

Het milieu in Europa: de tweede balans

4. Verzuring

European Environment Agency



4. Verzuring

Voornaamste bevindingen

Sinds het Dobris-rapport zijn de effecten van zure depositie als gevolg van de emissie van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak in zoet water enigszins afgenomen en vertonen de populaties van ongewervelde dieren op veel plaatsen weer een gedeeltelijk herstel. De vitaliteit van veel bossen neemt nog steeds af. Weliswaar hoeft de schade aan bossen niet per definitie verband te houden met verzuring, maar de langetermijneffecten van zure depositie op de bodem spelen wellicht toch een rol. In kwetsbare gebieden leidt verzuring tot een grotere mobiliteit van aluminium en zware metalen, met als gevolg grondwatervervuiling.

Sinds 1985 is de zure depositie afgenomen. De kritische belasting (het depositieniveau waarboven op lange termijn schadelijke effecten kunnen worden verwacht) wordt echter nog steeds op ongeveer 10% van het landoppervlak van Europa overschreden, voornamelijk in Noord- en Midden-Europa.

De uitstoot van zwaveldioxide in Europa is tussen 1980 en 1995 gehalveerd. De totale stikstofemissie (stikstofoxiden plus ammoniak), die tussen 1980 en 1990 ruwweg constant bleef, is tussen 1990 en 1995 met zo'n 15% gedaald, waarbij de grootste daling in de LMOE en de NOS werd geregistreerd.

De vervoersector is de grootste bron van NO_x-emissies geworden: in 1995 kwam 60% van de totale NO_x-uitstoot voor rekening van deze sector. Het vrachtvervoer over de weg steeg tussen 1980 en 1994 met 54%; het personenvervoer over de weg steeg tussen 1985 en 1995 met 46% en het personenvervoer door de lucht in diezelfde periode met 67%.

In West-Europa heeft de invoering van de katalysator geleid tot geringere emissies door de vervoersector. Vanwege het lage tempo waarin het wagenpark wordt vernieuwd, duurt het vrij lang voordat dergelijke maatregelen zichtbaar effect opleveren. Voor verdere reducties zijn waarschijnlijk fiscale maatregelen op het gebied van brandstoffen en voertuigen nodig.

Het particulier vervoer in de LMOE en de NOS heeft een aanzienlijk groeipotentieel, maar er bestaan ook mogelijkheden voor aanzienlijke verbeteringen van de energie-efficiëntie binnen die sector.

De beleidsmaatregelen ter bestrijding van de verzuring zijn slechts voor een deel succesvol geweest:

- De doelstelling in het NO_x-protocol bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand, om de uitstoot van stikstofoxiden vóór 1994 op het niveau van 1987 te stabiliseren, werd voor Europa als geheel gerealiseerd, maar niet door alle 21 partijen bij het protocol afzonderlijk. Sommige partijen en niet-partijen bereikten echter aanzienlijke reducties.
- In het Vijfde Milieuactieprogramma van de Europese Commissie is de doelstelling vastgelegd om tussen 1990 en 2000 de emissie van stikstofoxiden met 30% te verminderen. Tegen 1995 was echter slechts een reductie van 8% gerealiseerd, waardoor het onwaarschijnlijk lijkt dat de doelstelling voor het jaar 2000 wordt bereikt.

Een protocol dat meerdere verontreinigende stoffen bestrijkt en gericht is op de bestrijding van meerdere effecten, is naar verwachting in 1999 gereed. De doelstelling wordt het aanscherpen, op

een kosten-verantwoorde basis, van de nationale emissieplafonds voor stikstofoxiden, ammoniak en vluchtige organische stoffen, exclusief methaan (NMVOS).

- De doelstelling van het Eerste Zwavelprotocol bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand, om de zwavelemissies in 1993 ten opzichte van 1980 met 30% te hebben verminderd, werd zowel door alle 21 partijen bij het protocol als door vijf niet-partijen verwezenlijkt. Verscheidene Europese landen, waaronder Portugal en Griekenland, verminderden hun zwavelemissies in deze periode echter niet in dezelfde mate. Over het bereiken van de tussendoelstelling van het Tweede Zwavelprotocol vóór 2000 bestaat echter onzekerheid en voor het realiseren van de lange-termijndoelstelling - het niet overschrijden van de kritische belasting - zijn aanvullende maatregelen nodig.

- De doelstelling van het Vijfde Milieuactieprogramma om vóór 2000 de zwaveldioxide-emissies in vergelijking met 1985 met 35% te verminderen, werd door de EU als geheel in 1995 gerealiseerd (gemiddelde reductie van 40%) alsook door de meeste lidstaten afzonderlijk.

In lijn met het Vijfde Milieuactieprogramma wordt nu in de EU gewerkt aan verdere maatregelen voor het bereiken van de lange-termijndoelstelling van het Tweede Zwavelprotocol bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand. Daartoe behoren onder meer de vermindering van het zwavelgehalte in olieproducten, de vermindering van de emissies door grote verbrandingsinrichtingen, en de vaststelling van emissienormen voor wegvoertuigen. Een voorlopige doelstelling voor de verzuringsstrategie van de EU die momenteel wordt besproken, is een reductie van de NO_x-emissies van 55% tussen 1990 en 2010. Voor het bereiken van deze doelstelling zal bijzondere aandacht aan de emissies van de vervoersector moeten worden besteed.

4.1. Inleiding

Zure depositie, grotendeels voortkomend uit de door de mens veroorzaakte emissie van drie gasvormige verontreinigende stoffen, te weten, zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃), brengt in grote delen van Europa schade toe aan zoetwatersystemen, bossen, bodems en natuurlijke ecosystemen die gevoelig zijn voor verzuring. De zichtbare effecten hiervan zijn onder meer bladverlies en een geringere vitaliteit van bomen, afname van het visbestand en geringere diversiteit aan andere waterdieren in meren, rivieren en stromen die gevoelig zijn voor verzuring, alsmede veranderingen in de chemie van de bodem. Ook belangrijke onderdelen van het Europees erfgoed, zoals kalkstenen en marmeren gebouwen, monumenten en gebrandschilderde ramen, worden aangetast. De depositie van stikstofverbindingen heeft tevens eutrofiërende effecten op terrestrische en mariene ecosystemen. De gevolgen van de verzuring voor meren zijn sinds het Dobris-rapport afgenomen, voornamelijk door de afname van zwavelemissies. De verzuring van bodems zal echter doorgaan zolang de kritische belasting wordt overschreden, hetgeen nog steeds in grote delen van Europa gebeurt.

Het grootste deel van de SO₂- en NO_x-emissies is afkomstig van de verbranding van kolen en overblijvende stookolie, in het bijzonder voor het opwekken van elektriciteit in energiecentrales, voor het verwarmen van woningen en gebouwen in de commerciële en de dienstensector, voor industriële activiteiten, en voor de aandrijving van diesel- of benzinemotoren, onder meer in schepen en luchtvaartuigen. NH₃-emissies zijn voornamelijk afkomstig van de productie en verspreiding van dierlijke mest.

Kader 4.1: Vervoer en depositie van verzurende stoffen

In de atmosfeer geëmitteerde SO₂, NO_x en NH₃ komt direct terug naar het aardoppervlak, als droge depositie op bomen en planten of andere objecten op het aardoppervlak of als natte depositie opgelost in regen, sneeuw, hagel, mist en dauwdruppels, of indirect, in droge of vloeibare vorm na chemische omzetting. Oxidatie van SO₂ en NO_x kan leiden tot respectievelijk zwavel- en salpeterzuur, hetzij in de atmosfeer of na depositie. NH₃ kan een reactie aangaan met zwavel- en salpeterzuur en op die manier respectievelijk ammoniumsulfaat- en -nitraatdeeltjes vormen.

De tijd gedurende welke verzurende gassen en deeltjes in de atmosfeer verblijven, is afhankelijk van de weersomstandigheden en chemische omstandigheden. Depositie van zwavelverbindingen vindt in de regel binnen twee tot vier dagen na emissie plaats. Stikstofoxiden blijven over het algemeen langer in de atmosfeer, maar de omzetting ervan in salpeterzuur geschiedt betrekkelijk snel en het salpeterzuur wordt snel uit de atmosfeer verwijderd. Ook de depositie van ammoniak vindt snel plaats, maar niet wanneer het een verbinding met zwavel- of salpeterzuur aangaat en in ammoniumsulfaat of -nitraat wordt omgezet. Deze interacties zijn met name van belang voor het transport over grote afstand van

zwavel- en stikstofverbindingen, die na een dergelijke chemische omzetting duizenden kilometers kunnen worden getransporteerd.

