

## **Milieubalans 2000**



# Milieubalans 2000

RIJKSINSTITUUT VOOR  
VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU

met medewerking van:

Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV)

Alterra b.v.

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)

Centraal Planbureau (CPB)

Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW)

Energie-onderzoek Centrum Nederland (ECN)

Hoofdingspectie Milieuhygiëne (HIMH)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)

Landbouw-Economisch Instituut (LEI)

Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR)

Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer  
en Afvalwaterbehandeling (RIZA)

Sociaal en Cultureel Planbureau (SCP)



RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU

Samsom bv, Alphen aan den Rijn, 2000

---

Vormgeving lay - out en productie : Studio RIVM

Druk en afwerking : Wilco bv, Amersfoort

Fotografie: blz. 19 archief VROM

blz. 25 E.H. Rozendal, RIVM

blz. 35 Zefa en Vince Streano (USA)

blz. 63 archief VROM, Foto ANP, fotopersburo Dijkstra bv

blz. 87 K. Janmaat, RIVM

blz.119 Robert Vos, ANP

CIP-gegevens

ISBN 90 140 7190 6

ISSN 1383-4959

NUGI 825

© RIVM Bilthoven

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: Samsom bv, Postbus 14, 2400 MA Alphen aan den Rijn.

---

## Voorwoord

Sinds 1995 brengt het RIVM op grond van de Wet milieubeheer jaarlijks een Milieubalans uit die primair bestemd is voor de Tweede Kamer en beleidsmakers. De Milieubalans rapporteert over de ontwikkeling van de milieukwaliteit zoals die voortkomt uit autonome maatschappelijke processen en het gevoerde nationale en internationale (milieu-)beleid.

Bijsturing van het milieubeleid - bijvoorbeeld via het jaarlijkse Milieuprogramma - wordt hierdoor mogelijk gemaakt. De Milieubalans komt tot stand in samenwerking met een groot aantal collega-instituten en -planbureaus die op de titelpagina zijn vermeld. Ook zijn gegevens beschikbaar gesteld door de Emissieregistratie - een breed samenwerkingsverband onder auspiciën van de Hoofdingspectie Milieuhygiëne - en de Commissie Integraal Waterbeheer.

De gepresenteerde ontwikkeling van de milieukwaliteit is, op een enkele uitzondering na, gebaseerd op metingen. Modellen worden gebruikt om de plaatselijke meetresultaten te vertalen naar een grotere ruimtelijke schaal, om trends in meetresultaten te analyseren en om de relaties tussen emissies, milieukwaliteit en effecten te leggen. Emissies kunnen in de meeste gevallen niet direct op grotere schaal worden gemeten. Het gaat dan altijd om een combinatie van metingen en modelberekeningen. Milieukwaliteitsmetingen bieden veelal de mogelijkheid om het berekende verloop van emissies op plausibiliteit te beoordelen.

Bij de formulering van de conclusies zijn onzekerheden in het basismateriaal en de doorwerking daarvan bij de modeltoepassingen zo goed mogelijk meegewogen. In oktober 2000 wordt de werkwijze van het RIVM bij het maken van milieuplanbureauproducten, waaronder de Milieubalans, beoordeeld tijdens een wetenschappelijke review door een internationaal team van deskundigen onder voorzitterschap van Prof. Dr. Ph. Bourdeau, voorzitter van de wetenschappelijke adviesraad van het Europese Milieugentschap.

Het Milieucompodium -het milieu in cijfers-, de gezamenlijke uitgave van RIVM en CBS, vormt de cijfermatige onderbouwing van de Milieubalans. Dit naslagwerk wordt in 2000 niet in boekvorm uitgegeven: de digitale versie van dit naslagwerk wordt in 2000 geheel geactualiseerd en is te vinden op <http://www.rivm.nl/milieucompodium>.

de wnd. Directeur-Generaal



Dr. G. Elzinga



---

# Inhoudsopgave

Voorwoord 5

Milieubalans 2000 opgemaakt 9

SAMENVATTING; HET MILIEU IN PERSPECTIEF 11

1 INLEIDING 19

2 DERTIG JAAR MILIEUBELEID 25

3 ENERGIEGEBRUIK EN KLIMAATVERANDERING 35

3.1 Inleiding 38

3.2 Maatschappelijke ontwikkelingen 39

3.3 Milieudruk 48

3.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit 55

3.5 Effecten 57

4 GRENSOVERSCHRIJDENDE LUCHTVERONTREINIGING 63

4.1 Inleiding 66

4.2 Maatschappelijke ontwikkelingen 68

4.3 Milieudruk 72

4.3.1 Zwaveldioxide-emissie 73

4.3.2 Stikstofoxiden-emissie 74

4.3.3 VOS-emissie 76

4.3.4 Fijn stof-emissie 77

4.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit 78

4.4.1 VOS-concentraties 79

4.4.2 Stikstofdioxide-concentratie 79

4.4.3 Ozonconcentratie 81

4.4.4 Fijn stof-concentratie 82

4.5 Effecten 84

4.5.1 Risico's voor de natuur 84

4.5.2 Risico's voor de mens 85

---

## 5 HET MILIEU IN HET LANDELIJK GEBIED 87

- 5.1 Inleiding 90
- 5.2 Maatschappelijke ontwikkelingen 91
- 5.3 Milieudruk 96
- 5.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit 98
  - 5.4.1 Verzuring 98
  - 5.4.2 Vermesting 103
  - 5.4.3 Verdroging 108
  - 5.4.4 Verspreiding prioritaire stoffen 109
- 5.5 Effecten 110
  - 5.5.1 Ecosystemen 110
  - 5.5.2 Effecten op de leefbaarheid van het landelijk gebied 114

## 6 DE MENS IN DE STEDELIJKE LEEFOMGEVING 119

- 6.1 Inleiding 122
- 6.2 Maatschappelijke ontwikkelingen en mobiliteit 122
- 6.3 Milieudruk 124
- 6.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit 126
- 6.5 De relatie tussen milieu en gezondheidstoestand 132
  - 6.5.1 Gezondheidseffecten van geluid en geur 134
  - 6.5.2 Gezondheid in relatie tot het binnenmilieu 135
  - 6.5.3 Bezorgdheid over de relatie milieu en gezondheid 135
- 6.6 Mainports: regio Amsterdam en regio Rotterdam 138
  - 6.6.1 Inleiding 138
  - 6.6.2 Luchtverontreiniging 138
  - 6.6.3 Geluid 140
  - 6.6.4 Externe veiligheid 142

- Bijlage 1 Emissies per thema per doelgroep 147
- Bijlage 2 Milieukwaliteit 159
- Bijlage 3 Productie en verwerking van afval per doelgroep 163
- Bijlage 4 Ontwikkeling milieukosten 164

Afkortingenlijst 167

Referenties 169

Index 173



## MILIEUBALANS 2000 OPGEMAAKT

- De huidige milieukwaliteit is de resultante van de in de afgelopen decennia gemaakte afwegingen tussen ecologische, economische en sociale belangen. De milieukwaliteit is voor een groot aantal thema's duidelijk verbeterd. Voor een aantal terreinen, die te maken hebben met energiegebruik, mobiliteit, en ruimtebeslag door wonen, werken en vervoer hebben economische of sociale belangen zwaar gewogen en is de milieukwaliteit op onderdelen achteruitgegaan. Zo liepen de CO<sub>2</sub>-concentraties verder op, verdwenen plantensoorten en nam de stilte in het landelijk gebied af. De gezondheidsrisico's bleven de laatste jaren gelijk.
- Door de welvaartsontwikkeling blijft de energiebehoefte, met name voor elektriciteit en mobiliteit, stijgen. Het eindgebruik van energie is daardoor wederom toegenomen (in de orde van 2%). Dit heeft echter in 1999 niet geleid tot een stijgende CO<sub>2</sub>-emissie. Die is, voor het eerst sinds jaren, licht gedaald, met ongeveer 2% ten opzichte van 1998. Dit is vooral te danken aan de import van elektriciteit uit het buitenland, een gevolg van de liberalisering van de Europese energiemarkt. Bij een voortgaande groei van het energiegebruik wordt echter weer een groei in de CO<sub>2</sub>-emissies verwacht. De energievraag ten behoeve van mobiliteit groeide ondanks de efficiencyverbetering van automotoren, door aanschaf van luxere en zwaardere auto's en een toegenomen aantal voertuigkilometers.
- De hoeveelheid gestort afval is in 1999 voor het eerst sinds 1985 weer toegenomen omdat de capaciteit voor verbranding in afvalverbrandingsinstallaties volledig wordt benut en verbranding in andere installaties minder snel toeneemt dan verwacht. Ook hergebruik van afval neemt minder snel toe.
- De forse overschrijding van verzurings- en vermistingsdoelen leidt nog steeds tot een zware belasting van natuurgebieden. Gemiddeld is het aantal vindplaatsen voor een aantal plantensoorten op de hogere zandgronden met 65-75% afgenomen sinds 1950. De milieudruk op natuurgebieden wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de intensieve productiewijze die in de gangbare landbouw nodig is om te concurreren op de Europese en mondiale landbouwmarkt. Ter vermindering van milieudruk door veehouders is in 1999 een opkoopregeling voor fosfaatrechten gestart. Een derde van het fosfaatoverschot is aangeboden.
- In 1999 zijn wegverkeer, vliegverkeer en burengerucht de belangrijkste bronnen van ernstige hinder. De burger is daarmee een belangrijke veroorzaker van problemen in zijn eigen leefomgeving. Daarbij stapelen zowel sociaal-economische, als gezondheids- en leefbaarheidsproblemen zich op in specifieke woonomgevingen, zoals oude stadswijken.

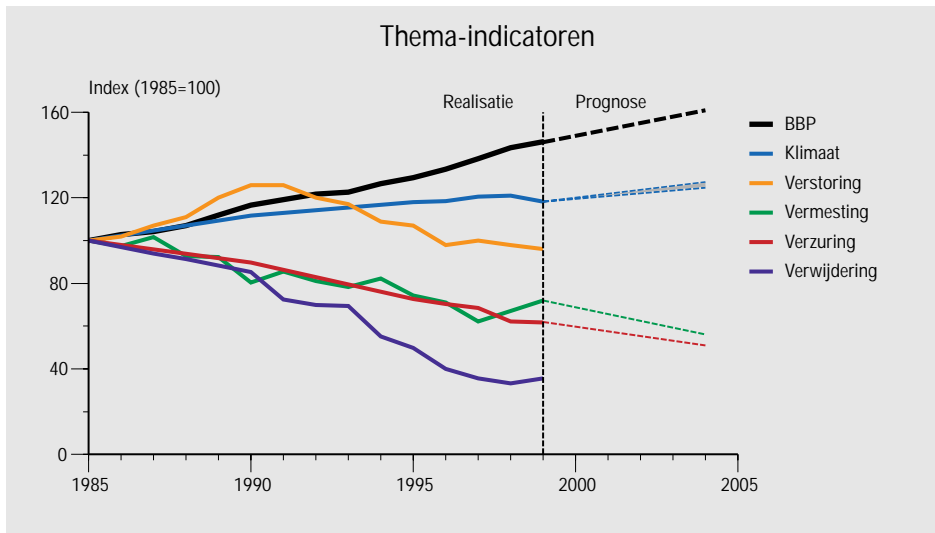


## SAMENVATTING; HET MILIEU IN PERSPECTIEF

De huidige milieukwaliteit is de resultante van de in de afgelopen decennia gemaakte afwegingen tussen ecologische, economische en sociale belangen. De milieukwaliteit is voor een groot aantal thema's duidelijk verbeterd. De afgelopen decennia leidden technische maatregelen bij een groei van de productie tot een daling van de emissies van veel milieubelastende stoffen. De milieudruk voor verzuring, vermisting, verdroging en verwijdering is gedaald, terwijl het bruto binnenlands product (BBP) sterk is gestegen (*figuur 1*). Hoewel deze daling zich ook de komende jaren naar verwachting zal voortzetten, mede dankzij afspraken op Europees niveau, is echter het tempo op veel aspecten te laag om de gestelde doelen op tijd te halen. Een voortdurende inzet van (technische) maatregelen is nodig om de bereikte ontkoppeling tussen productie en milieudruk vast te houden. In de landbouw heeft het ingezette beleid en het maatregelenpakket nog niet tot een substantiële daling van de milieudruk geleid.

Op een aantal terreinen die te maken hebben met energiegebruik, mobiliteit en ruimtebeslag door wonen, werken en vervoer hebben economische of sociale belangen zwaar gewogen en is de milieukwaliteit op onderdelen achteruitgegaan.

De sterke economische groei van de afgelopen jaren is vooral omgezet in consumptiegoederen en leidde tot een toename van de mobiliteit. De economische groei uit zich in het milieu vooral op twee gebieden. Aan de ene kant, relevant voor het mondiale schaalniveau, blijft het energiegebruik nog voortdurend stijgen, hoewel dankzij het gevoerde beleid deze stijging niet zo sterk meer is als die van het BBP zelf. Aan de andere kant komt de kwaliteit van de lokale leefomgeving steeds meer onder druk te staan door toenemende mobiliteit en een toenemende spanning tussen de behoefte aan individuele vrijheid en aan collectieve waarden zoals stilte, rust en veiligheid. Hoewel het algemene niveau van 'verstoring' en hinder sinds 1990 is afgenomen (zie *figuur 1*), neemt de ondervonden ernstige hinder van een aantal bronnen de afgelopen jaren toe. Naast de toename van ernstige hinder door wegverkeer valt ook de sterke stijging van ernstige hinder door burengerucht op. De burger is daarmee een belangrijke veroorzaker van problemen in zijn eigen leefomgeving. Daarbij stapelen zowel sociaal-economische als gezondheids- en leefbaarheidsproblemen zich op in specifieke woonomgevingen, zoals oude stadswijken.



Figuur 1 De milieudruk per thema in relatie tot de ontwikkeling van het BBP, 1985-2004.

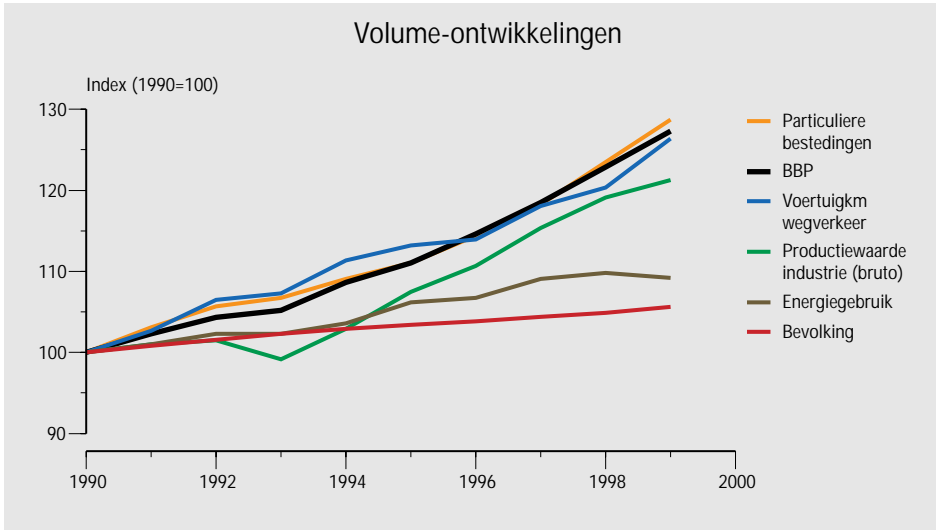
### **Economie blijft groeien, consumptieve bestedingen en mobiliteit nemen toe**

De economie is in 1999 wederom met ruim 3,5% gegroeid. Deze groei heeft, onder andere, geleid tot een grotere bestedingsruimte van de burger (zie *figuur 2*). De particuliere consumptie groeide zelfs met 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub>%. De consumptie nam vorig jaar sterker toe dan de groei van het netto gezinsinkomen door het afsluiten van extra hypotheek en het gebruiken van winsten op aandelen. Evenals voorgaande jaren is veel geld aan consumptiegoederen uitgegeven. In de afgelopen vijf jaar zijn deze bestedingen zelfs met ruim 25% toegenomen. Dit geldt vooral voor computers en huishoudelijke apparaten. Ook de bestedingen aan vervoer, recreatie en communicatie zijn verder toegenomen.

Het aantal autokilometers is sinds 1990 met gemiddeld 2% per jaar gestegen. Dit is deels het gevolg van de bevolkingsgroei en de toegenomen vervoersbehoefte, maar ook van de afgenomen bezettingsgraad van auto's. Vergelijkbare nieuwe auto's zijn in 1999 weliswaar zuiniger dan in 1990, maar ook zwaarder en luxer waardoor de gemiddelde personenauto in 1998 nauwelijks zuiniger is dan in 1990. Deze verschuiving kan men zich bij een toegenomen inkomen ook permitteren. De CO<sub>2</sub>-emissies door verkeer en vervoer zijn mede daardoor even sterk gestegen als het aantal autokilometers (2% in 1999). Het wegverkeer is de belangrijkste bron van geluidhinder.

### **Energie en CO<sub>2</sub>**

Het Nederlandse energiegebruik is in 1999 met 2% gegroeid en dit is minder dan de economische groei van ruim 3,5%. Die groei in het energiegebruik is voornamelijk veroorzaakt door de toegenomen consumptieve bestedingen en een groeiende mobiliteit. Dankzij efficiencyverbeteringen in de productiesectoren blijft de energiebehoefte van de industrie al jaren op hetzelfde niveau bij een groeiende productie. Hierdoor en door een voorzichtige structuurverandering van de economie ten gunste van de



Figuur 2 Volume-ontwikkelingen in Nederland, 1990-1999 (Bron: CPB, CBS en RIVM).

dienstensector neemt de Nederlandse energievraag al jaren minder snel toe dan de groei van de economie.

De Nederlandse emissie van CO<sub>2</sub> is in 1999 ondanks de groei van de energiebehoefte, voor het eerst sinds jaren gedaald, met ongeveer 2% ten opzichte van 1998. Dit is vooral te danken aan de import van elektriciteit. Van een structurele omslag (ontkoppeling) kan daarom nog niet worden gesproken. De import van elektriciteit is één van de gevolgen van de toenemende liberalisering van de Europese energiemarkt. Zonder deze ontwikkelingen zou de CO<sub>2</sub>-emissie in 1999 met naar schatting 1-2% zijn toegenomen. De CO<sub>2</sub>-emissie is momenteel nog altijd circa 7% hoger dan in 1990.

Uitgaande van een ‘behoedzame groei’ tot 2004, zal de emissie van CO<sub>2</sub> tegen die tijd nog weer bijna 7% hoger zijn dan in 1999 (zie *figuur 1*). Het is momenteel niet duidelijk hoe de import van elektriciteit zich zal gaan ontwikkelen. Als de elektriciteitsimport terugvalt naar het niveau van 1998 komt de CO<sub>2</sub>-emissie in 2004 circa 9% hoger uit dan in 1999.

### **Europees milieubeleid op gebied van luchtverontreiniging effectief**

Gezamenlijk Europees milieubeleid, met het Gothenburg (CLRTAP) Protocol uit 1999 als recentste overeenkomst, heeft ertoe geleid dat de emissies van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOS, metalen en fijn stof al enige jaren dalen. Nederland levert daarbij een inspanning die overeenkomt met die van de andere West-Europese landen. De emissies van SO<sub>2</sub> en VOS in Nederland dalen zodanig dat de beleidsdoelstelling binnen bereik ligt. De emissie van fijn stof is in de periode 1990-1999 bijna gehalveerd. De emissies van NO<sub>x</sub> dalen ook, maar het tempo is te laag om de doelstelling te halen.

### ***Landbouwsector onder druk van economie en milieu***

In 1999 steeg de fysieke productie van de landbouwsector met 4% en daalde de bruto toegevoegde waarde van de sector met bijna 7%. Concurrentie op de Europese en mondiale landbouwmarkt vereist een gerichte bedrijfsvoering om een steeds hogere productie te realiseren tegen steeds lagere prijzen. Het gevoerde (milieu) beleid heeft de bedrijfsvoering van gangbare landbouwbedrijven moeilijker gemaakt wat tot sociale onrust binnen de agrarische sector leidde. De 'alternatieve' landbouw is gegroeid, maar beslaat nog slechts 6% van het landbouwareaal en draagt daardoor nog nauwelijks bij aan de oplossing van de aan landbouw gerelateerde milieuproblemen.

De fosforemissies naar de bodem zijn in de periode 1990-1999 met 10% gedaald. De stikstofemissies zijn nagenoeg gelijk gebleven. De hoeveelheid vermestende stoffen zal bij doorvoering van het aanvullende mestbeleid de komende jaren, met een kwart, sterk dalen. Voor de komende vier jaar wordt een verdere daling van de ammoniakemissies geraamd van circa 20-30%.

Omdat de definitieve resultaten voor 1998 van het mineralenaangiftesysteem (MINAS) pas in 2001 beschikbaar komen, kan het effect van dit beleidsinstrument nog niet worden vastgesteld. Ter vermindering van de milieudruk door veehouders is een opkoopregeling van fosfaatrechten ingesteld waardoor een vermindering van mestproductie en van ammoniakemissie plaatsvindt. Inmiddels zijn de rechten voor 7,4 miljoen kg fosfaat aangeboden, circa een derde van het landelijk overschot van 21,5 miljoen kg fosfaat in 2003.

In 90% van het bovenste grondwater onder landbouwgronden in de Nederlandse zandgebieden overschrijdt de nitraatconcentratie de EU-grenswaarde van 50 mg/l. Nederland heeft bij de Europese Commissie een verzoek ingediend om op graslanden af te mogen wijken van de Europese Nitraatrichtlijn (170 kg/ha in 2003) en daar tot maximaal 250 kg/ha stikstof uit dierlijke mest te mogen gebruiken binnen de door MINAS gegeven milieurandvoorwaarden. De uitspoeling van nitraat naar het grondwater zal dan, bij optimale bedrijfsvoering en gelijktijdige vermindering van kunstmestgiften, de waarde van 50 mg/l niet hoeven te overschrijden.

### ***De hoeveelheid gestort afval neemt weer toe***

De hoeveelheid gestort afval is in 1999 voor het eerst sinds 1985 toegenomen. De verbrandingscapaciteit in afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) wordt sinds 1998 volledig benut en het hergebruik neemt na een periode van sterke groei minder snel toe. Verder neemt de toepassing van (bewerkt) afval als andere brandstof in andere installaties dan AVI's minder snel toe dan verwacht werd. Het is onzeker hoe de trend voor het komende jaar eruit zal zien.

### ***Kwaliteit van natuur in Nederland neemt af door milieudruk***

Depositie van verzurende en vermestende stoffen leidt nog steeds tot een zware belasting van natuurgebieden. Juist op de meest kwetsbare natuurgebieden als de duinen en een groot deel van de hoge zandgronden is de milieudruk hoog. De deposities van

potentieel zuur en stikstof overschrijden in aanzienlijke mate de kritische depositie-niveaus. Tegelijkertijd is daar de grondwaterstand de laatste decennia gedaald, waardoor de grondwaterafhankelijke natuur wordt bedreigd. Gemiddeld is het aantal vindplaatsen voor een aantal plantensoorten op de hogere zandgronden met 65-75% afgenomen sinds 1950.

De verzurende depositie is in 1999 dankzij een verdere reductie van de SO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissie gedaald van 4.600 z-eq/ha in 1990 naar gemiddeld 3.600 z-eq/ha in 1999. Zij is daarmee nog wel ver verwijderd van de doelstelling van 2.400 z-eq/ha voor het jaar 2000. De depositie van potentieel zuur ten gevolge van landbouwactiviteiten is vanaf 1980 ongeveer constant gebleven, terwijl die van de overige sectoren en het buitenland sterk is gedaald.

Lokaal leidt de emissie van ammoniak uit de landbouw tot een veel hogere depositie van potentieel zuur dan landelijk gemiddeld, soms zelfs tot waarden van meer dan 6.000 z-eq/ha per jaar. Over grote delen van Nederland wordt de kritische waarde overschreden met de hoogste potentieel zure depositie juist in of nabij de meest voor verzuring gevoelige gebieden.

De gemiddelde depositie van stikstof is momenteel nog tweemaal zo hoog als de doelstelling voor 2000 (1.600 mol/ha stikstof gemiddeld voor Nederland). In natuurgebieden varieert de stikstofdepositie van minder dan 700 tot meer dan 5.000 mol/ha, die voor circa driekwart afkomstig is van de landbouw. Lokaal wordt de depositiedoelstelling voor stikstof voor bos en natuurgebieden ver overschreden.

### ***In oppervlaktewater zijn de jaargemiddelde concentraties van nitraat en fosfaat nog tweemaal zo hoog als de richtwaarde***

Afspoeling uit landbouwgronden leidt tot belasting van het oppervlaktewater. Vooral de nalevering van voedingsstoffen uit de landbouwsector leidt tot vermessing van de kleinere regionale wateren. De jaargemiddelde concentraties voor nitraat en fosfaat zijn nog ongeveer tweemaal zo hoog als de richtwaarde.

### ***Bestrijdingsmiddelen in water blijven een probleem***

De dalende trend in gehalten van pesticiden in oppervlaktewater en regenwater heeft zich de laatste jaren niet voortgezet. Hoewel het gebruik van bestrijdingsmiddelen als gevolg van het toelatingsbeleid is afgenomen, blijft er sprake van een aanzienlijke overschrijding van de normen (streefwaarde) voor bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater. Vooral in regionale wateren blijven bestrijdingsmiddelen een probleem. Bij meer dan de helft van de meetpunten wordt het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) overschreden. Daartegenover staat dat enkele recente Lozingsbesluiten op grond van de Wet verontreiniging oppervlaktewater bij kunnen dragen aan de verminderde emissie van bestrijdingsmiddelen vanuit open teelten, de glastuinbouw en de veehouderij.

Er is een sterk toenemende belangstelling, zowel nationaal als internationaal voor de zogenaamde 'non-assessed chemicals': weinig bekende stoffen die substantiële gevol-

gen kunnen hebben voor mens en milieu. Concentraties van deze 'nieuwe prioritaire stoffen', zoals organotinverbindingen, blijken ondanks emissiereducerende maatregelen ver boven het MTR-niveau te liggen. Ook worden gebromeerde brandvertragers aangetroffen in organismen in oceanen en in het arctisch gebied.

### ***Gezondheidsrisico's door luchtverontreiniging zijn afgenomen maar niet verdwenen***

De dalende emissies van SO<sub>2</sub>, VOS en benzeen hebben geleid tot een flinke verbetering van de luchtkwaliteit. NO<sub>2</sub>-concentraties blijven echter nog (te) hoog. Overschrijding van de richtlijnen voor NO<sub>2</sub> komt in Nederland nog voor in grote delen van de stedelijke omgeving, met de hoogste niveaus in drukke straten. De hoofdoorzaak is verkeer.

Ozon en fijn stof zijn de belangrijkste grensoverschrijdende luchtverontreinigende stoffen met nadelige gezondheidseffecten bij mensen. Korte perioden van hoge concentraties van ozon tijdens de zomer (zomersmog) worden veroorzaakt door vorming van ozon uit NO<sub>x</sub> en VOS tijdens warme en vooral zonnige dagen. De gehele Nederlandse bevolking staat bloot aan overschrijdingen van de ozonnorm voor de mens. In 1999 werd in Limburg en het oostelijk deel van Brabant op 20-25 dagen een overschrijding gemeten. In het westen en noorden van het land is het aantal dagen met een normoverschrijding minder en lag in 1999 tussen de 10 en 15 dagen.

Europees emissiereductiebeleid heeft geleid tot een dalende trend in de hoogste ozonconcentraties in Nederland en zijn buurlanden. Ook de gemiddelde concentraties van fijn stof lijken te dalen. De huidige Europese normen voor ozon en fijn stof worden echter nog overschreden en daarmee blijven gezondheidsrisico's bestaan. Fijn stof en ozon worden verantwoordelijk geacht voor circa 1% van de totale vroegtijdige sterfte en het totaal aantal spoedopnamen in verband met hart- en vaatziekten en aandoeningen van de luchtwegen.

### ***Gezondheidsrisico's door aantasting van de ozonlaag blijven hoog***

Metingen laten zien dat in 1998 en 1999 de ozonlaag boven Nederland gemiddeld dikker was dan in de periode 1992-1997. Ook de voor toevallige bewolkingsfluctuaties gecorrigeerde UV-belasting was lager in deze jaren dan in 1992-1997. De eerste helft van 2000 geeft voor Nederland echter vrij lage ozonwaarden, zoals in de periode 1992-1997. Metingen van de dikte van de ozonlaag boven de Noordpool in het voorjaar tonen een forse afbraak overeenkomstig die in het afgelopen decennium. Van herstel van de ozonlaag kan dus nog niet worden gesproken. Modelvoorspellingen geven aan dat een herstel de komende jaren kan beginnen, maar tientallen jaren zal vergen en mogelijk vertraagd wordt door het versterkt broeikas effect. Bij een voortzetting van het huidige internationale beleid is de verwachting dat in Nederland het extra aantal jaarlijkse gevallen van huidkanker door aantasting van de ozonlaag rond het midden van de volgende eeuw uitkomt op 1.500-2.000 mensen per jaar. De hoogste toegevoegde risico's komen in Europa ten zuiden van Nederland voor, met maximaal het dubbele van de toegevoegde risico's in Nederland.



### ***Wegverkeer is de belangrijkste veroorzaker van lokale luchtverontreiniging en geluidbelasting***

Ondanks de toename van het aantal verkeerskilometers houdt de in de jaren '80 ingezette ontkoppeling tussen aantal voertuigkilometers en omvang van verbrandingsemissies aan. Hoewel de emissies van CO, NO<sub>x</sub>, benzeen en VOS sinds 1985 zijn gedaald, is het wegverkeer landelijk gezien nog steeds de belangrijkste veroorzaker van lokale milieu-problemen.

Sinds 1990 neemt het percentage inwoners van Nederland dat zich door geluid en geur gehinderd voelt langzaam af. Het percentage geluidgehinderden in Nederland is gedaald van 50% tot juist boven de doelstelling van 40%. De belangrijkste bron van (ernstige) geluidhinder is het wegverkeer. 27% van de inwoners van Nederland ondervindt hiervan ernstige hinder.

### ***Vliegverkeer oorzaak van veel hinder***

De sterke groei van de luchtvaart leidt tot toenemende geluidoverlast. Dit geldt niet alleen in de omgeving van de luchthavens, maar ook het gebied waarin mensen overlast ondervinden, wordt steeds groter. Vanaf 1998 neemt de geluidbelasting voor alle afstanden weer toe omdat de groei van het aantal vliegbewegingen sindsdien niet meer gecompenseerd wordt door het stiller worden van de vliegtuigen. Van de bevolking ondervindt 13% ernstige hinder van vliegtuiglawaai.

Ten opzichte van het referentiejaar 1990 is de geluidbelasting rond Schiphol in 1999 in termen van de formele Ke-systematiek (met zogenaamde 'afkap') in de onmiddellijke omgeving afgenomen met bijna 10% en in de bredere omgeving met 80%. Volgens de nieuwe Lden-systematiek, die een betere maat vormt voor de werkelijke geluidbelasting, is deze afname 20% respectievelijk 50%. De afname van de geluidbelasting dicht bij de luchthaven wordt dus in de nieuwe systematiek als groter, die voor de bredere omgeving als geringer beoordeeld.

### ***Collectieve waarden onder druk***

Het bodemgebruik is de afgelopen twintig jaar veranderd. Meer dan de helft van de ruim 800 km<sup>2</sup> landbouwgrond en de bijna 300 km<sup>2</sup> natuurlijk terrein zijn gebruikt voor bebouwing en verkeersterrein. De rest is omgezet in bos en recreatieterrein. Ook maatschappelijke veranderingen beïnvloeden de leefbaarheid van het landelijk gebied. Het aantal mensen dat in de landbouwsector werkzaam is daalt, het landelijk gebied verstedelijkt en speelt een steeds belangrijker rol in de ontspanning van mensen. Het areaal stiltegebieden dat aan de norm voldoet neemt af, en ligt beneden de doelstelling van 200.000 hectare. In 20% van de aangewezen stiltegebieden wordt de geluidnorm van 40 dB(A) overschreden.

### ***De kwaliteit van de lokale leefomgeving; hinder en gezondheid***

De laatste decennia is veel gezondheidswinst geboekt, vooral door vaccinaties, wet- en regelgeving voor voedsel, consumentenproducten en arbeidsomstandigheden en door verbetering van de gezondheidszorg. Nu in termen van levensverwachting veel is

bereikt, verschuift de aandacht van ‘langer leven’ naar ‘kwaliteit van leven’. De leefomgeving speelt hierin een belangrijke rol en verandert snel: steeds meer mensen wonen in steeds grotere steden, de gezinssamenstelling verandert en de cultuurverschillen nemen toe. De kwaliteit van de leefomgeving wordt bepaald door een combinatie van fysieke en sociale factoren en de beleving hiervan. De milieukwaliteit (zoals luchtkwaliteit, geluidhinder en externe veiligheid) vormt hiervan slechts een onderdeel. Ook de fysieke kwaliteit van de woning, de (verkeers)veiligheid en de sociale kwaliteit van de woonomgeving (contact met burens) en de beleving daarvan spelen een belangrijke rol. Luchtkwaliteit en (geluid)hinder bepalen in belangrijke mate de milieukwaliteit. Het verkeer speelt een belangrijke rol daarbij. De gemiddelde woon-werkafstand is toegenomen evenals ernstige hinder door wegverkeer. Opvallend is de stijging van het grote aantal ernstig gehinderden (van 13 naar 22%) door burengerucht met name in de meest verstedelijkte gemeenten. Oudere stadswijken met meergezinswoningen en een dichte bebouwing scoren op veel fronten ongunstig. Problemen op sociaal-economisch, gezondheids- en milieugebied komen daar vaak samen. Groenstedelijke en dorpswijken worden als beter, gezonder en leefbaarder ervaren.

### ***Milieukosten stijgen, ook ten opzichte van het BBP***

Het instandhouden van de bereikte resultaten bij de afvalverwijdering, het transporteren en zuiveren van afvalwater en het terugdringen van emissies van prioritair stoffen naar water en lucht, kostte in 1999 bijna 12 miljard gulden; dat is meer dan de helft van de totale milieukosten in dat jaar. De milieukosten bedroegen in 1999 circa 22 miljard gulden (circa 2,5% van het BBP). In 1990 waren de totale milieukosten nog circa 13 miljard gulden, wat overeen kwam met een aandeel in het BBP van circa 2%. Voor de komende jaren wordt een verdere groei van de milieukosten verwacht tot zo'n 25 miljard gulden in 2004, waarbij het aandeel in het BBP nog licht stijgt.

# 1

## Inleiding





# 1 INLEIDING

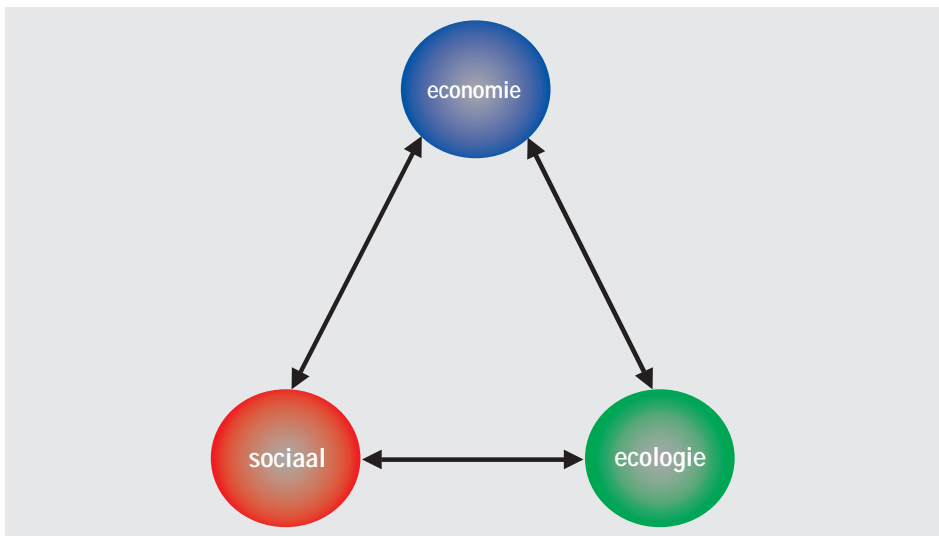
## **Afweging van economische, ecologische en sociaal-culturele waarden**

De huidige milieukwaliteit is de resultante van de eerder gemaakte afwegingen tussen ecologische, economische en sociale belangen. De milieukwaliteit is op een aantal terreinen duidelijk verbeterd. Voor een aantal terreinen (klimaatverandering door energiegebruik, hinder en risico door mobiliteit en ruimtebeslag door wonen, werken en vervoer) hebben economische of sociale belangen zwaar gewogen en daalde de kwaliteit van milieu en natuur. De facto wordt dus invulling gegeven aan het concept van ‘zwakke duurzaamheid’, waarbij tussen de drie ‘bestaanskwaliteiten’ (zie *figuur 1.1*) tot op zekere hoogte een uitruil kan plaatsvinden. De verschuiving tussen economische, ecologische en sociaal-culturele kwaliteiten zou daarbij niet zo groot mogen zijn dat toekomstige generaties hun eigen opvattingen over de verhoudingen tussen deze kwaliteiten niet meer zouden kunnen realiseren.

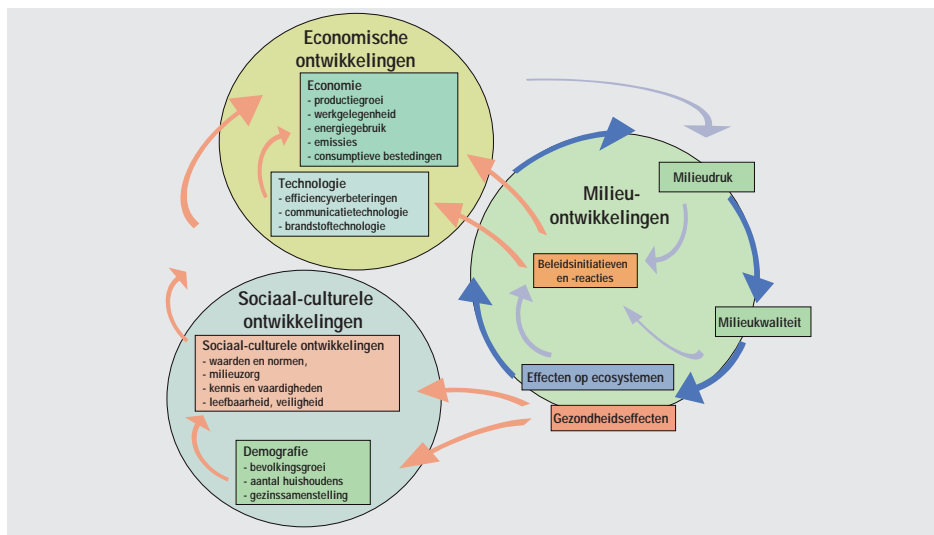
## **Milieudruk**

De onderlinge wisselwerking tussen de drie genoemde domeinen is in meer detail aangegeven in *figuur 1.2*. De groei van productie en consumptie is primair bepalend voor de ontwikkeling van de milieudruk en milieukwaliteit.

Door technologische vernieuwingen kunnen productieprocessen en producten worden ontwikkeld die een geringere milieudruk opleveren. Momenteel leiden technologische ontwikkelingen en consumptiepatroon echter nog tot een hogere energievraag. Het is onzeker of technologische ontwikkelingen, de met de groei van het besteedbaar inkomen en van consumptieve bestedingen toenemende milieudruk, voldoende kunnen compenseren.



*Figuur 1.1 De drie domeinen van hun duurzaamheid met hun onderlinge interacties.*

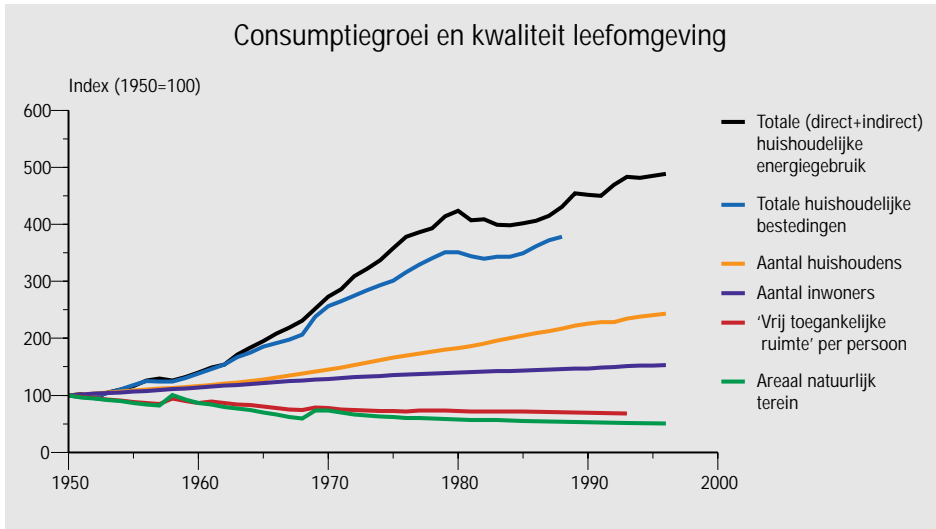


Figuur 1.2 Schematische weergave van interacties tussen de economische en sociaal-culturele ontwikkelingen en de milieuketen.

In de sterk gegroeide economie is steeds meer geld beschikbaar gekomen voor een steeds breder scala van consumptiegoederen. Het aanbod en de keuzemogelijkheden voor materiële consumptie zijn verruimd en het gedrag is daaraan aangepast (Gatersleben, 2000). Consumptieve activiteiten waaronder mobiliteit, activiteiten aan het eind van de productieketen (diensten en transport) en activiteiten die een beslag op ruimte leggen (wonen en verkeer en vervoer), leiden vooral tot lokale milieudruk en hinder. Het gegroeide inkomen heeft in de afgelopen 40 jaar geleid tot een verdrievoudiging van het energiegebruik per huishouden (Vringer & Blok, 1995). Het aantal kilometers dat men per auto reist is in dezelfde periode zelfs vertienvoudigd. De laatste jaren is het aantal Nederlanders dat met de auto op vakantie gaat gedaald van 63 naar 56% ten gunste van een groei van het aandeel vliegvluchten van 17 naar 26%.

Waar de levensverwachting en welvaart zijn gestegen en de kwaliteit van lucht, water en bodem op onderdelen is verbeterd ten opzichte van de situatie in de jaren '60-70, bedreigt het consumptiepatroon de omgeving en de leefbaarheid. De ernstige geluidhinder breidt zich uit, de kwaliteit van natuur en landschap neemt steeds meer af en de veiligheid en kwaliteit van de leefomgeving daalt mede door bevolkingsdruk en groei van de mobiliteit. De economische groei heeft een aantal menselijke behoeften bevredigd maar tegelijkertijd nadelige gevolgen gehad voor ecologische waarden (zie *figuur 1.3*). Zonder aanvullend beleid zal bij de huidige economische groei de milieukwaliteit en leefbaarheid verder afnemen.

Ten aanzien van sociale waarden blijkt onder andere dat minder tijd besteed wordt aan lezen en sociale contacten. Met de ontwikkeling van de welvaartstaat ontstaat behalve een consumptiepatroon met een hoog energiegebruik ook een richtinggevend waarden-



Figuur 1.3 Ontwikkeling van een aantal sociale, culturele en ecologische waarden, 1950-1996 (1950=100) (Bron: CBS en RIVM).

patroon waarin sterk wordt gehecht aan kwaliteit van leven met als belangrijke indicatoren; gezondheid, veiligheid, sociale relaties, individuele ontplooiingsmogelijkheden, vrijheid en comfort (Ester & Vinken, 2000; Vlek, 1999).

In de analyse van de maatschappelijke trend spelen processen als globalisering, liberalisering en individualisering, ontwikkeling van kennis en technologie en milieubeleid een rol. De milieudruk die ontstaat door activiteiten wordt niet altijd door de veroorzaker zelf ervaren. Milieudruk bij de productie van geïmporteerde goederen vindt plaats in het buitenland. Omgekeerd levert de productie van te exporteren goederen een bijdrage aan de milieudruk in het binnenland. In deze Milieubalans is gekozen voor een andere indeling dan die volgens de gebruikelijke bron-effectketen. De belangrijkste milieuproblemen worden integraal behandeld binnen vier themahoofdstukken:

- *Energiegebruik en klimaatverandering*, met aandacht voor de rol van consumptie- en productiepatronen bij versterking van het broeikas effect,
- *Grensoverschrijdende luchtverontreiniging*, gericht op het effect van luchtverontreiniging op de gezondheid van de mens,
- *Het milieu in het landelijk gebied*, met een analyse van de gevolgen van milieudruk op natuur en leefbaarheid in het landelijk gebied,
- *De mens en de stedelijke leefomgeving*, met een accent op de gevolgen van fysische veranderingen in de milieukwaliteit en van belevingsfactoren als hinder en risico op de leefbaarheid in de woonomgeving.





# 2

## Dertig jaar milieubeleid



In de afgelopen jaren is een groot aantal maatregelen genomen om de milieukwaliteit te verbeteren. Wat was de aanleiding voor die maatregelen, hoe heeft het beleid ze geïmplementeerd en wat is er bereikt?



## 2 DERTIG JAAR MILIEUBELEID

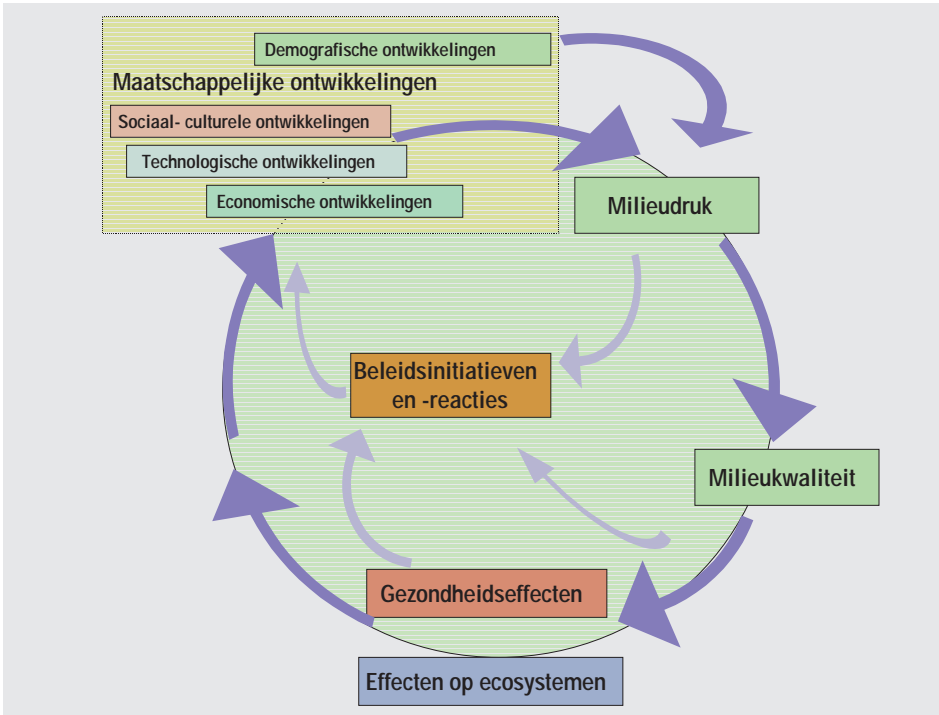
### **Milieubeleid als antwoord**

Milieubeleid vormt een essentieel terugkoppelingsmechanisme in de interactie tussen maatschappij en milieu (zie *figuur 2.1*). Milieubeleid kan zowel aangrijpen bij de effecten (bijvoorbeeld woningen isoleren of heidevelden afplaggen) als bij 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



*Figuur 2.1 De plaats van het beleid in de milieuketen.*

(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.

#### Verzuringsbeleid

In de jaren '80 en '90 vond - in internationale context - een aanzienlijke intensivering plaats van het verzuringsbeleid: strenge eisen van de Europese Unie (EU) werden aan voertuigen en verbrandingsinstallaties gesteld. Eigenlijk was hier voor het eerst sprake van een internationale en preventieve aanpak van een probleem: de verzuringschade was slechts zichtbaar in Scandinavische meren en enkele zwaarbelaste bossen in Centraal Europa. Opvallend was dat de baten van milieumaatregelen vaak in andere landen neer-

slaan dan in de landen die de maatregelen bekostigen. Zo betaalt Nederland - als netto exporteur van verzuring - relatief veel mee aan (potentiële) 'baten' die in het buitenland zullen optreden. Dit werd in het kader van het 'vervuiler betaalt'-beginsel aanvaardbaar geacht. Bovendien werden de verzuringsmaatregelen, vanwege de samenhang met de (vermindering van) gezondheidsrisico's door zomer- en wintersmog, als 'no-regret'-maatregelen gezien.

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) van 1989 kan gezien worden 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 praktijk van de jaren '90 blijken nationaal en internationaal milieu- en natuurdoelen steeds meer in samenhang te worden gezien met sociale en economische doelen, waarbij de facto risico's en belangen, kosten en baten tegen elkaar worden afgewogen. Deze benadering - waarbij de milieukwaliteit tot op zekere hoogte uitruilbaar is met economische en sociale kwaliteiten - wordt wel 'zwakke duurzaamheid' genoemd. In het verleden hiervan verschoof de beleidsaandacht van absolute doelen naar relatieve duurzaamheidsmaten, zoals efficiency- en ontkoppelingsindicatoren (het 'factor 4' initiatief) 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 NO<sub>x</sub>). 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.

### **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. Desalniettemin resteren er nog steeds problemen, waarvan de stijgende CO<sub>2</sub>-emissies en het in hoog tempo verloren gaan van de biodiversiteit (zowel binnen Nederland als daarbuiten) niet de minste zijn.

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. Op alle bestuurlijke niveaus die bij de uitvoering en handhaving betrokken zijn, worden opnieuw afwegingen gemaakt. Daardoor werd er steeds meer van de doelstelling teruggenomen en werd soms maar amper de helft van het beoogde resultaat 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 NO<sub>x</sub>-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, 2000a).

## Kosten en baten

In de afgelopen decennia is van tijd tot tijd op nationale en internationale schaal onderzoek gedaan naar de kosten en baten van het milieubeleid. Ondanks de onvolkomenheden waarmee dit soort schattingen noodzakelijkerwijs behept is (Maas, 2000b), geven de studies als algemene conclusie aan dat de baten van het huidige milieubeleid de kosten ervan overtreffen. Daarbij moet bedacht worden dat veel milieumaatregelen in de loop van de tijd door leer- en schaafeffecten relatief snel goedkoper worden. Goede voorbeelden daarvan zijn de driewegkatalysator en de NO<sub>x</sub>-arme CV-ketel. De jaarlijkse productiviteitsverbetering van veel milieu-investeringen ligt ruwweg tweemaal zo hoog als de verbetering van de gemiddelde kapitaalproductiviteit, vermoedelijk omdat het gaat om relatief 'jonge' technologie. Ook voor de industrie blijken de milieukosten achteraf in veel gevallen lager uit te vallen dan vooraf werd geraamd (SEI, 1999). Vooroplopen in het treffen van milieumaatregelen kan op termijn concurrentievoordelen opleveren, zoals blijkt uit de export van Nederlandse waterzuiveringstechnologie in de jaren '80, de huidige concurrentiepositie van de Deense windmolentechnologie en de Nederlandse gastechnologie.

Kosten-batenanalyses van milieubeleid laten in veel gevallen een gunstige kosten-batenverhouding zien (zie tabel 2.1). Zelfs toepassing van alle beschikbare technieken ter bestrijding van verzuring en grensoverschrijdende luchtverontreiniging blijkt de kosten-batentoets te doorstaan, met name vanwege de aanzienlijke gezondheidswinst die ermee verbonden is (Holland *et al.*, 1999). De kosten-batenverhouding ligt niet in alle landen gelijk: in Nederland ligt de kosten-batenverhouding iets ongunstiger vanwege de hoge ruimtelijke dichtheid

aan emissiebronnen, waardoor ook bij vergaande maatregelen nog steeds sprake is van een substantiële overschrijding van beschermingsniveaus.

Aanvullend klimaatbeleid lijkt eveneens een gunstige kosten-batenverhouding te hebben (RIVM/EFTEC/NTUA & IIASA, 2000). Zelfs al zijn de klimaateffecten onzeker, dan nog zijn de kostenbesparingen die door energiebesparing en veranderingen van de brandstofmix worden uitgelokt op andere beleidsterreinen (zoals verzuring) hoger dan de kosten van de maatregelen.

De kosten van aanvullend mestbeleid zijn hoger dan de kosten die drinkwaterbedrijven zouden moeten maken om het gewonnen grondwater te ontdoen van nitraten. Desondanks heeft de EU besloten geen drinkwaterwinning toe te staan uit ruwwater dat meer dan 50 mg nitraat per liter bevat. Overigens moeten de meeste 'baten' van het mestbeleid vooral gezocht worden in de (nog niet gemonariseerde) bescherming van waterecosystemen (zoals planten, vissen, reptielen en watervogels) en het behoud van de meren en Noordzee als zwemwater.

De totale jaarlijkse schade door milieuverontreiniging kan worden geraamd op minimaal 43 miljard gulden. De schade door verzuring is relatief het hoogst. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door schades als gevolg van ozon op leefniveau en fijn stof. In termen van potentiële baten van nieuw beleid zou dus hier de hoogste prioriteit moeten liggen. Vermesting scoort relatief laag, al moet hierbij de kanttekening worden gemaakt dat de schaderamingen met grote onzekerheden zijn omgeven.

Tabel 2.1 Kosten en baten van een aantal beleidsthema's (in miljarden gulden, prijspeil 2000) (Bron: EFTEC/RIVM).

	Raming milieukosten in 2000	Gemiddelde jaarlijkse baten <sup>1)</sup>	Baten/kosten ratio
Verzuring <sup>2)</sup>	2,7	25	9,4
Klimaatverandering	0,8	4,6	5,8
Vermesting <sup>3)</sup>	0,9	1,2-2,4	1,3-2,6
Geluidhinder	0,9	4,0	4,4
Verontreiniging bodem <sup>4)</sup>	1,3	7,4	5,7
Totaal	6,6	43	6,5

1) Dit omvat de potentiële primaire baten van beleid en zijn dus schadeschattingen; het betreffen gemiddelde ramingen voor de periode 1995 tot 2030.

2) Het thema verzuring is inclusief fijn stof en ozon op leefniveau. Milieukosten zijn indicatief en verondersteld is dat kosten fijn stof voornamelijk meeliften met andere beleidsmaatregelen.

3) Milieukosten zijn exclusief (tijdelijke) overheidsuitgaven herstructurering landbouw.

4) Exclusief waterbodems.

De macro-economische gevolgen van het tot dusverre gevoerde milieubeleid zijn verwaarloosbaar klein gebleken. Schattingen van de economische gevolgen van aanvullend milieubeleid bleven tot dusverre binnen de foutenmarge van de groeiverwachtingen (CPB, 1989). Wel kunnen voor specifieke bedrijven en sectoren (denk aan de landbouw) duidelijke gevolgen optreden. Het betreft dan vooral bedrijven en bedrijfstakken met een lage graad van technologische vernieuwing. Tot dusverre zijn er vrijwel geen bedrijven puur om milieuredenen gesloten. Bedrijfsbeëindiging (van

bijvoorbeeld boerenbedrijven) hing in veel gevallen meer af van concurrentiekracht en marktomstandigheden.

De economische gevolgen van het milieubeleid treffen lagere inkomensgroepen soms harder dan hogere inkomens. Dat is met name het geval bij milieuheffingen. Enige jaren geleden werd om deze reden een 'zalmsnip' toegekend, teneinde ongewenste inkomensverdelingseffecten van de hogere afval- en afvalwaterheffingen te compenseren.

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 vorig jaar - een lage prioriteit werd gegeven. In feite hebben niet-milieumaatregelen, 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 'natuurwetenschappelijke' 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, maar 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.

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 (luxe, genot, gemak)?" vereisen een afweging over verschillende beleidsterreinen heen en een integratie van kennis op terreinen als natuur, milieu, econo-

mie 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.

### **Terugblikkend**

- Incidenten vormden zeker in het begin een belangrijke drijfveer voor het formuleren van milieubeleid. Ondanks alle beleid, zijn incidenten nog steeds belangrijke ‘triggers’, denk aan de Bijlmerramp (1992), Legionella-slachtoffers (1999) en Enschede (2000).
- Kosteneffectiviteit speelde bij de beleidsvorming tot dusverre vaak een ondergeschikte rol. Urgentie en maatschappelijk draagvlak waren belangrijkere drijfveren (RIVM, 1995; Van der Peppel *et al.*, 1994).
- De beleidsontwikkeling ging vaak trager dan verwacht en door wegleffecten bij de uitvoering en handhaving werd soms maar een deel van de beoogde resultaten gerealiseerd. Een goed voorbeeld vormt de introductie van het ‘rekeningrijden’.
- Regelgeving bleek een effectief instrument bij het realiseren van vergaande emissie-reducties.
- De effectiviteit van financiële prikkels in de vorm van belastingen, heffingen en subsidies hangt sterk samen met de hoogte ervan. Indien de inkomens harder stijgen dan verwacht zal het effect van de heffingen tegenvallen (Coenen *et al.*, 2000).
- Convenanten en meerjarenafspraken vergroten het draagvlak voor het beleid, versnellen de implementatie van beleid, maar de ambities zijn doorgaans niet erg hoog, en stimuleren niet tot innovaties. Meerjarenafspraken gaan vaak niet verder dan dat wat zonder zulke afspraken ook al zou worden gerealiseerd. Ze stimuleren de technologische vernieuwing niet (Hoek *et al.*, 1998; Universiteit Utrecht, 1997).
- Technische oplosbare problemen kunnen hardnekkig zijn omdat de te nemen maatregelen stuit op maatschappelijk of bestuurlijk verzet. Er is weinig draagvlak voor beleid dat gedragsverandering beoogt of de economische structuur beïnvloedt.
- In het milieubeleid wordt steeds vaker meer accent gelegd op de eigen verantwoordelijkheid van de betrokken partijen, al dan niet versterkt met financiële instrumenten.

### **Beleidsuitdagingen**

Uit het voorgaande komt het beeld naar voren dat een maatschappelijke ontwikkeling zich niet vanzelf in een milieuvriendelijke richting beweegt; dat het beleid bij voortgaande economische groei nooit af is en zelfs steeds opnieuw inspanningen moet doen om emissies niet te laten oplopen. Het is niet zozeer de instrumentenmix zelf die de effectiviteit van het beleid bepaalt, maar vooral de hoogte of scherpte waarmee de instrumenten worden toegepast.

Elke instrumentenmix heeft andere gevolgen voor de verdeling van de kosten over de sectoren en inkomensklassen en voor de efficiency. Bij een instrumentenkeuze moeten derhalve milieu-effectiviteit, economische efficiency en sociale aspecten tegen elkaar worden afgewogen. Afhankelijk van de politieke nadruk op één of meer van de genoemde belangen zal de nadruk van de instrumentenmix komen te liggen op respectievelijk



geboden, heffingen of belonen in de vorm van subsidies. Communicatieve instrumenten (voorlichting, labelling en convenanten) zijn noodzakelijke voorwaarden om draagvlak te creëren, maar ze zijn niet voldoende.

Het formuleren van kwantitatieve langetermijn-doelstellingen kan helpen om het bedrijfsleven duidelijkheid te geven over de beoogde ontwikkelingsrichting, en langs die weg het innovatieproces bevorderen. Daarbij kan een participatieve benadering helpen om (wederzijds) begrip te kweken, normen en waarden te beïnvloeden en te zoeken naar initiatiefnemers die een breed gedragen transitieproces op gang kunnen brengen in de richting van duurzame productie- en consumptiesystemen (Kemp, 2000). Participatie is dan belangrijk bij het bepalen van de route naar het doel. Bedrijven kunnen de meest kosteneffectieve weg helpen bepalen.

In een liberale markteconomie zal volgens Arentszen & Künneke (1996) echter netwerksturing met overredingsinstrumenten steeds minder effectief zijn. De rol van de nationale sectorvertegenwoordigers zal verwateren. Eenduidige (Europese) regels, (internationaal afgesproken) heffingen of verhandelbare rechten zullen meer de voorkeur krijgen. De Europese harmonisatie en de globalisering nopen meer nog dan in het verleden tot een geloofwaardige internationale beleidsstrategie, gericht op het instellen van milieu- (en sociale) instituties die een tegenwicht kunnen vormen tegen de globale marktkrachten, die (minimum) milieuregels kunnen stellen aan producten, die kunnen toezien op de naleving van milieuafspraken, op het beheer van de 'global commons', op internationale verhandeling van milieurechten, en een geharmoniseerde inzet van (internationale) marktconforme instrumenten.

Naast globalisering van het milieubeleid is sprake van een toenemende decentralisatie van de uitvoering en de beleidsvorming rondom lokale milieuproblemen zoals geluidshinder, externe veiligheid en lokale verontreinigingen. De kwaliteit van de besluitvorming zal bij decentralisatie alleen toenemen als gelijktijdig de benodigde kennis en informatie voor andere overheden beschikbaar kunnen komen. Anders dreigen economische belangen in de lokale besluitvorming - door onwetendheid - altijd voor te gaan.



# 3

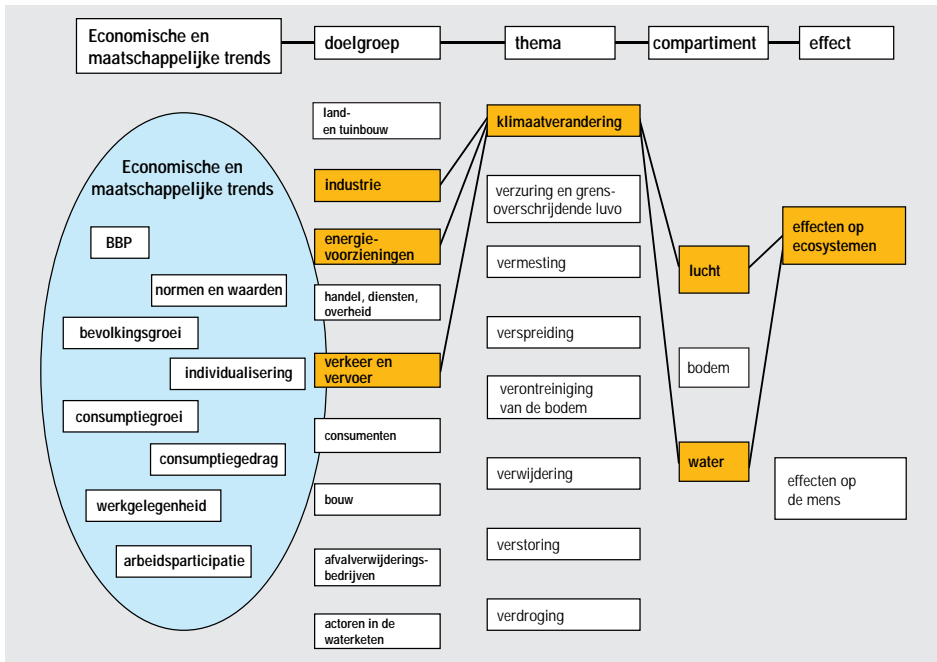
## Energiegebruik en klimaatverandering



De economie in Nederland en Europa groeit sterk. Stijgen daarmee ook de emissies van broeikasgassen of is er ontkoppeling van activiteiten en milieudruk? De temperatuur op aarde stijgt, evenals de zeespiegel en de hoeveelheid neerslag. Het algemene beeld is dat door versterking van het broeikaseffect het mondiale klimaat verandert. Is klimaatverandering in Nederland al merkbaar?



### 3 ENERGIEGEBRUIK EN KLIMAATVERANDERING



Figuur 3.1 Bron-effectketen Klimaatverandering.

