

RIVM rapport 725501007/2003

**Gezondheids- en natuureffecten van
verschillende verzuringsambities in 2010**

J.P. Beck, L. van Bree, H.S.M.A. Dierenen,
J.H.J. Dolmans, M.L.P. van Esbroek,
P.H. Fischer, R.J.M. Folkert, A. van Hinsberg,
K. van Velze, M. Marra, W.A.J. van Pul,
J. de Ruiter, L.S. de Waal

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het ministerie van VROM, in het kader van project Verzuring en Grootschalige Luchtverontreiniging (M/725501), mijlpaal 'Audit van de verzuringsdoelstellingen'.

Abstract

In this report the deposition and concentration levels of acidifying components and ozone have been calculated for three emission variants for 2010. These emission variants consist of (1) the effect of current policies, (2) a package of 12 extra policy options in addition to current policies and (3) the emission levels as set in the Fourth National Environmental Policy Plan (NMP4). It is assumed that foreign countries will follow the European NEC-Directive or the UN-ECE protocol. For SO₂, NO_x and NH₃ the emission reduction potential of the package of 12 measures seems to be sufficient to attain to the national EU emission obligations. Calculations show the environmental quality in 2010 to generally improve compared to the reference year of 2001. However, given all uncertainties there is only a small chance that current policies will be sufficient to meet the national deposition target for potential acid and nitrogen. In the case of the 12 measures and the NMP4 packages it is more likely that the national goals will be met. Then still critical loads are exceeded in 70 – 90% of the ecosystems. In the case of ozone no exceedances of the 2010 EU target value for the protection of human health is expected. Compliance with the annual average standard seems feasible for PM₁₀ in the Netherlands in 2005, although local exceedances at ‘hot spots’ cannot be ruled out. Compliance with the 2010 annual average EU standard of 20 µg/m³ is not feasible, even at high cost. Air quality will continue to improve with respect to NO₂. This causes exceedances of the yearly mean EU-NO₂ limit value to become more and more local phenomena. We expect that exceedances occur mainly along motorways in urban areas and 300 to 30,000 people are expected to be exposed to these exceedances in 2010.

Inhoud

Samenvatting	7
1. Inleiding	13
2. Emissievarianten	15
2.1 <i>Inleiding</i>	15
2.2 <i>Drie emissieniveaus voor 2010</i>	16
2.2.1 <i>Uitvoering vastgesteld beleid (Referentieraming)</i>	16
2.2.2 <i>Twaalf door DGM aangedragen beleidsopties</i>	17
2.2.3 <i>NMP4</i>	17
3. Depositie en effecten op milieu en natuur	19
3.1 <i>Potentieel zuurdepositie en effecten op milieu en natuur</i>	21
3.1.1 <i>Potentieel zuurdepositie</i>	21
3.1.2 <i>Bescherming van landnatuur</i>	24
3.2 <i>Depositie van stikstof en effecten op milieu en natuur</i>	27
3.2.1 <i>Stikstofdepositie</i>	27
3.2.2 <i>Bescherming van landnatuur</i>	29
4. Ozon, fijn stof en NO₂.....	33
4.1 <i>Luchtkwaliteit ozon</i>	33
4.1.1 <i>Algemeen beeld van ontwikkelingen luchtkwaliteit ozon</i>	33
4.1.2 <i>Potentiële blootstelling van de bevolking</i>	34
4.1.3 <i>EU informatiedrempel</i>	35
4.1.4 <i>Blootstelling van vegetatie</i>	35
4.2 <i>Luchtkwaliteit fijn stof</i>	36
4.3 <i>Luchtkwaliteit NO₂</i>	38
4.3.1 <i>Ontwikkelingen van de luchtkwaliteit voor NO₂</i>	38
4.4 <i>Algemeen beeld gezondheidseffecten NO₂</i>	40
4.5 <i>Algemeen beeld gezondheidseffecten ozon</i>	40
4.6 <i>Algemeen beeld gezondheidseffecten PM₁₀</i>	41
Literatuur.....	43
Bijlage 1 Onzekerheden in deposities en effect op milieu en natuur.....	45
Bijlage 2 Deposities en effecten zonder correctie.....	47
Bijlage 3 Verzendlijst	51

Samenvatting

Algemeen

Aan de in het NMP4 en in de nota 'Vaste waarden, nieuwe vormen' aangekondigde verkenning van mogelijke maatregelen ter reductie van verzurende emissies en grootschalige luchtverontreiniging is door het Milieu- en Natuurplanbureau-RIVM in twee fasen bijgedragen. In de eerste fase is gewerkt aan de notitie *Potentieel effect op emissies van SO₂, NO_x, NH₃, VOS en PM₁₀ en kosten van door DGM aangedragen beleidsopties* (Smeets *et al.*, 2002). In die notitie wordt het reducerende effect van een 12-tal door DGM aangedragen beleidsopties op de uitstoot van verzurende stoffen en PM₁₀ ingeschat. Dit werk biedt tevens bouwstenen aan voor een *Plan van Aanpak* dat de Nederlandse regering moet aanbieden aan de Europese Commissie, waaruit blijkt dat de in Europees verband overeengekomen emissieplafonds voor verzurende stoffen in 2010 worden gehaald. Deze emissieplafonds zijn voor alle lidstaten vastgelegd in de NEC-Richtlijn. In de tweede fase is de milieukwaliteit binnen het thema Verzuring met behulp van drie emissievarianten, waaronder het bovengenoemde pakket, voor het jaar 2010 verkend. Hiervan wordt in voorliggende notitie verslag gedaan. Het doel van deze berekeningen is het geven van inzicht in de onderlinge samenhang van emissies, maatregelen, milieukwaliteit en risico's voor gezondheid en natuur. De volgende milieukwaliteitsparameters zijn bekeken: de effecten van potentieel zuur- en stikstofdepositie, de directe effecten van ozon op vegetatie en de effecten op de volksgezondheid van ozon en fijn stof.

De emissievarianten

Er zijn drie emissieniveaus voor de verzurende stoffen (SO₂, NO_x, NH₃ en VOS) voor het jaar 2010 doorgerekend (tabel A). Er is verondersteld dat de buitenlandse emissies worden gereduceerd conform de NEC-richtlijn voor de EU-lidstaten en volgens het Gotenburg-protocol voor de overige landen. Neveneffecten op de uitstoot van verzurende stoffen door extra inspanningen voor het Kyoto protocol zijn niet verwerkt. De doorgerekende pakketten zijn:

- de Referentieraming voor broeikasgassen (RIVM, 2002a en b) die het in het Strategisch Akkoord vastgestelde beleid beschrijft;
- een variant met 12 aanvullende beleidsopties ten opzichte van de Referentieraming (Smeets *et al.*, 2002);
- de NMP4-inspanningsverplichtingen voor 2010.

Als referentie zijn tevens de uitstoot in 2000, 2001 en de NEC-plafonds opgenomen. Het uitstootreductiepotentieel van de 12 beleidsopties lijkt voor SO₂, NO_x en NH₃ voldoende om in 2010 aan de EU-verplichtingen te kunnen voldoen. Voor VOS komt het NEC-doel in zicht. De milieukwaliteit en -effecten zullen bij realisatie van de NEC-plafonds in liggen tussen de berekening van het vastgestelde beleid (Referentieraming) en het 12 maatregelen pakket.

Tabel A Overzicht van de doorgerekende emissievarianten voor het jaar 2010

Variant	Omschrijving			Uitstoot in Nederland (kton)				
	Nederland	EU landen	Overig buitenland	SO ₂	NO _x	NH ₃	VOS	PM ₁₀
2000	Huidige situatie	Huidige situatie	Huidige situatie	92	413	152	278	
2001	Huidige situatie	Huidige situatie	Huidige situatie	89	410	148	271	
RR	Vastgesteld beleid	NEC	Gotenburg	70	289	127	220	42,5
12MR	Uitstoot na aftrek van 12 DGM beleidsopties	NEC	Gotenburg	44	241-247	104	175-189	41,8
NMP4	Nationale inspanningsverplichtingen	NEC	Gotenburg	46	231	100	163(155) ^a	
NEC	EU emissieplafonds	NEC	Gotenburg	50	260	128	185	

^a Doelstelling komt uit op 155 kton in het geval EU-richtlijnen voor VOS-houdende producten en voor motoren, bromfietsen en scooters tot stand komen.

Effecten van verzuring en vermesting op de natuur

Directe schade aan vegetatie door hoge concentraties van stikstof – en zwavelverbindingen in de lucht treedt bij de huidige niveaus niet mee op. Maar depositie van deze stoffen op de natuur leidt tot verzuring en vermesting. Door zure stikstof- en zwavelverbindingen komt schadelijk aluminium in oplossing en spoelen voor planten noodzakelijke voedingsstoffen uit. Vermesting vindt plaats doordat stikstof zich ophoopt in planten en in de bodem. Dit leidt ertoe dat oorspronkelijke plantensoorten worden verdrongen door veelal algemene stikstofminnende plantensoorten, zoals bijvoorbeeld bij de vergrassing van heide en verruiging van duingraslandschap door duinriet.

Potentieel zuur- en stikstofdepositie

Het resultaat van de depositieberekeningen is afhankelijk van de verwerking van de geconstateerde discrepantie tussen gemeten en berekende NH_3 –concentraties (de laatste jaren constant op circa 30%). Het is nog onduidelijk in welke mate de onzekerheden in emissies dan wel in modellen het verschil tussen gemeten en berekende concentratie verklaren. Het is dus ook onduidelijk hoe zich dit in de toekomst ontwikkelt. In de NMP4-nota zijn prognoseberekeningen opgenomen zonder correctie voor de discrepantie bij NH_3 met de kanttekening dat de gepresenteerde depositiecijfers een onderschatting zijn van de werkelijke niveaus. In de Milieubalans 2002 zijn berekeningen van actuele deposities opgenomen die wel zijn gecorrigeerd met de verhouding tussen gemeten en berekende concentraties. Om zowel vergelijkbaarheid met het NMP4 als de Milieubalans te waarborgen worden in deze notitie beide berekeningen opgenomen en als een range voor de depositieschattingen gepresenteerd (in tabel B en C zijn de lage waarden zonder en de hoge waarden met gebruik van de correctie). De correctie werkt vooral door in de absolute waarden van de depositie, die van belang zijn voor vergelijking met doelstellingen en effecten, maar is van ondergeschikt belang voor de onderlinge relatieve vergelijking van de diverse beleidspakketten.

Het verschil tussen de huidige situatie (2001) en de varianten in 2010 is aanzienlijk (tabel B en C). Voor de ondergrens in de range blijkt dat de landelijke NMP4 depositiedoelstellingen van 1550 mol stikstof/ha/jaar en 2150 mol potentieel zuur/ha/jaar op de Nederlandse natuur voor alle varianten in zicht komen. Of beide doelstellingen werkelijk worden gehaald hangt echter af van de onderschatting die optreedt door het niet corrigeren voor het verschil tussen gemeten en berekende ammoniakconcentraties. Gegeven alle onzekerheden is er slechts een geringe kans dat het huidige beleid (Referentieraming) afdoende is om de depositiedoelstelling te halen. Met de 12 aanvullende maatregelen en met het NMP4-pakket is deze kans reëler maar het is niet uitgesloten dat ook dan nog extra maatregelen nodig zijn. Het percentage landnatuur dat beschermd is (c.q. areaal met depositieniveaus onder de kritische depositieniveaus) voor potentieel zuur en stikstof blijft de komende 10 jaar in alle varianten in grote delen van Nederland en met name in het zuid-oosten beneden de 30-40%. Wel neemt de bescherming in provincies met ecosystemen in zeelegebieden (Zeeland, Friesland en Groningen) belangrijk toe (tot 60-80%) bij implementatie van het aanvullende beleid (12 maatregelen en NMP4). Het effect van extra emissiereducties in Nederland is ook zichtbaar in het terugdringen van de gesommeerde overschrijdingen van de kritische depositieniveaus en vermindert de risico's voor ecosystemen. Deze zijn 20-30% lager in vergelijking tot het huidige beleid.

Tabel B De gemiddelde depositie en gesommeerde overschrijding van de kritische waarden voor potentieel zuur en stikstof op landecosystemen¹. De 2001-getallen zijn berekend. De onder- en bovengrens van de range geven het resultaat van respectievelijk de berekening zonder en met correctie van de depositie van ammoniak weer.

Jaar/ variant	Gemiddelde depositie		Gesommeerde overschrijding	
	Potentieel zuur (mol.ha ⁻¹ .a ⁻¹)	Stikstof (mol.ha ⁻¹ .a ⁻¹)	Potentieel zuur (Mmol.a ⁻¹)	Stikstof (Mmol.a ⁻¹)
2001	2750-3250	1900-2400	1710-2330	980-1580
2010-Referentieraming	2150-2550	1500-1900	1030-1490	540-990
2010-12 maatregelen	1950-2300	1350-1700	820-1190	380-740
2010-NMP4	1950-2300	1350-1650	780-1140	340-680
2010-NMP4 <u>doel</u>	2150	1550		

Tabel C Het beschermde areaal landnatuur. De cijfers voor 2001 zijn berekend.