De meeste zwavel slaat in de gebieden met de hoogste emissieniveaus neer, voornamelijk in de vorm van droge depositie van zwaveldioxide. Ook in gebieden met hoge neerslagniveaus, bijvoorbeeld in kust- en berggebieden, vindt aanzienlijke depositie van zwavel plaats. Er is sprake van vergelijkbare patronen met betrekking tot de depositie van geoxideerde stikstof (welke uit NO_x -emissies voortkomt), ofschoon in verhouding tot zwavel kleinere hoeveelheden bij de emissiebron neerslaan. Geoxideerde stikstof wordt over grotere afstanden getransporteerd en draagt bij aan het probleem van troposferische ozon (hoofdstuk 5) omdat NO_x een belangrijke uitgangsstof van ozon is. Het depositiepatroon van gereduceerde stikstofverbindingen (welke uit ammoniak-emissies voortkomen) wordt, in grotere mate dan dat van zwavel, bepaald door hoge depositieniveaus dichtbij de bron. Bij ammoniak is derhalve minder sprake van transport over grote afstand dan bij zwavel- en stikstofoxiden. In Frankrijk bijvoorbeeld is 33% van de zwaveldepositie en 62% van de depositie van totaal stikstof afkomstig van bronnen in Frankrijk zelf, respectievelijk 30% en 15% van de buurlanden Duitsland, Spanje en het Verenigd Koninkrijk, en respectievelijk 37% en 23% van verder gelegen bronnen.

De voornaamste bron van informatie over deposities, concentraties, transport over grote afstand en grensoverschrijdende stromen van verzurende luchtverontreinigende stoffen is het Europees programma voor controle en evaluatie (EMEP), dat is opgezet in het kader van het in 1979 in Genève ondertekende ECE-verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand (LRTAP). Op kaart 4.1 is het werkkerrein van het EMEP weergegeven.

Na hun emissie in de atmosfeer worden de verzurende gassen verspreid en kunnen ze verschillende dagen in de lucht blijven en door de wind over grote afstanden worden verplaatst, waardoor de effecten ervan ver van de emissiebron waarneembaar zijn. De processen via welke verzurende emissies neerslaan op het aardoppervlak en daar leiden tot verzuring van bodem en water, worden in kader 4.1 kort beschreven. In kader 4.2 wordt het begrip 'kritische belasting' gedefinieerd.

Verzuring is een grensoverschrijdend probleem dat vraagt om een combinatie van nationale en internationale initiatieven, zoals maatregelen waarmee het overschakelen op schonere brandstoffen en het realiseren van emissiereducties wordt gestimuleerd, in het bijzonder met betrekking tot voertuigen en kolen- en oliegestookte elektriciteitscentrales.

4.2. Effecten

Bossen en bodem

In onderzoeken die sinds 1986 regelmatig worden uitgevoerd, wordt melding gemaakt van grootschalige achteruitgang van de bomen, in de vorm van bladverlies en verkleuring, vooral in Midden-Europa (Becher e.a., 1996, Lorenz e.a., 1997). Deze achteruitgang houdt echter niet noodzakelijkerwijs verband met verzuring. Ook andere met de omgeving samenhangende stresserende factoren, zoals droogte, wind en vorst, alsmede de normale veroudering van de houtopstand, leiden tot bladverlies en verminderde vitaliteit. In Scandinavië is bij sparren waargenomen dat het loof met het toenemen van de hoogte steeds minder dicht wordt, wat toegeschreven wordt aan de barre weersomstandigheden en de lange winters. De effecten van droogte zijn in sommige gebieden duidelijk zichtbaar, bijvoorbeeld in Spanje, dat in de jaren 1990-93 met perioden van ernstige droogte te kampen had. Ook stresserende factoren die met verontreiniging verband houden, zoals blootstelling aan ozon en aan episoden van hoge zwaveldioxideconcentraties, kunnen een rol spelen. Vandaar dat geen causaal verband kan worden gelegd tussen niveaus van zure depositie die de kritische belasting overschrijden (kader 4.2) en waargenomen bladverlies, zelfs niet in gebieden waar de buffercapaciteit van de bodem waarschijnlijk een belangrijke invloed op de groei en veroudering van de houtopstand heeft. Ondanks de afgenomen emissies blijkt uit de resultaten van de controle een algemene toename van het bladverlies. Dit is mogelijk deels toe te schrijven aan de veroudering van de gecontroleerde houtopstand. Bodemverzuring is echter een traag proces en zal in gebieden waar de kritische belasting is overschreden, blijven plaatsvinden, met mogelijk langetermijneffecten.

Kader 4.2: Kritische belasting

'Kritische belasting' wordt gedefinieerd als "de maximale depositie van verzurende stoffen die niet leidt tot chemische veranderingen die langdurige schadelijke effecten op de structuur en functie van het desbetreffende ecosysteem hebben" (Gregor e.a., 1996). Kritische belastingsniveaus zijn voor Europa samengevoegd in een raster met een punt dichtheid van 50 x 50 km (Posch e.a., 1997) waarmee depositieniveaus die zijn gemeten of met behulp van een model zijn gegenereerd, kunnen worden vergeleken. Het criterium voor het berekenen van deze kritische belastingsniveaus is niet algemeen aanvaard, en uit experimenten blijkt dat veel voorkomende boomsoorten mogelijk niet bijzonder gevoelig zijn voor bepaalde chemische veranderingen in de bodem. Desalniettemin bestaat er algemene consensus over het feit dat een hoeveelheid zure depositie die de kritische belasting overschrijdt uitputting van de voorraad plantenvoedingsstoffen tot gevolg heeft, hetgeen bij bomen kan leiden tot groeibeperking en verminderde vitaliteit. De overschrijding van de kritische belasting is de enige op Europees niveau beschikbare maatstaf voor een dergelijke uitputting van de bodem.

Het begrip 'kritische belasting' wordt gebruikt in de context van effecten op bossen en bodems, maar kan ook worden toegepast op zoet water, waarbij de kritische belasting is gebaseerd op schade aan geselecteerde organismen en populaties (vissen en ongewervelde dieren) die gevoelig zijn voor veranderingen in de chemie van het water welke als gevolg van zure depositie kunnen optreden.

Kritische belasting wordt berekend voor zwavel, verzurende stikstof en voor eutrofiërende stikstof.

De eutrofiërende effecten van stikstof worden in verband gebracht met het weglekken van steeds grotere hoeveelheden stikstof naar grondwater, stromen en meren en met veranderingen in het bos als ecosysteem. De compilatie van nationale gegevens over kritische belasting in Europa gebeurt op basis van gegevens die zijn overgelegd aan het Coördinatiecentrum voor Effecten (CCE), dat deze gegevens verzamelt en vervolgens in kaarten en databanken samenvoegt. De meest recente cijfers zijn te vinden in Posch e.a., 1997. De ECE maakt voor emissiereductiestrategieën gebruik van de zogeheten 5 percentiel-voorwaardelijke kritische belasting voor de EMEP-rastercellen van 150 x 150 km. '5 percentiel' houdt in dat de 5% van de oppervlakte van een cel waaronder de meest kwetsbare ecosystemen vallen, onbeschermd zal blijven. Aangezien verzuring het gevolg is van de depositie van zowel zwavel als stikstof, is de hoeveelheid zwavel die een ecosysteem kan verdragen mede afhankelijk van de stikstofdepositie, en omgekeerd. Als het niveau van de stikstofdepositie bekend is (bijvoorbeeld door modelberekeningen) kan daaruit de voorwaardelijke kritische belasting voor zwavel worden afgeleid, die bij variërende stikstofdeposities van jaar tot jaar kan verschillen. Evenzo kan de voorwaardelijke kritische belasting voor stikstof worden afgeleid wanneer de zwaveldepositie bekend is. De voorwaardelijke kritische belasting zal lager zijn dan of, in theorie, gelijk zijn aan kritische belasting die uitsluitend op basis van de zwaveldepositie wordt berekend. Een overschrijding wordt geregistreerd telkens wanneer een depositieniveau wordt gemeten of berekend dat hoger is dan het niveau van de kritische belasting. In paragraaf 4.4.2 worden geschatte overschrijdingen behandeld.

Wanneer voor emissiereducties van grootschalige gemiddelde overschrijdingen in zones van 150 x 150 km wordt uitgegaan, heeft dit als belangrijke beperking dat de feitelijke overschrijdingen in lokale ecosystemen aanzienlijk kunnen afwijken van die welke zijn afgeleid van schattingen van de gemiddelde depositie in een groot rastergebied, omdat het depositieniveau plaatselijk grote verschillen kan vertonen.

Zoet water

Vooral in Noord-Europa zijn vele duizenden meren ernstig aangetast door zure depositie. De effecten hiervan op waterorganismen kunnen zowel direct zijn, vanwege de toxiciteit, als indirect, vanwege het verdwijnen van voor verzuring gevoelige prooidieren of plantaardig voedsel of als gevolg van complexe veranderingen in de chemie van het water door de hogere zuurgraad. In veel gevallen zijn hele vispopulaties verdwenen (Hesthagen e.a., 1995).

Wanneer gegevens voor de jaren tachtig en negentig worden vergeleken, wordt duidelijk dat een vermindering van de zwaveldepositie op veel locaties tot een verbetering van de chemie van het water en tot een gedeeltelijk herstel van populaties van ongewervelde dieren leidt (Lükewille e.a., 1997). Op regionaal niveau vertonen de sulfaatconcentraties op bijna alle locaties een neergaande lijn en in bijna alle gevallen zijn de dalingen in de jaren negentig groter dan in de jaren tachtig (figuur 4.1). Dit geldt niet voor het Verenigd Koninkrijk, waar ondanks een geringere zwaveldepositie nog steeds weinig wijst op een daling van de sulfaatconcentraties.