- De behoefte aan energie door eindgebruikers, met name voor elektriciteitsproductie en mobiliteit, blijft stijgen met 1-2% per jaar. Dit is minder snel dan de groei van het BBP.
- Het primaire energiegebruik door de industrie en raffinaderijen stabiliseert sinds 1995. Efficiencyverbeteringen compenseren de groeiende industriële productie.
- De bijdrage van warmte/kracht-vermogen aan de energiebesparing in de industrie is circa 10% en de helft lager dan gerapporteerd in het kader van MJA-monitoring (20%).
- De consumptieve bestedingen door consumenten zijn in de periode tussen 1995 en 1999 met 15% gegroeid. Het totale energiegebruik is daardoor met 10-15% gegroeid, met name door een stijging van het indirecte energiegebruik door de aanschaf van goederen.
- De CO<sub>2</sub>-emissie is in 1999 gedaald ten opzichte van 1998. Dit komt vooral door de import van elektriciteit uit het buitenland. Deze import is een gevolg van de liberalisering van de energiemarkt.
- In de groep van EU-landen met een reductieverplichting waarin ook Nederland zit, zijn alleen de Nederlandse CO<sub>2</sub>-equivalente emissies in de periode 1990-1995 gestegen. De CO<sub>2</sub>-equivalente emissies van de andere landen in de groep zijn gedaald.

- Waarnemingen van een aantal fysische klimaatparameters als temperatuur, sneeuwbedekking, neerslag buiten de tropen, stijging van de zeespiegel en een afname van het arctisch zeeijs wijzen op een verandering van het mondiale klimaat.
- De gemiddelde temperatuur en neerslag in Nederland zijn gedurende de 20ste eeuw gestegen.

## 3.1 Inleiding

Natuurlijke klimaatveranderingen en klimaatvariaties zijn van alle tijden. Zo hebben onder meer grote vulkaanuitbarstingen, El Niño's en zonnevlekken invloed op de gemiddelde temperatuur op aarde. Maar tegenwoordig is het handelen van mensen een factor van toenemend belang. Door het verbranden van fossiele brandstoffen waarbij een grote hoeveelheid kooldioxide (CO<sub>2</sub>) vrijkomt, is de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer de laatste eeuw met een derde toegenomen.

CO<sub>2</sub> is niet het enige, maar wel het belangrijkste door menselijk handelen geëmitteerde broeikasgas. Wereldwijd draagt de emissie van CO<sub>2</sub> voor 60% bij aan de totale emissie van broeikasgassen. In de geïndustrialiseerde landen is dat zelfs 70%. De belangrijkste bronnen zijn hier de industrie, de elektriciteitssector en verkeer en vervoer. De andere belangrijke broeikasgassen zijn: methaan (CH<sub>4</sub>, bijdrage 10-20%), distikstofoxide (N<sub>2</sub>O, bijdrage 5-10%), chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's), fluorkoolwaterstoffen (HFK's), perfluorkoolwaterstoffen (PFK's) en zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>), deze laatsten samen circa 5%.

Om een ongewenste beïnvloeding van het klimaat te vermijden, moeten de concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer worden gestabiliseerd. Daarvoor moeten wereldwijd de emissies met meer dan de helft worden teruggebracht. Een dilemma hierbij is dat het terugdringen van broeikasgassen op korte termijn tot kosten leidt, terwijl de baten onzeker zijn en pas in de toekomst optreden. Bovendien grijpt klimaatbeleid aan op veel activiteiten en sectoren in de samenleving waardoor veranderingen complex en ingrijpend kunnen zijn.

De Europese Unie (EU) heeft zich tijdens de klimaatonderhandelingen in Kyoto verplicht om de uitstoot van broeikasgassen (in CO<sub>2</sub>-equivalenten) voor 2008-2012 met 8% te reduceren. Voor CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O geldt 1990 daarbij als peildatum terwijl voor HFK's, PFK's en SF<sub>6</sub> 1995 als peildatum geldt. De in EU-kader overeengekomen reductie voor Nederland bedraagt 6%.

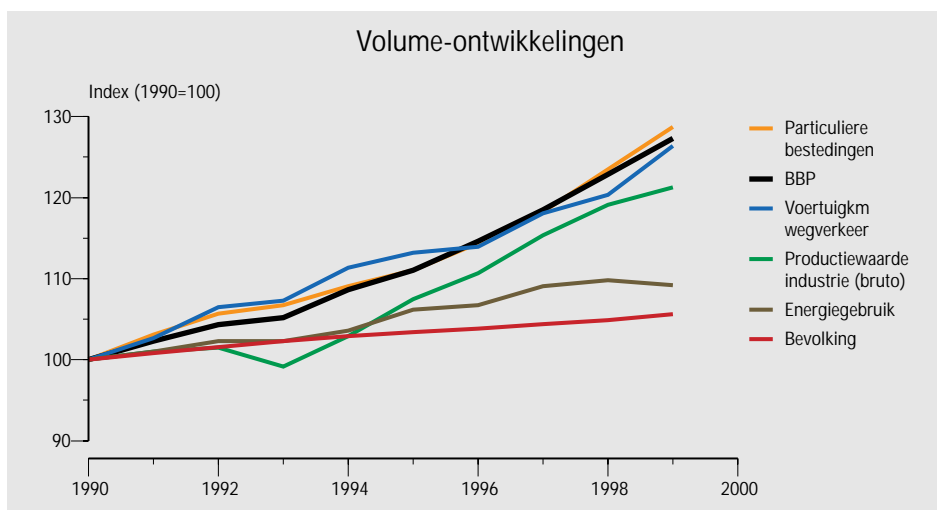
De Uitvoeringsnota Klimaatbeleid (deel 1: Binnenlandse maatregelen) (VROM, 1999) gaat er van uit dat de Nederlandse emissie van broeikasgassen met 50 miljard CO<sub>2</sub>-equivalenten gereduceerd moet worden om aan de reductiedoelstelling van 6% te voldoen. De helft hiervan wordt gezocht in maatregelen in het buitenland. In de Uitvoeringsnota is voor circa 25 miljard CO<sub>2</sub>-equivalenten aan concrete maatregelen geformuleerd ter vermindering van de binnenlandse emissies. Effecten van deze reductiemaatregelen worden tot 2004 nauwelijks verwacht.

CO<sub>2</sub> draagt voor circa 75% bij aan de Nederlandse broeikasgasemissies. Daarom is dit hoofdstuk voornamelijk gericht op CO<sub>2</sub>. De emissie van CO<sub>2</sub> kan op een paar manieren dalen: via een verschuiving naar brandstoffen met een lagere koolstofintensiteit, via de inzet van duurzame energie (zon, wind, biomassa), via volume-effecten (vermindering van activiteiten die leiden tot CO<sub>2</sub>-emissies) en via energiebesparing (uitvoeren van dezelfde activiteiten, maar met gebruik van minder energie). Het klimaatbeleid is een belangrijke drijfveer voor energiebesparing. Energiebesparing krijgt daarom ruim aandacht in dit hoofdstuk. Vervolgens wordt nader ingegaan op de doelgroepen die een aanzienlijke bijdrage leveren aan de emissie van CO<sub>2</sub>, waarbij aandacht wordt besteed aan de relatie tussen volume- en emissieontwikkeling (paragraaf 3.3). Daarna worden de gevolgen op de milieukwaliteit gepresenteerd (paragraaf 3.4). Tenslotte wordt ingegaan op de effecten hiervan (paragraaf 3.5).

## 3.2 Maatschappelijke ontwikkelingen

### Inleiding

Net als in de voorgaande jaren zijn in 1999 tal van economische en maatschappelijke ontwikkelingen verder in omvang toegenomen. Zo groeide het bruto binnenlands product (BBP) ten opzichte van 1998 met 3,6%, stegen de productiewaarde van de industrie en de consumptieve bestedingen met respectievelijk 1,8 en 4<sup>1</sup>/<sub>4</sub>%, en nam de bevolking met 0,7% toe. De behoefte aan energie door eindgebruikers (brandstof, elektriciteit en grondstoffen) in Nederland steeg met 1-2%. Tegelijkertijd daalde echter het binnenlands energiegebruik met ruim 0,5% (figuur 3.2.1). De reden hiervoor is dat de import van elektriciteit uit het buitenland in 1999 is toegenomen met ruim 50% (paragraaf 3.3). De geïmporteerde elektriciteit wordt wel tot het binnenlandse energiegebruik gerekend, maar de omzettingsverliezen (de energie die verloren gaat bij de productie van die elektriciteit) niet, want die vinden in het buitenland plaats. Doordat dit energiegebruik



Figuur 3.2.1 Volume-ontwikkelingen in Nederland, 1990-1999.

niet aan Nederland wordt toegerekend, daalt het Nederlandse energiegebruik. De import-toename van elektriciteit is een gevolg van de liberalisering van de energiemarkten.

De Nederlandse economie bevindt zich nog steeds in een fase van hoogconjunctuur. Deze hoogconjunctuur komt voor een belangrijk deel voor rekening van de sterke toename van de consumptie. De groei van de consumptieve bestedingen nam vorig jaar sterker toe dan de groei van het netto gezinsinkomen. Deze extra groei is vooral gerealiseerd door extra hypotheekleningen en het verzilveren van winsten op aandelen.

De aanhoudende economische groei wordt tegenwoordig door sommigen in verband gebracht met de 'nieuwe economie'. In de nieuwe economie zou de sterke ontwikkeling van de Informatie- en communicatietechnologie (ICT) het mogelijk maken dat de productiviteit toeneemt zonder dat er inflatie optreedt omdat we door de ICT-toepassingen met een gegeven hoeveelheid productiemiddelen een grotere productie kunnen leveren. Vanuit historisch perspectief komen de kenmerken van ICT overeen met die van eerdere doorbraaktechnologieën, zoals elektriciteit, de spoorwegen of de benzinemotor. Nader onderzoek zal uitsluitsel moeten geven over de invloed van ICT op de productiviteit in Nederland. Los van de potentiële bijdrage aan de productiviteitsstijging, levert de ICT-sector een aanzienlijke bijdrage aan de economische groei door de groei in de bedrijven die ICT-goederen en -diensten voortbrengen, zoals de telecommunicatiebedrijven en computerservicebureaus.

Naast veranderingen in de productiesfeer leiden tal van maatschappelijke krachten tot gedragsveranderingen. Zo hebben emancipatie en individualisering ertoe geleid dat vrouwen op grote schaal toetraden tot de arbeidsmarkt. Om werk met zorgtaken te kunnen combineren is er vooral bij vrouwen een behoefte om in deeltijd te werken. De ontwikkeling van de economie heeft de laatste jaren met name tot meer werkgelegenheid in de dienstensector geleid. Daarbij is de vraag naar deeltijdwerkers toegenomen. Doordat de vraag- en aanbodkant op de arbeidsmarkt wat dit betreft goed op elkaar aansloten is het aantal deeltijdwerkers de afgelopen jaren flink toegenomen. Het aantal tweeverdienhuishoudens nam daarmee ook toe. Vergeleken met eenverdieners hebben tweeverdieners in de regel meer geld tot hun beschikking en minder vrije tijd. Dit heeft gevolgen voor hun consumptiepatroon: tweeverdieners hebben vaker een tweede auto, meer huishoudelijke apparaten (afwasmachine) en meer baat bij tijdsbesparende consumptie (kant-en-klaar maaltijden, bezorgen, afhalen).

Ook de tijdsbesteding is onderhevig aan veranderingen. Het aantal uithuizige contacten neemt bijvoorbeeld toe door een stijging van het aantal eenpersoonshuishoudens. En door een toename van allerlei huishoudelijke apparaten neemt de tijd die gemoeid gaat met huishoudelijke taken af. De verandering in vrijetijdsbesteding heeft de laatste jaren geleid tot een toename van de automobilititeit.

### ***Energiegebruik in de Nederlandse economie***

Voor het thema Klimaatverandering zijn de economische ontwikkelingen vooral van belang voor zover ze het energiegebruik beïnvloeden. Immers, de emissie van CO<sub>2</sub> ontstaat voor



het grootste deel bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Economische groei leidt tot meer productie van goederen en diensten en daarmee tot een stijging van het energiegebruik. In hoeverre het energiegebruik door de economische groei beïnvloed wordt, hangt echter af van de energie-intensiteit van de sectoren waar die groei plaats vindt.

De huidige economische groei wordt voor een groot deel veroorzaakt door groei in de dienstensector (waaronder ICT). De bijdrage van de dienstensector aan het BBP neemt daardoor toe, terwijl de bijdrage van de industriële sectoren daalt. Deze structuurverandering van de Nederlandse economie gaat zeer geleidelijk. De verschuiving in de productiestructuur heeft een gunstig effect op het energiegebruik in Nederland omdat de dienstensector relatief energie-extensief is. In de periode 1990-1995 was het structuureffect van de Nederlandse economie nagenoeg nul. De energie-intensiteit (dit is het energiegebruik per eenheid BBP) daalde in die periode met circa 1% per jaar, vrijwel volledig toe te schrijven aan efficiencyverbetering. In de periode 1995-1999 begint zich de verschuiving in de economische structuur af te tekenen. Door de structuurverandering daalt de energie-intensiteit met circa 1% per jaar. Tegelijkertijd heeft in deze periode een efficiencyverbetering plaatsgevonden van 1,5-2% per jaar. Tezamen leidt dit tot een vermindering van de energie-intensiteit van circa 3% per jaar tussen 1995 en 1999. De toegenomen elektriciteitsimport in 1999 zorgt voor een vertekend beeld: door de daarmee samenhangende daling van het binnenlands energiegebruik is de werkelijke daling van de energie-intensiteit van de economie iets lager.

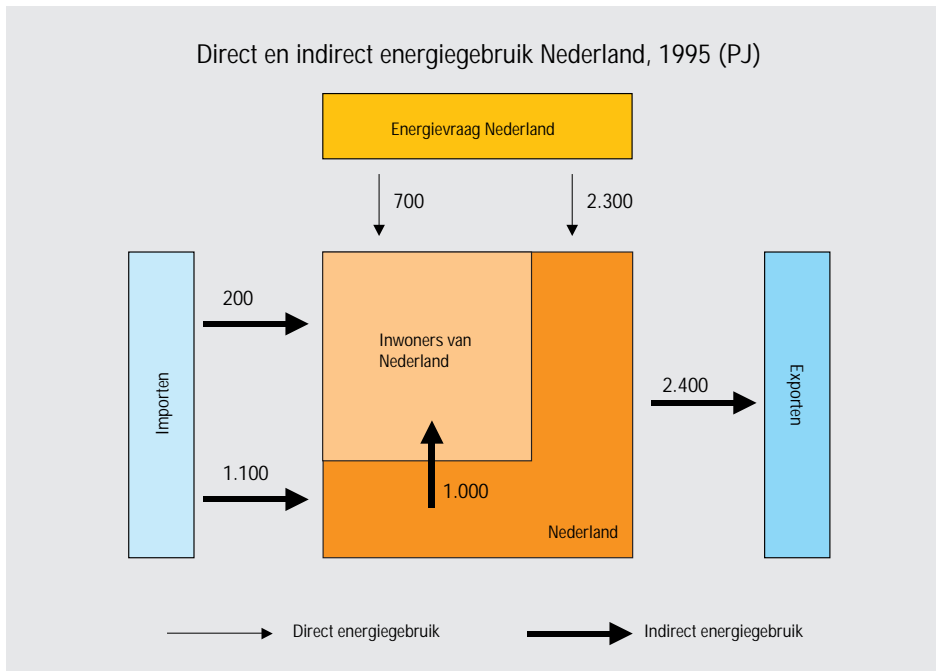
**Gevolgen van hogere economische groei op milieudruk**

Evenals in de voorgaande jaren was de economische groei in 1999 hoger dan de geraamde groei volgens het 'behoedzame' scenario van het CPB. De extra groei bedroeg vorig jaar 1,6%. Berekeningen, op basis van het Centraal Economisch Plan van het CPB, geven aan dat deze extra economische groei niet heeft geleid tot een evenredige toename van de milieudruk (tabel 3.2.1) ten opzichte van de milieudruk die volgens het 'behoedzame' scenario zou optreden in 1999. Dit komt doordat de extra groei voor een groot deel plaats vond in de dienstensector, die een relatief lage milieudruk heeft, terwijl de groei in de industrie iets achterbleef bij de geraamde groei. De groei in de raffinaderijen was zelfs negatief. Deze ontwikkelingen in de industrie en de raffinaderijen verklaren waarom de SO<sub>2</sub>-emissie harder is gedaald dan bij behoedzame groei werd verwacht. Belangrijke oorzaken voor de extra CO<sub>2</sub>-emissie van circa 1 miljard kg zijn de groei in de transport- en dienstensector en de toename van het elektriciteitsverbruik. (Hierbij is in de berekeningen uitgegaan van de vraag naar elektriciteit. De opwekking daarvan hoeft echter niet geheel in Nederland plaats te vinden. Als elektriciteit geïmporteerd wordt, worden de emissies die daardoor vrijkomen niet aan Nederland toegekend.) De

extra NO<sub>x</sub>-emissie is voor een groot deel toe te schrijven aan de groei van de transportsector. Voor de extra VOS-emissie zijn met name de consumenten, transport- en dienstensector verantwoordelijk. Het extra afval tenslotte, wordt voornamelijk veroorzaakt door de groei in de bouwsector. Deze rekenexercitie - die uitsluitend het effect van economische groei analyseert en geen rekening houdt met effecten van beleidsmaatregelen - illustreert het structureffect dat ontstaat door de sterke groei van de dienstensector en de minder sterke groei in de industrie.

*Tabel 3.2.1 De extra milieudruk als gevolg van 1,6% extra economische groei ten opzichte van de milieudruk volgens het 'behoedzame' scenario in 1999.*

	eenheid	%	absoluut
CO <sub>2</sub>	miljard kg	0,6	1,0
NO <sub>x</sub>	miljoen kg	1,6	7,2
SO <sub>2</sub>	miljoen kg	-1,2	-1,3
VOS	miljoen kg	1,1	3,2
Afval	miljard kg	1,0	0,6



*Figuur 3.2.2 Direct en indirect energiegebruik in Nederland, 1995.*

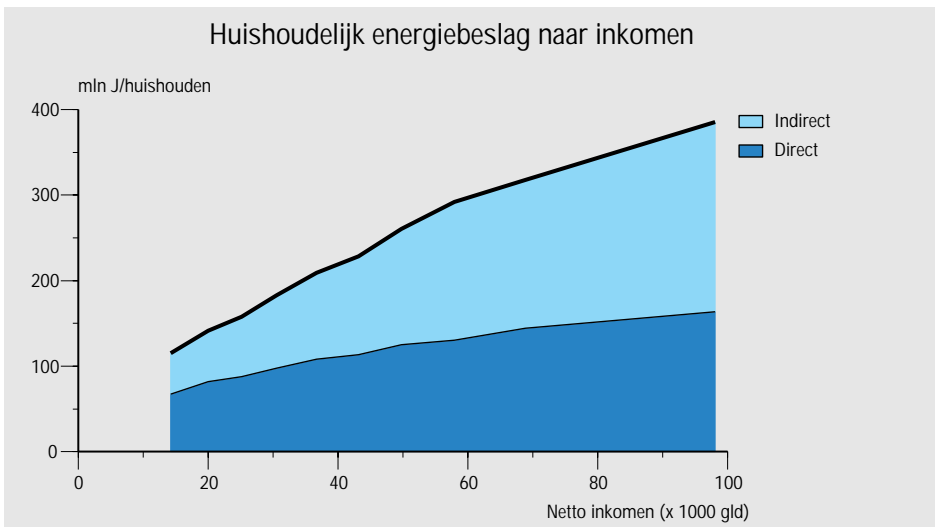
Het totale energiegebruik in Nederland is niet gelijk aan het energiegebruik door inwoners van Nederland. Immers een deel van het energiegebruik in Nederland wordt gebruikt voor de productie van goederen en diensten die geëxporteerd worden. Daarnaast worden er goederen en diensten (eindproducten, grondstoffen en halffabrikaten) uit het buitenland geïmporteerd. Het energiegebruik dat voor de productie van deze goederen nodig is, wordt toegerekend aan het buitenland. Figuur 3.2.2 illustreert dit voor 1995. Het totale energiegebruik in Nederland kan opgesplitst worden in het deel dat inwoners van Nederland direct gebruiken voor onder andere verwarming, verlichting, elektrische apparaten, mobiliteit (700 PJ) en in het deel dat wordt gebruikt in het productieproces voor de productie van goederen en diensten (2.300 PJ). Daarnaast is er voor de import van goederen en diensten die rechtstreeks door inwoners van Nederland worden geconsumeerd (200 PJ) en voor de importen van grondstoffen en halffabrikaten die worden gebruikt in het productieproces (1.100 PJ) energie nodig (aangeduid als indirect energiegebruik). De totale hoeveelheid energie die nodig is voor de productie van goederen en diensten in Nederland (3.400 PJ) kan voor bijna 30% worden toegerekend aan de binnenlandse consumptie (1.000 PJ) en voor ruim 70% aan de export van goederen (2.400 PJ). De totale hoeveelheid energie die direct en indirect (via de consumptie van goederen) door inwoners van Nederland wordt gebruikt, bedraagt per saldo 1.900 PJ, dit is 1.100 PJ minder dan de totale hoeveelheid energie die in Nederland wordt gebruikt.

### Energiegebruik door consumenten

Het totale energiegebruik door consumenten is op te splitsen in direct en indirect energiegebruik (figuur 3.2.3). Het directe energiegebruik bestaat uit het huishoudelijk elektriciteits- en gasverbruik en het gebruik van autobrandstoffen. Het indirecte energiegebruik omvat alle energie die nodig is voor de productie, transport en verhandelen van goederen en diensten. Om te weten hoeveel energie er in totaal wordt gebruikt door consumenten, wordt in deze paragraaf uitgegaan van het primaire energiegebruik; dit is alle benodigde energie inclusief de energie die nodig is voor de productie en distributie van energiedragers.

Tussen 1995 en 1999 namen de consumptieve uitgaven met 15% toe en daarmee steeg het totale (directe plus indirecte) energiegebruik met 10-15%. De uitgaven aan duurzame goederen stegen in dezelfde periode met 26%. De consument besteedde relatief meer geld aan elektronica, nieuwe personenauto's, recreatie en woninginrichting en relatief minder aan voedings- en genotmiddelen. Zo is het bezit van een tweede auto de afgelopen jaren gestaag toegenomen van 11% in 1987 tot 15% in 1997. In de nabije toekomst lijkt de trend naar meer uitgaven aan recreatie en elektronica door te zetten. Overigens verandert het bestedingspatroon van consumenten slechts langzaam in de loop van de tijd.

Van het totale energiegebruik van consumenten is ongeveer de helft indirect. Huishoudens met een hoger inkomen gebruiken meer energie dan huishoudens met een laag inkomen en huishoudens met een hoog inkomen gebruiken daarbij ook relatief meer indirecte energie.



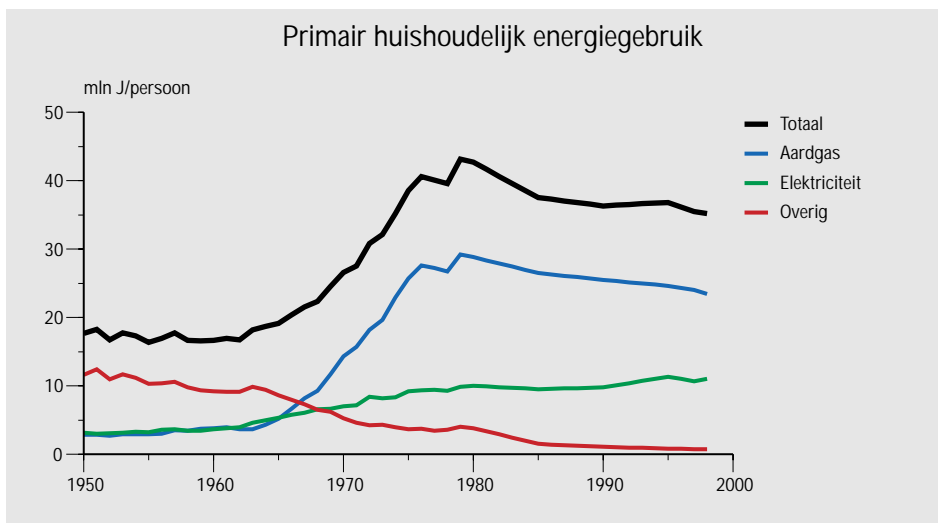
Figuur 3.2.3 Het totale primaire energiegebruik van huishoudens in relatie tot hun netto inkomen voor 1995.

Tabel 3.2.2 Bezit van enkele elektrische apparaten in huishoudens, 1990-1998 (Bron: EnergieNed).

	1990	1995	1996	1997	1998
% van de Nederlandse huishoudens					
Computer	26,5	49,9	56,9	55,9	62,4
Diepvrieskist/kast	43,3	55,7	55,8	54,8	56,6
Vaatwasmachine	10,0	21,1	25,1	29,1	34,7
Wasdroger	28,8	49,2	51,5	53,5	56,0
Wasmachine	95,7	96,8	97,5	97,5	98,1
Waterbed	-	5,2	5,5	5,9	6,7

Tussen 1950 en 1999 is het huishoudelijk elektriciteitsverbruik per persoon in Nederland meer dan vervijfvoudigd omdat vooral het bezit van elektrische apparaten sterk is gegroeid (tabel 3.2.2). Zo is het bezit van wasdrogers, vaatwasmachines en computers in de afgelopen tien jaar fors toegenomen. In termen van primair energiegebruik (figuur 3.2.4) is er geen vervijfvoudiging opgetreden omdat de efficiëntie van de opwekking van elektriciteit bijna is verdubbeld.

Het huishoudelijk temperatuurgecorrigeerde aardgasverbruik per persoon is tussen 1965 en 1975 zeer snel toegenomen, maar is vanaf het begin van de jaren '80 weer aan het dalen. Deze daling is het gevolg van de toepassing van woningisolatie en efficiëntere verwarmingsketels. Het toepassen van zulke maatregelen is, behalve door de sterk gestegen energieprijzen vanaf 1979, mede gestimuleerd door het energiebesparingsbeleid dat eind jaren '70 in gang is gezet. Hoewel na 1985 de reële energieprijzen gedaald zijn, is het besparingsbeleid succesvol voortgezet en is het gasverbruik verder gedaald. Zo is in 1998 het gasverbruik per persoon ten opzichte van 1997 met bijna 3%



Figuur 3.2.4 Primair huishoudelijk energiegebruik per persoon voor elektriciteit, gas en overige brandstoffen, 1950-1998.

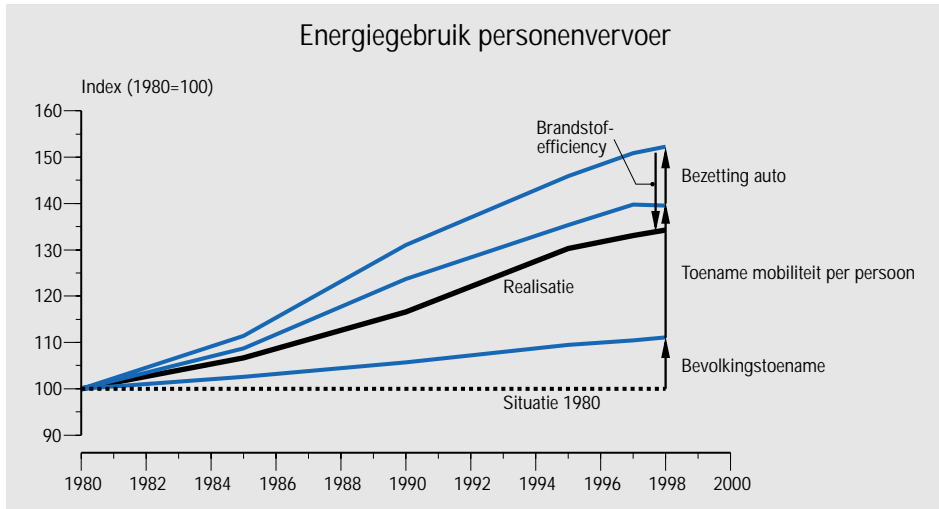
gedaald. Het totale directe energiegebruik per persoon is echter in 1998, door de toename van het gebruik van elektriciteit en motorbrandstof, maar met ruim 1% gedaald. Maar voor heel Nederland is het directe energiegebruik door de groei van de bevolking slechts met 0,6% gedaald.

De overheid probeert het huishoudelijk energiegebruik door middel van de regulerende energiebelasting (REB) te beïnvloeden. De REB heeft sinds de introductie in 1996 voor het kleinverbruik van gas en elektriciteit voor het eerst in lange tijd geleid tot een stijging van de reële energieprijzen. Het directe effect hiervan op het energiebesparingstempo is echter zeer moeilijk te bepalen. Wel is door de invoering van de REB een verschuiving van belasting op loon en inkomsten naar belasting op energiegebruik opgetreden, waardoor het belastingstelsel verder is vergroend. In 1999 leverde de REB een bedrag van bijna 3 miljard op, ofwel 1,5% van de totale belastingopbrengst. Voor de komende jaren wordt een verdere toename van het aandeel van de REB in de totale belastingopbrengst verwacht. Uit de opbrengst van de REB wordt jaarlijks een bedrag van 500 miljoen gulden teruggesluisd naar huishoudens en het bedrijfsleven. Door het verstrekken van energiepremies op efficiënte apparaten en het verhogen van het budget van de energie-investeringsaftrek heeft de REB indirect wel degelijk een positief effect op de energiebesparing.

In tegenstelling tot het huishoudelijk energiegebruik, stijgt het gebruik van energie die consumenten voor mobiliteit gebruiken. Het aantal personenautokilometers stijgt al jaren. Het inkomensniveau heeft grote invloed op autobezit (eerste en tweede auto) en -gebruik. Naast de inkomensontwikkeling zijn echter ook andere maatschappelijke ontwikkelingen van invloed op de stijgende personenautomobiliteit. Hierbij kan men denken aan de omvangrijke naoorlogse geboortegolf, de gemiddelde leeftijdstoename, individualisering, een toename van het aantal tweeverdieners door de gestegen arbeidsparticipatie van vrouwen en een toename en verandering in de vrijetijdsbesteding. Zo zijn tweeverdienerhuishoudens gemiddeld 3 uur per week meer kwijt aan woon-werkverkeer dan eenverdienerhuishoudens. Verder hebben de veranderingen in vrijetijdsbesteding tussen 1975 en 1995 tot een toename van het autogebruik met bijna een half uur per persoon per week geleid (SCP, 1995; 1999).

Geraamd wordt dat volgens het behoedzaam scenario in 2004 het aantal personenautokilometers ten opzichte van 1999 met circa 8% zal zijn toegenomen. In 1999 was het aantal personenautokilometers reeds circa 3% hoger dan de tussendoelstelling voor 2000, zoals geformuleerd in het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV-II, 1990).

In figuur 3.2.5 is voor de periode 1980-1998 het energiegebruik in het binnenlands personenvervoer (alleen personenauto en openbaar vervoer) weergegeven evenals de verschillende oorzaken voor de toename. Voor het grootste deel kan de toename worden verklaard doordat de gemiddelde Nederlander in 1998 ruim 25% meer kilometers in personenauto's en het openbaar vervoer aflegde als in 1980 (toename mobiliteit per persoon). Een andere oorzaak voor de toename van het energiegebruik is de afgenomen



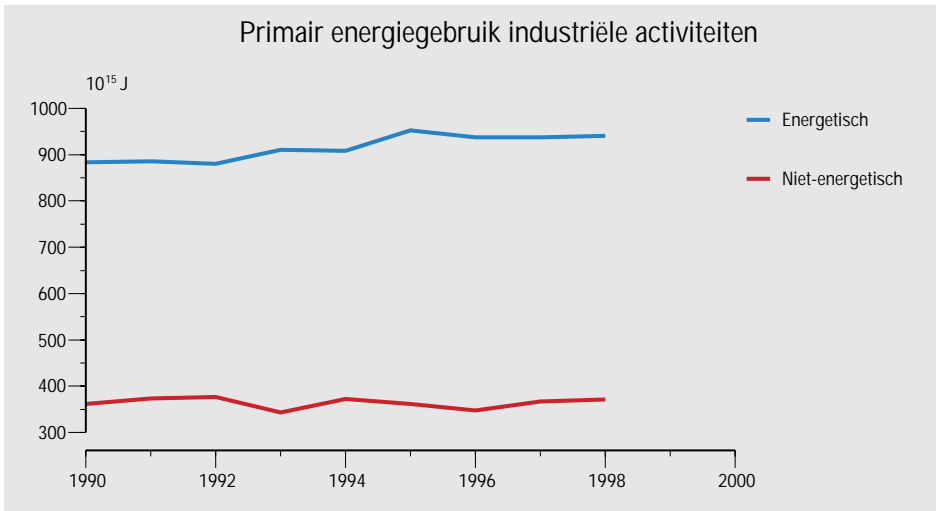
Figuur 3.2.5 Energiegebruik binnenlands personenvervoer per personenauto en openbaar vervoer, 1980-1998.

bezettingsgraad van de personenauto. Voor een deel is dit het gevolg van het feit dat het gemiddelde gezin in 1998 minder kinderen telt dan in 1980 en het aandeel van eenpersoonshuishoudens de laatste twee decennia is toegenomen.

Doordat personenauto's zuiniger zijn geworden is een nog grotere toename van energiegebruik voorkomen. De gemiddelde personenauto is in de periode 1980-1990 circa 10% zuiniger geworden, daarna nauwelijks meer. Vergelijkbare nieuwe personenauto's waren in 1998 wel zuiniger dan in 1990 maar doordat nieuwe personenauto's tussen 1990 en 1998 duurder, groter en daarmee zwaarder zijn geworden, nam het voertuig gewicht van de gemiddelde nieuwe personenauto toe. Een gewichtstoename leidt, bij overige gelijkblijvende omstandigheden, tot een toename van het brandstofverbruik. Bovendien is het vermogen van auto's toegenomen, wat eveneens tot een toename van het brandstofverbruik heeft geleid. De verschuiving naar de verkoop van zwaardere personenauto's met meer vermogen hangt samen met zowel vraag- als aanbodfactoren. Aan de vraagkant speelt de stijging van het besteedbare inkomen een rol. Aan de aanbodkant spelen onder meer de strengere veiligheidseisen die leiden tot meer gewicht, maar ook de toepassing van comfortverhogende accessoires zoals de airconditioning.

### **Energiegebruik door de industrie**

Van de totale hoeveelheid primaire energie die door de Nederlandse productiesectoren wordt gebruikt, gebruikt de industrie het grootste deel. Het primaire energiegebruik door de industrie en de raffinaderijen blijft sinds 1995 vrijwel constant. Dit betreft de totale brandstofinzet die nodig is voor industriële activiteiten (figuur 3.2.6), inclusief de brandstof die in centrales wordt gebruikt voor elektriciteitsleverantie aan de industrie, plus het non-energetisch energiegebruik. Dit betreft de inzet van energiedragers als grondstof in de chemische industrie.



Figuur 3.2.6 Het primaire energiegebruik ten behoeve van industriële activiteiten, 1990-1998 (Bron: CBS).

Door efficiencyverbeteringen stabiliseert het energiegebruik bij een groeiende industriële productie. Van 1989 tot en met 1998 is in de industriële sectoren, inclusief de raffinaderijen, die een Meerjarenafspraak (MJA) hebben een resultaat geboekt van circa 16% energie-efficiencyverbetering, hetgeen neerkomt op een absolute energiebesparing van 137 PJ (EZ, 1999a).

Volgens de MJA-monitoring heeft de toename van warmte/kracht-vermogen in de industrie (+100 PJ brandstof) in de periode 1989-1998 circa 20% bijgedragen aan de energiebesparing. Daarbij is het gemiddelde rendement van elektriciteitscentrales in 1989 als referentie gehanteerd. Echter, in de periode 1989-1998 is dit gemiddelde rendement met circa 10% verbeterd (van 40 naar 44%). Tevens is het rendement van de gemiddelde industriële warmte/kracht-installatie sinds 1989 gedaald van 88 naar 78% doordat verhoudingsgewijs meer elektriciteit en minder warmte is geproduceerd. Hierdoor is het verschil in rendement tussen de opwekking in elektriciteitscentrales en opwekking door warmte/kracht-koppeling (WKK) in de loop van de jaren afgenomen. Indien de besparing door WKK-inzet ten opzichte van het feitelijke rendement van elektriciteitscentrales wordt berekend, dan blijkt dat ondanks een forse groei van dit vermogen binnen de industrie, de absolute besparing in de periode 1989-1998 slechts beperkt is toegenomen (15 PJ, afgeleid uit: CBS, 1999). Weliswaar kunnen nieuwe WKK-installaties nog steeds besparing opleveren ten opzichte van gescheiden opwekking, maar gezien het verbeterde rendement van elektriciteitscentrales zal het rendement van die installaties gemiddeld hoger moeten zijn dan voorheen om hetzelfde besparingsrendement te behalen. Het beleid kan hier invloed op uitoefenen door in het kader van een stimuleringsprogramma eisen te stellen aan het minimaal te behalen jaarlijkse rendement.

### Energiebesparingsbeleid in de industrie 1989-2000

Centraal in het energiebesparingsbeleid in de periode 1989-2000 staan de Meerjarenspraken Energie-efficiency (MJA's). Onderzoek naar de werking van deze convenanten in verschillende industriële sectoren laat zien dat de gerealiseerde energiebesparing voor 30-50% kan worden toegeschreven aan de MJA's (Rietbergen & Blok, 1999). Onder invloed van de MJA's is de aandacht voor (rendabele) energiebesparingsmaatregelen en de motivatie voor het verbeteren van

de energie-efficiency vergroot. Ondernemingen zijn energievraagstukken actiever en gestructureerder gaan aanpakken. Kostenbesparing is de dominante drijfveer voor het treffen van energiebesparingsmaatregelen. Hoewel het bedrijfsleven wordt gesteund door financiële prikkels als subsidies en fiscale maatregelen is de financiële beïnvloeding door het beleid door middel van subsidies beperkt van aard (onder andere Gillissen *et al.*, 1995).

### Energiebesparingsbeleid in de industrie na 2000

Na 2000 volgt het besparingsbeleid twee hoofdlijnen. Grote energiegebruikers treden toe tot het Convenant Benchmarking of, mits goed onderbouwd, nemen evenals kleinere energiegebruikers deel aan de tweede generatie MJA's. De vergunningverlening zal sterker dan in de afgelopen periode een rol gaan spelen in de uitvoering en handhaving van het energiebesparingsbeleid. De groep bedrijven die toetreedt tot het benchmarkconvenant verplicht zich -gefaseerd- uiterlijk in 2012 bij de wereldtop te behoren wat betreft energie-efficiency. Momenteel (juni 2000) heeft circa 80% van de potentiële ondertekenaars het convenant ondertekend, waarmee circa 65% van het primaire energetische energiegebruik door industrie en raffinaderijen wordt gedekt.

De contouren van de nieuwe generatie MJA's voor de periode 2000-2010, die per 2001 moeten ingaan, worden zichtbaar. Zo zal de terugverdien-

tijd van maatregelen op vijf in plaats van drie jaar worden vastgelegd. In welke mate en met welk tempo nieuwe thema's zoals productontwerp en dematerialisatie worden ingevoerd, is echter nog niet duidelijk. Welke bedrijvengroepen een nieuwe MJA zullen gaan afsluiten, hoe deze zal worden ingevuld en welk deel van het totale industriële besparingspotentieel daarmee wordt aangesproken, wordt pas duidelijk na december 2000, als de inschrijft termijn voor het Convenant Benchmarking afloopt.

De concrete invulling van het besparingsbeleid voor de periode 2000-2010 is dus nog gaande en het is nog niet duidelijk hoe hoog de 'besparingslat' voor de industrie in het komende decennium daadwerkelijk zal komen te liggen. De verwachting is dat het besparingstempo de komende jaren lager zal liggen dan in de afgelopen periode (Phylipsen, 2000).

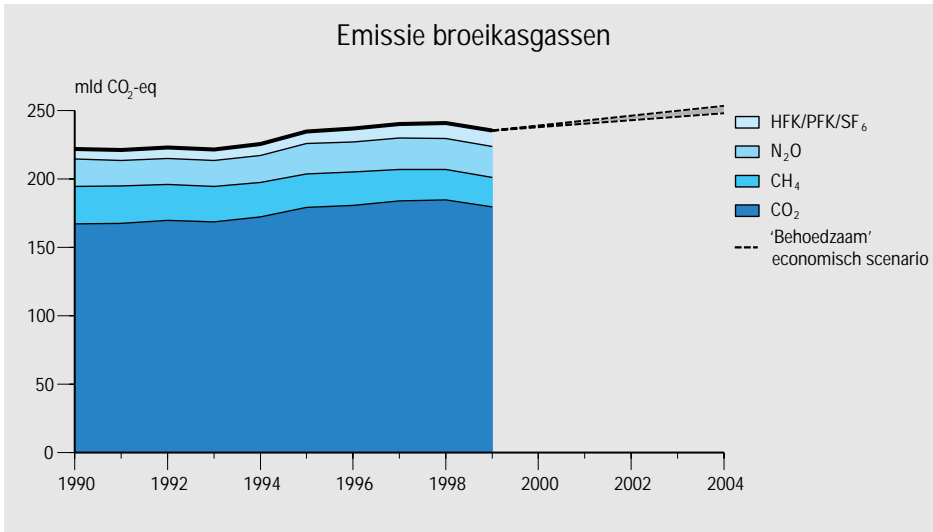
## 3.3 Milieudruk

In deze paragraaf wordt de milieudruk geanalyseerd. Na bespreking van de emissie van broeikasgassen voor Nederland als totaal, wordt de emissie door de industrie, de elektriciteitsbedrijven en door verkeer en vervoer in detail geanalyseerd omdat deze sectoren de grootste bijdrage leveren aan de milieudruk.

### **Nederlandse emissies**

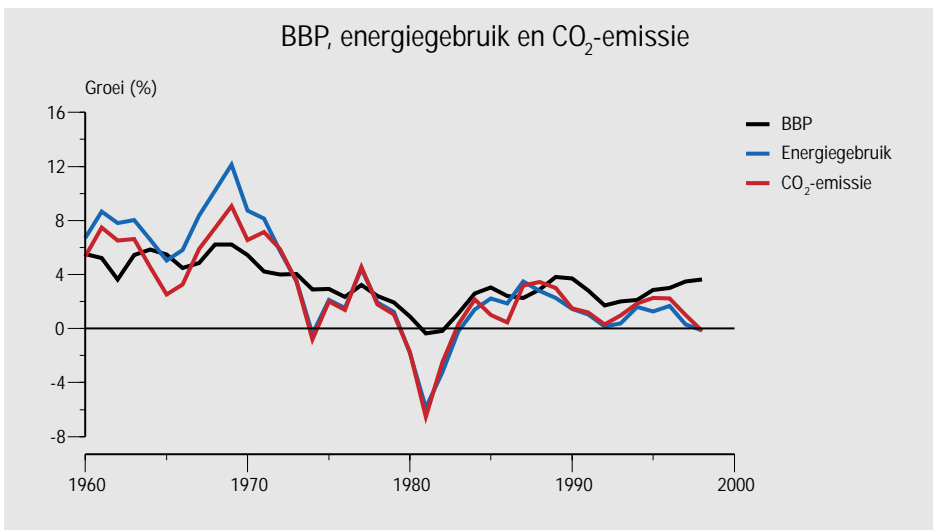
De totale Nederlandse emissie van broeikasgassen - temperatuurgecorrigeerd - bedroeg in 1999 235 miljard kg CO<sub>2</sub>-equivalenten (*figuur 3.3.1*). Dit is 6 miljard kg CO<sub>2</sub>-equivalenten minder dan in 1998 en wordt vrijwel geheel veroorzaakt door een afname in het kolengebruik voor elektriciteitsproductie. Voor de bijdrage van de verschillende gassen zie bijlage 1. De grootste bijdrage aan de emissie van broeikasgassen komen van de doelgroepen industrie inclusief raffinaderijen (ruim 30%), de energievoorziening (ruim 20%) en verkeer en vervoer (ruim 15%). Ten opzichte van 1990 zijn de broeikasgasemissies in 1999 met circa 6% toegenomen.





Figuur 3.3.1 Nederlandse emissies van broeikasgassen, 1990-1999.

Als we naar de Nederlandse economie als totaal kijken, zien we dat de relatie tussen de groei van het bruto binnenlands product (BBP) en de CO<sub>2</sub>-emissies door de jaren heen is veranderd (figuur 3.3.2). Tot de eerste oliecrisis (in 1973) groeiden de CO<sub>2</sub>-emissies sneller dan het BBP. Na de tweede oliecrisis (in 1979) nam de groei van het energiegebruik, en daarmee de groei van de CO<sub>2</sub>-emissies, in eerste instantie af door onder meer de economische recessie en een hoog energiebesparingstempo. De afgelopen tien jaar is de groei van het energiegebruik structureel achtergebleven bij de groei van het BBP.

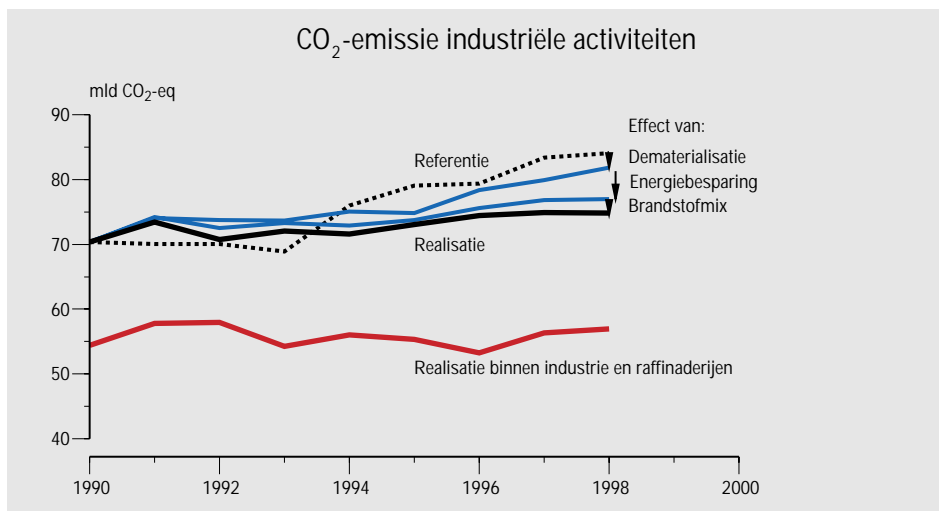


Figuur 3.3.2 Jaarlijkse toename van CO<sub>2</sub>-emissies in relatie tot groei BBP en groei energiegebruik, 1960-1998 (lopende gemiddelden over 3-jaars perioden).

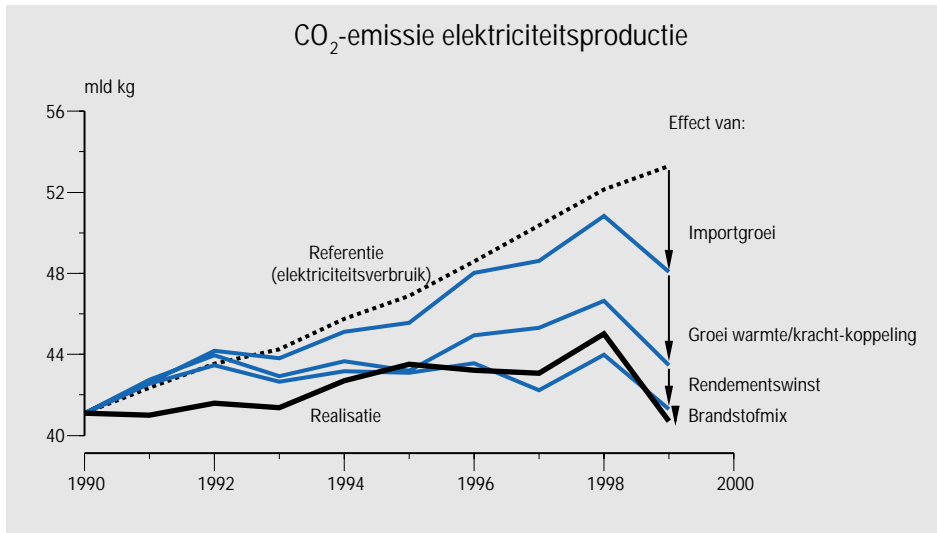
Maar dit tempo is tot nu toe onvoldoende om tot een absolute daling van het energiegebruik te komen. Overigens namen energiegebruik en CO<sub>2</sub>-emissies tussen 1998 en 1999 wel af vanwege de bijzondere omstandigheid van sterk gestegen elektriciteitsimport. Het is momenteel echter niet duidelijk of en in welke mate deze import zich zal gaan ontwikkelen. Rekening houdend met een continuering van de elektriciteitsimport op het niveau van 1999, zijn de geraamde CO<sub>2</sub>-emissies in 2004 7% hoger dan in 1999. Als de elektriciteitsimport niet doorzet maar terugvalt naar het niveau van 1998 bedraagt de geraamde CO<sub>2</sub>-emissie in 2004 196 miljard kg en is daarmee 9% hoger dan in 1999. Deze ramingen zijn gebaseerd op de economische ontwikkelingen volgens het behoedzame scenario.

### CO<sub>2</sub>-emissie industrie en raffinaderijen

De jaarlijkse emissie van CO<sub>2</sub> ten gevolge van industriële activiteiten stabiliseert sinds 1996. Dit is de CO<sub>2</sub>-emissie van de doelgroepen industrie en raffinaderijen (*bijlage 1*) plus de CO<sub>2</sub>-emissie in de energiesector die plaatsvindt door energieomzetting ten behoeve van de industrie. Deze stabilisatie is gekoppeld aan de stabilisatie van het primaire energiegebruik door de industrie. De CO<sub>2</sub>-emissie door de doelgroepen industrie en raffinaderijen is al stabiel sinds 1990 (*figuur 3.3.3, bijlage 1*). Dit komt omdat de industrie in de jaren '90 in toenemende mate warmte en elektriciteit uit de energiesector is gaan afnemen (RIVM, 1999). Figuur 3.3.3 illustreert de ontwikkeling van de CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van industriële activiteiten over de periode 1990-1998; de CO<sub>2</sub>-emissie blijft achter bij de productie-ontwikkeling (in guldens) in de industrie door dematerialisatie, energiebesparing en, in beperkte mate, door verschuiving in de brandstofmix.



Figuur 3.3.3 CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van industriële activiteiten (industrie, inclusief raffinaderijen, en energiesector voor zover ten behoeve van de industrie), 1990-1998. In de referentielijn stijgt de CO<sub>2</sub>-emissie met de bruto toegevoegde waarde per industriële sector. Ter informatie wordt ook de CO<sub>2</sub>-emissie door de industrie en raffinaderijen gegeven.



Figuur 3.3.4 CO<sub>2</sub>-emissie door centrale en decentrale elektriciteitsproductie, inclusief warmte/kracht, 1990-1999.

### CO<sub>2</sub>-emissie elektriciteitsproducenten

In de afgelopen jaren is de groei van de CO<sub>2</sub>-emissie door elektriciteitsproductie achtergebleven bij het binnenlandse gebruik (referentielijn, *figuur 3.3.4*). Dit komt door import, gebruik van duurzame energie, efficiencyverbetering (inclusief WKK) en verandering van de brandstofmix.

Het importsaldo van elektriciteit is in 1999 sterk toegenomen met ruim 50% ten opzichte van 1998. Door deze extra import wordt in Nederland de uitstoot van circa 5 miljard kg CO<sub>2</sub> vermeden. De oorzaak van de importtoename is de liberalisatie van de energiemarkt waardoor grote industriële afnemers de keuzevrijheid hebben om stroom in te kopen bij de goedkoopste leverancier of tegen anderszins gunstige leveringsvoorwaarden. Onder de huidige omstandigheden heeft dit geleid tot een forse import uit met name Duitsland en Frankrijk. In Nederland hebben met name de kolengestookte centrales daardoor aanmerkelijk minder (PJ) geproduceerd dan vorig jaar (-22%). Hoe deze elektriciteitsimport zich in de toekomst zal ontwikkelen is onzeker.

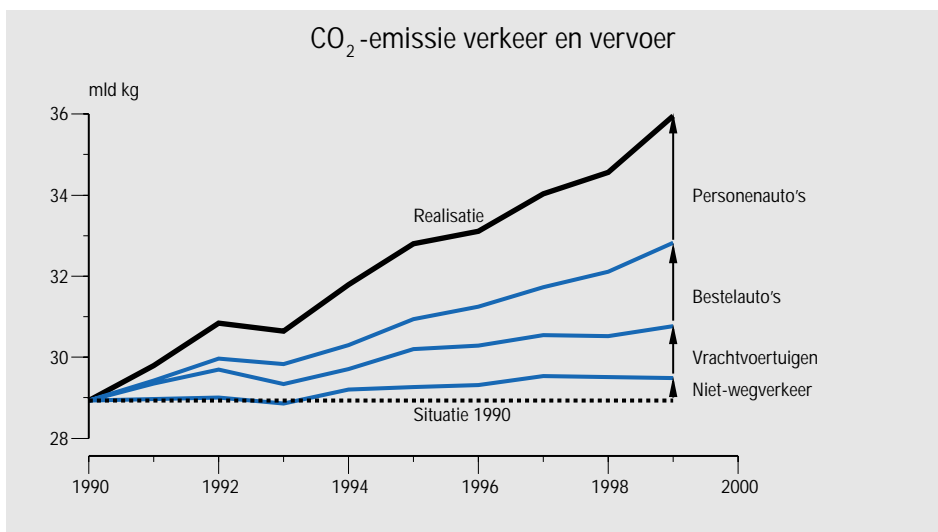
De laatste jaren is de omvang van WKK-vermogen slechts langzaam toegenomen. Desondanks lijkt de streefwaarde van 8.000 MWe opgesteld vermogen in het jaar 2000 binnen bereik te liggen. Ook bij de ontwikkeling van WKK speelt de onzekerheid rondom de liberalisatie van de markt een grote rol.

De productie van duurzame elektriciteit is in de periode 1990-1999 bijna 3,5 keer zo groot geworden. De totale hoeveelheid geproduceerde duurzame energie inclusief duurzaam opgewekte warmte is sinds 1988 ruimschoots verdubbeld. Deze groei is echter onvoldoende om de doelstelling, een aandeel van 3% van het energiegebruik in het jaar

2000, te bereiken. De totale hoeveelheid duurzame energie conform de definitie uit de Derde Energienota (EZ, 1995) bedroeg in 1998 maximaal 1,8% van het Nederlands energiegebruik. In de voortgangsrapportage Duurzame energie in uitvoering (EZ, 1999b) is aangegeven dat de definitie van duurzame energie wordt aangepast: kunststof-fracties in afval en de industriële warmtepompen worden niet meer als duurzame energie aangemerkt maar als energiebesparing geboekt. Het eind 1999 uitgekomen Energie-rapport geeft aan dat de doelstelling voor duurzame energie in 2020 als gevolg van de definitiewijziging strikt genomen van 10 naar 8% verlaagd zou moeten worden. Het kabinet meent echter dat dit een verkeerd signaal is en blijft zich daarom richten op 10% duurzame energie in 2020. Berekend volgens de opgeschoonde definitie wordt de hoeveelheid duurzame energie in 1998 ingeschat op 1,1% van het Nederlandse energiegebruik. In 1999 nam deze hoeveelheid licht toe tot circa 1,2% van het energiegebruik.

### **CO<sub>2</sub>-emissie verkeer en vervoer**

De CO<sub>2</sub>-emissie door verkeer en vervoer kwam in de gehele periode 1990-1999 voor ruim 50% voor rekening van personenauto's. Het aandeel van de bestelauto is in deze periode toegenomen van 7 tot ruim 10% terwijl vrachtauto's en trekkers een min of meer constant aandeel hadden van circa 17%. Het niet-wegverkeer, waaronder scheepen en luchtvaart, had een vergelijkbaar constant aandeel (bijna 20%). Tussen 1990 en 1999 is de totale CO<sub>2</sub>-emissie door verkeer en vervoer met bijna 25% toegenomen. Deze toename komt voor ruim 45% van personenauto's, voor bijna 30% van bestelauto's en voor ruim 15% van vrachtauto's en trekkers (vrachtvoertuigen) (zie *figuur 3.3.5*). In het algemeen geldt dat de emissies door het wegverkeer harder groeiden dan door het niet-wegverkeer. Echter, luchtvaart vormt daar een uitzondering op. De CO<sub>2</sub>-emissies door de luchtvaart groeiden tussen 1990 en 1999 met 50% terwijl de CO<sub>2</sub>-emissie door het totale wegverkeer in die periode met 30% toenam.



Figuur 3.3.5 CO<sub>2</sub>-emissie door verkeer en vervoer op Nederlands grondgebied, 1990-1999.

Het aantal tonkilometers (als indicatie voor groei van het goederenvervoer) op Nederlands grondgebied, de binnenvaart en het railvervoer samen is tussen 1990 en 1998 met circa 20% toegenomen. Deze groei kwam met name voor rekening van het wegvervoer en het railvervoer (beide circa 25%). De binnenvaart groeide minder hard met ongeveer 15%. Deze toenames worden veroorzaakt door een combinatie van economische factoren, zoals een toename van het BBP, en maatschappelijke factoren, zoals het dalen van de reistijd door uitbreiding van het hoofdwegennet, schaalvergroting en logistieke factoren (Just in Time Delivery).

De CO<sub>2</sub>-emissie door verkeer en vervoer moet in internationaal kader (IPCC) exclusief de internationale scheep- en luchtvaart worden gerapporteerd (zie *bijlage 1*). In 1999 bedroeg de CO<sub>2</sub>-emissie ten gevolge van de bunkering van brandstoffen in Nederland door de internationale scheep- en luchtvaart ruim 50 miljard kg. Dit is 65% meer dan de totale CO<sub>2</sub>-emissie door het wegverkeer in datzelfde jaar.

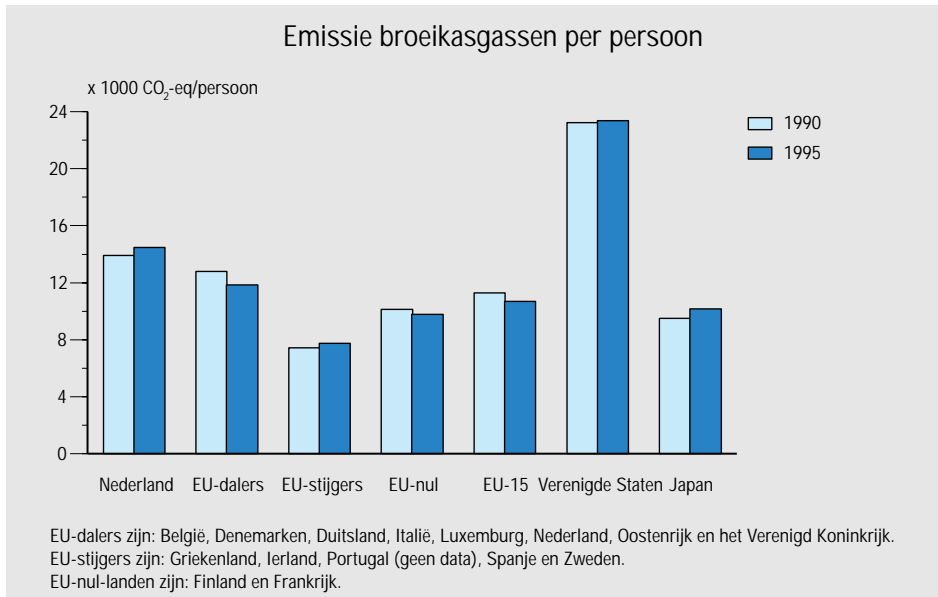
### ***Emissie van de overige (niet-CO<sub>2</sub>) broeikasgassen***

Circa 25% van de CO<sub>2</sub>-equivalente emissies komt voor rekening van de niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen: methaan (CH<sub>4</sub>), distikstofoxide (N<sub>2</sub>O), HFK's, PFK's en SF<sub>6</sub>. De totale emissie van de niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen stabiliseert sinds 1990 in termen van CO<sub>2</sub>-equivalenten. De methaanemissie is tussen 1990 en 1999 met bijna 20% afgenomen. De emissie van N<sub>2</sub>O is in de periode 1990-1999 met circa 15% toegenomen. De emissies van de drie fluorverbindingen (HFK's, PFK's en SF<sub>6</sub>) zijn sinds 1995 (peildatum Kyoto) met circa 30% toegenomen. Voor alle afzonderlijke niet-CO<sub>2</sub>-gassen geldt dat de emissies in 1999 gelijk zijn aan die van 1998.

### ***Internationale emissies***

Omdat voor het buitenland onvoldoende emissiegegevens beschikbaar zijn van de laatste jaren zijn de emissietrends voor het jaar 1995 vergeleken met het basisjaar 1990. Opvallend is dat de Nederlandse CO<sub>2</sub>-equivalente emissies per persoon in die periode met 4% gestegen zijn, terwijl die in de hele groep van EU-landen met een reductieverplichting (EU-dalers) met 7% gedaald zijn (voor alleen de CO<sub>2</sub>-emissies is dat respectievelijk +6 en -6%). Deze getallen zijn exclusief de zogenaamde temperatuurcorrectie. Het verschil wordt vooral veroorzaakt door een daling van de CO<sub>2</sub>-emissies in de groep EU-landen met ruim 10% in de sectoren elektriciteitsproductie/olieraffinage en industrie door minder koleninzet ten gunste van aardgas. In Nederland zijn de CO<sub>2</sub>-emissies in die sectoren respectievelijk 7% gestegen dan wel constant gebleven. De achterliggende reden hiervoor is dat in Nederland in de industrie en de huishoudens omschakeling van kolen naar aardgas al in de jaren '70 en '80 heeft plaatsgevonden. De bijdrage van de industrie aan de CO<sub>2</sub>-emissies per persoon is in Nederland zo'n 40% hoger dan het groepsgemiddelde.

In de zuidelijke EU-landen, waarvoor een beperkte stijging is afgesproken (EU-stijgers), zijn de CO<sub>2</sub>-equivalente emissies in de periode 1990-1995 met 4% gestegen, terwijl de emissies van de zogenaamde nul-landen met 4% zijn gedaald (voor alleen de CO<sub>2</sub>-emissies is dat respectievelijk +7 en -2%). In de EU als geheel zijn de CO<sub>2</sub>-equiva-



*Figuur 3.3.6 De trend in CO<sub>2</sub>-equivalente emissies per capita van Nederland vergeleken met die van andere landen met verplichtingen in het kader van het Kyoto Protocol (exclusief temperatuurcorrectie) in 1990 en 1995 (Bron: UNFCCC (2nd National Communication)).*

lente emissies in de periode 1990-1995 met 5% gedaald (4% voor CO<sub>2</sub> alleen), terwijl die van de Verenigde Staten met 1% (CO<sub>2</sub> alleen 0,5%) en die van Japan met 7% zijn gestegen (idem alleen CO<sub>2</sub>). De stijging in Japan is vooral het gevolg van een sterke toename in de transportsector (*figuur 3.3.6*).

De hoge emissies per persoon in Nederland betekent echter niet dat de consumptie van inwoners van Nederland tot een hogere milieudruk (CO<sub>2</sub>) leidt dan die van inwoners van andere Europese landen. Immers een groot deel van het energiegebruik in Nederland is bestemd voor de productie van goederen voor de export (zie *figuur 3.2.2*). Uit een onderzoek naar het totale (directe en indirecte) energiegebruik door inwoners in een groot aantal Europese landen, blijkt dat alleen in Griekenland, Spanje en Portugal het energiegebruik per inwoner (gerelateerd aan consumptie) lager is dan dat voor Nederland (Reinders *et al.*, 1999).