Jaar/ variant	Areaal landecosystemen zonder overschrijding	
	Potentieel zuur (%)	Stikstof (%)
2001	10	10-20
2010-Referentieraming	10-20	20-30
2010-12 maatregelen	20-30	20-30
2010-NMP4	20-30	20-40

Ozon

In Nederland is in de jaren '90 een dalende trend geconstateerd in het voorkomen van hoge ozonconcentraties. Dit komt voornamelijk door de reductie van precursoremissies (VOS en NO_x) in Nederland en in Europa. In de periode tussen 1997 en 2001 zijn er geen overschrijdingen waargenomen van de 2010 tussendoelstelling van de EU voor de bescherming van de gezondheid van de mens. Met een verdere emissiereductie zoals voorzien in de beleidspakketten voor 2010 zullen de ozonconcentraties nog verder dalen. Piekconcentraties worden lager en drempelwaarden worden minder vaak overschreden (tabel D). In 2010 worden geen overschrijdingen meer verwacht van de EU-doelstelling voor de bescherming van gezondheid en vegetatie. Een dag met 'matige smog' wordt in 2010 sporadisch verwacht. Daartegenover staat dat de gemiddelde concentratie waarschijnlijk iets toeneemt. Dit is van belang voor de schatting van gezondheidseffecten omdat daarbij het gunstige effect van de bestrijding van piekconcentraties deels teniet gedaan wordt door de stijging van het gemiddelde. De lange termijn streefwaarden worden in de hier bestudeerde beleidspakketten niet gehaald.

¹ De in deze notitie gepresenteerde depositiecijfers van het NMP4-pakket zijn niet exact gelijk aan de in de NMP4-nota vermelde getallen. Belangrijkste oorzaak van de verschillen is een betere verdeling van het nationale NH₃ emissietotaal over de provincies, de correctie van de ammoniakdepositie (zie tekstbox), verbeteringen in het depositiemodel en fijnschaliger natuurkaarten

Tabel D Luchtkwaliteitsindicatoren voor 2001 en de drie varianten voor 2010.

Jaar/variant	Ozon		Fijn stof	NO ₂
	Aantal dagen overschrijding van 120 µg/m ³ 8h dagmax, NL gemiddeld	Range AOT40 in NL natuur (µg.m ⁻³ .h)	Jaargemiddelde concentratie fijn stof gemiddeld over NL (µg/m ³)	Aantal inwoners > 40 µg/m ³
2001	11	2 500 – 12 000	31	0,6 miljoen
2010-Referentieraming	8	2 500 – 10 000	29	3000-30000
2010-12 Maatregelen	9	2 500 – 10 000	29	0-7000
2010-NMP4	8	2 500 – 9 500	29	0-5000

Fijn stof

De variatie in de 2010-berekeningen voor fijn stof wordt alleen veroorzaakt door het aerosol dat in de lucht gevormd wordt uit SO₂, NO_x en NH₃. Voor de emissies van primair in deeltjesvorm geëmitteerd PM₁₀ in 2010 zijn steeds dezelfde schattingen gebruikt. De jaargemiddelde-concentratie aan fijn stof in Nederland daalt van circa 35 µg/m³ in 1995 tot circa 30 µg/m³ in 2010. De daggemiddelde norm van 50 µg/m³ met een maximum van 35 dagen overschrijding, wordt van kracht in 2005. In 2010 zou een reductie tot indicatief 7 overschrijdingen gerealiseerd moeten zijn. In 2005 lijkt de jaargemiddelde EU norm van 40 µg/m³ voor fijn stof in Nederland in het algemeen haalbaar. Lokale overschrijdingen op 'hot spots' zijn echter niet uit te sluiten. In 2010 is de indicatieve jaargemiddelde waarde van 20 µg/m³ in Nederland echter niet haalbaar, zelfs niet tegen hoge kosten. Wanneer in 2010 alle voorgenomen stofbestrijdingsmaatregelen zijn uitgevoerd zullen vermoedelijk ook nog steeds 36 tot 40 maal per jaar daggemiddelde concentraties boven de 50 µg/m³ voorkomen. De daggemiddelde EU normen voor 2005 en voor 2010 zijn voor Nederland dan ook waarschijnlijk niet haalbaar.

NO₂

De luchtkwaliteit voor NO₂ is de laatste jaren sterk verbeterd. Het aantal blootgestelden aan overschrijdingen van de nieuwe EU-norm nam af van circa 4,5 miljoen mensen in 1990 tot 0,6 miljoen mensen in 2001. De concentraties in 1990 maar ook in 2001 waren nog zo hoog dat overschrijdingen zich over grote delen van grote steden uitstrekten. De verbetering van de luchtkwaliteit voor NO₂ zet met bestaand beleid door, waardoor overschrijdingen steeds meer een lokaal fenomeen worden. In 2010 zal lokaal vooral langs snelwegen in stedelijk gebied de EU-norm nog worden overschreden bij zo'n 300 tot 30.000 mensen.

Door de 12 maatregelenopties van DGM daalt het aantal overschrijdingen gemiddeld met 70-80% ten opzichte van de referentie tot 0-7000 mensen. Dit komt hoofdzakelijk (80-90%) door een verlaging van de achtergrondconcentratie als een gezamenlijk effect van alle NO_x-reducties. De overige reductie komt door maatregelen bij het verkeer die naast een effect op de achtergrondconcentratie ook lokaal een positief effect op de luchtkwaliteit hebben. Bij realisering van het emissiedoel uit het NMP4 neemt de concentratie nog verder af en daalt het aantal overschrijdingen langs snelwegen tot 0-5000 mensen.

Gezondheidsrisico-evaluatie luchtkwaliteit, ozon en fijn stof

Door luchtverontreiniging kunnen zowel acute als chronische gezondheidseffecten optreden. Effecten zoals afname van de longfunctie kunnen op grote schaal in de bevolking voorkomen. Andere effecten zoals astma-aanvallen, hart- en vaatziekten en vroegtijdige sterfte komen minder vaak voor en betreffen vaak mensen met een zwakkere gezondheid. In Nederland zijn in het jaar 2000 naar schatting 1700 vroegtijdige sterfgevallen toe te schrijven aan luchtverontreiniging door fijn stof. Voor ozon zijn de geschatte effecten ongeveer van dezelfde orde van grootte. De effecten van ozon en fijn stof kunnen niet bij elkaar opgeteld worden omdat perioden met hoge concentraties van ozon en fijn stof gelijktijdig kunnen voorkomen.

In de komende 10 jaar wordt voor ozon, uitgaande van gelijkblijvende bevolkingsopbouw, vrijwel geen verandering verwacht in het aantal sterfgevallen (tabel E). Dit ondanks de reductie van piekconcentraties en de voortzettende verbetering van luchtkwaliteit. De lagere NO_x concentraties veroorzaken een toename van de gemiddelde concentratie van ozon van ongeveer 2 µg/m³. Ook de ontwikkelingen in de grootschalige atmosfeer spelen bij dit proces waarschijnlijk een rol. Het gunstige effect van het terugdringen van piekwaarden wordt in de schatting van de gezondheidsrisico's (deels) teniet gedaan. Rekening houdend met vergrijzing en bevolkingsgroei zal er sprake zijn van een toename in het aantal sterfgevallen geassocieerd met ozon.

Tabel E Overzicht van de resultaten van de gezondheidsrisico-evaluatie van ozon (aantal personen). Cijfers zijn berekend op basis van een gelijkblijvende bevolkingsopbouw.

Jaar/variant	Sterfte
2001	3000
2010-Referentieraming 2010-12 maatregelen 2010-NMP4	3000

Hoe de gezondheidseffecten door fijn stof precies ontstaan, is nog niet duidelijk. Aangezien fijn stof een verzamelnaam is voor een complex mengsel van allerhande grote en kleinere stofdeeltjes in de luchtverontreiniging blijft het lastig om oorzakelijke verbanden te ontrafelen. De mate van de eventueel te boeken gezondheidswinst hangt af van de mate waarin de voor gezondheidseffecten verantwoordelijke deeltjes door beleidsmaatregelen worden gereduceerd. Voor fijn stof loopt hiervoor veel onderzoek. Op basis van de huidige kennis wordt in de komende 10 jaar een doorgaande afname van risico's voor sterfte en spoedopnamen in het ziekenhuis voor fijn stof berekend, uitgaande van de huidige bevolkingsopbouw (tabel F). Bevolkingsgroei en vergrijzing van de populatie zorgen voor een stijging van de gezondheidseffecten. De absolute aantallen zullen dan in 2010 naar verwachting vergelijkbaar zijn met die van 2001.

Tabel F Overzicht van de resultaten van de gezondheidsrisico-evaluatie van fijn stof (aantal personen). Cijfers zijn berekend op basis van een gelijkblijvende bevolkingsopbouw.

Jaar/variant	Sterfte	Ziekenhuisopnames
2001	1600	950
2010-Referentieraming 2010-12 maatregelen 2010-NMP4	1200	700

1. Inleiding

Door de depositie van zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃) uit de lucht ontstaat schade aan de natuur. De directe blootstelling aan deze stoffen en aan ozon (O₃), gevormd uit NO_x en vluchtige organische stoffen (VOS) kan leiden tot (gezondheids) schade bij mensen, materialen en ecosystemen. Dit complex van stoffen en effecten, inclusief de gerelateerde problematiek van fijn stof en ozon, wordt onder de noemer ‘verzuring’ beleidsmatig integraal aangepakt.

Het huidige Nederlandse verzuringsbeleid is vastgelegd in het NMP4. In het NMP4 zijn emissiedoelstellingen opgenomen voor SO₂, NO_x, NH₃ en VOS voor het jaar 2010. Deze zijn verder uitgesplitst per doelgroep. Verder bevat het NMP4 depositiedoelstellingen die zijn afgeleid van de emissie-inspanning. De NMP4 grenswaarden voor luchtkwaliteit zijn afgeleid van de EU-grenswaarden. De nota ‘Vaste waarden, nieuwe vormen’ geeft aan hoe de komende vier jaar gewerkt wordt aan het realiseren van de NMP4 ambities.

In de Europese Unie (EU) zijn nationale emissieplafonds voor de lidstaten voor 2010 vastgesteld via de NEC-richtlijn. Deze plafonds zijn voor Nederland minder vergaand dan de NMP4 doelen, maar ze zijn wel bindend. De NEC-richtlijn bepaalt dat lidstaten binnen een jaar na inwerkingtreding van de richtlijn een Plan van Aanpak in moeten dienen waaruit blijkt dat de emissieplafonds in 2010 worden bereikt. De minister heeft in het NMP4 en in de nota ‘Vaste waarden, nieuwe vormen’ toegezegd dat de Tweede Kamer het Plan van Aanpak inclusief een schets van de milieukwaliteit in 2002 ontvangt.

Behalve emissieplafonds zijn in de NEC-richtlijn ook tussentijdse milieudoelstellingen opgenomen. Deze stellen dat in 2010 het areaal waar de kritische belasting voor verzuring wordt overschreden ten opzichte van 1990 met ten minste 50% moet zijn teruggebracht. Ook voor depositie van stikstof en voor luchtkwaliteit ten aanzien van ozon zijn tussendoelstellingen vastgelegd.

Voorliggende notitie verkent de milieukwaliteit binnen het thema ‘verzuring’ via drie emissievarianten voor het jaar 2010. Deze omvatten:

- de Referentieraming (RIVM, 2002a en b) die het in het Strategisch Akkoord vastgestelde beleid beschrijft;
- een variant met 12 aanvullende beleidsopties ten opzichte van de Referentieraming. Deze biedt de bouwstenen voor het eerder genoemde Plan van Aanpak en beschrijft het potentieel effect van 12 aanvullende, door DGM aangedragen, beleidsopties (Smeets *et al.*, 2002);
- de NMP4-inspanningsverplichtingen.

Als referentie zijn berekende resultaten van 2001 opgenomen. In alle berekeningen voor 2010 is verondersteld dat de buitenlandse emissies worden gereduceerd conform de NEC-richtlijn voor de EU lidstaten en het Gotenburg protocol² voor het overige buitenland.

² Het Gotenburg protocol is tot stand gekomen onder de UN-ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Het beschrijft emissieplafonds voor 33 landen voor SO₂, NO_x, NH₃ en VOS en het is nu door 5 landen geratificeerd. Nederland zal naar verwachting begin 2003 ratificeren.

Het doel van deze verkenning is het verschaffen van inzicht in de onderlinge samenhang van emissies, milieukwaliteit en risico's voor gezondheid en natuur. Zodoende worden bouwstenen aangeleverd voor de sectie over milieukwaliteit in het Plan van Aanpak dat de minister in december aan de Europese Commissie stuurt. Verder biedt de studie een mogelijkheid tot toetsing van milieukwaliteitsdoelstellingen uit de Europese regelgeving en het NMP4. De volgende milieukwaliteitsparameters zijn bekeken: de effecten van potentieel zuur- en stikstofdepositie op de natuur, de directe effecten van ozon op vegetatie en de effecten op de volksgezondheid van ozon en fijn stof.