De veranderingen in de sulfaatconcentraties leiden tot veranderingen in de concentraties van andere bestanddelen van het water. In de Noordse landen (Finland, Zweden, Noorwegen) daalde de alkaliteit in de jaren tachtig (toenemende verzuring), maar steeg deze in de jaren negentig (herstel). Op tal van Europese locaties (Italië, Duitsland, Nederland, Denemarken) steeg de alkaliteit in de jaren tachtig en nam het tempo waarin deze stijging plaatsvond in de jaren negentig verder toe. Ook hier geldt dat weinig wijst op een stijging van de alkaliteit van Britse zoetwatervoorraden over diezelfde periode.

In figuur 4.2 is voor verschillende landen het percentage meren waar de kritische belasting voor zwavel wordt overschreden, weergegeven. Het hoge percentage voor Noorwegen valt, vooral in het zuiden, toe te schrijven aan een combinatie van hoge zwaveldepositie en zeer lage kritische belasting. Ondanks de betrekkelijk hoge kritische belasting in Wales, is het percentage door de hoge depositieniveaus ook hier hoog. De depositie in de Kola-regio in Rusland is voornamelijk afkomstig van lokale smelterijen. De percentages voor Finland en Zweden duiden op een overschrijding van de kritische belasting in ongeveer 3.000 Finse en 6.000 Zweedse meren.

Overige effecten

Het schadelijk effect van verzurende verbindingen op materialen valt bijna volledig toe te schrijven aan gasvormig zwaveldioxide in gebieden met hoge zwaveldioxideconcentraties. De kosten verbonden aan een reductie van de uitstoot van zwaveldioxide in Europa worden voor een groot deel gecompenseerd door baten in de vorm van geringere onderhouds- en vervangingskosten (Kucera and Fitz, 1995). Ook is er groeiende bezorgdheid over de schadelijke effecten die stofdeeltjes op de gezondheid hebben, vooral in stedelijke gebieden (zie hoofdstuk 12, paragrafen 12.2.2 en 12.3.2) waar de uitstoot van verzurende zwavel en stikstof een belangrijke bron is van kleine deeltjes met een doorsnede van minder dan 2,5 micrometer (PM_{2,5}).

Figuur 4.1 Veranderingen in het sulfaatgehalte en de alkaliteit van het oppervlaktewater, jaren tachtig en negentig

Jaarlijkse veranderingen in het sulfaatgehalte in het oppervlaktewater in de jaren tachtig en negentig in verschillende Europese regio's

µeq/l

sulfaat

Midden-Europa

Noordse landen

Verenigd Koninkrijk

Jaarlijkse veranderingen in de alkaliniteit van het oppervlaktewater in de jaren tachtig en negentig in verschillende Europese regio's

µeq/l

alkaliniteit

Midden-Europa

Noordse landen
Verenigd Koninkrijk

Opmerking: Negatieve waarden duiden op een daling van het sulfaatgehalte of de alkaliteit, terwijl positieve waarden op een stijging duiden. De lengte van de balk geeft de omvang van de verandering aan. Bron: Lükewille e.a. (1997).

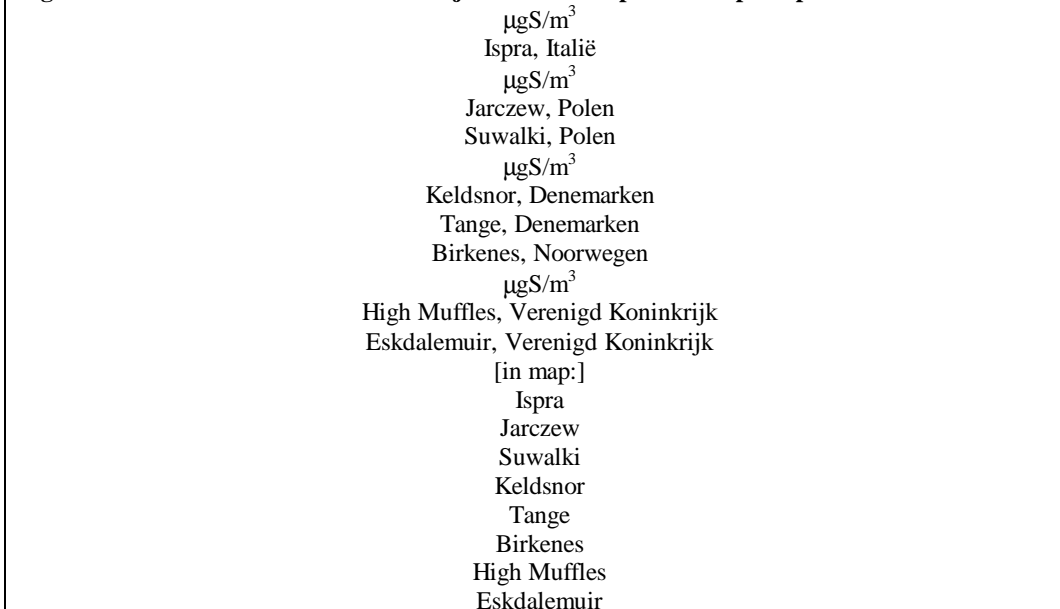
Figuur 4.2 Percentage meren in de verschillende landen waar de kritische belasting voor zwavel (S) wordt overschreden, najaar 1995

Noorwegen
Wales
Kola (Rusland)
Finland
Zweden
Denemarken
Karelië (Rusland)
Schotland

percentage van het totale aantal meren

Opmerking: De cijfers voor Denemarken en Karelië kunnen onbetrouwbaar zijn vanwege het kleine aantal meren dat is onderzocht.

Bron: Henriksen e.a. (1998)

Figuur 4.3 Concentraties van sulfaatdeeltjes in de lucht op locaties op het platteland

Opmerking: Verschillen in verticale schalen

Bron: EMEP/CCC

Zwevende deeltjes sulfaat en ammoniumnitraat kunnen het zicht beperken en als condensatiekern voor mist- en wolkenvorming fungeren. Zwevende sulfaatdeeltjes kunnen op regionaal niveau de opwarming van de aarde door broeikasgassen deels tenietdoen (zie hoofdstuk 2, paragraaf 2.3).

4.3. Trends in gemeten concentraties in lucht

De gemelde afname van de effecten van zure depositie in Europa zijn het resultaat van de reducties in de uitstoot van zwaveldioxide die de laatste 15 jaar zijn gerealiseerd alsmede van de bijbehorende afname in de concentraties van zwaveldioxide en sulfaataërosolen in de lucht en van het zuurgehalte in de neerslag. De verbeteringen zijn het opvallendst op locaties in West- en Noord-Europa waar emissiebronnen het onderwerp van bestrijdingsmaatregelen zijn geweest.

Zwaveldioxideconcentraties worden vaak in sterke mate beïnvloed door emissies waarvan de bron zich betrekkelijk dicht bij het meetpunt bevindt. Vandaar dat de interpretatie van trends in deze concentraties vaak moeilijk is. Deeltjes van zwavelzuur en sulfaataërosolen verblijven langer in de atmosfeer dan zwaveldioxide en vormen derhalve een meer betrouwbare indicator voor grootschalige trends. Onderzoek van de concentratieniveaus die op de EMEP-meetpunten in de periode 1980-93 zijn geregistreerd (figuur 4.3), laat aanzienlijke verminderingen zien in de concentraties van zwevend sulfaat op locaties in Noord-Europa. Ook in het Noord-Italiaanse Ispra zijn deze concentraties gedaald. De geconstateerde dalingen komen grotendeels overeen met de emissiereducties waarmee halverwege de jaren zeventig in West-Europa en eind jaren tachtig in Oost-Europa een aanvang is genomen.

4.4. Depositie van verzurende stoffen

4.4.1. Trends

De zwavelemissies in Europa zijn vanaf 1880 gestaag toegenomen (slechts onderbroken door de Tweede Wereldoorlog) tot een jaarmaximum van 60 miljoen ton in 1980, waarna een scherpe daling volgde (figuur 4.4) (Mylona, 1996).

De depositieniveaus vertonen hetzelfde algemene patroon, zoals weergegeven in figuur 4.5 voor een locatie in Zuid-Noorwegen en een in Zuid-Polen. De Poolse locatie is kenmerkend voor de zogeheten “Zwarte Driehoek”, het gebied waar de grenzen van Duitsland, Tsjechië en Polen samenkomen. De depositie begon veel eerder in Noorwegen dan in Polen af te nemen, omdat de emissies in Noordwest-Europa bijna 10-15 jaar eerder begonnen terug te lopen dan in de LMOE en de NOS, in het bijzonder in de voormalige DDR, Tsjechië en Polen.

In figuur 4.6 worden voor verschillende regio's voor de periode 1985-1995 de trends in de depositie van zwavel, stikstofoxiden en gereduceerde stikstof weergegeven. In de desbetreffende regio's heersen verschillende weersomstandigheden en deze regio's vertonen onderling aanzienlijke verschillen in de afstand tot de belangrijkste emissiegebieden (zie de kaarten 4.4 en 4.5). De depositiepatronen komen in het algemeen overeen met de veranderingen in emissieniveaus die hebben plaatsgevonden. In genoemde periode is in West-Europa slechts een geringe daling van NO_x -emissies geregistreerd, omdat de positieve effecten van een verbeterde technologie en van een reductie in de emissies van industrie en huishoudens, praktisch teniet is gedaan door een stijging in het gebruik van motorvoertuigen (zie paragraaf 4.6).

In heel Europa wordt de depositie van stikstof in vergelijking met die van zwavel verhoudingsgewijs steeds belangrijker.