### **Belang van niet-CO<sub>2</sub>-gassen**

Uit de hierboven genoemde cijfers volgt dat in de EU-landen de emissies van de niet-CO<sub>2</sub>-gassen (met name methaan en lachgas) veelal minder gestegen respectievelijk meer gedaald zijn dan de CO<sub>2</sub>-emissies. Voor Nederland is het relatieve aandeel van de niet-CO<sub>2</sub>-gassen in de totale CO<sub>2</sub>-equivalente emissies groter dan voor de EU-15, Verenigde Staten, Japan en Oost-Europa plus de voormalige Sovjet-Unie. De bijdrage van methaan en lachgas aan de totale Nederlandse CO<sub>2</sub>-equivalente emissies bedroeg in 1990 circa 23%, terwijl dat in de EU en de Verenigde Staten respectievelijk 20 en 17%

was. Dit wordt verklaard door het hoge aandeel van lachgas in Nederland (10%), veroorzaakt door de relatief omvangrijke landbouwsector, het hoge aardgasverbruik en de aanwezigheid van enkele grote industriële bronnen van lachgas. In de voormalige Sovjet-Unie (inclusief de Oost-Europese landen) is het aandeel methaan bijna tweemaal zo groot als in de OESO-landen door de hoge gasproductie en -verbruik. Overigens is in ontwikkelingslanden het aandeel methaan net zo hoog; daar wordt het veroorzaakt door emissies uit de landbouw (rijstproductie en veeteelt). Bij deze vergelijking tussen gasen moet worden opgemerkt dat de onzekerheid in de internationale emissies van methaan en lachgas in de orde van grootte van 50% ligt, wat een orde groter is dan die in CO<sub>2</sub>-emissies (circa 5%). De HFK's, PFK's en SF<sub>6</sub> zijn hier buiten beschouwing gelaten omdat de onzekerheden in deze emissies vaak nog groter zijn.

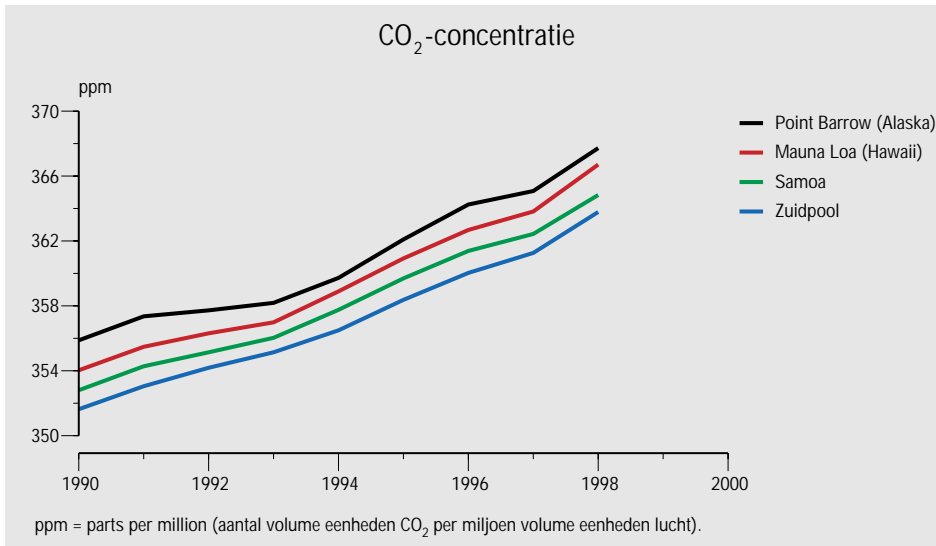
### ***Mondiale trend in CO<sub>2</sub>***

In de jaren '90 is de stijgende trend in de mondiale emissies van CO<sub>2</sub> door brandstofverbruik afgevlakt door de economische terugval van de voormalige Sovjet-Unie en de Oost-Europese landen. Daarnaast is er een trend in het gebruik van meer gas en minder kolen als brandstof. In de landen van de voormalige Sovjet-Unie is het energiegebruik in 1999 voor het eerst sinds 1990 weer licht gestegen. Het gebruik van kolen door grootverbruiker China is voor het derde achtereenvolgende jaar gedaald; voor 1999 lopen de schattingen uiteen van -3 tot -17%. Het mondiale gebruik van olie en gas is in 1999 met respectievelijk 1,6 en 2,4% gestegen, terwijl het gebruik van steenkool is gedaald met circa 3,2%.

In de Europese Unie zijn de CO<sub>2</sub>-emissies door energiegebruik in 1999 gelijk gebleven, terwijl die in Japan, Canada, Australië/Nieuw-Zeeland en het Midden-Oosten met 3% gestegen zijn. In de Verenigde Staten, voormalige Sovjet-Unie, India en Afrika namen de emissies met ongeveer 1% toe, terwijl ze in Oost-Europa en China met enige procenten afnamen. Per saldo zijn de mondiale (niet temperatuurgecorrigeerde) emissies van CO<sub>2</sub> door brandstofverbruik in 1998 en 1999 vrijwel hetzelfde gebleven als in 1997 (met een onzekerheidsmarge van circa 1%). Het is onzeker in hoeverre er in 1998 en 1999 sprake was van een geringe daling of stijging van de mondiale CO<sub>2</sub>-emissies, aangezien de ombuiging van de groei sinds 1997 voor een groot deel gebaseerd is op gerapporteerd energiegebruik in China en in landen van de voormalige Sovjet-Unie, waarvoor geldt dat de onzekerheid in de energiestatistieken relatief groot is. Naast de CO<sub>2</sub>-emissie uit brandstofverbruik is er ook sprake van CO<sub>2</sub>-emissie als gevolg van ontbossing. Dit komt overeen met een orde van grootte van 10% van de emissie door energiegebruik. Voor berekening van de jaarlijkse trend hiervan zijn echter geen statistieken beschikbaar.

## **3.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit**

Door de stijging van de (mondiale) emissies in de afgelopen decennia nemen de concentraties van broeikasgassen op mondiale schaal toe. De concentraties van kooldioxide (CO<sub>2</sub>) (*figuur 3.4.1*), methaan (CH<sub>4</sub>) en distikstofoxide (N<sub>2</sub>O) zijn nu respectievelijk

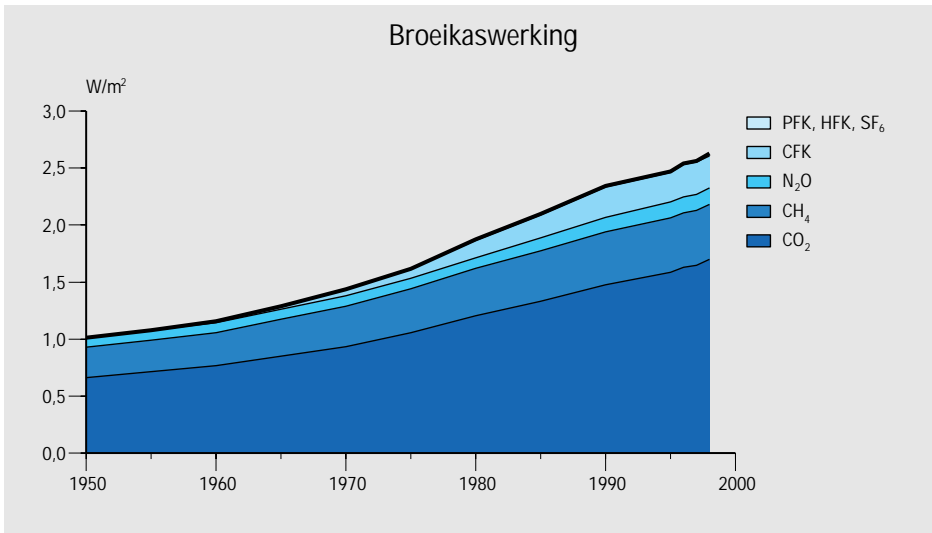


*Figuur 3.4.1 Gemeten concentraties van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer op achtergrondlocaties, 1990-1998 (Keeling and Whorf, 1999).*

circa 30, 150 en 13% hoger dan aan het begin van de industriële revolutie. Voor methaan is de jaarlijkse toename van de concentratie in de jaren '90 lager dan ervoor, maar CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O stijgen met een vrijwel constant tempo door (IPCC, 1996). De concentratiemetingen geven aan dat de methaanemissies door rijstbouw mogelijk te hoog worden ingeschat, maar de emissieramingen van methaan in West-Europa worden door de metingen bevestigd. Ook de toenemende emissies van HFK's en PFK's worden bevestigd door concentratiemetingen, alleen de emissie van SF<sub>6</sub> lijkt, af te leiden uit concentratiemetingen, een factor twee te worden onderschat.

Door de stijgende concentraties van broeikasgassen neemt de versterkte broeikaswerking (stralingsforcering) van de atmosfeer toe. Door interacties in het klimaatsysteem kunnen veranderingen optreden met zowel positieve als negatieve terugkoppelingen op de concentraties van broeikasgassen en op het klimaat. De versterkte broeikaswerking komt hoofdzakelijk door menselijke activiteiten. De concentratieverhoging van CO<sub>2</sub> ten opzichte van de preïndustriële periode (280 ppm in 1750) draagt voor circa 60% bij aan de totale broeikaswerking, methaan voor 20% en N<sub>2</sub>O voor 6% (figuur 3.4.2). De CFK's, waarvan de concentratie in de atmosfeer stabiliseert, dragen 10% bij en de PFK's, HFK's en SF<sub>6</sub> tezamen minder dan 1%. Troposferisch ozon draagt ook bij aan de broeikaswerking (0,2-0,6 W/m<sup>2</sup>). Aërosolen hebben een voornamelijk koelende bijdrage (negatieve broeikaswerking). Emissies en concentraties van zwavel zijn de afgelopen jaren sterk gedaald in Nederland en omringende landen (zie hoofdstuk 4) waardoor de koelende werking van sulfaat (zwavel) aërosolen afneemt.





Figuur 3.4.2 Broeikaswerking van de belangrijkste broeikasgassen berekend op basis van concentratiemetingen (IPCC, 1990), 1950-1998.

### 3.5 Effecten

Effecten van klimaatverandering voor de mens en voor ecosystemen hebben betrekking op de stijging van de zeespiegel, veranderingen in neerslag en temperatuur en op de lengte van het groeiseizoen. Om vast te stellen of het klimaat verandert, worden metingen (meetreeksen) van fysische parameters zoals de temperatuur, hoeveelheid neerslag en het zeespiegelniveau geanalyseerd. Ook wordt gekeken naar veranderingen in biologische parameters zoals veranderingen in plantengroei en het voorkomen van verschillende soorten. De variabiliteit van het weer is zó groot, dat het moeilijk is in het klimaat van een beperkt gebied als Nederland een antropogeen signaal te detecteren. Wereldwijd wordt het steeds waarschijnlijker dat een antropogeen signaal wel kan worden vastgesteld. Voor het analyseren van de invloed van de mens op klimaatparameters zijn integrale modellen onontbeerlijk. Dergelijke modellen omvatten de hele causale keten; van emissies van broeikasgassen via de stijging van concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer en de toename van de stralingsforcering tot temperatuur- en zeespiegelstijging en de effecten op vegetatie, ecosystemen en de mens. De fysische parameters kunnen met een bepaalde onzekerheid worden gemeten. Het bepalen van de invloed van de mens op het klimaat is veel moeilijker omdat er natuurlijke veranderingen en variaties in ruimte en tijd optreden op de fysische en biologische klimaatparameters. Het koppelen van een groot aantal klimaatprocessen in een causale keten resulteert in grote onzekerheden, hetgeen het bepalen van de menselijke invloed moeilijk maakt.

Door de trage reactie van het klimaatsysteem en door natuurlijke variaties kunnen gevolgen van menselijke beïnvloeding van het klimaat veelal pas na geruime tijd zichtbaar worden. Klimaatverandering kan ingrijpende gevolgen hebben. Zo kunnen stijging

van de zeespiegel en veranderingen in neerslag en verdamping wereldwijd tot ecologische, sociale en economische veranderingen leiden. Extreme situaties in het weer zullen mogelijk vaker gaan voorkomen dan tot nu toe. Ecosystemen, de landbouw en andere sectoren zullen zich dan moeten aanpassen. Vele systemen zijn kwetsbaar door een gebrek aan aanpassingsmogelijkheden.

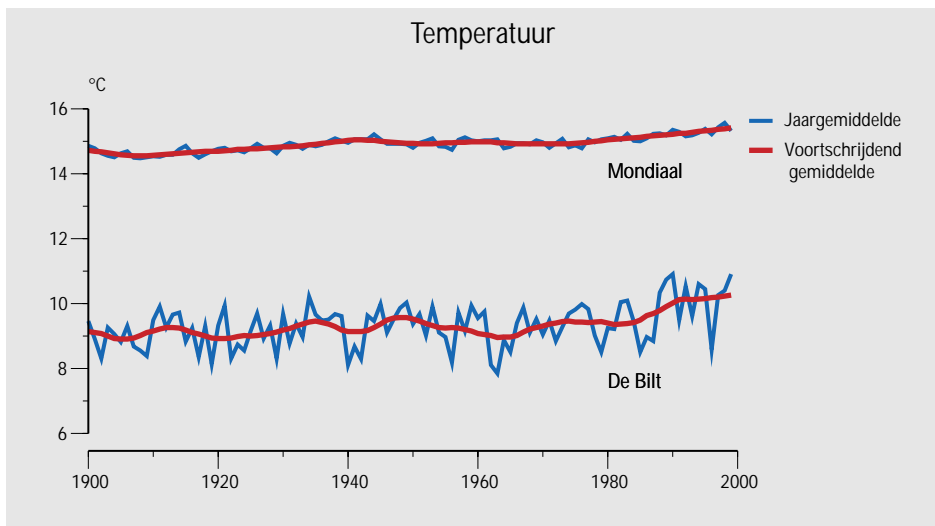
### **Temperatuur op aarde**

De gemiddelde temperaturen (*figuur 3.5.1*) op aarde in het afgelopen decennium behoren tot de hoogste sinds 1880, met als warmste jaar 1998. Het jaar 1999 lag 0,33 °C boven het gemiddelde van de afgelopen 30 jaar en behoort daarmee tot de vijf warmste van de 20ste eeuw. Het is aannemelijk dat de broeikaswerking heeft bijgedragen aan deze mondiale temperatuuroename.

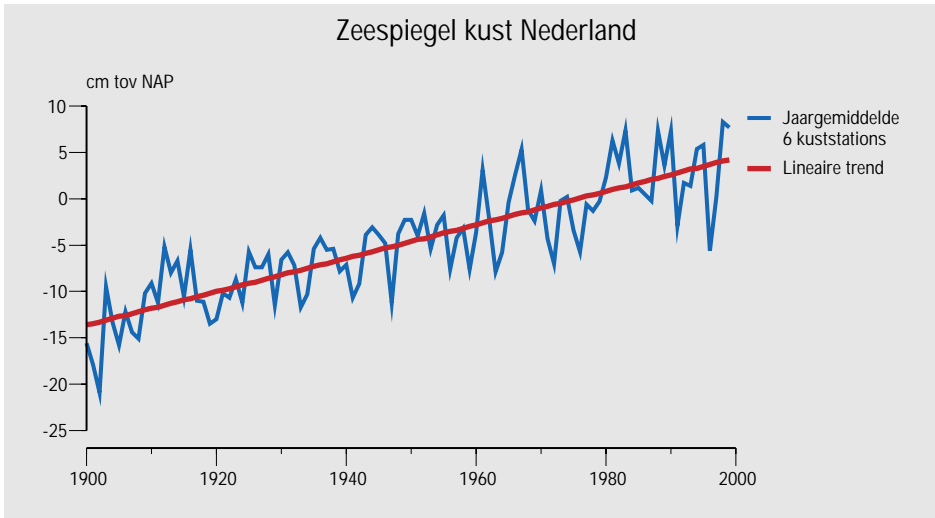
De temperatuur in Nederland is ook gestegen en was de afgelopen twintig jaar gemiddeld ongeveer 0,7 °C hoger dan die in de eerste twintig jaar van de 20ste eeuw (KNMI, 1999). Dit verschil komt voornamelijk door hogere temperaturen in de winter. Onderzoek van het KNMI heeft uitgewezen dat de gestegen wintertemperaturen in Nederland voornamelijk zijn veroorzaakt door een aanhoudend verhoogde aanvoer van warme lucht vanaf de Atlantische Oceaan. Dit is hoogstwaarschijnlijk een natuurlijke variatie, al kan niet worden uitgesloten dat de versterkte broeikaswerking bijgedragen heeft aan de verandering van de luchtstroming. Op een groot aantal andere Europese stations wordt ook een toename van de gemiddelde temperatuur waargenomen (KNMI, European Climate Assessment, 2000).

### **Zeespiegelstijging**

Een stijging van de temperatuur op aarde heeft tot gevolg dat het water in de oceanen



*Figuur 3.5.1 De gemiddelde temperatuur mondiaal en in Nederland, 1900-1999. De rode lijn geeft het voortschrijdend gemiddelde weer. (Jones et al., 1999; KNMI, 1999).*



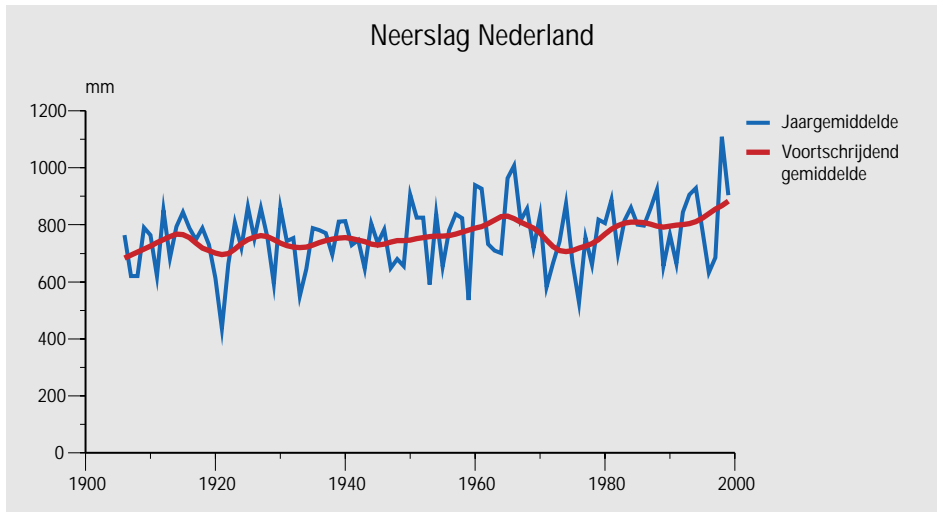
Figuur 3.5.2 De zeespiegelstand aan de Nederlandse kust, gemiddeld over zes kuststations, 1900-1999 (Bron: RIKZ).

uitzet en dat gletsjers en, wellicht op langere termijn, ijskappen smelten waardoor de zeespiegel stijgt. Figuur 3.5.2 geeft het verloop van de gemiddelde zeestand, gemiddeld over zes Nederlandse stations. Jaarlijkse verschillen worden veroorzaakt door verschillen in windklimaat, luchtdruk, watertemperatuur en zoutgehalten (invloed rivieruitstroom). De relatieve gemiddelde zeespiegelstand aan de Nederlandse kust is de afgelopen eeuw gestegen met 18 cm. Deze stijging is van groot belang voor de ligging van de kustlijn en voor de veiligheid tegen overstrooming. Bovendien dringt het zoute zeewater verder landinwaarts. Volgens verwachting lijkt er, gezien de lineaire trend, voorsnog geen sprake te zijn van versnelde zeespiegelstijging in de afgelopen jaren, te associëren met een versterkte broeikaswerking. Het KNMI (1999) rapporteert dat er in de laatste 100 jaar geen toename is waargenomen in de frequentie van stormen en hoge waterstanden aan de Nederlandse kust, al is de kans hierop wel toegenomen door de stijging van de zeespiegel.

De zeespiegelstijging wordt relatief genoemd, omdat hij wordt bepaald ten opzichte van het Nieuw Amsterdams Pijl, ons nationale referentievlak voor de hoogteligging. Ook op het land treden veranderingen op. Door het wegvallen van de druk van de ijskap, die na de laatste ijstijd smelt, stijgt de Scandinavische bodem. Ons land daalt juist hierdoor. Daarom meet men een relatieve zeespiegelstijging. Deze bodemdaling is verantwoordelijk voor ongeveer een kwart van de waargenomen stijging van de zeespiegel. De verwachting is dat de gemiddelde zeespiegel versneld zal stijgen als gevolg van de broeikaswerking.

### **Neerslagverloop**

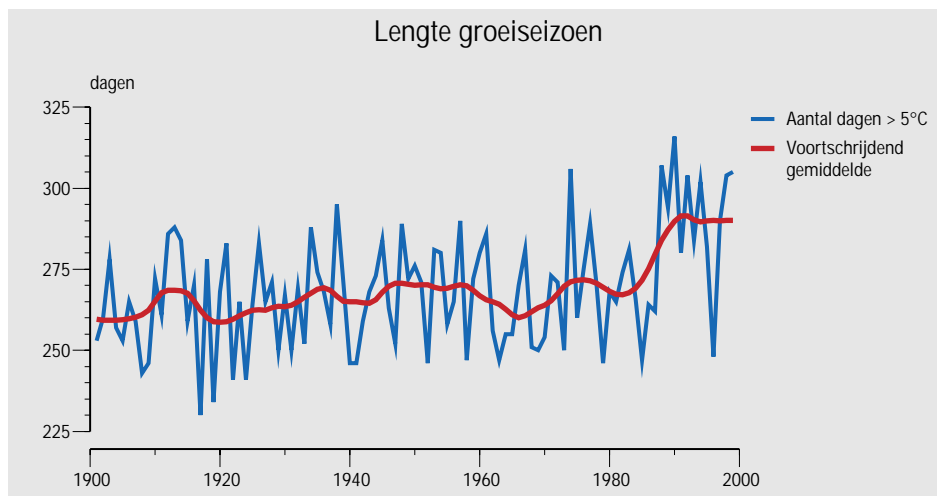
De gemiddelde hoeveelheid neerslag in Nederland (figuur 3.5.3) is in de afgelopen eeuw toegenomen, voornamelijk in de winter. Dit hangt voor een deel samen met de verhoogde aanvoer van warme lucht vanaf de Atlantische Oceaan.



Figuur 3.5.3 De gemiddelde neerslag in Nederland, 1906-1999. De rode lijn geeft het voortschrijdend gemiddelde weer (Bron: KNMI).

### Lengte groeiseizoen

In de afgelopen tien jaar was het jaarlijks aantal dagen met een gemiddelde temperatuur boven de 5 °C opmerkelijk hoog, waardoor het groeiseizoen van planten per jaar ongeveer een maand langer heeft geduurd dan normaal (figuur 3.5.4). Er zijn verschuivingen in de Nederlandse flora en fauna waargenomen die een samenhang lijken te vertonen met de langere duur van het groeiseizoen. Het is niet duidelijk of deze afwijking in het Nederlandse klimaat tijdelijk of structureel van aard is. Harde bewijzen dat er nu al veranderingen in ecosystemen optreden ten gevolge van klimaatveranderingen ontbreken nog.



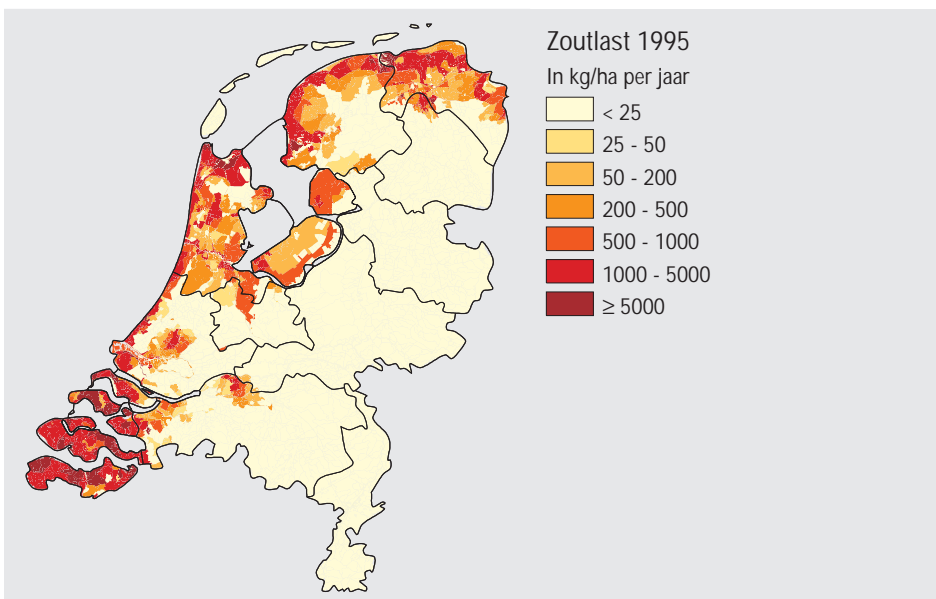
Figuur 3.5.4 De lengte van het groeiseizoen in Nederland, weergegeven als het jaarlijkse aantal dagen met een gemiddelde temperatuur boven 5 °C. De rode lijn geeft het voortschrijdend gemiddelde weer, 1901-1999 (Bron: KNMI).

### Zoute kwel

De huidige zoute kwel is voornamelijk ontstaan tijdens de vorming van de kustprovincies in Nederland (ongeveer de laatste 1.000 jaar). Daarbij hebben de veenwinning, aanleg van droogmakerijen, oxidatie en inklinking van veen- en kleibodems en de autonome zeespiegelstijging een belangrijke rol gespeeld. Drinkwaterwinningen in de duinen hebben een tijdelijk effect gehad, maar met de huidige infiltratie van Rijnwater wordt dit tenietgedaan. Figuur 3.5.5 geeft de omvang van de zoutlast (de hoeveelheid zout/ha per jaar) weer. De zoute kwel komt voor langs de kust, in droogmakerijen en in de provincie Zeeland. In landbouwgebieden komt het zoute grondwater meestal terecht in draineerbuizen en oppervlaktewater, waar het wordt vermengd met zoet regenwater of doorspoelwater. Eerdergenoemde historische ingrepen zullen in de komende eeuwen een belangrijk deel de verandering van zoutlast bepalen (Oude Essink, 1996). Modelberekeningen (Haasnoot *et al.*, 1999) geven aan dat in de toekomst de omvang van de zoutlast zal toenemen, door onder andere bodemdaling en zeespiegelstijging. Dit kan oplopen tot een toename van ongeveer 10% in 2050. Zeespiegelstijging heeft met name invloed in een strook dicht langs de kust, terwijl bodemdaling de zoute kwel in de veengebieden beïnvloedt. Zoute kwel is van belang voor landbouw en natuur. In de landbouw kunnen problemen ontstaan wanneer de toename van zoute kwel samenvalt met een verwachte vermindering in de Rijnafvoer, die belangrijk is voor doorspoeling. In natuurgebieden wordt een toename van zoute kwel gezien als een kans voor de ontwikkeling van brakke natuur.

### Tenslotte

Momenteel zijn er tal van indicaties die het beeld versterken dat het klimaat aan het veranderen is: temperatuurstijging aan het oppervlak, temperatuurdaling in de stratosfeer,



Figuur 3.5.5. Zoute kwel, 1995 (Haasnoot *et al.*, 1999).

afname van sneeuwbedekking en zeeijs op het Noordelijk Halfrond, afname van het oppervlak van gletsjers, toename in neerslag buiten de tropen, stijging zeespiegel (Harvey, 2000) en een afname van de dikte van het arctische zeeijs in de zomer met gemiddeld 40% in de laatste 30 jaar (Rothrock *et al.*, 1999). Deze indicaties zijn consistent met een versterkte broeikaswerking. Tot dusver stijgen de mondiale emissies, concentraties, broeikaswerking en de temperatuur. Indien de emissies door succesvol beleid op korte termijn gaan afnemen, zullen vertragende mechanismen op mondiale schaal er echter toe leiden dat de broeikaswerking en de temperatuur nog lange tijd blijven toenemen. De kennis en ervaring rond een ander mondiaal klimaatprobleem, de aantasting van de ozonlaag, laat zien dat ook na een sterke emissiereductie de negatieve gevolgen van het menselijk handelen nog zeer lange tijd kunnen voortduren of zelfs nog toenemen.

# 4

## Grensoverschrijdende luchtverontreiniging

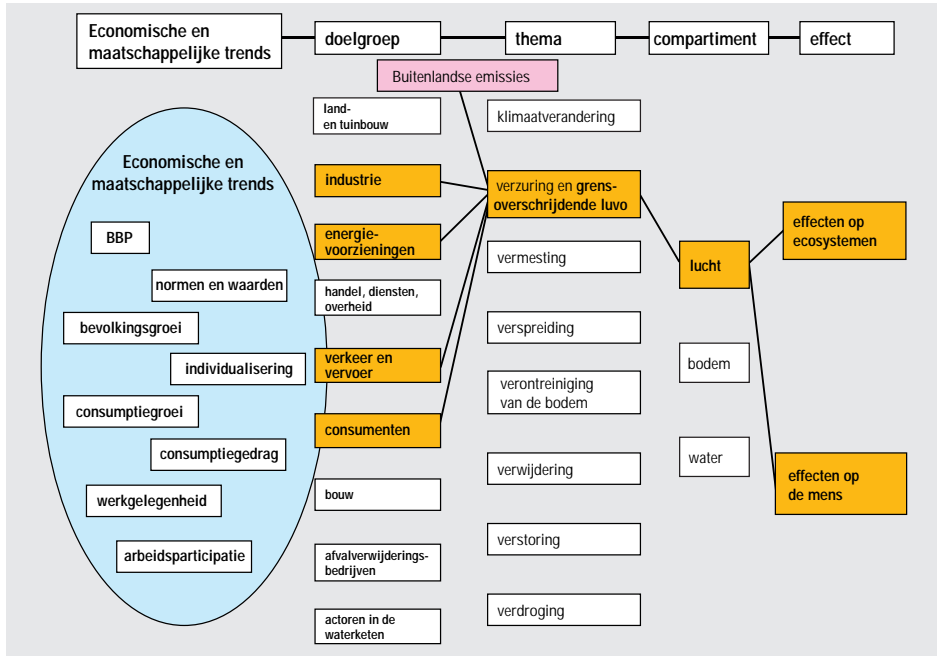


De Nederlandse luchtkwaliteit wordt bepaald door emissies in Nederland én door stoffen die in het buitenland worden geëmitteerd en vervolgens via de atmosfeer ons land binnen komen. Wat zijn de gezondheidsrisico's van die stoffen en hoe zijn die te verminderen? Zijn lokale maatregelen effectief of moet in Europees verband naar oplossingen worden gezocht?





# 4 GRENSOVERSCHRIJDENDE LUCHTVERONTREINIGING



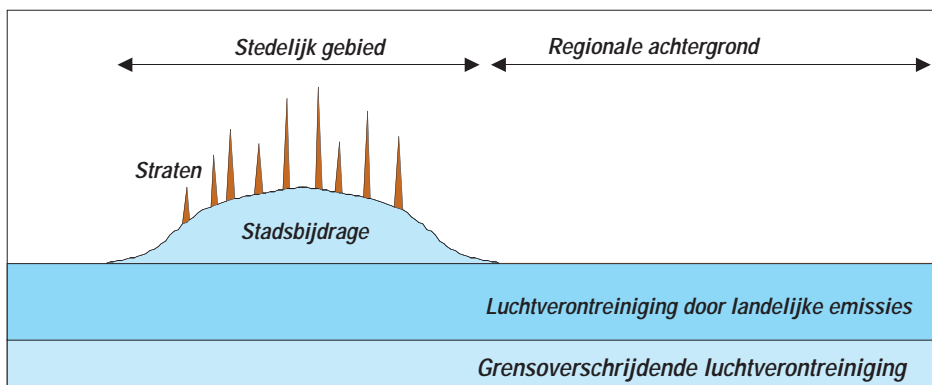
Figuur 4.1 Bron-effectketen grensoverschrijdende luchtverontreiniging.

- Dankzij gemeenschappelijk Europees en Nederlands beleid is bij groei van het BBP tegelijkertijd een reductie van de emissies van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOS en fijn stof gerealiseerd. Dit betekent een ontkoppeling van milieudruk en economische groei.
- De reductie van de SO<sub>2</sub>-emissies in de afgelopen 25 jaar heeft de zure depositie in Europa aanzienlijk teruggedrongen. Hierdoor is het oppervlak van door verzuring bedreigd natuurgebied met meer dan tweederde verminderd.
- Ondanks duidelijke dalingen in de emissies dalen de concentraties van NO<sub>2</sub> en fijn stof in de lucht slechts beperkt door de invloed van atmosferische vormingsprocessen.
- De concentraties van VOS zijn flink gedaald. Het aantal dagen met overschrijding van de ozonnorm voor de mens daalt door de niet-lineaire relatie met VOS slechts gering.
- Van de sterfte en spoedopnames door ademhalingsproblemen en hart- en vaatziekten kan ongeveer 1% worden toegeschreven aan de huidige niveaus van luchtverontreiniging door fijn stof en ozon.

## 4.1 Inleiding

Luchtverontreiniging is een probleem van diverse schaalniveaus (*figuur 4.1.1*). Lokaal kunnen emissiebeperkende maatregelen de luchtkwaliteit verbeteren in straten en gebieden waar de emissies daadwerkelijk plaatsvinden. De luchtkwaliteit wordt in veel gevallen bepaald door landelijke emissies en door stoffen die in het buitenland zijn geëmitteerd en die via de atmosfeer naar ons land komen. Dit zijn stoffen die lange tijd in de atmosfeer verblijven, waardoor ze zich over grote afstanden kunnen verspreiden en ver van de bron verwijderd nog milieuproblemen kunnen veroorzaken. De belangrijkste milieuproblemen die samenhangen met luchtverontreiniging zijn gezondheids- en gewasschade, en aantasting van ecosystemen. Luchtverontreiniging is in belangrijke mate een grensoverschrijdend probleem, dat vraagt om een oplossing in internationaal verband. Bovenop de grensoverschrijdende en landelijke component dragen lokale emissies, in steden en door industrieën en verkeer bij aan de totale luchtkwaliteit. In dit hoofdstuk ligt de nadruk op de grensoverschrijdende bijdrage en in hoofdstuk 6 ligt het accent op de lokale emissie. Luchtverontreinigende stoffen kunnen direct, door emissies, in de lucht terecht komen, of als gevolg van chemische reacties in de lucht ontstaan. Stoffen die door emissies in de lucht komen, zijn de potentieel verzurende stoffen ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) en zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ), een aantal zware metalen, vluchtige organische stoffen (VOS) en persistente organische verbindingen, maar ook sommige vormen van fijn stof (zie tekstbox *Ozon, fijn stof en het weer*). Door chemische reacties of door omzetting in de atmosfeer kunnen ozon ( $\text{O}_3$ ) en fijn stof uit bovengenoemde stoffen ontstaan.

De effecten van lokale en grensoverschrijdende luchtverontreiniging worden in dit hoofdstuk in samenhang behandeld omdat de emissies vanuit verschillende soorten bronnen gezamenlijk kunnen leiden tot overschrijding van normen voor luchtkwaliteit, met risico's voor mens en ecosystemen. De gevolgen van de depositie van potentieel verzurende en vermistende stoffen, inclusief de ammoniakemissies en de daarmee samenhangende problematiek worden in hoofdstuk 5 behandeld.



*Figuur 4.1.1 Schematisch overzicht van de diverse schaalniveaus die bijdragen aan de luchtverontreiniging.*

### Ozon, fijn stof en het weer

#### Ozon

Ozon ontstaat onder invloed van zonlicht uit VOS en stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ), maar ook methaan ( $\text{CH}_4$ ) en koolmonoxide ( $\text{CO}$ ) spelen een rol. De ozonvorming verloopt niet lineair met de concentraties van deze stoffen, een afname in de lucht heeft niet automatisch een verminderde ozonvorming tot gevolg. Methaan en koolmonoxide hebben een lange verblijftijd in de atmosfeer, vele maanden tot jaren, en zijn verantwoordelijk voor de 'deken van ozon' die zich op leefniveau tot op enkele kilometers hoogte in de loop der tijd over het hele Noordelijk Halfrond heeft gevormd. De deken bestaat inmiddels uit een typische ozonconcentratie van ongeveer  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ongeveer twee keer zo hoog als het natuurlijke achtergrondniveau. Deze grensoverschrijdende deken zorgt voor een langdurige belasting van de natuur. De ozonconcentratie erin lijkt te stijgen, wat mogelijk samenhangt met de groeiende economische activiteit in Oost-Azië. De extra verhoogde concentraties VOS en  $\text{NO}_x$  in de lucht zijn in West-Europa verantwoordelijk voor nog eens extra ozonvorming. Lokaal op plaatsen met hoge  $\text{NO}_x$ -emissies, zoals in steden, wordt ozon echter tijdelijk afgebroken, waarbij  $\text{NO}$  wordt omgezet in  $\text{NO}_2$ . Hierdoor kan lokaal de ozonconcentratie afnemen. De deken van ozon op leefniveau mag niet verward worden met de ozonlaag in de stratosfeer die het leven op aarde beschermt tegen schadelijke ultraviolette straling van de zon.

#### Fijn stof

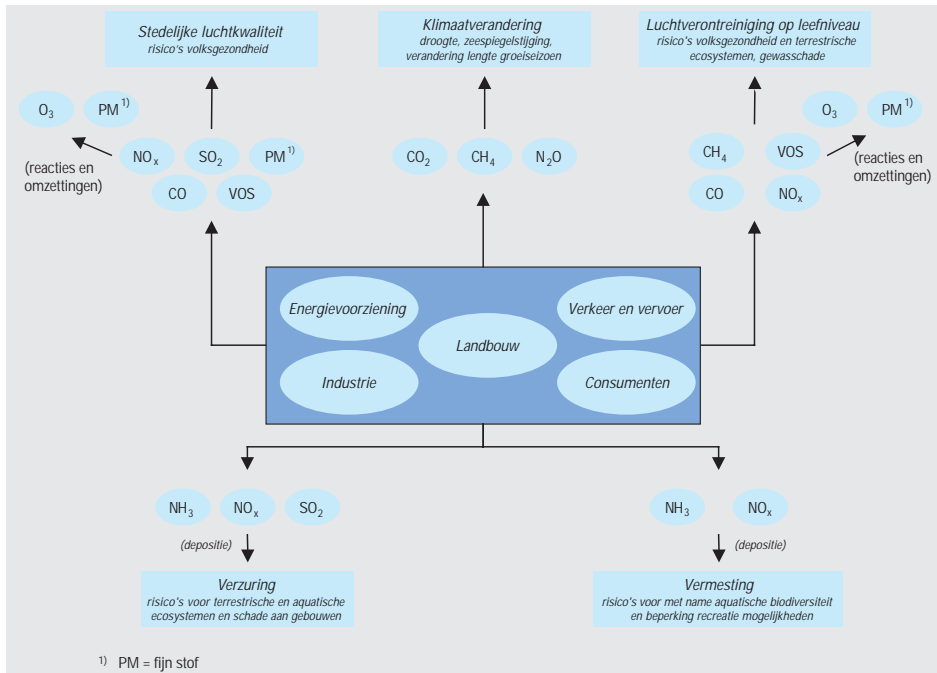
Fijn stof komt slechts voor een klein deel direct in de atmosfeer door emissies. Het merendeel ont-

staat uit reacties van verzurende stoffen ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ), maar ook natuurlijke bronnen spelen een rol (met name zeezoutaërosolen en bodemdeeltjes die verspreid worden door gemechaniseerde landbouwactiviteiten). Metalen en persistente organische stoffen als polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) kunnen aan het stof geadsorbeerd zijn.  $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2,5}$  zijn verzamelingen voor fijn stof met deeltjesgrootte kleiner dan 10 respectievelijk  $2,5 \mu\text{m}$ . Doordat fijn stof vele dagen in de atmosfeer kan verblijven, kan het ontstaan van fijn stof over heel Europa, of nog verder, van betekenis zijn voor de concentraties in Nederland. Aangezien de metalen en persistente organische stoffen met fijn stof 'mee-reizen', hangen maatregelen gericht op de emissies van deze stoffen samen met het beleid rond fijn stof.

#### Het weer

Het weer heeft een belangrijke invloed op de grensoverschrijdende luchtverontreiniging. Hoge concentraties van verontreinigende stoffen treden in Nederland over het algemeen op in perioden met continentale luchtaanvoer, of wanneer de wind gaat liggen. 's Winters wordt het effect versterkt wanneer inversies optreden. De verontreinigde lucht blijft dan laag boven het aardoppervlak hangen en vervuiling hoopt zich op. Vroeger liepen dan de concentraties van  $\text{SO}_2$  en roetdeeltjes tot zorgwekkende hoogte op. 's Zomers, vooral tijdens mooi weer met veel zon, neemt de ozonproductie sterk toe en treden zomersmog-episoden op. Ook de concentraties van andere stoffen, zoals fijn stof en reactieve VOS, zijn dan verhoogd.

Figuur 4.1.2 geeft de complexiteit van grensoverschrijdende luchtverontreiniging aan en toont hoe de in dit hoofdstuk behandelde luchtverontreinigende stoffen bijdragen aan diverse milieu-effecten. De veelheid van luchtverontreinigende processen en effecten kenschetst dit *multi-pollutant*, *multi-effect* milieuprobleem. Voor de bestrijding is dan ook een geïntegreerde aanpak van stoffen en bronnen noodzakelijk. Dit hoofdstuk geeft van bron tot effect de bijdrage van elke stof aan grensoverschrijdende luchtverontreiniging. Voor de bijdragen per doelgroep wordt naar bijlage 1 verwezen.



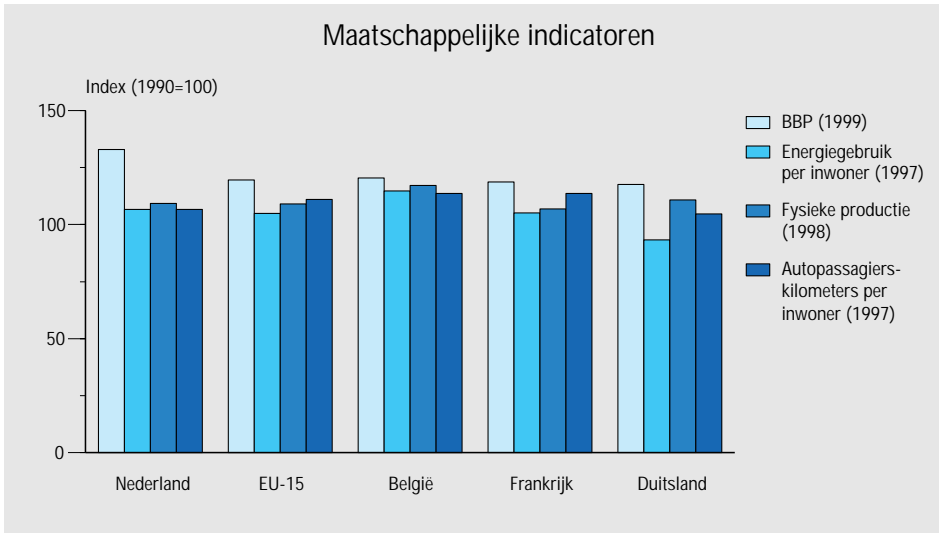
Figuur 4.1.2 Luchtverontreiniging: Multi-pollutant, multi-effect.

## 4.2 Maatschappelijke ontwikkelingen

De maatschappelijke ontwikkelingen in Nederland en de omliggende landen zijn van invloed op de emissies van luchtverontreinigende stoffen en daardoor op de luchtkwaliteit. Op internationale schaal wordt sinds 1979 beleid opgesteld om het probleem van de grensoverschrijdende luchtverontreiniging aan te pakken. Deze gezamenlijke aanpak, en de implementatie in nationaal beleid, spelen een belangrijke rol in de verbetering van de luchtkwaliteit. Figuur 4.2.1 geeft een aantal indicatoren voor maatschappelijke ontwikkelingen in Nederland, de omliggende landen en de Europese Unie (EU). Het bruto binnenlands product (BBP, als indicator voor economische groei) groeit in Nederland harder dan gemiddeld in de EU. De groei van de fysieke productie van de industrie en de groei in het energiegebruik weken in Nederland in de periode 1990 tot 1997/1998 nauwelijks af van die in de omliggende landen. Het aantal autopassagierskilometers per inwoner in die periode is minder hard gestegen dan in de omliggende landen.

De maatschappelijke ontwikkelingen in de sectoren consumenten, industrie en verkeer en vervoer zijn voor de grensoverschrijdende luchtverontreiniging in Nederland vergelijkbaar met die in de omliggende landen.

In internationaal kader (Convention on Long Range Transboundary Air Pollution; CLR-TAP) zijn in de loop der tijd doelstellingen geformuleerd voor reductie van de emissies van  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  en VOS (zie tekstbox *Gecoördineerde aanpak grensoverschrijdende*



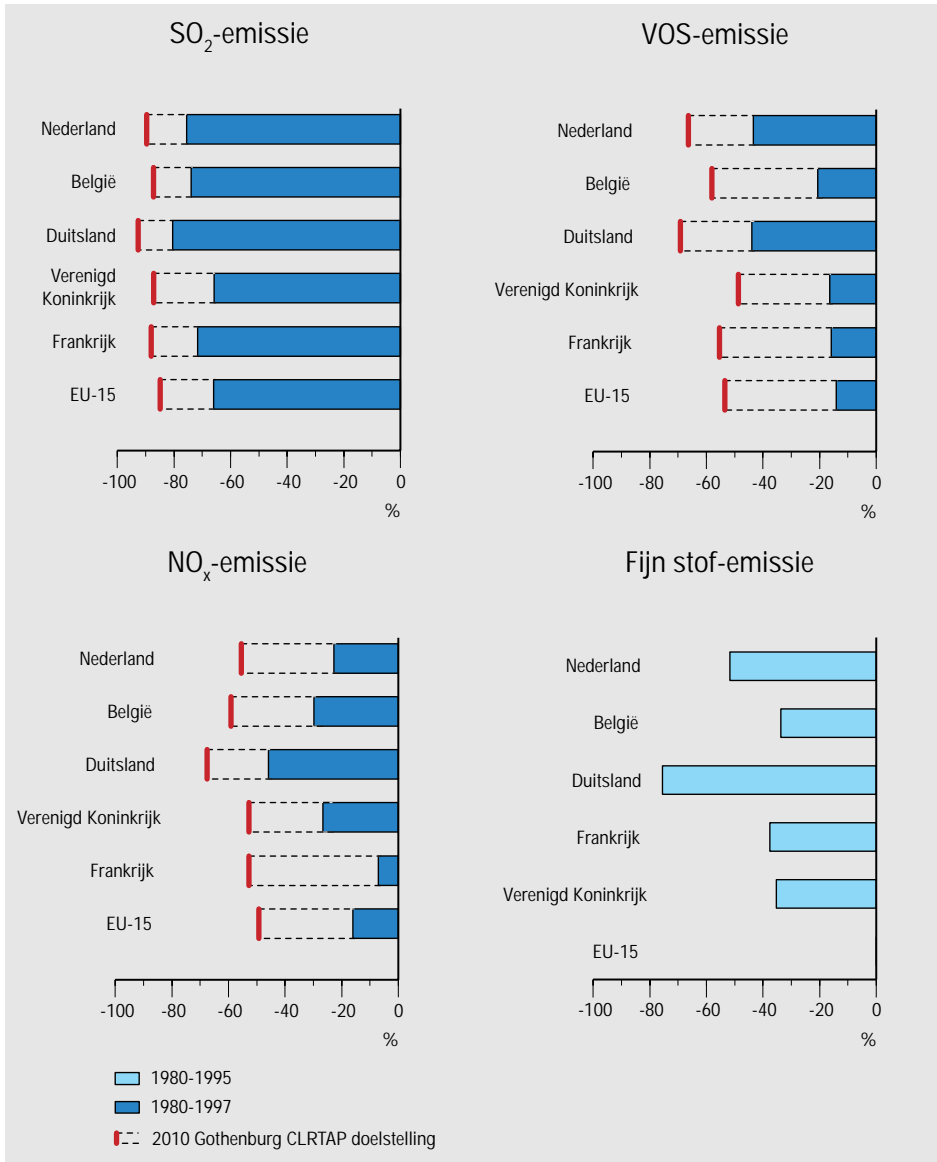
Figuur 4.2.1 Indicatoren voor de vergelijking van de maatschappelijke ontwikkeling in Nederland, de omringende landen en de EU (EEA, 1999).

luchtverontreiniging). Een doelstelling voor de emissie van fijn stof is nog niet vastgesteld. Deze aanpak gecombineerd met de EU-regelgeving is in de twintig jaar succesvol gebleken voor het terugdringen van emissies op Europese schaal. De reducties van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en fijn stof van de omringende landen en de EU houden gelijke tred met Nederland (zie figuur 4.2.2). Duitsland heeft inmiddels sterkere emissiereducties gerealiseerd.

In Europees verband is het zwavelgehalte in brandstoffen verlaagd, wat voor veel sectoren tot verlaging van de zwavelemissies heeft geleid. In de energiesector en de industrie hebben daarnaast maatregelen als het ontzwavelen van rookgassen en het gebruik van low-NO<sub>x</sub>-branders en de-NO<sub>x</sub>-installaties tot emissiereducties geleid, terwijl de introductie van katalysatoren op nieuwe voertuigen succesvol is gebleken in de emissiereducties van NO<sub>x</sub>, VOS en fijn stof.

Een aanzienlijk deel van de emissiereducties voor SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en fijn stof in de omringende landen komt door een gestegen aandeel van kernenergie in de elektriciteitsopwekking. In Frankrijk steeg dit aandeel van ongeveer 25% in 1980 tot ongeveer 75% in 1997. In België verdubbelde het aandeel in dezelfde periode tot ruim 50% en in Duitsland en het Verenigd Koninkrijk verdubbelde het tot circa een kwart. Het aandeel is in Nederland in dezelfde periode nauwelijks gewijzigd (circa 5%). Een verschuiving in de brandstofmix van kolen naar gas heeft in de verschillende landen bijgedragen aan de emissiereducties van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en fijn stof.

De nieuwste Gothenburg doelstellingen (CLRTAP, december 1999) (figuur 4.2.2) zijn gebaseerd op het reeds vastgestelde EU- en nationaal beleid en zullen dus naar verwachting gehaald worden. De emissiereducties voor SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOS en fijn stof van omringende



Figuur 4.2.2 Emissieverandering in Nederland in vergelijking met de realisatie in het buitenland, 1980-1997 (Bron: EMEP/ECE; ECE, 1999).

de landen en de EU zullen ook in de komende jaren gelijke tred houden met Nederland. Het gebruik van aardgas in plaats van steenkool en de toepassing van rookgasontzwaveling, low-NO<sub>x</sub>-branders en de-NO<sub>x</sub>-installaties in de energiesector en de industrie hebben in het verleden al tot aanmerkelijke verbetering van de luchtkwaliteit geleid en het effect hiervan zal in de toekomst verder merkbaar worden. Daarnaast zullen aangescherpte EU-regels voor mobiele bronnen en voor het zwavelgehalte in brandstoffen en nieuwe EU-regels voor industrieel oplosmiddelengebruik worden geïmplementeerd.

### Gecoördineerde aanpak grensoverschrijdende luchtverontreiniging

Het VN-ECE-verdrag inzake grensoverschrijdende luchtverontreiniging (CLRTAP), getekend in 1979, vormde binnen Europa de aanzet tot een gecoördineerde aanpak van stoffen met een verzurende, vermestende en smogvormende werking, en van stoffen die zich ophopen in het milieu zoals metalen en persistente organische verbindingen. Alle Europese landen, de Verenigde Staten en Canada participeren in dit overlegorgaan. In ECE-kader zijn inmiddels zeven protocollen ondertekend ter vermindering van emissies (tabel 4.2.1). Daarnaast zijn in snel tempo overeenkomsten gesloten in EU-kader en in het kader van multilateraal overleg ter voorkoming van de vervuiling van de zee (Noordzeeministersconferentie, Oslo en Parijse conventie en MARPOL-conventie). Hierbij wordt een tweeledige aanpak gevolgd. Naast afspraken over nationale emissiereductiedoelstellingen worden er emissie-eisen opgesteld voor afzonderlijke brongroepen.

Op 1 december 1999 is in Gothenburg het meest recente ECE-protocol ondertekend. Dit protocol richt zich op een pan-Europese kosteneffectieve vermindering van verzuring, vermesting en zomersmog. Naast verplichte emissieplafonds voor SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOS en NH<sub>3</sub> bevat het protocol een aantal verplichte emissiereductie-eisen en maatregelen, die voor een groot deel reeds in de bestaande brongerichte EU-regelgeving zijn opgenomen.

Diverse vervuulende activiteiten zijn wettelijk gereguleerd door middel van EU-richtlijnen. Er zijn regels voor de uitstoot van luchtverontreiniging door wegtransport (inclusief de benzinedistributieketen), grote stookinstallaties (> 50 MWh), afvalverbrandingsinstallaties en de industriële toepassing van organische oplosmiddelen. Ook zijn eisen gesteld aan de kwaliteit van fossiele brandstoffen. Niettemin is een aantal belangrijke brongroepen niet gereguleerd. Het betreft kleine stookinstallaties (< 50 MWh), huiskachels, niet-industrieel gebruik van organische oplosmiddelen en het goederen- en personenvervoer over water. Voor industriële procesinstallaties is uitsluitend een algemeen voorschrift tot toepassing van de best beschikbare technieken van kracht, mits economisch en technisch haalbaar. Verder is een EU-leidraad met nationale emissieplafonds in voorbereiding. De raad van milieuministers heeft hierover op 22 juni 2000 een gemeenschappelijk standpunt ingenomen. Het voorstel ligt nu ter goedkeuring bij het Europees Parlement. De voorgestelde plafonds gaan verder dan het ECE-Gothenburg protocol.

Verder worden internationaal normen vastgesteld voor de luchtkwaliteit (zie paragraaf 4.4).

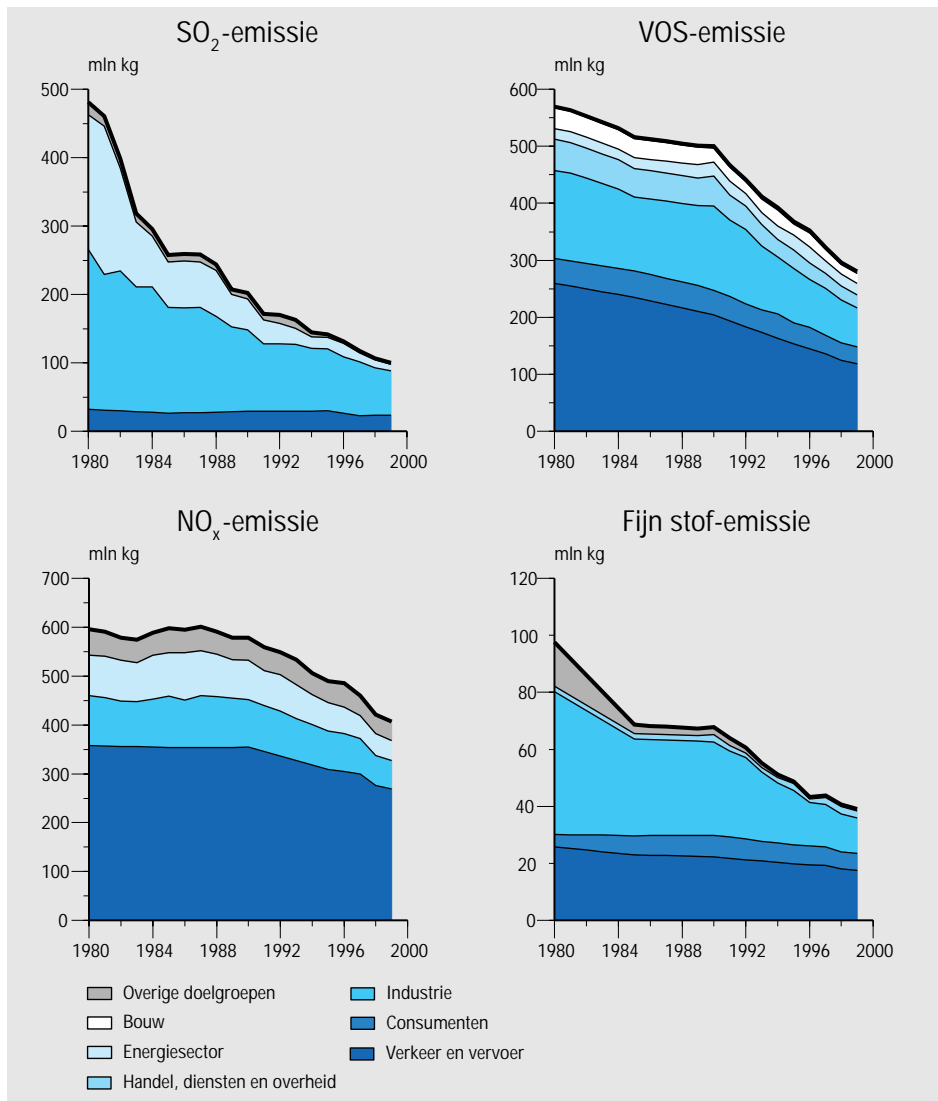
Tabel 4.2.1 Europese emissiereductieovereenkomsten grensoverschrijdende luchtverontreiniging.

		Basisjaar	Doeljaar	Reductie	Opmerkingen
<b>VN/ECE-Conventie (CLRTAP)</b>					
1985	Eerste S-protocol	1980	1993	30%	
1988	NO <sub>x</sub> -protocol	1987	1994	stabilisatie	
1991	VOS-protocol	1984-1990	1999	30%	
1994	Tweede S-protocol	1980	2000	62%	nationale emissieplafonds
1998	Zware metalen protocol	1985-1995		stabilisatie	cadmium, lood en kwik
1998	Persistente organische verbindingen protocol	1985-1995	stabilisatie		dioxinen/furanen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Beperking productie/gebruik 13 stoffen.
1999	Gothenburg protocol (multi-pollutant, multi-effect protocol)	1990	2010		nationale emissieplafonds SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , VOS en NH <sub>3</sub>
<b>EU</b>					
1992	5de milieuactieprogramma	1985	2000	35%	SO <sub>2</sub>
		1990	2000	30%	NO <sub>x</sub>
		1990	1999	30%	VOS
		1985	2005	90%	dioxinen/furanen
		1985	1995	70%	cadmium, lood, kwik
2000	Gemeenschappelijk standpunt milieuraad voor National Emissions Ceilings (NEC) directive	Nationale emissieplafonds voor 2010 voor SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , VOS en NH <sub>3</sub> . NEC-voorstel gaat verder dan ECE-Gothenburg protocol.			
<b>Noordzee ministersconferentie</b>					
1990	Den Haag declaratie	1985	1995	50%	Zware metalen en persistente organische verbindingen
<b>Oslo en Parijse conventie ter voorkoming van vervuiling van de zee (Noord Oost Atlantisch deel)</b>					
1972	Oslo conventie	voorkomen vervuiling van de zee door schepen en vliegtuigen			
1973	MARPOL conventie	voorkomen vervuiling van de zee door schepen			
1974	Parijse conventie	voorkomen vervuiling van de zee door landgebonden bronnen			

## 4.3 Milieudruk

Deze paragraaf beschrijft de emissies van zwaveldioxide, stikstofoxiden, VOS en fijn stof in Nederland van de doelgroepen industrie, de energiesector, verkeer en vervoer en consumenten. De laatstgenoemde doelgroep is vooral van belang voor de emissies van VOS en fijn stof. In veel gevallen bepalen emissies van deze stoffen in het buitenland in sterke mate de luchtkwaliteit in Nederland (zie *paragraaf 4.2*).

In figuur 4.3.1 wordt het verloop van de emissies van deze stoffen tussen 1980 en 1999 getoond alsmede de bijdragen van de verschillende doelgroepen.



Figuur 4.3.1 Bijdrage verschillende doelgroepen aan de emissie van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOS en fijn stof in Nederland, 1980-1999.



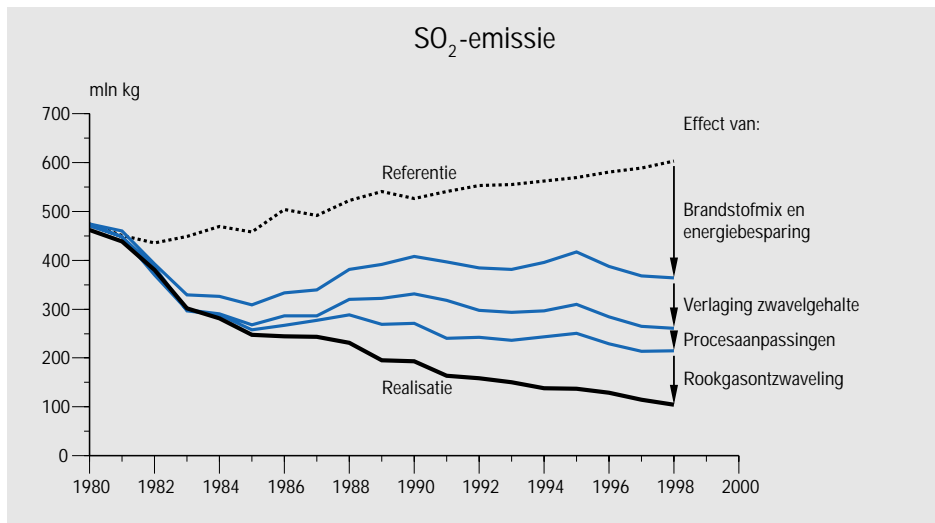
### 4.3.1 Zwaveldioxide-emissie

De emissie van zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) is in de periode 1980-1999 met ongeveer 80% gedaald tot 100 miljoen kg, wat vooral in de jaren '80 is gerealiseerd door het toenemend gebruik van aardgas en de verlaging van het zwavelgehalte van de brandstoffen (figuur 4.3.1). In het afgelopen decennium zijn vooral de invoering van ontzwavelingsinstallaties en rookgasreiniging voor de energieopwekking en industrie effectief gebleken (figuur 4.3.2). De maatregelen dragen ertoe bij dat de NMP3-doelstelling van 92 miljard kg in 2000 benaderd wordt.

#### Industrie en energievoorziening

De SO<sub>2</sub>-emissie door de industrie (inclusief raffinaderijen) is in de periode 1980 tot 1999 met ruim 70% gedaald als gevolg van de in figuur 4.3.2 genoemde maatregelen. Uit de BedrijfsMilieuPlannen (BMP's) voor enkele grote bedrijven blijkt dat een aantal maatregelen nog niet volledig is geïmplementeerd. Bij volledige implementatie komt de taakstelling voor industrie (exclusief raffinaderijen) van 15 miljoen kg voor 2000 in zicht (19 miljoen kg in 1999). Bij de raffinaderijen, de grootste bron binnen de industrie, is het terugwinrendement van de ontzwavelingsinstallaties verhoogd. De taakstelling van 36 miljoen kg in 2000 kan worden gehaald, indien de recente aanscherping van Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES) in 2000 volledig is doorgevoerd (46 miljoen kg in 1999).

De SO<sub>2</sub>-emissie door de energiesector is in 1999 met 95% gedaald ten opzichte van 1980 als gevolg van verschillende maatregelen (figuur 4.3.2). De afgelopen vijf jaar is een deel van de reductie gerealiseerd door een aantal oude installaties zonder rookgasontzwaveling buiten bedrijf te stellen. Het zwavelgehalte in de gebruikte steenkool is na



Figuur 4.3.2 Bijdrage verschillende maatregelen aan de reductie van de SO<sub>2</sub>-emissie in Nederland, 1980-1998.

GRENSOVERSCHRIJDENDE  
LUCHTVERONTREINIGING

een aanvankelijke stijging in 1996 weer gedaald. De taakstelling van 18 miljoen kg SO<sub>2</sub> uit het Convenant met de elektriciteitscentrales betreffende de bestrijding van SO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies is voor SO<sub>2</sub> al ruimschoots gehaald (emissie in 1999 is 9 miljoen kg).

