaarde te kunnen halen zijn bij spoorwegen hoger dan bij rijkswegen. Bij spoorwegen zijn echter hogere baten te realiseren, aangezien deze vaak over relatief grotere afstanden door stedelijk gebied lopen, waardoor dus meer woningen worden belast. Bij het railverkeer bevinden zich per traject van 500 meter lengte gemiddeld circa 250 woningen in het beïnvloedingsgebied, bij rijkswegen zijn dat er circa 90. Per saldo is de effectiviteit waarmee bij railverkeer een grenswaarde kan worden bereikt groter dan bij rijkswegen.



## 6 DUURZAME LANDBOUW EN BESCHERMING VAN DE NATIONALE BIODIVERSITEIT

### 6.1 Inleiding

De huidige praktijk van de Nederlandse landbouw leidt tot relatief hoge ammoniak-emissies, veelal in of op korte afstand van natuurgebieden. In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de mogelijkheden om de natuurgebieden te beschermen tegen de hoge ammoniakdeposities, vooral afkomstig van emissies door de landbouw. Daartoe is nagegaan welk depositieniveau nodig is om geen schade meer toe te brengen aan de natuur in Nederland. Deze depositieniveaus worden grotendeels bepaald door de NMP4-ambitie met betrekking tot het gewenste beschermingsniveau van de natuurgebieden in Nederland (*paragraaf 6.2*). Uitbreiding van natuurgebieden is nodig in het kader van de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Strategieën voor uitbreiding hangen sterk samen met het tegengaan van versnippering (*paragraaf 6.3*). Strategieën om in de natuurgebieden het gewenste beschermingsniveau te realiseren bestaan uit (algemeen) generiek milieubeleid, vaak aangevuld met gebiedsgericht beleid zoals het wegnemen van ammoniakemissies in en om natuurgebieden (*paragraaf 6.4*). In het NMP4 wordt onderscheid gemaakt tussen grote (aaneengesloten) en kleine (versnipperde) natuurgebieden, wat een gedifferentieerd beleid rechtvaardigt. Ter ondersteuning van de NMP4-ambities ten aanzien van gebiedsgericht beleid is daarom een inschatting gemaakt van de omvang van de grote natuurgebieden van Nederland (*paragraaf 6.5*).

Naast verzuring en vermesting is verdroging een belangrijk probleem in veel Nederlandse natuurgebieden. Het verhogen van de grondwaterstand als oplossing voor het verdrogingsprobleem kan zogeheten vernattingsschade veroorzaken in nabijgelegen landbouwgebieden. Inzicht in de omvang van deze vernattingsschade is van belang bij het kiezen van de juiste beleidsinzet (*paragraaf 6.6*). Mogelijke effecten van beheersmaatregelen, zowel generiek als gebiedsgericht, worden aan het eind van dit hoofdstuk geïllustreerd aan de hand van vennen (*paragraaf 6.7*). Daarbij worden ook enkele mogelijkheden geschetst om de effecten van overschrijding van de depositiedoelstellingen voor potentieel zuur en stikstof zoveel mogelijk te minimaliseren.

### 6.2 Van NMP4-ambities naar benodigde depositie- en emissieniveaus

#### *NMP4-ambities*

In het NMP4 wordt ingezet op een balans tussen landbouw en natuur. Voor de lange termijn, tot circa 2030, worden de natuurkwaliteitsambities uit de nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' overgenomen (LNV, 2000). Dit houdt in dat wordt beoogd om de EHS zoveel mogelijk uit aaneengesloten natuurgebied te laten bestaan, waarin de milieucondities geen belemmering vormen voor de beoogde natuurdoelen. Daarnaast

beoogt het NMP4 meer samenhang aan te brengen tussen generiek en gebiedsgericht beleid, om kwetsbare natuurgebieden extra te kunnen beschermen. De NMP4-ambitie is om uiteindelijk 95% van de natuur in Nederland duurzaam te beschermen (zie ook *hoofdstuk 3*). Voor de korte termijn, tot circa 2010, is het doel om eerste stappen te zetten op weg naar een duurzame landbouw. Hiertoe zal ook worden ingezet op gebiedsgericht beleid, om zo een balans te vinden tussen landbouw en natuur.

In het kader van de herijking van de verzuringsdoelstellingen voor 2010, zoals aangekondigd in het NMP3, heeft het RIVM een ondersteunende rol gespeeld (Albers *et al.*, 2001; Beck *et al.*, 2001). Onzekerheden in het te verwachten internationale beleid, de mogelijkheden voor gebiedsgericht beleid en de wetenschappelijke onzekerheden zijn daarbij zoveel mogelijk meegenomen. Aangenomen is dat het omringende buitenland de afgesproken emissiereducties uit het Gothenburg Protocol (1999) zal uitvoeren.

### *Afgeleide depositie van stikstof en potentieel zuur*

Het RIVM heeft analyses uitgevoerd met verschillende beschermingsdoelstellingen op het gebied van bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit, bosgroei en bescherming van soortensamenstelling. Uit de resultaten blijkt dat bij depositieniveaus van circa 300-600 mol potentieel zuurequivalenten per hectare per jaar en bij circa 300-500 mol stikstof per hectare per jaar, circa 95% van de natuur beschermd is (Posch *et al.*, 1995; Bobbink *et al.*, 1996; Albers *et al.*, 2001) (zie ook *hoofdstuk 3*). Enkele heel gevoelige ecosystemen (zoals vennen) zijn ook bij deze depositieniveaus niet volledig beschermd. Voor bescherming van deze gebieden kunnen aanvullende beheersmaatregelen worden getroffen (*paragraaf 6.7*). De huidige depositieniveaus zijn te hoog om 95% bescherming van de natuurgebieden in Nederland te kunnen realiseren.

De ruimtelijke variatie in kritische depositieniveaus is aanzienlijk, aangezien niet overal dezelfde natuur voorkomt en de kritische niveaus variëren per natuurtype. Het lokaal gewenste depositieniveau hangt af van de lokaal nagestreefde natuurdoelstelling. Karakteristieke vegetatie bij moerassen vergt een minder vergaande reductie van de stikstofdepositie dan bij vennen. De bescherming van de grondwaterkwaliteit stelt veelal minder stringente eisen aan de depositie van stikstof dan de bescherming van soorten. Bij toenemende overschrijding van de lokale kritische depositie zijn meer effecten op de soortensamenstelling te verwachten; de mate van bescherming neemt dan af.

In het NMP4 is ervoor gekozen de ambitie van 95%-bescherming van ecosystemen te realiseren door inzet van een combinatie van zowel generiek als gebiedsgericht beleid. Generieke landelijke emissieniveaus van stikstof en verzurende stoffen waarmee volledig aan de NMP4-ambitie van 95% bescherming zou worden voldaan, zijn niet zinvol af te leiden. Dat zou extreem vergaande emissiereducties betekenen. Als wordt uitgegaan van een beschermingspercentage van circa 90% dat met generiek beleid moet worden gerealiseerd, dan mag de depositie van potentieel zuur en stikstof maximaal circa 600-900 mol zuur respectievelijk 500-600 mol stikstof per hectare per jaar bedragen. De volgende typen ecosystemen zijn in dat geval niet meer volledig beschermd tegen effecten:



- vennen;
- levend hoogveen en natte heide;
- schraalgraslanden;
- open schrale gronden;
- zeer voedselarme bossen;
- rivierduin, droog duingrasland, open duin, voedselarme duinvalleien;
- droge schraal graslanden op zandgronden.

Het gaat dan om circa 10% van het beschouwde natuurareaal. Veelal zijn dit (ook in internationaal opzicht) zeer waardevolle systemen. In sommige van deze ecosystemen vinden van nature al geleidelijke veranderingen plaats door natuurlijke successie. Dit proces wordt echter versneld in geval van te hoge depositieniveaus. Door inzet van gebiedsgericht beleid en lokale beheersmaatregelen kan het percentage beschermde natuur in Nederland worden verhoogd tot boven de 90% (*paragraaf 6.4 en 6.7*).

### *Afgeleide emissieniveaus*

Bovenstaande gegevens zijn gebruikt om een aantal mogelijke emissievarianten door te rekenen (Beck *et al.*, 2001). Hierin zijn onzekerheden in de bepaling van de vereiste depositieniveaus meegenomen, evenals onzekerheden in de bepaling van de actuele en verwachte deposities. Daarnaast is rekening gehouden met het feit dat de depositie in Nederland niet homogeen is verdeeld, maar een sterke ruimtelijke spreiding kent. Veel landbouwemissies komen juist voor in de buurt van kwetsbare ecosystemen, zoals voedselarme bossen en schraalgraslanden. Deze ruimtelijke differentiatie maakt een generieke depositiedoelstelling die volledige bescherming biedt aan alle ecosystemen, in feite onmogelijk. Een andere complicerende factor is dat soms het natuurlijk achtergrondniveau al hoger ligt dan de kritische depositiewaarde van een natuurgebied.

De emissieniveaus die horen bij een beschermingspercentage van 90% zijn: 25 kton SO<sub>2</sub>, 70 kton NO<sub>x</sub> en 30 kton NH<sub>3</sub>. De emissiedoelstellingen uit het NMP3 voor het jaar 2010 - 56 kton SO<sub>2</sub>, 120 kton NO<sub>x</sub> en 54 kton NH<sub>3</sub> - leiden tot beschermingspercentages van 60 en 80% voor respectievelijk potentieel zuur en stikstof (in paragraaf 3.3 wordt ingegaan op de voorstelbaarheid van deze emissieniveaus). De nieuwe NMP4-doelen voor 2010 - respectievelijk 46 kton SO<sub>2</sub>, 231 kton NO<sub>x</sub> en 100 kton NH<sub>3</sub> - leiden tot beschermingspercentages van 20% voor potentiële zuur en 30% voor stikstof.

### *Voorstelbaarheid lange-termijn emissieniveau voor ammoniak*

De emissie van ammoniak kan met een aantal technische maatregelen nog aanzienlijk worden gereduceerd. Daarbij kan gedacht worden aan geavanceerde schone stallen, emissievrije (en vermoedelijk grootschalige) huisvesting van varkens en kippen, reductie van de beweidingsemissies en het bewerken van varkens- en kippenmest tot gedroogde korrels. Dergelijke maatregelen zijn technisch voorstelbaar, maar vergen een aanzienlijke extra beleidsinspanning. De emissie van ammoniak kan met deze maatregelen worden gereduceerd tot circa 65-70 kton in 2020. De kosten worden geraamd op 500-700 miljoen gulden per jaar, exclusief de nog onbekende kosten van emissievrije stallen en mestbewerking tot korrels. Om de ammoniakemissie nog verder te reduceren

zou ook rundveemest verwerkt moeten worden tot korrels en zouden koeien in emissievrije stallen moeten worden gehuisvest. De implementatie van dergelijke maatregelen is echter zeer problematisch: rundveehouders gebruiken de mest immers vooral op het eigen bedrijf en zullen niet snel bereid zijn de dierlijke mest eerst te bewerken tot korrels. Bovendien zou het drogen van korrels veel extra energiegebruik en daarmee samenhangend CO<sub>2</sub>-emissie met zich meebrengen. Ook levert het permanent huisvesten van koeien in emissievrije stallen discussie op over landschap en dierenwelzijn. Een alternatief voor deze vergaande technische maatregelen is het (extra) inkrimpen van de veestapel.

## 6.3 Uitbreiding natuurgebieden in Nederland

- *Bij de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur zou voorrang gegeven kunnen worden aan de aankoop van landbouwenclaves in en rond grote eenheden natuur. De milieucondities kunnen dan verbeteren in een gebied dat aanzienlijk groter is dan het aangekochte gebied.*

In het voorjaar 2001 heeft het Natuurplanbureau een studie uitgevoerd naar de mogelijkheden van een ‘natuuroffensief’. Daarbij is onder andere gekeken naar de perspectieven om aankoop van natuurgebieden te versnellen en de mogelijkheden om de milieukwaliteit in natuurgebieden te verbeteren door gebiedsgerichte maatregelen (RIVM/DLO, 2001). Gezocht is naar het vergroten van de synergie in aankoopbeleid, de opkoopregeling voor mestoverschotten en het gebiedsgerichte milieubeleid met betrekking tot mest, ammoniak en verdroging. In de studie zijn drie typen natuurgebieden onderscheiden:

1. Gebieden met natuurdoelen waar het *grondgebruik (nog) overwegend agrarisch* is. Vaak zijn dit natuurontwikkelingsgebieden die nog in agrarisch gebruik zijn, of beheersgebieden waar landbouw de hoofdfunctie is (en blijft), zoals bijvoorbeeld weidevogelgebieden. Meestal gaat het om multifunctionele natuur. Een voorbeeld van een dergelijk gebied is de Gelderse Vallei.
2. Overwegend *kleine eenheden natuur*, ruimtelijk verspreid en met veel landbouw er omheen. Vaak is dit gevoelige natuur met lokaal relatief veel doelsoorten. Veel voorbeelden zijn te vinden in Twente.
3. *Grote eenheden bestaande natuur* met landbouw in zones langs de rand of in enclaves en intrusies. Doorgaans gaat het om grootschalige natuur of in grotere eenheden gevoelige en multifunctionele natuur. Een voorbeeld is de Veluwe.

Voor elk type gebied kan een aankoopstrategie worden geformuleerd:

- Ad 1. Natuurontwikkelingsgebieden zijn gebaat bij versnelde aankoop en inrichting van het gebied. Gezien het grote areaal zal versnelling van de aankoop van deze gebieden waarschijnlijk een relatief groot beslag leggen op het beschikbare aankoopbudget. Het is daarom een pragmatische optie om in de beheersgebieden versneld beheerscontracten af te sluiten in plaats van direct tot aankoop over te gaan.

- Ad 2. Door de versnipperde ligging van veel natuurgebieden is de invloed vanuit de omliggende landbouw relatief groot. Het versneld verbeteren van de milieukwaliteit in deze gebieden via generiek beleid is mogelijk, maar relatief duur. Een alternatieve strategie is naast versnelling van de generieke reductie van de milieudruk, kleinere eenheden buiten de EHS samen te voegen tot grotere eenheden natuur door gerichte aankopen in de aangrenzende gebieden.
- Ad 3. De strategie voor de totstandkoming van de EHS door aankoop van landbouw-enclaves in en rond natuurgebieden is al in gang gezet. Versnelling van deze strategie lijkt efficiënt, omdat daarmee en het natuurareaal wordt vergroot en de milieuocondities kunnen worden verbeterd in een gebied dat aanzienlijk groter is dan het aangekochte gebied (multiplier-effect).

De strategie bij het beschermen van natuurgebieden in Nederland door aankoop van nabijgelegen niet-natuurgebieden is afhankelijk van de lokale situatie en is daarmee gebiedsspecifiek.

## 6.4 Gebiedsgericht ammoniakbeleid

- *Verplaatsing van landbouwbedrijven uit een zone van 500 meter rond natuurgebieden kan leiden tot een vermindering van de lokale stikstofdepositie met maximaal 200 mol per ha per jaar. Daarmee kan het percentage (voor stikstof) beschermde grote eenheden natuur in 2010 worden verhoogd van circa 30% tot boven de 50%.*
- *Een optimale (meest kosteneffectieve) invulling van de verhouding tussen generiek en gebiedsgericht beleid is nog niet goed te geven. Hoe sneller gebiedsgerichte maatregelen worden getroffen, hoe groter het effect. Ook zonder generieke verlaging van de achtergronddepositie heeft gebiedsgericht beleid doorgaans effect.*

Gebiedsgericht ammoniakbeleid houdt in dat in bepaalde gebieden specifieke beleidsmaatregelen van kracht zijn die verder gaan dan de generieke ammoniakmaatregelen voor de Nederlandse landbouw. De discussie rond gebiedsgericht ammoniakbeleid spitst zich toe op de vraag hoe groot de zone rond een natuurgebied moet zijn waar specifiek beleid wordt gevoerd ter reductie van de stikstofbelasting: 250 of 500 meter. De maatregelen die in dit kader het meest worden genoemd zijn verplaatsing van landbouwbedrijven en het leeghalen van zones door middel van uitkoop van bedrijven. Daarbij gaat het dan om zowel stal- als weide-emissies. Ook verdergaande lokale technische maatregelen in bepaalde gebieden (emissievrije stallen) behoren tot de mogelijkheden.