2. Emissievarianten

2.1 Inleiding

In het NMP4 en in de NEC-richtlijn (2001/81/EG) zijn emissiedoelstellingen vastgelegd voor de uitstoot van verzurende stoffen (SO₂, NO_x, NH₃ en VOS). De NEC-richtlijn heeft tot doel om in de EU de bescherming van het milieu en de menselijke gezondheid tegen de risico's van schadelijke gevolgen van verzuring, bodemeutrofiëring en ozon op leefniveau te verbeteren. Het einddoel van de richtlijn is om de problematiek van verzuring en grootschalige luchtverontreiniging, indien mogelijk vóór 2020 helemaal op te lossen. Hiertoe verplicht de richtlijn lidstaten om in 2010 niet meer SO₂, NO_x, NH₃ en VOS uit te stoten dan de overeengekomen nationale plafonds. Bij de evaluatie in 2004 van de NEC-richtlijn wordt gekeken naar een mogelijke aanscherping van de doelen voor SO₂, NO_x en VOS in 2010 en de mate waarin in 2020 het einddoel kan worden gerealiseerd. In de Milieubalans 2002 is de conclusie getrokken dat bij uitvoering van het nu vastgestelde beleid de emissieplafonds voor SO₂, NO_x en VOS die in de NEC-richtlijn zijn overeengekomen, niet bereikbaar zijn. De beleidstekorten worden geschat op 20 kton voor SO₂, 29 kton voor NO_x en 35 kton voor VOS. Het plafond voor NH₃ komt zonder aanvullende maatregelen wel binnen bereik. De nationale NMP4-inspanningsverplichtingen liggen onder de EU-emissieplafonds en blijven alle buiten bereik.

DGM heeft het Milieu- en Natuurplanbureau-RIVM gevraagd te bestuderen hoe groot het effect op de uitstoot van verzurende stoffen en fijn stof zou kunnen zijn op basis van 12 aanvullende beleidsopties. Het resultaat van deze studie is neergelegd in de notitie 'Potentieel effect op emissies SO₂, NO_x, NH₃, VOS en PM₁₀ en kosten van door DGM aangedragen beleidsopties' (Smeets *et al.*, 2002). De 12 aanvullende maatregelen hebben potentieel een significant effect op de uitstoot van verzurende stoffen in 2010. Het effect op de emissie van fijn stof is echter gering. Het reductiepotentieel van de opties lijkt voor SO₂ en NO_x voldoende en voor NH₃ ruim voldoende om in 2010 aan de EU emissieplafonds te voldoen. In het geval van VOS komt de EU doelstelling in zicht, maar is niet zeker gesteld. Met betrekking tot de NMP4-doelstellingen komt uitsluitend de inspanningsverplichting voor SO₂ in beeld.

In deze notitie wordt verslag gedaan van de doorrekening van het vastgestelde beleid tot 2010, het potentiële pakket van 12 beleidsopties en de NMP4 inspanningsverplichtingen. Tabel 2.1 vat deze varianten samen op het niveau van nationale emissietotalen. Als referentie worden ook de emissies van het jaar 2001 vermeld.

Tabel 2.1 Overzicht van de doorgerekende emissievarianten voor het jaar 2010

Variant	Omschrijving	Uitstoot in Nederland (kton)							
		Nederland	EU landen	Overig buitenland	SO ₂	NO _x	NH ₃	VOS	PM ₁₀
2000	Huidige situatie		Huidige situatie	Huidige situatie	92	413	152	278	
2001	Huidige situatie				89	410	148	271	
RR	Vastgesteld beleid	NEC		Gotenburg	70	289	127	220	42,5
12MR	Uitstoot na aftrek van 12 DGM beleidsopties	NEC		Gotenburg	44	241-247	104	175-189	41,8
NMP4	Nationale inspanningsverplichtingen	NEC		Gotenburg	46	231	100	163(155) ^a	

^a Taakstelling komt uit op 155 kton in het geval EU-richtlijnen voor VOS-houdende producten en voor motoren, bromfietsen en scooters tot stand komen.

2.2 Drie emissieniveaus voor 2010

De beleidsdefinitie en aannamen bij de emissies van verzurende stoffen en fijn stof van deze varianten worden hier kort samengevat. Voor Nederland is het 12 maatregelen pakket ingevuld door maatregelen in te zetten ten opzichte van het in het Strategisch Akkoord afgesproken beleid (Referentieraming). De NMP4-variant is ingevuld middels het maatregelenpakket dat in de NMP4-nota is voorgesteld zodat het emissietotaal van sectoren onder de taakstellingen van die sectoren komt. Voor het buitenland zijn de emissieplafonds ingevuld door de emissies naar rato te verdelen over de verschillende doelgroepen.

2.2.1 Uitvoering vastgesteld beleid (Referentieraming)

In deze variant zijn de emissieprognoses voor SO₂, NO_x en VOS gebaseerd op de Referentieraming Broeikasgassen zoals deze in opdracht van DGM door RIVM en ECN is opgesteld (RIVM, 2002a en b). Voor de macro-economische aspecten is in deze raming aansluiting gezocht bij de Middel-Lange Termijn analyses van het CPB. Er is in deze variant uitgegaan van een gematigde economische groei (1,5% per jaar) in 2001 en 2002 en een optimistisch economisch groei (2,75% per jaar) in de periode van 2003-2010. De macro-economische ontwikkelingen in bedrijfstakken zijn via inschattingen over maatschappelijke ontwikkelingen (olieprijs, internationale concurrentie positie, het gebruik van elektrische apparaten, import van elektriciteit en de ontwikkelingen in de ICT sector) vertaald naar fysieke ontwikkelingen zoals energiegebruik en verkeersvolume. Daarnaast is onder andere een inschatting gemaakt van de omvang van de veestapel in 2010. De belangrijkste ontwikkelingen zijn gepresenteerd in tabel 2.2. Deze fysieke ontwikkelingen zijn met behulp van emissiefactoren omgezet naar emissies van de verschillende stoffen per sector in 2010 (tabel 2.2).

Tabel 2.2 Ontwikkeling van de bruto toegevoegde waarde, energiegebruik, verkeersvolume en veestapelomvang in de periode 2000-2010.

		2010
		2000=100
BBP		128
energiegebruik	PJ	106
personenauto's en bestelauto's	mln voertuigkm	117
bestelauto's	mln voertuigkm	144
vrachtverkeer	mln voertuigkm	140
binnenvaart	PJ	107
zeescheepvaart	PJ	125
rundvee	berekende diereenheden	90
varkens	berekende diereenheden	89
pluimvee	berekende diereenheden	88

2.2.2 Twaalf door DGM aangedragen beleidsopties

Effecten op emissies van de aangedragen 12 beleidsopties zijn berekend tegen de achtergrond van de ontwikkelingen in de Referentieraming (Smeets *et al.*, 2002). De 12 beleidsopties zijn:

1. Uitvoeren plan van aanpak verminderen SO₂ uitstoot bij de industrie, energie-sector en raffinaderijen;
2. Verlagen zwavelgehalte in brandstof voor mobiele machines, tractoren en diesel-locomotieven;
3. Verminderen NO_x uitstoot in de binnenvaart;
4. Fiscale stimulering Euro4/Euro5 vrachtvoertuigen;
5. Niet technische maatregelen in verkeer (kilometerheffing personen- en vracht-autogebruik en verlaging maximumsnelheid);
6. Verminderen NO_x uitstoot in de zeescheepvaart en walstroom Nederlandse zee-havens;
7. Uitvoering NO_x-emissiehandel grote inrichtingen in industrie, energiesector, raffinaderijen en afvalverwerking;
8. Aanscherping BEES en NER voor gasmotoren en andere stookinstallaties;
9. Aanscherping typekeurbesluit verwarmingstoestellen en vergroten aandeel Hoog Rendement Combi-ketels;
10. Implementeren VOS-Reductieplan of invoeren VOS-emissiehandel bij de industrie, energiesector en raffinaderijen;
11. EU-VOS-productenrichtlijn;
12. Extra ammoniakreducerende maatregelen in de landbouw.

2.2.3 NMP4

Nederland heeft in het NMP4 inspanningsverplichtingen met taakstellingen voor doelgroepen geformuleerd voor SO₂, NO_x, VOS en NH₃. Deze inspanningsverplichtingen en taakstellingen zijn gebaseerd op maatregelpakketten (VROM, 2000) die de Nederlandse regering goed haalbaar achtte. De maatregelen voor het bereiken van de NMP4 taakstellingen worden voor SO₂ gezocht in:

- Een verdere verlaging van het zwavelgehalte in motorbrandstoffen voor het wegverkeer en de binnenvaart;
- Meer en effectievere toepassing van ontzwavelings- en rookgasreinigingsinstallaties in de industrie, en bij electriciteitsbedrijven en de raffinaderijen.

Het gaat hierbij voor NO_x om stimuleringsmaatregelen voor schone binnenvaartmotoren, stimulering schone vrachtwagens, variabilisatie autokosten, aanscherping emissie-eisen (BEES en NER) in de kleine industrie en het verlagen van emissieplafonds voor de NO_x-emissiehandel in de grote industrie. Verder betreft het schonere gasgestookte installaties in de sector handel diensten en overheid (HDO), landbouw en consumenten (VROM, 2001a; 2000)

De extra reducties die noodzakelijk zijn om de NMP4 inspanningsverplichting voor NO_x te halen, moeten worden gerealiseerd in alle doelgroepen:

- Voor de grote stookinstallatie wordt het instrument NO_x-emissiehandel ingezet. Voor de kleinere stookinstallaties aanscherping van de emissie-eisen;
- Binnen de doelgroep verkeer wordt via fiscale prikkels een stimulans gegeven om eerder over te stappen op schonere motoren voor vrachtwagens en binnenvaartschepen;
- Aanscherping keuringsnormen van CV-installaties.

Uitstootreducties voor NH₃:

- liften mee op de Integrale Aanpak Mestproblematiek;
- worden gerealiseerd via de AMvB Huisvesting en een aanscherping van het besluit gebruik dierlijke meststoffen en de Wet Ammoniak en Veehouderij.

Voor het halen van de NMP4 ambitie voor VOS uitstoot:

- is het noodzakelijk dat het Europese beleid (verder) wordt ontwikkeld voor producten en motoren, scooters en bromfietsen.

3. Depositie en effecten op milieu en natuur

Dit hoofdstuk beschrijft de gevolgen van de verschillende emissievarianten voor depositie en de daaraan gerelateerde effecten op milieu en natuur. In de eerste paragraaf ligt de nadruk op de potentieel zuurdepositie. De tweede paragraaf focust op de stikstofdepositie. De basis van de analyse zijn de verschillende depositiekaarten alsmede de gecombineerde kritische depositiekaart voor gelijktijdige bescherming van bodem, grondwater, wortelgroei, bos en natuur (voorkomen van plantensoorten), zoals afgeleid in het rapport 'Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de onderbouwing' (Albers *et al.*, 2000).

De gevolgen van de verschillende emissievarianten worden beschreven met een set aan indicatoren, namelijk:

- kaartbeelden van de depositie van potentieel zuur en totaal stikstof;
- tabellen met de gemiddelde depositie voor landnatuur³ binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) per provincie en in geheel Nederland;
- kaartbeelden van de overschrijding van de kritische depositieniveaus van landnatuur binnen de EHS voor potentieel zuur en stikstofdepositie;
- tabellen van het percentage areaal landnatuur binnen de EHS dat beschermd wordt tegen depositie van stikstof en potentieel zuur;
- tabellen met de gesommeerde overschrijdingen van de kritische depositie;

Overschrijding van het kritisch depositieniveaus met actuele/verwachte deposities kan leiden tot negatieve effecten in de bodem, het grondwater, de boomgroei en de biodiversiteit (RIVM, 2002). De kans op het ontstaan van effecten neemt toe met de mate van overschrijding. De mate van overschrijding is echter niet *gelijk* aan de omvang van het effect (zie ook Posch en Hettelingh, 2001).

Bovenstaande set van indicatoren is bedoeld om een vergelijking tussen de emissievarianten mogelijk te maken. De indicatoren zijn het resultaat van modelberekeningen. Onzekerheden in die rekenmodellen en hun onderliggende invoerbestanden beïnvloeden de mate van betrouwbaarheid van de indicatoren. In de appendix is informatie opgenomen over deze onzekerheden. De kaarten zijn bedoeld om een landelijke beeld te schetsen van de deposities en hun effecten; deze zijn namelijk niet overal in het land even groot. De kaarten zijn niet geschikt voor het trekken van conclusies op lokaal niveau. De tabellen dienen om de emissievarianten te kunnen vergelijken. Het gebruik van de absolute waarden wordt beperkt door onzekerheden. Voor onderlinge vergelijking tussen de emissievarianten, zijn deze onzekerheden echter van minder belang.

³ Er is gefocust op de landnatuur binnen de EHS (Beck *et al.*, 2001). Gezien de bestuurlijke status is nog geen gebruik gemaakt van de provinciale natuurdoeltypenkaarten. Een andere kaart van natuur betekent mogelijk ook een andere kritische depositiekaart, immers niet alle type natuur hebben een zelfde kritisch depositieniveau.

Het resultaat van de depositieberekeningen is afhankelijk van de verwerking van de geconstateerde discrepantie tussen gemeten en berekende NH_3 -concentraties (de laatste jaren constant op circa 30%). Het is nog onduidelijk in welke mate de onzekerheden in emissies dan wel in modellen het verschil tussen gemeten en berekende concentratie verklaren. Het is dus ook onduidelijk hoe zich dit in de toekomst ontwikkelt. In de NMP4-nota zijn prognoseberekeningen opgenomen zonder correctie voor de discrepantie bij NH_3 met de kanttekening dat de gepresenteerde depositiecijfers een onderschatting zijn van de werkelijke niveaus. In de Milieubalans 2002 zijn berekeningen van actuele deposities opgenomen die wel zijn gecorrigeerd met de verhouding tussen gemeten en berekende concentraties. Om zowel vergelijkbaarheid met het NMP4 als de Milieubalans te borgen worden in deze notitie beide berekeningen opgenomen en als een range voor de depositieschattingen gepresenteerd (in tabel B en C zijn de lage waarden zonder en de hoge waarden met gebruik van de correctie). De correctie werkt vooral door in de absolute waarden van de depositie, die van belang zijn voor vergelijking met doelstellingen en effecten, maar is van ondergeschikt belang voor de onderlinge relatieve vergelijking van de diverse beleidspakketten.