De effecten van zwaveldioxide-emissies kunnen in principe deels worden geneutraliseerd door de depositie van alkalisch materiaal, zoals vliegas en sommige soorten stof die vrijkomen bij industriële processen. De uitstoot van dergelijk materiaal neemt als gevolg van reductiemaatregelen al gedurende enkele decennia af (Hedin e.a., 1994), waardoor de geëmitteerde hoeveelheden nu waarschijnlijk te klein zijn om een significant neutraliserend effect te kunnen hebben (Semb e.a., 1995). De aanvoer van alkalisch woestijnzand kan in Zuid- en Zuidoost-Europa echter van aanzienlijk belang zijn.

4.4.2. Overschrijding van de kritische belasting

Figuur 4.7 laat de veranderingen zien die tussen 1985 en 1995 optraden in dat deel van de totale oppervlakte van Europa als ecosysteem waar de kritische belasting wordt overschreden. Het patroon komt over het algemeen overeen met de emissiereducties die hebben plaatsgevonden. De grote verschillen van jaar tot jaar kunnen aan wisselende weersomstandigheden worden toegeschreven. De neerwaartse trend voor zwavel houdt verband met de afgenomen SO_2 -emissies (figuur 4.8). Het totale oppervlak waarop de kritische belasting voor verzurende stikstof wordt overschreden, wordt hierdoor verder verminderd, omdat de voorwaardelijke kritische belasting voor stikstof hoger is wanneer de depositie van zwavel minder is. De uitstoot van totaal stikstof ($\text{NO}_x + \text{NH}_3$) was tijdens deze periode echter vrij constant, hetgeen tot uitdrukking komt in de nagenoeg onveranderde omvang van de oppervlakte waarop overschrijdingen van de voorwaardelijke kritische belasting voor eutrofiërende stikstof plaatsvonden, die niet gerelateerd zijn aan de zwaveldepositie. Kaart 4.1 toont het ruimtelijk patroon van overschrijdingen van de kritische belasting voor zwavel. Maxima worden dichtbij de belangrijkste

Figuur 4.4 Zwavelemissies in Europa, 1880-95
miljoen ton

Bronnen: Mylona (1996) en EMEP/MSC-W (vanaf 1980)

Figuur 4.5 Zwaveldepositie in Zuid-Noorwegen en Zuid-Polen, 1880-95

g/m²

Zuid-Noorwegen

Zuid-Polen

Bronnen: Mylona (1996) en EMEP/MSC-W (vanaf 1985)

Kaart 4.1 Overschrijding van de 5 percentiel-voorwaardelijke kritische belasting voor zwavel, 1995

Overschrijding van de kritische belasting voor zwavel
1:30.000.000
meer dan 2.000
1.000-2.000
Belasting in eq/ha, rastercellen van 150 x 150 km (EMEP-raster)
gebieden zonder overschrijding
200-400
40-200
minder dan 40

Noordelijke IJsee
Barentsz-zee
Noorse zee
Oostzee
Noordzee
Atlantische Oceaan
Golf van Biscaje
Middellandse Zee
Tyrreense Zee
Ionische Zee
Adriatische Zee
Zwarte Zee
Kaspische Zee

Spitsbergen
Frans Jozefland

Bronnen: EMEP/MSC-W en CCE

Kaart 4.2 Overschrijding van de 5 percentiel-voorwaardelijke kritische belasting voor verzurende stikstof, 1995

Overschrijding van de kritische belasting voor verzurende stikstof

1:30.000.000

Belasting in eq/ha, rastercellen van 150 x 150 km (EMEP-raster)

meer dan 1.000

400-1.000

gebieden zonder overschrijding

200-400

40-200

minder dan 40

Noordelijke IJsee

Barentsz-zee

Noorse zee

Oostzee

Noordzee

Atlantische Oceaan

Golf van Biscaje

Middellandse Zee

Tyrrheense Zee

Ionische Zee

Adriatische Zee

Zwarte Zee

Kaspische Zee

Spitsbergen

Frans Jozefland

Bronnen: EMEP/MSC-W en CCE

Kaart 4.3 Overschrijding van de 5 percentiel-kritische belasting voor eutrofiërende stikstof, 1995

Overschrijding van de kritische belasting voor eutrofiërende stikstof

1:30.000.000

Belasting in eq/ha, rastercellen van 150 x 150 km (EMEP-raster)

meer dan 1.000

400-1.000

gebieden zonder overschrijding

200-400

40-200

minder dan 40

Noordelijke IJzee

Barentsz-zee

Noorse zee

Oostzee

Noordzee

Atlantische Oceaan

Golf van Biscaye

Middellandse Zee

Tyrrheense Zee

Ionische Zee

Adriatische Zee

Zwarte Zee

Kaspische Zee

Spitsbergen

Frans Jozefland

Bronnen: EMEP/MSC-W en CCE

emissiebronnen in Midden-Europa, het oosten van het Verenigd Koninkrijk en op een klein aantal andere locaties geregistreerd. Ondanks de vrij bescheiden emissies in Scandinavië is het aantal overschrijdingen van de kritische belastingsniveaus in enkele delen van Scandinavië tamelijk groot vanwege de geringe buffercapaciteit van de bodem (een maatstaf voor het vermogen van de bodem om het gehalte aan zuren te neutraliseren). In het Middellandse-Zeegebied is de buffercapaciteit van de bodem veel groter, waardoor de kritische belasting hoger ligt en er veel minder overschrijdingen voorkomen. Kaart 4.2 laat zien waar en in welke mate de voorwaardelijke kritische belasting voor verzurende stikstof wordt overschreden. Kaart 4.3 doet hetzelfde voor eutrofiërende stikstof.

4.5. Emissies

4.5.1. Trends 1980-95

De gegevens in deze paragraaf omvatten alle emissies in de EMEP-regio zoals vermeld in de databank van het EMEP betreffende emissies (Olendrzynski, 1997). De figuren 8, 9 en 10 laten zien hoe de emissieniveaus voor SO₂, NO_x en NH₃ tussen 1980 en 1995 veranderden. Het algemene patroon is een grote en gestage daling van de SO₂-emissies gedurende deze hele periode en een algemene maar minder snelle daling van de stikstofemissies, die pas omstreeks 1990 begon. De totale emissie van SO₂ is tussen 1980 en 1995 met ongeveer 50% teruggelopen (figuur 4.8). De daling was het opvallendst in de NOS en de EU, waar de emissies met respectievelijk 58% en 57% terugliepen, terwijl de daling in de LMOE ongeveer 40% bedroeg. De daling in de LMOE heeft grotendeels vanaf 1990 plaatsgevonden. De reducties in de emissie van NO_x waren kleiner, maar de totale omvang van de emissies nam tussen 1990 en 1995 met 15% af (8% in de EU, 29% in de LMOE en 31% in de NOS) (figuur 4.9). Gegevens over de emissie van NH₃ van vóór 1990 zijn onvolledig en niet betrouwbaar, maar sinds 1990 zijn in heel Europa meer betrouwbare officiële schattingen beschikbaar. Tussen 1990 en 1995 daalde de totale emissie van NH₃ in Europa met 15% (9% in de EU, 32% in de LMOE en 17% in de NOS) (figuur 4.10).

4.5.2. Emissies per sector

Uit figuur 4.11 blijkt dat zwavelemissies bovenal afkomstig zijn van de energiesector en dat de hoofdverantwoordelijken voor de NO_x- en NH₃-emissies respectievelijk het vervoer en de landbouw zijn. Gegevens over de ontwikkeling in de tijd van de emissies door de verschillende sectoren zijn tamelijk onvolledig maar duiden op een kleiner aandeel van de industrie in de SO₂-emissies, een groter aandeel van de energiesector en een verschuiving van de industrie- naar de vervoersector voor wat de bijdrage aan NO_x-emissies betreft. De landbouw levert nog steeds verreweg de grootste bijdrage aan de emissie van NH₃.

4.5.3. Ruimtelijke distributie van emissies

De kaarten 4.4 en 4.5 geven een beeld van de ruimtelijke distributie van de emissie van zwaveldioxide (in ton zwavel per jaar)

Figuur 4.6 Jaarlijkse depositie, 1985-1995

g(S)/m ² /jaar	Zwavel
Zuid-Polen	
Benelux	
Noord-Italië	
Zuid-Noorwegen	

g(N)/m ² /jaar	Stikstofoxiden
Benelux	
Zuid-Polen	
Noord-Italië	
Zuid-Noorwegen	

g(N)/m ² /jaar	Gereduceerde stikstof
Benelux	
Noord-Italië	
Zuid-Polen	
Zuid-Noorwegen	

Bron: EMEP/MSC-W

en van stikstofoxiden en ammoniak (in ton stikstof per jaar) in Europa in 1995. Voor de vervaardiging van deze kaarten is gebruik gemaakt van de emissiedatabank van het EMEP gebaseerd op rastercellen van 50 x 50 km (Olendrzynski, 1997).

Zwavelemissies zijn overwegend afkomstig van bronnen in Midden-Europa, delen van het Verenigd Koninkrijk, Spanje, Italië, delen van de Balkan, Oekraïne en Rusland. In de periode 1985-95 waren de tien grootste vervuilers (in 1.000 ton S per jaar) Duitsland (2.612), Rusland (2.248), het Verenigd Koninkrijk (1.741), Polen (1.704), Oekraïne (1.348), Spanje (1.022), Bulgarije (943), Tsjechië (894), Italië (827) en Frankrijk (623).