### *Verplaatsing van landbouwbedrijven binnen provincies (2010-perspectief)*

Voor de 'Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen' zoals aangekondigd in het NMP3 heeft het RIVM de effecten berekend van een ruimtelijke herverdeling van ammoniakemissies op overschrijdingen van kritische depositiewaarden (*critical loads*) (Beck *et al.*, 2001). Voor het jaar 2010 is onderzocht wat het effect is van het verplaatsen van de ammoniakemissies uit (de omgeving van) natuurgebieden. Daarbij is uitgegaan van een

nationaal emissieplafond voor de Nederlandse landbouw van 93 kton NH<sub>3</sub>, zoals voorgesteld door de Europese Commissie (EU, 1999). Deze emissie is optimaal herverdeeld binnen elke provincie, dat wil zeggen met minimale overschrijding van de kritische depositiewaarden voor stikstof. Voor de zones rond natuurgebieden is ervan uitgegaan dat alle landbouwbedrijven daar op termijn zullen zijn verdwenen, dus ook alle ammoniakemissies uit stallen en weiden. Uitgaande van een zone van gemiddeld 500 meter, kan door regionale optimalisatie de overschrijding van de kritische depositiewaarde voor stikstof met 30-40% worden verminderd. Het beschermingsniveau van de Nederlandse natuur kan dan toenemen van circa 30% tot 40%. Het grootste deel van dit hoge beschermingspercentage kan worden verklaard door het leeghalen van de zone rond natuur en door herverdeling van de landbouw uit de zones elders in de provincies. Van minder belang blijkt herverdeling van de landbouw buiten deze zones te zijn.

### *Verplaatsing van landbouwbedrijven op nationale schaal (2030-perspectief)*

Een beschermingspercentage van 60-90% voor potentieel zuur en 80-90% voor stikstof wordt bereikt bij depositieniveaus in de orde van 900-1.300 mol potentieel zuur en 500-900 mol stikstof per hectare per jaar (*paragraaf 6.2*). De bijbehorende emissieranges van verzurende stoffen, uitgaande van generiek beleid, bedragen 70-120 kton voor NO<sub>x</sub>, 25-40 kton SO<sub>2</sub> en 30-55 kton NH<sub>3</sub>. Naast deze generiek bepaalde emissieranges kan de depositie op natuur verder worden teruggebracht door gebiedsgericht beleid. Als alle NH<sub>3</sub>-emissies ruimtelijk optimaal worden verdeeld (zonder rekening te houden met de haalbaarheid van de vergaande maatregelen die daarvoor nodig zijn) kan de overschrijding van de kritische stikstofdepositie afnemen met 40-50%. Het beschermingspercentage neemt dan met slechts met 1-2% toe. Belangrijkste verklaring voor deze geringe verbetering is dat de meest gevoelige natuur slechts een klein deel vormt van het totale natuurareaal met een lage kritische depositiewaarde voor stikstof en dat in een aantal gevallen de kritische waarde onder de natuurlijke achtergronddepositie ligt.

### *Verhouding tussen generiek en gebiedsspecifiek beleid*

De meest kosteneffectieve verhouding tussen generiek en gebiedsgericht ammoniakbeleid is op dit moment niet goed aan te geven. Zo is het ruimtelijk patroon van emissies en deposities afhankelijk van de gekozen generieke maatregelen. Het effect van het gebiedsgericht beleid is afhankelijk van de wijze waarop de generieke emissiereductie al heeft plaatsgevonden en van de verhouding tussen stal- en grondgebonden emissies. Als op langere termijn op grote schaal emissievrije stallen beschikbaar komen, wordt gebiedsgericht beleid minder effectief: de locatie van dergelijke stallen is dan immers niet relevant. Hoe eerder met gebiedsgericht beleid wordt begonnen, des te groter is het potentiële effect.

Gebiedsgericht ammoniakbeleid leidt ook zonder generieke verlaging van de achtergronddepositie al tot een verbetering in de natuurwaarden. Door de verlaging van de overschrijding van de kritische depositiewaarde zal de accumulatie van zuur en stikstof in de bodem worden beperkt en zal de achteruitgang in de soortenrijkdom minder snel verlopen. Dit is vooral relevant bij natuurgebieden met een klein bufferend vermogen, zoals bijvoorbeeld grote natuurgebieden met vennen (*paragraaf 6.7*).

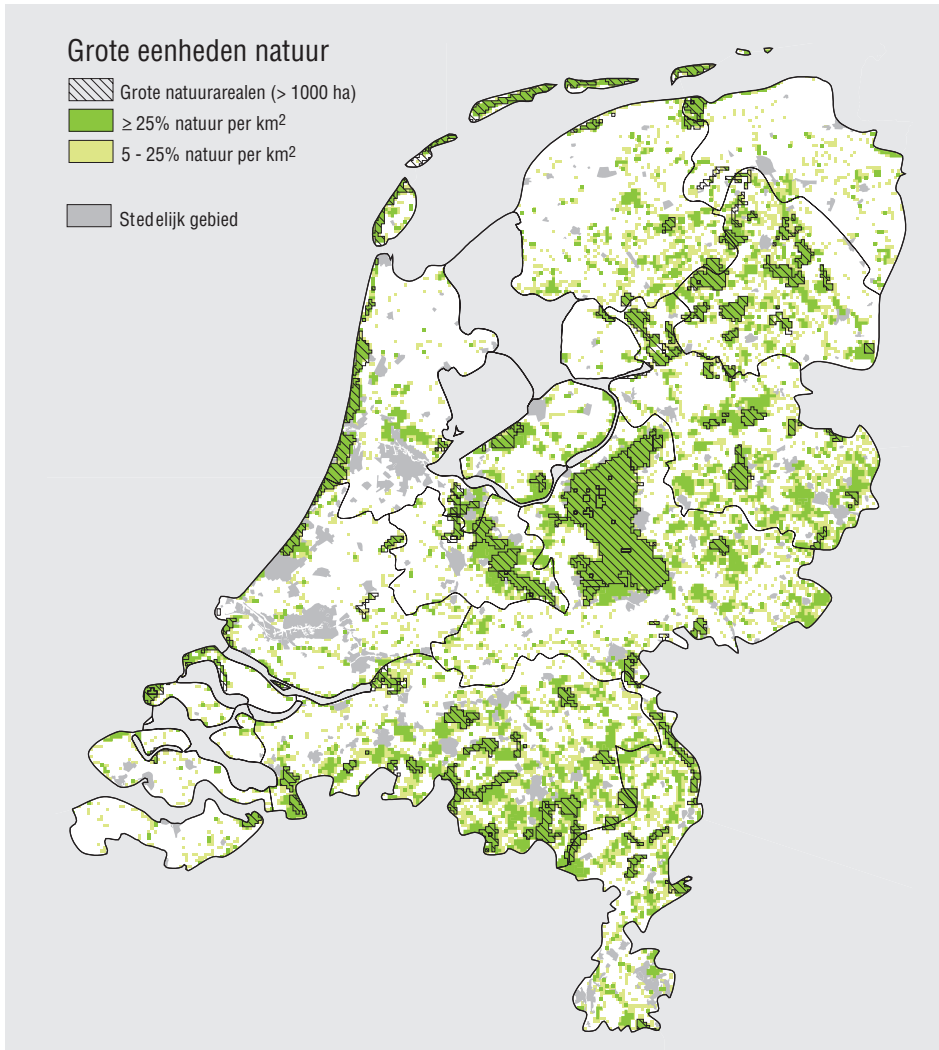
Natuurgebieden groter dan 1.000 hectare (*paragraaf 6.5*) zullen in 2010 meer dan gemiddeld worden beschermd tegen te hoge stikstofdepositie door de relatief grote bufferende werking rond deze gebieden. De bescherming van het totale areaal grote natuurgebieden voor stikstof kan door zonering met circa 20%-punten verder toenemen, tot boven de 50% in 2010. Voor verzuring geldt dat in 2010 maximaal 10% van het areaal van grote natuurgebieden extra beschermd kan worden door zonering. Als gelijktijdig een extra reductie van de internationale SO<sub>2</sub>-emissies kan worden gerealiseerd, kan dit percentage nog substantieel hoger uitkomen.

## 6.5 Aandeel grote natuur in Nederland

- *In Nederland bestaat circa de helft van de aanwezige natuur uit gebieden die groter zijn dan 1.000 hectare.*
- *Bij de grote natuurgebieden kan in 2010 gemiddeld een hogere bescherming worden bereikt dan bij de kleine natuurgebieden.*

Het beleid richt zich in eerste instantie op de grote natuurgebieden in Nederland als wordt gekeken naar de mogelijkheden voor aanvullende gebiedsgerichte maatregelen. In deze paragraaf is als uitgangspunt genomen dat (terrestrische) natuurgebieden een omvang van minimaal 1.000 hectare moeten hebben om als ‘groot’ te worden gekenschetst en dus voor specifiek gebiedsgericht beleid in aanmerking te kunnen komen. Daar komt bij dat de afstanden tussen de natuurgebieden niet groter dan 20 meter mogen zijn (de breedte van een autoweg). Bij grotere doorsnijdingen is sprake van twee aparte natuurgebieden (versnippering). De gehanteerde kaart met natuurgebieden omvat het overgrote deel van de Ecologische Hoofdstructuur, zoals gepresenteerd in de Natuurbalans 2000 (RIVM/DLO, 2000). Beheersgebieden zijn in deze definitie buiten beschouwing gebleven, omdat in deze gebieden onvoldoende voorwaarden aanwezig zijn om een substantiële bijdrage te kunnen leveren aan de ruimtelijke samenhang van grote eenheden natuur (RIVM/DLO, 1999). Aquatische natuurgebieden en enkele natuurgebieden waarvan essentiële informatie ontbreekt, zijn ook buiten beschouwing gelaten.

De grote eenheden natuur komen in Nederland met name voor langs de kust, in Noord-Brabant, op de Utrechtse heuvelrug, de Veluwe, in Drenthe en op de Waddeneilanden (*figuur 6.1*). Deze gebieden hebben een totale oppervlakte van 320.000 hectare, ongeveer de helft van de in totaal 610.000 hectare terrestrische natuur in Nederland.



Figuur 6.1 Grote eenheden natuur (>1.000 ha) in Nederland, 2000.

## 6.6 Landbouwgrond met vernattingschade

- *Op in totaal circa 500.000 ha areaal kunnen vernattingseffecten optreden na het verhogen van de grondwaterstand in natuurgebieden ter bestrijding van verdroging. Circa 250.000 ha daarvan is landbouwgrond die buiten de EHS ligt.*

Ter bestrijding van verdroging in Nederland kunnen de grondwaterstanden worden verhoogd, niet alleen in de verdroogde gebieden zelf, maar ook in de directe omgeving van dergelijke gebieden. De omvang van het ‘vernatte’ gebied wordt vooral bepaald door de opbouw van de ondergrond en aard en omvang van de anti-verdrogingsmaatregelen.

Ruwweg kan worden gesteld dat een zone van circa 500 meter zal worden beïnvloed door maatregelen in een aangrenzend verdroogd natuurgebied. Bij kleine natuurgebieden, waarbinnen weinig ruimte is om maatregelen te nemen, zal de omringende zone waarin vernatting optreedt in het algemeen relatief groter zijn dan bij grote aaneengesloten natuurgebieden. Binnen zo'n zone of buffergebied kan, afhankelijk van het grondgebruik en de stijging van de grondwaterstand, vernattingschade optreden in de vorm van lagere landbouwopbrengsten. Soms kunnen ook positieve effecten optreden, bijvoorbeeld als een betere watervoorziening lagere landbouwopbrengsten door droogte (gedeeltelijk) compenseert. Vernatting kan ook tot andere ongunstige effecten leiden, bijvoorbeeld vochtige kelders en drassige campings of sportvelden.

RIVM en RIZA hebben indicatief een schatting gemaakt van de oppervlakte van de zone of het buffergebied waar vernattingseffecten kunnen optreden. Daarbij zijn alleen de verdroogde gebieden met als hoofdfunctie natuur beschouwd, waarvoor bovendien geldt dat de oorzaak van de verdroging een te geringe kweldruk en/of een te lage grondwaterstand is. Verdroogde gebieden met natuur als nevenfunctie zijn niet meegenomen, omdat ze doorgaans in agrarisch gebruik zijn en vaak ook zullen blijven, waardoor ondiepere grondwaterstanden niet of nauwelijks kunnen worden gerealiseerd. Als globale indicatie van het areaal waar vernattingseffecten als gevolg van de bestrijding van verdroging kunnen optreden geldt een areaal van 250.000-500.000 ha (tabel 6.1).

Van het areaal verdroogd natuurgebied dat in beschouwing is genomen (circa 185.000 ha) ligt ongeveer 150.000 ha binnen de EHS. Van de 250.000-500.000 ha waar vernattingseffecten kunnen optreden, ligt circa 100.000-150.000 ha binnen de EHS afhankelijk van de grootte van de bufferzone (250 of 500 meter). Aangezien dat areaal nu al natuur is of op termijn natuur zal worden, mag worden aangenomen dat op dit areaal geen vernattingseffecten zullen optreden.

Tabel 6.1 Het areaal natuur- en landbouwgebied waar vernattingseffecten kunnen optreden, uitgaande van een bufferzone van 500 meter rond verdroogde natuur (situatie 1996).

Gebied	Totaal areaal in ha	waarvan binnen EHS <sup>1)</sup> in ha	waarvan buiten EHS <sup>1)</sup> in ha
Verdroogde natuur	185.700	151.000	34.700
<i>waarvan landbouw</i>	65.000	45.000	20.000
Zone van 500 m rond verdroogde natuur	489.000	135.000	354.000
<i>waarvan landbouw</i>	308.000	55.200	252.800

<sup>1)</sup> Uitgaande van de huidige ligging van de EHS.

Het areaal buiten de EHS waar vernattingseffecten bij de landbouw kunnen optreden bedraagt circa 100.000-250.000 ha, uitgaande van de huidige ligging van de EHS. Een groot deel (circa 35%) van het verdroogde gebied met hoofdfunctie natuur bestaat uit landbouwareaal. Dit is grotendeels terug te voeren op de verschillende methodieken in de weergave van verdroogde gebieden op kaarten door de provincies. Daarnaast bestaat een aanzienlijk deel (circa 30%) van de verdroogde natuur binnen de EHS nog uit land-

bouwareaal. Voor een deel is dat nog aan te kopen landbouwgrond binnen de EHS, maar ook hier spelen de methodische verschillen tussen provincies bij de weergave van verdroogde gebieden op kaarten.