Opgemerkt moet worden dat de huidige depositiebeelden van het NMP4-pakket niet exact gelijk zijn aan de beelden gepresenteerd in Beck *et al.*, 2001. Belangrijkste oorzaak van de verschillen is een betere verdeling van het nationale NH_3 emissietotaal over de provincies, de correctie (zie tekstbox en appendix) van de ammoniakdepositie, verbeteringen in het depositiemodel en fijnschaligere natuurkaarten. Al deze punten zijn in Beck *et al.*, 2001 genoemd als belangrijke oorzaken van onzekerheden in de berekeningen.

3.1 Potentieel zuurdepositie en effecten op milieu en natuur

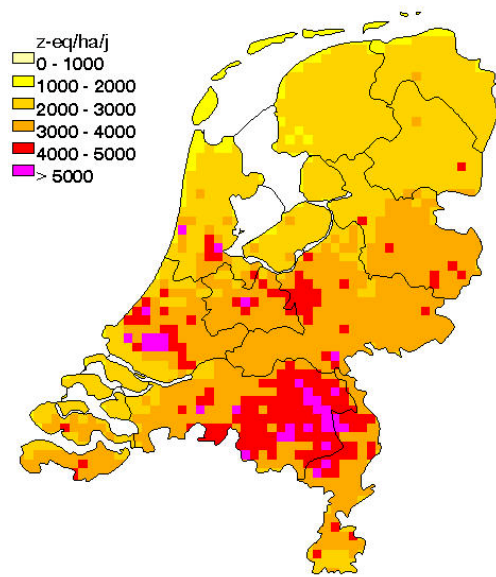
3.1.1 Potentieel zuurdepositie

Figuur 3.1 geeft een beeld van de ruimtelijke depositiepatronen op basis van de verschillende emissievarianten (met correctie van ammoniakdepositie). In de appendix zijn kaartbeelden opgenomen van de berekening zonder correctie. In tabel 3.1 zijn de bijbehorende gemiddelde jaarlijkse depositieniveaus op landnatuur weergegeven. Als landnatuur zijn hier beschouwd die 250x250m-gridcellen waarvoor kritische deposities voor de bescherming van bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit, wortelgroei, bos en/of natuur berekend konden worden.

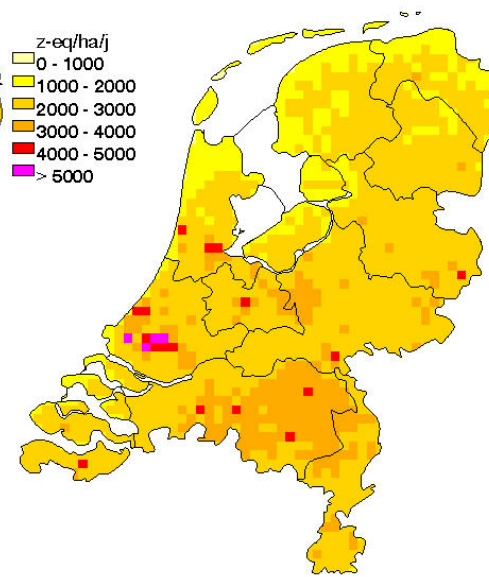
De depositieniveaus nemen af in de reeks 2001, referentieraming, 12-maatregelen en NMP4. Dit is zichtbaar in zowel de figuur 3.1 als in tabel 3.1. Met huidig beleid (referentieraming) neemt de gemiddelde landelijke depositie in 2010 af met circa 550-700 mol zuurequivalenten/ha/jr ten opzichte van 2001, hetgeen overeenkomt met een reductie van circa 20%. In zowel de 12-maatregelen als het NMP4 is die afname ten opzichte van 2001 circa 800-950 mol zuurequivalenten/ha/jr ofwel 30%. De verschillen tussen de 12-maatregelen en het NMP4 zijn gering. De kaartbeelden van deze twee emissievarianten laten echter wel lokale verschillen zien. In met name Noord-Brabant en Limburg is de berekende depositie iets lager in de NMP4-variant dan bij het 12-maatregelen pakket, daarentegen lijkt er in sommige provincies ook sprake van het omgekeerde. Het verschil tussen de referentieraming (thans voorgenomen beleid) en de 12-maatregelen en NMP4-pakketten bedraagt circa 250 mol zuurequivalenten/ha/jr, hetgeen een extra depositiereductie op landnatuur betekent van circa 10% ten opzichte van de Referentieraming.

Bovenstaande conclusies gelden zowel voor berekeningen met als zonder correctiefactoren, hoewel de voorspelde absolute depositieniveaus met correctie natuurlijk hoger zijn dan zonder correctie. De onzekerheid in de gemiddelde depositie op landnatuur wordt negatief beïnvloed door de nauwkeurigheid waarmee het daadwerkelijke areaal natuur ingeschat kan worden. Wanneer gewerkt wordt met natuurkaarten op 1x1km, zoals in Beck *et al* (2001), dan is met name voor de provincies Groningen, Friesland, Zuid-Holland en Zeeland de depositie 5-7% hoger (zie bijlagen). Voor de overige provincies is het verschil kleiner dan 1%.

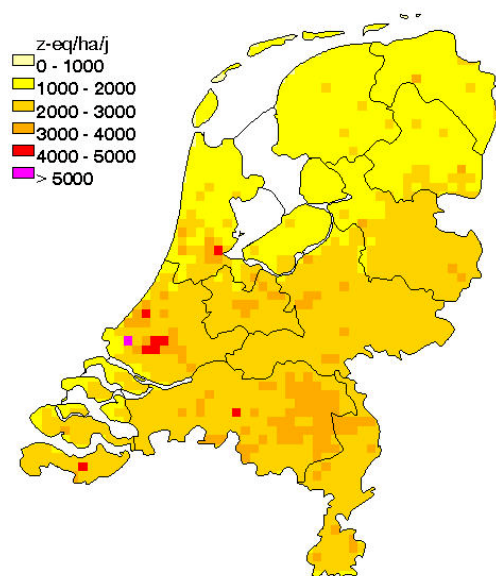
2001 (met schaling)



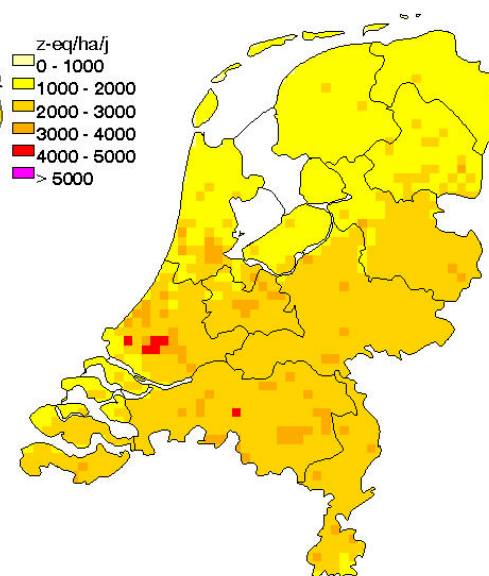
referentieraming (met schaling)



12 maatregelen (met schaling)



NMP4 (met schaling)



Figuur 3.1 Het depositiepatroon van potentieel zuur voor verschillende emissievarianten, met toepassing van de correctie voor de depositie van ammoniak.

Tabel 3.1 Gemiddelde jaarlijkse depositie van potentieel zuur per hectare op landnatuur per provincie en in geheel Nederland (in mol zuurequivalenten/ha/jr)

Provincie	2001	2010		
		Referentie-Raming	12-maat-regelen	NMP4 ²
Groningen	1850-2150	1550-1850	1450-1650	1400-1600
Friesland	1800-2050	1550-1750	1400-1550	1350-1500
Drenthe	2200-2600	1800-2150	1650-1900	1650-1950
Overijssel	2650-3200	2150-2600	1900-2300	1900-2250
Gelderland	2900-3450	2300-2700	2050-2400	2100-2500
Utrecht	3150-3650	2500-2900	2250-2600	2250-2600
Noord-Holland	2300-2500	1900-2050	1750-1900	1700-1850
Zuid-Holland	2500-2750	2000-2250	1850-2050	1800-2000
Zeeland	2400-2650	1900-2100	1800-1950	1800-1950
Noord-Brabant	3450-4100	2600-3100	2400-2850	2300-2700
Limburg	3050-3700	2300-2750	2200-2600	2100-2500
Flevoland	2200-2500	1800-2050	1600-1800	1600-1850
Nederland	2750-3250 ¹	2150-2550	1950-2300	1950-2300

De range is geen onzekerheidsmarge, maar geeft de resultaten weer van berekeningen met en zonder gebruik van correctie van ammoniakdepositie. De ondergrens is de situatie zonder correctie, de bovengrens is de situatie met correctie voor de depositie van ammoniak.

¹De Milieubalans 2002 geeft 3100 mol/ha voor het jaar 2001, hetgeen vergeleken kan worden met de berekening voor 2001 inclusief correctie. Het verschil tussen de MB2002 en de huidige gegevens bedraagt 150 mol/ha hetgeen veroorzaakt wordt doordat in de balans actuele meteogegevens worden gebruikt. Voor de vergelijkbaarheid met de beleidspakketten zijn voor 2001 nu ook langjarige meteogegevens gebruikt.

²De depositieniveaus van NMP4 zoals gerapporteerd in Beck *et al.*, 2001 vallen grotendeels in de nu gepresenteerde ranges van depositieniveaus. Door een betere toedeling van de NMP4-emissieplafonds en een op verschillende punten verbeterde berekeningsmethoden zijn er wel verschillen met Beck *et al.*, 2001. Zeeland en Noord-Holland hebben volgens de meeste recente gegevens een iets hogere depositie (respectievelijk 140 en 120 mol/ha/jr verschil met onderste grens). Limburg en Overijssel hadden daarentegen een lagere depositie (respectievelijk 60 en 20 mol verschil met de bovenste grens).

3.1.2 Bescherming van landnatuur

In figuur 3.2 en tabel 3.2 is, voor de verschillende emissievarianten, weergegeven wat het percentage van de landnatuur is waarvan de verwachte depositie hoger is dan de kritische depositie voor potentieel zuur. In de bijlagen zijn de kaartbeelden opgenomen die berekend zijn zonder gebruik van correctie van de ammoniakdepositie.

In 2001 is het grootste deel (circa 90%) van de landnatuur niet volledig beschermd. In ecosystemen in zeekleigebieden (Zeeland, Friesland en Groningen) is de mate van bescherming hoger dan in de rest van Nederland. In alle emissievarianten wordt ook rond 2010 nog een aanzienlijk deel van de landnatuur bedreigd door hoge depositieniveaus van potentieel zuur. Met de depositiereductie neemt echter de bescherming toe in de reeks 2001, Referentieraming,