Elk van deze tien landen levert ook de grootste bijdrage aan de zwaveldepositie in eigen land, vanwege het hoge niveau van droge depositie van SO₂ dichtbij de emissiebron. Voor een aantal omringende landen (Oostenrijk, België, Denemarken, Luxemburg, Nederland, Noorwegen, Zwitserland, Zweden, Wit-Rusland, Letland en Litouwen) geldt dat meer dan de helft van de zwavel die binnen de landsgrenzen neerslaat, afkomstig is van deze tien grootste vervuilers. Dit patroon wordt ook weerspiegeld in de overschrijdingen van de kritische belasting (kaart 4.1).

Het emissiepatroon voor stikstof is regelmatig dan dat voor zwavel. Dit is met name duidelijk in Nederland, West-Duitsland en het zuiden van het Verenigd Koninkrijk. Zoals opgemerkt in paragraaf 4.4.1 worden stikstofemissies een steeds belangrijkere bron van verzuring. In grote delen van Frankrijk, Spanje, Italië, Scandinavië, de LMOE en de NOS zijn de emissies van stikstof momenteel omvangrijker dan die van zwavel. De 10 grootste vervuilers voor wat betreft de emissie van totaal stikstof (NO_x en NH₃, in duizend ton N per jaar) waren Rusland (1.610), Duitsland (1.486), het Verenigd Koninkrijk (1.067), Frankrijk (1.064), Italië (938), Oekraïne (880), Polen (793), Spanje (615), Roemenië (388) en Nederland (355).

In Bulgarije, Denemarken, Frankrijk, Duitsland, Ierland, Italië, Nederland, Portugal, Roemenië, Spanje, Turkije, het Verenigd Koninkrijk en Oekraïne dragen binnenlandse emissiebronnen voor meer dan de helft bij aan de stikstofdepositie in eigen land. Voor de overige landen geldt dat meer dan de helft van de stikstofdepositie afkomstig is van buiten de landsgrenzen.

Vergeleken met zwavel heeft de depositie van totaal stikstof een wat lokaler karakter. Het grensoverschrijdende karakter van het stikstoftransport is desondanks evident (zie kader 4.1). Verschillen in de transportafstand worden weerspiegeld in de kaarten 4.1 en 4.2 aangaande overschrijding van de kritische belasting.

4.6. Drijvende krachten: vervoer

De vooruitgang in de aanpak van de verzuringsproblematiek is voornamelijk het resultaat van een continue vermindering van zwaveldioxide-emissies. De aandacht gaat nu meer uit naar de vervoerssector, waar het milieubeleid geen gelijke tred heeft kunnen houden met de toename van het personen- en vrachtovervoer: de vervoerssector levert verreweg de grootste bijdrage aan emissies van stikstofoxiden. Het vervoer is tevens een belangrijke bron van andere luchtverontreinigende stoffen, zoals koolmonoxide, kooldioxide, roetdeeltjes en vluchtige organische stoffen, exclusief methaan (NMVOS). Een aantal van deze organische stoffen is giftig, waarbij momenteel vooral bezorgdheid bestaat over benzeen en butadieen. Het wegvervoer vormt ook een bron van polyaromatische koolwaterstoffen en, in landen waar loodhoudende benzine wordt gebruikt, van lood.

Factoren die bijdragen tot een omvangrijkere emissie van verscheidene verontreinigende stoffen door de vervoerssector in Europa, zijn onder meer:

- de continue toename van het wegvervoer, in het bijzonder een toenemend gebruik van vrachtwagens en personenauto's, en de verschuiving van rail- naar wegvervoer;
- de toename van het vliegverkeer (vervoer door de lucht is de snelst groeiende vervoersmodaliteit in Europa);

- het grote groeipotentieel van het particulier vervoer in Oost-Europa, uitgaande van de groei die het particulier vervoer in West-Europa heeft doorgemaakt.

Figuur 4.7 Deel van Europa waar de kritische belasting wordt overschreden, 1985-95

percentage van het totale landoppervlak van de EMEP-regio
verzurende zwavel
verzurende stikstof
eutrofiërende stikstof

Opmerking: Schattingen van het deel van de totale oppervlakte van Europa waar de voorwaardelijke kritische belasting (5 percentiel) voor zwavel en stikstof wordt overschreden en de kritische belasting (constant) voor eutrofiërende stikstof. Berekend op basis van rastercellen van 150 x 150 km (EMEP-raster), waarbij gebruik is gemaakt van schattingen per cel van het gedeelte van het ecosysteem dat door overschrijdingen wordt getroffen (Posch, 1997). Bron: EMEP/MSC-W en CCE

Kaart 4.4 Zwavelemisssies in 1995, resolutie van 50 x 50 km (in ton S per jaar)

meer dan 50.000
10.000 - 50.000
1.000 - 5.000
Zwavelemisssie
1 : 30.000.000
Emissie in ton, rastercellen van 50 x 50 km (EMEP- raster)
500 - 1.000
100 - 500
1-100

Noordelijke IJsee

Barentsz-zee

Noorse zee

Oostzee

Noordzee

Atlantische Oceaan

Golf van Biscaje

Middellandse Zee

Tyrrheense Zee

Ionische Zee

Adriatische Zee

Zwarte Zee

Kaspische Zee

Spitsbergen

Opmerking: Inclusief emissies van de scheepvaart in de Noordzee en het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan (Lloyd's, 1995). Er zijn weinig gegevens beschikbaar over emissies van de scheepvaart in de Oostzee en nauwelijks gegevens betreffende de Middellandse en Zwarte Zee. De emissies in deze zeeën worden voornamelijk te laag geschat. Bron: EMEP

Kaart 4.5 Emissie van stikstofoxiden en ammoniak in 1995, resolutie van 50 x 50 km (in ton N per jaar)

meer dan 50.000
10.000 - 50.000
5.000 - 10.000
1.000 - 5.000
Emissie van stikstofoxiden en ammoniak
1 : 30.000.000
Emissie in ton, rastercellen van 50 x 50 km (EMEP- raster)
500- 1.000
100 - 500
1 - 100

Noordelijke IJsee
Barentsz-zee
Noorse zee
Oostzee
Noordzee
Atlantische Oceaan
Golf van Biscaje
Middellandse Zee
Tyrreense Zee
Ionische Zee
Adriatische Zee
Zwarte Zee
Kaspische Zee

Opmerkingen: Inclusief emissies van de scheepvaart in de Noordzee en het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan (Lloyd's, 1995). Er zijn weinig gegevens beschikbaar over emissies van de scheepvaart in de Oostzee en nauwelijks gegevens betreffende de Middellandse en Zwarte Zee. De emissies in deze zeeën worden voornamelijk te laag geschat. Bron: EMEP

4.6.1. Groei goederen- en personenvervoer

Goederenvervoer

Figuur 4.12 toont de veranderingen die zich tussen 1985 en 1995 in het goederenvervoer in Europa hebben voorgedaan. De continue toename van het totale goederenvervoer in Europa is vooral toe te schrijven aan de groei van het wegvervoer. Het spoorvervoer daalde met 20%, deels als gevolg van de economische herstructurering in Oost-Duitsland; slechts 17% van het goederenvervoer geschiedt nu via het spoor.

Ofschoon het goederenvervoer over het spoor in de LMOE en de NOS nog steeds naar verhouding belangrijker is dan in West-Europa, is ook daar het gebruik van de trein voor goederenvervoer scherp gedaald, hetgeen, nogmaals, voornamelijk een gevolg van economische herstructurering is. De groei die het goederenvervoer over de weg sinds 1993 doormaakt, duidt op een ontwikkeling in de richting van West-Europese patronen.

Kaart 4.6 laat voor verschillende landen het aandeel van het goederenvervoer over de weg in het totale goederenvervoer zien.

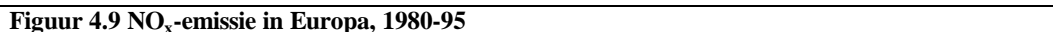
Personenvervoer

Het personenvervoer in Europa blijft toenemen. Van 1984 tot 1994 steeg in de EU het gebruik van het vliegtuig als vervoermiddel met 82% en het autogebruik met 46%. Het gebruik van de bus nam met 15% toe en dat van de trein slechts met 3%. Ook hier zijn er opvallende verschillen tussen de patronen in Oost- en West-Europa (figuur 4.13).

Het autobezit is het hoogst in landen als Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk en Italië en vormt een afspiegeling van het hogere welvaartspeil in deze landen. Dit geeft echter een indicatie van het groeipotentieel van het wagenpark in de overige Europese landen.

In de LMOE vindt een grootschalige verschuiving plaats van openbaar naar particulier vervoer. Dit leidt tot meer verontreiniging en tot een verdere dichtslibbing van stedelijke gebieden en ongecontroleerd parkeren in steden, die niet ontworpen zijn voor de accommodatie van grote aantallen privé-auto's. Deze verschuiving heeft ook een beduidende inkrimping of rationalisatie van openbaarvervoernetwerken tot gevolg gehad. In Polen, bijvoorbeeld, was in 1993 nog 24.000 km aan spoorlijnen in gebruik, maar na de voltooiing van het geplande wegenbouwprogramma zal daarvan naar schatting nog slechts 14.000 km overblijven (Hall, 1993).