## 6.7 Mogelijke effecten van beheersmaatregelen

In de nota ‘Natuur voor mensen, mensen voor natuur’ heeft het kabinet de ambitie verwoord, dat in 2020 de milieukwaliteit zodanig is dat deze geen belemmering meer vormt voor het bereiken van de kwaliteitsdoelen voor de natuur binnen de Ecologische Hoofdstructuur (LNV, 2000). Naast generiek en gebiedsgericht emissiebeleid kan daartoe effectgericht beleid worden ingezet: specifieke beheersmaatregelen om de effecten van zuur- en stikstofdepositie in ecosystemen te beperken. In een deel van de natuur kunnen eenmalige herstelmaatregelen of actief regulier beheer een bijdrage leveren aan het verminderen van de effecten van verzurende en vermestende depositie. In groot-schalige natuur is herhaald beheer niet wenselijk, gezien de ‘natuurlijkheids-’doelstelling van deze gebieden (LNV, 1995). De depositieniveaus in deze gebieden moeten met generiek en gebiedsgericht beleid dus voldoende zijn gereduceerd om de natuurdoelstellingen te realiseren. De grootschalige natuur bevat veel verzuringsgevoelige ecosystemen, zoals vennen en duinen.

In de kleinere natuurgebieden en de multi-functionele natuur kan reguliere beweiding of het maaien of kappen een bijdrage leveren aan het tegengaan van effecten van verzuring, door verschraling van de met stikstof verrijkte systemen. De droge heiden zijn bij de huidige kritische depositieniveaus bijvoorbeeld alleen te handhaven met actief (verschralings)beheer. Verschralingsbeheer in de vorm van maaien is pas zinvol wanneer meer stikstof uit het systeem wordt verwijderd dan het systeem binnenkomt. In veel gebieden is bij de huidige depositieniveaus de toevoer van stikstof echter hoger dan de mogelijke afvoer bij maaien (LNV, 1999).

Om de natuur te behoeden voor te grote achteruitgang door ontoereikende milieucondities kunnen veelal éénmalige herstelmaatregelen worden uitgevoerd. In het kader van het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) zijn de laatste jaren goede resultaten geboekt met dergelijke herstelmaatregelen, hoewel de resultaten sterk variëren per type natuur en per maatregel. In de afgelopen 10 jaar is circa 54.000 ha natuur aangepakt in OBN-kader (LNV, 1999). Effectgerichte maatregelen zullen ook de komende jaren nodig blijven, gezien de bestaande en voorziene knelpunten in milieudruk en bescherming van ecosystemen. De opgedane ervaringen binnen het OBN kunnen worden gebruikt om het rendement van maatregelen te verbeteren. Mogelijkheden daarvoor zijn: het hanteren van kansrijkdom als leidend principe, een meer integrale aanpak en koppeling met het instrumentarium voor brongericht en gebiedsgericht beleid.

Het belang van effectgerichte maatregelen voor kwetsbare ecosystemen kan worden geïllustreerd aan de hand van beheersmaatregelen in vennen (zie *tekstbox*).



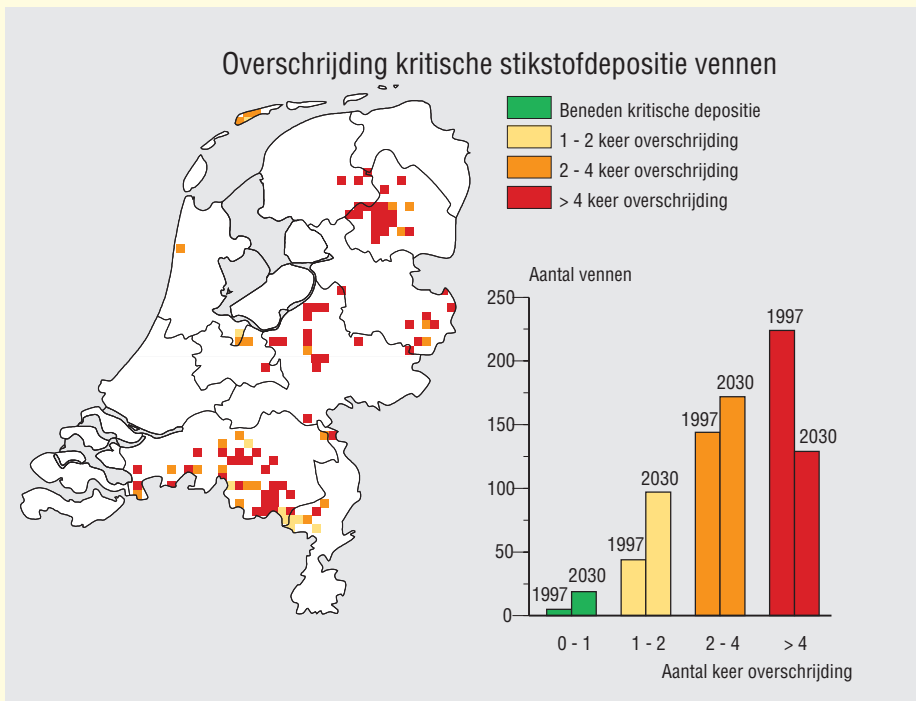
### Mogelijkheden voor effectgericht beheer in vennen

De kritische depositie van vennen, volgens de modelberekeningen met AquAcid en uitgaande van een zandige bodem (te realiseren door baggeren), is gemiddeld ongeveer 400 mol/ha/jr (variërend van minder dan 100 tot 1.500 mol/ha/jr). Naar schatting ontving in 1997 slechts 1% van de vennen een depositie die lager was dan de kritische depositie, terwijl voor 50% van de vennen de depositie meer dan een factor 4 hoger was dan de kritische depositie (figuur 6.2). Het kappen van omliggende bossen brengt een hogere kritische depositie met zich mee, omdat het ven te maken krijgt met een lagere aanvoer van organisch materiaal en een grotere uitwisseling tussen water en atmosfeer. Gemiddeld stijgt de kritische depositie door deze maatregel met gemiddeld 50 mol/ha/jr (variërend van 0-200 mol/ha/jr, afhankelijk van de huidige omgevingskenmerken van de verschillende vennen). Wordt bovendien ook de oever van de vennen permanent kaal gehouden, dan stijgt de kritische depositie relatief sterk tot gemiddeld 1.000 mol/ha/jr (variërend van 50-5.000 mol/ha/jr, figuur 6.3). In dit geval is bij circa 20% van de vennen de huidige depositie lager dan de kritische

depositie, terwijl bij eveneens ongeveer 20% van de vennen de huidige depositie meer dan een factor 4 hoger is dan de kritische depositie.

De gepresenteerde resultaten zijn indicatief, en wel om de volgende redenen:

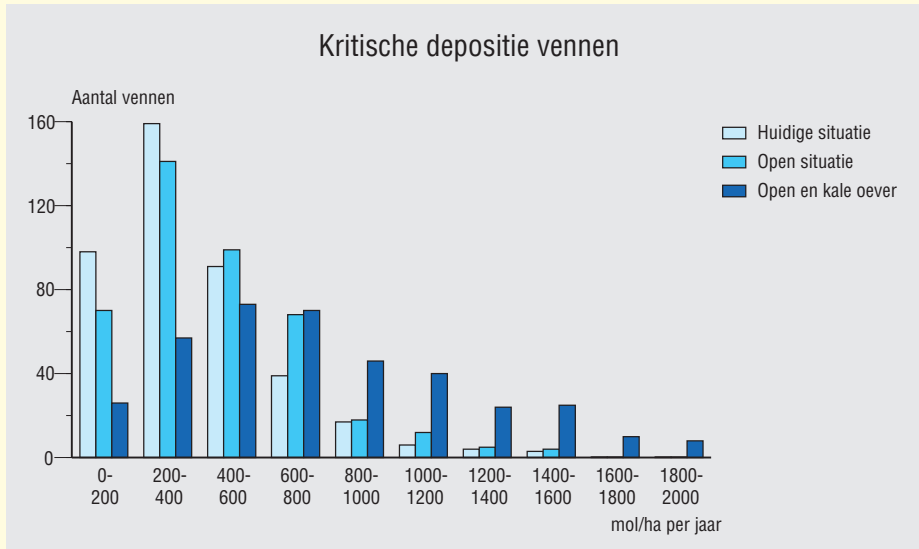
- Bij de berekening van de huidige depositie op vennen is uitgegaan van een ruimtelijke verspreiding van ammoniak die gebaseerd is op één (model)onderzoek in een beperkt gebied (Wienke, 1999). Validatie van deze onderzoeksgegevens met veldmetingen moet nog plaatsvinden.
- Sommige aspecten van eutrofiëring zijn nog onvoldoende in het model AquAcid ingebouwd. Met name fytoplankton, Sphagnum en groepen waterplanten (anders dan ondergedoken isoëtide groeivormen) zijn niet opgenomen in het model. Dit bepaalt in sterke mate de uitkomsten bij hogere depositieniveaus (>1.000 mol/ha/jr) en resulteert in een overschatting van de kritische depositieniveaus bij hogere depositieniveaus.
- Kappen van het rond een ven aanwezige bos zal niet altijd mogelijk zijn.



Figuur 6.2 Overschrijding van de kritische stikstofdepositie op vennen. Mate van overschrijding in 1997, gegevens geaggregeerd per 5x5 km, en verandering in het aantal vennen per overschrijdingsklasse tussen 1997 en 2030.

- Het kaal houden van de oever van een ven houdt in het regelmatig plaggen en schonen van de oevers. Hoe vaak dit dient te gebeuren is nog onduidelijk. Bij hogere depositieniveaus zal dit waarschijnlijk aanzienlijk vaker moeten

gebeuren dan bij lagere niveaus, waardoor bij hogere depositieniveaus mogelijk uitvoeringsproblemen kunnen optreden (verstoring, hoge kosten).



*Figuur 6.3 Verdeling van de kritische depositie op vennen in de huidige situatie (1997), in een open situatie (kappen van bos) en in een open situatie met een kale oever (kappen van bos, plaggen van oevers, verwijderen riet). Resultaten van berekeningen met AquAcid, startend vanuit een systeem met een zandige bodem over een periode van 25 jaar.*

## 7 GEZOND EN VEILIG

### 7.1 Probleemschets en NMP4-ambitie

Problemen op het terrein van 'gezond en veilig' hangen voor een belangrijk deel samen met milieugerelateerde gezondheidsrisico's, voedselkwaliteit, kwaliteit van drink- en zwemwater en externe veiligheidsrisico's van maatschappelijke activiteiten (zoals transport over de weg, per rail en door de lucht, industriële bedrijvigheid en opslag van gevaarlijke stoffen). De milieugerelateerde gezondheidsrisico's zijn besproken in hoofdstuk 5 (*paragraaf 5.2*). Daaraan wordt in deze paragraaf een korte schets van de risico's rond de voedselveiligheid en de veiligheid van drink- en zwemwater in Nederland toegevoegd.

Naast bewezen milieugerelateerde gezondheidsrisico's zijn er diverse nog onbewezen maar niet uit te sluiten risico's voor de volksgezondheid, zoals bijvoorbeeld door micro-organismen, hormoonontregelende stoffen (oestrogenen), genetisch gemanipuleerde organismen, hoogspanningslijnen, en GSM-apparatuur en -zendmasten. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op twee van die onbewezen, maar niet uit te sluiten risico's. Allereerst volgt een uitgebreide beschouwing over de mogelijke gezondheidseffecten van micro-organismen (*paragraaf 7.2*). Dit onderwerp komt in het NMP4 nadrukkelijk aan de orde. Vervolgens wordt aandacht besteed aan de mogelijke gezondheidseffecten van hoogspanningslijnen (*paragraaf 7.3*).

In de slotparagraaf worden de externe veiligheidsrisico's besproken (*paragraaf 7.4*), waarbij tevens een korte beschouwing is opgenomen over de onderlinge vergelijkbaarheid van de diverse risicovormen.

#### *Milieugerelateerde gezondheidsrisico's*

Het milieugerelateerde gezondheidsverlies in Nederland - uitgedrukt als het aantal verloren gezonde levensjaren - is ongeveer 2-5% van de totale gezondheidsverliezen. Belangrijke oorzaken zijn luchtverontreiniging (fijn stof, ozon op leefniveau), geluid en kwaliteit van het binnenmilieu. Vooral door de vergrijzing zal in Nederland de komende decennia het gezondheidsverlies door luchtverontreiniging toenemen. De verontreiniging met fijn stof en de ozongehalten zullen in de komende 30 jaar stabiliseren. De luchtkwaliteit in steden zal tot 2020 verbeteren en daarna weer iets achteruitgaan. In 2030 zullen ongeveer een half tot een miljoen inwoners van Nederland aan te hoge niveaus van verontreiniging blootstaan (*hoofdstuk 5*).

#### *Voedselveiligheid*

Volgens de 5e Milieuverkenning is het belangrijkste probleem van de voedselkwaliteit in Nederland het voorkomen van microbiële verontreinigingen. Deze kunnen leiden tot onschuldige maagdarminfecties, maar soms treden complicaties op die ernstiger ziekten tot zelfs de dood als gevolg kunnen hebben. Door recente affaires als varkenspest, BSE, 'dioxine-kippen' en door biotechnologische ontwikkelingen staat het thema voedselvei-

ligheid weer op de maatschappelijke en politieke agenda. Dergelijke incidenten waren ook aanleiding tot een hernieuwde discussie over de huidige normstelling voor voedingsmiddelen. De kennis van de consument over voedselveiligheid is niet groot en het begrip is vaak beperkt tot de context van een crisissituatie. Dit verklaart voor een belangrijk deel de onrust die leeft onder de bevolking. De recente crises rondom voedselveiligheid en de zorg om genetisch gemodificeerde organismen of hormoonverstorende stoffen illustreren de noodzaak van opzet en continuering van monitoringsystemen voor handhaving en controle. Daarnaast is er behoefte aan open communicatie met alle betrokkenen (producenten, consumenten en overheden) en is kennisintegratie over de hele voedselketen nodig.

### *Kwaliteit van drink- en zwemwater*

Het grootste probleem bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater zijn ziekteverwekkende micro-organismen. Een eenvoudige zuivering gebaseerd op alleen chemische desinfectie voldoet dan niet. Het kwaliteitscriterium is dat niet meer dan één geïnfecteerde persoon per 10.000 inwoners per jaar mag voorkomen. Een conventionele zuivering (met spaarbekkens) voldoet wel aan deze eis voor virussen maar niet op alle locaties voor protozoa (ééncellige dieren). Andere zuiveringstechnieken zoals bodempassage en dubbele membraanfiltratie zijn wel voldoende om een veilige drinkwaterproductie te garanderen, ook bij normaal voorkomende piekbelastingen van ziekteverwekkers. De beschouwde regionale wateren zijn voor wat betreft de micro-organismen beter van kwaliteit dan de rijkswateren. Een conventionele zuivering kan hier voldoende zijn voor veilig drinkwater. In de toekomst is dit mogelijk één van de factoren die regionale wateren aantrekkelijk maken als drinkwaterbron voor relatief kleine productieplaatsen. Voorwaarde is dat de microbiologische kwaliteit van het betreffende oppervlaktewater goed en beheersbaar is, zodanig dat met relatief eenvoudige zuiveringstechnieken voldoende veilig drinkwater kan worden geproduceerd. Belangrijke factoren om dit te beheersen zijn het aantal en de hygiënische kwaliteit van rioolwaterlozingen en -overstorten en agrarische activiteiten.

De zwemwaterkwaliteit is sinds 1985/1990 verbeterd. Desalniettemin voldoet nog ruim 10% van de monsterpunten niet aan de zwemwaternorm. De huidige zwemwaternormen beschermen de zwemmer onvoldoende. Geen aandacht wordt geschonken aan toxische blauwwieren en parasieten.