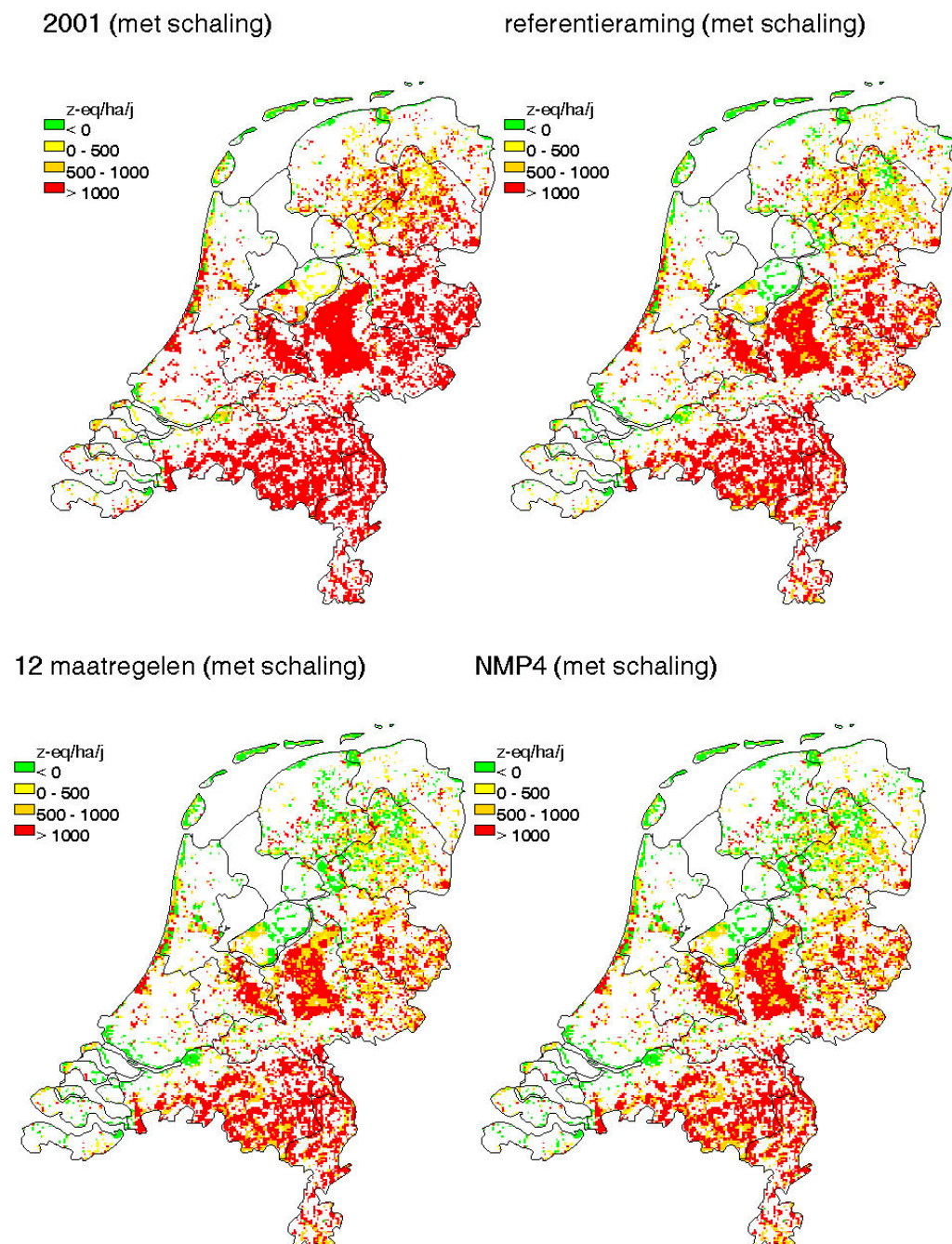
12-maatregelen en NMP4. In de referentieraming neemt, landelijk gezien, de bescherming toe van 10% in 2001 tot 10-20% in 2010. Bij uitvoering van het 12-maatregelen en het NMP4-pakket neemt de bescherming toe tot 20-30%. Ook hier geldt dat, net als bij de deposities van potentieel zuur, de verschillen tussen de 12-maatregelen en NMP4 varianten relatief gering zijn.

Tabel 3.2 Beschermd areaal landnatuur (%) tegen depositie van potentieel zuur.

Provincie	2001	2010		
		Referentie-Raming	12-maatregelen	NMP4 ¹
Groningen	20-30	30-40	40-50	40-50
Friesland	20-30	30-50	50-60	60-70
Drenthe	<10-10	10-30	30-50	30-50
Overijssel	<10	10	10-20	10-20
Gelderland	<10	<10-10	<10-10	<10-10
Utrecht	<10	<10	<10-10	10
Noord-Holland	20	20-30	30-40	40-50
Zuid-Holland	20	30-40	40-50	40-50
Zeeland	30-40	50-60	60-70	60-70
Noord-Brabant	<10	<10-10	10	10
Limburg	<10	<10	<10	<10
Flevoland	10-40	50-60	60	60-70
Nederland	10	10-20	20-30	20-30

De ranges geven de resultaten weer van berekeningen met en zonder correctie. De ondergrens is de situatie met correctie, de bovengrens die zonder correctie voor de depositie van ammoniak.

¹De beschermingsniveaus van NMP4 zoals gerapporteerd in Beck *et al.*, 2001 vallen in de nu gepresenteerde ranges van bescherming. Door een betere toedeling van de NMP4-emissieplafonds zijn de deposities echter iets veranderd ten opzichte van Beck *et al.*, 2001, hetgeen doorwerkt in de effecten.



Figuur 3.2 Overschrijding van de kritische niveaus voor de depositie van potentieel zuur op landnatuur in de verschillende emissievariante, met gebruik van de correctie voor de depositie van ammoniak.

De verwachte depositiereductie leidt vooral in de minder belaste noordelijke en westelijke provincies tot meer bescherming. In het zuid-oostelijke deel van Nederland, waar de milieubelasting hoog is, is de afname in depositie vaak nog niet zodanig dat deze in 2010 resulteert in bescherming.

Figuur 3.3 geeft naast de mate van totale bescherming ook weer met hoeveel mol/ha/jr de kritische depositieniveaus worden overschreden, als er sprake is van overschrijding. In tabel 3.3 is de gesommeerde overschrijding van de kritische depositieniveaus weergegeven. Met de

afname van de omvang van de overschrijding neemt de kans op effecten en/of de omvang van de effecten af. De gesommeerde overschrijding neemt in 2010 af in de reeks referentie-raming, 12-maatregelen en NMP4, met respectievelijk circa 40%, 50% en 50% ten opzichte van 2001. Ook hier geldt dat de verschillen tussen de 12-maatregelen en de NMP4-variant relatief gering zijn, hoewel voor een enkele provincie (m.n. Noord-Brabant) de gesommeerde overschrijding iets lager is in het NMP4-pakket dan bij uitvoering van het 12-maatregelen pakket. In de provincie Gelderland geeft het 12-maatregelen pakket juist een iets lagere gesommeerde overschrijding dan het NMP4-pakket.

Tabel 3.3 Gesommeerde overschrijding van de kritische potentieel zuur depositie op landbouw per provincie en in geheel Nederland (in Mmol/jr).

Provincie	2001	2010		
		Referentie-Raming	12-maatregelen	NMP4 ¹
Groningen	20-30	20	10-20	10-20
Friesland	60-90	40-60	30-40	30-40
Drenthe	80-130	50-80	30-60	30-60
Overijssel	200-290	120-190	90-140	90-140
Gelderland	380-520	230-340	180-270	190-280
Utrecht	90-110	50-80	40-60	40-60
Noord-Holland	70-80	50-60	40-50	40
Zuid-Holland	60-80	40-50	30-40	30-40
Zeeland	20-30	10-20	10	10
Noord-Brabant	510-680	290-420	250-360	220-310
Limburg	200-260	120-170	100-150	90-130
Flevoland	20-30	10-20	10	10
Nederland	1710-2330	1030-1490	820-1190	780-1140

¹De depositieniveaus van NMP4 zoals gerapporteerd in Beck *et al.*, 2001 wijken door een betere toedeling van de NMP4-emissieplafonds en een op verschillende punten verbeterde berekeningsmethoden iets af van Beck *et al.*, 2001, dit heeft ook zijn gevolgen door de gesommeerde overschrijding van de kritische depositie. De resultaten van Beck *et al.*, 2001 vallen echter, binnen de nu berekende depositie ranges. Uitzonderingen hierop zijn Zeeland (nu 10 Mton ipv <10 Mton in Beck *et al.*, 2001), Noord-Holland (nu 40 Mton ipv 20 Mton in Beck *et al.*, 2001) en zuid-Holland (nu 30-40 Mton ipv 20 Mton in Beck *et al.*, 2001).

De ondergrens is de situatie zonder correctie, de bovengrens de situatie met correctie voor de depositie van ammoniak.

3.2 Depositie van stikstof en effecten op milieu en natuur

3.2.1 Stikstofdepositie

Figuur 3.3 geeft een beeld van de te verwachte ruimtelijke variatie in stikstofdepositie op basis van de verschillende emissievarianten. In tabel 3.4 zijn de bijbehorende gemiddelde jaarlijkse depositieniveaus per hectare landnatuur weergegeven. In de appendix zijn de kaartbeelden opgenomen van de berekening zonder correctie.

Net als de depositieniveaus van potentieel zuur nemen de stikstofdeposities af in de reeks 2001, referentieraming, 12-maatregelen en NMP4. De reducties ten opzichte van 2001 in die reeks bedragen respectievelijk circa 40%, 50% en 50%. De maximale afname van het stikstofdepositie is circa 550-750 mol/ha/jr ten opzichte van 2001. Ook hier zijn de verschillen tussen de 12-maatregelen en de NMP4-variant in het gemiddelde depositieniveau op landnatuur gering, hoewel de kaartbeelden enige lokale verschillen laten zien.

Deze conclusies gelden zowel voor berekeningen met als zonder een correctie van de ammoniakconcentraties. De onzekerheid in de gemiddelde depositie op landnatuur wordt negatief beïnvloed door de nauwkeurigheid waarmee het daadwerkelijke areaal natuur ingeschat kan worden. Wanneer gewerkt wordt met natuurkaarten op 1x1km, zoals in Beck *et al* (2001), dan is met name voor de provincies Groningen, Friesland, Zuid-Holland en Zeeland de stikstofdepositie 5-10% hoger (zie appendix). Voor de overige provincies is het verschil kleiner dan of gelijk aan 1%.

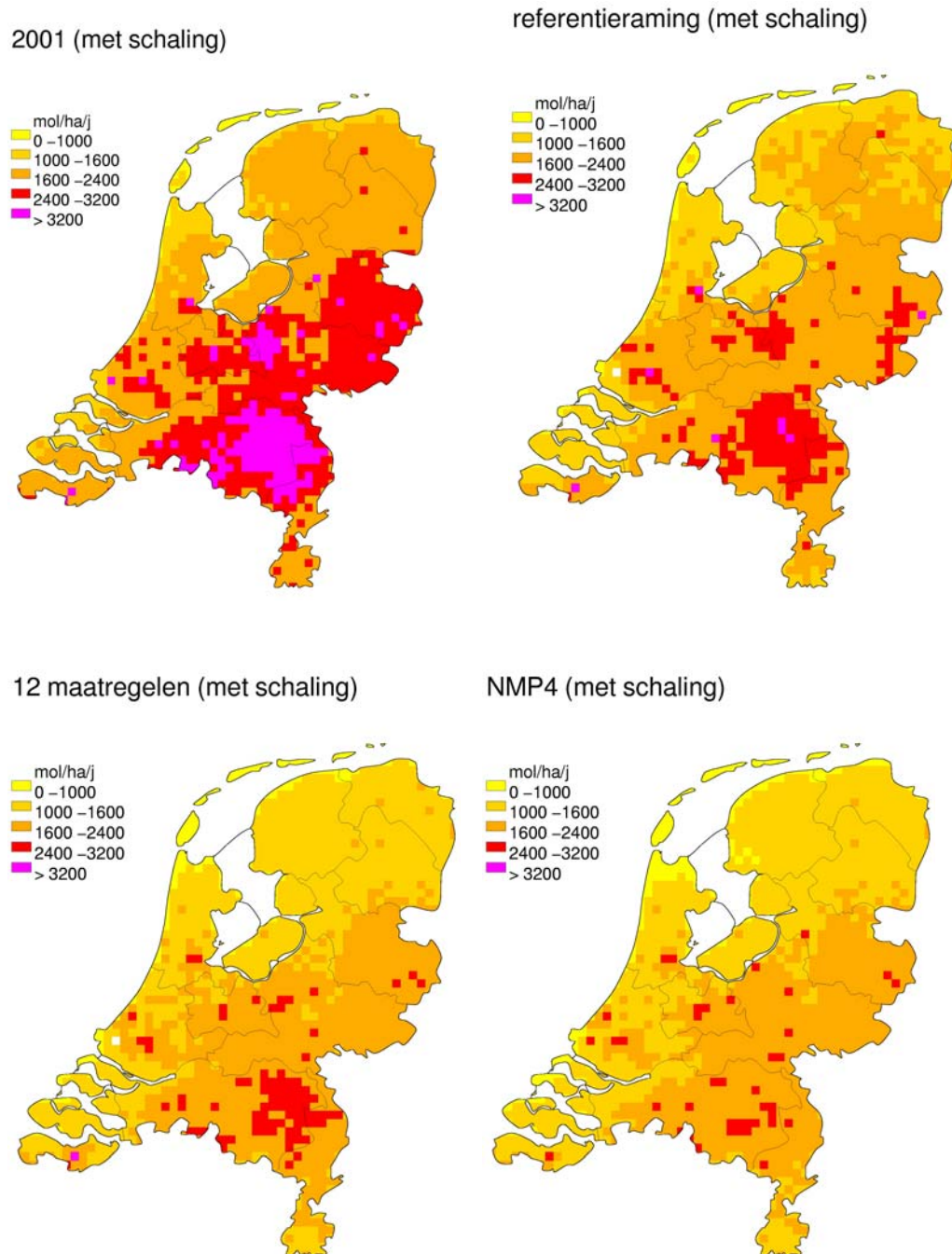
Tabel 3.4 Gemiddelde jaarlijkse depositie van totaal stikstof per hectare op landnatuur per provincie en in geheel Nederland (in mol/ha/jr).

Provincie	2001	2010		
		Referentie-Raming	12-maatregelen	NMP4 ²
Groningen	1300-1600	1100-1400	1000-1200	950-1150
Friesland	1250-1500	1050-1300	900-1100	900-1050
Drenthe	1600-2000	1350-1650	1200-1450	1200-1500
Overijssel	2000-2550	1650-2100	1450-1800	1400-1750
Gelderland	2050-2600	1600-2050	1450-1800	1500-1850
Utrecht	2150-2650	1700-2150	1500-1900	1500-1900
Noord-Holland	1300-1500	1100-1300	1000-1150	1000-1150
Zuid-Holland	1400-1650	1200-1400	1100-1250	1050-1200
Zeeland	1250-1500	1050-1250	1000-1150	950-1100
Noord-Brabant	2400-3050	1800-2300	1650-2100	1550-2000
Limburg	2150-2750	1650-2100	1550-1950	1450-1850
Flevoland	1450-1750	1200-1450	1050-1300	1100-1300
Nederland	1900-2400 ¹	1500-1900	1350-1700	1350-1650

¹De Milieubalans 2002 noemt 2400 mol/ha voor 2001, dit komt overeen met de geschaalde depositieberekening.