Overeenkomstig de groei van het wegvervoer is het wegennet in Europa uitgebreid terwijl het spoorwegennet niet verder is uitgebreid of zelfs is ingekrompen. Over het hele vasteland van Europa zijn autosnelwegen aangelegd, waardoor de totale lengte van de autosnelwegen sterk is toegenomen (alleen al in de EU met meer dan 200% sinds 1970). Ook de totale lengte van alle wegen samen is toegenomen: sinds 1970 met 17% in de EU en met 12% in de LMOE.



miljoen ton
heel Europa
West-Europa
LMOE
NOS

Figuur 4.10 NH₃-emissie in Europa, 1980-95

miljoen ton
heel Europa
West-Europa
LMOE
NOS

Bron: EMEP/MSC-W

Het groeipatroon voor de spoorwegen komt overeen met de trends betreffende de vervoerde goederen. Het spoorwegennet is in de EU met 6% ingekrompen, terwijl het in de LMOE en de NOS nog grotendeels dezelfde omvang heeft.

De in paragraaf 2.7.2 besproken energiestenario's zijn grotendeels gebaseerd op de veronderstelling dat het goederenvervoer in heel Europa zal blijven toenemen (Amman, 1997). Verwacht wordt dat het energieverbruik door auto's in de EU tussen 1990 en 2010 zal stijgen van 15 GJ naar 18 GJ per hoofd. Ook in de LMOE en de NOS zal volgens het "conventional wisdom"-scenario het energieverbruik door auto's toenemen, en wel van 3,6 naar 5,4 GJ per hoofd. Volgens het scenario dat ervan uitgaat dat het energieverbruik en de energie-efficiëntie in de LMOE en de NOS met West-Europese niveaus zal convergeren, zal het verbruik in Europa echter toenemen tot 12 GJ per hoofd. Een groot deel van deze stijging zal naar verwachting in de LMOE plaatsvinden. Deze toename zal in de LMOE en de NOS leiden tot een stijging van de emissie van luchtverontreinigende stoffen afkomstig van het autoverkeer.

Terwijl het energieverbruik in de vervoersector naar verwachting zal toenemen, zal de energie-intensiteit in de sector (energieverbruik voor vervoersdoeleinden per eenheid BBP) mogelijk afnemen. Verwacht wordt dat de energie-intensiteit binnen de vervoersector tussen 1990 en 2010 in de EU zal afnemen van 0,76 tot 0,64 MJ/ecu BBP. Voor de LMOE en de NOS wordt een daling verwacht van 1,92 naar 1,61 MJ/ecu BBP volgens het "conventional wisdom"-scenario en naar 1,11 MJ/ecu BBP volgens het "energy convergence"-scenario (Amman, 1997). Het is duidelijk dat er in deze landen aanzienlijke ruimte is voor belangrijke verbeteringen in de efficiëntie van vervoerssystemen.

4.6.2. Terugdringen van emissies door het wegvervoer

In Europa is op wetgevingsgebied een reeks van maatregelen genomen om de emissies van het wegvervoer terug te dringen. Zo bepaalt richtlijn 91/441/EEG dat met ingang van 1993 alle nieuwe auto's die zijn uitgerust met een motor met elektrische ontsteking van een driewegkatalysator moeten worden voorzien. Sindsdien zijn alle van het autoverkeer afkomstige emissies van NO_x, CO en NMVOS gedaald. Verwacht wordt dat in 2001 aanvullende maatregelen worden genomen. Als het wegverkeer verder blijft groeien wordt echter verwacht dat de emissies over ongeveer 15 jaar weer beginnen te stijgen.

Een ontwikkeling in de richting van grotere auto's leidt momenteel tot een algehele stijging van CO₂-emissies, hetgeen nog verergerd wordt door accessoires als airconditioning die het verbruik van brandstof nog verder doen toenemen. Verwacht wordt dat de toename van het wegvervoer gepaard zal gaan met een algehele stijging van de CO₂-emissies, maar de omvang van deze stijging is moeilijk te voorspellen.

Met fiscale maatregelen kan het gebruik van minder verontreinigende brandstoffen worden gestimuleerd. Figuur 4.14 laat zien hoe de brandstofprijzen voor wegvervoer zich sinds 1978 hebben ontwikkeld. De ontwikkeling van de diesel- en benzineprijs vertoont een zelfde patroon, waarbij benzine als gevolg van belastingmaatregelen duurder is. In 1996 was de gemiddelde prijs van loodvrije benzine in Europa gelijk aan die van gelode benzine.

Een CEG-groenboek over eerlijke en efficiënte prijsvorming heeft de discussie gestimuleerd over het verdisconteren van externe kosten in de brandstofprijzen. In 1993 is in de EU het "Eurovignette"-systeem ingevoerd, dat moet leiden tot een gemeenschappelijk stelsel van heffingen voor zware vrachtwagens die gebruik maken van de verkeerswegen in de EU. Momenteel zijn voorstellen in behandeling voor een actualisering en herziening van het systeem, waaronder een voorstel

Figuur 4.11 Emissies van verzurende stoffen per sector, 1994/95

SO₂

energie
industrie
transport
huishoudelijk
overige
Totaal: 18,5 miljoen ton

NO_x
energie
industrie
transport
huishoudelijk
overige
Totaal: 15,5 miljoen ton

NH₃
energie
transport
landbouw
Totaal: 4,5 miljoen ton

Opmerking: Uitsluitend gegevens betreffende de EU, EVA en LMOE, niet voor andere Europese landen. De gegevens voor de EU hebben betrekking op 1994, die voor de EVA en LMOE op 1995.
Bronnen: EMA en ETC/AE

Kaart 4.6 Goederenvervoer over de weg, als percentage van het totale goederenvervoer over de weg, via het spoor, over de binnenwaterwegen en via pijplijnen, 1995

Goederenvervoer
1:30.000.000
Goederenvervoer over de weg
80-98%
60-80%
40-60%
20-40%
2-20%
onvoldoende gegevens beschikbaar

Noordelijke IJszee
Barentsz-zee
Noorse zee
Oostzee
Noordzee
Atlantische Oceaan
Golf van Biscaje
Middellandse Zee
Tyrreense Zee
Ionische Zee
Adriatische Zee
Zwarte Zee
Kaspische Zee

IJsland
Noorwegen
Zweden
Finland
Estland
Letland
Litouwen
Russische Federatie
Wit-Rusland
Oekraïne
Moldavië
Roemenië
Bulgarije
Macedonië
Albanië
Griekenland
Turkije
Cyprus
Armenië
Azerbeidzjan
Georgië
Malta

Denemarken
Nederland
België
Luxemburg
Duitsland
Polen

Tsjechië
Slowakije
Hongarije
Joegoslavië
Bosnië-Herzegovina
Kroatië
Slovenië
Oostenrijk
Italië
Zwitserland
Frankrijk
Spanje
Portugal
Verenigd Koninkrijk
Ierland

Bron: UNSTAT, ECMV

voor het hanteren van lagere tarieven voor voertuigen die aan de nieuwe Euro II-emissionormen voldoen.

In 1993 was 48% van de brandstof die in de vervoersector in de EU werd gebruikt, dieselolie, vergeleken met 33% in 1980. Een toename in het gebruik van dieselolie leidt mogelijk tot een marginale reductie van de CO₂-emissies maar kan in stedelijke gebieden ook een omvangrijkere emissies van roetdeeltjes en stikstofoxiden tot gevolg hebben, welke in verband zijn gebracht met bepaalde gezondheidsproblemen bij de mens. Dieselauto's zijn wat de uitstoot van NO_x, CO en NMVOS betreft weliswaar beter dan benzineauto's zonder katalysator, maar zeker niet beter dan benzineauto's met katalysator.

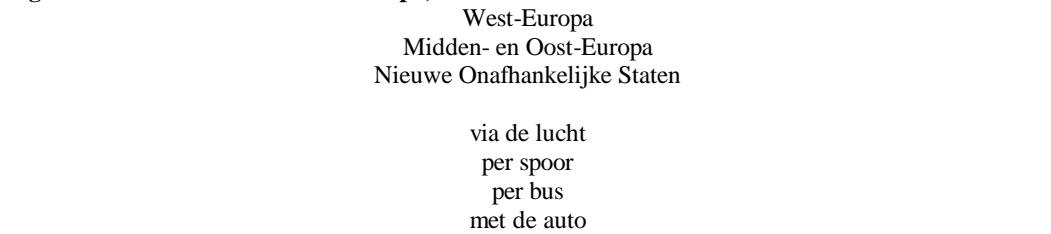
Een andere verontreinigende stof afkomstig van de vervoersector is lood. Lood wordt aan benzine toegevoegd om de octaanwaarde te verhogen. Gelode benzine kan derhalve in stedelijke gebieden een belangrijke bijdrage leveren aan de loodconcentratie in de atmosfeer (zie figuur 12.7). Teneinde de loodemissies te verminderen, hebben veel landen loodvrije benzine ingevoerd (kaart 4.7). In sommige Oost-Europese landen kunnen motoren doorgaans op benzine draaien met een laag octaangehalte waar geen lood aan toe is gevoegd. Lood in benzine heeft een vernietigende werking op katalysatoren. Voor voertuigen die met een katalysator zijn uitgerust, moet derhalve loodvrije benzine worden gebruikt. Alvorens met behulp van katalysatoren de emissie van verzurende stoffen kan worden gereduceerd, dient daarom eerst loodvrije brandstof beschikbaar te zijn.