### *NMP4-ambitie*

Het NMP4 kondigt een beleidsvernieuwing aan van zowel het stoffenbeleid als van het externe veiligheidsbeleid. Centraal staat het voorzorgprincipe. De vernieuwing van het stoffenbeleid - zoals beschreven in de Strategienota Omgaan met Stoffen (SOMS) - moet zorgen voor een zodanig veilig gebruik van stoffen, dat mens en milieu geen of verwaarloosbare gevaren en risico's lopen in alle fasen van de levenscyclus: van grondstof tot halffabrikaat, van consumentenproduct tot afvalverwerking. Ook moeten de risico's voor veiligheid en gezondheid bij een beroepsmatig gebruik van stoffen worden geminimaliseerd. Dit doel zal voor 2020 moeten zijn gerealiseerd, mede afhankelijk van ontwikkelingen in het internationale beleid in de Europese Unie.

De beleidsvernieuwing van het externe veiligheidsbeleid richt zich onder andere op het vastleggen van een minimum beschermingsniveau voor burgers, het aan banden leggen van onnodig vervoer van gevaarlijke stoffen en het uiteindelijk sluiten van bedrijven op kwetsbare plekken waar de veiligheid niet afdoende kan worden geregeld. Het NMP4 stelt dat bestuur en politiek veel bewuster moeten omgaan met het accepteren van risico's in relatie tot de omvang van mogelijke rampen. De beschikbaarheid van veiliger alternatieven en de mogelijkheden van rampenbestrijding moeten daarbij worden meegenomen. Aangekondigd wordt dat de doorwerking van veiligheidsnormen naar de vergunningverlening van bedrijven en ruimtelijke plannen wettelijk zal worden gegarandeerd.

Ook binnen het voedselveiligheidsbeleid wordt het voorzorgprincipe gehanteerd: concrete aanwijzingen voor het bestaan van mogelijke ernstige risico's vormen het vertrekpunt. Als sprake is van een aannemelijk, maar nog niet wetenschappelijk volledig bewezen risico met mogelijke gevolgen voor de gezondheid van mens, milieu of natuur, dan geldt de regel "bij twijfel niet doen".

## 7.2 Onbeheersbare risico's van micro-organismen

- *De komende decennia zullen micro-organismen en infectieziekten (zoals AIDS, tuberculose en malaria) nog volop aandacht en inzet vragen van de gezondheidszorg, wetenschappers en politici.*
- *De steeds verdere ontsluiting van de wereld ('global village') zal nog vele acute bedreigingen opleveren in de vorm van plotselinge ziektegevallen op plekken waar ze niet werden verwacht. Ook zullen tot nu toe onbekende infectieziekten opduiken. De ervaring leert evenwel dat er goede mogelijkheden zijn om adequaat te reageren.*
- *De kans dat biomedische laboratoria per ongeluk gevaarlijke nieuwe micro-organismen zouden kunnen introduceren lijkt zeer gering; een grotere bedreiging lijkt uit te gaan van bioterrorisme.*

Deze paragraaf gaat in op de rol die micro-organismen in het verleden hebben gespeeld en op hun mogelijke rol in de komende 30 jaar. Hierbij wordt niet alleen uitgegaan van menselijke ziekte en gezondheid. De plaats van micro-organismen als onderdeel van ecosystemen staat voorop. De microbiële wereld heeft een doorslaggevende rol gespeeld bij de totstandkoming van de 'ingewikkelder' levensvormen op aarde (McNeill, 1976; Wills, 1996). Momenteel lijken de mens en zijn huisdieren dominant, maar dit is schijn. Zij leven bij gratie van de triljarden microscopische organismen waaruit ze voor een deel bestaan (Van Everdingen, 1992). Manipulaties van dat evenwicht, door bijvoorbeeld bestrijdingsmiddelen, antibiotica, ontsmettingsmiddelen en vaccinaties, kunnen voordelen bieden, maar de effecten op langere termijn zijn moeilijk te overzien. De basisfilosofie achter deze paragraaf is: micro-organismen zijn niet 'goed' of 'slecht', maar ze zijn er gewoon, langer dan wie ook en ze vormen het draagvlak van de gehele levende schepping (Wills, 1996).

Alvorens in te gaan op de komende 30 jaar, is het leerzaam om de voorgeschiedenis te kennen van de interactie met de microscopische wereld zoals de mens die in de laatste millennia ervaren heeft. Onze wereld is van een lappendeken van honderdduizenden kleine lokale leefgemeenschappen geëvolueerd naar een ‘global village’ waarin alles aan elkaar is geschakeld. Afstand en tijd vormen geen barrière meer voor een brede en snelle distributie van organismen vanuit hun oorspronkelijk reservoir.

### *Ontworsteling*

De circa 10 miljoen mensen die er na de laatste ijstijd op de aarde waren, leefden in kleine groepen als jagers en verzamelaars. Zij waren een speelbal van de elementen. De voedselvoorziening was onzeker, er was ruime blootstelling aan de weersinvloeden en wilde dieren, en natuurrampen als overstromingen, grote branden en droogte eisten hun tol. In die gemeenschappen was de mediane sterfteleeftijd (de leeftijd waarop de helft van een jaargang is overleden) minder dan 5 jaar (Linton, 1961; McNeill, 1976). Tot de doodsoorzaken hoorden wel degelijk ook infectieziekten, maar meestal door ziektekiemen uit de eigen flora of de eigen groep en niet door introductie van micro-organismen van ver weg.

In de loop van de tien millennia voor de jaartelling ontworstelde de mens zich zoveel mogelijk aan de onzekerheden van zijn bestaan. De veeteelt betekende een betere verzekering van voedsel en via selectieve teeltkeus werd de opbrengst verbeterd. Maar toen de nomaden ook de opbrengst van gewassen wilden veiligstellen en verbeteren, werden ze sedentair. De eerste grote transitie die de mensheid meemaakte was ten tijde van de neolithische (agrarische) revolutie, die in sommige gebieden al 6.000 jaar voor de jaartelling begon en in ons land pas vanaf 2800 voor de jaartelling. In de dorpen en steden vond arbeidsdeling en specialisatie plaats. Er werd een voedselvoorraad gecreëerd en productiesurplus betekende ook dat er vrijgestelden waren die bijvoorbeeld werktuigen maakten of konden schrijven. De inventieve mens wist micro-organismen te benutten: zij pleegden de omzettingen die brood, bier, wijn, kaas, yoghurt of sojaproducten opleverden, voor een deel producten die duurzaam waren.

Met name de grotere steden ondervonden ook nadelen van het permanent en met grote aantallen bijeen zijn op één plek. Vandaar de maatregelen voor watervoorziening en afvalverwijdering die bijvoorbeeld Sumerische steden kenmerkten; niet alleen de archeologen vonden die, ze zijn ook neergelegd op schrift in kleitabletten. Ondanks deze ecologische problemen waren de neolithische steden een succes: de mediane sterfteleeftijd steeg soms tot boven de 20 jaar (Wills, 1996). Kennelijk waren de voordelen groter dan de nadelen, zoals de dreiging van infectieziekten door het dicht op elkaar leven. Maar zolang een stad met zijn omgeving nog een eilandje was zonder veel interactie met de rest van de wereld, werd de oude bedreiging van onzekerheid over de primaire levensbehoeften effectief gepareerd.

### *Verstrengeling*

Zodra de brons- en ijzertijd aanbraken, ontstond een nieuw patroon: ziektekiemen konden van verder weg komen. Want inherent aan de ontwikkeling van een ingewikkelder

technologie is het ontstaan van lange handelsroutes voor tin, koper, lood, ijzer en dergelijke (Linton, 1961; Goudsblom, 1996). Hand in hand daarmee werd ook het surplus van de productie - graan, zout, huiden, zijde of aardewerk - uitgewisseld tussen diverse gebieden. Micro-organismen liften uiteraard mee. Maar niet altijd konden zij grote afstanden afleggen, als een ziek mens of dier immers herstelde of stierf verdween meestal ook de ziektekiem. De verbreiding had meestal iets van een estafetteploeg, maar in tientallen tot honderden jaren kon een ziekteverwekker ver reizen.

Dit is echter ook de tijd waarin bekende grote plagen zich epidemisch verbreidden in vooral de gebieden rond de Indische Oceaan, destijds het centrum van het wereldverkeer. Pokken, cholera, pest en tyfus konden in een korte tijd enorme aantallen doden veroorzaken in deze ontsloten wereld (McNeill, 1976). In feite is dan al sprake van pandemieën, wereldwijde epidemieën.

Telkenmale als in de ‘randgebieden van de toenmalige wereld’ gebieden werden ontsloten, viel de bevolking daar massaal ten prooi aan de grote plagen (McNeill, 1976). Historici spreken dan vaak van de ‘triomf van de beschaving’, maar het kerngebied hoefde niet zozeer technologisch of sociaal superieur te zijn. Slechts het vertrouwd zijn met de epidemische ziekten en het hebben van een bevolking die uit overlevende - dus geïmmuniseerde - bestond, gaf de voorsprong. Na de brons- en ijzertijd volgde een geleidelijke uitbreiding van de aaneengeschakelde wereld, ten koste van de omgeving die nog uit losse compartimenten bestond. Deze compartimentering veroorzaakte in eerste instantie vaak een decimering onder de volkeren die de aansluiting ondergaan. Na verloop van tijd kon onder hen eventueel herstel optreden en was men voortaan opgenomen in het totaalgebeuren met zijn eb en vloed van de epidemische ziekten. Deze olievlekwerking van de verstrijking van de grensgebieden is nooit meer gestopt en lijkt in de 20e eeuw zijn voltooiing te hebben bereikt.

### *Annexatie*

De moeizame verdubbeling van de wereldbevolking van een kwart miljard bij het begin van de jaartelling tot een half miljard in het jaar 1500 ging met vele ups en downs gepaard. Oorlog, chaos en honger werden bij de rem op de groei nog overtroffen door de grote infectieziekten. “Van honger, pest en oorlog, bevrijdt ons Heer”, bad de Middeleeuwer en hij wist dat wanneer één van die drie opspeelde, de andere twee op de loer lagen. Overbekend is de pestepidemie (de zwarte dood) die in 1346-1350 een derde van de Europese bevolking in het graf bracht. De pestbacterie werd uit Centraal-Azië aangevoerd via de zijderoute (McNeill, 1976; Braudel, 1969). De rationele poging tot beheersing van epidemieën, de quarantaine, dateert dan ook uit de Middeleeuwen.

De Nieuwe Tijd, vanaf 1500, gaf de opmaat tot de definitieve ontsluiting van de gehele wereld in één groot wereldsysteem (Braudel, 1969; Wallerstein, 1978). Wie de wereldkaarten bekijkt die tussen 1450 en 1650 zijn vervaardigd, wordt verbluft door de razendsnelle invulling van ‘Terra incognita’. Die cartografische neerslag is een pendant van wat er werkelijk gebeurde: een uitwisseling op ongekende schaal, ook van de microbiële metgezellen van mensen, dieren en planten van de diverse werelddelen. Dat beteken-

de tweerichtingsverkeer. Zo bereikten ziektekiemen uit nog onbekende streken het ‘wereldsysteem’, zoals de syfilis waarschijnlijk al na de eerste reis van Columbus (1492-1493) in Europa en verder werd verspreid (Van Everdingen, 1992; Wills, 1996). De microscopisch kleine relatiegeschenken die van hier naar de West werden gebracht overtroffen die verschrikking echter verre. Alleen al de pokken decimeerden de bevolkingen van Mexico en Peru letterlijk in de eerste helft van de 16e eeuw (McNeill, 1976). Pokken, mazelen, tuberculose, gele koorts en vele andere ziekten van de Oude Wereld waren onbekend aan de afgelegen streken met immunologisch-maagdelijke bevolkingen, zoals in Amerika. Eerdere introductie (in het tijdvak 1492-1520) vond niet plaats, omdat de overtocht te lang duurde voor het pokkenvirus. Ook als op een schip een explosie van pokken plaatsvond, was de bemanning vóór de landing al gestorven of hersteld en dus geen virusuitscheider meer.

De verslagen van de impact van de incorporering van restgebieden in het ‘wereldsysteem’ vormen deprimerend epidemiologisch materiaal. Eén enkele zendeling of missionaris kon aanleiding zijn tot de teloorgang van zijn doelgroep, omdat naast het Woord bijvoorbeeld het mazelenvirus werd geïntroduceerd. Dit werd desastreuus in onder andere Groenland, Noord-Canada en Vuurland. Nog in de 19e eeuw kon het gebeuren dat op de Fiji-eilanden meer dan 90% van de bevolking in één keer stierf na de introductie van mazelen.

Dat betekent niet dat de ‘endemische haarden’ van de grote plagen, Eurazië en Noord-Afrika, gevrijwaard waren van rampen. Want in een samenleving waarin veel individuen overlevenden zijn van de blootstelling aan epidemische ziekten, heerst geen statische toestand. Jaar in, jaar uit worden nieuwe jaargangen borelingen aan de samenleving toegevoegd. Dat betekent na verloop van tijd een epidemie onder de nieuwkomers en onder hen die de vorige keren waren ontsnapt.

Ter toelichting een korte uitwijding over de pokken, die als het ware de pest verving toen die in de loop van de 17e eeuw om onverklaarbare redenen uit Europa was verdwenen (Fenner, 1988). De pokken zijn een luchtweginfectie die van mens op mens overgaat. Alleen de mens is slachtoffer; hij sterft of herstelt en na herstel is hij geen drager meer van het virus. Vandaar dat het virus een grote mensenmenigte moet ‘doortrekken’ en zich alleen kon handhaven in een groot gebied zoals het Indiase subcontinent. Daar keerde het via omwegen na enkele jaren terug in streken waar het al eens had gewoed. Uiteraard waren voornamelijk jonge kinderen dan het slachtoffer (Rutten, 1997). Dit verklaart waarom de pokken-enting in de 18e eeuw en de koepok-enting in de 19e eeuw veel populairder waren in plattelandsstreken (hoewel die als ‘conservatiever’ werden beschouwd). Want op het meer geïsoleerde platteland werden relatief veel volwassenen getroffen. In steden als Londen was de regelmatige aanvoer van het virus zo effectief dat voornamelijk zeer jonge kinderen massaal ziek werden en vaak stierven. Dat betekende bijvoorbeeld ook dat bij volkstellingen niet de kinderen werden meegeteld die nog geen pokken gehad hadden.



### *Terugval en herstel*

Pokken, maar ook vele andere infectieziekten betekenden een grote bedreiging voor de bevolking van de Europese steden die opkwamen in de tweede helft van de Middeleeuwen en tot grote omvang kwamen in de Nieuwe Tijd. Weliswaar kon al vóór de Romeinse tijd geen enkele stad zich demografisch handhaven zonder constante immigratie - wat nog steeds het geval is, immers: tot een paar honderd jaar geleden was de hoge sterfte in de steden daar debet aan, sindsdien zijn de dalende geboortecijfers in de steden tot zeer lage niveaus de hoofdoorzaak (Linton, 1961; Braudel, 1969) - maar in de loop van de 16e en 17e eeuw was de situatie dermate dramatisch dat de mediane sterfteleeftijd in de grote steden ver onder die van de succesvolle neolithische steden lag, namelijk tussen 5 en 10 jaar (Wills, 1996).