²De depositieniveaus van NMP4 zoals gerapporteerd in Beck *et al.*, 2001 vallen in de nu gepresenteerde ranges van depositieniveaus. Door een betere toedeling van de NMP4-emissieplafonds en een op verschillende punten verbeterde berekeningsmethoden is de nu berekende depositie in Flevoland echter 60 mol/ha/jr lager dan de nu berekende ondergrens.

De ondergrens is de situatie zonder correctie, de bovengrens de situatie met correctie voor de depositie van ammoniak.



Figuur 3.3 Het depositiepatroon van totaal stikstof voor verschillende emissievarianten, met gebruik van de correctie voor de depositie van ammoniak.

3.2.2 Bescherming van landnatuur

In figuur 3.4 en tabel 3.5 is, voor de verschillende emissievarianten, weergegeven wat het percentage van de landnatuur is dat beschermd wordt voor teveel aan stikstofdepositie. Bescherming is daarbij gedefinieerd als de situaties waarbij de verwachte depositie hoger is dan de kritische depositie.

Analoog aan bij potentieel zuur is de totale hoeveelheid stikstof in 2001 nog zo hoog dat landelijk slechts 10-20% van het areaal landnatuur beschermd is. Rond 2010 is nog een aanzienlijk deel van de landnatuur bedreigd, hoewel met de depositiereductie de bescherming toe is genomen. In de Referentieraming, het 12-maatregelen pakket en het NMP4 pakket neemt de bescherming toe van 10% in 2001 tot respectievelijk 10-20%, 20-30% en 20-30%. Het verschil tussen de 12-maatregelen en NMP4-pakketten zijn klein, hoewel ook voor deze effectindicator in enkele provincies wel soms hogere bescherming wordt berekend bij de NMP4-variant.

Bovenstaande conclusies verschillen tussen totaal stikstof en potentieel zuur.

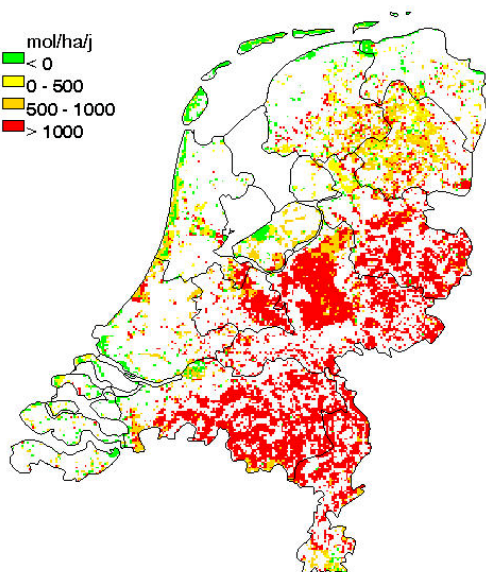
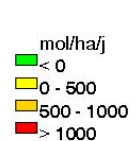
Tabel 3.5 *Beschermd areaal landnatuur (%) tegen depositie van stikstof¹.*

Provincie	2001	2010		
		Referentieraming	12-maatregelen	NMP4 ¹
Groningen	40	40-70	50-70	60-80
Friesland	30-40	30-60	50-70	60-70
Drenthe	10	10-50	30-70	30-70
Overijssel	<10-10	10-20	10-30	10-30
Gelderland	<10	<10	<10-10	<10-10
Utrecht	<10	<10-10	10-20	10-20
Noord-Holland	40	50-60	60	60
Zuid-Holland	30	40	40-60	40-60
Zeeland	50-60	60-70	70-80	70-80
Noord-Brabant	<10	<10-10	10	10-20
Limburg	<10	<10-10	10	10-20
Flevoland	20-30	30-40	40-70	40-80
Nederland	10-20	20-30	20-30	20-40

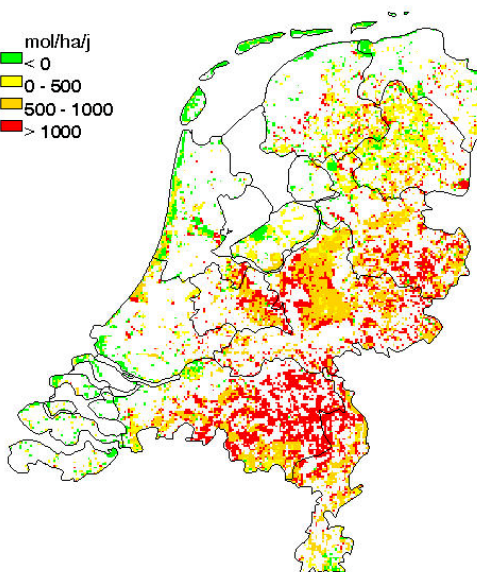
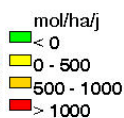
¹De beschermingsniveaus van NMP4 zoals gerapporteerd in Beck *et al.*, 2001 vallen in de nu gepresenteerde ranges van bescherming. Door een betere toedeling van de NMP4-emissieplafonds zijn de deposities echter iets veranderd ten opzichte van Beck *et al.*, 2001, hetgeen doorwerkt in de effecten.

De ondergrens is de situatie met correctie, de bovengrens de situatie zonder correctie.

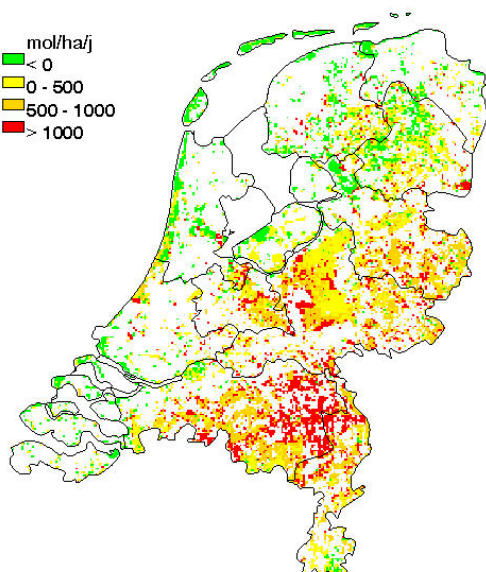
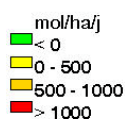
2001 (met schaling)



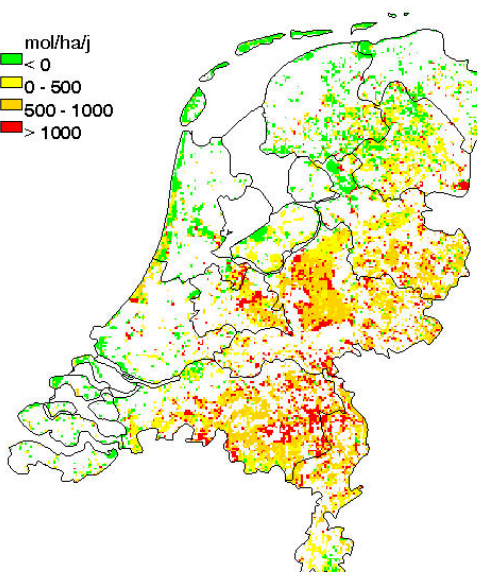
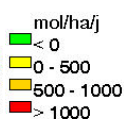
referentieraming (met schaling)



12 maatregelen (met schaling)



NMP4 (met schaling)



Figuur 3.4 Overschrijding van de kritische niveaus voor de depositie van totaal stikstof op landnatuur in de verschillende emissievarianten, met gebruik van de correctie voor de depositie van ammoniak.

Zowel in de kaartbeelden als in de tabellen is duidelijk zichtbaar dat met de depositiereductie de bescherming toeneemt vanuit het noorden en westen van het land. Daar is de huidige mate van overschrijding in 2001 al het laagst. De depositiereductie in 2010 is echter niet zo groot dat ook de hoge overschrijding in het zuid-oostelijke deel van Nederland al omslaat in bescherming.

Figuur 3.4 geeft ook weer met hoeveel mol/ha/jr de kritische depositieniveaus worden overschreden. Bij een hoge overschrijding is de kans op effecten ook groot. In tabel 3.5 is de gesommeerde overschrijding van de kritische depositieniveaus weergegeven.

De gesommeerde overschrijding neemt in 2010 af in de reeks referentie-raming, 12-maatregelen en NMP4, met respectievelijk circa 40%, 50-60% en 60% ten opzichte van 2001. Over heel Nederland gezien heeft het NMP4-pakket 8-10% lagere gesommeerde overschrijding dan het 12-maatregelen pakket. In de provincie Gelderland geeft het 12-maatregelen pakket echter een iets lagere gesommeerde overschrijding dan de NMP4-variant.

Tabel 3.5 Gesommeerde overschrijding van de kritische stikstof depositie op landnatuur per provincie en in geheel Nederland (in Mmol/jr)¹.

Provincie	2001	2010		
		Referentie-Raming	12-maatregelen	NMP4 ¹
Groningen	10-20	10	10	10
Friesland	40-60	20-40	20-30	10-20
Drenthe	50-100	30-60	20-40	20-40
Overijssel	130-220	70-140	50-100	40-90
Gelderland	230-360	130-230	90-170	90-180
Utrecht	50-70	30-50	20-40	20-30
Noord-Holland	30-40	20-30	10-20	10-20
Zuid-Holland	30-40	20-30	10-20	10-20
Zeeland	10	<10-10	<10-10	<10-10
Noord-Brabant	300-470	160-280	120-230	90-190
Limburg	110-170	50-100	40-80	30-70
Flevoland	10-20	10	<10-10	<10-10
Nederland	980-1580	540-990	380-740	340-680

¹De depositieniveaus van NMP4 zoals gerapporteerd in Beck *et al.*, 2001 wijken door een betere toebedeling van de NMP4-emissieplafonds en een op verschillende punten verbeterde berekeningsmethoden iets af van Beck *et al.*, 2001, dit heeft ook zijn gevolgen door de gesommeerde overschrijding van de kritische depositie. De resultaten van Beck *et al.*, 2001 vallen echter binnen de nu berekende depositie ranges.

De ondergrens is de situatie zonder correctie, bovengrens de situatie met correctie.

4. Ozon, fijn stof en NO₂

4.1 Luchtkwaliteit ozon

Ozon (O₃) wordt in de lucht gevormd uit VOS en NO_x onder invloed van zonlicht. Ozon wordt gezien als een van de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen die leiden tot nadelige effecten op humane gezondheid en vegetatie. In deze paragraaf wordt de blootstelling van de bevolking en vegetatie verkend. Hiertoe zijn de kwaliteitsdoelstellingen toegepast die door de Europese Commissie in de EU-dochterrichtlijn zijn vastgelegd (2002/3/EG). Deze zijn samengesteld uit een stelsel van lange-termijn streefwaarden en tussentijdse doelstellingen voor het jaar 2010:

- a) Voor gezondheidseffecten door ozon is de lange termijn norm (tevens WHO-streefwaarde): het 8-uurs dagmaximum dat niet boven 120 µg/m³ mag uitstijgen. De doelstelling is om in 2010, gemiddeld over 3 jaar, minder dan 25 dagen overschrijding van dit kritisch niveau te laten voorkomen. Het NMP4 vermeldt een doelstelling van maximaal 20 dagen overschrijding.
- b) Voor de bescherming van vegetatie wordt de AOT40 gebruikt. Deze sommeert alle uurlijkse overschrijdingen van 80 µg/m³ (=40 ppb) tijdens daglichturen in de maanden mei, juni en juli. In 2010 geldt ter bescherming van ecosystemen een AOT40, gemiddeld over 5 jaar, van 18000 µg.m⁻³.h voor. De lange-termijn streefwaarde bedraagt 6000 µg.m⁻³.h.
- c) De informatiedrempel van 180 µg/m³ als 1-uurgemiddelde. In Nederland wordt het publiek bij overschrijding van deze drempel geïnformeerd via de melding 'matige smog'.

Voor het doorrekenen van de mogelijke effecten van VOS- en NO_x-emissies op de ozonconcentratie en de effecten daarvan op gezondheid zijn twee modellen ingezet. Met het EUROS model is de luchtkwaliteit berekend en met een blootstellings-effect methodiek zijn de mogelijke effecten op humane gezondheid geschat. Voor de achtergronden van deze modellen wordt verwezen naar Van Loon (1996), Bloemen *et al.* (1998), Albers *et al.*, (2000) en Rombout *et al.*, (2000). Over het algemeen overschat het luchtkwaliteitsmodel de metingen van ozon (Eerens en van Dam, 2001) daarom zijn de berekende concentraties neerwaarts geschaald met behulp van de meetresultaten van 2001. Naar verwachting sluiten de hier gepresenteerde conclusies over luchtkwaliteit in 2010 daardoor aan bij de meetreeks. De gezondheidseffecten zijn echter berekend met de *ongeschaalde* cijfers en geven een overschatting weer. De gezondheidseffectschattingen zijn geschikt om een beoordeling te maken van de relatieve verschuivingen tussen 2001 en de beleidsvarianten in 2010. De systematiek uit de EU kader- en dochterrichtlijn voor luchtkwaliteit gaat uit van een landsindeling in zones en stedelijke agglomeraties. Deze indeling is in deze notitie overgenomen.