### **Verkeer en vervoer**

In de periode 1980 tot 1999 is de SO<sub>2</sub>-emissie door verkeer en vervoer met 30% afgenomen tot 23 miljoen kg, met name door daling in het zwavelgehalte van de brandstoffen. Door die verlaging is de SO<sub>2</sub>-emissie door het wegverkeer in de periode 1980-1995 ongeveer gestabiliseerd, ondanks de toename van het aantal voertuigkilometers (met circa 50%). In de afgelopen vijf jaar is de SO<sub>2</sub>-emissie door het wegverkeer fors gedaald door aanscherping van de zwaveleisen voor diesel in 1996. De verwachting is dat de emissie door het wegverkeer in de komende vier jaar verder afneemt door verdere aanscherpingen van de eisen aan het zwavelgehalte van diesel. De wettelijke normering van het zwavelgehalte in benzine vanaf 2000 heeft vermoedelijk verder geen effect op de SO<sub>2</sub>-emissies, omdat het zwavelgehalte in 1999 reeds lager was dan de per 2000 van kracht zijnde norm.

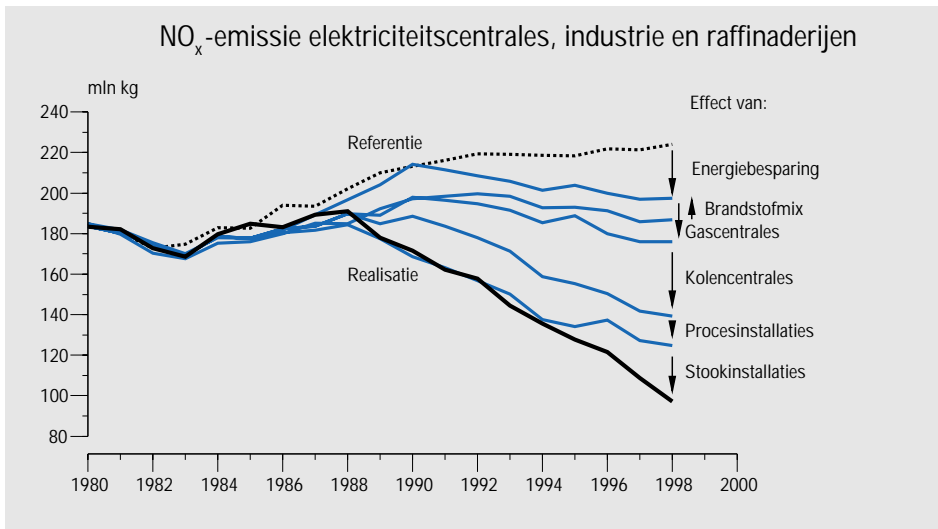
De SO<sub>2</sub>-emissie door verkeer en vervoer wordt steeds sterker gedomineerd door de zeescheepvaart in Nederlandse zeehavens en de Westerschelde: in de periode 1980-1999 nam het aandeel van de zeescheepvaart in de SO<sub>2</sub>-emissie door de doelgroep toe van ruim 30% in 1980 tot bijna 60% in 1999. Dit komt omdat het zwavelgehalte van de gebruikte stookolie veel hoger is gebleven dan van de brandstoffen in het wegverkeer. De SO<sub>2</sub>-emissie door de zeescheepvaart op Nederlands grondgebied (binnengaats) zal naar verwachting gaan dalen met 35% ten opzichte van 1999, doordat vanaf 2003 de wettelijke eisen voor het zwavelgehalte van stookolie die wordt ingezet op de Noordzee worden aangescherpt.

## **4.3.2 Stikstofoxiden-emissie**

De emissie van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) is gedaald met circa 30% in de periode 1980 tot 1999 tot bijna 410 miljoen kg (*figuur 4.3.1*). Deze reductie is met name bij de energiesector en de industrie gerealiseerd (circa 50% respectievelijk ruim 40%). De NO<sub>x</sub>-emissie door verkeer en vervoer is minder snel gedaald (25% tussen 1980 en 1999), waardoor de relatieve bijdrage van verkeer en vervoer is toegenomen tot 65% van de totale emissies in 1999 (zie *bijlage B1.2*).

### **Industrie en energievoorziening**

De NO<sub>x</sub>-emissie van de elektriciteitscentrales en de industrie is over de periode 1980-1998 met ruim 85 miljoen kg (45%) gedaald tot 100 miljoen kg in 1999. Ten opzichte van de referentiewaarde in 1998 - de waarde die zou zijn bereikt indien de ontwikkeling van de emissie de volume-ontwikkeling van de industriële- en de elektriciteitsproductie zou hebben gevolgd - is de emissie zelfs met bijna 60% (ruim 125 miljoen kg) gedaald. Aan deze daling hebben zowel energiebesparing, als (vanaf 1987) technische reductie-maatregelen bijgedragen. De reductie ten gevolge van de energiebesparing wordt echter



Figuur 4.3.3 Bijdrage verschillende maatregelen bij elektriciteitscentrales en de industrie aan de reductie van de NO<sub>x</sub>-emissie, 1980-1998 (Heilijgers, 2000).

gedeeltelijk tenietgedaan door een verschuiving van olie- naar koleninzet bij de elektriciteitsproductie. Netto hebben beide ontwikkelingen geleid tot een reductie van ruim 25 miljoen kg in de energiesector (zie figuur 4.3.3: 'brandstofmix').

Door technische reductiemaatregelen bij elektriciteitscentrales (zoals aanpassingen van branders, brandercondities en kolenbemaling en toepassing van nageschakelde technieken) is de emissie ten opzichte van de lijn 'brandstofmix' met bijna 60 miljoen kg gedaald. Deze maatregelen zijn vooral getroffen in het kader van het convenant tussen de elektriciteitsproducenten en de overheid. Reductiemaatregelen bij de industrie hebben tot een emissiereductie van ruim 40 miljoen kg geleid. Deze reductie is bereikt bij de procesemissies van salpeterzuur- en nitrietfabrieken door toepassing van nageschakelde technieken en vervanging van oude fabrieken. In de reductie van industriële verbrandingsemissies spelen nageschakelde technieken nog nauwelijks een rol. Wel zijn in het kader van het ook voor SO<sub>2</sub> opgestelde BEES andere maatregelen getroffen (onder andere aanpassingen aan branders en verbrandingscondities) die leiden tot reductie van NO<sub>x</sub>-emissies.

Om de gezamenlijke NO<sub>x</sub>-doelstelling voor 2005 van 67 miljoen kg (voor de industrie, afvalverbrandingsinstallaties en energiesector) te halen moet het huidige reductietempo gehandhaafd blijven (in 1999 was de gezamenlijke emissie ruim 100 miljoen kg). Nieuwe regelgeving, in de vorm van een systeem van kostenverevening alsmede aanscherping van bestaande regelgeving, moet dit waarborgen. De taakstelling voor elektriciteitscentrales uit het Convenant betreffende de bestrijding van SO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies van 36 miljoen kg NO<sub>x</sub> is met een emissie van 41 miljoen kg NO<sub>x</sub> in 1999 binnen bereik.

### **Verkeer en vervoer**

Ondanks de gestage volumegroei van verkeer en vervoer is de  $\text{NO}_x$ -emissie vanaf eind jaren '80 jaarlijks afgenomen met gemiddeld 3% per jaar tot circa 270 miljoen kg in 1999. Deze ontwikkeling zal naar verwachting de komende jaren doorzetten, voornamelijk door de verdere afname van het aantal personen- en bestelauto's zonder geregelde drijwegkatalysator en de verdere aanscherping van de emissienormen. De aangescherpte emissienormen en brandstofmixverschuiving hebben er inmiddels toe geleid dat de  $\text{NO}_x$ -emissie per kilometer van personenauto's circa een derde is van het niveau in 1980. Het aandeel van het niet-wegverkeer (onder andere sloop- en luchtvaart) in de totale  $\text{NO}_x$ -emissie door verkeer en vervoer in de periode 1980-1999 is toegenomen van circa 20% tot circa 35%. De reden hiervoor is dat relatief weinig maatregelen zijn getroffen om de  $\text{NO}_x$ -emissie door het niet-wegverkeer te verminderen. Vanaf 2001 zullen nieuwe motoren voor binnenschepen moeten voldoen aan emissienormen voor onder andere  $\text{NO}_x$ . Het effect van deze normstelling op de gemiddelde  $\text{NO}_x$ -emissie van de binnenvloot zal echter in 2004 nog gering zijn, omdat scheepsmotoren een lange levensduur hebben en omdat de gemiddelde  $\text{NO}_x$ -emissie door de huidige scheepsmotoren niet ver boven de norm ligt.

### **4.3.3 VOS-emissie**

De emissie van VOS (exclusief methaan) is gedaald met circa 50% in de periode 1980 tot 1999 tot ruim 280 miljoen kg (*figuur 4.3.1*). In het kader van het project KWS2000 is beleid geformuleerd om de VOS-emissies door stationaire bronnen in 2000 te reduceren tot ten minste 50% van het niveau van 1981. Deze emissiereductiedoelstelling wordt naar alle waarschijnlijkheid gehaald. De doelgroepen industrie, bouw en handel, diensten en overheid hebben inmiddels de reductiedoelstelling gehaald, alleen de doelgroep consumenten blijft achter. Ook verkeer en vervoer, die buiten het project KWS2000 valt, heeft een reductie bereikt van meer dan 50% ten opzichte van 1981.

#### **Industrie**

VOS-emissies in de industrie en raffinaderijen zijn in de periode 1980-1999 gedaald met ruim 55%. Deze reductie is met name in de laatste tien jaar bereikt. Maatregelen ter beperking van lekverliezen en de reductie van de emissie als gevolg van op- en overslag van vluchtige stoffen hebben hieraan bijgedragen. Tevens is er een gestage afname van het gemiddelde VOS-gehalte in industriële verftoepassingen. De emissie door raffinaderijen bedroeg in 1999 circa 6,6 miljoen kg, waarmee de doelstelling van 5 miljoen kg in 2000 binnen bereik ligt. Voor de industrie (exclusief raffinaderijen) is de VOS-emissie in 1999 tot ruim 60 miljoen kg gedaald. De doelstelling voor 2000 (48 miljoen kg) wordt naar verwachting niet gehaald. Op basis van informatie uit de BMP's is te verwachten dat de emissie in de komende tijd verder zal dalen.

#### **Verkeer en vervoer**

De VOS-emissie door verkeer en vervoer is, voornamelijk onder invloed van de introductie en penetratie van de geregelde drijwegkatalysator, vanaf eind jaren '80 met

gemiddeld 6% per jaar afgenomen tot bijna 120 miljoen kg in 1999. De verdampings-emissie is met circa 20% afgenomen tussen 1980 en 1999. Door de verdere aanscherping van de wettelijke eisen aan de maximale verdampingsemissies door personenauto's vanaf 2000 zal de verdampings-emissie van VOS door personenauto's tot 2004 verder afnemen. Ook de verbrandings-emissie van VOS zal de komende jaren verder afnemen, onder invloed van dezelfde maatregelen zoals die voor de verbrandings-emissies van  $\text{NO}_x$  zijn genomen.

### **Consumenten, bouw en handel, diensten en overheid**

Consumenten dragen voor bijna 12% bij aan de totale VOS-emissie in Nederland (bijna 30 miljoen kg in 1999). Dit komt vooral door het gebruik van verfproducten (27%), open haarden en houtkachels (23%) en cosmetica (14%). De emissie uit verf neemt af door verlaging van het oplosmiddelgehalte in verfproducten. De emissie uit open haarden en houtkachels neemt licht af. Sinds 1997 is het Besluit typekeuring houtkachels van kracht. Door vervanging van ongekeurde kachels door gekeurde kachels zal de VOS-emissie langzaam verder dalen. De emissie uit cosmetica neemt sterk toe vooral door opkomst van sprays (aërosolen). De afzet hiervan is in vier jaar tijd met bijna 20% toegenomen. Het VOS-gehalte in cosmeticaproducten is niet gewijzigd.

De doelgroepen bouw en handel, diensten en overheid (HDO) leveren beide een bijdrage van ruim 7% aan de totale VOS-emissie. Het betreft overwegend bouwverven en -lijmen en het gebruik van spuitlakken door autoschadeherstelrichtingen. Als gevolg van beleid in het kader van ARBO- en milieuregelgeving wordt een forse daling van de VOS-emissie voorzien.

## **4.3.4 Fijn stof-emissie**

De directe emissie van fijn stof is met ruim 60% gedaald in de periode 1980 tot 1999 (*figuur 4.3.1*).

### **Industrie**

Met name bij de industrie zijn grote reducties behaald (circa 75%) tot circa 12 miljoen kg in 1999. Maatregelen voor de emissiereducties van (fijn) stof bij de industrie zijn in sterke mate gestuurd door lokale (stof)hinderproblematiek en vastgelegd en uitgevoerd via de vergunningverlening. Reducties hebben met name plaatsgevonden door procesaanpassingen en het plaatsen van stoffilters bij de basismetaleen en chemische industrie. Ook bedrijfssluitingen hebben bijgedragen aan emissiereducties.

### **Verkeer en vervoer**

De bijdrage van verkeer en vervoer aan de Nederlandse emissie van fijn stof bedroeg in 1999 bijna 45%. De emissie daalde met circa 35% tot circa 17 miljoen kg in 1999. De emissie van fijn stof door het wegverkeer is tussen 1980 en 1999 gehalveerd. De reductie kwam grotendeels tot stand door de introductie in het begin van de jaren '90 van nieuwe dieselmotoren in het wagenpark onder invloed van EU-emissienormen. Door

het toegenomen aandeel diesel bij personenauto's en door de relatief sterke groei van het gebruik van bestelauto's met dieselmotoren, is een deel van het effect van dit brongericht beleid weer tenietgedaan. De emissie van fijn stof door het niet-wegverkeer, met als belangrijkste bronnen de scheepvaart en mobiele werktuigen, is met 35% toegenomen. Het niet-wegverkeer is nu verantwoordelijk voor 45% van de emissies van fijn stof door verkeer en vervoer. De toename in de emissie door het niet-wegverkeer is het gevolg van het ontbreken van bronbeleid gericht op fijn stof gecombineerd met de groei van het niet-wegverkeer.

### **Consumenten**

De consumenten dragen voor circa 15% bij aan de Nederlandse emissie van fijn stof. Dit is voornamelijk afkomstig uit kachels en open haarden. De typekeuring, zoals genoemd bij de VOS-emissie, zal in een daling van de emissie van fijn stof resulteren.

## **4.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit**

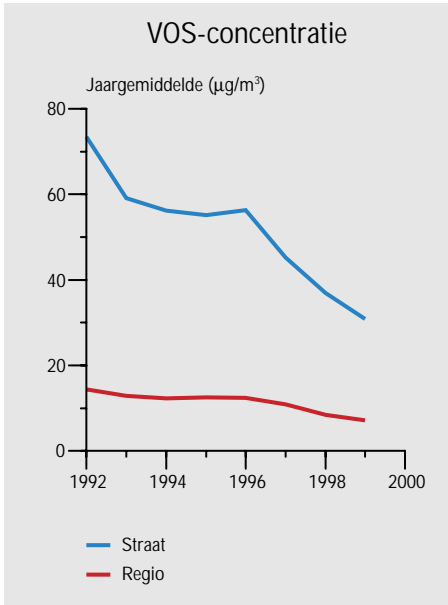
Ozon en fijn stof worden gezien als de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen die leiden tot nadelige gezondheidseffecten bij de bevolking. Zowel kortdurende hoge concentraties (smog) als chronische blootstelling aan luchtverontreiniging kunnen leiden tot gezondheidseffecten. Voor ozon heeft de aandacht zich tot dusver voornamelijk gericht op kortdurende piekconcentraties, bij fijn stof is het vooral de chronische blootstelling die van belang wordt geacht. Piekconcentraties van ozon leiden ook tot nadelige effecten op de natuur. De gehanteerde normen ter bescherming van mens en natuur zijn samengevat in tabel 4.4.1. De huidige norm voor fijn stof is door de Nederlandse overheid vastgesteld en is gelijk aan die van de Europese Unie (EU), de overige normen zijn door de EU vastgesteld of zullen binnenkort definitief vastgesteld worden. De normen zijn in de regel gebaseerd op de "Air Quality Guidelines" van de WHO of de richtlijnen/normen die in VN/ECE-kader zijn vastgesteld.

In deze paragraaf komen als eerste VOS- en NO<sub>x</sub>-concentraties aan de orde, die bepalend zijn voor de vorming van ozon. Daarna wordt aandacht geschonken aan de concentratie van ozon en fijn stof.

*Tabel 4.4.1 Gehanteerde normen luchtverontreinigende stoffen.*

Stof		Eenheid	Norm nu	Norm 2010	Middelingstijd
Ozon	mens	µg/m <sup>3</sup>	110		8-uursgemiddelde
Ozon	vegetatie	(µg/m <sup>3</sup> ) · uur		17.000	AOT40 <sup>1)</sup>
Stikstofoxiden	vegetatie	µg/m <sup>3</sup>	30		jaargemiddelde
Zwavel dioxide	vegetatie	µg/m <sup>3</sup>	20		jaar/wintergemiddelde
Stikstofdioxide	mens	µg/m <sup>3</sup>	40		jaargemiddelde
Fijn stof	mens	µg/m <sup>3</sup>	40	(indicatief) 20	jaargemiddelde

<sup>1)</sup> De AOT40 (accumulated over threshold) waarde geeft de som over het groeiseizoen van de mate waarin uurgemiddelde concentraties ozon boven 40 ppb (= 80 µg/m<sup>3</sup>) uitkomen.



Figuur 4.4.1 Trends in jaargemiddelde VOS-concentraties, 1992-1999.

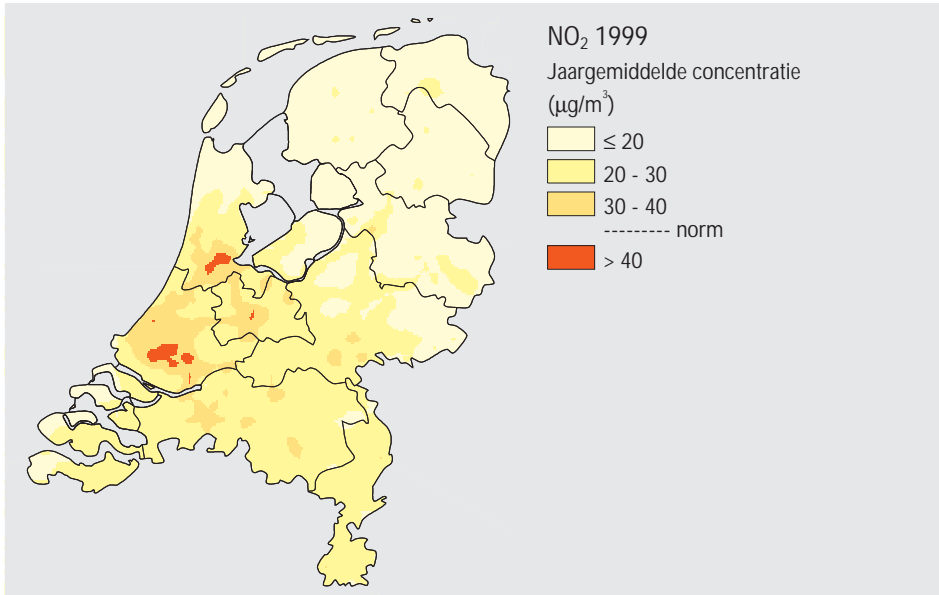
### 4.4.1 VOS-concentraties

De concentraties van VOS worden, naast buitenlandse bijdragen, ook voor een groot deel bepaald door het Nederlandse verkeer, hetgeen tot uitdrukking komt in de verhoogde concentraties in drukke straten. De regionale concentraties en de verkeersbijdrage aan VOS in drukke straten zijn ten opzichte van 1992 gehalveerd (figuur 4.4.1). Deze halvering is in overeenstemming met de trend in de emissieraming voor verkeer binnen de bebouwde kom. De daling is vooral het gevolg van de invoering van de geregelde driewegkatalysator in de jaren voor 1990. Door de in Nederland, België en Duitsland gerealiseerde emissiereducties (20-40% sinds 1980, zie paragraaf 4.2) is de aanvoer van VOS bij (zuid)oostenwind duidelijk verminderd. Daarmee is ook de kans op smog-episoden kleiner geworden.

### 4.4.2 Stikstofdioxide-concentratie

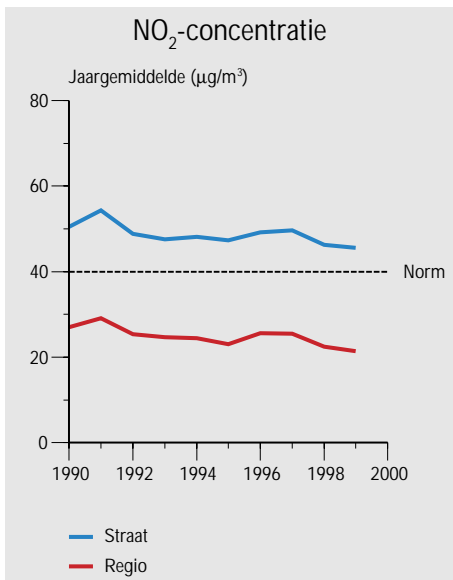
Emissies van verbrandingsprocessen bevatten meestal stikstofmonoxide (NO) en een kleiner aandeel stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), samen stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) genoemd. In de atmosfeer wordt het NO-deel grotendeels in NO<sub>2</sub> omgezet. NO<sub>2</sub> is het meest relevant voor gezondheidseffecten.

De concentraties van stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) in de atmosfeer zijn het hoogst in de Randstad, voornamelijk door het lokale verkeer. De concentraties in het zuiden van Nederland zijn over het algemeen hoger dan die in het noorden door de hogere verkeersintensiteit en een grotere invloed van buitenlandse bronnen (figuur 4.4.2). Voor NO<sub>2</sub> is de

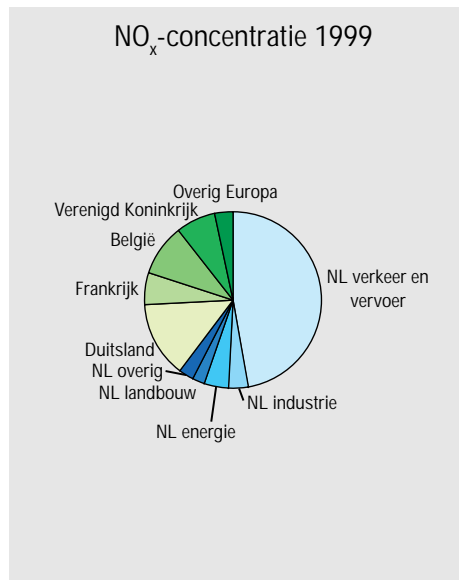


Figuur 4.4.2 Jaargemiddelde concentraties van NO<sub>2</sub>, 1999.

lokale bijdrage van het verkeer in grote steden ongeveer even groot als de grensoverschrijdende aanvoer (zie figuur 4.4.3). Normoverschrijdingen komen daardoor voor op plaatsen met hoge verkeersemisies, zoals het Rijnmondgebied, de regio rond Amsterdam en dicht langs snelwegen.



Figuur 4.4.3 Trends in jaargemiddelde NO<sub>2</sub>-concentraties, 1990-1999.



Figuur 4.4.4 De bijdrage van doelgroepen en buitenland aan de NO<sub>x</sub>-concentratie, 1999.

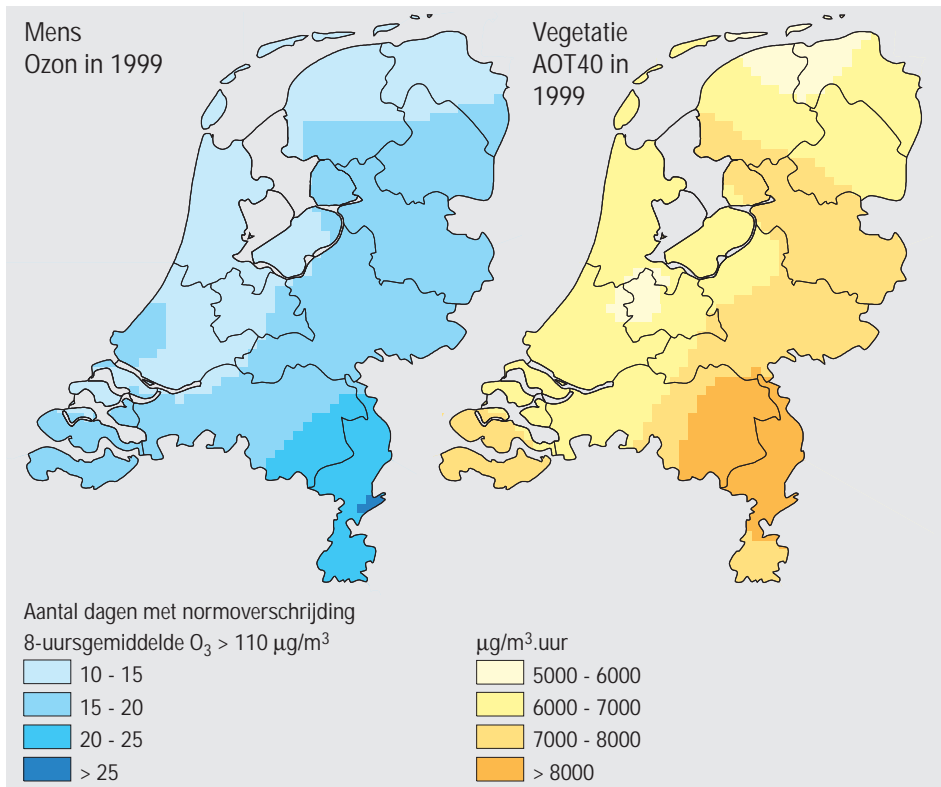


De jaargemiddelde  $\text{NO}_x$ -concentratie wordt voor circa 60% veroorzaakt door Nederlandse emissies; 50% alleen al door verkeer (figuur 4.4.4). Ditzelfde percentage kan indicatief worden gehanteerd voor de Nederlandse bijdrage aan de  $\text{NO}_2$ -concentratie.

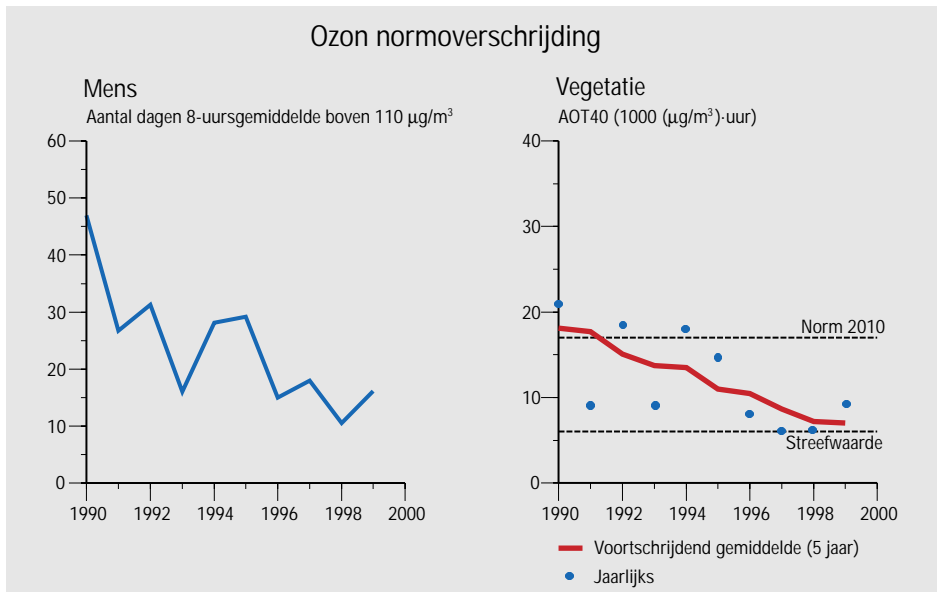
De verkeersemissies zijn door de invoering van de katalysator sterk gedaald. Dit heeft geleid tot een daling van de  $\text{NO}_2$ -concentratie in drukke straten. Ook in de regio daalt de concentratie licht mede doordat in de omringende landen eveneens emissiereducties van stikstofoxiden zijn gerealiseerd (paragraaf 4.2). Hoge verkeersintensiteiten leiden nog tot lokale problemen, die in een aantal gevallen door specifiek beleid van lagere overheden worden aangepakt, zoals het terugdringen van autoverkeer in de binnensteden. De  $\text{NO}_2$ -concentratie daalt echter minder snel dan de emissies. Mogelijk komt dat door een bufferende werking van ozon in de atmosfeer.

### 4.4.3 Ozonconcentratie

De concentraties van ozon overschrijden nog vele malen per jaar de norm voor het 8-uursgemiddelde van  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ter bescherming van de gezondheid van de mens (figuur 4.4.5). De AOT40 norm van  $17.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$  (die de EU voor 2010 voorstelt ter



Figuur 4.4.5 Aantal dagen met ozonconcentraties boven de norm ter bescherming van de mens en natuur, 1999 (AOT40 voortschrijdend gemiddelde over drie jaar).



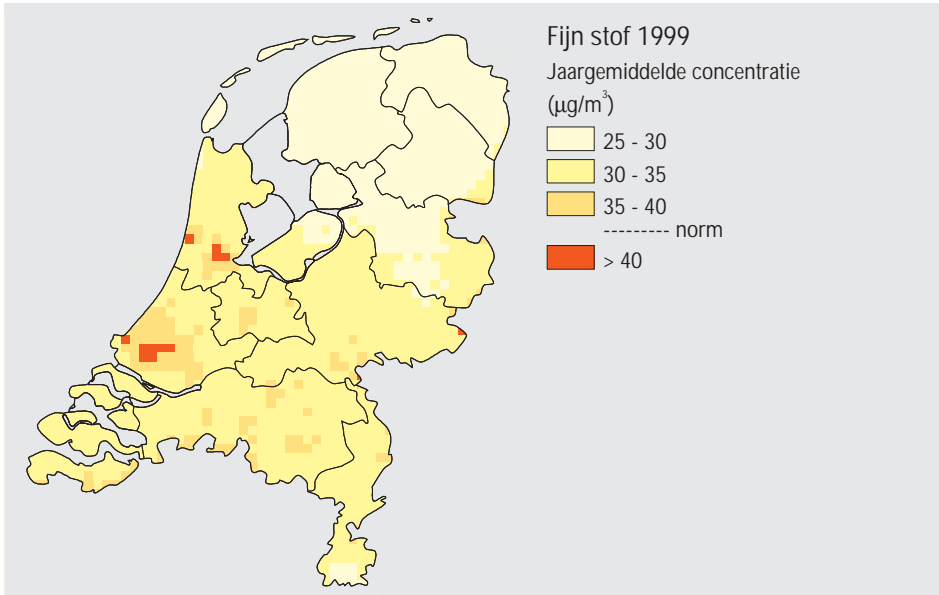
Figuur 4.4.6 Trends in overschrijdingen ozonnormen voor mens en natuur, 1990-1999.

bescherming van vegetatie wordt niet overschreden. Dit geldt echter wel, in vrijwel geheel Nederland, voor de langetermijndoelstelling (na 2010) van 6.000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{uur}$ ). Piekconcentraties komen vooral voor in de loop van de middag, bij continentale aanvoer van verontreinigde luchtmassa's met name vanuit Duitsland, België en Frankrijk. Hierdoor komen overschrijdingen van de norm van het 8-uursgemiddelde in het zuidoostelijk gedeelte van het land het vaakst voor (meer dan twintig dagen in 1999). In grote delen van zuidelijk en zuidoostelijk Europa wordt, vaak als gevolg van meteorologische condities, meer dan 50 keer per jaar overschrijding van de ozonnorm ter bescherming van de mens gemeten.

De ozonconcentraties fluctueren van jaar tot jaar vrij sterk, door meteorologische condities (figuur 4.4.6). Door bufferende mechanismen in de atmosfeer daalt de ozonvorming minder snel dan de concentraties van VOS en  $\text{NO}_2$ . De hoogste gemeten ozonconcentraties tijdens perioden met normoverschrijding vertonen een dalende tendens, die ook in de metingen van de buurlanden herkenbaar is. Deze tendens zorgt ervoor dat de lengte van de periode met normoverschrijding korter wordt. Daar staat tegenover dat de achtergrondconcentratie in Europa stijgende lijkt te zijn, waardoor het gebied waar normoverschrijding plaatsvindt groter wordt.

#### 4.4.4 Fijn stof-concentratie

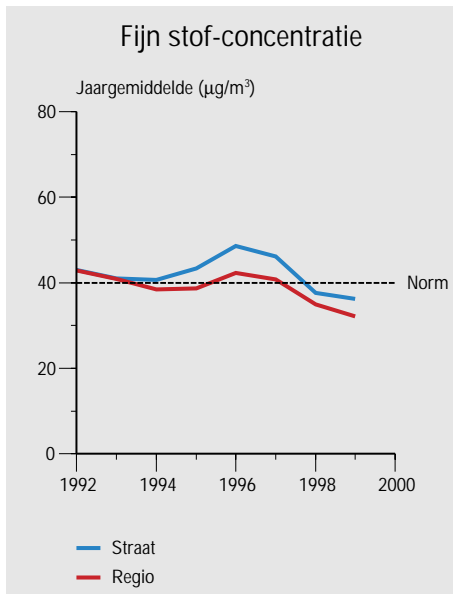
Concentraties van fijn stof laten een noord-zuid gradiënt zien door de invloed van buitenlandse bronnen (figuur 4.4.7). Onder fijn stof worden deeltjes kleiner dan  $10\ \mu\text{m}$  ver-



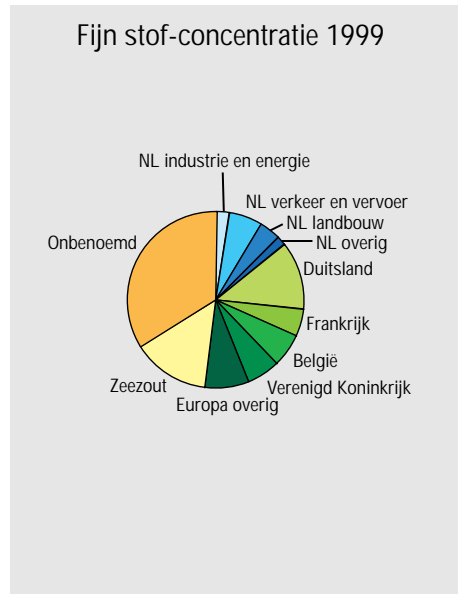
Figuur 4.4.7 Jaargemiddelde concentraties van fijn stof, 1999.

staan. Momenteel staan de deeltjes kleiner dan 2,5 µm internationaal sterk in de aandacht vanwege hun mogelijke gezondheidseffecten. De concentratie van fijn stof wordt meer bepaald door grensoverschrijdend transport van luchtverontreiniging dan door lokale bronnen waaronder verkeer. Een geringe verhoging door lokale bronnen is in grote steden of nabij grote industriecomplexen echter voldoende om de concentratie boven de norm te laten uitstijgen. Ongeveer de helft van de concentratie fijn stof wordt veroorzaakt door zeezoutaërosol en, direct of indirect (vorming), door nog niet toe te wijzen emissies (figuur 4.4.8). Uitgaande van de bekende emissies kan, gemiddeld over Nederland, ongeveer 15% van de concentratie door Nederlands beleid worden beïnvloed en ongeveer 35% via internationale samenwerking (figuur 4.4.9). Onduidelijk is in hoeverre het beleid de nog onbenoemde emissies beïnvloedt. Onderzoek is gaande om dat onzekere deel, dat mede door natuurlijke emissies wordt veroorzaakt, beter in kaart te brengen. Duidelijk is wel dat met alleen Nederlands beleid weinig kan worden bereikt. Het internationale verzuringsbeleid heeft geleid tot een daling in de jaargemiddelde concentratie van fijn stof met ongeveer 7 µg/m<sup>3</sup> ten opzichte van midden jaren '80. De emissiereducties in de omliggende landen zijn vergelijkbaar met die in Nederland (paragraaf 4.2). Additioneel Nederlands beleid in het kader van de ammoniakproblematiek heeft sinds 1990 geleid tot een extra reductie in de jaargemiddelde concentratie met ongeveer 2 µg/m<sup>3</sup>. Bij de industrie is vanaf 1980 een omvangrijke emissiereductie van ongeveer 75% gerealiseerd. Deze heeft geleid tot een daling van slechts 3% in de jaargemiddelde concentratie van fijn stof. Lokaal, nabij grote industriecomplexen en op- en overslag van goederen, zijn de concentratiedalingen echter veel sterker.

GRENSOVERSCHRIJDENDE  
 LUCHTVERONTREINIGING



Figuur 4.4.8 Trends in jaargemiddelde concentratie fijn stof, 1992-1999.



Figuur 4.4.9 De bijdragen van de doelgroepen en buitenland aan fijn stof, 1999.

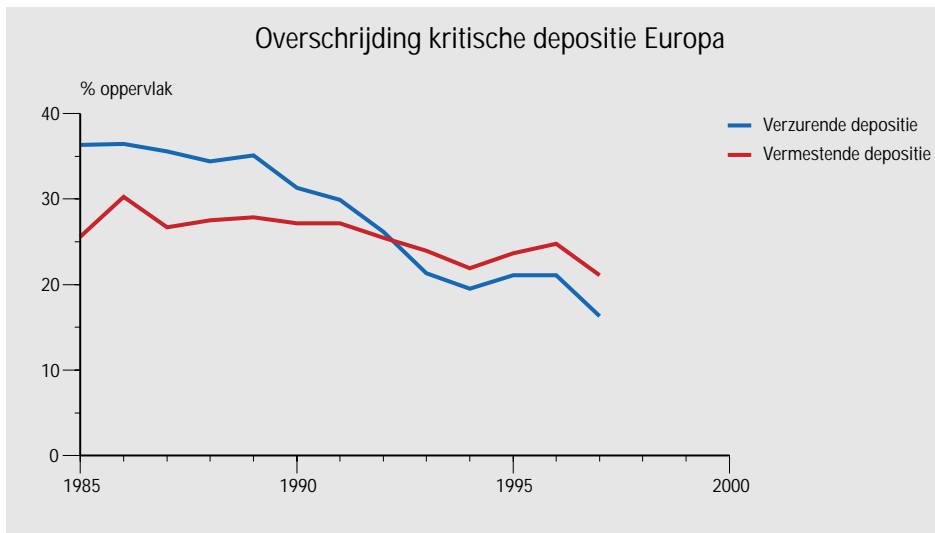
## 4.5 Effecten

### 4.5.1 Risico's voor de natuur

Grensoverschrijdende luchtverontreiniging wordt geassocieerd met verzuring en vermesting van het milieu. Al in de jaren '60 kwamen vanuit Scandinavië berichten van vissterfte, die werd toegeschreven aan verzuring van de meren door luchtverontreiniging afkomstig uit West-Europa.

Voor deposities van de stikstofhoudende componenten  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$  vormt het vermesende karakter van de verontreiniging een grotere bedreiging voor de natuur dan het potentieel zure karakter. De verstoring in de nutriëntenbalans kan leiden tot veranderingen van de soortensamenstelling in de natuur. Dit komt tot uiting in de verhoudingen waarin korstmossen, paddestoelen/schimmels, bepaalde grassoorten en stikstofminnende plantensoorten in bosgebieden, in heidevelden (vergrassing) en in graslanden (verdwijnen blauwgraslanden) (Van der Eerden *et al.*, 1994) voorkomen. Ook het wortelstelsel van planten kan worden beïnvloed, en daarmee de gevoeligheid voor verdroging en voor ziekten en vorst.

De gerealiseerde emissiereducties van  $\text{SO}_2$ , en daarmee de afgenomen verzurende depositie, hebben in de afgelopen twee decennia geleid tot aanzienlijk herstel van de chemische samenstelling en biologische kwaliteit van de bodem en het oppervlaktewater in grote delen van Europa. Figuur 4.5.1 laat zien dat het door verzuring bedreigde



Figuur 4.5.1 Trends in kritische depositie overschrijding voor verzuring en vermisting in Europa, 1985-1997 (WGE, 1999).

areaal in 1997 meer dan gehalveerd is ten opzichte van de situatie in 1985. In dezelfde periode daalden de SO<sub>2</sub>-emissies in Europa van ruim 800 miljoen kg zuurequivalenten naar ongeveer 300 miljoen kg. In vergelijking daarmee zijn sinds 1980 de emissies van NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> niet of nauwelijks afgenomen, en is het door vermisting bedreigd oppervlak onveranderd hoog gebleven.

Effecten van verzurende en vermestende depositie op ecosystemen in Nederland wordt besproken in hoofdstuk 5: ‘Het milieu in het landelijk gebied’.

De normen voor SO<sub>2</sub> worden in Nederland niet overschreden. De jaargemiddelde stikstofoxidenconcentraties (jaargemiddelde als NO<sub>x</sub>) zitten met ongeveer 30 µg/m<sup>3</sup> rond de norm voor ecosystemen. Gevoelige soorten kunnen plaatselijk bedreigd worden door NO<sub>2</sub>, waardoor minder gevoelige soorten de gevoelige kunnen verdringen.

Figuur 4.4.5 laat zien dat de langetermijnstreefwaarde voor ozon met betrekking tot vegetaties (een AOT40 van 6.000 µg/m<sup>3</sup>-uur) in 1999 in grote delen van het land werd overschreden. Deze mate van ozonnormoverschrijding kan leiden tot bladschade in de natuur en bij landbouwgewassen. De economische schade hiervan wordt geschat op 5-20% reductie in de oogst. Bij de huidige overschrijding van de streefwaarde is de ozonconcentratie van invloed op de soortensamenstelling van de natuurlijke vegetaties.

### 4.5.2 Risico's voor de mens

Veel internationale epidemiologische studies tonen aan dat bij de huidige niveaus van luchtverontreiniging gezondheidseffecten optreden die kunnen worden toegeschreven

Tabel 4.5.1 Totale sterfte en aantal spoedopnamen in Nederland en de sterfte en spoedopnamen toegeschreven aan de heersende niveaus van luchtverontreiniging door fijn stof en ozon, 1998.

	Totaal aantal	Fijn stof	Ozon
<b>Sterfte</b>			
Alle oorzaken	136.000	1.300	1.900
Chronisch obstructieve longaandoeningen	6.400	270	20
Longontsteking	5.800	350	280
Hart- en vaataandoeningen	50.000	300	980
<b>Spoedopnamen</b>			
Alle respiratoire aandoeningen	54.000	700	340
Hart- en vaataandoeningen	103.000	1.100	100

aan fijn stof en ozon, en dat een causaal verband tussen luchtverontreiniging en een aantal gezondheidsklachten plausibel is. Het gaat hier onder andere om spoedopnamen in het ziekenhuis en sterfte ten gevolge van aandoeningen van de luchtwegen en hart- en vaataandoeningen. Resultaten uit toxicologisch onderzoek ondersteunen de causale relatie daarvan met ozon, maar hebben het effect van fijn stof tot nu toe niet kunnen aantonen.

Gepubliceerde risicoschattingen voor fijn stof zijn tot dusver gebaseerd op Amerikaanse gegevens of op een combinatie van Amerikaanse en Nederlandse gegevens (Van Aalst *et al.*, 1995; Bloemen *et al.*, 1998). De meest recente analyses schatten de omvang van de sterfte en spoedopnamen op basis van alleen Nederlandse gegevens (Rombout *et al.*, 1999). Omdat is gebleken dat in Nederland het verband tussen fijn stof en gezondheidsklachten minder sterk is dan in Amerika, zijn de berekende risico's naar beneden bijgesteld ten opzichte van de eerdere schattingen. Jaarlijks worden circa 1.300 extra vroegtijdige sterfgevallen en circa 1.800 extra spoedopnamen voor aandoeningen aan de luchtwegen en hart- en vaataandoeningen samen (tabel 4.5.1) toegeschreven aan luchtverontreiniging door fijn stof.

De gehele Nederlandse bevolking staat jaarlijks meer dan tien dagen bloot aan normoverschrijding van ozon. Lange tijd zijn te weinig gegevens beschikbaar geweest om een analyse van het sterfterisico geassocieerd met ozon te kunnen maken. Daarom is in het verleden de Nederlandse situatie ook niet verder geanalyseerd, en is een historische vergelijking van gezondheidsrisicoschattingen voor ozon minder goed mogelijk. De geschatte risico's geassocieerd met ozon zijn ongeveer van dezelfde grootte als die van fijn stof voor vroegtijdige sterfte, circa 1.900 extra gevallen, en lager voor spoedopnamen: circa 400 extra opnamen per jaar.

Van de totale vroegtijdige sterfte en het aantal spoedopnamen voor ademhalingsklachten en hart- en vaataandoeningen in Nederland kan circa 1% worden toegeschreven aan de heersende niveaus van luchtverontreiniging door fijn stof of ozon (Hoek *et al.*, 1997; Vonk & Schouten, 1998).

# 5

## Het milieu in het landelijk gebied

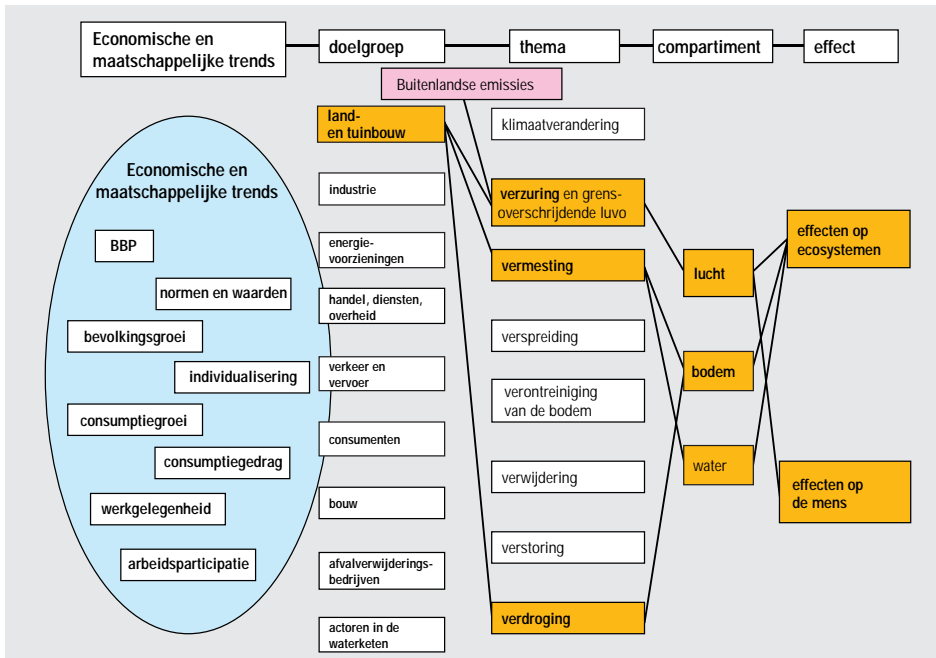


Het landelijk gebied van Nederland is niet meer het boerenland van nog maar enkele tientallen jaren geleden. Mensen uit de stad zijn er gaan wonen en werken omdat ze de rust en de ruimte waarderen. Het gangbare boerenbedrijf gebruikt moderne productiemethoden met hoge opbrengsten maar ook met een hoge milieudruk. Welke gevolgen heeft dit voor de flora en fauna in het landelijk gebied en de leefbaarheid van het platteland?





## 5 HET MILIEU IN HET LANDELIJK GEBIED



Figuur 5.1 Bron-effectketen voor het landelijk gebied en de elementen die in dit hoofdstuk de nadruk krijgen.

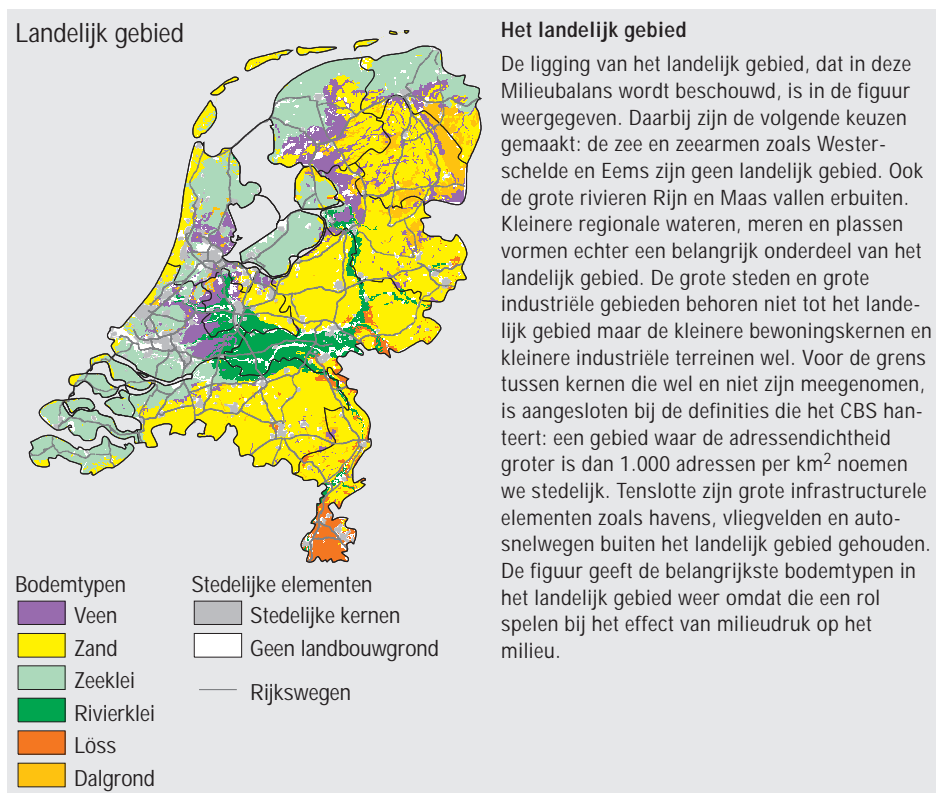
- De doelstelling voor de emissie van ammoniak naar lucht, 50% reductie tussen 1980 en 2000, zal niet worden gehaald. De emissiedoelstelling van stikstof naar oppervlaktewater, 50% reductie tussen 1985 en 1995, is nog niet gehaald.
- Het beleidsdoel voor zure depositie, maximaal 2.400 z-eq/ha in 2000, zal niet worden gehaald.
- De gemeten concentraties van nitraat zijn in 90% van het bovenste grondwater onder landbouwgronden in de Nederlandse zandgebieden hoger dan de EU-grenswaarde van 50 mg/l; realisatie van de doelstelling voor 2003 zal niet eenvoudig zijn.
- Het aantal vindplaatsen van plantensoorten is sinds 1950 in vrijwel heel Nederland afgenomen als gevolg van vooral vermisting, verzuring en verdroging. De afname is het hoogst op de hoge zandgronden.
- De soortenrijkdom aan korstmossen is de laatste tien jaar toegenomen door afname van de SO<sub>2</sub>-emissie. Een herstel van de rijkdom die sinds 1900 verloren is gegaan, is in gang gezet.

## 5.1 Inleiding

Het landelijk gebied van Nederland is niet meer het boerenland van enkele tientallen jaren geleden. Het boerenbedrijf is veranderd en er wonen meer mensen die geen directe binding met de land- of tuinbouw hebben. Ze werken in steden of in niet-agrarische bedrijven die zich in het landelijk gebied hebben gevestigd.

De grens tussen stad en landelijk gebied vervaagt. Toch is nog niet heel Nederland verstedelijkt (zie *figuur 5.1.1*): er zijn nog steeds gebieden met een uitgesproken landelijk karakter. Uitgestrekte weiden met grazend vee en akkers worden gezien als typisch Nederlands landschap. Mede vanuit cultuurhistorisch en recreatief oogpunt vinden velen dit waardevol. Veel inwoners van de stad bezoeken het landelijk gebied voor hun ontspanning.

Land- en tuinbouw zijn tegenwoordig niet meer de belangrijkste economische activiteiten in het landelijk gebied. De landbouw neemt nog wel het grootste deel van de ruimte in beslag en is beeldbepalend voor het landelijk gebied. De landbouw veroorzaakt diffuus verspreide milieuproblemen die moeilijk oplosbaar zijn en daarop ligt in dit hoofdstuk de nadruk. De overige veroorzakers van milieuproblemen in het landelijk gebied krijgen in dit hoofdstuk slechts zijdelings aandacht.



*Figuur 5.1.1 Het landelijk gebied.*

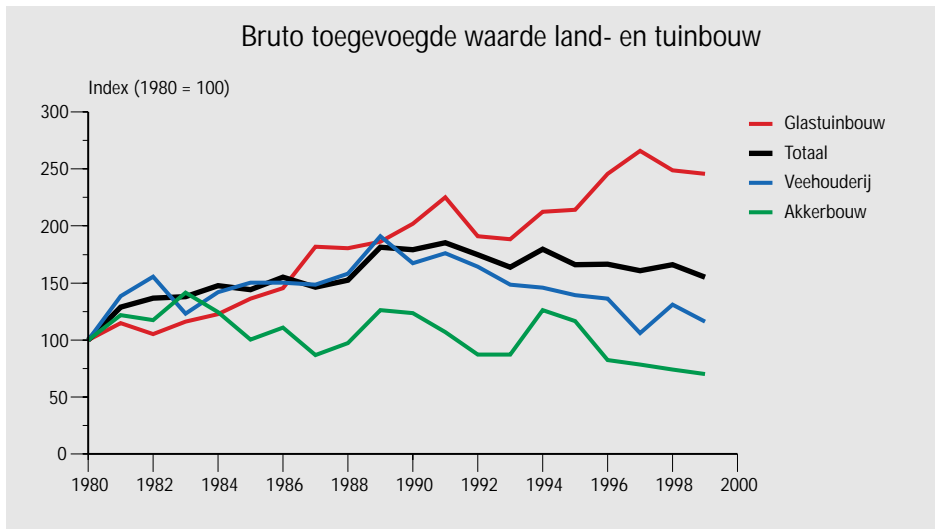
De effecten van een veranderde milieukwaliteit in het landelijk gebied bestaan vooral uit ecologische veranderingen in natuurlijke vegetatie (terrestrisch) en in het oppervlaktewater (aquatisch). Effecten op de volksgezondheid moeten vooral gezocht worden in veranderende kwaliteit van de leefomgeving. De Europese Nitraatrichtlijn met mogelijk grote consequenties voor de Nederlandse landbouw is deels gebaseerd op de gevolgen van te hoge nitraatconcentraties in water dat als bron kan dienen voor drinkwater. De verandering van de kwaliteit van bodem en water door het gebruik van kunstmest en dierlijke mest krijgt veel aandacht in dit hoofdstuk. Problemen die samenhangen met verdroging komen eveneens aan de orde. De milieudruk als gevolg van de emissies van zware metalen en bestrijdingsmiddelen is nog steeds aanzienlijk, maar door gebrek aan nieuwe gegevens zal de bespreking ervan kort zijn. De depositie van potentieel verzurende stoffen en de effecten van verzuring komen in dit hoofdstuk aan de orde. De emissies van de verzurende stoffen  $\text{SO}_2$  en  $\text{NO}_x$  zijn behandeld in hoofdstuk 4. De emissie van ammoniak zal in dit hoofdstuk worden besproken. Van het milieubeleidsthema Verstoring worden alleen de aspecten van geurhinder vanuit de landbouw en geluidhinder in stiltegebieden besproken voor zover deze invloed hebben op de leefbaarheid. De andere aspecten van Verstoring zijn opgenomen in hoofdstuk 6.

## 5.2 Maatschappelijke ontwikkelingen

De dienstensector zorgt voor circa 60% van de werkgelegenheid in het landelijk gebied en de industrie en bouwnijverheid voor circa 25%. Zij zijn daarmee de belangrijkste economische activiteiten. Land- en tuinbouw vormen echter nog steeds een belangrijke activiteit in het landelijk gebied en zijn daarbij verantwoordelijk voor bijna 13% van de werkgelegenheid. Dit percentage is nog ongeveer twee keer zo groot als de activiteiten die verband houden met de landbouw ook worden meegerekend. Daarnaast heeft het gebied andere functies zoals recreatie en instandhouding van natuurgebieden.

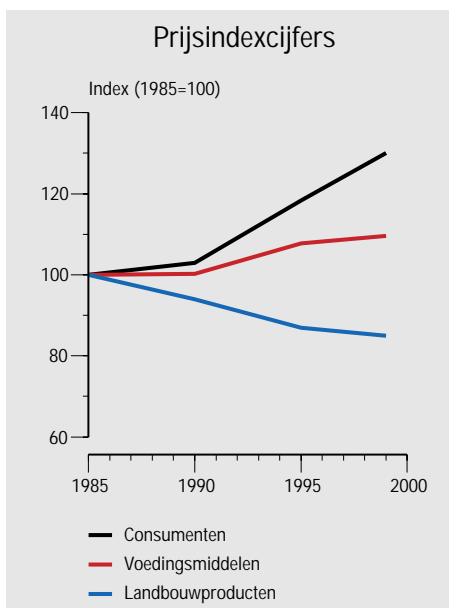
De bruto toegevoegde waarde van de land- en tuinbouw is tussen 1980 en 1990 met ongeveer 80% gestegen (*figuur 5.2.1*). Sinds 1990 is deze weer iets afgenomen. De bijdragen van de veehouderij en de akkerbouw zijn kleiner geworden terwijl de glastuinbouw is toegenomen.

De opbrengsten per hectare in de Nederlandse land- en tuinbouw zijn ongeëvenaard in de wereld, maar dat gaat gepaard met een hoge milieudruk. In vergelijking met andere landen is het gemiddelde gebruik van stikstofkunstmest per hectare het hoogst in Nederland, evenals de toepassing van dierlijke mest in de landbouw. Het brandstofverbruik in de glastuinbouw en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in akker- en tuinbouw zijn ook relatief hoog. Om intensieve veehouderij mogelijk te maken wordt een groot deel van het benodigde veevoer geïmporteerd. Een gevolg van de grote veestapel is echter ook een hoge productie van dierlijke mest.

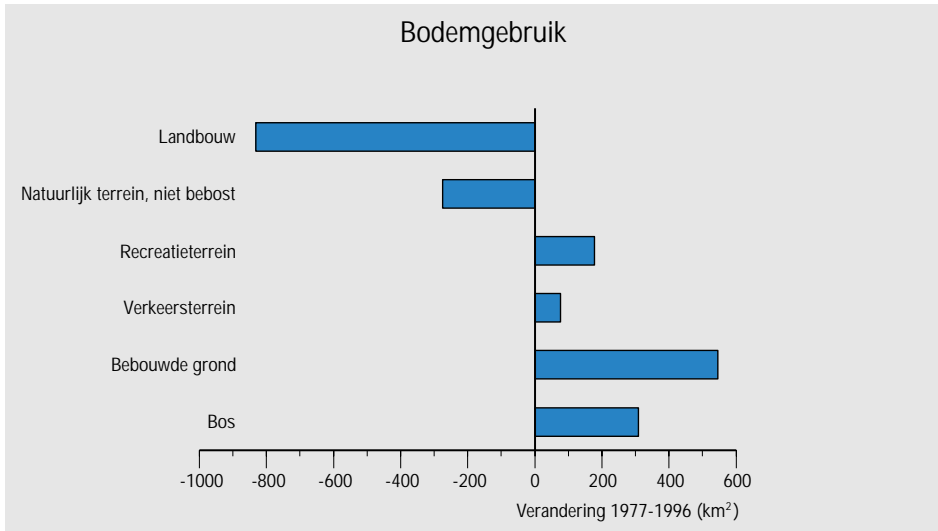


Figuur 5.2.1 Volume-ontwikkeling land- en tuinbouw naar sector, 1980-1999 (Bron: LEI).

Maatregelen ter vermindering van de milieudruk vanuit de landbouw gaan niet gepaard met hogere prijzen voor de producten. De prijzen van landbouwproducten zijn tussen 1985 en 1999 zelfs afgenomen met 15% ondanks een toename van de prijzen van voedingsmiddelen in dezelfde periode met ongeveer 10% (zie figuur 5.2.2). De consumenten prijsindex steeg in die periode met circa 30%. Met name de prijzen van producten uit de intensieve veehouderij namen af (ruim 25%).



Figuur 5.2.2 Prijsindexcijfers van landbouwproducten en voedingsmiddelen en de consumentenprijsindex, 1985-1999 (Bron: CBS en LEI).



Figuur 5.2.3 Verandering van het bodemgebruik in Nederland, 1977-1996 (Bron: CBS en LEI).

### **Ruimtelijke ontwikkelingen**

De afgelopen twintig jaar is meer dan 800 km<sup>2</sup> landbouwgrond, ruim 3% van het totale Nederlands landbouwareaal, vrijgekomen (figuur 5.2.3). Het areaal bebouwing en verkeersterrein is met ruim 600 km<sup>2</sup> toegenomen. Verder is in de periode 1977-1996 bijna 300 km<sup>2</sup> natuurlijk terrein verdwenen en is er evenveel bos bijgekomen. Na 1996 is het areaal natuurlijk terrein overigens weer toegenomen. Natuurlijke terreinen onderscheiden zich van bos omdat zij vanuit de lucht gezien minder dan 20% bedekking met bomen hebben. Lang niet alle nieuw met bomen beplante gronden zijn overigens waardevolle natuurgebieden.

Het belangrijkste antwoord van het natuurbeleid op de achteruitgang van de natuurkwaliteit is de vorming van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). De EHS is gericht op het versterken van de ruimtelijke kwaliteit van natuurgebieden door gebieden te vergroten en de samenhang tussen gebieden te verbeteren. De aankoop van grond ten behoeve van de EHS verloopt echter moeizaam als gevolg van de hoge grondprijzen (RIVM/DLO, 2000).

In de nota 'Natuur, bos en landschap in de 21ste eeuw' (LNV *et al.*, 2000) worden maatregelen voorgesteld ter versterking van de EHS en identiteit en kwaliteit van het landschap. Het gaat hierbij tot 2020 onder meer om extra financiering voor een 'kwaliteitsimpuls' voor in totaal 400.000 hectare landbouwgrond waarbinnen 10.000 hectare een functiewijziging dient te ondergaan. Daarbij moet 10.000 hectare groen in en om de stad gerealiseerd worden (RIVM/DLO, 2000).

## **Sociaal-culturele en economische ontwikkelingen**

Het Europese en het nationale landbouwbeleid zijn tegenwoordig volop in ontwikkeling. Beide zijn er thans ook op gericht om de milieudruk van de landbouw zoveel mogelijk tegen te gaan. Dit vereist dat boeren omschakelen van een maximale naar een minder hoge, maar meer milieuvriendelijke productie. Een onderdeel hiervan kan de ontwikkeling van alternatieve vormen van landbouw zijn (zie tekstbox *Alternatieve vormen van de landbouw*).

Mensen die in de stad werken zijn in het landelijk gebied gaan wonen en typisch stedelijke activiteiten zijn naar het landelijk gebied verplaatst (LEI, 2000). Ook in het landelijk gebied is daardoor de intensiteit van het personen- en goederenvervoer (zie *hoofdstuk 6*) toegenomen. De milieudruk die het gevolg is van deze toegenomen economische activiteiten leidt tot veranderingen in de kwaliteit van het landelijk gebied.

Flora en fauna in Nederland zijn aanzienlijk veranderd in de afgelopen halve eeuw. De bezorgdheid in de samenleving over de instandhouding van het natuurlijke milieu in Nederland heeft geleid tot een toename van het aantal leden van de Vereniging Natuurmonumenten en van de verenigingen ter bescherming van de provinciale landschappen. Deze verenigingen hebben thans samen ongeveer 1,2 miljoen leden. Hun bezit aan terreinen breidt zich gestaag uit, waarbij de overheid subsidies verleent.

### **Alternatieve vormen van landbouw**

In de landbouw bestaan grote verschillen in bedrijfsvoering van 'extensief' via 'gangbaar' naar 'intensief'. Een extensieve bedrijfsvoering kan meer milieuvriendelijk zijn maar is dit niet zonder meer. Een intensieve bedrijfsvoering is ook niet per definitie milieuonvriendelijk. Er zijn verschillende kaders waarbinnen landbouwers gestimuleerd en beloofd worden voor milieu-inspanningen die verder gaan dan de wettelijke regelgeving. Voorbeelden zijn de Milieukeur landbouw en de geïntegreerde akkerbouw. De biologische landbouw is gericht op natuurlijke productiemethoden en natuurlijke voedselkwaliteit, en de landbouw die valt onder beheersregelgeving is gericht op de natuur. Per sector verschilt het aandeel van ieder van deze milieubewuste vormen van landbouw (zie *tabel 5.2.1*).