Het grote verschil was dan ook: de neolithische 'stad en ommelanden' als een nagenoeg gesloten samenleving versus de grote steden van 400 jaar geleden als centra in het wereldverkeer zónder adequate gezondheidsvoorzieningen. Die laatste situatie is een paradijs voor geïntroduceerde ziektekiemen, als inzicht in de oorzaken en verbreiding van ziekten ontbreekt en derhalve rationele maatregelen uitblijven. De introductie van de cholera in Europa rond 1830 illustreert het effect van het wereldverkeer: deze ziekte kwam pas hier toen de schepen snel genoeg waren geworden om de kiem in het ballastwater vanuit de mondingen van de grote Indiase rivieren levend te lozen in de estuaria van Theems, Nieuwe Waterweg en Elbe (Pollitzer, 1959). Dit is niet zo gebleven. De Industriële Revolutie, met zijn enorme toevloed van mensen naar de steden, bracht naast veel sociale problemen een opbloei van de wetenschap. Vooral de tweede helft van de 19e eeuw dwingt respect af voor de wijze waarop verworven inzichten werden vertaald in maatregelen die de gehele bevolking de basisvoorzieningen bracht waarop ook thans nog een groot deel van de goede volksgezondheid is gebaseerd. Waterleiding, riolering, arbeidswetten, scholing en dergelijke brachten een forse verbetering in welzijn en levensverwachting. De medische wetenschap, de gezondheidszorg en de artsen waren vooralsnog niet doorslaggevend in deze (Romijn, 1955; McKeown, 1976; Tomes, 1998; Dunning, 1999). Door een complexe interactie van factoren gebeurde wat gerust een wonder mag worden genoemd: de mediane sterfteleeftijd die in Nederland in 1850 nog 37 jaar bedroeg, was begin 20e eeuw 55 jaar en momenteel 78 jaar (RIVM, 1996; Mackenbach 1993).

### *Triomf over de micro-wereld?*

In Westerse landen is de sterfte door infectieziekten drastisch teruggebracht. In 1850 stierf nog 30-40% van de Nederlandse bevolking eraan (met tbc voorop), momenteel is dit nog maar een paar procent (McKeown, 1976; Mackenbach, 1993). Ook mondiaal neemt de sterfte door infectieziekten sterk af, ondanks de koppige weerstand die ziekten als malaria en tuberculose bieden, afgezien echter van de forse toename van AIDS (King, 1990; WHO, 1996; UNEP, 1999). Dit is een van de belangrijkste redenen waarom mondiaal gezien de levensverwachting al boven de 60 jaar ligt, in China al 70 jaar is en in India gaat het ook die kant op. In tegenstelling tot de eerste 50 jaar is in de loop van de laatste 50 jaar de medische inbreng daarbij wel degelijk van belang geweest, bijvoorbeeld via vaccinaties en orale rehydratietherapie bij diarreeziekten.

Een kanttekening is dat die sterk verbeterde gezondheid ook zijn keerzijden heeft (UNEP, 1999). Want hoewel armoede veel milieuschade teweeg kan brengen (kappen en branden, overbegrazing en -bevissing), de gezonde en welvarende mens kan de *life support* systemen ook stevig overvragen (in de Noordzee bijvoorbeeld, het zeebekken tussen de rijkste landen, is overbevissing al een feit). Binnenkort is niet de helft van de mensheid volwassen maar driekwart. En daarvoor geldt: je bent oud (en gezond) en je wilt wat. Omdat we onze economisch systeem hebben opgerekt tot in de uithoeken en voegen van de *life support* systemen van de planeet, zal de automatische vervulling van de wensen van nu 6 miljard mensen, en 8 miljard in 2030, herbezinning vragen.

### *De komende 30 jaar*

Nu de hele wereld één groot geheel is geworden, zijn er strikt genomen geen compartimenten die volstrekt geïsoleerd zijn van de rest van de wereld. Verwekkers van sommige aandoeningen (mazelen, waterpokken en rode hond) zijn inmiddels overal ingeburgerd en kunnen dus niet meer voor een verrassingsaanval op een ‘maagdelijke’ populatie zorgen. Daarnaast worden ze door vaccinatie bedreigd. Wat dat betreft is de uiteindelijke gelijkshakeling van alle oude geïsoleerde gebiedjes geen bedreiging. Maar er schuilt ook een gevaar in. Geografische en klimatologische restricties hielden heel wat organismen tot voor enkele decennia binnen beperkte ruimtelijke gebieden, nu kunnen ze daaruit ontsnappen (McMichael, 1999).

De steden van deze wereld vormen een planeetomspannend netwerk waar mensen, dieren en gewassen snel kunnen reizen, samen met hun microscopische metgezellen (Galama, 2001). De opschaling van de contactmogelijkheden, gekoppeld aan de minimalisering van de reistijd, heeft in het verleden al gevallen van lassa- en ebolakoorts buiten de tropen doen belanden (McCormick, 1996; Galama, 2001). Ondanks de waarschuwing die hiervan uitgaat, moet worden geconstateerd dat de waakzaamheid op infectieziekten kennelijk zo goed is dat er geen uitbraken door zijn ontstaan. En dat terwijl het massavervoer door de lucht al zo’n 40 jaar oud is en vooral de laatste jaren sterk is geïntensiveerd. De mogelijkheden tot snelle detectie en actie zijn echter ook toegenomen.

Door de voortgaande urbanisatie woont momenteel reeds de helft van de wereldbevolking in stedelijke gebieden. Dit betekent minder blootstelling aan ‘plattelandinfecties’ zoals malaria, gele koorts en slaapziekte, maar een grotere kans op ziekten die met een hoge bevolkingsdichtheid samenhangen zoals diarreeziekten, hersenvliesontsteking en tuberculose (Fox, 1970; Wills, 1996). En juist de laatstgenoemde ziekten zijn over het algemeen de eerste die kennismaken met kiemen van elders. Een voorbeeld is het hersefontsteking veroorzakende West-Nile virus dat New York opschrikte in 1999, een plaag uit Egypte, aangevoerd met vogels via het vliegveld John F. Kennedy (Galama, 2001). Een plaag met vleugels, in meer dan een opzicht, want vogels transporteren over grote afstanden en het West-Nile virus blijkt zich aan het inburgeren te zijn in de Verenigde Staten.

Het vervelende van de verwekkers van ziekten in de tropische gebieden (let wel: dit is niet identiek met tropische ziekten) is hun grote heftigheid (virulentie), vergeleken met

soortgenoten in de gematigde streken (Wills, 1996). De verklaring hiervoor is hun gemakkelijke overdracht in de continue vochtige warmte zoals in de tropen. In gematigde streken zijn door evolutionaire selectie ondervormen ontstaan die niet leiden tot explosies, omdat zo iets het voortbestaan van het micro-organisme op langere termijn bedreigt (Wills, 1996). Waakzaamheid is dus wel op zijn plaats. Huisartsen hebben daarbij een belangrijke rol, zoals het (her)kennen van symptomen van bijvoorbeeld buiktyfus en malaria. Vliegmaatschappijen dienen bij het continue hergebruik van de lucht in hun vliegtuigen voorzichtig te zijn. Filters moeten voldoende regelmatig worden vervast, want anders kan bijvoorbeeld tuberculose worden overgebracht. Landen dienen gespecialiseerde afdelingen in enkele ziekenhuizen te hebben voor de opvang van bijvoorbeeld patiënten met Afrikaanse koorts (zoals lassa- en ebolakoorts).

Explosies van infectieziekten komen alleen voor met organismen die via water of door de lucht worden overgebracht (Fox, 1970). De cholera begin jaren negentig in Zuid-Amerika en momenteel in Zuid-Afrika is overgebracht via het water en de longpest van de 14e eeuw en de Spaanse griep van 1918-1919 via de lucht. Hoe ernstig de huidige AIDS-epidemie ook is, het is geen infectieziekte waartegen eenvoudigweg geen bescherming mogelijk is.

Er zijn geen nieuwe ziektekiemen of revolutionaire gedragsveranderingen van kiemen nodig om de komende 30 jaar onze handen vol te hebben aan de infectieziekten. De oude verwekkers - steeds weer opduikend in nieuwe omgevingen en andere populaties - zullen nog heel wat slachtoffers, tijd en geld kosten. Het gaat te ver om dreiging door micro-organismen te zien als een nieuw soort onbeheersbare vervuiling omdat dergelijke organismen zich vermenigvuldigen. Dat doen ze uiteraard, al honderden miljoenen jaren lang, maar dat kunnen ze alleen binnen strenge biologische limieten. Een wetenschappelijke onderbouwing voor uitspraken over mogelijke ongebreidelde aanwas en onbeheersbare risicodreiging van micro-organismen is niet te geven.

Resistentie van ziekteverwekkende micro-organismen levert vooral problemen op bij de behandeling van de individuele patiënten, met name van hen die met multiresistente virussen of bacteriën zijn geïnfecteerd. De resistente kiemen zijn echter niet heftiger, integendeel, maar zij profiteren van een omgeving waarin bijvoorbeeld antibiotica hen uitselecteren. Genetisch gemodificeerde organismen hebben een of meerdere stukjes 'vreemd' DNA ingebouwd gekregen in hun genetische materiaal. Daardoor zijn ze niet per se gevaarlijker, nog afgezien van het feit dat de inbouw normaliter niet wordt toegepast op ziekteverwekkers. Maar belangrijker is dat dit proces in de natuur dagelijks op grote schaal plaatsvindt, alleen al miljoenen malen per dag in ons eigen lichaam. Bacteriën van verschillende soorten wisselen genetische informatie uit. De betreffende DNA-fragmenten bevatten onder andere informatie om antibiotica onwerkzaam te maken (bijvoorbeeld code's die enzymen opleveren die penicilline stukknippen). Dit is al sinds de jaren vijftig bekend (Davis, 1980).

### *Kunstmatige kiemen?*

De grote plagen zoals de pokken konden, zoals eerder aangegeven, alleen optreden indien in grote gebieden voldoende hoeveelheden mensen woonden die in contact met elkaar stonden. Maar ooit moet het menspokvirus toch zijn ontstaan vanuit een pre-existente pokvirusstam. Er zijn tientallen soorten pokvirussen, genoemd naar de diverse diersoorten die zij aantasten (Fenner, 1988). Alleen het menspokvirus is betuigd en officieel zijn er maar twee vrieskisten met het virus in de wereld, één in Rusland en één in de Verenigde Staten. Het koepokvirus, basis voor de immunisatie, is nog volop voorradig en Canada, Rusland en Israël passen het nog toe op hun militairen. Verder zijn vrijwel alle wereldebewoners die na de jaren zeventig zijn geboren ongeïmmuniseerd.

Rekening moet worden gehouden met twee dreigingen die hiervan uitgaan:

1. Is het zeker dat nog maar op twee plekken in de wereld menspokvirus bewaard wordt? Kan in de loop van de jaren '60 en '70 virus zijn achtergehouden, toen nog vele tientallen laboratoria erover beschikten?
2. Op afzienbare termijn (binnen 10 jaar) zal de mens wellicht in staat zijn het menspokvirus te maken uit andere pokvirussen. Op langere termijn (binnen 30 jaar) zou het virus zelfs in zijn geheel zijn te bouwen. *Mutatis mutandis* kan men dit voor andere virussen ook veronderstellen.

Hier ligt een groot potentieel gevaar en niet alleen inzake pokken. Want bioterrorisme is niet uit te sluiten. Temeer omdat waarschijnlijk niet zozeer regeringen ervoor opteren, maar vooral groepen zoals fundamentalisten. Technisch gezien liggen de mogelijkheden voor hoogopgeleide specialisten onder hen straks binnen handbereik. Hier is een groot verschil met de andere twee componenten van de ABC-wapens. De atoombom werd kort na zijn realisering pas tweemaal gebruikt, in 1945. Daarna is dit gevaar niet voorbij maar permanent aandachtspunt van internationaal overleg. De chemische wapens zijn na de Eerste Wereldoorlog nauwelijks gebruikt, overigens niet zozeer vanwege ethische maar technische bezwaren. Ook bij de C-wapens zijn er terroristen die ernaar grijpen, zoals de Sarin-affaire in Japan liet zien. Hier ligt een belangrijke taak voor de politiek. De burgers vragen veiligheid en willen een overheid die ze kunnen vertrouwen. In de toekomst zal die overheid veel inspanning moeten plegen om vooral bioterrorisme te verijdelen.

Een ander gevaar, namelijk dat verspreiding van micro-organismen door laboratoria, moet niet worden overschat. Vrijwel alle reguliere laboratoria die met gevaarlijke micro-organismen werken kennen strenge voorzorgmaatregelen en worden intensief gecontroleerd. De kans dat door slordigheid iets nieuws en gevaarlijks kan ontstaan lijkt verwaarloosbaar. Dit heeft een biologische basis: het laten optreden van vele mutaties op precies de goede plekken is geen sinecure en zal niet per ongeluk gebeuren.

### *Opwarming, armoede en vertrouwen*

Opwarming van de aarde en klimaatverandering zullen een verschuiving van de distributie van verspreiders van ziekteverwekkers, zoals muggen of teken, tot gevolg hebben. Betekent dit nu dat bijvoorbeeld de malaria in Nederland zal terugkeren? De Nederland-

se malaria was een milde vorm (Takken *et al.*, 1999). De overbrengende mug leeft nog steeds in ons land, weliswaar in kleine aantallen omdat hij zich in het Nederlandse milieu niet thuis voelt. De kans dat zo'n mug toevallig één van de circa 300 jaarlijkse patiënten met importmalaria steekt voordat deze is behandeld en vervolgens een ander steekt en infecteert, is uiterst miniem. Bovendien: dan zou er slechts één extra ziektegeval zijn en geen epidemie. De gevaarlijkste vorm van de ziekte (malaria tropica) maakt een flink deel van de importgevallen uit en de verwekker daarvan past niet bij onze malariamug. Dus kan malaria hier niet goed gedijen. In Zuid-Afrika rukt malaria momenteel op vanuit het noorden. Maar daar zijn niet alleen de hogere temperaturen debet aan. Armoede, onderontwikkeling en gebrek aan organisatie hebben er ook veel mee van doen, zoals de huidige cholera-epidemie aldaar eveneens aantoont.

Van decompartmentering kan ook worden gesproken bij de overschrijding van micro-organismen van de grenzen van hun habitat. Het voeren van de resten van dode soortgenoten aan bijvoorbeeld koeien en schapen is zo'n overschrijding, met de bekende recente gevolgen. Maar hoe ernstig de huidige epidemieën van mond- en klauwzeer en BSE ook zijn, ze zijn niet nieuw, niet onbeheersbaar en bijvoorbeeld het rund of het varken wordt niet met uitsterven bedreigd.

De AIDS-epidemie is een calamiteit. In 1998 stierven 2,7 miljoen mensen aan AIDS, 4,8% van de totale sterfte (WHO, 2000). Hand in hand met AIDS gaat de toename van tuberculose, van 3 miljoen doden nu per jaar naar 4 miljoen in de nabije toekomst (WHO, 1996). AIDS leidt niet tot bevolkingsafname, wel tot een rem op de toename. Zo bedraagt de sterfte door AIDS in Zuid-Afrika bijna 3% van de bevolking per jaar en niet minder dan 1% zoals dat in soortgelijke landen het geval is. Dat levert geen bijdrage aan beheerste groei en ontwikkeling. Want de ziekte slaat een gat midden in de samenleving, in twee opzichten. De sterfte aan AIDS vindt vooral plaats onder jonge volwassenen en in de middengroepen van de samenleving, zoals dat ook in bijvoorbeeld Uganda en Kenia al langer het geval is. Grootouders moeten kinderen opvoeden, middenkader valt weg in bedrijven en overheidsinstellingen, de economie stagneert of loopt terug. Vaak is beschreven dat de pestepidemie van 1346-1350 juist een positieve impuls is geweest in economisch opzicht en een opmaat tot de kapitalistische revolutie (het ontstaan van het wereldsysteem). Maar die epidemie was dan ook in één klap over en daarna kon met élan aan de wederopbouw worden begonnen. Kapitaal in nieuwe handen koos nieuwe wegen, landarbeiders gingen hoge eisen stellen, alles werd anders dan daarvoor (McNeill, 1976; Wallerstein, 1978).