4.1.1 Algemeen beeld van ontwikkelingen luchtkwaliteit ozon

Als algemeen beeld komt uit de berekeningen naar voren dat de luchtkwaliteit met betrekking tot ozon tussen 2001 en 2010 verbetert. Piekconcentraties worden lager en drempelwaarden worden minder vaak overschreden. De 2010-EU tussendoelstellingen voor de bescherming van gezondheid en vegetatie zijn waarschijnlijk haalbaar. Daartegenover staat dat de gemiddelde concentratie naar verwachting met ongeveer 2 µg/m³ toeneemt. Dat wordt

vermoedelijk veroorzaakt door het –tijdelijke- averechtse effect van NO_x reducties op de ozonconcentratie en de invloed van de ontwikkelingen in de grootschalige atmosfeer. Lange termijn streefwaarden worden in de hier bestudeerde pakketten niet gehaald.

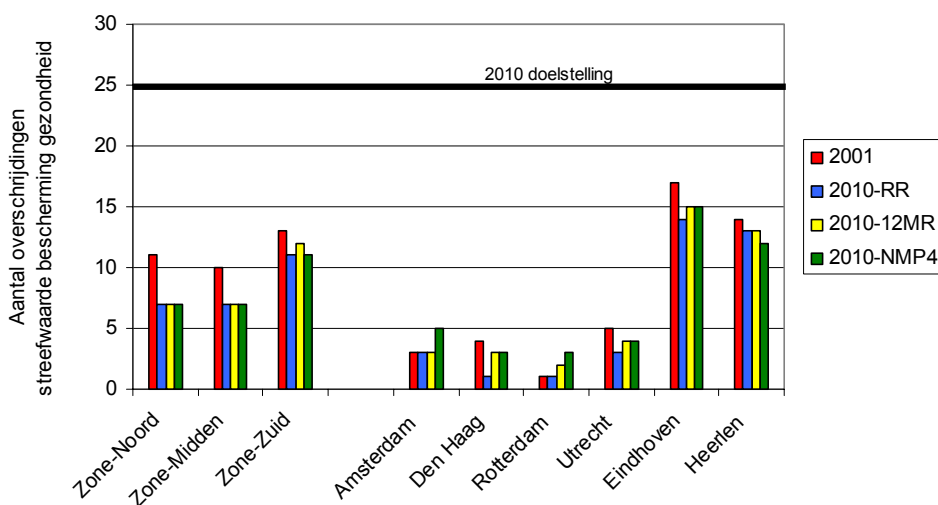
4.1.2 Potentiële blootstelling van de bevolking

In deze paragraaf wordt gesproken over potentiële blootstelling van de bevolking omdat de werkelijke blootstelling en de gezondheidseffecten onder andere afhangen van het dagelijks gedrag van de populatie.

In Nederland is in de jaren '90 een dalende trend geconstateerd in het vóórkomen van hoge ozonconcentraties. Dit komt voornamelijk door de reductie van de uitstoot van VOS en NO_x in Nederland en Europa. In de periode tussen 1997 en 2001 zijn er op geen van de meetstations voor ozon in Nederland overschrijdingen gemeten van de 2010 streefwaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens. Met een verdere emissiereductie zoals voorzien in de Europese NEC- richtlijn zullen de ozonconcentraties nog verder dalen. De combinatie van metingen en modelresultaten leidt tot de conclusie dat naar alle waarschijnlijk de 2010 EU-doelstelling overal in Nederland wordt gehaald (tabel 4.1). De berekeningen geven aan dat realisatie van het NMP4-doel voor een gering deel van de bevolking niet in zicht is. Figuur 4.1 geeft de situatie in zones en agglomeraties. Realisatie van de lange termijn streefwaarde is nog niet in beeld.

Tabel 4.1 Percentage van de bevolking blootgesteld aan overschrijdingen van de 2010 NMP4-doelstelling (20 dagen) en de EU-streefwaarde (25 dagen) voor de bescherming van mensen tegen ozon. Cijfers presenteren een 3-jaar gemiddelde

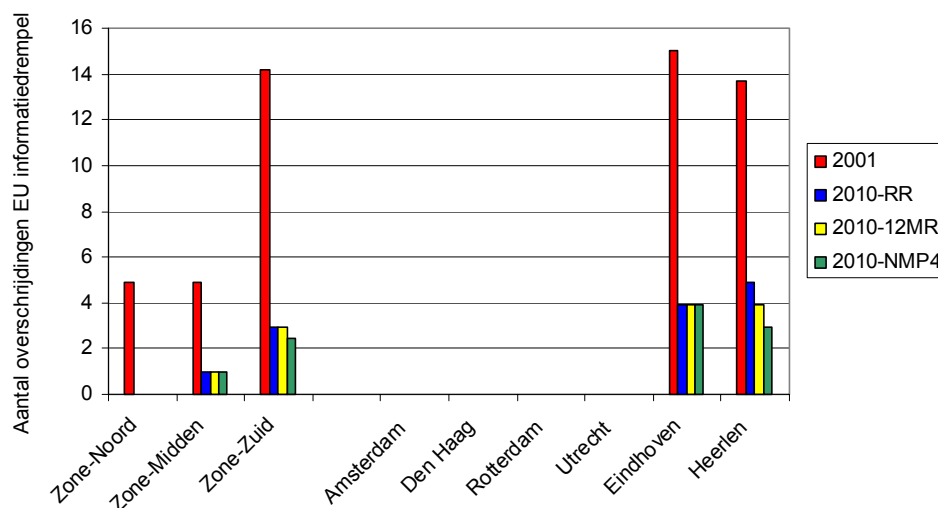
Variant	Percentage van bevolking blootgesteld aan overschrijding van:	
	NMP4 doel (20 dagen)	EU doel (25 dagen)
2001	8.5	0
2010 - Voorgenomen beleid (Referentieraming)	1.1	0
2010 - 12 aanvullende beleidsopties (12 MR)	1.5	0
2010 - NMP4	1.2	0



Figuur 4.1 Aantal overschrijdingen van 120 µg/m³ als 8h dagmaximum, weergegeven in zones en agglomeraties. Gegevens zijn gebaseerd op een 3-jaar gemiddelde berekening.

4.1.3 EU informatiedrempel

Het aantal berekende overschrijdingen van de EU informatiedrempel ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt getoond in figuur 4.2. In Nederland komt overschrijding van die waarde overeen met de kwalificatie ‘matige smog’. Het aantal malen dat matige smog (=een ‘smogdag’) berekend wordt, neemt tussen 2001 en 2010 fors af. De afgelopen 20 jaar heeft zich ook een dalende tendens in het aantal smogdagen voorgedaan. Op basis van metingen en rekenresultaten wordt in 2010 nog sporadisch een smogdag verwacht.



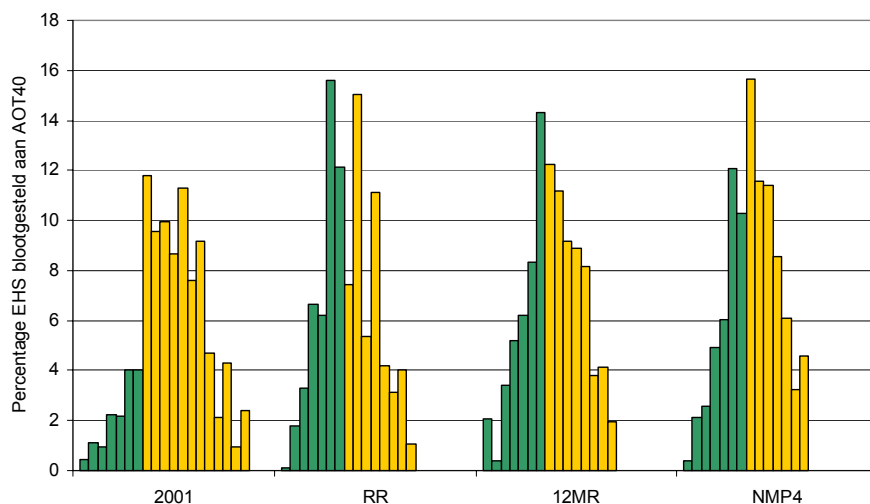
Figuur 4.2 Aantal overschrijdingen van de EU-informatiedrempel ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h gemiddeld) berekend voor zones en agglomeraties.

4.1.4 Blootstelling van vegetatie

De metingen van ozon laten de laatste 10 jaar geen overschrijdingen van de Europese 2010 streefwaarde voor de bescherming van vegetatie meer zien. Naar schatting daalt de AOT40 in de Nederlandse natuur tussen 2001 en 2010 verder met circa 20%. De 2010-doelstelling wordt dus zeer waarschijnlijk gehaald in de gehele EHS (tabel 4.2, figuur 4.3). Het areaal natuur dat volledig beschermd is tegen schadelijke effecten van ozon ($\text{AOT40} \leq 6000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$) stijgt tussen 2001 en 2010 van circa 15% tot 40-45%.

Tabel 4.2 Ontwikkelingen in de AOT40-waarde in de Nederlandse natuur tussen 2001 en 2010.

Jaar/Beleidsvariant	AOT40 range in Nederlandse natuur ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$)	Gemiddelde AOT40 in Nederlandse natuur ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$)
2001	2 500 - 12 000	7000
2010 - Voorgenomen beleid (Referentieraming)	2 500 - 10 000	5700
2010 - 12 aanvullende beleidsopties (12 MR)	2 500 - 10 000	6000
2010 - NMP4	2 500 - 9 500	6000



Figuur 4.3 Percentage areaal blootgesteld aan AOT40 klassen.

In groen is aangegeven het percentage areaal dat minder dan $6000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ ondervindt (lange termijn streefwaarde), in geel is aangegeven het percentage areaal dat is blootgesteld aan minder dan $18000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ (2010 streefwaarde). Er is geen areaal dat meer dan $18000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ ondervindt.

4.2 Luchtkwaliteit fijn stof

Fijn stof wordt gezien als één van de andere luchtverontreinigende stoffen met een grote kans op nadelige gezondheidseffecten. Daarbij zijn zowel effecten door kortdurende als langdurende blootstelling van belang.

Een belangrijk deel van het in Nederland aanwezige fijn stof (PM_{10} als somparameter) is afkomstig van de uitstoot van de verzurende stoffen NO_x , SO_2 en NH_3 waaruit in de lucht secundair fijn stof wordt gevormd. Voor PM_{10} is de buitenlandse bijdrage aan het door menselijk handelen veroorzaakte deel van de concentraties in Nederland groot (ongeveer $\frac{2}{3}$), zodat vooral internationaal beleid tot wezenlijke veranderingen kan leiden.

Bij de normstelling voor fijn stof is onderscheid gemaakt tussen situaties voor chronische en acute blootstelling (smog). De daggemiddelde norm voor fijn stof (1999/30/EG) is het meest stringent en mag na 2005 niet meer dan 35 dagen per jaar boven de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uitkomen (dit komt overeen met een jaargemiddelde niveau van circa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In 2010 zou dit moeten worden beperkt tot 7 overschrijdingen. Het jaargemiddelde mag in 2005 niet boven de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uitkomen en indicatief is gesteld dat in 2010, een jaargemiddelde doelstelling voor de Europese Unie van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zal gelden. Indien een dergelijk niveau wordt bereikt, neemt de bijdrage van natuurlijke bronnen hiervan een belangrijk deel in beslag (voor Nederland wordt op basis van verkennend onderzoek uitgegaan van een bijdrage van $8\text{-}15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Het mechanisme voor de gezondheidseffecten van fijn stof is nog niet opgehelderd. Daarom is afgesproken dat de indicatieve doelstelling, op basis van een Europese evaluatie in 2003, zal worden heroverwogen rond 2005.

De jaargemiddelde-concentraties van fijn stof voor de jaren 1980, 1995 en 2001 zijn volgens berekeningen gedaald van bijna $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1980 tot circa $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1995 en $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2001. De daling tussen 1980 en 1995 bedraagt bijna 30%: 25% daarvan is het gevolg van

emissie-reducties in het buitenland en 5% ten gevolge van uitstootreducties in Nederland (Buringh en Opperhuizen, 2002).

Bij de berekeningen is uitgegaan van een bijdrage van $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ van natuurlijke en niet-beïnvloedbare bronnen. Dit additionele deel dekt op dit moment redelijk het verschil tussen metingen en modelberekeningen en wordt hier ook voor 2010 genomen. De buitenlandse bijdrage aan de berekende Nederlandse fijn stof concentraties bedraagt circa 65%. In 1980 is de door menselijk handelen veroorzaakte bijdrage aan de gemiddelde concentratie ook ongeveer 65%. In 1995 is dit, met name door effectief verzuringsbeleid, afgenomen tot circa 50% van de concentratie fijn stof (Buringh en Opperhuizen, 2002).

De vier varianten voor 2010 verschillen onderling marginaal ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zo wordt steeds een gemiddelde concentratie van ongeveer $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jaargemiddeld over Nederland berekend (tabel 4.3). Dat de verschillen tussen de varianten klein zijn, is het gevolg van de geringe uitstootverschillen, zo worden steeds dezelfde emissies voor het buitenland toegepast en zijn de veronderstellingen voor de uitstoot van primair PM_{10} in alle gevallen identiek.