De tabel geeft geen volledig overzicht want er zijn nog andere activiteiten gaande zoals: het bloembollenconvenant, akkerranden-projecten, het milieuproject sierteelt en het project glastuinbouw en milieu. Ook niet genoemd is de biologische bestrijding die zowel door gangbare als biologische producenten met succes wordt toegepast bij teelten onder glas.

Bij de verfijnde teelten komt de productiewijze op een aanzienlijk deel van het areaal overeen met de voorschriften van de Stichting Milieubewuste voe-

dingstuintbouw (MBT). Dat keurmerk speelt een belangrijke rol op de veiling. De MBT-milieueisen zijn minder scherp dan die voor het Milieukeur. In de melkveehouderij wordt een grote milieuwinst behaald door de biologische productiewijze gericht op de kringloop van nutriënten. De hieraan gekoppelde lage veebezetting resulteert in een lage melkproductie per hectare en gemiddeld in een laag N-overschot per hectare. Het veelvuldig gebruik van N-bindende vlinderbloemigen en kortjarige kunstweiden in de biologische productiewijze veroorzaakt toch een zekere uitspoeling van nitraat. De beheersregelingen gericht op de bevordering van weidevogels is een algemene maatregel die resulteert in het laat in het voorjaar maaien of beweiden van grasland. Het indirecte gevolg is een licht verminderde N-bemesting. De milieuwinst van de biologische teeltwijze in de akkerbouw en groenteteelt op vollegrond is dat de telers geen synthetische bestrijdingsmiddelen gebruiken. Het niet mogen gebruiken van bestrijdingsmiddelen vormt een handicap voor onkruidbestrijding hetgeen mogelijk de geringe uitbreiding van de biologische akkerbouw verklaart. Een onvermijdelijk milieunadeel van de noodzakelijke N-bemesting in deze sectoren is de hoge aanvoer van P uit dierlijke mest die wordt gebruikt omdat de toepassing van kunstmest niet is toegestaan.

Tabel 5.2.1 Enkele milieubewuste vormen van landbouw (Bron: LEI, CBS; Köster, 1998).

Sector	Totaal areaal	Gangbare	Biologische	Beheers- regel- geving	Milieu- keur	Geïnte- greerde akkerbouw	Overig <sup>2)</sup>
	1.000 ha	% van areaal					
Grasland vnl.							
melkvee	1.030	92,7	1,1	5,2	v.i.v. <sup>1)</sup>	n.v.t.	1,0 (PPC)
Akkerbouw	810	96,9	0,9	1,1	0,2	0,2	0,7
Vollegrond							
tuinbouw	80	86,5	1,0	n.v.t.	v.i.v. <sup>1)</sup>	n.v.t.	12,5 (MBT)
Fruut	20	35,5	2,0	n.v.t.	3,5	n.v.t.	59,0 (MBT)
TOTAAL	1.940	93,6	1,0	3,2	0,1	0,1	1,9

1) v.i.v. = voorschriften keurmerk in voorbereiding.

2) het project praktijkcijfers (PPC) en stichting milieubewuste voedingstuinbouw (MBT).

De biologische productie van aardappelen, het belangrijkste ongesubsidieerde akkerbouwgewas, is ongeveer 60% van de opbrengst in de gangbare teelt. In de biologische vruchtwisseling is het aandeel van aardappelen bovendien lager. De alternatieve vormen nemen slechts circa 6% in van het totale areaal. De biologische landbouw is vanuit milieuoogpunt succesvol in de melkveehouderij en duidelijk minder in de akkerbouw en vollegrond groenteteelt.

In de EU behoort Nederland tot de middenmoot voor wat betreft het aandeel van 1% biologische landbouw in de totale landbouw; in de vier laagst

scorende landen (Griekenland, Frankrijk, Portugal, België) is dit gemiddeld 0,4%, in de vier hoogst scorende landen (Zweden, Denemarken, Finland, Oostenrijk) is het gemiddeld 5,5%. In het buitenland vindt een groot deel van de biologische landbouw plaats in gebieden die zich qua terreingesteldheid (stenigheid en steilheid) niet lenen voor de gangbare gemechaniseerde landbouw. De EU stimuleert de ontwikkeling van de biologische landbouw door het geven van financiële steun en door de vaststelling van normen waaraan biologisch geteelde producten moeten voldoen.

### Beleidsmatige ontwikkelingen

Het Nederlandse milieubeleid ten aanzien van vermessing door de landbouw is neergelegd in de Meststoffenwet en in het daaraan gekoppelde mineralenaangiftesysteem (MINAS) voor landbouwbedrijven. MINAS is per 1 januari 1998 van kracht geworden. Wanneer het mineralenoverschot per hectare de voor fosfaat en voor stikstof vastgestelde waarden overschrijdt, moet een heffing worden betaald. Op basis van een steekproef bij 10% van de aangifteplichtige landbouwers bleek dat 66% geen fosfaatheffing zou behoeven te betalen en 78% geen stikstofheffing. De definitieve resultaten van het boekjaar 1998 zullen pas in het jaar 2001 beschikbaar komen.

Een tweede pijler onder het mestbeleid is het systeem van mestafzetcontracten. Bedrijven met een overschot aan mest moeten die op basis van een contract afzetten bij bedrijven met een tekort aan mest (LNV, 1999).

Naar verwachting wordt de beoogde reductie van de varkensstapel zoals die voorzien is in de Wet herstructurering varkenshouderij gerealiseerd. In een rechterlijke uitspraak is de eerste 10% korting op varkensrechten niet onrechtvaardig genoemd. Door een opkoopregeling van fosfaatrechten wordt de landelijke mestproductie verlaagd en vindt

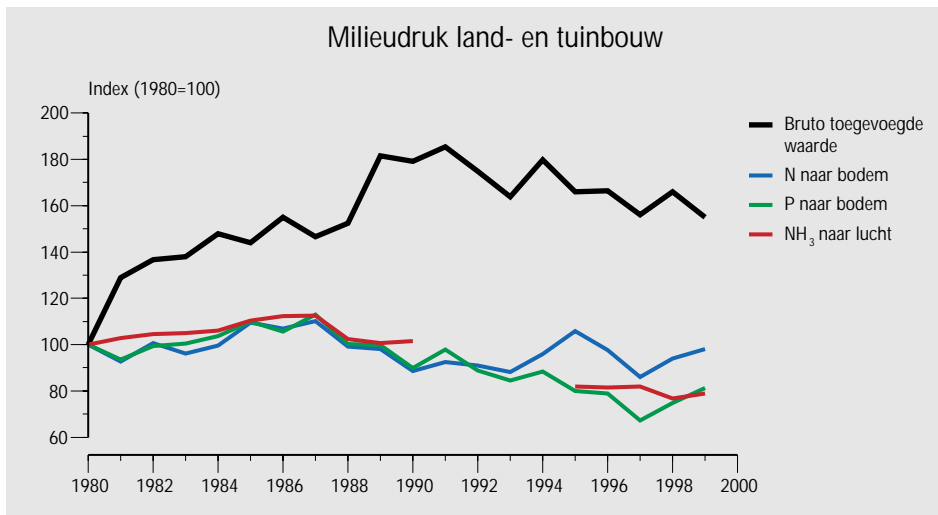
eveneens een vermindering van de ammoniakemissie plaats. De eerste opkooptermijn is eind mei 2000 afgesloten. Als alle aanvragen gehonoreerd worden resulteert dit in een aankoop van 7,4 miljoen kg fosfaat. Hiervan is circa 60% afkomstig van varkenshouderijen. Van het berekende landelijk mestoverschot van 21,5 miljoen kg fosfaat in 2003 zou nu een derde deel kunnen worden opgekocht.

## 5.3 Milieudruk

Als gevolg van het milieu- en landbouwbeleid zijn sinds 1980 de landelijke emissie van fosfaat naar de bodem en de emissie van ammoniak naar de lucht afgenomen, hoewel er de afgelopen jaren weer een stijging was te zien. De berekende landelijke ammoniakemissie uit de landbouw is sinds 1980 met circa 25% gedaald hetgeen aanzienlijk minder is dan de beoogde 50% reductie in 2000. Deze doelstelling wordt niet gehaald.

In het in december 1999 door Nederland getekende ECE/Gothenburg-akkoord legt Nederland zich voor het jaar 2010 vast op een emissieplafond van 128 miljoen kg ammoniak. Er wordt momenteel gewerkt aan een EU-leidraad met emissieplafonds (zie *paragraaf 4.2*, tekstbox *Gecoördineerde aanpak grensoverschrijdende luchtverontreiniging*).

De stikstofemissie naar de bodem is nagenoeg gelijk gebleven. Het milieubeleid richtte zich in de beginjaren op fosfaat en minder op stikstof. De superheffing voor de melkproductie (1984) zorgde voor een afname van de melkveestapel en daarmee ook van de hoeveelheid fosfaat in dierlijke mest. De in figuur 5.3.1 gesuggereerde ont koppeling tussen bruto toegevoegde waarde van de landbouwsector en emissies is vooral het gevolg van een groei in de glastuinbouw, die weinig bijdraagt aan de weergegeven emissies naar



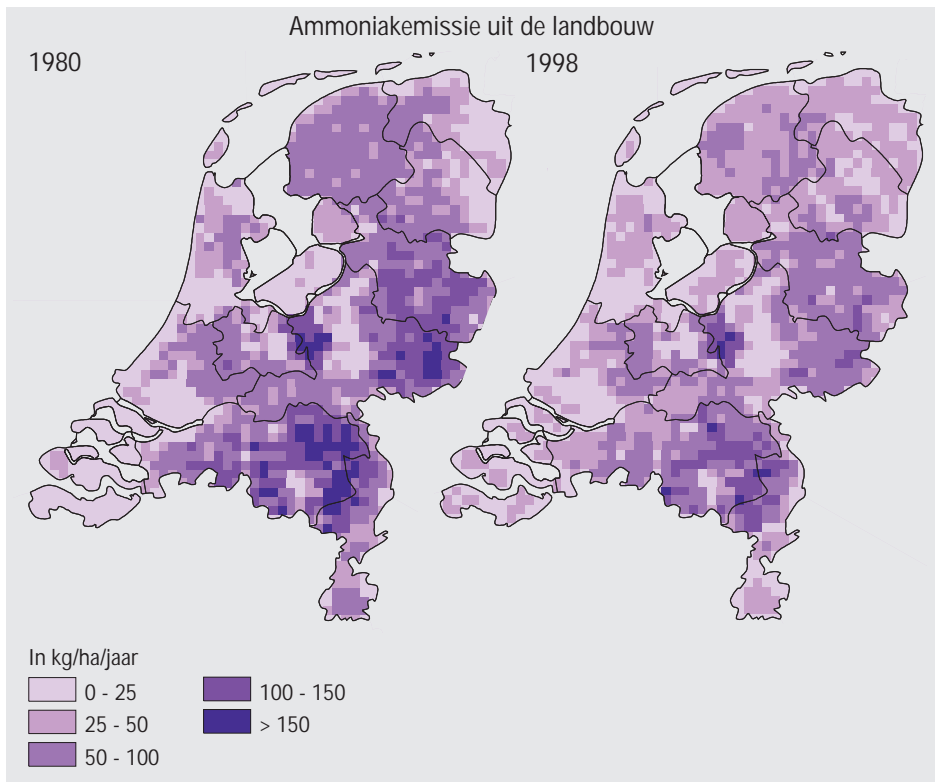
Figuur 5.3.1 Milieudruk en productie uitgedrukt als Bruto Toegevoegde Waarde (BTW) van de land- en tuinbouw, 1980-1999 (Bron: CBS, HIMH en LEI).



bodem en lucht op nationale schaal. Lokaal kan de (glas)tuinbouw overigens wel milieu-problemen veroorzaken, zoals vervluchtiging van grondontsmettingsmiddelen (methyl-bromide) en hoge concentraties van bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater.

De totale Nederlandse emissie van potentieel zuur was in 1999 voor ruim 40% afkomstig uit de landbouw, voor ongeveer 30% uit verkeer en vervoer en voor 20% uit de industrie, de energievoorziening en raffinaderijen. Industrie, raffinaderijen en verkeer zijn de grootste bron voor SO<sub>2</sub>, verkeer is de grootste bron van NO<sub>x</sub> en landbouw van NH<sub>3</sub>. Voor vermestende stoffen (NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub>) zijn de emissies naar de lucht voor circa 50% afkomstig uit de landbouw, circa 30% uit verkeer en vervoer en voor circa 15% uit de industrie, de energievoorziening en de raffinaderijen.

Op regionaal niveau behoeven de uitspraken over verandering in emissies een nuance-ring (zie *figuur 5.3.2*). Het areaal gebieden met meer dan 100 kg ammoniakemissie per hectare is met 60% gedaald. Het aantal gebieden met een emissie tussen de 25 en 50 kg per hectare is daarentegen verdubbeld. Provincies met een hoge veedichtheid en ook hoge ammoniakemissie, zetten als gevolg van de mestwetgeving een deel van hun dierlijke mest af naar provincies met veel akkerbouw. Onder meer hierdoor daalt vanaf 1990 de emissie van ammoniak in provincies met veel vee. In akkerbouwprovincies is de



Figuur 5.3.2 Berekende ammoniakemissie uit de landbouw, 1980 en 1998.

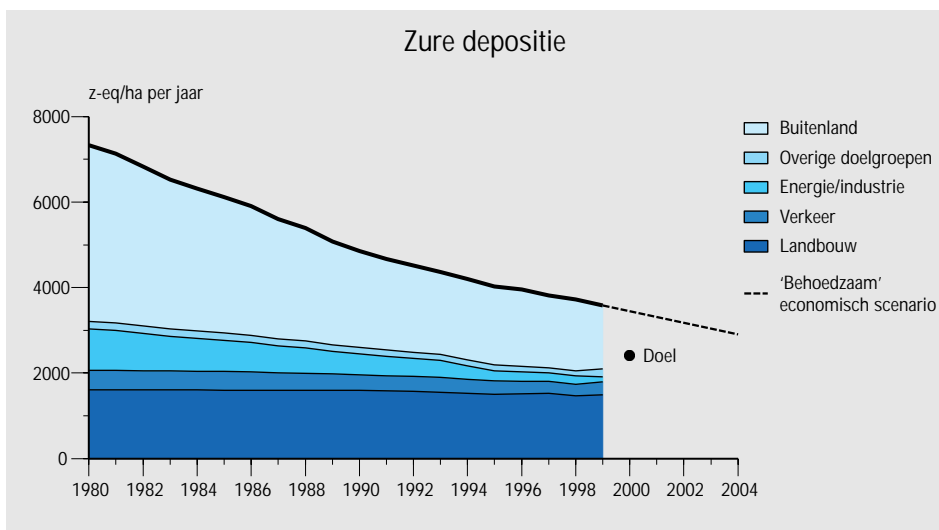
afname aanzienlijk minder of neemt de emissie zelfs toe (provincie Zeeland). Uitvoering van de mestwetgeving heeft tevens geleid tot een meer gelijkmatige bodembelasting.

## 5.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit

### 5.4.1 Verzuring

Als gevolg van het sinds 1980 ingezette beleid is de depositie van potentieel zuur op Nederland in 1999 met bijna 50% gedaald (*figuur 5.4.1*). De uit metingen afgeleide gemiddelde depositie van potentieel zuur op Nederland ligt vanaf 1995 rond de tussendoelstelling voor 1994 van 4.000 zuurequivalenten per hectare (z-eq/ha) per jaar. Voor het jaar 1999 was de depositie 3.600 z-eq/ha. De voorziene emissiereducties doen verwachten dat de depositie in 2004 rond de 2.900 z-eq/ha per jaar zal liggen, hetgeen nog ver verwijderd is van de doelstelling van 2.400 z-eq/ha voor het jaar 2000.

De depositie van potentieel zuur ten gevolge van landbouwactiviteiten is na 1980 ongeveer constant gebleven, terwijl die door de overige doelgroepen en het buitenland sterk is gedaald. Daardoor is de relatieve bijdrage van landbouw aan de depositie van potentieel zuur nu groter (ruim 40%) dan vroeger en vrijwel gelijk aan de bijdrage door het buitenland. De buitenlandse bijdrage wordt bijna volledig bepaald door bronnen in Duitsland, Groot-Brittannië, België en in mindere mate Frankrijk.



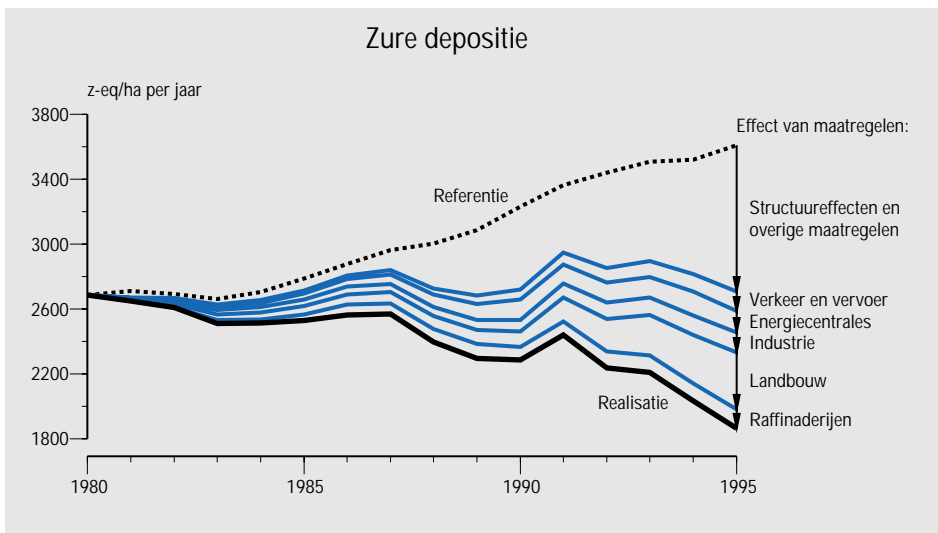
Figuur 5.4.1 De gemiddelde depositie van potentieel zuur op Nederland, 1980-2004.

**Depositiedoelstellingen voor verzuring**

Doelstelling voor de zure depositie in 2000 is 2.400 z-eq/ha, gemiddeld over Nederland. De doelstelling voor 2010 is een zure depositie van niet meer dan 1.400 z-eq/ha op bos en natuurlijke vegetatie. De depositie mag voor niet meer dan respectievelijk 1.600 en 1.000 equivalenten uit stikstof bestaan. De doelstellingen voor verzuring, die in het verleden zijn opgesteld, zijn inmiddels geëvalueerd. Op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten blijkt het beter mogelijk te zijn om de gevolgen van de depositie van zuur en stikstof op de soortensamenstelling in ecosystemen vast te stellen. De kritische depositieniveaus voor ecosystemen liggen lager dan

die waarbij wortelschade en aantasting van de houtgroei optreden, die maatgevend zijn voor de bosvitaliteit. De doelstellingen voor stikstof en zuur voor 2010, beschermen de gewenste land-ecosystemen voldoende in respectievelijk niet meer dan 80 en 50% van de Ecologische Hoofdstructuur. In de rest van het areaal wordt slechts een deel van de soortenrijkdom beschermd. Met de huidige kennis is het beter dan in het verleden mogelijk de depositiedoelen regionaal te differentiëren. Dit heeft geleid tot verbeterde kritische waardenkaarten voor Nederland voor potentieel zuur en totaal stikstof.

Figuur 5.4.2 toont de inspanning die de voor verzuring meest relevante doelgroepen hebben geleverd aan de reductie van de potentieel verzurende depositie in Nederland. De effecten van in het buitenland genomen maatregelen zijn buiten beschouwing gelaten. De depositie in Nederland ten gevolge van Nederlandse emissies is wel verder onderverdeeld. Wanneer de beschouwde vijf doelgroepen geen maatregelen hadden genomen in de periode van 1980 tot 1995 dan zou de depositie circa 900 z-eq/ha hoger hebben gelegen (referentielijn). De grootste bijdrage in de reductie is afkomstig van de landbouw. In absolute zin is de depositie van landbouw ongeveer gelijk gebleven, maar zonder maatregelen zou die hoger zijn geweest. De bijdrage van de andere beschouwde doelgroepen bedraagt per doelgroep ten opzichte van 1980 ruim 100 z-eq/ha. De voornaamste maatregelen die geleid hebben tot een afname van depositie van potentieel zuur in Nederland zijn het onderwerken van dierlijke mest en het beleid ten aanzien van onzwevelingsinstallaties voor de energieopwekking en de inzet van zwavelarme brandstoffen bij raffinaderijen.



Figuur 5.4.2 Invloed beleidsmaatregelen op het Nederlandse aandeel in de potentieel verzurende depositie op Nederland, 1980-1995.

### Potentieel zuur en ammoniak

Potentieel zuur is gedefinieerd als de maximale hoeveelheid verzuring die zwaveldioxide, stikstof-oxiden en ammoniak in bodem en water teweeg kunnen brengen. Het vermogen van een stof om verzurend te werken wordt uitgedrukt in zuur-equivalenten per hectare (z-eq/ha), die gelijk zijn aan de hoeveelheden  $H^+$  (in mol/ha) die kunnen ontstaan in bodem of water (1 mol  $SO_2 = 2$  z-eq; 1 mol  $NO_x = 1$  z-eq en 1 mol  $NH_3 = 1$  z-eq). De actuele verzuring in bodem en water hangt af van een aantal processen en van de opname van de stoffen door planten. Ammoniak is bijvoorbeeld in de atmosfeer een base. Daar wordt ammoniak omgezet in ammonium. Het neutraliseert daarbij de zuren die in de lucht uit zwavel- en stikstofoxiden ontstaan zijn. Eenmaal in de bodem wordt ammonium opgenomen door planten, gebonden aan organisch stof (immobilisatie) of omgezet in nitraat (nitrificatie). Bij de omzetting naar nitraat wordt zuur gevormd. Als planten rechtstreeks ammonium opnemen wordt door de plant zuur uitgescheiden om de ionenbalans neutraal te houden. Om dezelfde reden wordt bij opname van nitraat door de plant zuur opgenomen. Kortom: ammonium (en ammoniak) en nitraat werken niet verzurend als ze geheel door de plant worden opgenomen. Pas als er sprake is van een zodanige overmaat aan nitraat dat de plant dit niet meer opneemt, treedt verzuring van de bodem op.

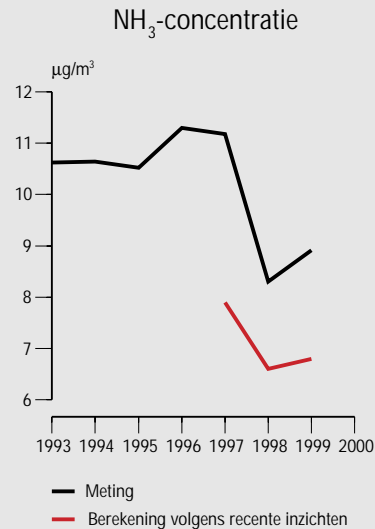
Bij 150 bosopstanden in Nederland blijkt dat de stikstofbelasting uit de atmosfeer (depositie van nitraat, ammoniak en ammonium) grotendeels (voor 80%) wordt opgenomen door de bodem en de vegetatie. De bijdrage van stikstof aan de actuele verzuring is daarom aanmerkelijk lager dan potentieel mogelijk is. De Nederlandse bosbodems zijn daarentegen al verzadigd voor zwavel. Atmosferische depositie van zwaveldioxide leidt direct tot actuele verzuring van de bodem. Niettegenstaande het feit dat er veel meer stikstof dan zwavel terecht komt op de Nederlandse bossen, bedraagt de bijdrage van stikstof aan de actuele verzuring slechts 35%. Driekwart hiervan is afkomstig van ammoniak of ammonium. Dat betekent dat ammoniak op dit moment voor ruim 25% bijdraagt aan de actuele verzuring van de Nederlandse bosbodems.

Bij het in beeld brengen van de effecten van verzuring (en vermisting) wordt gebruik gemaakt van kritische depositiewaarden. Deze waarden geven aan dat er effecten kunnen gaan optreden als de depositie hoger is. De kritische waarden zijn deels afgeleid uit experimenten en deels uit berekeningen. Bij de berekening wordt rekening gehouden met bodemprocessen en de opname door planten van verzurende stoffen. Dat betekent dus dat de kritische waarden gelden voor de depositie van potentieel zuur.

### Gemeten concentraties in de atmosfeer en het 'ammoniak-gat'

De in de lucht gemeten concentraties van ammoniak zijn niet in overeenstemming met berekeningen van de concentraties op basis van ramingen van de emissies (figuur 5.4.3). Dit wordt wel het 'ammoniak-gat' genoemd. De berekende concentraties liggen ongeveer 25% onder de gemeten waarden. Het onderzoek ter verklaring van het 'ammoniak-gat' gaat de komende jaren nog door. Eén van de verbeteringen die in dit kader zijn aangebracht is de verfijning van de emissie- en verspreidingsberekeningen van 5x5 km naar 1x1 km. Omdat ammoniak een relatief korte verblijftijd in de atmosfeer heeft, leidt dit tot aanzienlijke verbetering van de depositieberekeningen.

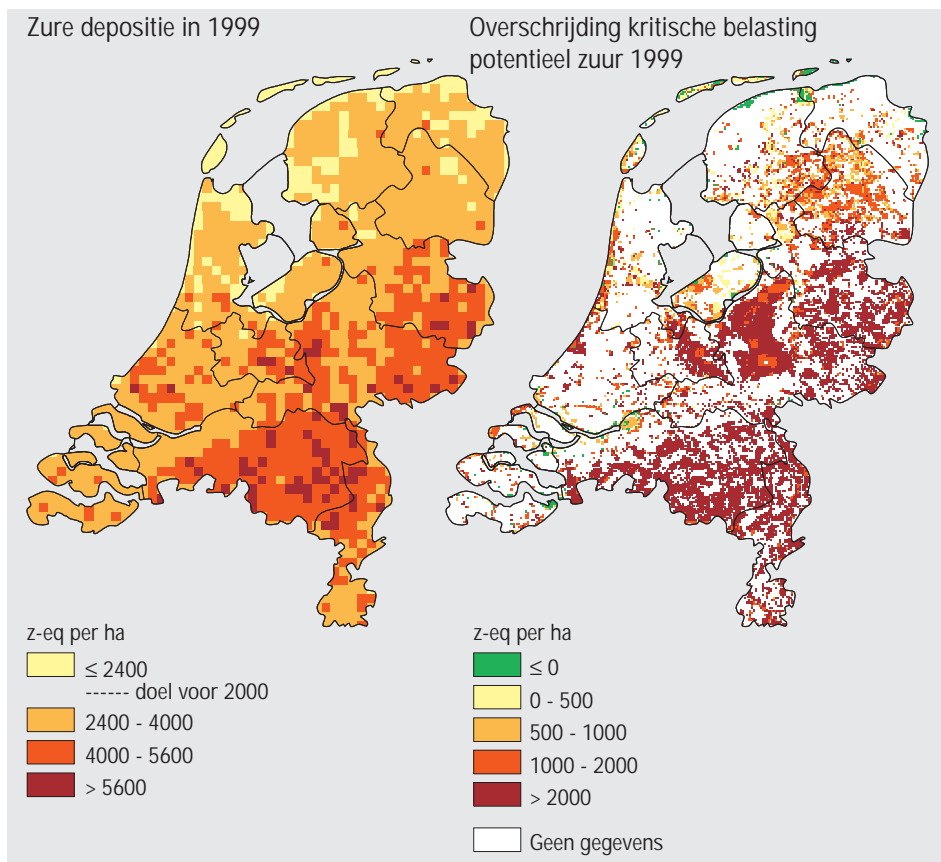
De metingen laten in de periode 1993-1997 geen daling van de ammoniakconcentratie in de buitenlucht zien. Daarna dalen de concentraties wel: in 1998 met bijna  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , met in 1999 een lichte stijging ten opzichte van 1998 maar wel met waarden die aanzienlijk lager zijn dan in 1993-1997. De sterke daling in 1998 wordt veroorzaakt door het zeer natte najaar waardoor meer ammoniak 'uitregende' en de concentratie in de lucht is verlaagd, maar ook doordat er minder mest uitgereden is in de kleigebieden.



Figuur 5.4.3 Vergelijking van gemeten en berekende ammoniakconcentraties, 1993-1999.

De via metingen en modelberekeningen vastgestelde ruimtelijke verdeling van de depositie van potentieel zuur veranderde de afgelopen twintig jaar vrijwel niet. In het noorden en delen van het westen ligt de depositie nu onder de 4.000 z-eq/ha per jaar (figuur 5.4.4). In de Gelderse Vallei en het oosten van Noord-Brabant - gebieden met intensieve veehouderij - ligt de depositie veelal nog boven de 6.000 z-eq/ha per jaar. De deposities overschrijden in grote delen van Nederland de kritische waarden. Juist in of nabij de meest voor verzuring gevoelige gebieden blijkt de depositie van potentieel zuur het hoogst te zijn.

Sinds het begin van de jaren '80 ligt de uit metingen afgeleide depositie van stikstof vrijwel onveranderd gemiddeld rond 3.000 mol/ha. De depositie is daarmee nog bijna tweemaal zo hoog als de doelstelling voor het jaar 2000 (1.600 mol/ha). De depositie van stikstofoxiden is in de jaren '90 wel wat gedaald (naar circa 10% onder het niveau van de jaren 1980). De depositie van NH<sub>x</sub> is echter de laatste twintig jaar niet merkbaar veranderd. Depositie van stikstof wordt voor 70% veroorzaakt door Nederlandse bronnen. De Nederlandse landbouw draagt 55% bij aan de totale stikstofdepositie. Na land-

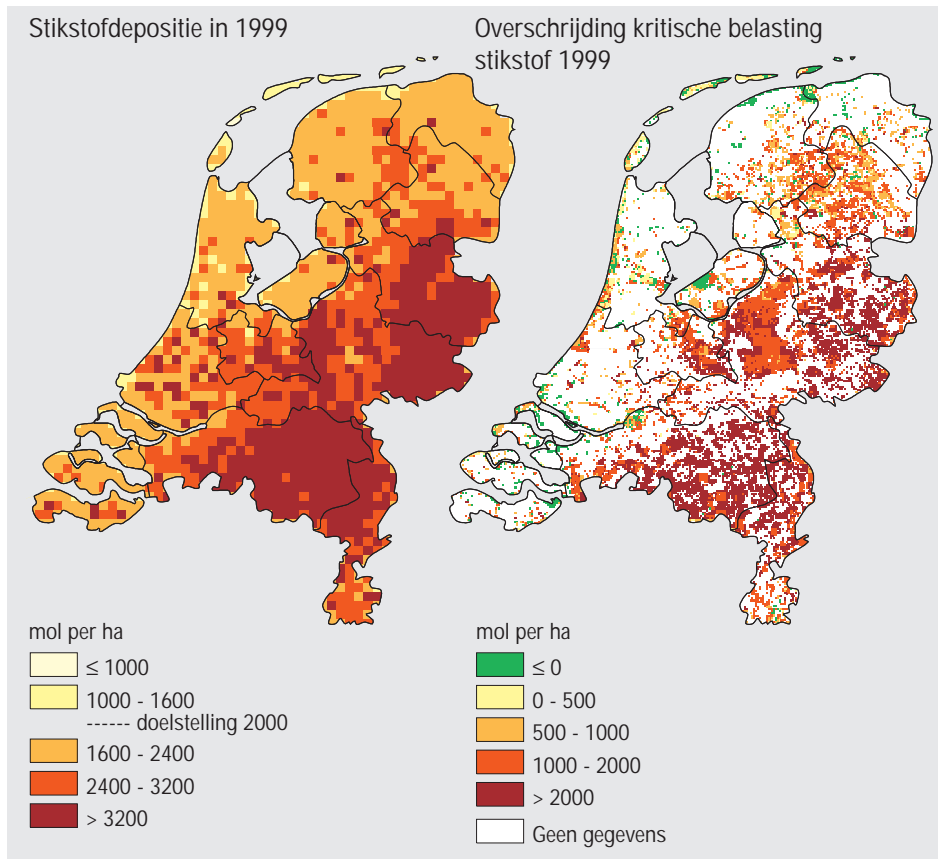


Figuur 5.4.4 Depositie van potentieel zuur en overschrijding kritische waarden voor vegetatie in 1999.

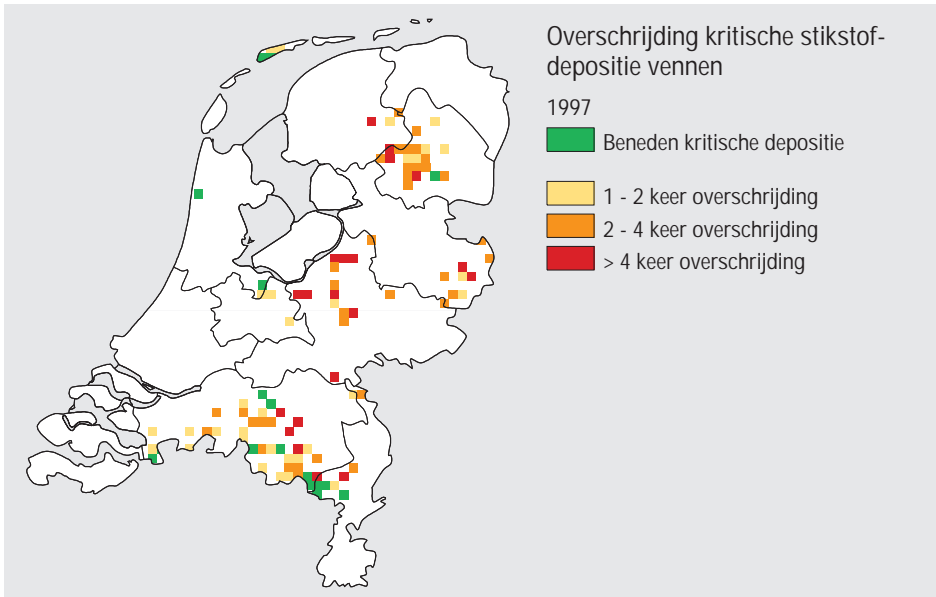
bouw komt de belangrijkste Nederlandse bijdrage van het verkeer (8% van de totale depositie).

De ruimtelijke verdeling van de stikstofdepositie over Nederland voor 1999 is weergegeven in figuur 5.4.5. De depositie van  $\text{NH}_x$  zorgt voor een aanzienlijke verhoging van de stikstofdepositie in gebieden met veel intensieve veehouderij (De Peel, de Gelderse Vallei en delen van de Achterhoek en Twente). De deposities overschrijden in grote delen van Nederland de kritische waarden voor stikstof. Veel voor stikstofdepositie gevoelige gebieden liggen naast gebieden met intensieve veehouderij.

In 1997 is de gemiddelde stikstofdepositie op vennen 700 mol/ha per jaar (variërend van 170 tot 1.800 mol/ha per jaar). De totale stikstofdepositie op vennen is slechts 25% van de hoeveelheid die voor een gemiddeld gebied van 5x5 km berekend wordt. Dat komt voornamelijk door de relatief grote afstand van de vennen tot emissiebronnen. Als gevolg van de grote verschillen in grootte, oeverbegroeiing en omgevingskenmerken tussen vennen, zijn de verschillen in de kritische depositie tussen de vennen ook groot. De mate van overschrijding van de kritische depositie verschilt dan ook van ven tot ven (figuur 5.4.6).



Figuur 5.4.5 Depositie van stikstof en overschrijding kritische waarden voor vegetatie in 1999.



Figuur 5.4.6 Berekeningen van overschrijding van de kritische stikstofdepositie op vennen in 1997.

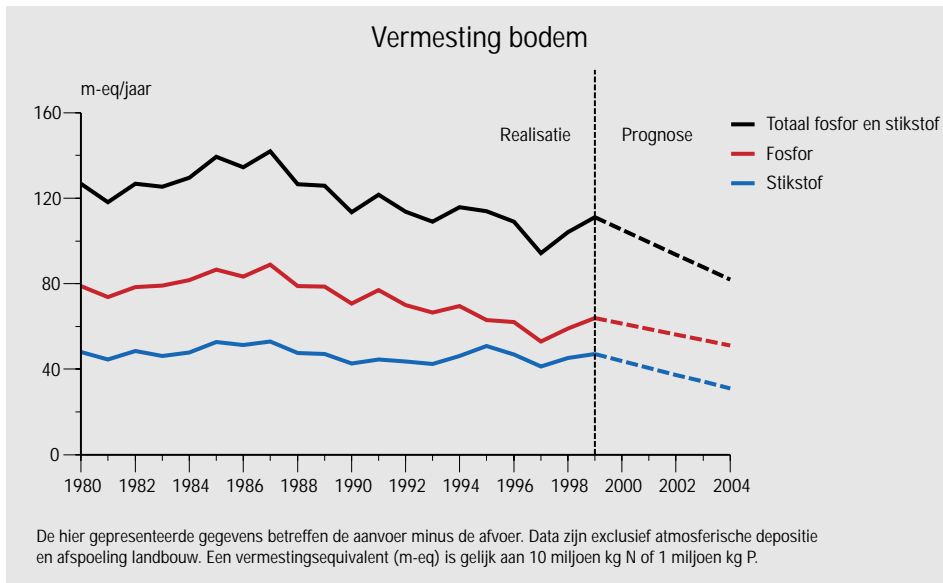
## 5.4.2 Vermesting

### **Bodem en oppervlaktewater**

Bodem en water in het landelijk gebied worden belast met grote hoeveelheden stikstof en fosfor, die afkomstig zijn van verschillende bronnen. De atmosferische depositie van stikstof is hoofdzakelijk als NO (dat daarna wordt omgezet tot NO<sub>2</sub>) in de lucht gebracht door industrie en verkeer en als ammoniak (NH<sub>3</sub>) door de landbouw. De depositie van NO<sub>x</sub> is deels afkomstig uit het buitenland. De depositie van NH<sub>3</sub> is afhankelijk van de afstand tot lokale bronnen (veebedrijven) en varieert dus sterk (figuur 5.3.2). De depositie van stikstof verschilt per gebied (figuur 5.4.5) aangezien NH<sub>3</sub> deze sterk bepaalt.

Bemesting leidt tot belasting van het diepere grondwater en beïnvloedt ook het oppervlaktewater. De belasting van de bodem met stikstof en fosfor is vrijwel geheel het gevolg van emissies vanuit de landbouw. Deze belasting is tussen 1980 en 1999 met circa 10% afgenomen (figuur 5.4.7). De afname is voornamelijk gerealiseerd door de afname van de fosforbelasting van de bodem. De stikstofbelasting is in deze periode nauwelijks afgenomen.

De lozing van afvalwater door woningen en bedrijven en door rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) zijn bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater. Door het gebruik van fosfaatarme wasmiddelen en de verbetering van de zuiveringen is de bijdrage van afvalwater aan de eutrofiëring sterk gedaald. De fosfaatbelasting van het oppervlaktewater als gevolg van directe lozingen is afgenomen van 24 miljoen kg per jaar in 1990 naar ongeveer 12 miljoen kg per jaar in 1999. De stikstofbelasting is gedaald van 157 naar 133 miljoen kg per jaar.



Figuur 5.4.7 Belasting van de Nederlandse bodem met vermestende stoffen, 1980 -2004 (Bron: CBS en HIMH).

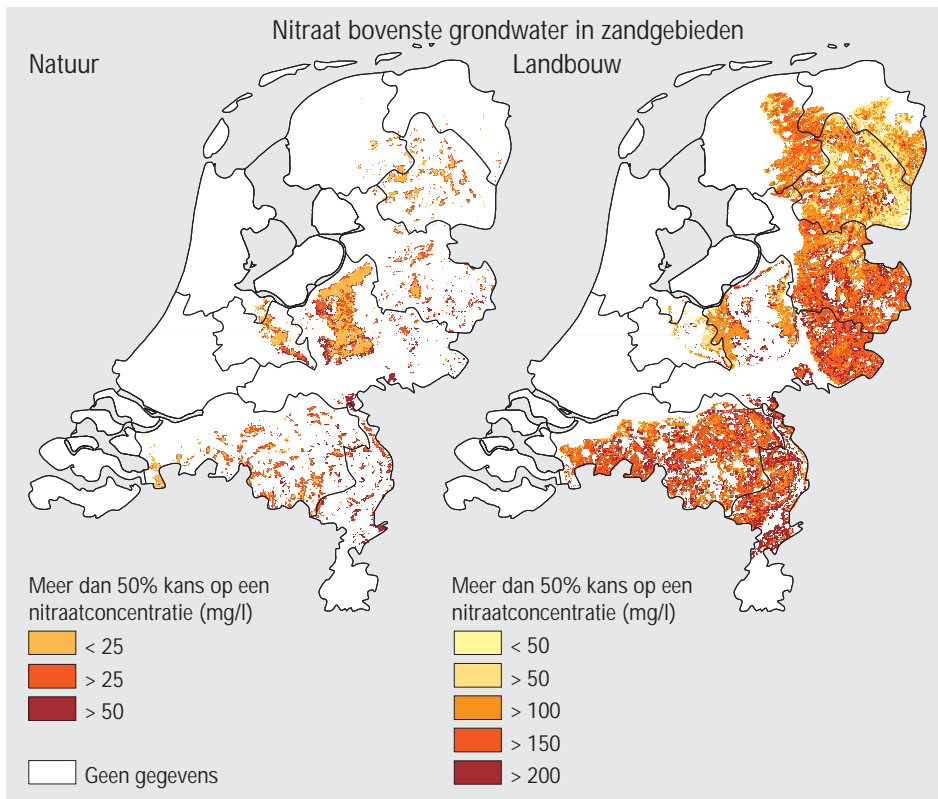
#### Doelstellingen voor nutriënten in grond- en oppervlaktewater

De Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) en daarna de EU (Drinkwaterriichtlijn, 1980) en de Nederlandse overheid (Waterleidingwet) hebben voor nitraat een waarde van 50 mg/l vastgesteld als Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR)-waarde voor water voor de menselijke consumptie. De EU Nitraatrichtlijn gaat ervan uit dat deze waarde moet gelden voor al het water dat een mogelijke bron is voor de drinkwatervoorziening. Het gevolg is dat ook het grondwater in Nederland aan deze MTR-waarde dient te voldoen. Voor eutrofiëringgevoelige stagnante wateren (voornamelijk meren en plassen) zijn voor nutriënten MTR-waarden vastgesteld. De zomergemiddel-

den mogen 0,15 mg/l totaal-fosfor en 2,2 mg/l totaal-stikstof niet overschrijden. Om de bestrijding van eutrofiëring werkelijk te kunnen realiseren zijn streefwaarden van 0,05 mg/l totaal-fosfor en 1 mg/l totaal-stikstof vastgesteld. In verband met beïnvloeding zijn deze waarden richtinggevend voor andere wateren zoals rijkswateren. Deze algemene waarden doen echter geen recht aan verschillen in gebieden en in diverse watertypen. De Vierde Nota Waterhuishouding en NMP3 geven daarom ruimte aan een stelsel voor gedifferentieerde normstelling. De Commissie Integraal Waterbeheer (CIW) werkt dit nader uit (CIW, 1999).

In verschillende delen van landbouw in de zandgebieden wordt in het bovenste grondwater de EU-norm van 50 mg/l met meer dan een factor 4 overschreden (zie figuur 5.4.8). Een reden voor de forse overschrijding van de norm is dat veel melkveehouders veel meer stikstof toedienen dan gewassen kunnen opnemen. Vergeleken met de huidige situatie zullen de overschotten aan stikstof in 2003 ongeveer de helft kleiner moeten worden. Veehouders zullen veel moeite hebben met de aanpassing van hun bedrijfsvoering aan de verliesnormen. Bij invoering van de aangekondigde verhoogde heffingen op overschrijding van de MINAS-verliesnormen zal het financieel onaantrekkelijk zijn om deze te overschrijden. Verder is het voor mest uit intensieve veehouderijen (varkens, kalveren, pluimvee) een probleem om afzetruimte te vinden. De landbouwgronden in de zandgebieden hebben te weinig capaciteit om het regionale overschot aan dierlijke mest op te vangen.





*Figuur 5.4.8 Overschrijding van EU-norm van 50 mg/l nitraat onder natuur in zandgebieden begin jaren '90 en overschrijding EU-norm in het bovenste grondwater bij landbouw in de zandgebieden, op basis van metingen, 1990-1995.*

Onderzoek in het begin van de jaren '90 wijst uit dat de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van gebieden met natuurlijke vegetatie in veel gevallen groter zijn dan 25 mg/l. Natuurlijke vegetaties vergrassen en verruigen onder invloed van de atmosferische depositie van stikstofverbindingen. Kleine natuurterreinen ontvangen relatief veel stikstof uit de lucht doordat randeffecten een rol spelen. In het centrum van het aangesloten bosgebied van de Veluwe waren de waarden lager.

Bij diverse grondwaterwinningen van waterleidingbedrijven in het zandgebied wordt een stijging van de nitraatconcentratie gemeten. Door een specifieke zuivering toe te passen of indien nodig te mengen met schoner water voldoet het drinkwater in Nederland echter nog steeds aan de norm en de verwachting is dat het ook zo zal blijven.

### De EU Nitraatrichtlijn en het Nederlandse derogatieverzoek

De Nederlandse overheid heeft het gebruik van meststoffen aan regels gebonden om de uitspoeling van nutriënten naar het grondwater en de afspoeling naar het oppervlaktewater te beperken. Voor stikstof is in dit verband de Europese nitraatrichtlijn (91/676/EEG, document 391L0676) van belang. De richtlijn verplicht de lidstaten maatregelen te nemen om de stikstofgift van de gewassen in balans te brengen met de stikstofopname. De richtlijn heeft als doel: "de waterverontreiniging die wordt veroorzaakt of teweeggebracht door nitraten uit agrarische bronnen te verminderen en verdere verontreiniging van die aard te voorkomen". Daartoe moeten de lidstaten gebieden aanwijzen die uit oogpunt van verontreiniging door nitraat kwetsbaar zijn. De richtlijn stelt een maximum aan de in die gebieden op te brengen hoeveelheid stikstof in dierlijke mest. Dit maximum is 210 kg/ha in de periode 1999-2003 en 170 kg/ha na 2003. De Nederlandse Meststoffenwetgeving met daaraan gekoppeld het mineralenaangiftesysteem (MINAS) is gebaseerd op een beperking van de overschotten aan stikstof- en fosforverbindingen op bedrijfsniveau (uitspoeling naar het milieu). De Nederlandse regelgeving beschouwt zowel het gebruik van kunstmest als van dierlijke mest. Voor de Nederlandse situatie is de doelstelling van de richtlijn vertaald in het terugdringen van de nitraatuitspoeling zodat de concentratie in het bovenste grondwater niet groter zal zijn dan 50 mg/l. Voorts moet worden voldaan aan internationale afspraken met betrekking tot de stikstofbelasting van het oppervlaktewater (50% reductie ten opzichte van 1985).

Toepassing zonder meer van de dierlijke mestnorm uit de Europese Richtlijn (170 kg/ha in

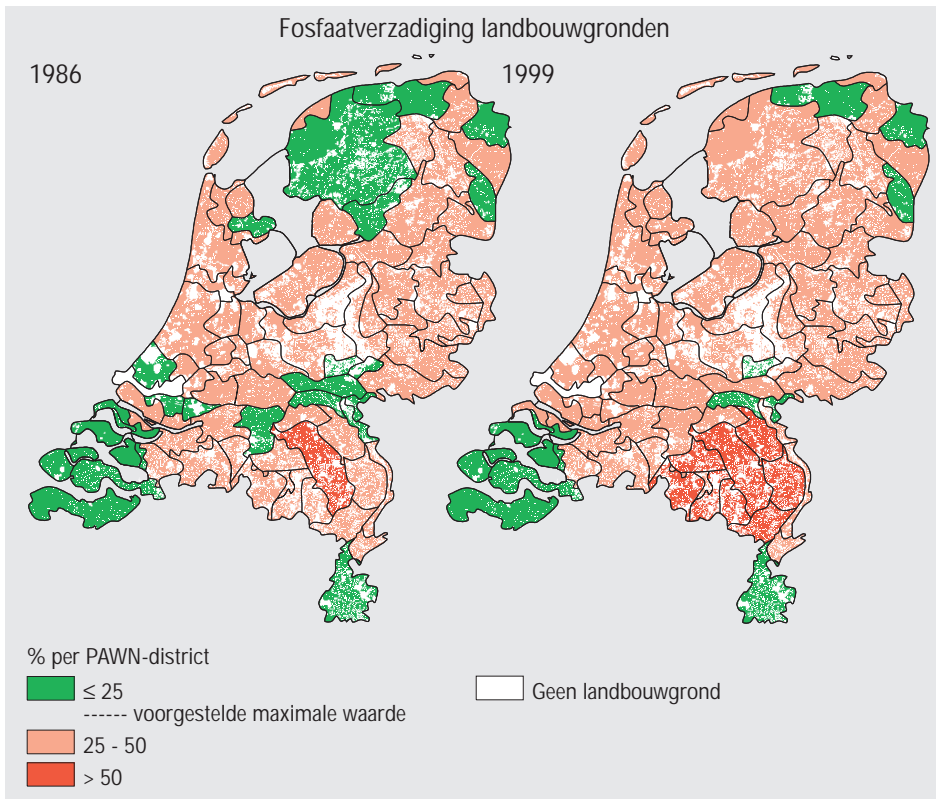
2003) zou veel Nederlandse veehouders ernstig belemmeren in hun bedrijfsvoering. Heel Nederland is als kwetsbaar gebied aangemerkt in de zin van de richtlijn. De richtlijn biedt echter de mogelijkheid om onder bepaalde omstandigheden het maximum te verhogen, mits die verhoging met redenen is omkleed. De kern van het Nederlandse verzoek om derogatie (afwijking van de eis) is dat zulke omstandigheden voor grasland in Nederland gelden (Willems *et al.*, 2000). Gras heeft een langer groeiseizoen en verder is de opname van stikstof door gras hoger dan van veel andere gewassen. Het rapport dat aan de basis ligt van het derogatieverzoek maakt aannemelijk dat de maximale aanwending van stikstof via dierlijke mest, binnen de (MINAS) verliesnormen van de Meststoffenwet, 240 kg/ha bedraagt na 2003 voor droge gronden en 310 kg/ha voor vochtige gronden. Daarbij wordt dan binnen de door MINAS vastgestelde maximale uitspoeling naar het milieu, een deel van de kunstmest stikstof vervangen door stikstof in de vorm van dierlijke mest. Het rapport gaat ervan uit dat koeien in de zomer overdag in de wei lopen en 's nachts op stal staan. De veebezetting mag dan een relatief hoge waarde van circa 2,5 melkkoe per hectare (met het bijbehorende jongvee) niet overschrijden. De uitspoeling van nitraat naar het grondwater zal in dat geval de waarde van 50 mg/l niet overschrijden. De maximale aanwending van dierlijke mest houdt in dat de werking van stikstof in de dierlijke mest optimaal moet zijn zodat het gebruik van kunstmest minimaal kan zijn (circa 100 kg/ha bij de maximale gift aan dierlijke mest). In het ingediende derogatieverzoek is een verhoging van het gebruik tot maximaal 250 kg/ha stikstof in dierlijke mest gevraagd.

### Fosfaatverzadiging van landbouwgronden

De fosfaatverzadiging (zie *figuur 5.4.9*) van de bodem is in de afgelopen vijftien jaar sterk toegenomen, zodat het gevaar toeneemt voor het doorleken van fosfaat. Volgens het protocol Fosfaatverzadigde gronden (Schröder & Corré, 2000) is sprake van fosfaatverzadiging als meer dan 25% van het gebied fosfaatverzadigd is. In bijna geheel Nederland is sprake van fosfaatverzadiging, met uitzondering van sommige kleigebieden en het zuiden van Limburg. Waarden van meer dan 50% vindt men in Noord-Brabant en het noorden van Limburg. Voor klei en veengebieden zijn de resultaten nog voorlopig.

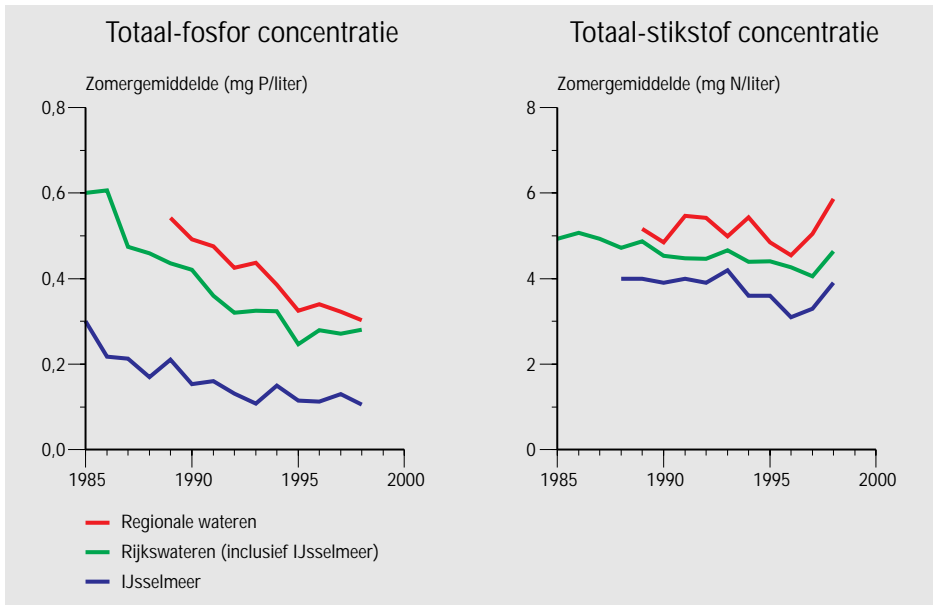
### Concentraties van nutriënten in het oppervlaktewater

De concentraties van nutriënten in het regionale oppervlaktewater worden bepaald door puntbronnen (effluenten RWZI's, overstorten, niet aangesloten huishoudens) en afspoe-



Figuur 5.4.9 Fosfaatverzadiging van de bovenste meter van de bodem gemiddeld per PAWN-district in 1986 en 1999. Berekend met de definitie zoals die is opgenomen in het protocol Fosfaatverzadigde Gronden (Bron: Watersysteemverkenningen).

ling vanuit de landbouw. Ongeveer de helft van de stikstofemissies door directe lozingen komt in het regionale oppervlaktewater terecht, bij fosfor is dat circa 30%. De afspoeling van nutriënten uit de landbouw gaat voor het overgrote deel naar het regionale oppervlaktewater. De stikstofconcentraties in regionale wateren, rijkswateren (inclusief IJsselmeer) en IJsselmeer apart lijken de laatste jaren weer op te lopen en gaan naar het niveau van 1985 respectievelijk 1989 (zie *figuur 5.4.10*). De variaties van de stikstofconcentratie worden met name in de regionale wateren vooral verklaard uit weersinvloeden. De gemeten concentraties liggen ongeveer een factor twee boven de richtinggevende waarde van 2,2 mg N/liter. Bij het verloop van de fosforconcentraties is een afname te zien als gevolg van verbeteringen bij RWZI's en het verbod van fosfaat in wasmiddelen. De concentraties zijn voor regionale wateren en rijkswateren globaal tweemaal zo hoog als de richtinggevende waarde van 0,15 mg P/liter.



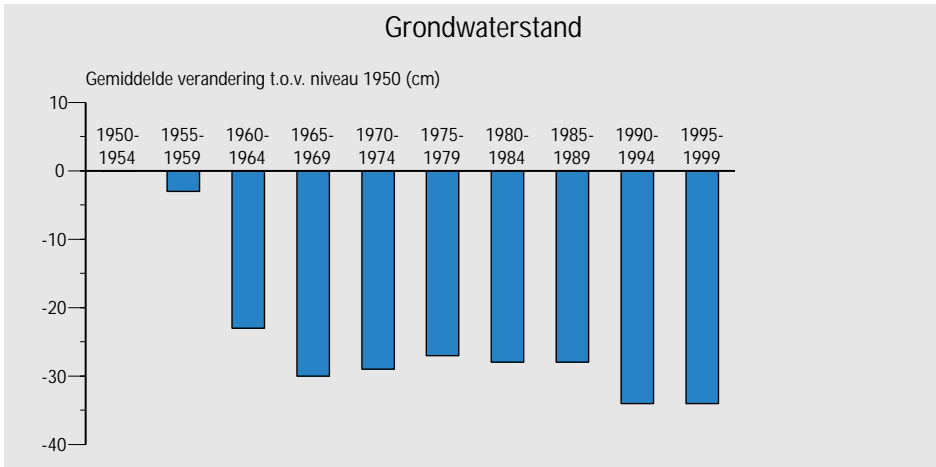
Figuur 5.4.10 Concentraties van nutriënten in het Nederlandse oppervlaktewater, 1985-1998 (Bron: CIW).

### 5.4.3 Verdroging

Verdroging is het gebrek aan voldoende water (van de juiste kwaliteit) in natuurgebieden of in gebieden waarin natuur een nevenfunctie vormt. De landbouw heeft soms wel te lijden van droogte, maar dat wordt in dit verband geen verdroging genoemd. Ongeveer 40% van de inheemse planten is afhankelijk van een grondwaterstand die nabij de wortelzone ligt en is dus gevoelig voor verdroging. Verdroging wordt voor circa 60% veroorzaakt door de ontwatering en een verbeterde afwatering van landbouwgebieden, voor circa 30% door de winning van grondwater door waterleidingbedrijven, landbouw en industrie en voor circa 10% door ingrepen in het hydrologische systeem, zoals zandwinning en bestrating.

Tussen 1955 en 1970 is het landschap van Nederland ingrijpend gewijzigd doordat de overheid toen veel nieuwe landinrichtingsprojecten (ruilverkavelingen) heeft opgezet. Het niveau van het grondwater is landelijk gezien met gemiddeld circa 30 cm gedaald in die tijd. Na 1970 lijkt er sprake van een stabilisatie op dit lagere niveau (figuur 5.4.11).

De overheid heeft doelstellingen geformuleerd voor de bestrijding van verdroging. De voor 2000 beoogde reductiedoelstelling van het verdroogde areaal met 25% (circa 150.000 hectare) wordt niet gehaald. Het areaal hersteld natuurgebied is wel toegenomen van circa 10.000 hectare in 1998 tot circa 15.000 hectare in 2000. De provincies zijn thans bezig met de vaststelling van het Gewenste Grond- en Oppervlaktewaterregiem (GGOR) of ze hebben het GGOR inmiddels vastgesteld. In samenhang met de



Figuur 5.4.11 Gemiddelde verlaging grondwaterstand in Nederland sinds 1950 (Bron: NITG-TNO).

natuurdoeltypen die recent door de provincies in kaart zijn gebracht, biedt dat de mogelijkheid om betere doelstellingen voor herstel van verdroging vast te stellen. De monitoring van verdroging en van de effecten van projecten voor verdrogingbestrijding komen niet goed van de grond, hoewel de terreinbeheerders wel initiatieven ontwikkelen op dit gebied.

### 5.4.4 Verspreiding prioritare stoffen

In 1999 hebben zich slechts geringe veranderingen in het gebruik van bestrijdingsmiddelen voorgedaan. Als gevolg daarvan zijn er ook slechts geringe veranderingen in emissies en de verwachte effecten. De situatie die in eerdere milieubalansen is weergegeven geldt in grote lijnen nog steeds. De daaruit voortvloeiende milieukwaliteit van bodem en water behoeft nog steeds verbetering. De concentraties liggen vaak boven de norm en vormen daarmee een bedreiging voor de ecologische kwaliteit van wateren. Er zijn ook steeds meer aanwijzingen dat andere stoffen zoals organotinverbindingen en broom- en chloorverbindingen problemen kunnen veroorzaken voor in het water levende diersoorten (RIVM/DLO, 2000).

De veranderingen in 2000 en daarna zullen groter zijn als gevolg van het van kracht worden van het Lozingenbesluit ‘open teelt en veehouderij’, en het in gang zetten van nieuw beleid. Het voornemen bestaat om in de komende jaren hier meer aandacht aan te besteden. Voor de depositie van zware metalen en de overige sporenelementen op bodem en water geldt hetzelfde.

## 5.5 Effecten

### 5.5.1 Ecosystemen

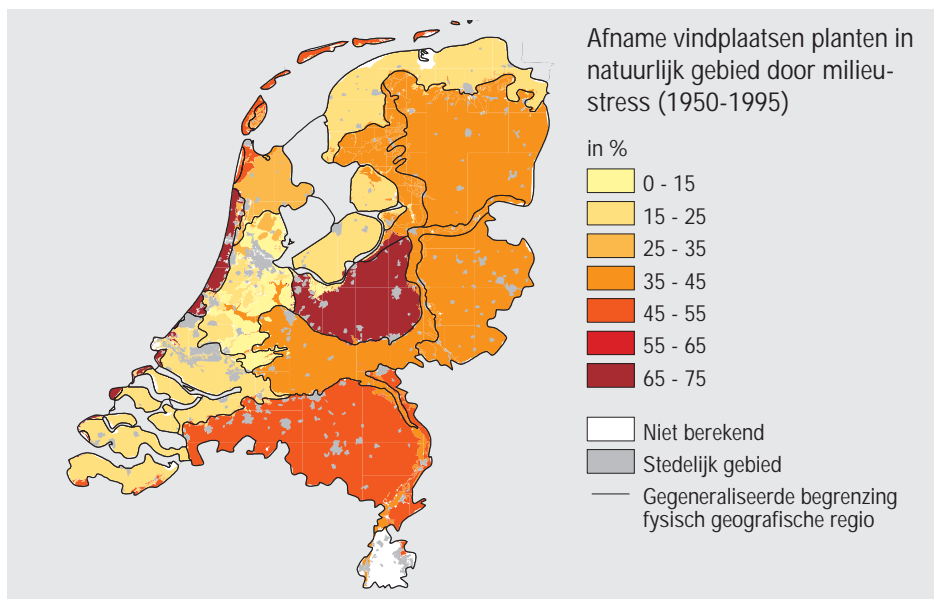
Om de invloed van milieu op natuur te duiden wordt het begrip milieustress gebruikt: de mate waarin milieukwaliteit beperkend is voor de bestaansmogelijkheden van planten en dieren in verhouding tot de situatie van 1950 (zie tekstbox *Milieustress*). Behalve door milieufactoren worden ecosystemen beïnvloed door andere factoren, zoals de ruimtelijke inrichting en het beheer.

#### Milieustress: respons van de natuur op verandering van de milieukwaliteit

Als ergens de milieukwaliteit verandert kan dat waargenomen worden aan veranderingen in het vóórkomen van planten- en diersoorten. De term milieustress wordt gebruikt om kwantitatief uit te drukken hoe soorten reageren op veranderingen in de milieukwaliteit. De mate waarin soorten voorkomen wordt vergeleken met de situatie van 1950. Is er sprake van achteruitgang, bijvoorbeeld van het aantal vindplaatsen van een plan-

tensoort ten opzichte van het aantal vindplaatsen in 1950, dan is dat geïnterpreteerd als het resultaat van stress. Het gedeelte van de stress dat is terug te voeren op verandering van de milieukwaliteit, wordt hier milieustress genoemd. Als het voorkomen van een soort gelijk blijft of toeneemt, dan wordt stress op die soort afwezig verondersteld (Vonk *et al.*, 2000; RIVM, 2000).