Niettemin wordt regelmatig met een zekere gretigheid beweerd dat ons grote epidemieën wachten als 'straf' voor onze explosieve bevolkingstoename. Soms lijkt Malthus door te klinken in deze doemverhalen. Maar ook zonder grote plagen lijkt de groei te zullen stoppen tussen 8 en 10 miljard mensen (UNEP, 1999). Eerlijker distributie van goederen en kansen zullen stabilisatie bewerkstelligen (King, 1990; Wills, 1996). Epidemieën werken daarbij contra-productief. Afrika zal ondanks de AIDS-epidemie de snelst groeiende bevolking van de wereld blijven houden en dreigt nog in de 21e eeuw haar tweemiljardste inwoner te kunnen verwelkomen (UNEP, 1999).

Ellende betekent nu eenmaal geen effectieve rem op bevolkingsgroei en is daarmee vaak de veroorzaker van nog meer ellende. HIV, tuberculose en diarreeziekten (cholera) gedijen in deze wereld op onwetendheid, onverschilligheid en oorlog (Wills, 1996). Vrijwel de hele groei van de mensheid naar 8 miljard in 2030 zal plaatsvinden in ontwikkelingslanden en daar vrijwel geheel in de onderste segmenten van de samenleving (King, 1990). Onder deze met recht te noemen proletariërs, die wonen op de slechtste plekken, zullen stormen, overstromingen, vulkaanuitbarstingen en landverschuivingen de meeste slachtoffers maken. Hand in hand daarmee zullen besmettelijke ziekten toeslaan. Echter niet deze tegenslagen, maar ontwikkeling en welvaart zullen uiteindelijk tot een reductie van bevolkingstoename leiden.

### *Goede hoop*

Het evenwicht tussen mensen en dieren enerzijds en micro-organismen anderzijds bleek in het verleden door zelfs kleine factoren flink uit het lood te kunnen raken met rampzalige gevolgen (Wills, 1996). Maar bemoedigend is dat - omgekeerd - heel kleine factoren al van doorslaggevend belang kunnen zijn om een besmettelijke ziekte in te tomen of zelfs geheel te doen verdwijnen. Betere huisvesting kan de nekslag betekenen voor tuberculose, waterdistributie en riolering deden cholera en tyfus geheel uit ons land verdwijnen. Ook toekomstige dreigingen kunnen we dankzij onze nog steeds toenemende kennis en inzicht waarschijnlijk de baas. De pestepidemie in India en de cholera-epidemie in Peru in de jaren '90 konden snel worden onderdrukt, mede dankzij hulp uit ontwikkelde landen (Wills, 1996). Ook de internationale hulp aan de voormalige Sovjet-Unie voor de difterie-epidemie, eveneens in de jaren '90, was bemoedigend. In Hong Kong werden enkele jaren geleden tienduizenden stuks pluimvee vernietigd na de constatering van een nieuwe heftige griepvirusstam en zo werd een epidemie voorkomen (Osterhaus, 2000). Als de mensen uit het jaar 1348 de moderne kennis en mogelijkheden hadden gehad, dan hadden ze hun pestepidemie waarschijnlijk in de kiem kunnen smoren.

Het lijkt niet zozeer de mens die de komende decennia de zwaarste klappen zal krijgen van de verspreiding van micro-organismen over de planeet (Wills, 1996). De introductie van kiemen in heel andere gebieden of organismen dan waar ze van nature voorkomen, ontketent tal van dieren- en plantenziekten. Zeker als ze terecht komen in intensieve veehouderij en monoculturen waar in een bijna-industriële aanpak de omgeving is versimpeld en elke vorm van tegenkoppeling verdwenen. Veesterfte, veevernietiging en misoogsten zijn gevolgen. Ze betekenen zowel morele als economische schade. De huidige crisis in de veeteelt heeft in ieder geval bijgedragen aan het inzicht dat het roer radicaal om moet.

Resumerend. De komende decennia zullen micro-organismen en infectieziekten nog volop aandacht en inzet vragen van de gezondheidszorg, wetenschappers en politici. AIDS, tuberculose en malaria zijn voorbeelden van in omvang toenemende problemen. Niettemin nemen de ziektelast en de sterftcijfers door infectieziekten in hun totaliteit drastisch af. Dit komt tot uiting in de gestaag toenemende mondiale levensverwachting. De steeds verdere ontsluiting van de wereld zal nog vele acute bedreigingen opleveren

in de vorm van plotselinge ziektegevallen op plekken waar deze niet worden verwacht. Daarnaast zullen tot nu toe onbekende ziekten opduiken. De ervaring leert echter dat veelal adequaat kan worden gereageerd. De intensieve veeteelt is een potentiële bron van infectiegevaar voor dieren onderling en van dier naar mens. Onder andere om deze reden zijn daarom vergaande hervormingen nodig. De kans dat biomedische laboratoria per ongeluk gevaarlijke nieuwe micro-organismen zouden kunnen introduceren lijkt gering. Een veel grotere bedreiging lijkt uit te gaan van bioterrorisme. Wetenschappelijk gezien zijn er geen barrières voor bijvoorbeeld fundamentalistische groepen om dit wapen op te nemen. Het is aan de politiek om droom en daad in dit geval gescheiden te houden.

### 7.3 Mogelijke risico's van hoogspanningslijnen

- *Het mogelijke aantal extra gevallen van leukemie bij kinderen als gevolg van het wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen, wordt geschat op 0,2 tot 1 per jaar op een totaal van circa 110 nieuwe gevallen per jaar.*

In 2000 concludeerde de Gezondheidsraad dat “er sprake is van een redelijk consistente associatie tussen het voorkomen van leukemie bij kinderen en het wonen in de nabijheid van bovengrondse elektriciteitslijnen” (Gezondheidsraad, 2000). Naar aanleiding daarvan heeft het ministerie van VROM aan het RIVM gevraagd wat de consequenties voor Nederland zijn als deze associatie het resultaat is van een causale relatie tussen de sterkte van het magnetische veld van deze lijnen en het optreden van leukemie bij kinderen. Uit experimenteel onderzoek komen vooralsnog geen aanwijzingen voor enig plausibel biologisch mechanisme dat een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan extreem laagfrequente magnetische velden en het optreden van enigerlei vorm van kanker ondersteunt. Het RIVM acht vanuit epidemiologisch oogpunt de resultaten van onderzoek van Ahlbom *et al.* (2000) en van Greenland *et al.* (2000) een beter uitgangspunt voor de beschrijving van het risico op het krijgen van leukemie dan de informatie uit de afzonderlijke studies of uit eerder uitgevoerde meta-analyses.

In RIVM-onderzoek zijn waarden van het relatieve risico als functie van het magnetische veld afgeleid (Van der Plas *et al.*, 2001). De blootstellingssituatie in Nederland is bepaald op basis van schattingen van het magnetische veld op diverse afstanden tot de hoogspanningslijnen. Uit tellingen van het aantal personen dat binnen deze afstanden woont, zijn het toegevoegde individuele risico en het potentiële aantal extra gevallen van leukemie bij kinderen berekend. Met het begrip toegevoegd individueel risico wordt bedoeld ‘het risico op het krijgen van leukemie door kinderen als gevolg van het wonen bij een bepaalde waarde van het magnetische veld afkomstig van een hoogspanningslijn.’

Er zijn onzekerheden over de vorm van de eventuele blootstelling-responsrelatie. Derhalve kan uit epidemiologisch onderzoek alleen worden geconcludeerd dat het relatieve risico mogelijk is verhoogd bij veldsterkten hoger dan ergens tussen 0,2 en 0,5 micro-

tesla. Op basis van de resultaten van Ahlbom *et al.* en Greenland *et al.* blijkt voor Nederland het toegevoegde individuele risico op het krijgen van leukemie door kinderen in gebieden met magnetische veldsterkten boven 0,3 à 0,4 microtesla maximaal ongeveer 3 op de 100.000 per jaar te bedragen. Er zijn onzekerheden in het aantal kinderen dat bij deze veldsterkten woont, onder andere door de onzekerheden in schattingen van de magnetische veldsterkte als functie van de afstand tot de hoogspanningslijnen. Gebruik makend van deze schattingen, wordt het aantal extra gevallen van leukemie bij kinderen geschat op 0,2 tot 1 per jaar op een totaal van circa 110 nieuwe gevallen per jaar. Voor de Nederlandse bevolking is onvoldoende bekend hoe groot de blootstelling aan het totaal aan bronnen van extreem laagfrequente magnetische velden is. Het verdient daarom aanbeveling deze blootstelling nader te onderzoeken (Van der Plas *et al.*, 2001).

## 7.4 Risico's van maatschappelijke activiteiten in Nederland

- *Het transport van gevaarlijke stoffen over de weg en het luchtverkeer leveren een veel grotere bijdrage aan het rampenpotentieel in Nederland dan de bedrijven die verplicht zijn een externe veiligheidsrapport (EVR) uit te brengen.*

Bij externe veiligheid gaat het om de risico's die zijn verbonden aan het gebruik, de opslag en het transport van gevaarlijke stoffen en het vliegverkeer. Gebruikelijk is om daarbij te kijken naar de risico's van een bepaalde inrichting (bedrijf, spooremlacement, Schiphol) en dat (groeps-)risico uit te drukken als de kans dat in een bepaald jaar een groep mensen overlijdt als gevolg van een ongeval. Voor de luchthavens in Nederland (Schiphol, Maastricht-Aachen, Rotterdam, Eelde) is de kans op een ongeval met 10 of meer doden in een jaar afgerond 1 op 700, voor het transport van gevaarlijke stoffen over de weg 1 op 1.500, voor bedrijven die verplicht zijn een externe veiligheidsrapport (EVR) uit te brengen 1 op 3.000 en voor de spoorwegemplacements 1 op 25.000. Bij emplacements is de kans op een ongeval met meer dan 1.000 doden in een jaar  $2 \times 10^{-6}$ , ofwel 1 op 500.000 (tabel 7.1) (RIVM/CBS, 2000).

Tabel 7.1 Groepsrisico voor EVR-plichtige bedrijven, (spoor-)wegen en luchthavens, 1999 (N = aantal doden).

	N ≥ 1	kans op aantal doden N		
		N ≥ 10	N ≥ 100	N ≥ 1000
EVR-plichtige bedrijven	$9 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-8}$
Spoorwegemplacements	$7 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
Luchthavens	$6 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-9}$
Transport over de weg	$1 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$< 10^{-8}$

Bron: Milieucompendium 2000.



Een alternatieve manier om externe veiligheidsrisico's te presenteren is door uit te gaan van het perspectief van de burger: hoe groot is de kans dat een burger of een groep burgers in Nederland overlijdt als gevolg van een ongeval bij een bepaalde maatschappelijke activiteit? De kans dat in een jaar ergens in Nederland minimaal 10 doden vallen is bij luchthavens het grootst: eens in de 500 jaar. Bij spoorwegemplacements is die kans eens in de 25.000 jaar. Dat kans dat in een jaar minimaal 100 doden tegelijkertijd vallen is bij transport van gevaarlijke goederen over de weg het grootst (eens in de 10.000 jaar); bij luchthavens is die kans eens in de 33.000 jaar en bij EVR-plichtige bedrijven eens per 200.000 jaar (tabel 7.2).

Tabel 7.2 Groepsrisico voor EVR-plichtige bedrijven, (spoor-)wegen en luchthavens, 1999; uitgedrukt als de kans op minimaal N doden per jaar in termen van 'eens in de x jaar' (afgerond).

	Kans op minimaal N doden eenmaal in x jaar		
	N ≥ 1	N ≥ 10	N ≥ 100
EVR-plichtige bedrijven	100 jaar	3.300 jaar	200.000 jaar
Spoorwegemplacements	15.000 jaar	25.000 jaar	50.000 jaar
Luchthavens	150 jaar	500 jaar	33.000 jaar
Transport over de weg	1.000 jaar	1.500 jaar	10.000 jaar

Een vergelijking met de risico's als gevolg van LPG-tankstations is niet mogelijk. Het gezamenlijke risico van alle LPG-tankstations tezamen is immers nog onbekend. Per tankstation is wel een risicoschatting te maken, maar er bestaat geen overzicht van de ligging van alle tankstations en andere relevante gegevens (precieze ligging van het vulpunt voor de tankauto die het station bevoorraadt, de omzet als maat voor het aantal keren dat de tankauto aflevert). Momenteel wordt samen met de Milieu-Inspectie, en mogelijk ook met een aantal/alle provincies, gewerkt aan het opzetten van een project om alle relevante risicobronnen in Nederland in kaart te brengen. Ook LPG-tankstations horen daarbij.

Behalve de bedrijven die vallen onder het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO), zijn er talloze andere bedrijven die een risico veroorzaken. Voorbeelden zijn opslagplaatsen van chemicaliën en bestrijdingsmiddelen, LPG-tankstations en ammoniakkoelinstallaties (onder andere bij kunstijsbanen). Van een deel van deze bedrijven zijn de risico's voor de omgeving bekend. Voor deze niet-EVR-plichtige bedrijven wordt veelal een generiek risicobeleid gevoerd. Een landelijke registratie betreffende hun ligging en ruimtelijke inrichting en het gevaarspotentieel wordt niet bijgehouden. Van veel van deze bedrijven is echter wel bekend dat zij ook binnen de bebouwde kom liggen.

### Vergelijking van risico's

Naast externe veiligheidsrisico's en milieugerelateerde gezondheidsrisico's loopt iedere burger tal van andere vrijwillige en niet-vrijwillige risico's. Enkele voorbeelden in volgorde van oplopend risico (VROM, 1989): verdrinking door dijkdoorbraak (eens per 10 miljoen jaar), bijensteek (eens per 5,5 miljoen jaar), bliksem (eens per 2 miljoen jaar),

vliegen, voetgangers, fietsers, autorijden, bromfietsers, motorrijden (eens per 1.000 jaar) en pakje sigaretten per dag (eens per 200 jaar).

Een vergelijking van risico's van mogelijke rampen die kunnen voortvloeien uit maatschappelijke activiteiten (productie, vervoer, opslag) met risico's als gevolg van langdurige blootstelling aan stoffen (fijn stof, zware metalen) is nog niet gebruikelijk. Overigens gaat het dan over individuele risico's. Een alternatief is om in plaats van sterfterisico's de 'verloren gegane gezonde levensjaren' te schatten (*hoofdstuk 5*).

Het Nederlandse risicobeleid kent de begrippen verwaarloosbaar en maximaal toelaatbaar risico (VR en MTR) voor milieufactoren zoals chemische stoffen, straling en externe onveiligheid. Kort gezegd wordt hiermee bedoeld een niveau van blootstelling aan een bepaalde milieufactor, waarbij het risico van een individu in Nederland om te overlijden kleiner is dan 1 op de 100 miljoen respectievelijk één miljoen per jaar. Voor groepen van stressoren ligt het MTR een factor 10 hoger (1 op de 100.000). Het is een politieke keuze dergelijke risiconiveaus als verwaarloosbaar of maximaal toelaatbaar te kenschetsen. In vergelijking tot andere dagelijkse gevaren zijn deze risico's extreem laag. Zo ligt het risico van een willekeurig individu in Nederland om binnen een jaar te sterven in de orde van 1 op de 100. Zelfs in de meest gunstige leeftijdscategorie tussen 10 en 14 jaar is het sterfterisico nog in de orde van 1 op de 6.000-10.000. Een sterfterisico in de orde van 1 op de 1.000 zal in het meest geavanceerde epidemiologisch onderzoek onopgemerkt blijven, tenzij het om een zeer zeldzame en specifieke doodsoorzaak gaat. Een voorbeeld daarvan is de nieuwe variant van Creutzfeld-Jacobs in relatie tot het eten van BSE-besmet vlees.