De productiekosten van loodvrije benzine zijn ongeveer 2% hoger dan die van gelode, maar in sommige landen zijn voor de stimulering van het gebruik ervan belastingprijkkels geïntroduceerd. Samen met de wettelijke eis om voertuigen te voorzien van katalysatoren en de uitvoering van bewustmakingsmaatregelen, leidt dit tot een afname van de loodemissies afkomstig van het wegvervoer (zie figuur 6.4).

Figuur 4.12 Goederenvervoer in Europa, 1985-1995



Figuur 4.13 Personenvervoer in Europa, 1995



Bron: UNSTAT, ECMV

Kaart 4.7 Gebruik van ongelode benzine in Europa, 1996

Gebruik van loodvrije benzine

1:30.000.000

Ongelode benzine als percentage van alle benzine

>95%

75-95%

<50%

geen gegevens

Noordelijke IJszee

Barentsz-zee

Noorse zee

Oostzee

Noordzee

Atlantische Oceaan

Golf van Biscaje

Middellandse Zee

Tyrrheense Zee

Ionische Zee

Adriatische Zee

Zwarte Zee

Kaspische Zee

IJsland

Noorwegen

Zweden

Finland

Estland

Letland

Litouwen

Russische Federatie

Wit-Rusland

Oekraïne

Moldavië

Roemenië

Bulgarije

Macedonië

Albanië

Griekenland

Turkije

Cyprus

Armenië

Azerbeidzjan

Georgië

Malta

Denemarken

Nederland

België

Luxemburg

Duitsland

Polen

Tsjechië

Slowakije

Hongarije

Joegoslavië
Bosnië-Herzegovina
Kroatië
Slovenië
Oostenrijk
Italië
Zwitserland
Frankrijk
Spanje
Portugal
Verenigd Koninkrijk
Ierland

Bron: Deens ministerie van Milieu, 1998

4.7. Reacties

Als men voor de bestrijding van de verzuring vertrouwt op het Europees vervoersbeleid krijgt men te maken met twee essentiële problemen, te weten de beperkte bevoegdheden van de EU en andere supranationale instanties, en de allesoverheersende prioriteit die wordt gegeven aan het stimuleren van open markten en het bevorderen van economische ontwikkeling, vaak ten koste van het milieu. In het Vijfde Milieuactieprogramma werd onderkend dat de totstandkoming van een duurzaam vervoerssysteem gezamenlijke actie vereist, niet alleen van de instellingen van de EU maar ook van nationale en lokale overheden, bedrijven en individuen, en andere belanghebbenden. Sinds de verschijning van het Vijfde Milieuactieprogramma zijn een vijfjarig actieprogramma voor de ontwikkeling van een Europees vervoersbeleid en een witboek inzake concurrentievermogen en vrije toegang tot spoorwegnetten gepubliceerd. Een ander initiatief, het 'Auto Oil'-programma, waarbij de Commissie en de auto- en olie-industrie betrokken waren,

Figuur 4.14 Brandstofprijzen voor het wegvervoer in Europa, 1978-96

prijs per liter in US-dollar
 gelode benzine
 loodvrije benzine
 dieselolie

Bron: IEA

Tabel 4.1 Huidige en geplande doelstellingen van ECE en EU voor de reductie van de emissie van verontreinigende stoffen die verband houden met verzuring en eutrofiëring

Huidige ECE-protocollen	Jaar	Hoofddoel
Het eerste zwavelprotocol (Helsinki)	1985	Vermindering van zwavelemissies of grensoverschrijdende stromen van zwavel met 30% ten opzichte van het niveau van 1980, te realiseren vóór 1993
Het tweede zwavelprotocol (Oslo)	1994	Vaststellen van nationale emissieplafonds voor 2000 (en in sommige gevallen ook voor 2005/2010) die zijn afgeleid van de volgende tussendoelstelling: vermindering met 60% van de overschrijding van de 5 percentiel-kritische belasting voor zwaveldepositie
Het eerste NO _x -protocol (Sofia)	1988	Stabilisering van de NO _x -emissies of de grensoverschrijdende stromen van NO _x op de niveaus van 1987, te realiseren vóór 1994

ECE- protocollen in voorbereiding	Jaar (verwacht)	Hoofddoel
Het protocol dat meerdere verontreinigende stoffen bestrijkt en gericht is op de bestrijding van meerdere effecten	1999	Vaststellen van nationale emissieplafonds voor NO _x , NH ₃ en VOS, waarbij gebruik wordt gemaakt van een effect-georiënteerde (kritische belasting en niveaus) en kostenverantwoorde aanpak gericht op de vermindering van verzuring, eutrofiëring en troposferische ozon in combinatie met de reductie van emissies van NMVOS (zie tevens hoofdstuk 5)

Huidig EU-beleid	Jaar	Hoofddoel
Reductiedoelstelling voor SO ₂ -emissies als neergelegd in Vijfde Milieuactieprogramma (5EAP)	1992	Reductie met 35% ten opzichte van het niveau van 1985, te realiseren vóór 2000. Voor het bereiken van deze doelstelling zijn diverse richtlijnen in werking getreden of worden momenteel herzien.
Reductiedoelstelling voor NO _x -emissies als neergelegd in Vijfde Milieuactieprogramma	1992	Stabilisering (te realiseren vóór 1994) en reductie met 30% (te realiseren vóór 2000), waarbij in beide van het emissieniveau van 1990 wordt uitgegaan. Voor het bereiken van deze doelstelling zijn diverse richtlijnen in werking getreden of in voorbereiding.

EU-strategie in voorbereiding	Jaar (verwacht)	Hoofddoel
Reductie van SO ₂ -, NO _x - en NH ₃ - emissies	1998	Reductie van de uitstoot van SO ₂ , NO _x en NH ₃ -op basis van een effect-georiënteerde (kritische belasting) en kostenverantwoorde aanpak - teneinde vóór 2010 in alle gebieden waar ecosystemen waarden vertonen die de kritische belasting voor alle verzurende stoffen overschrijden dit met ten minste 50% te verminderen. Het betreft hier een tussendoelstelling die is gebaseerd op een referentiescenario waarin alle relevante EU-richtlijnen (vigerend en in voorbereiding) zijn verwerkt.

Verzuring 91

was op de emissies van wegvoertuigen en de luchtkwaliteit gericht. Hierin werden van voertuigen afkomstige emissies, kwaliteitsnormen voor brandstof, de terugdringing van verdampingsemissies, en inspectie- en onderhoudsprogramma's behandeld. Momenteel wordt gewerkt aan 'Auto-Oil II', waarin de normen voor het jaar 2005 aan de orde zullen komen.

De terugdringing van de emissies van het wegvervoer maakt deel uit van een reeks van strategieën voor de bestrijding van het verzuringsprobleem in Europa, op zowel nationaal als internationaal niveau, die zijn voortgekomen uit het Vijfde Milieuactieprogramma van de EU en het ECE-Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand (LRTAP), dat in 1979 in Genève werd ondertekend en het eerste multilaterale verdrag inzake luchtverontreiniging is. In tabel 4.1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende ECE-protocollen en communautaire beleidsplannen. Voor een schematisch overzicht van de vorderingen die zijn gemaakt met het bereiken van de in deze protocollen en beleidsplannen neergelegde doelstellingen, zie tabel 1 van de samenvatting van dit rapport.

Zwavel dioxide (SO₂)

De doelstelling van het eerste zwavelprotocol bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand was de emissies vóór 1993 te verminderen tot 30% onder de niveaus van 1980. De lange-termijndoelstelling van het tweede zwavelprotocol, ondertekend in 1994, is het niet meer overschrijden van de kritische belasting voor zwavel. Een tussendoelstelling voor het jaar 2000 is het in de verschillende regio's van Europa met ten minste 60% verkleinen van de kloof tussen de zwaveldepositieniveaus zoals die in 1990 werden gemeten en de 5 percentiel-kritische belastingsniveaus. Voor de verschillende Europese landen werden verschillende emissiereductiedoelstellingen vastgesteld. Dit gebeurde op basis van een kosten-batenanalyse.

De doelstelling van het eerste protocol werd zowel door Europa als geheel als door bijna alle bij het verdrag betrokken partijen verwezenlijkt. Over de vraag of de tussendoelstelling van het tweede protocol vóór het jaar 2000 zal zijn bereikt, bestaat meer onzekerheid. Zo is de tussendoelstelling voor de EU als geheel bijvoorbeeld een vermindering met 62% ten opzichte van de niveaus van 1980, te realiseren vóór 2000. Tegen 1995 was een reductie van 57% bereikt - ongeveer 50% voor Europa als geheel.

De doelstelling voor zwavel dioxide als neergelegd in het Vijfde Milieuactieprogramma (een vermindering van 35% ten opzichte van de niveaus van 1985, te realiseren vóór 2000) werd door de EU als geheel in 1995 bereikt (algemene reductie van 40%) alsook door de meeste lidstaten afzonderlijk.