De invloed van milieukwaliteit is vooral groot voor soorten die voor hun voedsel rechtstreeks afhankelijk zijn van bodem of water (planten, plankton). Op hogere trofische niveau's speelt milieukwaliteit een indirecte rol (verdwijnen of vergiftiging van voedsel). De invloed van milieustress is soms ondergeschikt aan andere vormen van beïn-



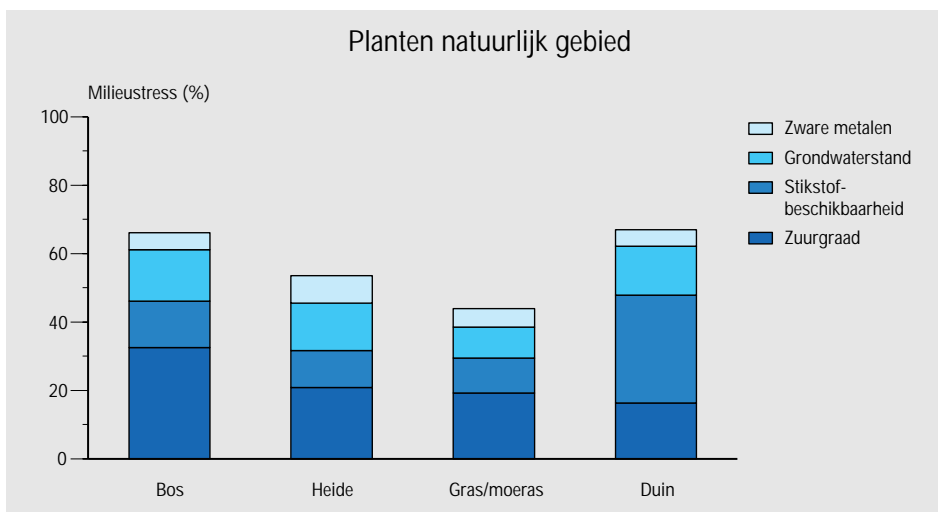
Figuur 5.5.1 Afname van het aantal vindplaatsen van plantensoorten sinds 1950 in verschillende fysisch geografische gebieden als gevolg van veranderingen in zuurgraad, stikstofbeschikbaarheid, grondwaterstand en toxische druk van zware metalen.

vloeding, zoals versnippering en beheer. Dit is bijvoorbeeld het geval in de beheerde terrestrische vegetaties (natte heide, schraal grasland). Sommige soortgroepen (bijvoorbeeld zoogdieren op heide) zijn sinds 1950 niet sterk afgenomen. Bij veel aquatische soortgroepen komt afname vooral door milieustress. Bij andere soortgroepen (bijvoorbeeld amfibieën en reptielen in moeras) zijn andere stressfactoren daarvan de reden.

### **Terrestrische ecosystemen**

Sinds 1950 is het aantal vindplaatsen van plantensoorten op de terrestrische vegetatie van bijna geheel Nederland afgenomen als gevolg van diverse milieustressfactoren. Oorzaken hiervan zijn vermesting, verzuring, verdroging en soms planologische ingrepen. Met name in een groot deel van de zandgronden is de milieustress hoog. De deposities van zuur en stikstof overschrijden daar in aanzienlijke mate de kritische depositieniveaus (*paragraaf 5.4.1*). Tegelijkertijd is de grondwaterstand de laatste decennia gedaald in de desbetreffende gebieden (*paragraaf 5.4.3*), waardoor grondwaterafhankelijke natuur wordt bedreigd. Gemiddeld is het aantal vindplaatsen per plantensoort op de hogere zandgronden met 65-75% afgenomen sinds 1950.

Er zijn grote verschillen in het effect van milieustress op de afname van het aantal vindplaatsen van plantensoorten tussen ecosystemen (*figuur 5.5.2*). De grootste afname is berekend voor de duinen en de minste in grasland en moerasvegetaties. Dit is deels een weerspiegeling van de gevoeligheid voor de depositie van zuur en stikstof (*paragraaf 5.4.1*). Verzuring en vermesting (stikstofbeschikbaarheid) leveren de grootste bijdrage aan het kwaliteitsverlies. Daarna komt verdroging (grondwaterstand) terwijl de bijdrage van zware metalen relatief gering is.



*Figuur 5.5.2 Berekende afname van het aantal vindplaatsen van terrestrische planten in natuurlijke gebieden als gevolg van veranderingen in zuurgraad, stikstofbeschikbaarheid, grondwaterstand en toxische druk van zware metalen.*

In 1999 is het Landelijk Meetnet Flora gestart, waaraan alle provincies deelnemen. Eerste voorlopige resultaten van enkele provincies bevestigen de genoemde berekende effecten. De eerste landdekkende resultaten worden in 2004 verwacht. Ook het onderzoek met betrekking tot het samenstellen van de Rode Lijst voor planten (Van der Meijden *et al.*, 2000) wijst in dezelfde richting. Dit onderzoek laat onder meer de volgende resultaten zien. Hoge percentages bedreigde soorten zijn aan te treffen in begroeiingen op kalkrijke bodems (51-91%) en in natte heide (89%), droge heide (76%), blauwgraslanden (88%), voedselarme wateren (70%) en kwelders (52%).

In de periode 1989-1999 hebben zich forse veranderingen voltrokken bij de op bomen groeiende korstmossen (Van Herk, 1998). Deze zijn een gevolg van veranderingen in de depositie van vermestende en verzurende stoffen in de voorafgaande jaren. Het aantal soorten per onderzochte locatie is in die periode met 50% toegenomen van 14 naar 21 (figuur 5.5.3), waarmee een herstel van de rijkdom die sinds 1900 verloren is gegaan in gang gezet is. Dit herstel is vermoedelijk het gevolg van een reductie van de milieubelasting met SO<sub>2</sub> (zie hoofdstuk 4).

#### Korstmossen als indicator voor verzuring en vermesting

Het meetnet voor epifytische (op bomen groeiende) korstmossen heeft tot doel de kwaliteit van het milieu ten aanzien van vermesting en verzuring op regionale en lokale schaal in beeld te brengen en in de tijd te volgen. In de beleids-effectketen 'bron-milieudruk-milieu-effect' vormt het onderzoek naar korstmossen een waardevolle aanvulling op modellen en fysisch-chemische metingen.

Sommige soorten korstmossen verdwijnen bij een hoge concentratie ammoniak, terwijl andere soorten juist in hun groei worden gestimuleerd. Weer andere soorten zijn vooral gevoelig voor een hoge concentratie zwaveldioxide. De totale soortenrijkdom per locatie blijkt een betrouwbare graadmeter te zijn om de effecten van zwaveldioxide in de tijd te volgen en ruimtelijke effecten daarvan te registreren. De ammoniakconcentratie heeft vooral effect op de soortensamenstelling: nitrofyten reageren daar positief op, acidofyten zijn daar gevoelig voor. Bij het provinciale onderzoek is de Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW) de belangrijkste graadmeter voor ammoniak. Hierin

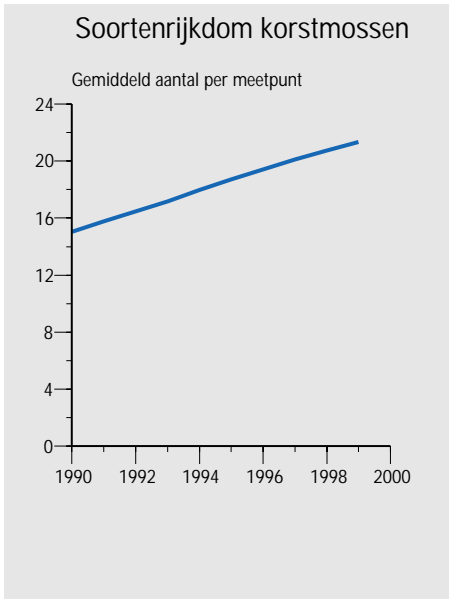
wordt het cumulatieve voorkomen van twintig soorten nitrofyten tot uitdrukking gebracht. Het complementaire beeld levert de Acidofiële Indicatie Waarde (AIW), waarin het voorkomen van twintig soorten acidofyten is verwerkt. De NIW en de AIW zijn beide bruikbaar om effecten van ammoniak in de tijd te volgen en de ruimtelijke effecten te registreren.

De provinciale meetnetten omvatten circa 5.000 monsterpunten, elk bestaande uit een rijtje van meestal tien zomereiken (*Quercus robur*), hoofdzakelijk langs wegen. Tot dusver zijn hiervan 2.300 punten meerdere malen bemonsterd met een tussenpoos van drie tot zes jaar. De getallen in figuur 5.5.4 zijn gebaseerd op het gemiddelde van alle monsterpunten in het gehele onderzochte gebied. De trends zijn berekend uit een samenstelling van de trends van de afzonderlijke provincies, naar ratio van het oppervlak, en zijn daarmee representatief voor de zandgronden van Nederland.

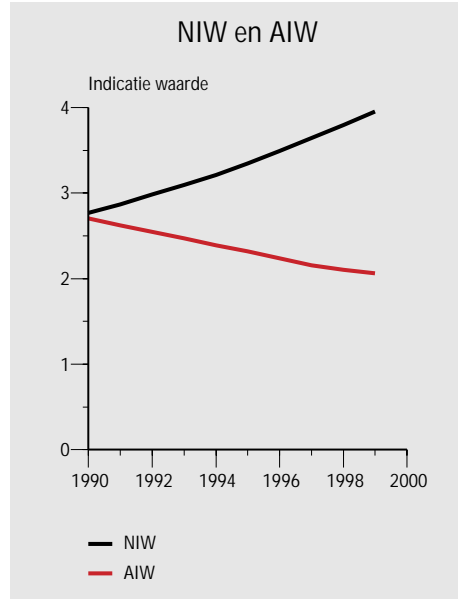
#### **Aquatische systemen**

In de vorige eeuw is het voorkomen van vele soorten in aquatische ecosystemen sterk achteruitgegaan. Het aantal uitgestorven soorten in waterecosystemen (13%) is relatief hoog. De reacties van watersystemen op vervuiling zijn afhankelijk van het watertype. Daarbij spelen verblijftijd, stroomsnelheid, afmetingen, bodemtype, gebruik en beheer en dergelijke een belangrijke rol. De huidige situatie wordt daarbij vergeleken met de situatie in 1950.





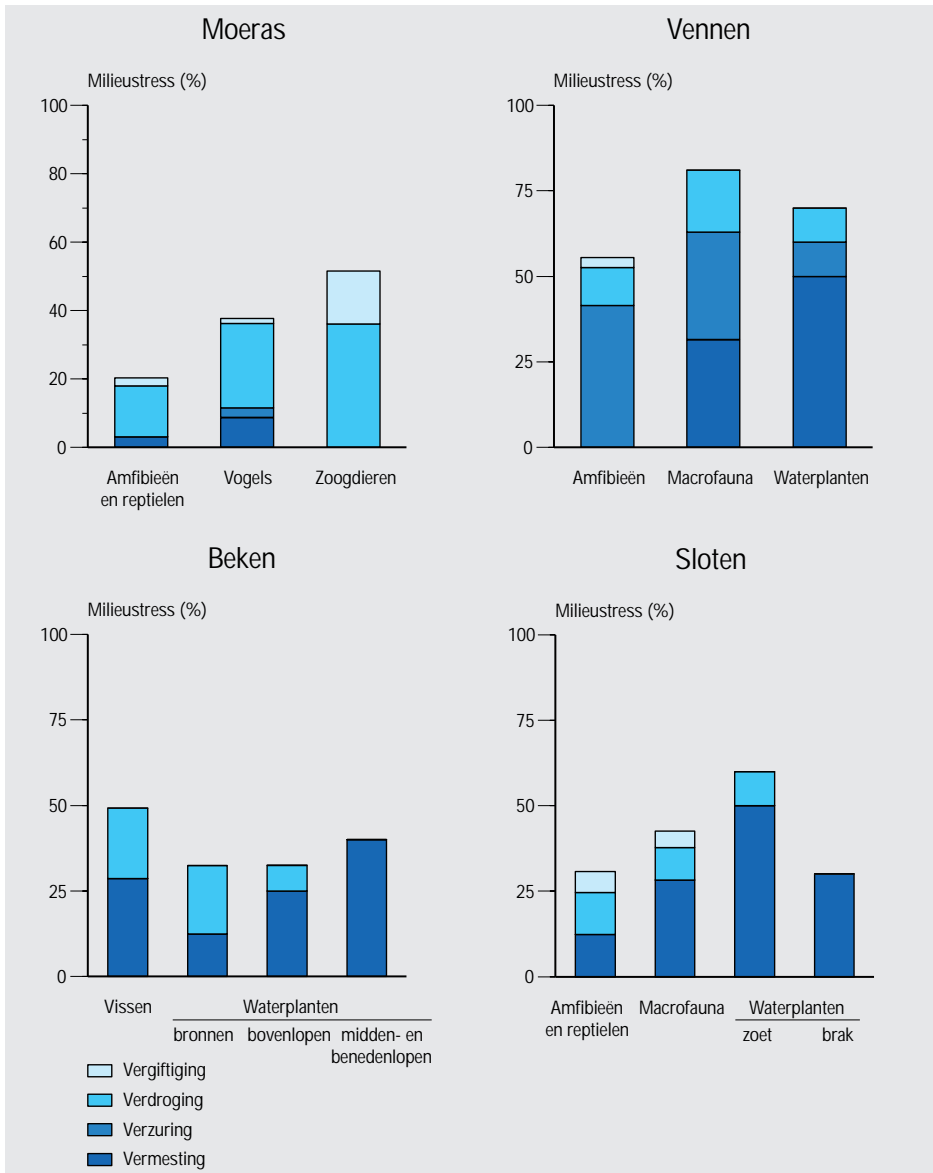
Figuur 5.5.3 De totale soortenrijkdom aan korstmossen als graadmeter voor effecten van SO<sub>2</sub>, gemeten in acht provincies met relatief veel zandgrond en veehouderij, 1990-1999 (Bron: LON).



Figuur 5.5.4 Gemiddelde Nitrofiële Indicatie Waarde (NIW) en Acidofiele Indicatie Waarde (AIW) voor zandgronden in Nederland als graadmeters voor ammoniakdepositie, 1990-1999 (Bron: LON).

De afname in natuurkwaliteit wordt volgens de inschattingen voor een groot deel veroorzaakt door milieufactoren. Welke milieufactor het grootste aandeel heeft in de kwaliteitsafname, is per ecosysteem verschillend. De resultaten (figuur 5.5.5) geven een weinig rooskleurig beeld van de toestand van aquatische ecosystemen. Met name vennen zijn in de periode 1950-1995 sterk in natuurkwaliteit achteruit gegaan. Hiervan is vermeting de belangrijkste oorzaak. In moerasvegetaties is verdroging verantwoordelijk voor achteruitgang.

Bij verrijking met nutriënten kan de plantengemeenschap in sloten, die van nature gekenmerkt wordt door een grote verscheidenheid aan ondergedoken waterplanten, verarmen en eindigen in een dichte bedekking met kroos of kroosvaren. Drenking van vee kan dan risicovol zijn. Landelijke metingen van kroosbedekking ontbreken, maar de meeste waterschappen zijn genoodzaakt kroos te verwijderen bij gemalen en duikers om de overlast ervan te bestrijden. Een kwart van de waterschappen verwijdert ook kroos uit de watergangen zelf. Uit berekeningen blijkt dat ongeveer een kwart van de poldergebieden in 1995 een kroosbedekking had van meer dan 90%. Een iets groter deel overschreed de richtinggevende waarde voor fosfor. De stikstofconcentratie in sloten was hoog (99% > 2,2 mg N/l), maar lijkt de kroosbedekking minder te beïnvloeden dan fosfor.



Figuur 5.5.5 Schattingen van de milieustress voor verschillende soortgroepen in regionale aquatische ecosystemen in 1995.

## 5.5.2 Effecten op de leefbaarheid van het landelijk gebied

De directe gezondheidseffecten van de milieudruk in het landelijk gebied zijn over het algemeen klein. Wat betreft effecten op leefbaarheid in het landelijk gebied wordt aandacht besteed aan:

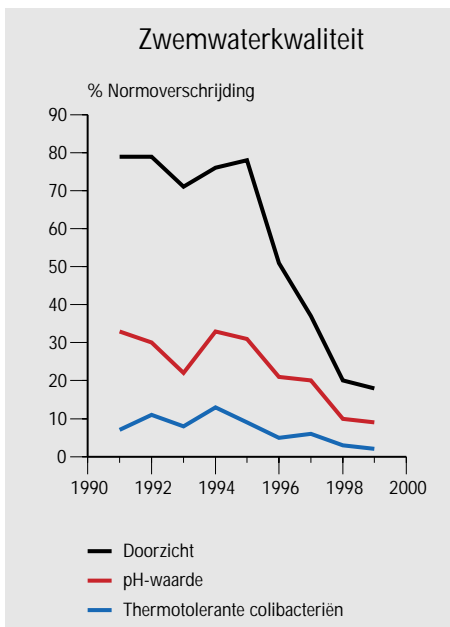
- waterrecreatie (zwemwaterkwaliteit),
- overschrijding geluidnorm stiltegebieden,

- geurhinder door de landbouw,
- sociaal-culturele aspecten van het milieubeleid voor het landelijk gebied.

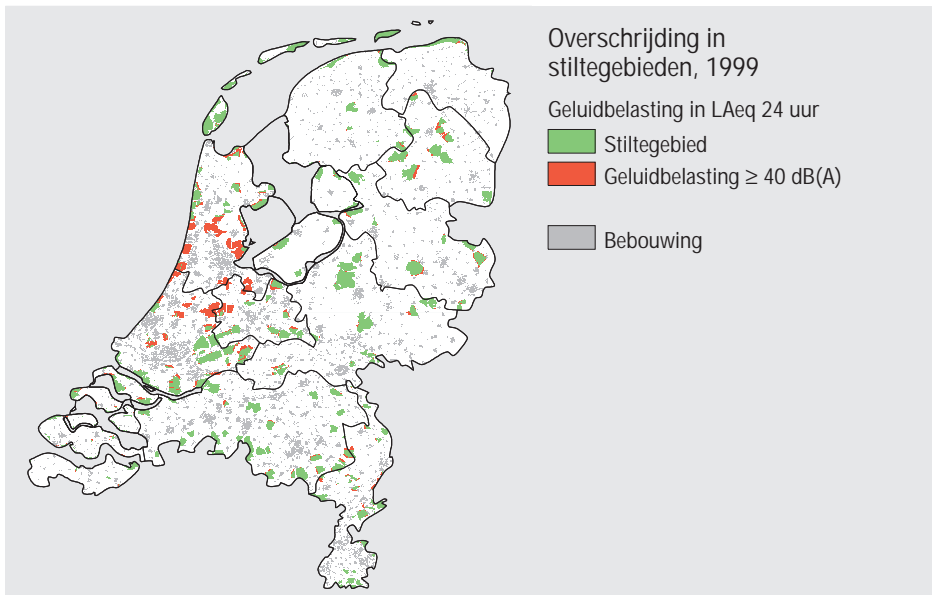
De recreatiefunctie van het landelijk gebied verdient aandacht vanuit volksgezondheidsoogpunt. Oppervlaktewater is vaak verontreinigd met menselijke of dierlijke fecaliën. Daarnaast zijn soms pathogene micro-organismen als *Cryptosporidium* en *Giardia*, virussen of toxische algen aanwezig in oppervlaktewateren. De zwemwaterkwaliteit in Nederland wordt gecontroleerd aan de hand van de Nederlandse Wet hygiëne en veiligheid zwemgelegenheden voor zwemwateren, waarbij vooral gekeken wordt naar mogelijke besmetting met fecaliën (zie *figuur 5.5.6*). De kwaliteit van zwemwater is sinds 1990 verbeterd. Desalniettemin voldoet nog ruim 20% van de monsterpunten niet aan de zwemwaternorm.

De huidige zwemwaternormen beschermen de zwemmer onvoldoende; de regelgeving besteedt onvoldoende aandacht aan het voorkomen van toxische blauwgielen, virussen en parasieten. Voor de eerste groep is inmiddels via de Commissie Integraal Waterbeheer (CIW, 1999) een proefperiode voorgesteld waarin het meest voorkomende blauwgieltoxine microcysteïne gedurende twee jaar wordt gemeten.

In ongeveer 20% van de landelijke stiltegebieden in Nederland (*figuur 5.5.7*) wordt de geluidnorm van 40 dB(A) overschreden. De oorzaak daarvan ligt overigens lang niet altijd in het landelijk gebied. De totale geluidbelasting is gebaseerd op modelberekeningen van het equivalente geluidsniveau over het etmaal (LAeq, 24 uur) zonder rekening te houden met de tijd wanneer die belasting optreedt (dag, avond of nacht). De doelstelling uit het NMP3 (1998) voor het jaar 2000 om, nabij stedelijk gebied, 200.000 hectare



*Figuur 5.5.6 Normoverschrijdingen van zwemwater voor doorzicht (norm: minimaal 1 m), pH-waarde (norm: pH moet liggen tussen 6,5 en 9,0) en thermotolerante bacteriën (norm: maximaal 2.000 per 100 ml), 1991-1999 (Bron: RIZA).*



Figuur 5.5.7 Gecumuleerde geluidbelasting in stiltegebieden, 1999 (Bron: NLR, NS en AVV).

aan te wijzen als stiltegebied kan binnen de huidige norm niet worden gerealiseerd. Er is maar 178.000 hectare aangewezen. Bovendien voldoen lang niet alle aangewezen stiltegebieden aan de norm.

#### Belevings- en gebruikswaarde van gebieden

Om van groen te kunnen genieten is het niet alleen belangrijk of het aanwezig en voldoende aantrekkelijk is maar ook of je er gemakkelijk kan komen, of er recreatieve voorzieningen zijn en of het vrij toegankelijk is (RIVM/DLO, 2000). Er zijn vier categorieën te onderscheiden:

1. Hoge belevingswaarde en hoge gebruikswaarde: Waddeneilanden, het Drents plateau, de Veluwe en delen van de duinen.
2. Hoge belevingswaarde en lage gebruikswaarde: noordelijke strook van Groningen, Friesland, delen van de IJsselmeerpolders en het zuidelijk deel van het Groene Hart.
3. Lage belevingswaarde en hoge gebruikswaarde: directe nabijheid van snelwegen en stukken van binnenduinrand.
4. Lage belevingswaarde en lage gebruikswaarde: grote delen van de Randstad.

De geurhinder door de landbouw is sinds 1994 afgenomen van 18 naar 11% (Bron: CBS) als gevolg van vermindering van de veestapel en het onderwerken van mest. Het beleid heeft momenteel geen specifieke doelstelling voor geurhinder vanuit de landbouw vastgesteld, hoewel geurhinder lokaal wel als een probleem wordt ervaren. De doelstelling van maximaal 12% geurhinder in 2000 heeft betrekking op hinder door wegverkeer en industrie, waarbij landbouw onder industrie wordt gerekend.

### Sociale en culturele effecten als gevolg van het milieubeleid in het landelijk gebied

De grote sociale en culturele veranderingen die in de samenleving in de afgelopen halve eeuw zijn opgetreden, hebben ook de landelijke samenleving van karakter veranderd.

Een gevolg van het Nederlandse milieubeleid is de bemoeilijking van het gangbare boerenbedrijf. Een verdere intensivering van de landbouw is vrijwel onmogelijk vooral doordat de bedrijven de bemesting moeten reduceren om aan de doelstellingen van het beleid te kunnen voldoen. De bruto toegevoegde waarde van de sector landbouw is de laatste tien jaar nauwelijks gestegen en de prijsindexcijfers voor landbouwproducten zijn zelfs afgenomen (zie *figuur 5.2.2*). Er wordt verwacht dat het mestbeleid en de daarbij behorende maatregelen tot gevolg zullen hebben dat enkele duizenden varkensbedrijven zullen worden beëindigd.

Het milieubeleid voor de agrarische sector zal een verdere schaalvergroting in de hand werken; een deel van de milieumaatregelen noopt tot soms forse investeringen, waarbij zich duidelijke schaalvoordelen voordoen. Het streven naar

gesloten bedrijven en naar energiebesparing in de glastuinbouw vormt daarvan een voorbeeld. De schaalvergroting kan geringer zijn naarmate er mogelijkheden komen om milieuvriendelijke productiewijzen te belonen. Het tempo en de uiteindelijke uitkomst van dit proces worden mede beïnvloed door het Ruimtelijke Ordeningsbeleid. Inmiddels is gestart met het opstellen van de Vijfde Nota over de ruimtelijke ordening. Een belangrijk discussiepunt daarin betreft de vraag in welke mate er op het platteland meer mogelijkheden moeten komen voor de bouw van woningen en bedrijfsgebouwen. Woningbouw heeft positieve effecten op het behoud van voorzieningen zoals winkels en dergelijke op het platteland, maar tegelijkertijd nadelige gevolgen voor het behoud van rust en ruimte.

Een aantal innovatieve landbouwers zoekt aanvullende bronnen van inkomsten die soms verbonden zijn met hun hoofdbedrijf (zie tekstbox *Alternatieve vormen van landbouw*). Voorbeelden zijn dat boeren een camping inrichten of producten aan huis gaan verkopen (LEI, 2000). Deze activiteiten zijn nog relatief gering van omvang.



# 6

## De mens in de stedelijke leefomgeving

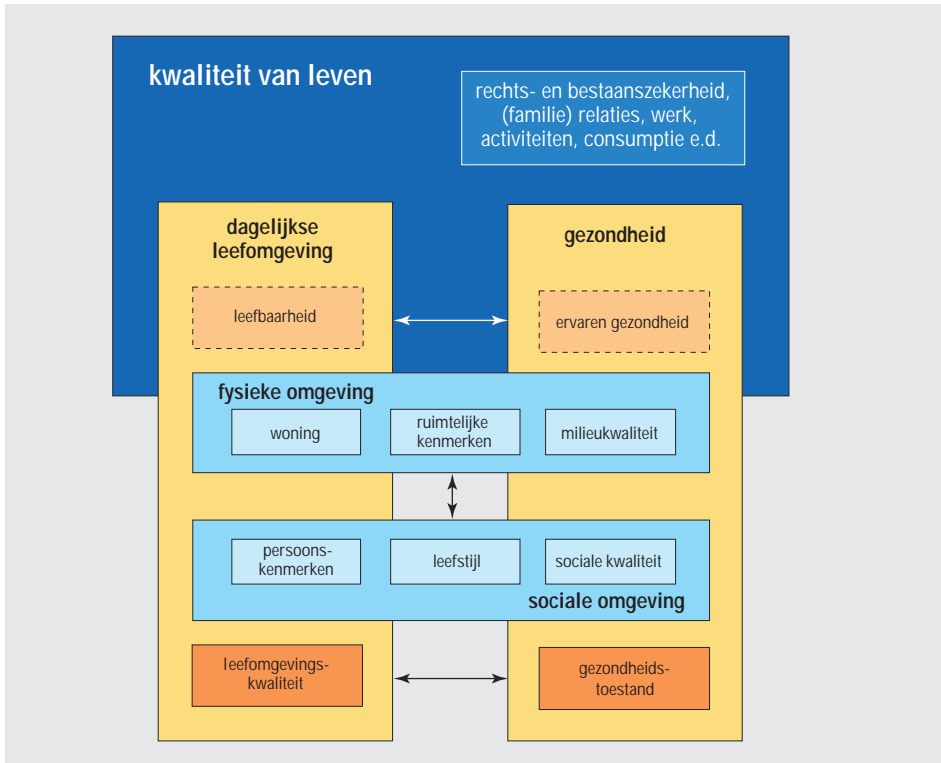


Steeds meer mensen wonen en werken steeds dichter op elkaar en beïnvloeden met hun gedrag de milieukwaliteit en sociale kwaliteit van hun leefomgeving. Allerlei economische en maatschappelijke activiteiten als industrie, wegverkeer en luchtvaart beïnvloeden de leefomgeving van mensen. Wat bepaalt de milieudruk in de leefomgeving en wat is de invloed van bewoners zelf op de leefbaarheid van hun eigen omgeving?





## 6 DE MENS IN DE STEDELIJKE LEEFOMGEVING



Figuur 6.1 Schema van aspecten van gezondheid, leefbaarheid en kwaliteit van leven.

- De mobiliteit is de afgelopen jaren verder toegenomen; wegverkeer is de belangrijkste veroorzaker van geluidbelasting, lokale luchtverontreiniging en geurhinder. De burger beïnvloedt daarmee zelf de kwaliteit van zijn leefomgeving.
- Ondanks een toename van de mobiliteit zijn, behalve voor CO<sub>2</sub>, de emissies van schadelijke stoffen door verkeer gedaald.
- Ruim 10% van de stedelijke bevolking wordt blootgesteld aan boven de norm liggende concentraties van zowel NO<sub>2</sub> als fijn stof.
- Als externe veiligheid niet meer dan nu in de ruimtelijke ordening wordt betrokken kunnen de risico's door ongevallen stijgen.
- Stapeling van problemen op sociaal, fysiek, milieu- en gezondheidsvlak treedt vooral op in oudere stadswijken, ongeveer de helft van de bevolking van grote steden woont in dergelijke wijken.

## 6.1 Inleiding

De laatste decennia is veel gezondheidswinst geboekt, vooral door vaccinaties, wet- en regelgeving over bijvoorbeeld veiligheid van voedsel, consumentenproducten en arbeidsomstandigheden en door verbetering van de gezondheidszorg (RIVM, 1997). Nu in termen van levensverwachting veel is bereikt, verschuift de aandacht van ‘langer leven’ naar ‘kwaliteit van leven’. De leefomgeving speelt hierin een belangrijke rol, zeker nu die snel verandert. Zo wonen steeds meer mensen in (steeds grotere) steden, de gezinssamenstelling verandert, er komen steeds meer eenpersoonshuishoudens, het aantal verschillende culturen neemt toe en de gemiddelde afstand tussen woon- en werkplaats wordt groter. De gevolgen hiervan beïnvloeden de leefomgeving.

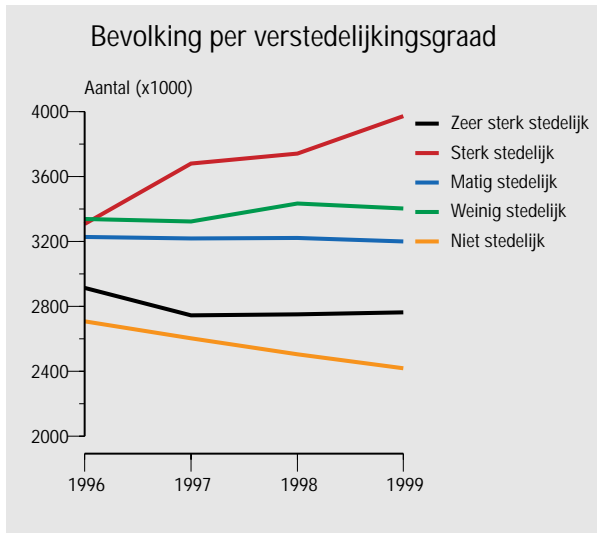
De kwaliteit van de leefomgeving wordt bepaald door een combinatie van fysieke en sociale kenmerken (*figuur 6.1*) en de beleving hiervan. Dit wordt aangeduid met het begrip leefbaarheid. Dit begrip omvat zowel de waardering van mensen voor hun leefomgeving als meetbare kenmerken van deze omgeving. Dit loopt vaak niet parallel: sommige aspecten van de leefomgeving, zoals luchtverontreiniging, worden door mensen soms niet direct als een probleem ervaren, terwijl ze wel een negatieve invloed op de gezondheid kunnen hebben. Omgekeerd wordt bijvoorbeeld bodemverontreiniging door omwonenden vaak als aantasting van leefomgevingskwaliteit ervaren, ook in die gevallen waarbij het feitelijke gezondheidsrisico niet groot is.

In dit hoofdstuk staat de gezondheid van de mens (gezondheidstoestand) en de beleving van zijn leefomgeving centraal (*paragraaf 6.5*). De milieukwaliteit is een onderdeel van deze leefomgeving, met als belangrijke actoren verkeer en vervoer en industrie. Ontwikkelingen in deze doelgroepen in termen van milieudruk en de gevolgen daarvan voor milieukwaliteit (luchtkwaliteit, geluid, bodemverontreiniging en externe veiligheid) worden beschreven in de paragrafen 6.3, 6.4, 6.5 en 6.6. Daarbij ligt de nadruk op de stedelijke woonomgeving, omdat milieu-, sociale en fysieke problemen zich daar opstapelen.

## 6.2 Maatschappelijke ontwikkelingen en mobiliteit

### ***Maatschappelijke ontwikkelingen***

Allerlei maatschappelijke ontwikkelingen, zoals toenemende bevolkingsdichtheid, verdunning van de huishoudens en inkomensgroei beïnvloeden ons gedrag, met ons gedrag beïnvloeden we onze leefomgeving. Het gemiddeld inkomen per huishouden is gegroeid met name door toename van het aantal tweeverdieners. Een groeiend inkomen is een belangrijke factor in verandering in het gedrag van de Nederlander. Dat uit zich in het toenemend gebruik van elektrische apparaten, een veranderde vrijetijdsbesteding en een sterke groei van de mobiliteit (zowel toegenomen autogebruik als -bezit).



Figuur 6.2.1 Het aantal mensen naar stedelijkheid van de gemeente, 1996-1999 (Bron: CBS).

Door een toename van de verstedelijking zijn vrijwel alle gemeenten gegroeid en steeds meer mensen wonen in sterk tot zeer sterk stedelijk gebied (figuur 6.2.1). In die gebieden vormt mobiliteit een belangrijke bron van milieudruk.

### Mobiliteit

In hoofdstuk 4 worden de ontwikkelingen en emissies van verkeer en vervoer besproken. In dit hoofdstuk ligt de nadruk op lokale gevolgen van de milieudruk door het verkeer en vervoer in het stedelijk gebied. De groei van het verkeer vindt met name buiten de stedelijke gebieden plaats. Het totaal aantal voertuigkilometers binnen de bebouwde kom is tussen 1986 en 1996 met circa 6% toegenomen, terwijl de groei daarbuiten 40% is geweest. Desondanks is de verkeersintensiteit binnen de bebouwde kom afgenomen met circa 16% door een sterke groei van de weglengte binnen de bebouwde kom (ruim 25% tussen 1986 en 1996). De verkeersintensiteit buiten de bebouwde kom is daarentegen met ruim 30% toegenomen, doordat daar het wegverkeer harder groeit dan het aantal kilometers weg. Wanneer alleen wordt gekeken naar een selectie van (middel)grote steden<sup>1</sup>, blijkt dat de intensiteit op wegen binnen de bebouwde kom van deze steden met 5% is toegenomen tussen 1987 en 1997. Deze groei deed zich met name voor buiten het centrum van deze steden. De intensiteit op wegen in het centrum is in het algemeen afgenomen (Harms, 2000).

In 1998 was circa driekwart van alle verplaatsingen in zeer stedelijk gebied korter dan 7,5 kilometer. Ruim tweederde hiervan vond plaats met de fiets of te voet en ongeveer eenderde per auto. Het autogebruik (in reizigerskilometers per persoon) in de vier Randstadsteden groeide slechts met 2% tussen 1986 en 1996 terwijl het landelijk gemiddelde

<sup>1</sup> Amsterdam, Arnhem, Gouda, Hoorn, Maastricht, Purmerend, Den Bosch en Tilburg.

Tabel 6.2.1 *Vergelijking gebruik vervoermiddelen tussen de inwoners van grote steden en de gemiddelde Nederlander (Bron: CBS).*

	Gebruik per capita in 1986			Gebruik per capita in 1996			Groei per capita tussen 1986 en 1996		
	auto	OV	fiets	auto	OV	fiets	auto	OV	fiets
	1.000 reizigerskilometers						%		
4 Randstadsteden <sup>1)</sup>	6,6	2,6	0,6	6,7	3,2	0,7	+2	+24	+24
8 grote steden <sup>2)</sup>	7,0	2,1	0,7	7,1	2,7	0,8	+2	+30	+15
Landelijk	8,4	1,0	0,8	9,3	1,3	0,8	+11	+27	-1

<sup>1)</sup> Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht.

<sup>2)</sup> Amsterdam, Rotterdam, Den Haag, Utrecht, Eindhoven, Groningen, Tilburg en Apeldoorn.

11% groeide. De inwoners van grote steden zijn meer gaan fietsen dan de gemiddelde Nederlander. Daarnaast maakt de bewoner van zeer sterk stedelijke gebieden vaker gebruik van het openbaar vervoer dan landelijk gemiddeld (tabel 6.2.1). Dit komt vooral door de beschikbaarheid van openbaar vervoer en de moeite die het kost om in die gebieden de auto te gebruiken (denk aan parkeervergunningen en maatregelen om binnensteden autoluw of autovrij te maken).

## 6.3 Milieudruk

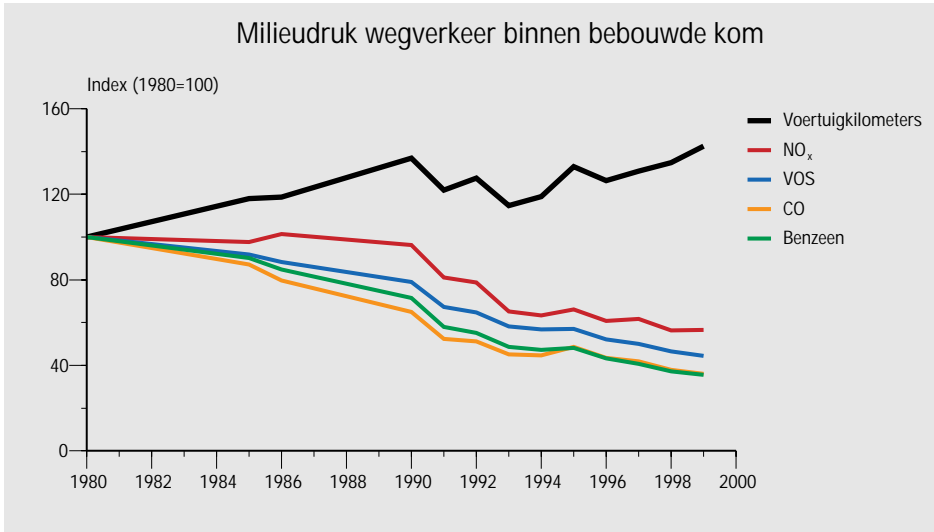
### **Inleiding**

Verkeer en vervoer en industrie leiden tot veel milieuproblemen in de woonomgeving (geluidhinder, lokale luchtverontreiniging en geurhinder). Hoewel er regionaal verschillen kunnen optreden, is verkeer landelijk gezien de belangrijkste veroorzaker van lokale milieuproblemen. De industrie emitteert een groot aantal stoffen naar de lucht die zich over grote afstand verspreiden. De emissie van deze stoffen is besproken in hoofdstuk 4 en worden daarom hier slechts behandeld voor zover ze van invloed zijn op de lokale luchtkwaliteit.

### **Verkeer en vervoer**

Ondanks de toename van het aantal voertuigkilometers zijn de verkeersgerelateerde emissies binnen de bebouwde kom (stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), vluchtige organische stoffen (VOS), benzeen en koolmonoxide (CO)) sinds 1980 gedaald (figuur 6.3.1). De sinds die tijd bestaande ontkoppeling tussen het aantal voertuigkilometers en de omvang van deze emissies houdt aan.

Het aantal afgelegde kilometers binnen de bebouwde kom is ongeveer 25% van het totaal afgelegde kilometers in Nederland. In vergelijking daarmee zijn de emissies van CO en VOS binnen de bebouwde kom relatief hoog, namelijk 36 en 40% van de totale emissie in Nederland door wegverkeer. Het rijden met koude of opwarmende motor zoals in stedelijk gebied relatief vaak voorkomt, veroorzaakt hogere emissies van CO en



Figuur 6.3.1 Milieudruk door wegverkeer binnen de bebouwde kom, 1980-1999 (Bron: RIVM).

VOS door onder andere onvolledige verbranding en het nog niet op temperatuur zijn van de katalysator. De emissie van NO<sub>x</sub> binnen de bebouwde kom is daarentegen relatief laag, namelijk slechts 20% van de totale emissie door het wegverkeer in Nederland. De aanscherping van (emissie)normen zal naar verwachting leiden tot een verdere verlaging van de emissies van NO<sub>x</sub>, VOS, fijn stof (PM<sub>10</sub>) en zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>). Het effect van emissiebeperkende maatregelen leidt echter pas op termijn tot een vermindering van de milieudruk, omdat de vervanging van oude auto's door nieuwere geruime tijd in beslag neemt.

**Industrie**

Industriegebieden zijn vaak gesitueerd in of nabij stedelijke gebieden en oefenen daarvoor extra milieudruk uit op de woonomgeving. Een voorbeeld is het Rijnmondgebied, maar ook in het IJmondgebied (basismetaalindustrie), in het zuiden van Limburg (chemische industrie) en nabij Amsterdam doen zich dergelijke situaties voor (Buijsman, 1999). Naast de directe milieudruk door emissies van de bedrijven, is er sprake van indirecte milieudruk door extra verkeersdruk. De milieudruk door de industrie op de leefomgeving hangt af van type, ligging, aantal en omvang van de installaties en de aard van de werkzaamheden. Een beperkt aantal stoffen voert daarbij de boventoon: SO<sub>2</sub> (elektriciteitscentrales, raffinaderijen), NO<sub>x</sub> (elektriciteitscentrales, raffinaderijen), (fijn) stof (basismetaal, chemische industrie) en VOS (chemische industrie, raffinaderijen). Deze emissies zijn in 1999 allemaal verder afgenomen (zie bijlage 1).

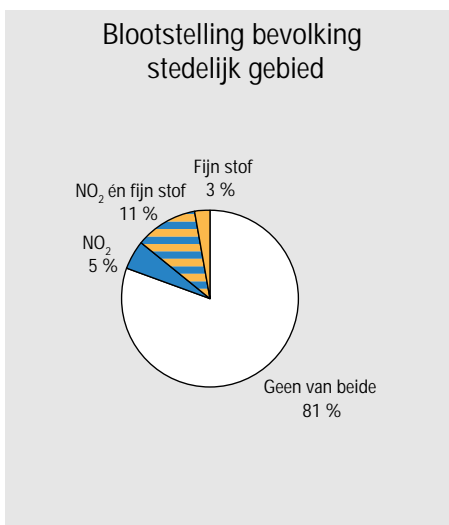
## 6.4 Gevolgen milieudruk op milieukwaliteit

### Luchtkwaliteit

De concentratie van luchtverontreinigende stoffen in steden is doorgaans hoger dan daarbuiten. Immers in de stedelijke omgeving tellen de regionale achtergrondconcentratie (grotendeels bepaald door Nederlandse én buitenlandse bronnen), de stadsbijdrage (de gecumuleerde bijdrage van alle bronnen in de stad) en de bijdrage in de straat op (zie ook *figuur 4.1.1*). De bijdrage van bronnen binnen de stad neemt toe met de omvang van de stad. Zo worden jaargemiddelde concentraties voor  $\text{NO}_2$ , benzeen en benzo(a)pyreen in grote steden respectievelijk voor circa 40, 60 en 50% bepaald door bronnen in de stad zelf.

Verhoogde concentraties van onder meer CO,  $\text{NO}_2$  en benzo(a)pyreen komen in steden vooral langs drukke verkeerswegen voor. Daar treedt een combinatie op van een lage gemiddelde verkeerssnelheid of stagnerend verkeer, of bebouwing aan één of beide zijden of een hoog aandeel vrachtverkeer (Van Velze *et al.*, 2000). Niettemin worden de Nederlandse en Europese grenswaarden voor de meeste stoffen inmiddels niet of nauwelijks meer overschreden. Uitzonderingen vormen de luchtkwaliteitdoelstellingen voor fijn stof en  $\text{NO}_2$ . Het blijkt dat zowel voor  $\text{NO}_2$  als voor fijn stof meer dan één miljoen mensen in steden worden blootgesteld aan een jaargemiddelde concentratie boven de norm (jaargemiddelde Nederlandse en Europese norm voor fijn stof:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , jaargemiddelde EU-norm voor  $\text{NO}_2$ :  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hiervan worden ongeveer 750.000 mensen blootgesteld aan zowel  $\text{NO}_2$ - als van fijn stof-concentraties boven de jaargemiddelde norm (*figuur 6.4.1*). Overschrijdingen voor  $\text{NO}_2$  vinden plaats in alle steden in de Randstad. Vrijwel overal in Nederland, zowel in als buiten de steden, wordt de nog strengere EU-norm voor het daggemiddelde van de concentratie van fijn stof overschreden.

Ook op snelwegen in of vlakbij steden kan de concentratie van  $\text{NO}_2$  verhoogd zijn. De nabijheid van een stad veroorzaakt door de aanwezigheid van veel bronnen al een hoog



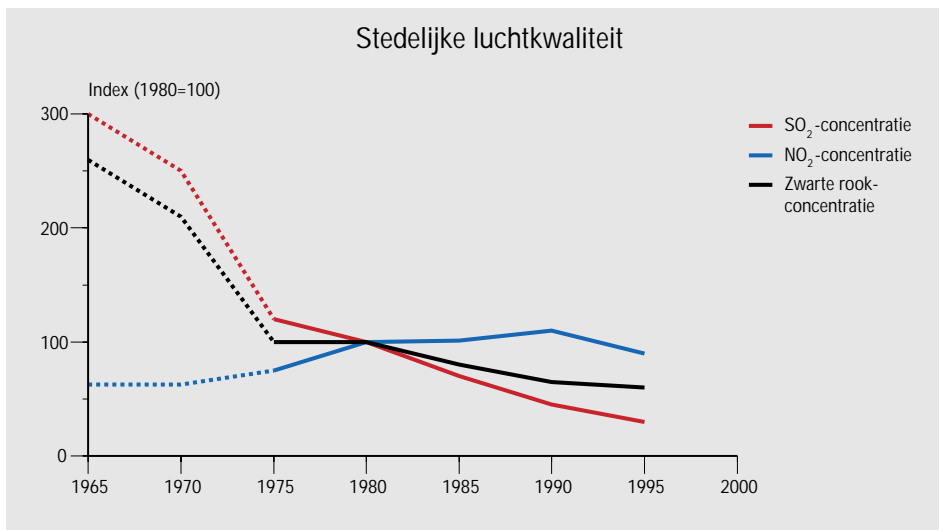
*Figuur 6.4.1 Blootstelling van de stedelijke bevolking aan concentraties boven de jaargemiddelde norm voor  $\text{NO}_2$  respectievelijk fijn stof, 1999 (Bron: RIVM).*

achtergrondniveau. De aanwezigheid van een snelweg leidt dan tot een groot gebied met normoverschrijding. Dit gebied kan zich uitstrekken van een afstand van 200 meter tot meer dan 4 kilometer van de weg.

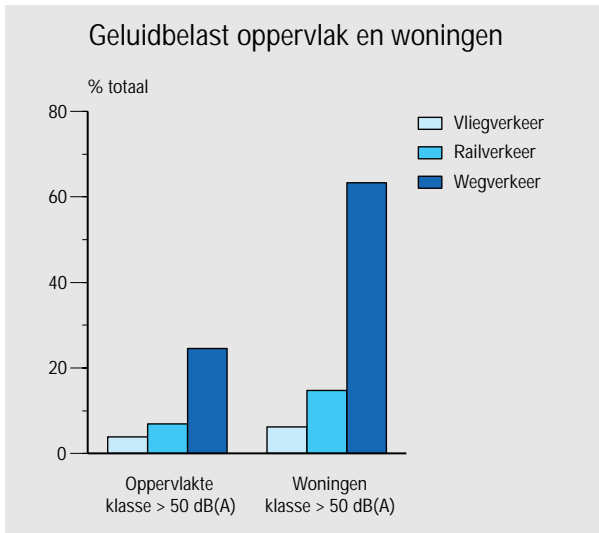
**Stedelijke luchtkwaliteit in historisch perspectief**

De stedelijke luchtkwaliteit is in de afgelopen decennia sterk verbeterd. De absolute niveaus van verschillende stoffen zijn aanzienlijk gedaald; ook de samenstelling van de luchtverontreiniging is veranderd. In het midden van de jaren '60 bestond de stedelijke luchtverontreiniging vooral uit zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) en zwarte rook. Zwarte rook is een vorm van luchtverontreiniging die destijds als representatief kon worden beschouwd voor het niveau van stofvormige luchtverontreiniging. Dit, omdat de emissie van stof vooral werd veroorzaakt door het gebruik van kolen voor de energieopwekking en voor ruimteverwarming in de huishoudens. Schaarse metingen in steden in die tijd duiden op jaargemiddelde SO<sub>2</sub>-concentraties van 150-200 µg/m<sup>3</sup> en zwarte rook-concentraties van 100 µg/m<sup>3</sup>. Perioden van verhoogde luchtverontreiniging gingen toen nog gepaard met daggemiddelde concentraties tot boven de 1.000 µg/m<sup>3</sup> voor SO<sub>2</sub> en tot 500 µg/m<sup>3</sup> voor zwarte rook. De introductie van aardgas voor energieopwekking en verwarmingsdoeleinden in de tweede helft van de jaren '60 leidde tot een aanzienlijke verbetering van de stedelijke luchtkwaliteit. De

niveaus van zwarte rook en SO<sub>2</sub> in steden daalden tussen 1965 en 1975 met een factor 2 à 3. De energiecrisis van 1973 leidde bij elektriciteitscentrales echter weer tot een verschuiving van aardgas naar kolen en olie als brandstof. Het gevolg was een tijdelijke toename van de SO<sub>2</sub>-emissies in de periode 1975-1980. Na 1980 leidde rookgasontzweving en de inzet van laagzwavelige brandstof tot een nieuwe daling van de SO<sub>2</sub>-emissies en daarmee van de SO<sub>2</sub>-niveaus; een daling die tot op heden doorgaat. Sterk verkeersgerelateerde stoffen in de stedelijke omgeving laten een verschillend beeld zien. De concentraties van koolmonoxide en lood zijn sinds 1980 geleidelijk gedaald. NO<sub>2</sub>-concentraties zijn in de periode 1965-1985 eerst toegenomen, daarna gelijk gebleven. De laatste jaren lijkt zich weer een lichte daling af te tekenen. Het in figuur 6.4.2 geschetste beeld heeft betrekking op de zogenaamde stadsachtergrond. Dit weerspiegelt het niveau in een grote stad indien er geen sprake is van directe beïnvloeding door zeer nabij gelegen bronnen (NN, 1975; Burema *et al.*, 1964; Coolen *et al.*, 1993).



Figuur 6.4.2 De stedelijke luchtkwaliteit op basis van metingen in Amsterdam, Rotterdam en Den Haag, 1965-1995. Het aantal meetgegevens vóór 1975 is gering; daarom is de lijn voor de periode 1965-1975 gestippeld weergegeven (DCMR, 2000; NN, 1991).



*Figuur 6.4.3 Percentage geluidbelast oppervlak en woningen boven 50 dB(A) voor de afzonderlijke bronnen (weg-, rail- en vliegverkeer) in 1999 (Bron: RIVM).*

### **Geluidbelasting**

Ruim een derde van het oppervlak van Nederland ondervindt een gecumuleerde geluidbelasting door weg-, rail- en vliegverkeer van meer dan 50 dB(A). Het wegverkeer heeft daarin het grootste aandeel (*figuur 6.4.3*). Binnen dit oppervlak wordt niet voldaan aan de kwaliteitsdoelen voor nieuwe woningbouw.

Van de Nederlandse woningen ondervindt ruim 70% een gecumuleerde geluidbelasting hoger dan 50 dB(A). Evenals voor het geluidbelast oppervlak (en geluidhinder, zie *paragraaf 6.5*) geldt dat het wegverkeer het grootste aandeel levert. Daarbij is het buitenstedelijke wegverkeer (de rijks- en provinciale wegen) de belangrijkste veroorzaker van het geluidbelast oppervlak boven 50 dB(A) (22%) en het binnenstedelijk wegverkeer de belangrijkste oorzaak van geluidbelaste woningen boven 50 dB(A) (37%).

### **Bodemkwaliteit**

De omvang en de mate van de bodemverontreiniging moet volgens het NMP3 vóór 2005 landdekkend in kaart worden gebracht. De vier grote steden en een aantal grotere gemeenten kunnen hiervoor vanaf 2000 gebruik maken van het Investeringsbudget Stedelijke Vernieuwing. Dit budget kan ook worden ingezet voor de intensivering van de bodemsanering. Na het proefjaar 1999 wordt met ingang van het jaar 2000 met (deels nieuwe) indicatoren systematisch door de provincies en de grote steden periodiek bepaald, en door het RIVM gerapporteerd, wat die voortgang is. Uit de in 1999 uitgevoerde pilot blijkt, dat het aantal saneringsonderzoeken en saneringen dat wordt uitgevoerd in opdracht van derden, het aantal dat uitgevoerd wordt door de overheden met bodembeleid in hun pakket, in het kader van de Wet bodembescherming (Wbb) ruim overtreft. De in het kader van de Wbb uitgevoerde saneringen zijn echter in het algemeen groter van omvang (IPO, 2000). Er bestaat nog onvoldoende inzicht in de verhouding tussen de inzet van overheidsgeld en dat van derden.



Volgens onderzoek van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten uit 1998 loopt de sanering van gemeentelijke wateren achter op de planning. Over de precieze omvang van de problematiek en over de mate van de verontreiniging bestaat daarom geen duidelijkheid; dit wordt in de komende tijd in het kader van het project Tienjarensenario Waterbodems onderzocht. Er wordt momenteel aan een subsidieregeling (ICES-geld) gewerkt ter stimulering (financiële ondersteuning) van het opstellen van gemeentelijke baggerplannen.

### **Externe veiligheid**

Het externe-veiligheidsbeleid richt zich op het verminderen en beheersen van risico's van zware ongevallen verbonden aan gebruik, transport en opslag van gevaarlijke stoffen en vliegverkeer, ter bescherming van mens en milieu tegen de effecten van die ongevallen. De overheid heeft grenzen gesteld aan de overlijdensrisico's die bedrijven mogen veroorzaken voor burgers in de omgeving. Voor bestaande situaties mag er geen bewoning zijn in het gebied waarin het individuele risico (IR) groter is dan  $10^{-5}$  per jaar, voor nieuwe situaties niet in het gebied waar het risico groter is dan  $10^{-6}$  per jaar. De norm voor het IR is bindend. Het IR is gedefinieerd als de kans per jaar dat een persoon die zich permanent op een bepaalde plaats bevindt, overlijdt als gevolg van een ongeval. Het groepsrisico (GR), een maat voor de kans op een ramp, is gedefinieerd als de kans per jaar op een ongeval met tenminste N slachtoffers. De groepsrisiconorm wordt als oriënterende waarde gehanteerd. De gemeenten en provincies kunnen hiervan afwijken. Voor stationaire installaties is de oriënterende waarde bepaald op  $10^{-5}$  per jaar voor 10 of meer slachtoffers;  $10^{-7}$  per jaar voor 100 of meer slachtoffers, enzovoort. Voor het transport van gevaarlijke stoffen is de oriënterende waarde per kilometer route of tracé  $10^{-4}$  per jaar voor 10 of meer slachtoffers;  $10^{-6}$  per jaar voor 100 slachtoffers, enzovoort. Voor luchthavens zijn aparte risiconormen vastgelegd (zie *paragraaf 6.6*).

De risico's voor de omgeving zijn bekend voor de EVR-plichtige bedrijven (AVIV, 2000) die in 1999 vielen onder het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO) uit 1992 (VROM, 1992), een aantal spoorwegemplacements en de luchthavens. In het BRZO worden twee drempelwaarden onderscheiden. Als een bedrijf de lage drempelwaarde voor een stof-categorie overschrijdt, moet het bedrijf een beleid ontwikkelen om zware ongevallen te voorkomen, de zorgplicht. Overschrijdt een bedrijf ook de hoge drempelwaarde dan moet iedere vijf jaar een extern-veiligheidsrapport (EVR) worden overlegd aan het bevoegd gezag. In een EVR moeten onder andere de risico's voor de omgeving worden gekwantificeerd. Voor de zorgplichtige bedrijven bestaat deze verplichting niet. Het aantal EVR-plichtige bedrijven in 1999 bedraagt 127. Het BRZO uit 1992 is medio 1999 vervangen door het BRZO-1999 (VROM, 1999), waardoor het aantal bedrijven dat onder het besluit valt verandert. Ook de eisen waaraan een bedrijf moet voldoen zijn aangepast. Gegevens op basis van de gewijzigde regelgeving zijn nog niet voorhanden. Het aantal spoorwegemplacements met gevaarlijke stoffen bedraagt 80. Hiervan zijn er veertien aangeduid als knelpuntemplacement; hiervan zijn de risico's wel bekend. Voor spoorwegemplacements, luchthavens en het transport bestaat geen wettelijke verplichting om inzicht te geven in de actuele risico's.

Behalve de bedrijven die vallen onder het BRZO, zijn er talloze andere bedrijven die een risico veroorzaken. Voorbeelden zijn circa 1.000 opslagplaatsen van chemicaliën en bestrijdingsmiddelen, circa 2.200 LPG-tankstations en circa 1.500 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 gevaarpotentieel wordt niet bijgehouden. Van veel van deze bedrijven is echter wel bekend dat zij ook binnen de bebouwde kom liggen.

Medio 1999 hebben 24 van de 127 bedrijven nog niet voldaan aan hun wettelijke verplichting om iedere vijf jaar het EVR te herzien. Deels is dit omdat door invoering van het BRZO-1999 deze bedrijven vóór 3 februari 2001 een nieuw veiligheidsrapport moesten indienen. Vier bedrijven hebben in 1999 voor het eerst een EVR-rapport ingediend, één bedrijf heeft een herziening van het EVR ingediend. De gebruikte risicogegevens voor de EVR-plichtige bedrijven in deze Milieubalans zijn maximaal elf jaar oud. De oriënterende waarde voor het GR wordt bij tien bedrijven overschreden.

Voor zover bekend heeft de uitbreiding van de stedelijke bebouwing in de afgelopen vijf tot tien jaar niet tot een hoger risiconiveau rond de EVR-plichtige bedrijven geleid aangezien deze bedrijven veelal op daarvoor ingerichte terreinen liggen. Dit verklaart waarom het aantal inwoners binnen bijvoorbeeld de IR-contour van  $10^{-6}$  per jaar bij EVR-plichtige bedrijven kleiner is dan bij luchthavens, ondanks het grotere ruimtebeslag (tabel 6.4.1). De veertien knelpuntemplacements liggen veelal in de steden. De risicodruk zal in de afgelopen vijf tot tien jaar eerder zijn toegenomen dan afgenomen. Omdat, zoals eerder aangegeven, van het merendeel van de niet EVR-plichtige, maar wel risicoveroorzakende bedrijven weinig specifieke gegevens bekend zijn, is voor deze groep alleen een indicatie te geven van het totale aantal en het deel dat mogelijk een bepaald risiconiveau overschrijdt (tabel 6.4.2).

Tabel 6.4.1 Het oppervlak ( $\text{km}^2$ ) en het aantal inwoners binnen de individuele risicocontouren van de EVR-plichtige bedrijven, spoorwegemplacements en luchthavens (peiljaar 1999) (Bron: RIVM).

Risicobron	Individueel Risico (per jaar)			
	$>10^{-5}$	$>10^{-6}$	$>10^{-7}$	$>10^{-8}$
<b>Ruimtebeslag (<math>\text{km}^2</math>)</b>				
EVR-plichtige bedrijven	26	83	212	489
Spoorwegemplacements <sup>1)</sup>	-	3	17	62
Luchthavens <sup>2)</sup>	4	30	138	onbekend
<b>Aantal blootgestelde personen</b>				
EVR-plichtige bedrijven	40	700	22.000	140.000
Spoorwegemplacements <sup>1)</sup>	-	3.200	38.000	160.000
Luchthavens <sup>2)</sup>	425	20.000	112.000	onbekend

<sup>1)</sup> Voornamelijk gebaseerd op analyses uitgevoerd begin jaren '90.

<sup>2)</sup> Gebaseerd op de Schiphol, situatie 1999; Maastricht-Aken, situatie 1998; Eelde en Zestienhoven (ABEL, 1998).

Tabel 6.4.2 Schatting van het aantal niet-EVR-plichtige bedrijven inclusief vuurwerkopslagplaatsen en van het aantal bedrijven waar mogelijk personen wonen binnen de IR-contour van  $10^{-6}$  per jaar.

Bedrijfstypen	Totaal aantal	Het aantal bedrijven met mogelijk personen in gebied met $IR > 10^{-6}$ per jaar
Opslagplaatsen		
met minder dan 1 ton vuurwerk <sup>1)</sup>	2	
met 1-10 ton vuurwerk	136	de meeste
met 10-100 ton vuurwerk	54	27
met meer dan 100 ton vuurwerk	25	10
CPR-15 bedrijven	1.000	14
NH <sub>3</sub> -koelinstallaties	1.500	250
LPG-tankstations	2.200	1.500

<sup>1)</sup> Vuurwerkopslagplaatsen met een vergunning voor een bepaalde hoeveelheid opslag.

De ontwikkeling van de externe veiligheid, en in het bijzonder die van het groepsrisico, is niet alleen afhankelijk van de veiligheid van de activiteit op zich. De ontwikkeling van de gebouwde omgeving is evenzeer bepalend. De kwetsbaarheid van de omgeving bepaalt of een ongeluk een ramp wordt. Het besef van het belang van deze factor verhoogt in het algemeen, wanneer zich recent geen ongevallen hebben voorgedaan. Na industriële rampen zoals ook in Enschede wordt dan ook vaak de vraag gesteld hoe het mogelijk is dat woonbebouwing tot zo dicht bij een gevaarlijke activiteit heeft kunnen oprukken of hoe het mogelijk is dat een gevaarlijke activiteit zo dicht bij de woonbebouwing is gevestigd. Ook in het geval van de vuurwerkcramp in Enschede (mei 2000) is gebleken dat of richtlijnen ontbreken of dat het volgen van richtlijnen of (niet-bindende) adviezen, als van de Commissie Preventie van Rampen (CPR-7), in een snel bebouwd rakend land niet eenvoudig is. Zo houdt men om praktische redenen geen rekening met een mogelijke ramp met het transport van gevaarlijke stoffen op meer dan 200 meter van een transportas. In de relatief gevaarlijke zone tussen de IR-contouren van  $10^{-5}$  en  $10^{-6}$  per jaar wordt het bouwen van kantoren en winkelcentra, waar zich grote aantallen mensen kunnen bevinden, toegelaten. Verder wordt het voeren van een groepsrisicobeleid om de gevolgen van een eventueel ongeval zoveel mogelijk te beperken, alleen overwogen. Hierdoor zal naarmate de bebouwing in Nederland dichter wordt, het steeds vaker voorkomen dat ongelukken ook ernstige gevolgen hebben.

### Elektromagnetische velden

De explosieve groei van toepassingen van elektromagnetische (EM-)velden, zoals in mobiele telefonie, radio en TV, heeft geleid tot bezorgdheid over de eventuele gezondheidsrisico's ervan. Tal van factoren versterken deze gevoelens van onrust: 1) tegenstrijdige resultaten van wetenschappelijk onderzoek, 2) de gebrekkige informatievoorziening over en controle op de introductie van toepassingen zoals de mobiele telefonie, 3) de ongegronde associatie met ioniserende stra-

ling en radioactiviteit en 4) het feit dat EM-velden apparaten kunnen storen zonder evenwel zinnig waarneembaar te zijn. Daarnaast worden hoogspannings- en zendmasten als horizonvervuilend gekwalificeerd.

Extreem-laagfrequente EM-velden (ELF) van 50 Hz worden onder andere opgewekt bij transport en distributie van elektriciteit en bij gebruik van elektrische apparaten. Het directe effect van

blootstelling aan deze velden is de opwekking van elektrische stroompjes in het lichaam. De blootstellingslimieten zijn uitsluitend gebaseerd op korte-termijneffecten en beogen het optreden van onder meer hartritme stoornissen te voorkomen (Gezondheidsraad, 2000). Uit bevolkingsonderzoek blijkt een zwakke doch redelijk consistente associatie tussen blootstelling aan ELF-velden van 50 Hz en het optreden van leukemie bij kinderen. Een oorzakelijk verband kon echter niet worden vastgesteld. Indien deze associatie ook in Nederland aanwezig zou zijn, zou minder dan een half procent van de jaarlijks circa 110 nieuwe gevallen van leukemie bij kinderen hiermee verklaard kunnen worden. De Gezondheidsraad ziet echter geen reden om het wonen in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningslijnen middels maatregelen te beperken.