Het ene sterfgeval is het ander niet: een vitale jongeling van 14 verliest bijvoorbeeld misschien wel 70 gezonde jaren, terwijl een ernstig verzwakte hoogbejaarde patiënt hooguit een aantal door ziekte getekende jaren verliest. Voorts zijn er diverse niet-gezondheidskundige aspecten van risico's die de ernst bepalen, bijvoorbeeld (on)vrijwilligheid van blootstelling, vertrouwdheid met of maatschappelijke voordelen van risicodragende activiteiten of billijke verdeling van lusten en lasten (Gezondheidsraad, 1996). Problemen rond voedselveiligheid, BSE, toepassing genetisch gemodificeerde organsimen en dergelijke hebben weinig te maken met de grootte van sterfte- of ziekterisico's, maar alles met gebrek aan vertrouwen in overheden en producenten, dramatische ingrijpendheid van eventuele effecten (BSE), onbeheersbaarheid, onomkeerbaarheid en grootschaligheid, of de perceptie dat alleen producenten voordeel hebben van toepassing (GGO). Het is een politieke afweging om ofwel in beginsel oneindig hoge kosten te maken voor het verder terugdringen van een bepaald risico tot onder de 1 op de miljoen ( $10^{-6}$ ), ofwel (een deel van) deze gelden te besteden aan het oplossen van andere knelpunten (bijvoorbeeld thuiszorg voor alleenstaande bejaarden). Niettemin heeft de benadering door het stellen van kwantitatieve normen sinds de jaren tachtig goede diensten bewezen bij het terugdringen van de verspreiding van allerlei individuele risicofactoren (knaagdier-carcinogenen, zware metalen, straling, industriële veiligheid).

De risicobenadering blijkt problematisch ten aanzien van effecten van de resterende hardnekkige milieugerelateerde gezondheidsproblemen, zoals klassieke luchtverontreiniging (fijn stof, ozon, verkeersemissies) of geluid. Huidige inzichten in blootstelling en respons geven aan dat er geen is sprake van duidelijke drempels. Gegeven een grote variatie op populatieniveau in blootstelling enerzijds en gevoeligheid anderzijds, zullen bij elk denkbaar niveau van verontreiniging nog gezondheidseffecten voorkomen. Belangrijke beleidsvragen zijn dan ook: welk niveau van bescherming (of aantasting) is maatschappelijk gezien aanvaardbaar (vergelijk verkeersongevallen), waar en wanneer zijn kosten en baten in evenwicht, en wanneer zijn tevens principes als sociale rechtvaardigheid of duurzaamheid voldoende gewaarborgd?



## 8 KOSTEN, BATEN EN SYNERGIE IN HET MILIEUBELEID

- *Synergie-effecten zorgen ervoor dat de kosten en baten van integraal milieubeleid aanzienlijk gunstiger uitvallen ten opzichte van partieel op één milieuthema gericht beleid.*
- *Emissiehandel in broeikasgassen kan een gunstig effect hebben op zowel kosten als baten van Europees klimaatbeleid gericht op het realiseren van de Kyoto-afspraken.*

De totale jaarlijkse schade in Nederland veroorzaakt door milieuverontreiniging bedraagt circa 40 miljard gulden, ongeveer 5% van het Bruto Nationaal Product (EFTEC/RIVM, 2001). De schade treedt op door aantasting van ecosystemen en door gezondheidsverlies als gevolg van klimaatverandering, verzuring, ozon op leefniveau (smog), fijn stof, bodemverontreiniging, geluidhinder en vermisting. De huidige milieukosten voor deze milieuthema's bedragen circa 6,5 miljard gulden per jaar. Geraamd wordt dat de schade als gevolg van milieuverontreiniging in 2030 met circa 20% zal zijn toegenomen, ondanks de huidige en toekomstige verbetering in de milieukwaliteit. Naast het bestaan van een aantal hardnekkige milieuproblemen (die leiden tot extra milieudruk), spelen de bevolkingstoename en de vergrijzing een belangrijke rol. Door een grotere bevolkingsomvang hebben - in absolute zin - meer mensen hinder van geluidsoverlast. Daarnaast hebben met name oudere mensen last van luchtverontreiniging (smog en fijn stof).

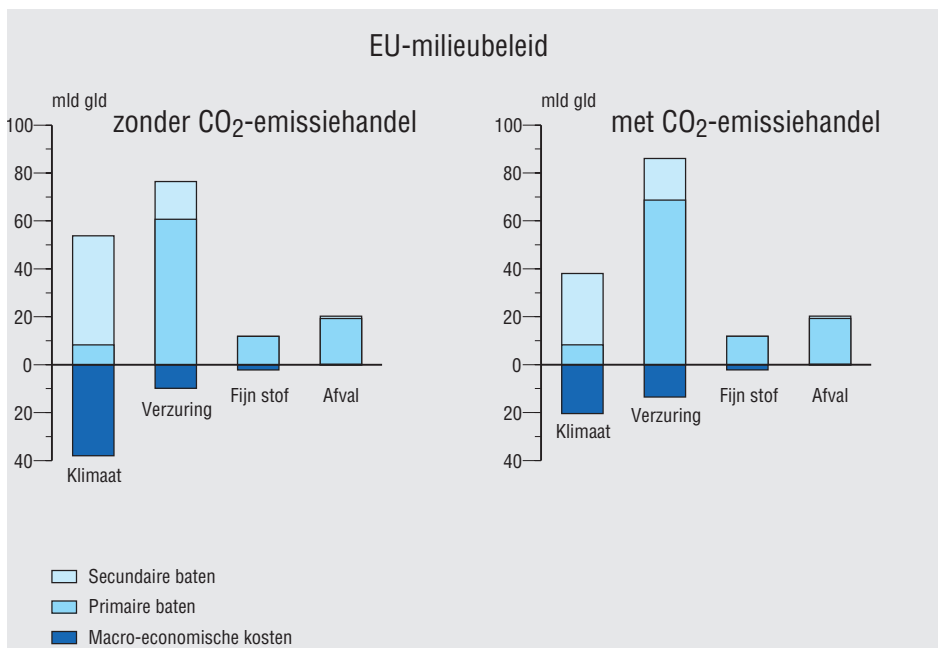
Fijn stof, ozon op leefniveau en bodemverontreiniging veroorzaken jaarlijks het grootste deel van de totale schade, gevolgd door verzuring en klimaatverandering. Geluidhinder en eutrofiëring dragen het minste bij aan de totale schade (EFTEC/RIVM, 2001). Uitgaande van toenemende marginale kosten van extra milieumaatregelen (oftewel van afnemende meeropbrengsten), zal bij eutrofiëring en geluidhinder naar verwachting dan ook het eerst een moment optreden waarbij de baten van maatregelen niet meer tegen de kosten zullen opwegen. Bij eutrofiëring en bodemverontreiniging moet worden aangekend dat zowel aan de kosten- als aan de batenkant een hoge mate van onzekerheid is. Voor geluidhinder is de verwachting dat additionele isolatiemaatregelen tot een sterke kostenstijging zullen leiden, waarbij uiteindelijk verplaatsen of uitplaatsen van woningen goedkoper zal worden dan isoleren. De effecten van klimaatverandering (en klimaatbeleid) zullen vermoedelijk pas op zeer lange termijn zichtbaar worden. Als wordt verondersteld dat de huidige generatie toekomstige baten lager waardeert dan huidige baten, dan wegen de lange-termijn baten nauwelijks mee in een monetaire waardering. Bij klimaat speelt nog sterker dan bij andere thema's het probleem dat de voorkeuren van toekomstige generaties in beginsel onbekend zijn: willen zij meer rijkdom of meer veiligheid?

Een analyse van kosten en baten per milieuthema heeft zijn beperkingen, omdat er vaak synergie-effecten bestaan tussen het beleid dat wordt gevoerd op de verschillende thema's. Zo blijkt uit de Europese prioriteitenstudie (RIVM *et al.*, 2001) dat de secundaire

baten van klimaatbeleid (de effecten op andere thema's, zoals verzuring) groter zijn dan de primaire baten (figuur 8.1). Om de doelstellingen voor andere milieuthema's te kunnen halen, is bij een verregaand klimaatbeleid dan ook aanzienlijk minder inspanning en geld nodig waardoor de som van de totale kosten uiteindelijk lager is. In eerste instantie lijken de kosten van klimaatbeleid dus hoger dan de directe baten, maar als gekeken wordt naar het milieubeleid in het geheel, zijn de baten aanzienlijk hoger dan de kosten. Als handel in broeikasgassen wordt verondersteld om de Kyoto-afspraken te realiseren, dan dalen de kosten van klimaatbeleid aanzienlijk. Daarentegen zullen de kosten van aanvullend beleid voor de andere thema's toenemen (figuur 8.1). In het algemeen dalen in Europa de kosten van klimaatbeleid harder dan de kosten van met name verzuringsbeleid stijgen. De totale kosten van het beleid komen daarmee lager uit, wat echter ook voor de totale baten geldt. Per saldo lijkt emissiehandel gunstig te zijn voor het bereiken van de milieudoelen voor klimaatverandering en verzuring.

De uitkomsten van de Europese prioriteitenstudie geven slechts een eerste indicatie voor de mogelijke synergie-effecten in Nederland in 2010. De verwachting is dat ook voor Nederland de totale baten hoger zullen zijn dan de kosten en dat de synergie-effecten van klimaatbeleid op de overige thema's groter zullen zijn dan de primaire baten. Om de synergie-effecten optimaal te benutten is het belangrijk om een integraal milieubeleid te voeren in plaats van afzonderlijk beleid op de thema's.

De aanvullende kosten die nodig zijn om de NMP4-beleidsdoelen voor klimaatverandering en verzuring te behalen worden geschat op 1,0 tot 2,5% van het BNP in 2030



Figuur 8.1 Kosten en baten van milieubeleid in de EU, met en zonder CO<sub>2</sub>-emissiehandel in 2010 (RIVM et al., 2001).

(ECN/RIVM, 2000). De geschatte kosten van het vastgestelde beleid nemen tot 2030 af tot onder de 2% van het BNP. In 2000 bedroegen de milieukosten nog bijna 3% van het BNP (RIVM, 2000). De kosten die nodig zijn om de NMP4-beleidsdoelen te behalen (vastgesteld en aanvullend beleid), zijn als percentage van het BNP in 2030 dus ongeveer gelijk aan of iets hoger dan de milieukosten in 2000.

Een indicatie voor de verwachte groeivertraging van het BNP als gevolg van een vergaand klimaatbeleid wordt in een tweetal studies naar voren gebracht. Deze indicaties liggen in de orde van minder dan 0,1% per jaar voor de periode 2000-2020 (ECN/RIVM/CPB, 1998) en tussen 0,2 en 0,5% in 2010 (CPB, 2001).





## REFERENTIES

### Algemene achtergrond-literatuur

- LNV (2000). *Natuur voor mensen, mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap in de 21e eeuw*. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- RIVM (2000). *Nationale Milieuverkenning 5, 2000-2030*. Samsom bv, Alphen aan de Rijn.
- RIVM/DLO (2000). *Natuurbalans 2000*. Samsom bv, Alphen aan de Rijn.
- RIVM (in voorbereiding). *Bouwstenen voor het NMP4: Bijlagen*. RIVM (rapportnr. 408 129 022), Bilthoven.
- VRM (1997). *Nationaal Milieubeleidsplan 3*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- VRM (2001). *Nationaal Milieubeleidsplan 4. Een wereld en een wil, werken aan duurzaamheid*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- Booij, H., J.P.M. Ros, M.W. van Schijndel en J. Slootweg (1999). *Beschrijving Modeffectiviteit Instrumenten versie 1.0 (MEI 1.0)*. RIVM (rapportnr. 778 011 001), Bilthoven.
- Boulding, K.E. (1970). *A primer on social dynamics; history as dialectics and development*. Free Press, New York.
- Dieleman, H. (1999). *De arena van schonere productie; mens en organisatie tussen behoud en verandering*. Uitgeverij Eburon, Delft.
- Coenen, F.H.J.M., D.A. Fuchs en R.A. van de Peppel (2000). *Milieu en sociaal welzijn, een verkenning van 'facts and figures' en mogelijke verbanden*. Publicatierreeks Milieustrategie (nr. 2000/4). Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- Cramer, J. (1994). Technologische ontwikkeling en milieu. In: F. Dietz, W. Hafkamp en J. van der Straaten (red.). *Basisboek Milieu-economie*. Boom, Meppel.
- Gatersleben, B.C.M. (2000). *Duurzaam huishoud-metabolisme en kwaliteit van leven. Een onderzoek naar de waargenomen sociale duurzaamheid van milieukundig duurzame huishoudelijke consumptie*. Proefschrift. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- Hoek, D., C.H.A. Quarles van Ufford, J.A. Hoekstra, G. Duvoort, P. Glasbergen, P.P.J. Driessen, M.C. Das, J.P. de Poorter, N. Habermehl, P.J. Klok, R.A. van de Peppel en J. van de Ploeg (1998). *Milieubeleidsanalyse, de balans opge-maakt; Methodiek en toepassing in Milieubalans 1995, 1996 en 1997*. RIVM (rapportnr. 408 137 002), Bilthoven.
- Idenburg, A.M. en D. Nagelhout (red.) (2001). *Doorbraaktechnologieën en het milieu. Achtergrondinformatie bij de Vijfde Milieuverkenning*. RIVM (rapportnr. 408 129 008), Bilthoven.
- IPCC (2000). *Special report on emission scenarios: a special report of Working Group III*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kemp, R.P.M. (1995). *Environmental policy and technical change. A comparison of the technological impact of policy instruments*. Universiteit Maastricht, Maastricht.
- Ligteringen, J. (1999). *The feasibility of Dutch environmental policy instruments: decreasing the environmental impact of households*. Twente University Press, Enschede.
- Maas, R.J.M. (2000). De toekomst van gisteren, de emissieplafonds in het bestrijdingsplan Verzuring en de veranderende inzichten in de afgelopen twee jaar. In: *Lucht*, jrg. 17, nr. 1 (maart 2000): pp. 6-8.
- NOWT (1998). *Wetenschaps- en technologie-indicatoren 1998*. Nederlands Observatorium voor Wetenschap en Technologie. CWTS/Merit, Leiden.
- Peppel, R.A. van de, P.J. Klok en D. Hoek (1994). *25 jaar milieubeleid in Nederland: instrumenten, incidenten, effecten*. Twente University Press, Enschede.
- RIVM (1996). *Achtergronden bij: Milieubalans 96*. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.
- RIVM (1998). *Milieubalans 1998*. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.
- RIVM (2000a). *Milieubalans 2000*. Samsom bv, Alphen aan de Rijn.
- Rotmans, J., R. Kemp, M. van Asselt, F. Geels, G. Verbong en K. Molendijk (2000). *Transities en transitie-management. De casus van een emissie-arme energievoorziening*. International Centre for Integrative Studies/Merit, Maastricht.
- Rotmans, J. and H.J.M. de Vries (eds.) (1997). *Perspectives on global change: the TARGETS approach*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCP (1996). *Publieke opinie en milieu; een verkenning van het sociale draagvlak voor het milieubeleid op grond van survey-gegevens*. Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag.
- Schijndel, M.W. van, en J.P.M. Ros (2000). *Drijven-de krachten achter technologieontwikkeling in productiesectoren. Schets van een expert ondersteunende methodiek voor prognoses*. RIVM (rapportnr. 778 011 002), Bilthoven.