De vermindering van SO₂-emissies die tussen 1980 en 1995 in Europa is bereikt, is voornamelijk het resultaat van reductiemaatregelen betreffende grote puntbronnen (rookgasontzwaveling en gebruik van laagzwavelige steenkool) en in geringere mate van maatregelen zoals het overschakelen van steenkool op aardgas en diensgevolge een geringer aandeel van steenkool in de energieopwekking, de modernisering van elektriciteitscentrales en economische herstructurering in de LMOE en de NOS.

Voor het realiseren van de lange-termijndoelstelling van het tweede protocol zullen de partijen die betrokken zijn bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand de emissies van hun respectievelijke landen verder moeten verminderen. Andere huidige en geplande initiatieven op communautair niveau voor het stimuleren van een voortgaande vermindering van zwavelemissies, zijn:

- een verzuringsstrategie - in maart 1997 werd door de Commissie een mededeling betreffende een communautaire strategie ter bestrijding van verzuring goedgekeurd (COM(97)88);
- een herziening van de Richtlijn inzake grote stookinstallaties (LCP's) (88/609/EEG) betreffende beperking van de emissies van SO₂ en NO_x door grote stookinstallaties;
- een richtlijn (93/12/EEG) met bepalingen aangaande het maximale zwavelgehalte in diesel- en gasolie;

- een voorstel voor een nieuwe richtlijn die beperkingen stelt aan het zwavelgehalte in zware olie;
- een reeks richtlijnen met emissiegrenswaarden voor verschillende soorten wegvoertuigen en diverse voorstellen voor nieuwe richtlijnen die op de resultaten van het 'Auto-Oil'-programma zijn gebaseerd;
- de Richtlijn betreffende geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging.

De emissiereductiestrategieën die door de EU worden ontwikkeld, houden nauw verband met die welke onder toezicht van de ECE worden uitgevoerd (Amann e.a., 1997).

Stikstofoxiden (NO_x)

De doelstelling van het eerste NO_x-protocol bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand, was het vóór 1994 stabiliseren van de NO_x-emissies op het niveau van 1987. Dit werd door Europa als geheel bereikt, maar niet door alle ondertekenaars van het protocol afzonderlijk.

Op dit moment is een belangrijke doelstelling van het verdrag om in 1998 de onderhandelingen over een nieuw NO_x-protocol af te ronden. Het desbetreffende protocol (een zogeheten "multi-effect and multi-pollutant protocol") zal de emissie van meerdere verontreinigende stoffen bestrijken, met name NO_x, NH₃ en VOS, en zal gericht zijn op de bestrijding van meerdere effecten, namelijk verzuring, eutrofiëring en troposferische ozon. Net als het tweede zwavelprotocol zal ook dit protocol gericht zijn op het tot een minimum beperken, en eventueel zelfs uitsluiten, van schadelijke milieueffecten, en wel op de meest kostenverantwoorde wijze.

In het kader van dit protocol dient het realiseren van kosteneffectiviteit echter te gebeuren met inachtneming van de milieukwaliteitsdoelen met betrekking tot verzuring, eutrofiëring en troposferische ozon.

Voor NO_x is in het Vijfde Milieuactieprogramma als doelstelling geformuleerd dat de emissies tussen 1990 en 2000 met 30% moeten worden verminderd. Tegen 1995 was pas een reductie van 8% bereikt, waardoor het onwaarschijnlijk lijkt dat de doelstelling voor het jaar 2000 wordt gehaald. Het wegverkeer zal naar verwachting verder groeien. Diverse maatregelen om de emissies van motorvoertuigen te verminderen, zoals strengere emissienormen, zullen vanwege het lage tempo waarin het wagenpark wordt vernieuwd, pas na het jaar 2000 volledig effect sorteren. Voor stationaire bronnen van NO_x zijn verdere emissiereducties afhankelijk van de energievraag, de brandstofmix en het tempo waarin de lidstaten de bepalingen van de desbetreffende richtlijnen implementeren (bijv. de richtlijnen betreffende grote verbrandingsinstallaties en geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging).

Voor het verminderen van de effecten van verzuring, eutrofiëring en troposferische ozon, moet de uitstoot van NO_x na 2000 verder worden gereduceerd. De communautaire strategieën, doelstellingen en maatregelen ter bestrijding van de verzuring zullen waarschijnlijk van eenzelfde aard zijn als en geïntegreerd worden in die van het tweede NO_x-protocol bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand. De voorlopige doelstelling van de strategie inzake verzuring van de EU is het reduceren van de NO_x-emissies met 55% tussen 1990 en 2010.

Ammoniak (NH₃)

Op dit moment zijn er geen internationale doelstellingen voor reductie van ammoniakemissies, noch in EU-verband, noch in het kader van het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand. Tussen 1990 en 1995 namen de emissies enigszins af als gevolg van een verminderde landbouwactiviteit (inkrimping van de veestapel). Ammoniak is een van de verontreinigende stoffen die aan bod zullen komen tijdens de onderhandelingen over een nieuw NO_x-protocol die in het kader van het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand worden gevoerd. De aangekondigde richtlijn die in het kader van de strategie inzake verzuring wordt ontwikkeld, zal nationale emissieplafonds voor ammoniak introduceren.

Literatuuropgave:

Amann, M., Bertok, I., Cofala, J., Gyarfas, F., Heyes, C., Klimont, Z., Schopp, W., Hettelingh, J.-P. en Posch, M. (1997). Cost-effective control of acidification and ground level ozone. Second Interim Report. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Oostenrijk.

Becher, G., Förster, M., Lorenz, M., Minnich, M., Möller-Edzards, C., Stephan, K., van Ranst, E., Vanmechelen, L. en Vel., e. (1996). Forest condition in Europe, Results of the

1995 Survey. EC-UN/ECE, Brussel, België, Genève, Zwitserland.

Danish Ministry of the Environment (1998). Fourth meeting of the task force on the phase-out of lead in gasoline. Country Assessment Report. Danish EPA.

Gregor, H.D., Werner, B. en Spranger, T. (red.) (1996). Manual on methodologies for mapping critical loads/levels and geographical areas where they are exceeded. Task Force on Mapping (TFM), UBA Texte 71/96. Umweltbundesamt (UBA), Berlijn, Duitsland.

Hall, D. R. (1993). Transport and Economic Development in New Central and Eastern Europe. Belhaven Press, Londen, Verenigd Koninkrijk.

Hedin, L.O., Granat, L., Likens, G.E., Buishand, T.A., Galloway, J.N., Butler, T.N., en Rodhe, H. (1994). Steep declines in atmospheric base cations in regions of Europe and North America. In *Nature*, Vol. 367, p. 351-354.

Henriksen, A., Skjelkvåle, B.L., Mannio, J., Wilander, A., Harriman, R., Curtis, C., Jensen, J.P., Fjeld, E., en Moiseenko, T. (1998). Northern Europe Lake Survey - 1995, Finland , Norway , Sweden, Denmark, Russian Kola, Russian Karelia, Scotland and Wales. *Ambio*, ter perse.

Hesthagen, T., Berger, H. M., Larsen, B.M. en Saksgård, R. (1995). Monitoring fish stocks in relation to acidification in Norwegian watersheds. In *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 85, p. 641-646.

Kucera, V. en Fitz, S. (1995). Direct and indirect air pollution effects on materials including cultural monuments. In *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 85, p. 153-165.

Lorenz, M., Augustin, S., Becher, G. en Förster, M. (1997). Forest condition in Europe. Results of the 1996 crown condition survey. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products, Hamburg, Duitsland. EC-UN/ECE, Brussel, België, Genève, Zwitserland.

Lloyd's Register of Shipping (1995). Marine Exhaust Emission Research Programme. Lloyd's Register of Shipping, Londen, Verenigd Koninkrijk.

Lükewille, A., Jeffries, D., Johannessen, M., Raddum, G., Stoddard, J., Traaen, T. (1997). The Nine Year Report: Acidification of Surface Waters in Europe and North

Verzuring 93

America. Long-term Developments (1980s and 1990s). Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes, NIVA-Report, Serial No. 3637-97, 168 blz.

Mylona, S. (1996). Sulphur dioxide emissions in Europe 1880-1991 and their effect on sulphur concentrations and depositions. In *Tellus*, Vol. 48 B, p. 662-689.

Olendrzynski, K. (1997). Emissions. In *Transboundary Air Pollution in Europe. MSC-W Status Report 1997*. Red.: Berge, E.. EMEP/MSC-W Report 1/97. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Noorwegen.

Posch, M., Hettelingh, J.-P., de Smet P.A.M. en Downing, R.J. (red.) (1997). Calculation and mapping of critical thresholds in Europe: Status Report 1997. Co-ordination Centre for Effects. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Report no. 2591101007, Bilthoven, Nederland.

Posch, M. (1997). Personal Communication. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Bilthoven, Nederland.

Semb, A., Hanssen, J.E., François, F., Maenhaut, W. en Pacyna, J.M. (1995). Long range transport and deposition of mineral matter as a source for base cations. In *Water, Air, Soil Pollution*, Vol. 85, p. 1933-1940.

Tsyro, S.G. (1997). Long-term source-receptor calculations for acidifying and eutrophying compounds. In *Transboundary Air Pollution in Europe. MSC-W Status Report 1997*, Berge, E. (red.). EMEP/MSC-W Report 1/97. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Noorwegen.