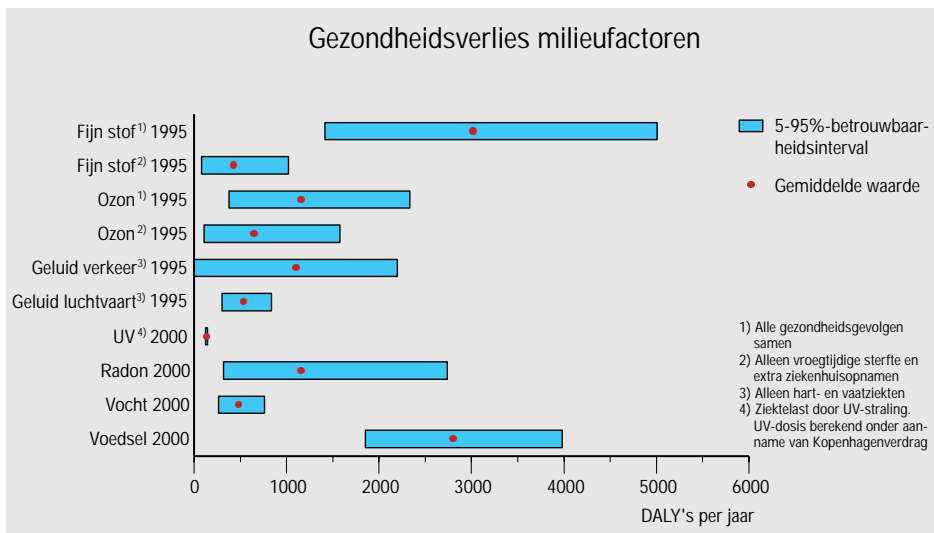
Radiofrequente EM-velden (RF, 300 Hz tot 300 GHz) of radiogolven komen voor rond mobiele telefoons en de bijbehorende basisstations, TV- en radiozendmasten, radarinstallaties en in magnetrons. Alleen bij langdurige blootstelling, dicht bij de bron en bij voldoende hoge sterkte van de velden kan een verhoging van de lichaamstemperatuur optreden. Specifieke effecten zoals slapeloosheid, hoofdpijn, geheugenverlies of gedragsstoornissen, die met blootstelling aan RF-velden

worden geassocieerd, zijn nog niet ondubbelzinnig aangetoond. De onderzoeken naar lange-termijneffecten zoals het ontstaan van hersentumoren bij gebruik van mobiele telefoons, zijn nog te beperkt om definitieve conclusies te kunnen trekken. De Amerikaanse Food and Drugs Administration benadrukt dat er op dit ogenblik geen bewijs is dat mobiele telefoons schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid en dat er geen reden is het gebruik ervan te ontraden. Gelet op de beperkt aanwezige kennis heeft de Engelse Independent Expert Group on Mobile Phones recent aanbevolen uit te gaan van een voorzorgprincipe totdat meer solide kennis over eventuele gezondheidseffecten bekend is. In overeenstemming hiermee is zij van mening dat onnodig gebruik van telefoons door kinderen ontmoedigd zou moeten worden. De Nederlandse overheid werkt momenteel aan een nationaal antennebeleid met als centrale doelstelling 'om binnen duidelijke kaders van volksgezondheid en leefmilieu voldoende ruimte voor antenne-opstelpunten te stimuleren en te faciliteren'. In de uitwerking van deze doelstelling wordt onder andere onderzocht in hoeverre er aanleiding is voor een wettelijke normering van de (aanbevolen) blootstellingslimieten voor EM-velden. In het kader daarvan inventariseert RIVM de bronnen van en de blootstelling aan EM-velden.

## 6.5 De relatie tussen milieu en gezondheidstoestand

Dankzij een goed beheer van omgevingsfactoren (bijvoorbeeld centrale drinkwatervoorziening, riolering), preventieve activiteiten (zoals vaccinaties), milieuregelgeving ter bescherming van de gezondheid (bijvoorbeeld via norm- en doelstellingen en het risicobeleid) en de toegenomen welvaart is de levensverwachting van de inwoners van Nederland hoog. In het huidige tijdsgewricht ligt het accent in Nederland wat betreft de volksgezondheid daarom steeds meer op het verbeteren van de kwaliteit van leven en minder op het verhogen van de levensverwachting. Hetzelfde geldt voor het domein van volksgezondheid en milieu. Bij de relatie gezondheid en milieu denken we nu vooral aan de verergering van bestaande aandoeningen (zoals astma, chronische bronchitis, hart- en vaatziekten bijvoorbeeld door luchtverontreiniging), hinder, slaapverstoring (in relatie tot geluid) en gevoelens van onveiligheid en vervreemding, zich ongezond voelen, gestrest of bezorgd zijn (bijvoorbeeld de onrust rondom voedselveiligheid).

De gezondheidstoestand wordt bepaald door vele factoren waar milieuverontreiniging er één van is. Het effect van de afzonderlijke factoren op de vaak kleine risico's is hierbij moeilijk te ontrafelen. Waarschijnlijk hebben leefstijlfactoren zoals roken of alcoholgebruik een grotere invloed op de gezondheid dan milieuverontreiniging. Op basis van



Figuur 6.5.1 Jaarlijks gezondheidsverlies door enkele milieufactoren.

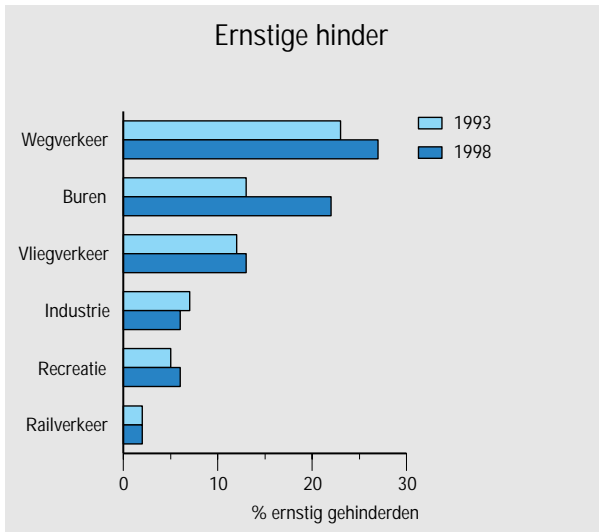
de huidige kennis over de gezondheidsrisico's van milieuverontreiniging wordt geschat dat de aan het fysieke milieu toe te schrijven gezondheidsverlies ongeveer 2-5% bedraagt van de totale ziektebelasting in Nederland. Luchtverontreiniging (paragraaf 4.5.2), geluid (paragraaf 6.5.1) en binnenmilieu (paragraaf 6.5.2) dragen hier relatief sterk aan bij (figuur 6.5.1) (RIVM, op basis van De Hollander *et al.*, 1999). Ongeveer 1% van de totale sterfte en spoedopnamen in het ziekenhuis voor luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten kan worden toegeschreven aan de heersende niveaus van luchtverontreiniging door fijn stof of ozon.

**DALY's**

Omdat de aard en gezondheidskundige ernst van de gezondheidseffecten van milieufactoren nogal uiteenlopen, is het gezondheidsverlies onder één noemer gebracht: 'gezondheid-gewogen jaren' (oorspronkelijk: 'disability adjusted life years': DALY's). In deze maat zijn drie belangrijke aspecten van de volksgezondheid verdisconteerd, te

weten 'kwantiteit' (levensduur) en 'kwaliteit' van leven, en het aantal personen dat een effect ondervindt. Het gezondheidsverlies wordt gemeten in tijd: het verlies aan levensduur door vroegtijdige sterfte gecombineerd met tijd doorgebracht in verminderde gezondheid, gestandaardiseerd naar de ernst hiervan.

Voor de meeste milieufactoren zijn normen opgesteld op stoffenniveau; vaak is niet duidelijk of gezondheidseffecten zoals hierboven genoemd daarmee afdoende worden voorkomen, omdat de vertaalslag naar gezondheid niet altijd direct te maken valt. Ook bij het voldoen aan de normen kunnen nog gezondheidsrisico's bestaan (bijvoorbeeld voor gevoelige groepen), anderzijds leidt normoverschrijding niet altijd tot (aantoonbare) effecten op de gezondheid.



*Figuur 6.5.2 Ernstige hinder door verschillende bronnen in 1993 en 1998 (Bron: TNO).*

## 6.5.1 Gezondheidseffecten van geluid en geur

Voor geluid bestaan naast normen ten aanzien van de milieukwaliteit (geluidbelasting) ook normen ten aanzien van één van de belangrijkste effecten: (ernstige) geluidhinder. De beleidsdoelstelling voor 2000 is stabilisatie van het percentage gehinderden op het niveau van 1985: geluid van weg-, rail- en vliegverkeer en industrie mag niet meer dan 40% gehinderden in de Nederlandse bevolking veroorzaken. In 2010 mag geen sprake meer zijn van ernstige hinder. Momenteel herzielt VROM het geluidbeleid (waaronder de doelstelling voor ernstige hinder).

Sinds 1990 is het percentage gehinderden door lawaai van weg-, vlieg- en railverkeer en industrie gedaald van 50 naar 41% in 1999, ongeveer 28% van de bevolking ondervindt hinder van wegverkeer, 18% van vliegverkeer, 6% van railverkeer en 4% van industrie. De doelstelling voor 2000 voor geluidhinder zal bij benadering worden gehaald. Ernstige hinder<sup>2</sup> door geluid is sinds 1993 voor een aantal bronnen toegenomen (figuur 6.5.2).

Geluidhinder hangt niet alleen samen met de blootstelling aan geluid, maar ook met omgevings-, en individuele factoren zoals de gevoeligheid voor geluid en angst voor de geluidbron. Een verandering in geluidbelasting betekent daarom niet automatisch een overeenkomstige verandering in hinder. Het effect van beleid is daarom moeilijk aan te geven.

<sup>2</sup> Hinder is in deze paragraaf gedefinieerd als het vaak of soms last hebben van lawaai of stank, zoals gevraagd in de enquêtes van het Doorlopend Leefsituatie Onderzoek (CBS). Ernstige hinder is gedefinieerd als de mate van hinder zoals gevraagd in de periodieke hinderenquêtes van TNO (1977, 1987, 1993 en 1998).

Hinder en slaapverstoring treden op bij blootstelling aan geluid in de woonomgeving vanaf ongeveer 40 dB(A). Blootstelling aan geluid kan ook leiden tot fysiologische reacties (verandering van de bloeddruk, hart- en vaatziekten). Er bestaan aanwijzingen dat ook aantasting van het hormoon- en immuunsysteem, psychische stoornissen en beïnvloeding van het prestatievermogen samenhangen met geluid. Voor deze laatste effecten wordt wetenschappelijk bewijs (nog) onvoldoende geacht (Gezondheidsraad, 1999).

Naast de beleidsdoelstelling voor hinder door geluid bestaat er een doelstelling voor hinder door geur. Deze luidt dat in 2000 niet meer dan 12% van de Nederlandse bevolking geurhinder van wegverkeer en industrie mag ondervinden. Daarnaast mag in 2010 geen ernstige geurhinder meer voorkomen. Vanaf 1990 is een daling zichtbaar van het percentage geurgehinderden door wegverkeer en industrie, van 24% in 1990 tot ruim 16% in 1999; waarvan bijna 10% veroorzaakt door industrie en 7% door wegverkeer.

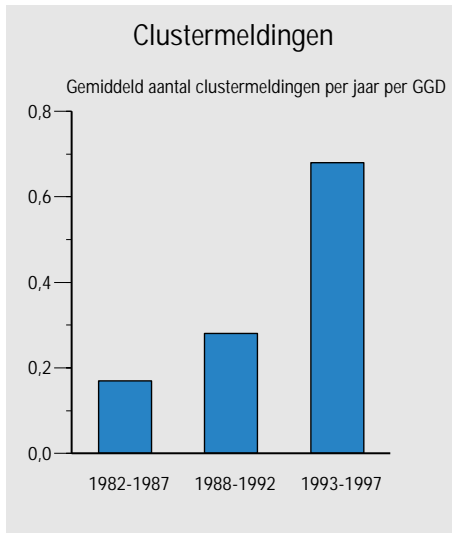
## 6.5.2 Gezondheid in relatie tot het binnenmilieu

Bij GGD-en worden meer klachten gemeld over het binnen- dan over het buitenmilieu. De gemiddelde Nederlander bevindt zich 80% van zijn leven binnenshuis. Luchtweklachten zijn -voornamelijk bij kinderen- geassocieerd met het wonen in vochtige huizen. De kans op astmaklachten bij kinderen in vochtige woningen neemt met een factor 1,5 tot 3,5 toe. Bij volwassenen is de toename een factor 1,5 à 2. Dit is waarschijnlijk te wijten aan een toename van biologische allergenen afkomstig van schimmels en huisstofmijt. Het aantal woningen met ernstige vochtproblemen is sinds de jaren '70 overigens flink afgenomen.

Ook radon, dat vrijkomt uit bouwmaterialen en bodem, levert een bijdrage aan gezondheidsrisico's binnenshuis. Blootstelling aan radon verklaart 5-10% van het jaarlijks aantal gevallen van longkanker (Gezondheidsraad, 2000; RIVM, 1997). Passief roken is eveneens een belangrijke bron van blootstelling aan schadelijke stoffen binnenshuis. De blootstelling aan al deze stoffen is in belangrijke mate afhankelijk van de ventilatie van de woning. Het huidige energiezuinig bouwen kan een negatief effect hebben op de kwaliteit van de binnenlucht. Of dit daadwerkelijk het geval is, hangt onder andere af van de wijze waarop de bewoners omgaan met ventilatievoorzieningen (Van Veen *et al.*, 2000).

## 6.5.3 Bezorgdheid over de relatie milieu en gezondheid

Bezorgdheid over de relatie tussen de milieukwaliteit en de gezondheid kan worden gezien als een determinant van leefbaarheid. Indicatief voor deze bezorgdheid zijn onder meer signalen uit de bevolking over het verhoogd voorkomen van een bepaalde ziekte of sterfte (ziekteclusters), hetgeen vaak wordt toegeschreven aan milieuverontreiniging. Uit de laatste inventarisatie (over de periode 1993-1997) bleek het aantal clustermeldingen bij GGD-en te zijn toegenomen tot gemiddeld 24 per jaar (0,7 per GGD per jaar) (figuur 6.5.3).



*Figuur 6.5.3 Gemiddeld aantal clustermeldingen per jaar per GGD, 1982-1997 (Bron: RIVM).*

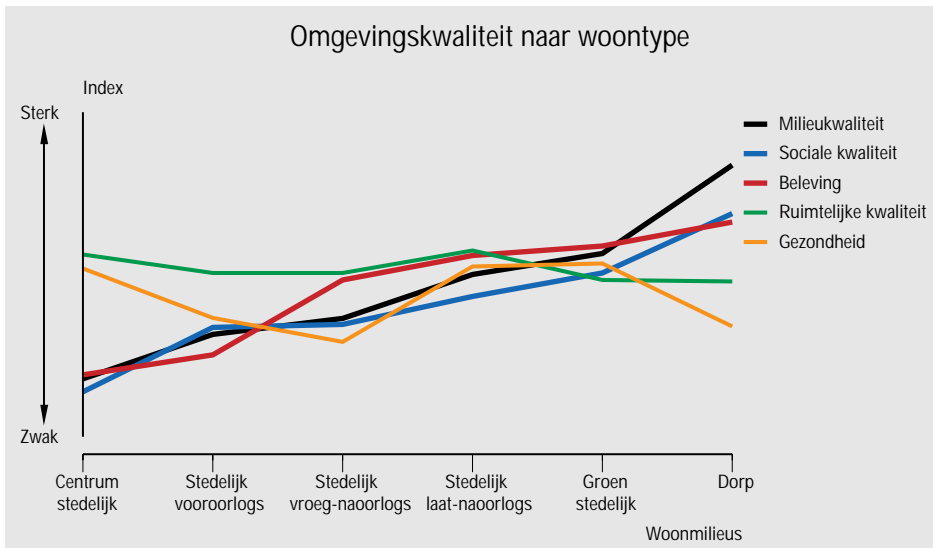
Uit deze laatste inventarisatie bleek verder dat geen van de meldingen kon worden bevestigd. Deels omdat er geen verhoogd aantal ziekte- of sterfgevallen was, deels omdat de gemelde ziekte- en/of sterfgevallen niet in verband konden worden gebracht met de vermoedelijke verontreiniging en deels omdat er onvoldoende gegevens beschikbaar waren om het signaal te bevestigen of te weerleggen. De toename van het aantal meldingen geeft aan dat de bezorgdheid rondom de relatie milieu en gezondheid steeds vaker kenbaar wordt gemaakt (Van Poll & Drijver, 1999). Risicocommunicatie kan deze bezorgdheid in een juister perspectief plaatsen.

### ***Risicobeleving en -communicatie***

Bij risicocommunicatie moet rekening worden gehouden met het feit dat risicobeleving niet alleen wordt bepaald door het berekende risico. Andere aspecten zoals lage controleerbaarheid, lage vrijwilligheid, weinig vertrouwen in de overheid en weinig openheid van autoriteiten spelen hierin een rol. Zo vindt blootstelling aan milieufactoren vrijwel nooit vrijwillig plaats (in tegenstelling tot roken, wat juist een groot gezondheidsrisico is), direct voordeel heeft men vaak niet en men kan meestal zelf geen controle uitoefenen over de situatie. Ook onbekende en mogelijk nieuwe risico's (zendmasten, hormoonontregelende stoffen, genetisch gemanipuleerde organismen) worden over het algemeen terecht minder snel geaccepteerd.

Risicocommunicatie dient in een vroeg stadium plaats te vinden; een periode van stilte voorafgaand aan communicatie over een risico of het alarmslaan, wordt snel verdacht gevonden en vergroot de beleving van het risico (Fisschoff, 1995). Dit was bijvoorbeeld het geval bij de recente affaire met Belgische 'dioxinekippen'; dit ging niet zozeer om een crisis met betrekking tot voedselveiligheid, maar vooral om een voorlichtingscrisis (Berenschot, 1999). Er was (te) lang onzekerheid over welk ministerie verantwoordelijk is voor de informatieverstrekking evenals onduidelijkheid over de gezondheidsrisico's





Figuur 6.5.4 Aspecten van de omgevingskwaliteit naar zes woontypen in 1999 (Bron: RIVM).

en te nemen maatregelen. Naar aanleiding van onder meer deze affaire heeft het kabinet inmiddels besloten tot een programma voor voedselvoorlichting, één centrale organisatie voor de melding van mogelijke voedselonveiligheid en een jaarlijkse rapportage over de voedselveiligheid in Nederland aan de Tweede Kamer.

De recente crises rondom voedselveiligheid en de zorg om bijvoorbeeld genetisch gemodificeerde organismen illustreren de noodzaak van de opzet en continuering van monitoringssystemen voor handhaving en controle. Daarnaast is er duidelijk behoefte aan open communicatie over voedselveiligheid met alle betrokkenen (producenten, consumentenvertegenwoordigers en overheden).

**Omgevingskwaliteit en de beleving daarvan**

De publieke belangstelling voor de kwaliteit van de leefomgeving, is op dit moment groot en ook in het overheidsbeleid krijgt de kwaliteit van de leefomgeving een steeds centralere plaats (Leidemeijer & Marsman, 1999). De begrippen leefomgevingskwaliteit, leefbaarheid en leefkwaliteit zijn evenwel nog niet uitgekristalliseerd.

Inmiddels bestaat wel enig inzicht in belangrijke factoren die een rol spelen. Uit onderzoek in de afgelopen vijf jaar (van Poll, 1997; Woudenberg & Elsmann, 2000; gemeente Rotterdam, 1999) komen kenmerken van de woning, netheid van de buurt, veiligheid, kwaliteit van de lucht en omgevingsgeluid naar voren als belangrijke indicatoren van ervaren omgevingskwaliteit. Tevredenheid met de woonomgeving blijkt voornamelijk samen te hangen met de kwaliteit van de woning, con-

tacten met burens (sociale kwaliteit), het uitzicht, netheid en sociale (on)veiligheid. Medebepalend zijn ruimte, groen en rust. Het belang van overige milieuaspecten voor deze tevredenheid lijkt af te hangen van de lokale situatie. Opvallend is dat bereikbaarheid van voorzieningen en luchtkwaliteit geen prominente plaats innemen.

Inzicht in de relatie tussen verschillende domeinen zoals de fysieke en sociale omgeving, de lokale milieukwaliteit, de beleving van woning en buurt, en de gezondheidstoestand kan aangeven in welk soort woonomgevingen problemen zich opstapelen. Uit gegevens van vier voorbeeldsteden blijkt dat stapeling van problemen op sociaal, fysiek, milieu, gezondheids- en belevingsvlak vooral optreedt in de oudere stadswijken (figuur 6.5.4). Het betreft het centrum stede-

DE MIENS IN DE STEDELIJKE LEEFOMGEVING

lijk gebied, de vooroorlogse en de vroeg-naoorlogse woonwijken met meergezinswoningen en een dichte bebouwing. In de steden woont ongeveer de helft van de bevolking in een dergelijke wijk. De groenstedelijke en dorpse wijken scoren

op alle domeinen gunstig. Een uitzondering hierop is de sociale veiligheid, die ook in de groenstedelijke gebieden en in de dorpen ongunstig scoort. De milieukwaliteit (geluid en  $\text{NO}_2$ ) is duidelijk het slechtst in het centrum stedelijk gebied.

## 6.6 Mainports: regio Amsterdam en regio Rotterdam

### 6.6.1 Inleiding

De regio Amsterdam en de regio Rotterdam zijn voorbeelden van gebieden waar de kwaliteit van de leefomgeving onder druk staat door economische activiteiten. De regio Rotterdam is een gebied met een oppervlakte van zo'n 800 km<sup>2</sup>, waar circa 1,2 miljoen mensen wonen. In dit gebied bevinden zich grote havens en industriegebieden (onder andere grootschalige (petro)chemische industrie). Er zijn veel op- en overslagbedrijven gevestigd en veel transportactiviteiten vinden hier hun begin- of eindpunt. In deze regio bevindt zich ook de luchthaven Zestienhoven. Het gebied wordt doorsneden door een aantal drukke snelwegen.

De regio Amsterdam strekt zich uit over circa 900 km<sup>2</sup> waarin circa 1,4 miljoen mensen wonen. Rondom de luchthaven Schiphol zijn transportbedrijven gevestigd die zich richten op in omvang kleiner en specialistisch transport. Personenvervoer speelt een belangrijke rol. Ook in en rond dit gebied bevinden zich een aantal drukke snelwegen. Industrie bevindt zich langs het Noordzeekanaal en in IJmuiden.

Er is momenteel nog veel onzekerheid en discussie over het economisch en maatschappelijk belang van een verdere groei en uitbouw van de mainports Rijnmond en Schiphol.

Voor de vergelijking is hier gekozen voor de regio's rond Rotterdam en Amsterdam. Een vergelijking tussen beide gebieden in termen van milieudruk en milieukwaliteit is maar beperkt mogelijk, mede door het verschil in de aard van de activiteiten en door verschil in type en beschikbaarheid van gegevens. In de regio Rotterdam gaat het om een groot aantal, diverse bronnen die met name lokaal tot overlast leiden. In de regio Amsterdam reikt de invloedssfeer van Schiphol verder dan alleen de directe omgeving. Voor een aantal deelaspecten die invloed uitoefenen op de directe leefomgeving (luchtkwaliteit, geluidsbelasting en externe veiligheid) is vervolgens aangegeven hoe de beide gebieden zich verhouden (zie *tabel 6.6.1*).

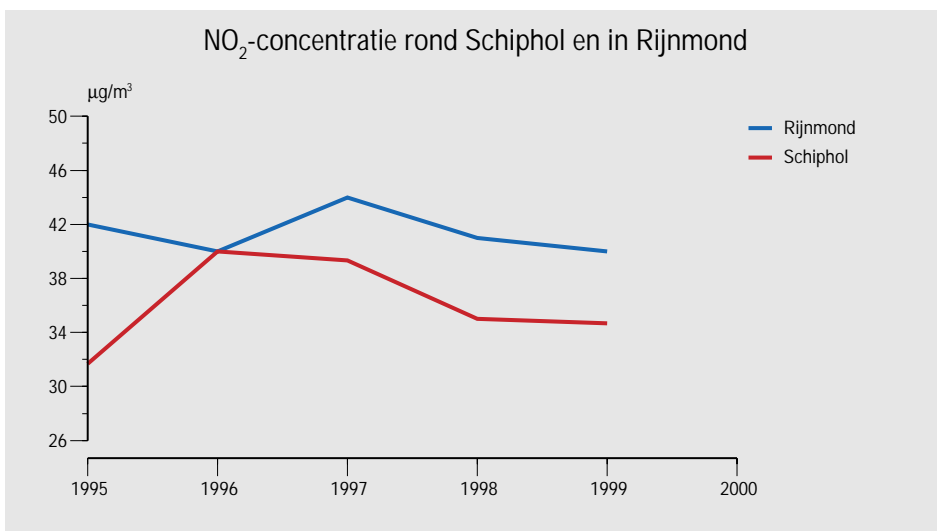
### 6.6.2 Luchtverontreiniging

In de regio Rotterdam zijn emissies naar lucht van vrijwel alle milieurelevante stoffen (onder andere  $\text{SO}_2$ , stof, zware metalen, koolwaterstoffen) de afgelopen tien jaar fors gedaald. De milieudruk door het wegverkeer is, zoals in het algemeen in het stedelijk

gebied, hoog. Ondanks de toename van het aantal afgelegde kilometers daalt echter de uitstoot van  $\text{NO}_x$ , koolwaterstoffen en stof. De luchtkwaliteit is op onderdelen verbeterd: piek- en jaargemiddelde concentraties van  $\text{NO}_2$  en  $\text{SO}_2$  zijn de afgelopen tien jaar gedaald. De concentraties van benzeen en fijn stof zijn echter niet gedaald.

Uit modelberekeningen blijkt dat de luchtkwaliteit in de regio Amsterdam sinds het referentiejaar 1990 niet veranderd is. Dit wordt bevestigd door metingen van onder andere  $\text{NO}_2$ , CO, fijn stof en ozon die sinds 1994 door de provincie Noord-Holland nabij Schiphol worden uitgevoerd (figuur 6.6.1). De gemeten concentraties komen overeen met het stedelijke achtergrondniveau van de regio Amsterdam. De modelberekeningen laten zien dat de luchtkwaliteit rond Schiphol grotendeels bepaald wordt door bronnen buiten het Schipholgebied. De bijdrage van lokale bronnen (onder andere wegen en vliegverkeer) is het hoogst voor  $\text{NO}_2$ . De bijdragen van het wegverkeer aan de plaatselijke luchtkwaliteit zijn veelal hoger (tot 14%) dan die van het vliegverkeer (afhankelijk van de stof, maximaal 2-3%). De afgelopen tien jaar is de bijdrage van het vliegverkeer toegenomen en die van het wegverkeer afgenomen; voor beide geldt dat het effect van schonere motoren wordt tegengewerkt door volumegroei.

In grote delen van de regio Rotterdam en op verkeersdrukke punten in de regio Amsterdam zal overschrijding van de jaargemiddelde EU-norm voor  $\text{NO}_2$  van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voorkomen. De concentraties van  $\text{SO}_2$  en benzeen liggen in beide gebieden onder de normen, maar zijn wel hoger dan het landelijk gemiddelde, de concentratie van benzo(a)pyreen is alleen in Rijnmond verhoogd. De concentraties van fijn stof zijn in beide gebieden ongeveer gelijk aan het landelijk gemiddelde, en liggen rond de jaargemiddelde norm van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (tabel 6.6.1).



Figuur 6.6.1 Jaargemiddelde concentraties van  $\text{NO}_2$  rond Schiphol en in Rijnmond, 1995-1999.

Tabel 6.6.1 Milieukwaliteitsindicatoren voor de regio's Amsterdam en Rotterdam (Bron: RIVM).

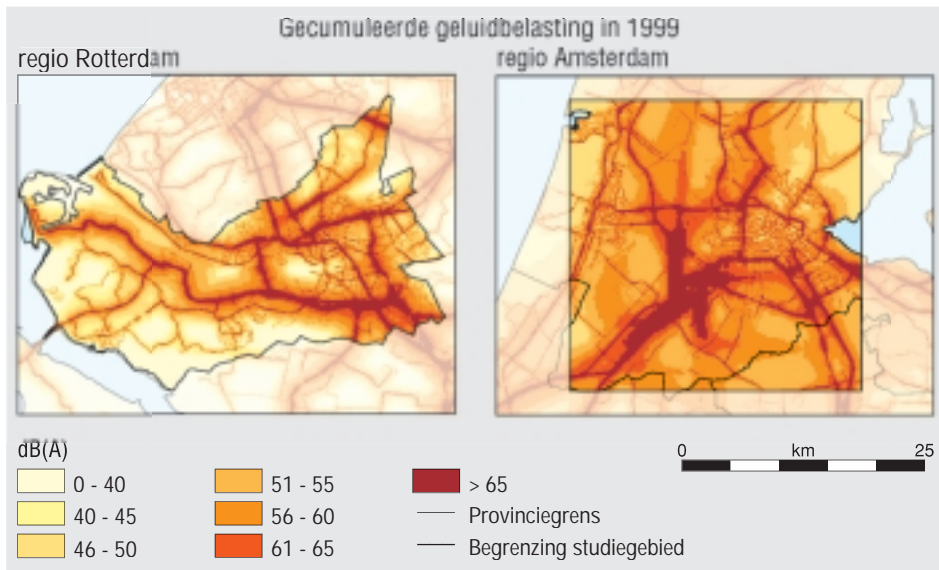
	regio Amsterdam	regio Rotterdam	Nederland
<b>Luchtkwaliteit, <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>			
NO <sub>2</sub> , jaargemiddelde	34 ± 10	36 ± 10	21 ± 10
Benzeen, jaargemiddelde	1,5	3,0	0,8
Fijn stof, jaargemiddelde	38 ± 2	41 ± 4	39 ± 5
Benzo(a)pyreen, jaargemiddelde	0,0001	0,0003	0,0001
SO <sub>2</sub> , jaargemiddelde	5 ± 2	8 ± 3	4 ± 2
<b>Geluidsbelasting<sup>1)</sup></b>			
% woningen met een gecumuleerde geluidsbelasting >50 dB(A) (en >65 dB(A))	97 (7)	84 (7)	77 (4)
% woningen met een geluidsbelasting >50 dB(A) (en >65 dB(A)) per bron:			
wegverkeer	73 (4)	73 (5)	61 (2)
railverkeer	15 (1)	21 (2)	14 (1)
luchtvaart	44 (<1)	2 (0)	6 (0)
industrie	4 (0)	10 (0)	niet bekend
scheepvaart	<1 (0)	21 (1)	niet bekend
% oppervlak met een gecumuleerde geluidsbelasting >50 dB(A)	91	60	32
% oppervlak met een geluidsbelasting >50 dB(A) per bron:			
wegverkeer	54	52	25
railverkeer	19	4	7
luchtvaart	71	22	4
Geluidsbelasting, gemiddeld, in dB(A)	61	62	58

<sup>1)</sup> Voor het gebied als aangegeven in figuur 6.6.2.

### 6.6.3 Geluid

In zowel de regio Rotterdam als de regio Amsterdam is het percentage woningen met een geluidbelasting > 50 dB(A) respectievelijk circa 10% en bijna 30% hoger dan in de rest van Nederland. Het percentage woningen met een geluidbelasting boven de grenswaarde voor wegverkeer van 65 dB(A) is bijna het dubbele (7%) van het landelijk gemiddelde. In beide gebieden is het wegverkeer hiervan de voornaamste bron. In de regio Rotterdam zijn het railverkeer, de scheepvaart en de industrie er elk voor verantwoordelijk dat 10 à 20% van de woningen belast wordt met 50 dB(A) of meer. De luchtvaart van en naar Zestienhoven neemt 2% voor zijn rekening. In de regio Amsterdam ondervindt ruim 40% van de woningen een geluidbelasting > 50 dB(A) als gevolg van de luchtvaart.

Doordat in de regio Amsterdam zowel het wegverkeer als de luchtvaart een belangrijke bijdrage leveren, is het percentage woningen met een geluidbelasting > 50 dB(A) 10 tot 20% hoger dan in de regio Rotterdam. Dit geldt nog sterker voor het oppervlak met een geluidbelasting > 50 dB(A). Vrijwel overal in de regio Amsterdam is de geluidbelasting hoger dan 50 dB(A), terwijl in de regio Rotterdam 40% van het oppervlak een geluidbelasting heeft lager dan 50 dB(A). Voor Nederland geldt dat voor 70% van het landoppervlak de geluidbelasting onder de 50 dB(A) ligt.



Figuur 6.6.2 Gecumuleerde geluidbelasting door weg- en railverkeer en luchtvaart voor Rijnmond en rond Schiphol in 1999 (Bron: RIVM).

Wat dit betekent voor de ervaren hinder is moeilijk aan te geven; niet alle bronnen worden bij dezelfde geluidbelasting als even hinderlijk ervaren. Zo wordt het geluid van de luchtvaart als hinderlijker ervaren dan het geluid van wegverkeer en industrie. Het geluid van railverkeer en scheepvaart wordt als minder hinderlijk ervaren dan het geluid van wegverkeer.

De afname in geluidbelasting die sinds 1995 rond Schiphol optrad, is in 1999 tot stilstand gekomen. Het aantal huizen met een totale geluidbelasting van 35 Ke of meer nam ten opzichte van 1998 toe met circa 200 en bedraagt ruim 12.000. Het aantal huizen met een nachtelijke geluidbelasting van 26 dB(A) steeg met ruim 500 tot ruim 4.700. In de ruimere omgeving -buiten de zones- nam de geluidbelasting wel verder af. Het aantal huizen met een geluidbelasting van 20 Ke of meer daalde met bijna 10% tot 110.000. De toename in de geluidbelasting in de directere omgeving van de luchthaven kan worden verklaard door het grotere aantal bewegingen en met name het grotere aandeel nachtvluchten daarin. Deze toename in de aantallen werd -in tegenstelling tot voorgaande jaren- niet gecompenseerd door een afname van het aandeel lawaaiige (hoofdstuk 2) vliegtuigen. De vloot bestaat nog maar voor slechts 0,6% uit deze vliegtuigen. Een gunstig effect op de geluidbelasting door de totale uitfasering van de hoofdstuk 2 vliegtuigen per 2002 is dan ook nog maar in zeer geringe mate te verwachten.

Het aantal overschrijdingen van de wettelijke geluidszones nam in 1999 af ten opzichte van 1998. De Ke-zone die is bedoeld om een grens te stellen aan de totale geluidoverlast, werd op 11 locaties overschreden (14 in 1998); de LAeq-zone voor de nachtelijke geluidoverlast werd op 12 locaties overschreden (33 in 1998). De tegengestelde bewegingen in

geluidbelasting en overschrijding van geluidzones tonen andermaal aan dat de huidige handhaving op zone-overschrijdingen geen effectieve bescherming biedt aan de omgeving.

Voor de ontwikkeling van de geluidbelasting rond Schiphol zal daarom worden overgegaan op een nieuwe methodiek (zie tekstbox *Nieuwe geluidsnormen voor de luchtvaart*). De formele beoordeling is tot nu toe gebaseerd op de zogenaamde Ke-systematiek met zogenaamde ‘afkap’. De nieuwe Lden-systematiek is echter een betere maat voor de werkelijke geluidbelasting, vooral op grote afstand van het vliegveld. De ontwikkeling van de geluidbelasting rond Schiphol is tegen deze achtergrond zowel uitgedrukt in de huidige (formele) Ke- als in de Lden-systematiek (zie *figuur 6.6.4* en *6.6.5*). Dit leidt tot de volgende conclusies:

- Ten opzichte van 1990 is de geluidbelasting nabij Schiphol met bijna 10% afgenomen volgens de formele Ke-systematiek (met afkap). Volgens de meer bij de werkelijke geluidbelasting aansluitende Lden-systematiek is de belasting afgenomen met bijna 20%.
- Op grotere afstand van de luchthaven is daarentegen de geluidbelasting in 1999 ten opzichte van 1990 volgens de formele Ke-systematiek met circa 80% afgenomen maar in termen van de meer realistische Lden-waarden afgenomen met 50%.

## 6.6.4 Externe veiligheid

In de regio Rotterdam zijn verhoudingsgewijs veel (petro)chemische bedrijven gevestigd die een potentieel veiligheidsrisico opleveren voor de omgeving. De kans op een ernstig ongeval rondom bedrijven wordt bepaald door de hoeveelheid gevaarlijke stoffen of activiteiten, de veiligheid van de gebruikte systemen en de kwetsbaarheid van de omgeving, in het bijzonder de afstand tot de bedrijven. Ook vindt er veel transport van gevaarlijke stoffen plaats. Het gaat om 53 EVR-plichtige bedrijven, zes spoorwegemplacementen en de luchthaven Zestienhoven.

In de regio Amsterdam bevinden zich slechts enkele EVR-plichtige bedrijven en wordt de externe veiligheid vooral bepaald door de omvang van het vliegverkeer, de veiligheid van de toestellen en de verdeling van de bevolking over de ruimte rondom de luchthaven Schiphol in relatie tot de gevlogene routes.

In de regio Rotterdam en de regio Amsterdam worden de externe veiligheidsrisico's vooral bepaald door vliegverkeer. De chemische bedrijven in de regio Rotterdam dragen verhoudingsgewijs weinig bij aan de individuele risico's. Voor het groepsrisico ligt dit anders. Voor ongevallen met minder dan 100 doden en een kans van 1 in de miljoen jaar levert Zestienhoven de belangrijkste bijdrage aan het groepsrisico. Aan de veel kleinere kans op grotere ongevallen met enkele honderden doden leveren EVR-plichtige bedrijven en spoorwegemplacementen de belangrijkste bijdrage.

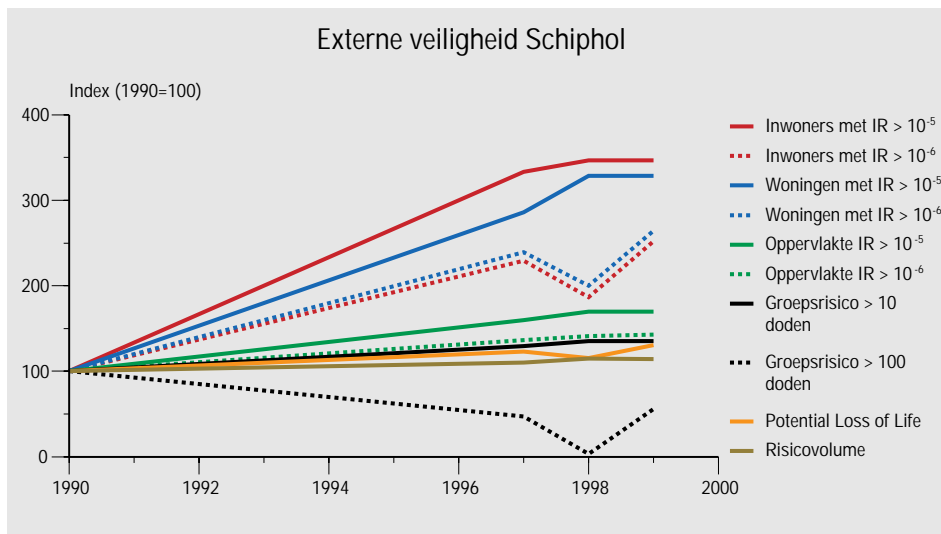
Voor Schiphol wordt de ontwikkeling van de externe veiligheidsrisico's afgemeten aan de situatie van 1990. Hoe deze ontwikkeling moet worden uitgedrukt in de verschillen-

de risicoparameters is in de loop der jaren sterk aan verandering onderhevig geweest (In 't Veld, 2000). Momenteel zijn de oorspronkelijke grootheden, het individueel risico, de aantallen woningen en het groepsrisico weer actueel. Deze maten worden ook bij de andere risicodragende activiteiten gehanteerd. Het Kabinet heeft eind vorig jaar een nieuwe grootheid aangekondigd, het zogenaamde risicovolume. Deze grootheid is een combinatie van ongevalskans per vliegbeweging, aantal bewegingen en de grootte van het ongevalsgebied bij neerstorten van een vliegtuig (Pikaar & De Jong, 2000a). In de berekeningen zijn alleen de omwonenden meegenomen. Met eventuele aanwezigheid van personen in bedrijven of kantoren is geen rekening gehouden omdat gegevens daarover ontbreken. De situatie in 1999 is in het algemeen verslechterd ten opzichte van 1998 en duidelijk slechter dan in 1990 ten gevolge van de groei van het aantal vliegbewegingen (figuur 6.6.3).

**Klachten**

Klachten zijn een indicatie voor directe ergernis of ongerustheid. Het aantal klachten bij de Meldkamer van de DCMR Milieudienst Rijnmond is tussen 1990 en 1997 bijna verdubbeld. Daarna is het met 20% gedaald tot bijna 20.000 in 1999. De meeste klachten hebben betrekking op lawaai (ruim 50%), gevolgd door stank (bijna 40%). De voornaamste bron van klachten is geluidoverlast door vliegtuigen van en naar Zestienhoven (DCMR, 2000).

Uit het aantal klachten dat jaarlijks binnenkomt bij de Commissie Geluidhinder Schiphol (CGS) blijkt dat tot op grote afstand van de luchthaven overlast van vliegverkeer wordt ondervonden; 7% van de klagers woont buiten een straal van 30 km rondom



Figuur 6.6.3 Ontwikkeling van de veiligheid rond Schiphol, uitgedrukt in het aantal huizen en inwoners binnen de Individueel Risico-contouren, het Groepsrisico en Potential Loss of Life, 1990-1999 (Bron: NLR en RIVM).

Schiphol. Van de klagers woonde 35% in gebieden met een jaargemiddelde geluidbelasting van meer dan 50 dB(A) (de streefwaarde voor weg- en industrielawaai). In 1999 nam het aantal klagers (ruim 10.000) overigens af met 18% ten opzichte van 1998, het totaal aantal klachten (ruim 180.000) met 9%.

#### Nieuwe geluidsnormen voor de luchtvaart

Omdat de huidige handhaving van geluidzones geen effectieve bescherming biedt aan de omgeving heeft het Kabinet mede hierom besloten dat er een geïntegreerd stelsel van nieuwe milieu- en veiligheidsnormen voor de luchtvaart moet worden ontwikkeld. De normen voor Schiphol zouden hierbij gelijkwaardig moeten zijn aan die van de PKB (Planologische Kernbeslissing) Schiphol en Omgeving uit 1995, maar beter meetbaar en handhaafbaar. Dit wil men onder andere bereiken door toetsingspunten aan te wijzen, waar (nog vast te stellen) grenswaarden (in geluidmaat Lden) op geen enkel moment mogen worden overschreden. Het huidige toetsen aan berekende overschrijdingen van de geluidzones (gebaseerd op de maat Ke) komt daarmee te vervallen. Voor het nieuwe stelsel bestaat een voorstel op hoofdlijnen en is gericht op invoering per 2003, bij opening van de vijfde baan.

In 1998 is door het RIVM becijferd dat in 2010 maximaal 520.000 vluchten passen binnen de oorspronkelijke PKB-norm (10.000 woningen binnen 35 Ke), mits extra maatregelen worden getroffen die zijn gericht op een versnelde afname van de geluidemissie door de vloot (RIVM, 1998). Het aantal vluchten bedraagt nu (1999) ruim 394.000 (exclusief 16.000 vluchten in de categorie general aviation, zoals reclame- en taxivluchten).

In 1998 is uitgegaan van de huidige systematiek waarbij de beoordeling en normering van het geluid is gebaseerd op de Kosteneenheid (Ke). In de toekomst zal, in alle landen van de EU, gebruik worden gemaakt van de geluidmaat 'LAeq Day, Evening, Night' (Lden). Dit heeft gevolgen voor de normering omdat de berekeningswijzen van de Ke en de Lden nogal verschillen. De Lden komt tegemoet aan een aantal tekortkomingen van de Ke. Zo worden in de Lden alle vliegbewegingen meegeteld voor de geluidbelasting, waar de Ke een drempelwaarde van 65 dB(A) hanteert op het piekniveau dat voor een overvlucht op een locatie wordt berekend (de '65 dB(A) afkap'). Tot het gebruik van de afkap is in 1980 besloten (overigens tegen het advies van de Commissie Kosten in) onder andere omdat werd aangenomen dat

geluidniveaus onder deze waarden niet zouden bijdragen aan de hinderbeleving. In de Lden wordt naast het piekniveau ook het aanzwellende en wegstervende geluid meegenomen. De Lden-systematiek maakt het ook mogelijk om gebruik te maken van gegevens over de blootstelling en hinderbeleving van enkele tienduizenden personen in heel Europa, waardoor de relatie tussen geluid en hinder regelmatig kan worden geëvalueerd.

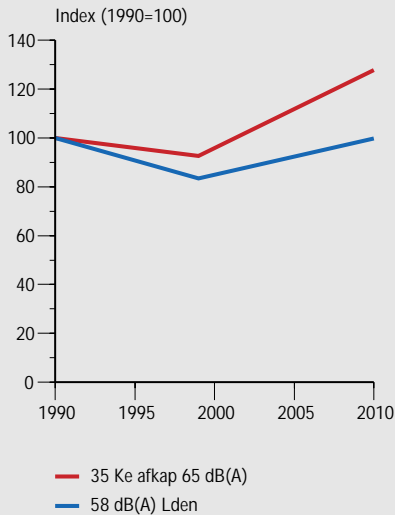
Verder is van belang dat het totaal aantal vluchten in de vroege ochtend en in de avond in de Lden-systematiek hoger mag zijn dan in de Ke-systematiek.

Om de hoogte van de nieuwe norm vast te stellen, moet de bestaande systematiek (overschrijdingen van de zone) worden vertaald naar grenswaarden in dB(A)'s. Daartoe wordt met een representatief scenario voor 2010 een 35 Ke-zone voor het vijfbanenstelsel berekend die maximaal 10.000 woningen omvat (de huidige norm). Deze zone wordt uitsluitend gebruikt om locaties te kiezen die in de nieuwe systematiek als toetsingspunten dienen. Een deel hiervan zal gekozen worden in woonlocaties, die zo dicht mogelijk bij huidige zonegrens liggen. Voor deze locaties wordt de berekening opnieuw uitgevoerd, maar nu in de geluidmaat Lden. De gevonden waarden worden vastgesteld als grenswaarden, die voor het berekende jaar (2010) gelijkwaardig zijn aan de Ke-berekening. Naar verwachting zullen de grenswaarden liggen rond de 58-59 dB(A). Door het verschil in berekeningswijze van de Ke en de Lden leidt deze omrekening van (35 Ke) zonewaarden in grenswaarden in Lden alleen voor het gekozen jaar (2010) tot een gelijkwaardige norm op de toetsingspunten. Voor andere jaren, waarvoor een andere vloot en andere vliegtuigaantallen gelden, zullen verschillen optreden. Een idee van de grootte van de verschillen wordt verkregen uit de ontwikkeling van de aantallen woningen met een in 1990 gelijkwaardige geluidbelasting in Ke en in Lden. Voor de directe omgeving is hiertoe gekeken naar 35 Ke en 58 dB(A) Lden. Voor de ruimere omgeving is gekeken naar 20 Ke en 50 dB(A) Lden<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Bij berekening van de geluidbelasting is gebruik gemaakt van het rekenmodel van de NLR (Pikaar & Weijts, 2000b). Voor grotere afstanden is dit model in beperkte mate gevalideerd. Hierdoor moet met grote onzekerheidsmarges rekening worden gehouden.



### Aantal woningen binnen contouren

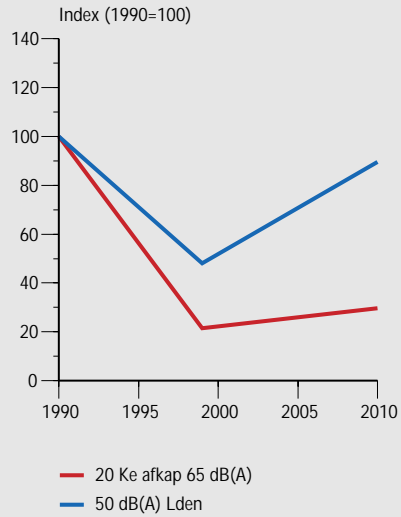


*Figuur 6.6.4 Berekende ontwikkeling aantal woningen binnen 35 Ke en 58 dB(A) Lden-contouren, 1990-2010.*

Voor de directe omgeving van Schiphol blijkt uit deze vergelijking dat de ontwikkeling van de berekende geluidbelasting lager is wanneer de Lden wordt gebruikt (+6% woningen ten opzichte van 1990, tegenover +30% bij de Ke), (figuur 6.6.4). Dit wordt veroorzaakt doordat bij niveaus van de geluidbelasting rond 35 Ke (58-59 dB(A) Lden), het stiller worden van vliegtuigen, in de Lden, zwaarder weegt dan in de Ke. Dit in tegenstelling tot de groei in de aantallen vliegbewegingen, die zwaarder telt in de Ke.

Op grotere afstand van de luchthaven is dit omgekeerd; de ontwikkeling van de berekende geluidbelasting is dan juist lager wanneer in Ke wordt gerekend (figuur 6.6.5). Dit komt doordat het aandeel vluchten met een geluidbelasting van minder dan 65 dB(A) groter is en er in steeds mindere mate sprake is van piekgeluid. In tegenstelling tot de Ke wordt dit bij de Lden wel in de berekening meegenomen. Ondanks het stiller worden van de vloot zal bij een toename van het aantal vluchten tot bijna 600.000 vluchten in 2010, de berekende geluidbelasting (in Lden) in

### Aantal woningen binnen contouren



*Figuur 6.6.5 Ontwikkeling aantal woningen binnen 20 Ke en 50 dB(A) Lden-contouren, 1990-2010.*

2010 circa 10% hoger zijn dan in 1990, mede door de voorziene woningbouw in de Randstad. De ontwikkeling van geluidbelasting in Ke blijkt dus sterk afhankelijk te zijn van de berekeningslocatie door de berekeningswijze van de Ke ('de 65 dB(A) afkap' en het gebruik van piekniveaus). Met de Lden is dit in mindere mate het geval. Omdat alleen een norm wordt gesteld aan de geluidbelasting in de directe omgeving, biedt de overstap naar Lden de mogelijkheid na 2010 juridisch meer vluchten te accommoderen binnen de norm dan op grond van de Ke-systematiek mogelijk zou zijn. In de huidige op de Ke-systematiek gebaseerde besluitvorming wordt dan formeel voldaan aan de PKB gestelde eisen. Op grotere afstand (op 20 Ke-niveau) wordt dit echter procedureel (middels de 'afkap' maar niet fysiek (in werkelijke geluidbelasting) bereikt. Wanneer voor de beoogde gelijkwaardigheid tussen het oude en het nieuwe normenstelsel alleen de directe omgeving van Schiphol wordt bekeken, leidt dit op termijn voor de bredere omgeving tot een toename van de geluidbelasting.



## Bijlage 1 Emissies per thema per doelgroep

Voor de hier gepresenteerde cijfers vormen de opgaven in het Emissie- en afvaljaarrapport 2000 een belangrijke basis; de emissies over 1999 zijn voorlopige cijfers.

In samenwerking met andere instituten is gewerkt aan het in kaart brengen van de onzekerheid in de emissiecijfers. Per tabel wordt in de voettekst een indicatie van de onzekerheid gegeven voor emissies naar lucht voor de thema's klimaatverandering, verzuring, grensoverschrijdende luchtverontreiniging en vermisting. Bij de afronding van cijfers is rekening gehouden met de onzekerheid in de cijfers. Omwille van de leesbaarheid van de tabel en om schijn nauwkeurigheid te voorkomen, is er voor de stoffen van de andere thema's voor gekozen om af te ronden op één cijfer achter de komma met een maximum van drie bepalende cijfers. Achtergrondinformatie over onzekerheden is te vinden in het rapport Meten, rekenen en onzekerheden (RIVM, 1999a) waarin wordt ingegaan op de modellen, meetnetten en methodieken die in de Milieubalans worden toegepast en de onzekerheden in het cijfermateriaal. Uitspraken over de significantie van trends en verschillen tussen doelgroepen en de afstand tot de doelstellingen worden in de Milieubalans gedaan in het licht van de onzekerheden in de emissieschattingen.

Wanneer doelgroepen minder dan 5% van de totale emissie voor hun rekeningen nemen zijn deze doelgroepen gesommeerd. Vanaf dit jaar vallen de raffinaderijen onder de doelgroep industrie en worden niet meer apart opgenomen.

De presentatiewijze van de emissies naar water is in overeenstemming gebracht met het Emissie- en afvaljaarrapport en hierdoor gewijzigd ten opzichte van voorgaande jaren. Voor een goed begrip van de tabellen B1.4 en B1.5 is het van belang onderscheid te maken tussen emissies en belasting. De emissie is de hoeveelheid die uit een bron vrijkomt. Deze kan bestaan uit een directe emissie naar het oppervlaktewater en een indirecte emissie op het riool. De indirecte emissies bereiken niet in hun geheel het oppervlaktewater, omdat een deel door zuivering achterblijft of wordt afgebroken in de rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's). De belasting van het oppervlaktewater is de hoeveelheid die daadwerkelijk het water bereikt. Deze bestaat uit de directe emissie van de verschillende doelgroepen en de emissie uit de RWZI's en de hoeveelheid die via overstorten en regenwaterriolen het oppervlaktewater bereikt. Belasting van het oppervlaktewater is exclusief atmosferische depositie en inclusief uit- en afspoeling landbouw.

Tabel B1.1 De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema **Klimaatverandering**.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>LUCHT IPCC</b>					
<b>koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>)</b>	miljard kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>3)</sup>		54,0	55,4	56,8	56,7
energiesector		41,3	45,8	48,3	45,3
verkeer <sup>3)</sup>		29,1	32,1	34,0	34,7
consumenten		22,1	21,8	20,8	21,4
HDO <sup>1)</sup>		8,6	9,7	10,0	9,5
landbouw <sup>1)</sup>		8,6	9,4	8,2	8,8
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		2,3	2,3	2,9	2,9
overig (statistische verschillen) <sup>4)</sup>		1,1	2,5	3,6	-
TOTAAL (inclusief T-correctie) (A)		167	179	185	179
<i>w.v. T-correctie (B)</i>		6,3	2,5	3,7	5,2
vastlegging in biomassa <sup>2)</sup> (C)		p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
TOTAAL Kyoto-protocol (A-B-C)		161	177	181	174
internationale bunkers		40,0	44,1	49,4	51,2
<i>w.v. scheepvaart</i>		35,6	36,5	39,8	41,1
<i>w.v. luchtvaart</i>		4,5	7,7	9,6	10,1

<sup>1)</sup> Onzekerheden onbekend.

<sup>2)</sup> De berekeningsmethodiek staat momenteel internationaal ter discussie; volgens de huidige methodiek wordt de netto vastlegging in alle bossen geschat op circa 1,5 miljard kg per jaar.

<sup>3)</sup> Door herberekening van het energiegebruik van raffinaderijen en emissiefactoren en energiegebruik van verkeer wijken de emissies van deze doelgroepen enigszins af van de getallen in de Milieubalans 99.

<sup>4)</sup> Door een andere methodiek in de berekening van het binnenlands energiegebruik is er een trendbreuk vanaf 1998 in het statistisch verschil en de bijbehorende koolstofdioxide-emissies.

De onzekerheid (95%-betrouwbaarheidsinterval) van de jaarlijkse emissies van koolstofdioxide varieert per doelgroep - inclusief internationaal transport (zogenaamde bunkers) - van 3 tot 7%. De onzekerheid in het nationale totaal (inclusief temperatuurcorrectie) wordt geschat op 3% (RIVM, 1999b; Olivier *et al.*, 2000; Van Amstel *et al.*, 2000).

Tabel BI.1 (vervolg) De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema **Klimaatverandering**.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>methaan (CH<sub>4</sub>)</b>	miljoen kg				
afval		560	480	440	430
landbouw		510	480	430	430
energiesector <sup>2)</sup>		181	174	150	148
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		42,1	36,0	32,5	31,9
<b>TOTAAL</b>		<b>1290</b>	<b>1170</b>	<b>1060</b>	<b>1030</b>
<b>distikstofoxide (N<sub>2</sub>O)</b>	miljoen kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		32	32	36	36
landbouw		22	28	25	26
verkeer <sup>1) 3)</sup>		5,6	6,8	6,2	6,0
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		5,4	5,5	5,4	5,3
<b>TOTAAL</b>		<b>65</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>73</b>
<b>HFK's</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		460	700	780	790
overige doelgroepen			160	690	750
<b>TOTAAL</b>		<b>460</b>	<b>860</b>	<b>1470</b>	<b>1540</b>
<b>PFK's</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>4)</sup>		350	270	360	370
<b>SF<sub>6</sub></b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>5)</sup>		0,3	0,5	0,8	0,9
energiesector <sup>5)</sup>		5,8	6,8	4,7	4,8
<b>TOTAAL</b>		<b>6,1</b>	<b>7,3</b>	<b>5,5</b>	<b>5,7</b>

<sup>1)</sup> Onzekerheden onbekend.

<sup>2)</sup> Door herberekening van de methaanemissies van olie- en gaswinning wijken de emissies van de energiesector vanaf 1995 af van de getallen in de Milieubalans 99.

<sup>3)</sup> Door herberekening van emissiefactoren van verkeer wijken de emissies van deze doelgroep vanaf 1995 enigszins af van de getallen in de Milieubalans 99.

<sup>4)</sup> Door herberekening van de emissies van PFK's van de industrie wijken de emissies van deze doelgroep enigszins af van de getallen in de Milieubalans 99.

<sup>5)</sup> Door herberekening van de emissies van SF<sub>6</sub> (actuele emissies in plaats van het geschatte netto jaarlijks gebruik (zogenoemde potentiële emissies) wijken de emissies van deze doelgroepen sterk af van de getallen in de Milieubalans 99.

De onzekerheid (95%-betrouwbaarheidsinterval) van de jaarlijkse methaanemissies varieert per doelgroep van 25 tot 30%; de onzekerheid in het nationale totaal wordt geschat op ongeveer 20%. De onzekerheid van de emissies van distikstofoxide varieert per doelgroep van 35 tot 75%; de onzekerheid in het nationale totaal wordt geschat op ongeveer 35%. De onzekerheid in de nationale totale emissies van HFK's, PFK's en SF<sub>6</sub> wordt voor elk van deze stofgroepen geschat op respectievelijk 50, 100 en 50% (RIVM, 1999a; Olivier *et al.*, 2000; Van Amstel *et al.*, 2000).

Tabel B1.1 (vervolg) De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema **Klimaatverandering**.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>Totaal per doelgroep<sup>2)</sup></b>	miljard CO <sub>2</sub> -eq				
industrie (incl. raffinaderijen)		71,6	73,9	78,3	78,4
energiesector		45,3	49,7	51,7	48,6
verkeer		31,0	34,4	36,1	36,8
landbouw		26,2	28,0	25,2	25,8
consumenten		22,5	22,3	21,4	22,1
afval		13,6	11,5	11,4	11,1
HDO		8,8	9,9	10,3	9,8
overige doelgroepen		3,1	4,9	6,3	2,7
<b>TOTAAL (incl. temperatuurcorrectie)</b>		<b>222</b>	<b>235</b>	<b>241</b>	<b>235</b>
<b>Totaal per gas<sup>2)</sup></b>	miljard CO <sub>2</sub> -eq				
CO <sub>2</sub> <sup>1)</sup>		167	179	185	179
CH <sub>4</sub>		27	25	22	22
N <sub>2</sub> O		20	22	23	23
HFK's		5	7	9	9
PFK's		2,4	1,9	2,5	2,6
SF <sub>6</sub>		0,1	0,2	0,1	0,1
<b>TOTAAL (inclusief temperatuurcorrectie)</b>		<b>222</b>	<b>235</b>	<b>241</b>	<b>235</b>
<b>TOTAAL (exclusief temperatuurcorrectie)</b>		<b>216</b>	<b>232</b>	<b>237</b>	<b>230</b>

<sup>1)</sup> Exclusief vastlegging van CO<sub>2</sub> in biomassa.

<sup>2)</sup> Door herberekening van de emissies (zie noten in voorgaande tabellen) wijken de emissies van de doelgroepen en van het nationaal totaal enigszins af van de getallen in de Milieubalans 99.

De onzekerheid (95%-betrouwbaarheidsinterval) in het nationale totaal van de jaarlijkse totale broeikasgasemissies (in CO<sub>2</sub>-equivalenten) wordt geschat op ongeveer 5% (Olivier *et al.*, 2000; Van Amstel *et al.*, 2000).

Tabel BI.2 De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema *Verzuring*.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>LUCHT</b>					
<b>Ammoniak (NH<sub>3</sub>)</b>	miljoen kg				
landbouw		220	180	160	160
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		11,7	11,5	11,0	10,8
<b>TOTAAL</b>		<b>230</b>	<b>190</b>	<b>170</b>	<b>170</b>
<b>Stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>)</b>	miljoen kg				
verkeer		350	310	280	270
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		98,1	78,2	61,4	58,3
energiesector		80	58	45	41
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		46,4	44,2	40,8	40,3
<b>TOTAAL</b>		<b>580</b>	<b>490</b>	<b>420</b>	<b>410</b>
<b>Zwavel dioxide (SO<sub>2</sub>)</b>	miljoen kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		119	91,0	69,3	65,1
verkeer		29	30	23	23
energiesector		45,2	16,6	11,5	9,6
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		8,9	4,4	2,7	2,6
<b>TOTAAL</b>		<b>202</b>	<b>142</b>	<b>107</b>	<b>100</b>
<b>Totaal</b>	miljard z-eq				
landbouw		13	11	10	10
verkeer		9	8	7	7
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		6,1	4,8	3,7	3,5
energiesector		3	2	1	1
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		1,5	1,3	1,2	1,2
<b>TOTAAL</b>		<b>33</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>23</b>

<sup>1)</sup> Onzekerheden onbekend.

De onzekerheden in de emissies van de doelgroepen voor stikstof- en zwaveloxiden variëren tussen de 10 en 20%. De onzekerheid (95%-betrouwbaarheidsinterval) in de totale jaarlijkse emissies van stikstof- en zwaveloxiden wordt voor beide stoffen thans geschat op ongeveer 10% (RIVM, 1999b). Op de onzekerheden in de ammoniakemissie van landbouw wordt ingegaan in de tekstbox *Gemeten concentraties in de atmosfeer en het 'ammoniak-gat'*.

*B1.3 De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het onderdeel Grensoverschrijdende luchtverontreiniging.*

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>Fijn stof</b>	miljoen kg				
verkeer		22,3	19,8	18,1	17,5
industrie (incl. raffinaderijen)		32,7	19,1	13,3	12,4
consumenten		7,5	6,7	6,0	5,9
overige doelgroepen		5,3	3,1	3,3	3,3
<b>TOTAAL</b>		<b>67,8</b>	<b>48,7</b>	<b>40,7</b>	<b>39,2</b>
<b>VOS KWS-2000</b>	miljoen kg				
verkeer		204	153	125	119
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		148	96,0	75,9	67,9
consumenten <sup>1)</sup>		43,2	37,0	29,9	29,9
HDO <sup>1)</sup>		52,2	32,0	24,3	23,1
bouw <sup>1)</sup>		24,7	19,7	17,0	17,1
energiesector <sup>1)</sup>		24,6	25,9	20,9	20,6
overige doelgroepen <sup>1)</sup>		3,3	4,0	3,5	3,5
<b>TOTAAL</b>		<b>500</b>	<b>368</b>	<b>296</b>	<b>281</b>

<sup>1)</sup> Onzekerheden onbekend.

De onzekerheid van de emissies van fijn stof en VOS is voor de meeste doelgroepen onbekend; voor verkeer wordt de onzekerheid geschat op 20 respectievelijk 15%. De onzekerheid in het nationale totaal van de emissies van fijn stof en VOS is onbekend.