- VROM-raad (1999). *Nederland en het Europese Milieu; advies over differentiatie in het Europese Milieubeleid*. Advies nr. 019. VROM-raad, Den Haag.
- Weaver, P., L. Jansen, G. van Grootveld, E. van Spiegel and P. Vergragt (2000). *Sustainable Technology Development*. Greenleaf Publishing, Sheffield.
- ## Hoofdstuk 3
- Albers, R., J. Beck, A. Bleeker, L. van Bree, J. van Dam, L. van der Eerden, J. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, C. van der Salm, A. Tonneijck, W. de Vries, L. Wesselink en F. Wortelboer (2001). *Evaluatie van de Verzuringsdoelstellingen: de onderbouwing*. RIVM (rapportnr. 725 501 001), Bilthoven.
- Beck, J., L. van Bree, M. van Esbroek, J. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, K. van Velze, H.A. Visser en W.A.J. van Pul (2001). *Evaluatie van de Verzuringsdoelstellingen: de emissievarianten*. RIVM (rapportnr. 725 501 002), Bilthoven.
- Both, C. en M.E. Visser (2001). Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature*. Vol. 411: pp. 296-298.
- CPB (2001). *Centraal Economisch Plan 2001*. Centraal Planbureau, Den Haag.
- ECN/RIVM (1998). *Optiedocument voor emissie-reductie van broeikasgassen*. Energieonderzoekscentrum Nederland/RIVM, Petten/Bilthoven.
- ECN/RIVM (2000). *Synergie in de aanpak van klimaatverandering en verzuring. Oplossingsrichtingen voor energie en mobiliteit in 2030*. Achtergrondrapport bij de vijfde Nationale Milieuverkenning ter voorbereiding op het vierde Nationaal Milieubeleidsplan. ECN (rapportnr. ECN-C-00-074)/RIVM (rapportnr. 773 001 015), Petten/Bilthoven.
- Expertisecentrum LNV (2000). *Energiepotenties in de primaire landbouw in het licht van het klimaatprobleem*. LNV, Den Haag.
- Hinsberg, A. van, en J. Kros (1999). *Een Normstellingsmethode voor (stikstof)depositie op natuurlijke vegetaties in Nederland. Een uitwerking van de Natuurplanner voor natuurdoeltypen*. RIVM (rapportnr. 722 108 024), Bilthoven.
- Hisschemöller, M. (2001). *COOL. De nationale dialoog; Resultaten en aanbevelingen*. Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Ecology and Evolution*, no. 15: pp. 56-61.
- IPCC (2000). *Special report on emission scenarios; a special report of Working group III*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Matear, J.R., and B. Elliott (2000). *Enhancement of oceanic uptake of CO<sub>2</sub> by macro-nutrient fertilization*. International Energy Agency, Paris.
- Nabuurs G.J., A. Dolman, E. Verkaik, A.P. Whitmore, W.P. Daamen, O. Oenema, P. Kabat and G.M.J. Mohren (1999). *Resolving issues on terrestrial biospheric sinks in the Kyoto protocol*. Alterra. NOP rapport (no. 410 200 030), Bilthoven.
- Over J.A., J.E. de Vries and J. Stork (1999). *Removal of CO<sub>2</sub> by storage in the deep underground. Chemical Utilization and Biofixation*. Novem, Utrecht.
- Turkenburg, W.C. and C.A. Hendriks (1999). *Fossil fuels in a sustainable energy supply: the significance of CO<sub>2</sub> removal*. A memorandum at the request of the Ministry of Economic Affairs/COOL project. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- UN/ECE (1999). *Trends in impacts of long-range transboundary air pollution*. Technical report prepared by the International Cooperative Programmes (ICP) of the Working Group on Effects. UN/ECE, Genève.
- Vellinga, P. en W. van Verveveld (1999). Stop CO<sub>2</sub> onder de grond. *Natuur en Techniek*. 67(4): pp. 26-33.
- Vries, W. de, C. van der Salm, A. Hinsberg en J. Kros (2000). Gebiedspecifieke kritische depositie niveaus voor stikstof en zuur voor verschillende effecten op terrestrische ecosystemen. *Milieu*. No. 3: pp. 144-158.
- Watson, A.J., D.C.E. Bakker, A.J. Ridgwell, P.W. Boyd and C.S. Law (2000). Effect of iron supply on Southern Ocean CO<sub>2</sub> uptake and implications for glacial atmospheric CO<sub>2</sub>. *Nature*. Vol. 407: pp. 730-733.
- Wolf, K.H.A.A., H.H.E. Westerink, P.T.P. van Delft and J. Bruining. (1997). *Coalbed methane production in The Netherlands: an Inventory*. Technische Universiteit Delft/Novem, Delft.
- ## Hoofdstuk 4
- Bouwman, L. and D.P. van Vuuren (1999). *Global assessment of acidification and eutrophication of natural ecosystems*. RIVM (rapportnr. 402 001 012), Bilthoven.
- Leemans (1999). *Applying global change scenarios to assess changes in biodiversity*. RIVM (rapportnr. 481 508 012), Bilthoven.
- Myers, N. (1984). *GAIA, an atlas of planet management*. Pan Books, London.
- RIVM/DLO (1998). *Natuurbalans 1998*. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.

- RIVM/DLO (1999). *Natuurbalans 1999*. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.
- Sala, O.E., F.S. Chapin III, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Hünnike, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M. Oesterheld, N. LeRoy Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker, and D. H. Wall (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*. Vol. 287: pp. 1770-1774.
- ## Hoofdstuk 5
- Berglund, B., T. Lindvall and D.H. Schwela (eds.) (1999). *Guidelines for community noise*. World Health Organisation, Genève.
- Doll, R. (1992). Health and the environment in the 1990's. *American Journal of Public Health*. No. 82: pp. 933-941.
- Gezondheidsraad (1995). *Niet alle risico's zijn gelijk. Kanttekeningen bij de grondslagen van de risicobenadering in het milieubeleid*. Gezondheidsraad (advies 1995/06), Den Haag.
- Gezondheidsraad (1999). *Public health impact of large airports*. Gezondheidsraad (advies 1999/14E), Den Haag.
- Hollander, A.E.M. de, J.M. Melse, E. Leuret and P.G.N. Kramers (1999). An aggregate public health indicator to represent the impact of multiple environmental exposures. *Epidemiology*. No. 10: pp. 606-17.
- Kempen, E.E.M.M. van, H. Kruize, H.C. Boshuizen, C.B. Ameling, B.A.M. Staatsen and A.E.M. de Hollander (2001). The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease. *Submitted for publication*.
- Mackenbach, J.P. en H. Verkleij (red.) (1997). *Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997. II Gezondheidsverschillen*. Elsevier/Tijdstroom, Amsterdam.
- Metz D, P. Janse, J.M. Faber en S.D. Teeuwisse (2000). *Luchtkwaliteit langs het Nederlandse snelwegennet in 2010: Analyse van knelpunten en oplossingen*. Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie, Delft.
- Nijland, H., E. van Kempen, J. Jabben en J.A. Annema (2001). *Gehuidmaatregelen: kosten en baten*. RIVM (rapportnr. 715 120 005), Bilthoven.
- RIVM (1995). *Milieubalans 1995*. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv., Alphen aan de Rijn.
- RIVM (2000b). *Nationaal Kompas Volksgezondheid*. <http://www.rivm.nl/nationaalkompas/>
- Roorda-Knape, M.C., N.A. Janssen, J. de Hartog, P.H. van Vliet, H. Harssema en B. Brunekreef (1999). Traffic related air pollution in city districts near motorways. *Science of the Total Environment*. No. 235(1-3): pp. 339-41.
- SCP (1999). *De stad op straat*. Sociale en culturele studies 27. Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag.
- VROM (2000a). *Nota Mensen, wensen, wonen*. Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- VROM (2000b). *Ruimte maken, ruimte delen. Vijfde Nota over de Ruimtelijke Ordening 2000/2020*. Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- VROM-raad (1999). *Stad en wijk: verschillen maken kwaliteit*. VROM-raad (advies 013), Den Haag.
- V&W (2001). *Nationaal Verkeers- en Vervoersplan 2001-2020*. Ministerie Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- WRR (1997). *Volksgezondheidszorg*. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (rapportnr. 52), Den Haag.
- ## Hoofdstuk 6
- Albers, R., J. Beck, A. Bleeker, L. van Bree, J. van Dam, L. van der Eerden, J. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, C. van der Salm, A. Tonneijck, W. de Vries, L. Wesselink en F. Wortelboer (2001). *Evaluatie van de Verzuingsdoelstellingen: de onderbouwing*. RIVM (rapportnr. 725 501 001), Bilthoven.
- Beck, J., L. van Bree, M. van Esbroek, J. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, K. van Velze, H.A. Visserberg en W.A.J. van Pul (2001). *Evaluatie van de Verzuingsdoelstellingen: de emissievarianten*. RIVM (rapportnr. 725 501 002), Bilthoven.
- EU (1999). *Voorstel voor een richtlijn van het Europees parlement en de raad inzake nationale emissiemaxima voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen*. Commissie van de Europese Gemeenschappen, Brussel.
- RIVM/DLO (1999). *Natuurbalans 1999*. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.
- RIVM/DLO (2001). *Analyse van opties voor en gevolgen van het 'Natuuroffensief'*. RIVM (rapportnr. 408 665 001), Bilthoven.
- LNV (1995). *Ecosystemen in Nederland*. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- LNV (1999). *Zicht op overleven, tien jaar overlevingsplan bos en natuur*. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- ## Hoofdstuk 7
- Ahlblom, A., N. Day and M. Feytching (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *British Journal of Cancer*. Vol 83 (5): pp. 692-698.

- Braudel, F. (1969). *Ecrits sur l'histoire*. Flammarion, Paris.
- Davis B.D., R. Dulbecco, H.N. Eisen and H. Ginsberg (1980). *Microbiology. Including immunology and molecular genetics*. Harper&Row, Philadelphia.
- Dunning, A.J. (1999). *Betoverde wereld. Over ziek en gezond in onze tijd*. Meulenhoff, Amsterdam.
- Everdingen, J.J.E. van (red.) (1992). *Beesten van mensen. Microben en macroben als intieme vijanden*. Belvédère, Overveen.
- Fenner, F. (red.) (1988). *Smallpox and its eradication*. World Health Organisation, Genève.
- Fox, J.P., C.E. Hall and L.R. Elveback (1970). *Epidemiology; man and disease*. Macmillan, London
- Galama, J.M.D. (2001). Opkomende virusinfecties. *Nederlands Tijdschrift van de Geneeskunde*. No. 145: pp. 616-619.
- Gezondheidsraad (1996). *Risico, meer dan een getal. Handreiking voor een verdere ontwikkeling van de risicobenadering in het milieubeleid*. Gezondheidsraad (advies 1996/03), Den Haag.
- Gezondheidsraad (1994). *Geluid en gezondheid*. Gezondheidsraad (advies 1994/15), Den Haag.
- Gezondheidsraad (2000). *Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz-100 Hz)*. Gezondheidsraad (advies 2000/6), Den Haag.
- Goudsblom, J., E. Jones and S. Mennell. (1996). *The course of human history; economic growth, social process, and civilisation*. Sharpe, Londen.
- Greenland, S., A.R. Sheppard, W.T. Kaune, C. Poole and M.A. Kelsh (2000). A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology*. Vol 11 (6): pp. 624-634.
- King, M. (1990). Health is a sustainable state. *Lancet*. Vol. 336 (8716): pp. 664-667.
- Linton, R (1961). *De boom der beschaving. De geschiedenis van de mensheid*. Elsevier, Amsterdam.
- Mackenbach, J.P. (1993). The epidemiological transition in The Netherlands. *Nederlands Tijdschrift van de Geneeskunde*. No. 137: pp. 132-138.
- McCormick, J.B., S. Fisher-Hoch en L.A. Horvitz (1997). *De virusjager. De oorlog tegen besmettelijke ziekten*. Elmar, Rijswijk.
- McKeown, Th. F. (1976). *The role of medicine; dream, mirage or nemesis?* Nuffield, London.
- McMichael, A.J. (1999). From hazard to habitat: rethinking environment and health. *Epidemiology*. Vol. 10: pp. 460-464.
- McNeill, W.H. (1976). *Mensen en hun plagen*. Bert Bakker, Amsterdam.
- Osterhaus, A. (2000). Circulation of virus and interspecies contamination in wild animals. *Bulletin of Soc. Pathol. Exot.* Vol. 93 (3): pp. 156.
- Plas, M. van der, D.J.M. Houthuijs, A. Dusseldorp, R.M.J. Penners en M.J.M. Pruppers (2001). *Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen*. RIVM (rapportnr. 610 050 007), Bilthoven.
- Pollitzer, R. (red.) (1959). *Cholera*. World Health Organisation, Genève.
- RIVM (1995). *Milieubalans 1995*. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.
- Romijn, W. (1955). *Welvaart en gezondheid*. Algemeen ziekenfonds Ziekenzorg, Amsterdam.
- Rutten, W. (1997). *De vreselijkste aller harpijen. Pokkenepidemieën en pokkenbestrijding in Nederland*. Veenman, Wageningen.
- Ruwaard, D. en P.G.N. Kramers (red.) (1997). *Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997*. Elsevier/De Tijdstroom, Amsterdam.
- Takken, W., P.A. Kager en H.J. van der Kaay (1999). Terugkeer van endemische malaria in Nederland uiterst onwaarschijnlijk. *Nederlands Tijdschrift van de Geneeskunde*. No. 143: pp. 836-838.
- Tomes, N. (1998). *The gospel of germs. Men, women, and the microbe in American life*. Harvard University Press, Massachusetts/ Cambridge.
- UNEP (1999). *Global environment outlook 2000*. UN Environmental Program. UNEP/Earthscan, Nairobi/London.
- Wallerstein, I. (1978). *Europese wereld-economie in de zestiende eeuw. Het moderne wereldsysteem*. Heureka, Nieuwkoop.
- WHO (1996). *World health report 1996. Fighting disease, fostering development*. World Health Organisation, Genève.
- Wills C. (1996). *Plagues. Their origin, history and future*. Harper Collins, London.

## Hoofdstuk 8

- CPB (2001). *Centraal Economisch Plan 2001*. Centraal Planbureau, Den Haag.
- ECN/RIVM/CPB (1998). *Reductie van broeikasgassen in 2020*. RIVM (rapportnr. 773 001 013), Bilthoven.
- ECN/RIVM (2000). *Synergie in de aanpak van klimaatverandering en verzuring. Oplossingsrichtingen voor energie en mobiliteit in 2030*. Achtergrondrapport bij de vijfde Nationale Milieuverkenning ter voorbereiding op het vierde Nationaal Milieubeleidsplan. Energieonderzoekscentrum Nederland (rapportnr. ECN-C-00-074)/RIVM (rapportnr. 773 001 015), Petten/Bilthoven.
- EFTEC/RIVM (2001). *European Environmental Priorities; an integrated economic and environmental assessment*. Report by RIVM, EFTEC, NTUA and IIASA (ass. with TNO and TME). RIVM (rapportnr. 481 505 010), Bilthoven.