Tabel BI.4 De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema **Vermesting**.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>BODEM<sup>1)</sup></b>					
<b>N-totaal</b> landbouw	miljoen kg	430	510	450	470
<b>P-totaal</b> landbouw	miljoen kg	70,8	63,0	59,0	64,0
<b>Totaal</b> landbouw	m-eq	113	114	104	111
<b>WATER<sup>2)</sup></b>					
<b>N-totaal</b>	miljoen kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		14,9	12,4	16,4	15,8
consumenten		49,8	52,6	53,8	54,2
landbouw		8,9	6,4	6,4	6,0
overige doelgroepen		2,9	5,0	4,2	4,2
<b>TOTAAL</b>		76,4	76,4	80,8	80,3
<b>P-totaal</b>	miljoen kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		11,5	6,0	4,6	4,2
consumenten		5,3	5,6	5,7	5,8
landbouw		0,6	0,4	0,5	0,5
overige doelgroepen		0,1	0,1	0,0	0,0
<b>TOTAAL</b>		17,5	12,1	10,9	10,5
<b>Totaal</b>	m-eq				
industrie (incl. raffinaderijen)		12,9	7,3	6,2	5,8
consumenten		10,3	10,9	11,1	11,2
landbouw		1,5	1,1	1,1	1,1
overige doelgroepen		0,4	0,6	0,5	0,5
<b>TOTAAL</b>		25,1	19,7	19,0	18,5

1) Hier gepresenteerde emissies betreffen de aanvoer minus de afvoer.

2) Onzekerheden onbekend.

De ingeschatte onzekerheid in de emissie van N- en P-totaal naar de bodem is circa 10%.

Tabel BI.4 (vervolg) De belasting in 1999 voor het thema **Vermesting<sup>1)</sup>**.

	Eenheid	Industrie (incl. raff.)	Consu- menten	Landbouw	Overige doel- groepen	RWZI's, overstorten en regenwaterriool	TOTAAL
<b>WATER</b>							
P-totaal	miljoen kg	3,2	0,1	5,6	0,0	3,2	12,0
N-totaal	miljoen kg	4,1	0,7	92,3	0,4	35,6	133,1
Totaal	m-eq	3,6	0,1	14,9	0,0	6,7	25,3

1) De belasting van het oppervlaktewater is inclusief uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden en exclusief atmosferische depositie, dit in tegenstelling met eerder gepubliceerde Milieubalansen. De belasting vanuit de doelgroepen heeft slechts betrekking op de directe emissies naar oppervlaktewater, de emissies vanuit de doelgroepen op riool zijn terug te vinden als belasting oppervlaktewater onder de posten: RWZI's, overstorten en regenwaterriolen.

Tabel B1.5 De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema *Verspreiding*.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>BODEM<sup>1)</sup></b>					
	1000 kg				
cadmium (Cd)		5,4	2,4	1,7	1,7
chrom (Cr)		48,9	42,0	46,0	46,0
koper (Cu)		790	670	690	680
kwik (Hg)		0,7	0,6	0,6	0,6
lood (Pb)		260	109	170	170
nikkel (Ni)		37,9	39,9	31,0	31,0
zink (Zn)		1400	1440	1620	1620

<sup>1)</sup> De hier gepresenteerde emissies zijn uitsluitend emissies van de landbouw op landbouwgrond en betreffen de aanvoer minus de afvoer. Data zijn exclusief atmosferische depositie en af- en uitspoeling.

Tabel B1.5 (vervolg) De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema **Verspreiding**.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>LUCHT</b>					
<b>cadmium (Cd)</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		1,0	0,8	1,0	0,9
overige doelgroepen		0,9	0,2	0,1	0,1
TOTAAL		1,9	1,0	1,1	1,0
<b>chrom (Cr)</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		5,4	5,6	3,3	3,7
verkeer <sup>2)</sup>		1,1	1,2	1,3	1,4
overige doelgroepen		4,3	1,0	0,3	0,3
TOTAAL		10,8	7,8	4,9	5,3
<b>koper (Cu)</b>	1000 kg				
verkeer <sup>2)</sup>		22,9	26,2	28,9	29,4
consumenten		5,7	7,6	8,9	10,5
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		4,6	4,8	3,7	4,4
overige doelgroepen		2,5	0,5	0,3	0,3
TOTAAL		35,6	39,1	41,8	44,6
<b>kwik (Hg)</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		1,3	0,8	0,3	0,3
afval		1,4	0,1	0,1	0,1
overige doelgroepen		0,3	0,1	0,1	0,1
TOTAAL		3,0	1,1	0,6	0,5
<b>lood (Pb)</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		69,0	70,7	39,6	27,7
verkeer <sup>2)</sup>		185	66,1	4,6	4,8
overige doelgroepen		19,3	3,8	3,0	3,0
TOTAAL		273	141	47,2	35,4
<b>nikkel (Ni)</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		66,8	82,4	38,8	39,5
verkeer <sup>2)</sup>		9,3	9,5	10,3	10,0
overige doelgroepen		7,4	3,3	2,2	1,9
TOTAAL		83,4	95,2	51,4	51,5
<b>zink (Zn)</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		148	107	63,3	63,5
verkeer <sup>2)</sup>		17,8	20,1	21,3	22,3
overige doelgroepen		46,6	7,5	5,8	5,7
TOTAAL		213	135	90,3	91,4

1) Door een nieuwe berekeningswijze van de emissie van diverse stoffen van de industrie (incl. raffinaderijen) zijn emissiegegevens vanaf 1996 niet goed vergelijkbaar met emissiecijfers van de voorafgaande periode.

2) Door herziening van de verdeling van emissies over de compartimenten lucht, bodem en water, wijken de emissies van zware metalen door verkeer af ten opzichte van de MB99.

Tabel B1.5 (vervolg) De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema **Verspreiding (lucht)**.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>dioxine</b>	gram				
consumenten		31,2	28,0	25,7	25,3
industrie (incl. raffinaderijen)		23,1	29,2	8,1	2,7
overige doelgroepen		557	9,6	10,0	6,8
TOTAAL		611	66,8	43,8	34,8
<b>fluoride</b>	miljoen kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		1,5	0,9	0,9	0,9
overige doelgroepen		0,1	0	0	0
TOTAAL		1,6	0,9	0,9	0,9
<b>benzeen</b>	miljoen kg				
verkeer		5,9	4,2	3,3	3,1
energiesector		2,1	2,1	2,2	2,3
consumenten		0,7	0,6	0,5	0,5
industrie (incl. raffinaderijen)		1,1	0,5	0,3	0,2
overige doelgroepen		0,7	0,3	0,2	0,2
TOTAAL		10,6	7,8	6,5	6,3
<b>benzo(a)pyreen</b>	1000 kg				
consumenten		1,4	1,3	1,1	1,1
verkeer		0,8	0,6	0,5	0,5
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		2,7	1,0	0,2	0,2
overige doelgroepen		0,1	0	0	0
TOTAAL		5,0	2,9	1,8	1,8
<b>fluorantheen</b>	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen) <sup>1)</sup>		57,0	30,1	34,4	34,9
consumenten		18,9	14,3	13,1	13,1
verkeer		12,3	10,7	9,7	9,6
landbouw		8,7	7,2	6,9	6,9
overige doelgroepen		6,7	4,7	4,5	4,5
TOTAAL		103	67,0	68,7	69,0
<b>koolmonoxide (CO)</b>	miljoen kg				
verkeer		758	595	472	441
industrie (incl. raffinaderijen)		273	215	164	148
consumenten		70,5	62,7	54,2	54,0
overige doelgroepen		78,5	28,1	31,4	36,2
TOTAAL		1180	901	722	679

<sup>1)</sup> Door een nieuwe berekeningswijze van de emissie van diverse stoffen van de industrie (incl. raffinaderijen) zijn emissiegegevens vanaf 1996 niet goed vergelijkbaar met emissiecijfers van de voorafgaande periode.

Tabel B1.5 (vervolg) De emissies in 1990, 1995, 1998 en 1999 voor het thema **Verspreiding**.

Stof/doelgroep	Eenheid	1990	1995	1998	1999
<b>WATER<sup>1)</sup></b>					
<b>cadmium (Cd)</b>					
	1000 kg				
consumenten		0,7	0,8	0,8	0,8
industrie (incl. raffinaderijen)		3,8	0,6	0,4	0,3
overige doelgroepen		0,1	0,1	0,1	0,1
TOTAAL		4,6	1,5	1,2	1,2
<b>chrom (Cr)</b>					
	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		33,9	27,8	33,1	31,3
consumenten		2,9	3,0	3,1	3,1
overige doelgroepen		1,1	3,3	2,1	2,1
TOTAAL		37,9	34,2	38,2	36,5
<b>koper (Cu)</b>					
	1000 kg				
consumenten		113	122	128	136
industrie (incl. raffinaderijen)		34,5	29,4	37,8	36,0
verkeer		24,1	25,5	25,6	25,8
HDO		13,6	15,7	13,8	13,9
overige doelgroepen		1,2	2,3	0,6	0,6
TOTAAL		187	195	206	212
<b>kwik (Hg)</b>					
	1000 kg				
HDO		2,3	0,9	0,5	0,4
consumenten		0,3	0,3	0,3	0,3
industrie (incl. raffinaderijen)		0,5	0,3	0,3	0,3
overige doelgroepen		0,0	0,2	0,0	0,0
TOTAAL		3,1	1,7	1,1	1,0
<b>lood (Pb)</b>					
	1000 kg				
consumenten		68,4	71,6	73,3	73,6
landbouw		61,9	35,5	34,2	34,4
HDO		12,7	13,8	13,7	13,9
industrie (incl. raffinaderijen)		20,3	9,1	14,4	13,8
verkeer		40,9	18,8	7,8	7,4
overige doelgroepen		0,3	0,9	0,6	0,6
TOTAAL		205	150	144	144
<b>nikkel (Ni)</b>					
	1000 kg				
industrie (incl. raffinaderijen)		25,2	23,7	35,2	32,8
consumenten		7,1	7,5	7,7	7,8
overige doelgroepen		1,3	2,7	2,0	2,0
TOTAAL		33,7	34,0	44,9	42,6
<b>zink (Zn)</b>					
	1000 kg				
consumenten		215	200	215	212
verkeer		138	136	138	140
industrie (incl. raffinaderijen)		122	75,1	67,2	62,8
HDO		16,5	19,5	39,4	36,6
overige doelgroepen		6,3	9,1	9,1	8,9
TOTAAL		498	440	468	460

<sup>1)</sup> Deze gegevens geven de emissie weer vanuit de verschillende doelgroepen. Data zijn exclusief atmosferische depositie en af- en uitspoeling landbouw.

Tabel B.1.5 (vervolg) De belasting in 1999 voor het thema **Verspreiding (water)**<sup>1)</sup>.

	Eenheid	Industrie	Consumenten	Verkeer	Landbouw	Ov. doelgroepen	RWZI's, overstorten en regenwaterriool	TOTAAL
	1000 kg							
cadmium		0,3	0,0	0,0		0,0	0,4	0,7
chrom		5,0	0,0	0,2		0,3	6,5	11,9
koper		18,5	3,2	23,8		0,2	22,1	67,8
kwik		0,2	0,0			0,0	0,1	0,4
lood		4,8	1,3	6,4	34,4	0,1	37,2	84,3
nikkel		8,1	0,1	0,2		0,4	15,1	23,8
zink		31,5	8,0	84,1	4,3	3,3	145	276

<sup>1)</sup> De belasting van het oppervlaktewater is inclusief uit- en afspoeling vanuit landbouwgronden en exclusief atmosferische depositie, dit in tegenstelling met eerder gepubliceerde Milieubalansen. De belasting vanuit de doelgroepen heeft slechts betrekking op de directe emissies naar oppervlaktewater, de emissies vanuit de doelgroepen op riool zijn terug te vinden als belasting oppervlaktewater onder de posten: RWZI's, overstorten en regenwaterriolen.

## Bijlage 2 Milieukwaliteit

Tabel B2.1 **Luchtkwaliteit** in Nederland, 1990-1999. Jaargemiddelde concentraties van een aantal milieu-relevante stoffen in Nederland. Gemiddelde van een aantal meetpunten (Bron: Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit RIVM).

Stof	Norm <sup>1)</sup>	% <sup>2)</sup>	1990	1995	1998	1999
<b>Bevolking, chronische blootstelling<sup>3)</sup>, µg/m<sup>3</sup></b>						
Fijn stof	40	6	42 <sup>4)</sup>	37	33	32
NO <sub>2</sub> regio	40	0,4	27	23	22	21
NO <sub>2</sub> stad	40	} 7	48	41	40	40
NO <sub>2</sub> straat	40		50	47	46	46
Benzeen regio	10	0	1 <sup>4)</sup>	1	1	1
Benzeen straat	10	0	5 <sup>4)</sup>	4	3	2
SO <sub>2</sub>	75	0	8	4	3	3
<b>Bevolking, tijdens smogperioden, µg/m<sup>3</sup></b>						
Ozon <sup>5)</sup>	110	100	47	29	11	16
Fijn stof <sup>5)</sup>	140	0	1 <sup>4)</sup>	1	0	0
NO <sub>2</sub> regio	135	0	75	63	63	58
NO <sub>2</sub> stad	135	0	110	90	86	87
NO <sub>2</sub> straat	135	0	120	100	92	90
Zwarte rook straat	150	0	100	90	70	70
CO straat	6000	0	3400	2800	2100	1800
<b>Drukke straten, km weglengte boven de norm</b>						
NO <sub>2</sub>	135	0	570	40	0	0
CO	6000	0	14	4	0	0
Benzeen	10	0	240	50	1	0
B[a]P	0,001	0,05	190	70	20	20
Zwarte rook	90	0	150	90	0	0
Lood	0,5	0	5	0	0	0
<b>Natuur, chronische blootstelling, (µg/m<sup>3</sup>) x uur voor ozon, µg/g per dag voor fluoriden</b>						
Ozon	6000	93	21000	15000	6300	8900
Fluoriden	0,4 <sup>6)</sup>	<1	0,3	0,2	0,1	0,1
<b>Overig, jaargemiddelde in µg/m<sup>3</sup></b>						
VOS-regio			14 <sup>4)</sup>	12	8	7
VOS-straat			70 <sup>4)</sup>	60	40	30
Arseen			0,002	0,001	0,001	0,001
Cadmium			0,0005	0,0004	0,0003	0,0003
Zink			0,07	0,04	0,04	0,03
NH <sub>3</sub>			11 <sup>7)</sup>	11	8	9
<b>Zure depositie, z-eq/ha per jaar</b>						
SO <sub>x</sub>			1700	1100	900	740
NO <sub>y</sub>			730	740	800	700
NH <sub>x</sub>			2200	2200	2100	2100
TOTAAL	2400	99	4600	4000	3800	3600

<sup>1)</sup> Norm uitgedrukt in µg/m<sup>3</sup>, <sup>2)</sup> Het percentage van de bevolking of natuur dat in 1999 is blootgesteld aan normoverschrijdingen, <sup>3)</sup> voor chronische blootstelling is steeds het jaargemiddelde als maat aangehouden, behalve voor SO<sub>2</sub> waar de norm op de mediaanwaarde betrekking heeft, <sup>4)</sup> de waarde over 1992, <sup>5)</sup> eenheid is dagen boven de norm in plaats van µg/m<sup>3</sup>, <sup>6)</sup> groei-seizoensgemiddelde concentratie, <sup>7)</sup> de waarde over 1993.

Naast de Nederlandse emissies zijn er nog grote invloeden van buitenlandse emissies en van meteorologische condities, die in veel gevallen het beeld zelfs kunnen domineren. Zo was het jaar 1998 het natste van de eeuw, waardoor de concentraties van een aantal stoffen zoals fijn stof flink verlaagd zijn (*Jaaroverzicht luchtkwaliteit 98/99*).

Tabel B2.2 **Bodemkwaliteit** in Nederland in het landelijk gebied, 1995. Percentage locaties per bodemtype waar het gehalte hoger is dan de streefwaarde<sup>1)</sup>. Diepte 0-10 cm beneden maaiveld (Bron: Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit RIVM).

	Cadmium	Zink	Lood	Koper	Chroom	Kwik	B[a]P	Som PAK	Som DDT
Streefwaarde in een standaardbodem (mg/kg)	0,8	140	85	36	100	0,3	0,025	1	0,0025
Zandgebieden	2	1	0	6	0	0	64	4	35
Rivierkleigebieden	30	15	10	10	0	5	75	10	5
Zeekleigebieden	2	2	2	5	0	2	93	9	20
Laagveengebieden	0	11	33	33	0	22	67	0	6

<sup>1)</sup> De streefwaarde is afhankelijk van het organische-stof- en lutumgehalte van de bodem. In de eerste rij is de streefwaarde voor een standaardbodem gegeven (10% organische stof en 25% lutum).

Tabel B2.3 **Grondwaterkwaliteit** in Nederland, 1990-1999. Percentage waarnemingen per fysisch-geografisch gebied waarin de concentratie van een stof in het grondwater hoger is dan de kwaliteitsnorm (meestal de streefwaarde). Diepte 5-15 m beneden maaiveld<sup>1)</sup> (Bron: Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit RIVM).

Component	Grondsoort (grondgebruik)	Aantal waarnemingen	1990	1995	1998	1999	Streefwaarde (mg/l)
			% > sw				
Cadmium	Zandgebieden-landbouw	113	14	17	15	13	0,0004
	Zandgebieden-natuur	43	26	23	21	19	
	Rivierengebied-landbouw	29	3	0	0	0	
	Zeekleigebied-landbouw	44	2	7	0	0	
	Laagveen-landbouw	26	0	0	0	0	
Zink	Zandgebieden-landbouw	113	10	10	10	9	0,065
	Zandgebieden-natuur	43	23	23	21	19	
	Rivierengebied-landbouw	29	3	3	0	0	
	Zeekleigebied-landbouw	44	0	9	2	2	
	Laagveen-landbouw	26	4	4	4	4	
Lood	Zandgebieden-landbouw	113	3	2	2)	2)	0,015
	Zandgebieden-natuur	43	2	0	2)	2)	
	Rivierengebied-landbouw	28	4	0	2)	2)	
	Zeekleigebied-landbouw	43	0	2	2)	2)	
	Laagveen-landbouw	26	0	4	2)	2)	
Nikkel	Zandgebieden-landbouw	113	14	18	16	14	0,015
	Zandgebieden-natuur	43	26	26	26	23	
	Rivierengebied-landbouw	29	0	0	0	0	
	Zeekleigebied-landbouw	44	0	0	2	2	
	Laagveen-landbouw	26	0	0	0	0	
Koper	Zandgebieden-landbouw	113	5	4	3	5	0,015
	Zandgebieden-natuur	43	5	5	7	5	
	Rivierengebied-landbouw	29	0	0	0	0	
	Zeekleigebied-landbouw	44	0	0	0	0	
	Laagveen-landbouw	26	0	0	4	4	
Chroom	Zandgebieden-landbouw	113	67	40	34	36	0,001
	Zandgebieden-natuur	43	61	42	35	37	
	Rivierengebied-landbouw	29	38	3	3	3	
	Zeekleigebied-landbouw	44	79	36	25	29	
	Laagveen-landbouw	26	81	50	46	42	
Arseen	Zandgebieden-landbouw	113	3	3	4	4	0,01
	Zandgebieden-natuur	43	2	0	2	0	
	Rivierengebied-landbouw	29	14	21	21	17	
	Zeekleigebied-landbouw	44	2	5	2	5	
	Laagveen-landbouw	26	0	0	0	0	



Tabel B2.3 (vervolg) **Grondwaterkwaliteit** in Nederland, 1990-1999. Percentage waarnemingen per fysisch-geografisch gebied waarin de concentratie van een stof in het grondwater hoger is dan de kwaliteitsnorm (meestal de streefwaarde). Diepte 5-15 m beneden maaiveld<sup>1)</sup> (Bron: Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit RIVM).

Component	Grondsoort (grondgebruik)	Aantal waarnemingen	1990	1995	1998	1999	Streefwaarde (mg/l)
			% > sw				
Aluminium	Zandgebieden-landbouw	113	21	19	15	16	0,2
	Zandgebieden-natuur	43	33	33	37	35	
	Rivierengebied-landbouw	29	3	0	0	0	
	Zeekleigebied-landbouw	44	5	7	5	5	
	Laagveen-landbouw	26	4	4	4	4	
Sulfaat	Zandgebieden-landbouw	113	8	9	8	6	150
	Zandgebieden-natuur	43	0	2	2	2	
	Rivierengebied-landbouw	29	7	7	7	17	
	Zeekleigebied-landbouw	44	25	23	21	18	
	Laagveen-landbouw	26	4	4	4	4	
Kalium	Zandgebieden-landbouw	113	20	22	24	23	12
	Zandgebieden-natuur	43	5	2	2	2	
	Rivierengebied-landbouw	29	7	7	7	7	
	Zeekleigebied-landbouw	44	52	52	52	52	
	Laagveen-landbouw	26	27	27	27	31	
Nitraat-stikstof	Zandgebieden-landbouw	113	23	22	20	19	11,3 <sup>3)</sup>
	Zandgebieden-natuur	43	2	7	2	2	
	Rivierengebied-landbouw	29	3	3	3	3	
	Zeekleigebied-landbouw	44	0	0	0	0	
	Laagveen-landbouw	26	0	0	0	0	
Ammonium- stikstof	Zandgebieden-landbouw	113	23	22	19	19	2
	Zandgebieden-natuur	43	5	7	7	7	
	Rivierengebied-landbouw	29	3	7	7	7	
	Zeekleigebied-landbouw	44	45	45	43	41	
	Laagveen-landbouw	26	31	31	31	31	
Totaal-fosfor	Zandgebieden-landbouw	113	6	10	4	5	0,4
	Zandgebieden-natuur	43	0	0	0	0	
	Rivierengebied-landbouw	29	0	0	0	0	
	Zeekleigebied-landbouw	44	18	18	7	11	
	Laagveen-landbouw	26	11	11	11	11	

1) Indien in het aangegeven jaar waarnemingen ontbreken zijn waarnemingen gebruikt van hoogstens een van de twee vorige jaren of van één of twee volgende jaren.

2) Geen metingen uitgevoerd.

3) Dit betreft de EU-richtwaarde voor nitraat in grondwater.

Tabel B2.4 Geïndexeerde oppervlaktewaterkwaliteit in Nederland voor rijks- en regionale wateren (Bron: CIW).

**Regionale wateren<sup>1)</sup>** (Bron: CIW, Water in beeld, 2000).

	1990	1995	1997	1998
Totaal-P	3,3	2,2	2,1	2,0
Totaal-N	2,2	2,2	2,3	2,7
Cu	2,7	2,9	2,5	2,3
Ni	1,5	1,4	1,3	1,4
Zn	1,4	1,3	1,1	1,6

Andere zware metalen beneden MTR.

<sup>1)</sup> De circa 200 locaties waarop gemeten wordt wisselen van jaar tot jaar. Alle getallen van regionale wateren moeten daarom worden geïnterpreteerd als indicatieve waarden; geïndexeerd ten opzichte van de richtinggevende waarde (nutriënten) of MTR (zware metalen).

**Grote rivieren<sup>1)</sup>** (Bron: CIW, Water in Beeld, 1999).

	1990	1995	1997	1998
Totaal-P	2,3	1,7	1,9	1,9
Totaal-N	2,3	2,0	1,9	1,8
Cu	2,2	2,0	1,7	2,3
Zn	2,0	1,7	1,2	1,3

Andere zware metalen niet gerapporteerd.

<sup>1)</sup> Geïndexeerd ten opzichte van de richtinggevende waarde (nutriënten) of MTR (zware metalen).

**Zoute wateren<sup>1)</sup> Nutriënten** (Bron: RIKZ).

	1990	1995	1997	1998
<b>Kustzone Noordzee</b>				
DIP <sup>2)</sup> winter	3,0	2,1	1,6	1,7
DIN <sup>2)</sup> winter	3,8	4,4	3,9	3,7
<b>Zuidelijke Noordzee</b>				
DIP <sup>2)</sup> winter	0,9	0,9	0,9	0,7
DIN <sup>2)</sup> winter	0,7	0,7	0,7	0,7

<sup>1)</sup> 50 percentiel; geïndexeerd ten opzichte van de achtergrondwaarden.

<sup>2)</sup> DIP = dissolved inorganic phosphorus; DIN = dissolved inorganic nitrogen.

**Zoute wateren<sup>1)</sup> Zware metalen** (Bron: RIKZ).

	1996	1997	1998
<b>Westerschelde</b>			
Cu	1,0	0,9	0,9
Zn	1,8	1,7	1,6
<b>Kustzone</b>			
Cu	0,7	0,7	1,1
Zn	1,4	1,2	1,2
<b>Waddenzee West</b>			
Cu	0,7	0,7	0,7
Zn	1,3	1,2	1,1
<b>Waddenzee Oost</b>			
Cu	0,6	0,6	0,6
Zn	1,1	1,1	1,1
<b>Eems Dollard</b>			
Cu	0,6	0,5	0,6
Zn	1,2	1,1	1,1

<sup>1)</sup> Zware metalen in zwevend stof, 90 percentiel; gestandaardiseerd, geïndexeerd ten opzichte van de streefwaarde.

## Bijlage 3 Productie en verwerking van afval per doelgroep

*Productie en verwerking van afval per doelgroep in 1990, 1995, 1998 en 1999 (exclusief verontreinigde grond, baggerspecie en mest) in miljoen kg.*

Doelgroep	Verwerkingwijze	1990	1995	1998	1999
Consumenten	hergebruik	985	2925	3595	3720
	verbranden	1925	1865	3365	3585
	storten	3285	2530	1100	1025
	<b>totaal</b>	<b>6195</b>	<b>7320</b>	<b>8060</b>	<b>8330</b>
Verkeer	hergebruik	1060	990	810	780
	verbranden	70	60	55	50
	storten	155	40	35	40
	<b>totaal</b>	<b>1285</b>	<b>1090</b>	<b>900</b>	<b>870</b>
Landbouw	hergebruik	1210	1250	1750	1760
	verbranden	75	75	45	45
	storten	305	305	10	10
	<b>totaal</b>	<b>1590</b>	<b>1630</b>	<b>1805</b>	<b>1815</b>
Industrie (incl. raffin.)	hergebruik	13880	16240	17175	16855
	verbranden	645	890	1115	1120
	storten	3660	1580	1475	1430
	lozen	1805	1420	1420	1210
<b>totaal</b>	<b>19510</b>	<b>20130</b>	<b>21185</b>	<b>20615</b>	
HDO	hergebruik	740	1580	2290	2380
	verbranden	900	750	1020	955
	storten	2350	1775	1490	1490
	<b>totaal</b>	<b>3990</b>	<b>4105</b>	<b>4800</b>	<b>4825</b>
Bouw	hergebruik	9315	12910	15440	15665
	verbranden	165	160	235	260
	storten	3200	1030	965	1215
	<b>totaal</b>	<b>12690</b>	<b>14100</b>	<b>16640</b>	<b>17140</b>
Energie	hergebruik	1280	1355	1620	1410
	verbranden	25	0	5	5
	storten	85	25	70	70
	<b>totaal</b>	<b>1390</b>	<b>1380</b>	<b>1695</b>	<b>1485</b>
RWZI's	hergebruik	2075	360	225	215
	verbranden	80	895	925	945
	storten	770	880	255	235
	<b>totaal</b>	<b>2920</b>	<b>2135</b>	<b>1405</b>	<b>1395</b>
Drinkwatervoorz.	hergebruik	60	50	55	55
	storten	65	50	40	40
	<b>totaal</b>	<b>125</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>95</b>
TOTAAL	HERGEBRUIK	30605	37660	42960	42840
	VERBRANDEN	3885	4695	6765	6965
	STORTEN	13880	8215	5440	5555
	LOZEN	1815	1420	1420	1210
	<b>TOTAAL</b>	<b>50180</b>	<b>51990</b>	<b>56585</b>	<b>56570</b>

## Bijlage 4 Ontwikkeling milieukosten

Milieukosten per doelgroep per thema voor de jaren 1990, 1995, 1998, 1999 en 2004 in miljoenen gulden (prijspeil 2000).

	land- bouw	indu- strie & raffina- derijen	energie	verkeer	consu- menten	HDO	bouw	afval- ver- werking	actoren in de water- keten	TOTAAL
<b>1990</b>										
Verzuring <sup>1)</sup>	5	262	359	370	5	13	2	0	0	1015
Klimaatverandering	0	0	0	0	0	205	0	0	0	205
Vermesting	83	56	0	0	0	2	0	110	225	476
Verspreiding	0	1148	112	500	0	33	0	185	940	2918
Verwijdering	0	93	20	0	0	33	52	3409	1458	5066
Verstoring	0	130	111	273	0	231	2	0	0	747
Onderzoek en ontwikkeling	0	111	30	0	0	394	0	0	89	624
Uitvoering en handhaving	2	103	14	0	0	822	3	0	233	1178
Verontreiniging bodem	0	119	58	0	4	344	16	0	0	541
Overig <sup>2)</sup>	0	26	32	0	2	1	0	0	0	60
<b>TOTAAL</b>	<b>90</b>	<b>2047</b>	<b>737</b>	<b>1143</b>	<b>10</b>	<b>2078</b>	<b>76</b>	<b>3704</b>	<b>2945</b>	<b>12830</b>
<b>1995</b>										
Verzuring <sup>1)</sup>	393	375	581	373	32	18	5	5	0	1781
Klimaatverandering	0	0	22	0	0	489	0	0	0	511
Vermesting	117	61	0	0	0	21	0	185	321	706
Verspreiding	170	1208	167	479	0	174	49	305	1152	3703
Verwijdering	0	159	25	0	0	19	70	5462	1422	7157
Verstoring	1	134	154	280	0	323	3	0	0	894
Onderzoek en ontwikkeling	0	128	43	0	0	523	0	0	113	807
Uitvoering en handhaving	4	156	36	0	0	1317	7	0	306	1825
Verontreiniging bodem	0	186	154	0	12	697	27	0	88	1164
Overig <sup>2)</sup>	4	144	40	0	15	41	0	0	0	244
<b>TOTAAL</b>	<b>689</b>	<b>2550</b>	<b>1221</b>	<b>1131</b>	<b>59</b>	<b>3621</b>	<b>161</b>	<b>5956</b>	<b>3402</b>	<b>18792</b>
<b>1998</b>										
Verzuring <sup>1)</sup>	323	477	499	369	101	27	5	5	0	1807
Klimaatverandering	0	1	22	0	8	900	0	0	0	931
Vermesting	108	62	0	0	0	169	0	159	341	840
Verspreiding	213	1274	158	477	8	212	55	300	1110	3809
Verwijdering	0	170	28	0	0	20	79	6045	1365	7707
Verstoring	1	133	173	294	0	272	3	0	0	875
Onderzoek en ontwikkeling	0	160	43	0	0	875	0	0	118	1196
Uitvoering en handhaving	4	183	33	0	0	1242	8	0	318	1787
Verontreiniging bodem	0	220	155	0	14	904	29	0	88	1411
Overig <sup>2)</sup>	5	151	65	0	0	109	0	0	0	331
<b>TOTAAL</b>	<b>654</b>	<b>2831</b>	<b>1177</b>	<b>1140</b>	<b>131</b>	<b>4731</b>	<b>178</b>	<b>6510</b>	<b>3341</b>	<b>20694</b>

1) Milieukosten Verzuring hebben betrekking op NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub>.

2) Overig omvat aantasting ozonlaag, verdroging en landschap.

Milieukosten (vervolg) per doelgroep per thema voor de jaren 1990, 1995, 1998, 1999 en 2004 in miljoenen guldens (prijspeil 2000).

	land- bouw	indu- strie & raffina- derijen	energie	verkeer	consu- menten	HDO	bouw	afval- ver- werking	actoren in de water- keten	TOTAAL
<b>1999</b>										
Verzuring <sup>1)</sup>	318	510	479	395	105	30	5	5	0	<b>1848</b>
Klimaatverandering	0	3	22	0	12	901	0	0	0	<b>938</b>
Vermesting	113	62	0	0	0	472	0	165	353	<b>1164</b>
Verspreiding	222	1295	156	506	11	226	169	302	1138	<b>4026</b>
Verwijdering	0	173	26	0	4	22	81	6044	1430	<b>7781</b>
Verstoring	1	135	178	307	0	317	3	0	0	<b>941</b>
Onderzoek en ontwikkeling	0	168	43	0	0	930	0	0	118	<b>1259</b>
Uitvoering en handhaving	4	186	32	0	0	1249	8	0	318	<b>1797</b>
Verontreiniging bodem	0	225	155	0	15	856	29	0	88	<b>1368</b>
Overig <sup>2)</sup>	6	154	64	0	0	106	0	0	1	<b>331</b>
<b>TOTAAL</b>	<b>664</b>	<b>2912</b>	<b>1155</b>	<b>1208</b>	<b>147</b>	<b>5109</b>	<b>296</b>	<b>6515</b>	<b>3446</b>	<b>21453</b>
<b>2004 behoedzaam</b>										
Verzuring <sup>1)</sup>	311	599	499	893	137	99	6	6	0	<b>2548</b>
Klimaatverandering	41	67	69	0	51	1745	0	0	0	<b>1968</b>
Vermesting	179	68	0	0	0	123	0	169	464	<b>1003</b>
Verspreiding	248	1435	158	537	33	249	182	310	1491	<b>4643</b>
Verwijdering	0	193	26	0	54	31	87	6803	2216	<b>9409</b>
Verstoring	1	163	174	395	0	197	4	0	0	<b>933</b>
Onderzoek en ontwikkeling	0	192	41	0	0	1027	0	0	118	<b>1379</b>
Uitvoering en handhaving	5	204	29	0	0	1329	8	0	318	<b>1893</b>
Verontreiniging bodem	0	266	156	0	16	824	35	0	88	<b>1385</b>
Overig <sup>2)</sup>	8	152	64	0	0	100	0	0	57	<b>381</b>
<b>TOTAAL</b>	<b>791</b>	<b>3338</b>	<b>1217</b>	<b>1825</b>	<b>291</b>	<b>5720</b>	<b>321</b>	<b>7287</b>	<b>4753</b>	<b>25543</b>

1) Milieukosten Verzuring hebben betrekking op NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub>.

2) Overig omvat aantasting ozonlaag, verdroging en landschap.



# Afkortingenlijst

AIW	Acidofiele Indicatie Waarde	LON	Lichenologisch Onderzoekbureau
AOT	Accumulated over treshold		Nederland
AVI	Afvalverbrandingsinstallatie	m-eq	vermestingsequivalenten
BBP	Bruto Binnenlands Product	MINAS	Mineralenaangiftesysteem
BEES	Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties	MJA	Meerjarenafspraak
BMP	Bedrijfsmilieuplan	MBT	(Stichting) Milieubewuste voedingstuinbouw
BRZO	Besluit Risico's Zware Ongevallen	MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico
CFK	Chloorfluorkoolwaterstoffen (volledig gehalogeneerd)	MWe	Mega-Watt elektriciteit
CH <sub>4</sub>	Methaan	MWh	Mega-Watt uur
CIW	Commissie Integraal Waterbeheer	N	Stikstof
CLRTAP	Convention on Long Range Transboundary Air Pollution	NITG-TNO	Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
CO	Koolmonoxide	N <sub>2</sub> O	Distikstofoxide
CO <sub>2</sub>	Kooldioxide	NH <sub>3</sub>	Ammoniak (emissie)
CPB	Centraal Planbureau	NH <sub>x</sub>	Ammoniak (depositie)
CPR	Commissie Preventie van Rampen	NIW	Nitrofiel Indicatie Waarde
CSTM	Centrum voor Schone Technologie en Milieubeleid	NMP	Nationaal Milieubeleidsplan
dB(A)	decibel (audio)	NO	Stikstofmonoxide
DALY	Disability adjusted life years	NO <sub>2</sub>	Stikstofdioxide
DLO	Dienst Landbouwkundig Onderzoek	NO <sub>x</sub>	Stikstofoxiden (emissie)
ECE	Economic Commission for Europe	O <sub>3</sub>	Ozon
EFTEC	Economics for the Environmental Consultancy	OV	Openbaar vervoer
EHS	Ecologische hoofdstructuur	ppm	parts per million (10 <sup>-6</sup> )
EM-veld	Elektromagnetisch veld	P	Fosfor
ELF-veld	Extreem-laagfrequente EM-veld	PAK	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
EU	Europese Unie	PAWN	Policy analysis of Watermanagement Netherlands
EVR	Extern-veiligheidsrapport	PFK	Perfluorkoolwaterstof
GGOR	Gewenste Grond- en OppervlaktewaterRegiem	PJ	Peta Joule (10 <sup>15</sup> )
GR	Groepsrisico	PKB	Planologische Kernbeslissing
HDO	Handel, diensten en overheid	PM <sub>10</sub>	Fijn stof
HFK	Fluorkoolwaterstoffen	REB	Regulerende Energiebelasting
ICES	Interdepartementale Commissie voor het Economisch Structuurbeleid	RF-veld	Radiofrequente EM-veld
ICT	Informatie- en Communicatie-technologie	RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
IR	Individueel risico	SF <sub>6</sub>	Zwavelhexafluoride
KWS2000	Koolwaterstoffen2000	SO <sub>2</sub>	Zwavedioxide (emissie)
Ke	Kosteneenheden	VOS	Vluchtige organische koolwaterstoffen
LAeq	Equivalente dosismaat	Wbb	Wet bodembescherming
Lden	LAeq Day, Evening, Night	WHO	World Health Organization
		WKK	Warmte/kracht-koppeling
		WVO	Wet verontreiniging oppervlaktewateren
		z-eq	verzuringsequivalenten





# Referenties

## 1 Inleiding

- Ester, P. and H. Vinken (2000). Sustainability and the cultural factor, results from the Dutch GOES mass public module. Globus, Institute for Globalization and Sustainable Development (report no. 953217), Tilburg University, Tilburg/RIVM (report no. 410 200 048), Bilthoven.
- Gatersleben, B.C.M. (2000). Sustainable Household Metabolism and Quality of Life. Thesis RU Groningen.
- Vlek, C.A.J., A.J. Rooijers en E.M. Steg (1999). Duurzaam Consumeren. Publicatiereeks milieustrategie 1999/9. Ministerie van VROM, Den Haag.
- Vringer, K. and K. Blok (1995). The direct and indirect energy requirements of households in the Netherlands. Energy Policy, vol. 23, no. 10, pp. 893-910.

## 2 Dertig jaar Milieubeleid

- Arentszen, M.J. and R.W. Künneke (1996). Economic organization and liberalization of the electricity industry. In: Energy Policy, vol. 24, no. 6, pp. 541-552.
- 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. CSTM, in publicatiereeks Milieustrategie, nr. 2000/4. Ministerie van VROM, Den Haag.
- CPB (1989). Economische gevolgen van een drietal scenario's van milieubeleid in Nederland tot 2010. Werkdocument 29. Centraal Plan Bureau, Den Haag.
- 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 opgevoerd; Methodiek en toepassing in milieubalans 1995, 1996 en 1997. RIVM (rapportnr. 408 137 002), Bilthoven.
- Holland, M.R., D. Forster and K. King (1999). Cost-benefit analysis for the protocol to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone in Europe. Publicatiereeks Lucht & Energie, nr. 133. Ministerie van VROM, Den Haag.
- Kemp, R. (2000). Governance of environment - enhancing technical change - past experiences and suggestions for improvement. Merit Research Memorandum 20-013. Maastricht university, Maastricht.
- Maas, R.J.M. (2000a). De toekomst van gisteren, de emissieplafonds in het bestrijdingsplan Verzuring en de veranderde inzichten in de afgelopen twee jaar. In: Lucht, jrg. 17, nr. 1 (maart 2000), pp. 6-8.
- Maas, R.J.M. (2000b). Wat is het leven ons waard? Kosten-baten analyse in het milieubeleid. In: Arena, nr. 3 (mei 2000), pp. 10-11.
- 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 (1995). Milieubalans 1995. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.
- 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, EFTEC, NTUA and IASA (2000). European Environmental Priorities: an Integrated Economic and Environmental Assessment. RIVM (report no. 481 505 010), Bilthoven.
- SEI (1999). Costs and strategies presented by industry during the negotiation of environmental regulations. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- Universiteit Utrecht (1997). Afspraken werken, evaluatie meerjarenafspraken over energie-efficiency. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- VROM-raad (1999). Nederland en het Europese Milieu, advies over differentiatie in het Europese Milieubeleid. Advies nr. 019. VROM-raad, Den Haag.

## 3 Energiegebruik en klimaatverandering

- CBS (1999). De Nederlandse Energiehuishouding, jaarcijfers 1998 (deel 1). Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.
- KNMI, European Climatic Assessment, preliminary date 2000. [www.knmi.nl/samenw/eca/index.html](http://www.knmi.nl/samenw/eca/index.html)

- EZ (1995). Derde Energienota. Ministerie van Economische Zaken, Tweede Kamer, vergaderjaar 1995-1996, dossier 24525, nrs. 1-2, Den Haag.
- EZ (1999a). Meerjarenaafspraken over energie-efficiency, resultaten 1998. DG Energie, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- EZ (1999b). Duurzame energie in uitvoering, voortgangsrapportage 1999. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Gillissen, M., H. Opschoor, J. Farla and K. Blok (1995). Energy conservation and investment behaviour of firms. Amsterdam Free University, Amsterdam.
- Haasnoot, M., J.A.P.H. Vermulst and H. Middelkoop (1999). Impact of climate change and land subsidence on the water systems in the Netherlands. RIZA (report no 99.049), Lelystad.
- Harvey, D. (2000). Global Warming, the hard science. Prentice Hall.
- IPCC (1990). IPCC Scientific Assessment 1990. Cambridge University Press, United Kingdom.
- IPCC (1996). Climate Change 1995, the science of climate change. WMO/UNEP, Cambridge University Press, United Kingdom.
- Jones, P.D., M. New, D.E. Parker, S. Martin and I.G. Rigor (1999). Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev. Geophys.*, vol. 37, pp. 173-199. (<http://www.cru.uae.ac.uk/cru/info/warming>)
- Keeling, C.D. and T.P. Whorf (1999). Atmospheric CO<sub>2</sub> records from sites in the SIO air sampling network. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge. (<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends>)
- KNMI (1999). De toestand van het klimaat in Nederland. KNMI, De Bilt.
- Oude Essink, G.H.P. (1996). Impact sea level rise on groundwater flow regimes. A sensitivity analysis for The Netherlands. Thesis TU Delft, Delft.
- Phylipsen, G.J.M. (2000). International comparisons and national commitments; analysing energy and technological differences in the climate debate. Thesis Utrecht University, Utrecht.
- Reinders, A.H.M.E., K. Vringer and K. Blok (1999). The direct and indirect energy requirement of households in the European Union in 1994. NW&S (research report no. 99019), Utrecht University, Utrecht.
- Rietbergen, M. and K. Blok (1999). The environmental performance of voluntary agreements on industrial energy efficiency improvement. NW&S (research report no. 99068), Utrecht university, Utrecht.
- RIVM (1999). Milieubalans 1999. Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan de Rijn.
- Rothrock, D.A., Y. Yu and G.A. Maykut (1999). Thinning of the Arctic Sea-Ice Cover. In: *Geophysical Research Letters*, vol. 26, no. 23, pp. 3469-3472.
- SCP (1995). Tijdsopnamen. Een onderzoek naar verschillen en veranderingen in de dagelijkse bezigheden van Nederlanders op basis van tijdbudgetgegevens. Sociaal en Cultureel Planbureau/VUGA, Rijswijk/Den Haag.
- SCP (1999). Naar andere tijden? Tijdsbesteding en tijdsordening in Nederland, 1975-1995. Sociaal en Cultureel Planbureau/VUGA, Rijswijk/Den Haag.
- VROM (1999). Uitvoeringsnota Klimaatbeleid. Ministerie van VROM, Tweede Kamer, vergaderjaar 1998-1999, dossier 26 603, nr. 2, Den Haag.
- V&W en VROM (1990). Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV-II). Ministerie van V&W en Ministerie van VROM, Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, dossier 20 992, nr. 15, Den Haag.

## 4 Grensoverschrijdende luchtverontreiniging

- Aalst, R.M. van, H.J.T. Bloemen, L. van Bree, E. Buringh, H.S.M.A. Diederer, P.H. Fischer, A.E.M. de Hollander, D.J.M. Houthuijs, W.H. Könemann, E. Lebet, S. de Loos, M. Marra, P.J.A. Rombout en H.J. van Scheindelen (1995). Kwantitatieve schatting van het gezondheidseffect voor de Nederlandse bevolking door blootstelling aan PM<sub>10</sub> ("fijn stof"). RIVM (rapportnr. 623 710 002), Bilthoven.
- Bloemen, H.J.Th., L. van Bree, E. Buringh, P.H. Fischer, S. de Loos, M. Marra en P.J.A. Rombout (1998). Fijn stof in Nederland, een tussenbalans. RIVM (rapportnr. 650 010 006), Bilthoven.
- Erden, L. van der (1994). Effecten op biosystemen. In: *Dutch priority programme on acidification*. Eindrapport additioneel programma verzuringsonderzoek, derde fase (1991-94). Rapportnr. 300-05. Eindredactie: G.J. Heij en T. Schneider.
- EEA (1999). Environmental signals 2000. European Environment Agency, Copenhagen.
- Heilijgers, R.E. (2000). Archiefonderzoek naar de NO<sub>x</sub>-emissie van verschillende branches, KW2. Rapportnr. 990960.RO2, Amersfoort.
- Hoek, G., A. Verhoeff and P. Fischer (1997). Daily mortality and air pollution in the Netherlands, 1986-1994. Wageningen University (report no. 1997-481), Wageningen.
- Rombout, P.J.A., H.J.Th. Bloemen, L. van Bree, E. Buringh, F.R. Cassee, P.H. Fischer, J.L. Freijer, H. Kruij, M. Marra and A. Opperhuizen (1999). Health risks in relation to air quality, especially particulate air pollution. Interim report. RIVM (report no. 650 010 020), Bilthoven.

UN-ECE (1999). Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone. UN-ECE, Geneva.

Vonk, J.M. and J.P. Schouten (1998). Daily emergency hospital admissions and air pollution in the Netherlands 1982-1986 and 1986-1995. Groningen University (VROM reg. no. 96140072), Groningen.

WGE (1999). Trends in impacts of long-range transboundary air pollution. Working group on effects of the UN/ECE convention on long-range transboundary air pollution, Centre for Ecology and hydrology, National Environment Research Council (ISBN 1 870393 52 X).

## 5 Het milieu in het landelijk gebied

CIW (1999). Water in beeld 1999. Voortgangsrapportage over het waterbeheer in Nederland. Commissie Integraal Waterbeheer, Den Haag.

Herk, C.M. van (1998). Onderzoek naar de relatie tussen de ammoniakconcentratie en epifytische korstmossen. Lichenologisch Onderzoeksbureau Nederland, Soest.

Köster, H.W. (1998). Milieubewuste vormen van akkerbouw, een momentopname. RIVM (rapportnr. 715 651 006), Bilthoven.

LEI (2000). Het platteland op de kaart; Sociaal-economische verkenning. Landbouw economisch instituut, Den Haag.

LNV (1999). Integrale aanpak Mestproblematiek. Ministerie van LNV, Den Haag.

LNV, VROM, V&W en Ministerie voor Ontwikkelingssamenwerking (2000). Natuur voor mensen, mensen voor natuur (Nota natuur, bos en landschap in de 21e eeuw). Den Haag.

Meijden, R. van der, B. Ode, C.L.G. Groen, J.P.M. Witte en D. Bal (2000). Bedreigde kwetsbare vaatplanten in Nederland. Basisrapport met voorstel Rode Lijst.

RIVM/DLO (2000). Natuurbalans 2000. RIVM/DLO, Bilthoven/Wageningen.

RIVM (2000). Nationale Milieuverkenning 5. Samsom bv, Alphen aan de Rijn.

Schröder, J.J. en W.J. Corré (eds.) (2000, in voorbereiding). Actualisering stikstof en fosfaat desk studies. Rapport PRI-WUR, Wageningen.

Vonk, M., J.R.M. Alkemade, M. Bakkenes, D.J. van der Hoek, F.G. Wortelboer, S. van Dijk, C.J. Roghair, D. van Meent (2000, in voorbereiding). Berekening van effecten van milieu op natuur ten behoeve van de 5e Nationale Milieuverkenning. RIVM, Bilthoven.

Willems, W.J., T.V. Vellinga, O. Oenema, J.J. Schröder, H.G. van der Meer, B. Fraters en H.F.M. Aarts (2000). Onderbouwing van het Nederlandse derogatieverzoek in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn. RIVM (rapportnr. 718 201 002), Bilthoven.

## 6 De mens in de stedelijke leefomgeving

ABEL (1998). Algemeen beleidskader externe veiligheid burger- luchtvaartterreinen. ABEL conferentie, Utrecht.

AVIV (2000). EVR inrichtingenbestand (peiljaar 1999). Adviesbureau AVIV, Enschede.

Berenschot (1999). Voedselveiligheid: Waar borgen en waar zorgen. Onderzoek naar het waarborgen van voedselveiligheid. C8213. Utrecht.

Buijsman, E. (1999). Assessment of air quality for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Netherlands. RIVM (report no. 729 999 001), Bilthoven.

Burema, L., K. Biersteker, H. de Graaf (1964). Luchtverontreiniging en gezondheid in Rotterdam. Commissie Bodem, Water en Lucht, Rotterdam.

CBS (1997). Mobiliteit in Nederland; Resultaten onderzoek verplaatsingsgedrag 1996. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.

Coolen, M.A.J., A.L. de Jong, C.A. Bank en H. Heida (1993). Buitenluchtverontreiniging in Amsterdam 1971-1991. OMEGAM, Amsterdam.

DCMR (2000). Het Milieu in de regio Rotterdam 2000. Project Milieumonitoring Stadsregio Rotterdam (ISBN 90 802579 6 6), Rotterdam.

Fischhoff, B. (1995). Risk perception and communication unplugged: Twenty years of process. In: Risk analysis, vol. 15, no 2.

Gemeente Rotterdam (1999). Leefkwaliteit in Overschie; Onderzoek in het kader van project Stad en Milieu. Gemeente Rotterdam en Início, Rotterdam.

Gezondheidsraad (1999). Public health impact of large airports. Adviesnr. 1999/14E, Den Haag.

Gezondheidsraad (2000). Radon: toetsing rapport BEIR VI. Publicatienr. 2000/05, Den Haag.

Harms, L.W.J. (2000). Verkeer verdeeld; een onderzoek naar de ruimtelijke verdeling van personen- en goederenverkeersstromen. RIVM (rapportnr. 773 002 015), Bilthoven.

Hollander, A.E.M. de, J.M. Melse, E. Lebreton en P.G.N. Kramers (1999). An aggregate public health indicator to represent the impact of multiple environmental exposures. In: Epidemiology, vol. 10, pp. 606-617.

IPO (2000, in voorbereiding). Interprovinciale rapportage milieu, water en natuur 2000. Interprovinciaal Overleg, Den Haag.

- Leidelmeijer, K. en G. Marsman (1999). Beleving van de leefkwaliteit; nadere analyses nulmeting Stad en Milieu. Ministerie van VROM, (98400-3215/3-99), Den Haag.
- NN (1975). Studie over 10 jaar SO<sub>2</sub>-onderzoek in Amsterdam 1965-1975. Biologisch Chemisch Laboratorium, Amsterdam.
- NN (1991). Meetresultaten '90. OMEGAM, Amsterdam.
- Pikaar, A.J. and C.J.M. de Jong (2000a). An enhanced method for the calculation of third party risk around airports. NLR (NLR CR 200-147), Amsterdam.
- Pikaar, A.J. en J. Weijts (2000b). Externe veiligheidsberekeningen aan de luchthaven Schiphol voor de Milieubalans 2000 en de Milieuverkenning 5 (her)berekeningen van de Milieubalans 1998, 1999 en 2000 en Milieuverkenning 2010 en 2020. NLR (NLR CR 2000-149), Amsterdam.
- Poll, R. van (1997). The perceived quality of the urban residential environment; a multi-attribute evaluation. Thesis Groningen University, Groningen.
- Poll, R. van, en M. Drijver (1999). Inventarisatie van milieu-gerelateerde klachten en ziekteclusters bij Nederlandse Gezondheidsdiensten. RIVM (rapportnr. 268 826 001), Bilthoven.
- RIVM (1997). Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997. Deel 1. Eindredactie: I.A.M. Maas, R. Gijzen, I.E. Lobbezoo en M.J.J.C. Poos. Elsevier/De Tijdstroom, Amsterdam.
- RIVM (1998). Schiphol binnen milieugrenzen, Beoordeling van de groeiomogelijkheden op Schiphol binnen de PKB-randvoorwaarden voor geluid en externe veiligheid voor de periode tot 2020. RIVM (rapportnr. 408 130 004), Bilthoven.
- Veen, M.P. van, L.E.M. Crommentuijn, M.P.M. Janssen, A.E.M. de Hollander (2000, in voorbereiding). Ventilatie en vochtigheid als bepalers van binnenmilieu-kwaliteit. Een studie voor Milieuverkenning 5. RIVM (rapportnr. 630 920 001), Bilthoven.
- Veld, R.J. in 't (2000). Willens en Wetens. RMNO, Rijswijk.
- Velze, K. van, H.S.M.A. Diederens, H.W. ter Maat en L. van Bree (2000). Schets van knelpunten in de luchtkwaliteit in Nederland. RIVM (rapportnr. 725 601 003), Bilthoven.
- VROM (1992). BRZO: Besluit Risico's Zware Ongevallen 1992. Staatsblad 291, Den Haag.
- VROM (1999). BRZO: Besluit Risico's Zware Ongevallen 1999. Staatsblad 234, Den Haag.
- Woudenberg, F. en L. Elsman (2000). Leefbaarheid in Rijnmond, GGD Rotterdam.

## Bijlagen

- Amstel, A.R. van, J.G.J. Olivier en P.G. Ruysse-naars (eds.) (2000). Monitoring of Greenhouse Gases in the Netherlands: uncertainty and priorities for improvement. Proceedings of a national workshop, Bilthoven, the Netherlands, 1 September 1999. RIVM (WIMEK report/ RIVM report no 773201 002), Bilthoven.
- CIW (1999). Water in beeld 1999. Voortgangsrapportage over het waterbeheer in Nederland. Commissie Integraal Waterbeheer, Den Haag.
- Olivier, J.G.J., J.C. van den Berg en J.A.H.W. Peters (2000). Greenhouse gas emissions in the Netherlands: Summary Report 1990-1998 (IPCC Tables 1-7). RIVM (report no 728 001 009) Bilthoven.
- RIVM (1999a). Meten, Rekenen en Onzekerheden. RIVM (rapportnr. 408 129 005), Bilthoven.
- RIVM (1999b). Meten, Rekenen en Onzekerheden. ADDENDUM. RIVM (rapportnr. 408 129 005). Bilthoven.
- Wesselink, L.G., W. Smeets, R.M.M. van de Brink en R. Thomas (1998). Fijn stof emissies in Nederland en buitenland. RIVM (rapportnr. 650 010 014) Bilthoven.
- RIVM (in voorbereiding) Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 98/99. RIVM, Bilthoven.

# Index

- Aantasting Ozonlaag 164-165
- Afval 8-9, 14, 41, 52, 149-150, 155, 163
- Afvalverwijdering 18, 31
- Ammoniak zie NH<sub>3</sub>
- Amsterdam 8, 80, 123-125, 127, 138-145
- Bedrijfsmilieuplannen 73
- Benchmarking 28, 48
- Benzeen 16-17, 124, 126, 139-140, 156, 159
- Bestrijdingsmiddelen 15, 29, 91, 94, 97, 109, 130
- Biodiversiteit 29, 31
- Bodem
- daling 59, 61
  - gebruik 17, 93
  - kwaliteit 128, 160
  - sanering 31, 128
  - verontreiniging 122, 128
- Bouw 76-77, 102, 117, 158, 163-165
- Broeikaseffect 16, 23, 35
- Broeikasgas 38
- Cadmium 71, 154-155, 157-160
- CFK's 29, 38, 56
- CH<sub>4</sub> 38, 53-56, 67, 76, 149-150
- Chloorverbindingen 109
- CO<sub>2</sub>
- emissie 9, 13, 37, 41, 50-53, 55
  - concentratie 38
- Consumenten 37, 41, 43, 45, 68, 72, 76-78, 92, 148, 150, 152-153, 155-157, 163
- Consumptie 12, 21-22, 40, 42, 54, 104
- Derogatieverzoek 106
- Dioxine 156
- Distikstofoxide zie N<sub>2</sub>O
- Drinkwater 91, 105
- Duurzaamheid 21, 28, 32
- Ecologische Hoofdstructuur zie EHS
- Economische ontwikkelingen 40, 50, 94
- Ecosystemen 8, 28, 57-58, 60, 66, 85, 99, 110-114
- aquatische- 112-114
  - terrestrische- 111
- EHS 93
- Elektriciteitsverbruik 41, 44
- Elektromagnetische velden 131
- Energie
- behoefte 9, 12-13
  - besparing 30, 37, 39, 45, 47-48, 50, 52, 74, 117
- energie
- gebruik 7, 9, 11-12, 21-23, 35, 37, 39-55, 57, 59, 61, 68, 148
  - voorziening 48, 73-74, 97
- Europa, Europese 5, 9, 13-14, 16, 28, 33, 35, 38, 54-55, 58, 65, 67-71, 78, 82, 84-85, 91, 94, 106, 126, 144
- Externe veiligheid 8, 18, 33, 121-122, 129, 131, 138, 142,
- EVR 129-130
- Fijn stof 13, 16, 30, 65-67, 69-70, 72, 77-78, 82-84, 86, 121, 125-126, 133, 139-140, 152, 159
- Fluoriden 159
- Fosfor, fosfaat
- belasting 103
  - rechten 9, 14, 95
  - verzadiging 106-107
- Geluid
- belasting 17, 115-116, 121, 128, 134, 140-142, 144-145
  - hinder 12, 17-18, 22, 30, 33, 91, 124, 128, 134, 143
- Geurhinder 91, 115-116, 121, 124, 135
- Gezondheid(s)
- effecten 8, 16, 78-79, 83, 85, 114, 132-134
  - risico's 9, 16, 28, 31, 131, 133, 135-136
  - risicoschattingen 86
  - verlies 133
- Grondwater 14, 30, 61, 89, 103-106, 108, 160-161
- Grondwaterstand 15, 108-111
- Handhaving 28-29, 32, 48, 137, 142, 144, 164-165
- HDO, handel diensten overheid 77, 150, 157, 163
- Heffingen 27, 32-33, 104
- Hergebruik 9, 14, 163
- Huidkanker 16
- Huishoudens 43-45, 53, 122, 127
- Industrie 12, 30, 37-38, 41, 46-48, 50, 53, 68-70, 72-77, 83, 91, 97, 103, 108, 116, 119, 122, 124-125, 134-135, 138, 140-141, 147-153, 155-158, 163
- Kernenergie 69
- Klimaatverandering 7, 21, 23, 30, 35, 37, 39-41, 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 147-150, 164-165
- Koolstofdioxide zie CO<sub>2</sub>
- Koolwaterstoffen 67, 71, 138-139
- Koper 154-155, 157-158, 160

- Korstmossen 84, 89, 112-113
- Kosteneffectiviteit 32
- Kwel 61
- Kwik 71, 154-155, 157-158, 160
- Kyoto 38, 53-54
- Landbouw
- beleid 94, 96
  - Alternatieve- 14, 94, 117
  - Biologische- 94-95
- Leefomgeving 8, 11, 17-18, 22-23, 91, 119, 121-123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137-139, 141, 143, 145
- Lood 71, 127, 154-155, 157-160
- LPG-tankstations 130-131
- Luchtkwaliteit 16, 18, 63, 66, 68, 70-72, 122, 124, 126-127, 137-140, 159
- Luchtvaart 17, 52-53, 76, 119, 140-142, 144, 148
- Mainports 8, 138-145
- Meerjarenafspraken, MJA 28, 32, 47-48
- Mest 14, 91, 94-97, 99-100, 104, 106, 116, 163
- Methaan zie CH<sub>4</sub>
- Milieubeleid 5, 7, 13, 23, 25, 27-33, 95-96, 115, 117
- Milieukosten 8, 18, 30, 164-165
- Milieustress 110-111, 114
- MINAS 14, 95, 106
- Mobiliteit 8-9, 11-12, 21-22, 37, 42, 45, 121-123
- Natuur
- gebied 65, 108
  - kwaliteit 93, 113
- NH<sub>3</sub>
- concentraties 100
  - emissie 14, 96-97, 151
  - gat 100, 151
  - koelinstallaties 130
- N<sub>2</sub>O 38, 53, 55-56, 149-150
- Nikkel 154-155, 157-158, 160
- Nitraat 14-15, 30, 89, 94, 100, 104-106, 161
- NO<sub>2</sub> 16, 65, 67, 78-80, 82, 85, 103, 121, 126, 138-140, 159
- NO<sub>x</sub> 13, 16-17, 28, 41, 65-67, 69-72, 74-79, 81, 84-85, 91, 97, 100-101, 103, 124-125, 139, 151, 164-165
- Ontkoppeling 11, 13, 17, 35, 65, 96, 124
- Oppervlaktewater 15, 27, 61, 89, 91, 97, 103-104, 106-108, 115, 147, 153, 158
- Organotinverbindingen 16, 109
- Ozon 16, 30, 56, 65-67, 78, 81, 85-86, 133, 139, 159
- PAK 67, 160
- Plantensoorten 9, 15, 84, 89, 110-111
- Prioritaire stoffen 8, 16, 18, 109
- Radioactiviteit 131
- Raffinaderijen 37, 41, 46-48, 50, 73, 76, 97, 99, 125, 147-153, 155-157
- Rijnmond 138-139, 141, 143
- Risico 7, 16, 21, 23, 28, 66, 84-86, 104, 121, 129-130, 132, 136, 142-143
- gezondheids- 9, 16, 28, 31, 122, 131, 133, 135-136
- beleving 136
  - communicatie 136
  - veiligheids- 142
- Rotterdam 8, 124, 127, 137-145
- RWZI 103, 107, 147, 153, 158, 163
- Rioolwaterzuiveringsinstallatie zie RWZI
- Schiphol 17, 130, 138-139, 141-145
- Smog 78-79
- SO<sub>2</sub>
- emissie 7, 73
- Sociaal-culturele ontwikkelingen 3, 22, 121, 137
- Stad, stedelijk 87, 90, 93-94, 115, 123-127, 138, 159
- Stikstof 14-15, 89, 95-96, 99-106, 111
- depositie 15, 102-103
  - emissie 96
  - heffing 95
  - oxiden zie NO<sub>x</sub>
  - beschikbaarheid 110-111
  - dioxide zie NO<sub>2</sub>
  - belasting 100, 103, 106
- Stiltegebieden 17, 91, 114-116
- Storten 163
- Straling 67, 131
- Technologie 23, 30
- Tuinbouw 90-92, 95-97
- Veehouderij 15, 91-92, 101-102, 109, 113
- Verdroging 8, 11, 84, 89, 91, 108-109, 111, 113, 164-165
- Verkeer
- weg- 9, 11-12, 17-18, 52-53, 74, 77, 116, 119, 121, 123-125, 128, 134-135, 138-141
  - rail- 134, 140-141
  - vlieg- 9, 17, 128-129, 134, 139, 142-143
- Vermesting 8, 11, 15, 30, 71, 84-85, 89, 95, 100, 103, 111-113, 147, 153, 164-165
- Verspreiding 8, 109, 154-158, 164-165
- Verstedelijking 123
- Verstoring 11, 84, 91, 164-165
- Vervoer 3, 9, 11-12, 21-22, 38, 45-46, 48, 52-53, 68, 72, 74, 76-78, 97, 122-124
- goederen- 53, 94
  - weg- 53
  - personen- 45-46, 138
  - rail- 53

Verwijdering	11, 164-165	Werkgelegenheid	40, 91
Verzuring	8, 11, 15, 28, 30, 65, 71, 84-85, 89, 91, 98-101, 111-112, 147, 151, 164-165	WKK	47, 51
Volksgesondheid	3, 27, 32, 91, 132-133	Warmte/kracht-koppeling zie WKK	
VOS	4, 13, 16-17, 41, 65-67, 69-72, 76-77, 79, 82, 124-125, 152	Zestienhoven	130, 138, 140, 142-143
Vuurwerk	131	Zeespiegelstijging	58-59, 61
Waterkwaliteit	27	Zware metalen	66, 71, 91, 109-111, 138, 155, 162
Welvaartsontwikkeling	9	Zwavel dioxide zie SO <sub>2</sub>	
		Zwemwater	30, 115