In de afgelopen jaren vond overschrijding van de normen in vrijwel heel Nederland plaats, ondanks de daling van de fijn stof concentratie. In 2005 lijkt de jaargemiddelde EU norm van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor fijn stof in Nederland in het algemeen haalbaar. Lokale overschrijdingen op 'hot spots' zijn echter niet uit te sluiten. In 2010 is de indicatieve jaargemiddelde waarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Nederland echter niet haalbaar, zelfs niet tegen hoge kosten. Wanneer in 2010 alle voorgenomen stofbestrijdingsmaatregelen zijn uitgevoerd zullen vermoedelijk gemiddeld nog steeds 36 tot 40 maal per jaar daggemiddelde concentraties boven de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voorkomen. De daggemiddelde EU normen voor 2005 en voor 2010 lijken voor Nederland dan ook waarschijnlijk niet haalbaar en gezondheidseffecten zullen blijven bestaan (Buringh en Opperhuizen, 2002).

Tabel 4.3 Schatting van de jaargemiddelde concentratie van fijn stof (PM_{10})

Jaar/beleidspakket	Concentratie door thans bekend menselijk handelen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Schatting concentratie door natuurlijke en niet beïnvloedbare bronnen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Schatting totaal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2001	13.1	18	31
2010-Referentieraming	11.1	18	29
2010-12 Maatregelen	10.9	18	29
2010-NMP4	10.8	18	29

4.3 Luchtkwaliteit NO₂

Stikstofoxiden (NO_x) komen voornamelijk vrij bij verbrandingsprocessen. Het verkeer is met tweederde van de landelijke emissies de belangrijkste bron. Hierbij is het wegverkeer de grootste bron en de hoofdoorzaak van concentratieverhogingen op lokaal niveau. Bij uitstoot van stikstofoxiden komt een deel (5%) als NO₂ en een deel (95%) als NO vrij. NO wordt na uitstoot deels omgezet in NO₂.

In de eerste EU dochterrichtlijn (1999/30/EG) zijn normen geformuleerd. Voor uurgemiddelde concentraties is de norm 200 µg/m³ welke niet meer dan 18 keer per jaar mag worden overschreden. De norm voor de jaargemiddelde concentratie NO₂ is 40 µg/m³. De norm voor het jaargemiddelde is de strengste van de twee. De eerste EU-dochterrichtlijn is op 19 juli 2001 in de Nederlandse wetgeving geïmplementeerd. Nederland moet daardoor in 2010 aan de nieuwe norm voor NO₂ voldoen. Tot dan is een overschrijdingsmarge van toepassing, afgebakend door een om de 12 maanden afnemende plandrempel. Bij overschrijding van deze plandrempel moeten gemeenten en het Rijk actieplannen maken.

4.3.1 Ontwikkelingen van de luchtkwaliteit voor NO₂

Het aantal personen waarbij de EU-norm voor NO₂ wordt overschreden is de afgelopen jaren fors gedaald. Tussen 1990 en 2001 is het aantal afgenomen van 4,5 miljoen naar 0,6 miljoen (RIVM, 2002). De belangrijkste oorzaak hiervoor is een afname in NO_x-emissies in Nederland en Europa. De concentraties in 1990 en 2001 waren nog zo hoog dat overschrijdingen zich over grote delen van grote steden uitstrekten. Bij een afname van de concentratie worden overschrijdingen steeds meer een lokaal fenomeen. Bij bestaand beleid zal de luchtkwaliteit verder verbeteren, maar in 2010 nog lokaal op een aantal plekken niet aan de EU-norm voldoen. Overschrijdingen langs snelwegen nabij stedelijk gebied vormen dan met normoverschrijdingen voor 300 tot 30.000 mensen de kern van het resterende probleem (tabel 4.4). Deze mensen wonen met name nabij snelwegen in Rotterdam en Amsterdam. De marge in aantal mensen is hier relatief groot omdat de hoogste concentraties in 2010 net rond de norm liggen, dit maakt het moeilijk het aantal overschrijdingen nauwkeuriger te schatten. Bij ongunstige meteorologische omstandigheden kan hier het gemiddeld aantal overschrijdingen fors (tot een factor 8) hoger liggen. Overschrijdingen in achtergrondconcentraties van grote steden kunnen bij bestaand beleid ook nog optreden bij circa 3000 mensen onder gemiddelde meteorologische omstandigheden (100.000 bij ongunstige meteorologie). Het gaat bij achtergrondconcentraties om gemiddelde concentraties in steden waarbij lokale concentratieverhogingen langs verkeerswegen niet zijn meegenomen. In de berekeningen van de beleidspakketten hieronder is alleen gekeken naar de ontwikkeling van de overschrijdingen langs snelwegen en de (stedelijke) achtergrondconcentratie (tabel 4.4 en 4.5). Daarnaast kunnen ook in 2010 nog overschrijdingen optreden langs drukke wegen in grote steden. Het betreft hier echter circa 10 maal zo weinig mensen als langs snelwegen (Eerens en van Dam, 2002).

Door de 12 maatregelenopties van DGM daalt het aantal overschrijdingen langs snelwegen gemiddeld met 70-80% ten opzichte van de referentie. Dit komt hoofdzakelijk (80-90%) door een verlaging van de achtergrondconcentratie als een gezamenlijk effect van alle NO_x-reducties. De overige reductie komt door maatregelen die naast een effect op de achtergrondconcentratie ook lokaal een positief effect op de luchtkwaliteit hebben. De afname op snelwegen van het personen- en vrachtverkeer door een kilometerheffing (maatregel 5) draagt 5-15% bij aan de afname van de overschrijdingen en de stimulering van schonere voertuigen (maatregel 4) draagt daarnaast ook 4-6% bij aan deze afname door een vermindering van vervuilende emissies van vrachtwagens per voertuigkilometer. Omdat op snelwegen nabij stedelijk gebied

de maximum snelheid vaak al beperkt is tot 100 km/u levert deze maatregel daar geen extra reductie op (maatregel 5). Verkeersmaatregelen zijn weliswaar duurder (maatregel 4) of maatschappelijk ingrijpender (maatregel 5) maar leveren wel twee maal reductie op indien ze aangrijpen op knelpunten. Door de 12 maatregelenopties van DGM daalt de concentratie dusdanig dat er geen overschrijdingen meer optreden in de achtergrondconcentratie in grote steden. Alleen bij ongunstige meteorologische omstandigheden treedt nog bij circa 7000 mensen overschrijding op van de norm.

Bij het realiseren van de NO_x-doel uit het NMP4 en de taakstellingen voor doelgroepen, daalt het aantal overschrijdingen langs snelwegen met gemiddeld 80-90% ten opzichte van de referentie. Ook hier komt de reductie hoofdzakelijk (85-95%) door een verlaging van de achtergrondconcentratie. Afhankelijk van de invulling van de reducties bij het verkeer kan het schoner worden van het wegverkeer voor 5-15% ook lokaal bijdragen aan het terugdringen van de overschrijdingen. Bij deze berekeningen is geen rekening gehouden met maatregelen die effect hebben op de verkeersintensiteit waardoor de overschrijdingen nog verder kunnen afnemen. Bij het realiseren van de NO_x-doel uit het NMP4 daalt de concentratie zo ver dat er bij ongunstige meteorologie ook geen normoverschrijdingen meer optreden in de achtergrondconcentraties in steden.

Tabel 4.4 Aantallen mensen blootgesteld aan NO₂-concentraties boven de norm in 2001, en in 2010 bij de referentie raming en verschillende beleidspakketten

	2001	2010		
		Referentie Raming	12 maatregelen	NMP4
Aantal overschrijdingen in de stadsachtergrond	400 000 ¹⁾	3 000	0	0
Aantal overschrijdingen langs drukke snelwegen	200 000 ^{1,3)}	300-30 000 ²⁾	0-7 000 ²⁾	0-5 000 ²⁾

¹⁾ Op basis van actuele meteorologische omstandigheden; alle 2010-berekeningen zijn op basis van langjarig gemiddelde meteorologie. Op basis van langjarige gemiddelde meteorologie liggen de concentraties (circa 5-10%) en de overschrijdingen (tot factor 4) hoger.

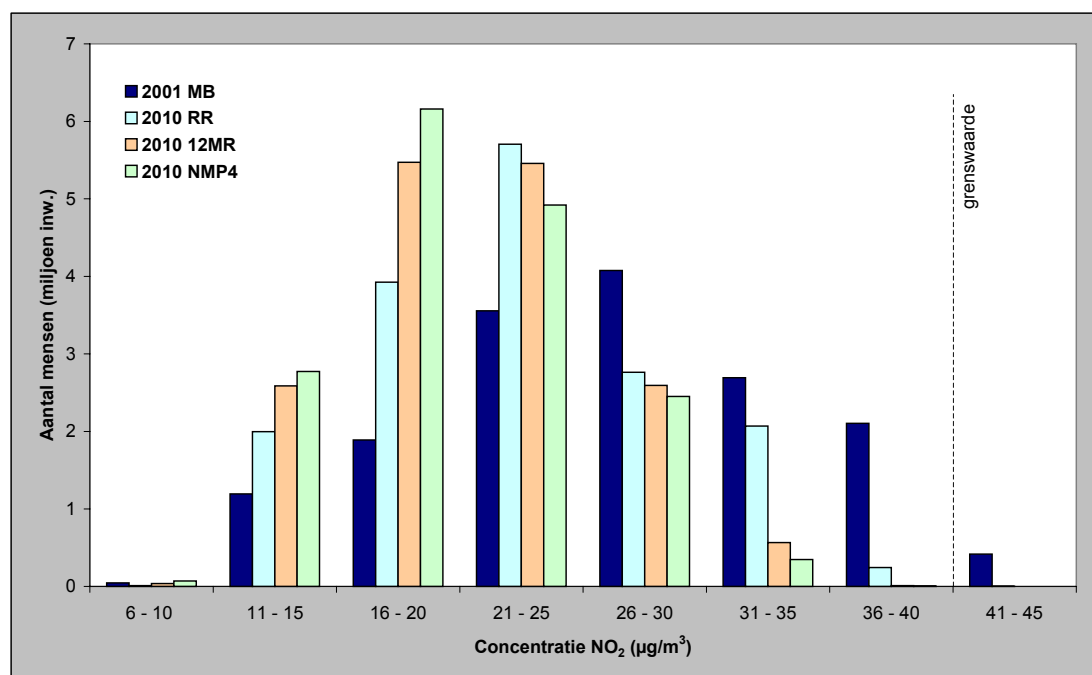
²⁾ In de range is rekening gehouden met een onzekerheid in de concentratieberekening van 10% op basis van langjarig gemiddelde meteorologie. In een jaar met ongunstige meteorologische omstandigheden voor luchtkwaliteit zal het gemiddeld aantal overschrijdingen (tot factor 8) hoger liggen. Berekeningen op basis van Folkert *et al.* (2002).

³⁾ Totaal aantal overschrijdingen in de achtergrond inclusief verhogingen door snelwegen is 600 000 mensen. Hiervan worden 400 000 overschrijdingen veroorzaakt in de achtergrond (zonder lokale verhogingen). De 200 000 mensen betreffen overschrijdingen die zonder de lokale bijdrage van de snelweg niet zouden optreden.

Tabel 4.5 Gemiddelde achtergrondconcentratie NO₂ per zone/agglomeratie

	Neder-land	Noord	Midden	Zuid	Amster-dam	Rotter-dam	Den Haag	Utrecht	Eindhoven	Heerlen	
2001 ¹⁾	21	15	23	25	30	36	32	32	29	28	
2010	RR	18	14	20	20	26	31	27	28	23	22
	12MR	17	13	19	19	24	28	24	25	21	21
	NMP4	16	12	18	18	23	27	24	25	20	20

¹⁾ Op basis van actuele meteorologische omstandigheden; alle 2010-berekeningen zijn op basis van langjarig gemiddelde meteorologie. Op basis van langjarige gemiddelde meteorologische omstandigheden liggen de concentraties gemiddeld iets hoger (circa 5-10%).



Figuur 4.4. Blootstelling van bewoners in Nederland aan jaargemiddelde concentratie NO₂ in de achtergrond, voor verschillende beleidsvarianten

4.4 Algemeen beeld gezondheidseffecten NO₂

Door blootstelling aan luchtverontreiniging, waarvoor NO₂ één van de indicatoren is, kan zowel acuut als op de lange termijn gezondheidsschade ontstaan. Effecten zoals afname van de longfunctie kunnen op grote schaal onder de bevolking voorkomen. Andere effecten zoals toename van astma-aanvallen, ziekenhuisopnamen, hart- en vaatziekten en vroegtijdige sterfte komen minder vaak voor en betreffen vaak mensen met een zwakkere gezondheid. De relatie tussen gezondheid en luchtverontreiniging is alleen op hoofdlijnen bekend en niet duidelijk is welke componenten precies verantwoordelijk zijn voor gezondheidsschade. Wel worden effecten van verkeersemissies op de gezondheid steeds aannemelijker. NO₂ kan hierbij worden gezien als een indicator van het mengsel van (deeltjesvormige) luchtverontreiniging dat voornamelijk afkomstig is uit uitlaatgassen van het verkeer. Uit de recente lange-termijn studie in Nederland van Hoek *et al.* (2002) blijkt dat mensen die langdurig dichtbij een drukke weg wonen een twee maal zo groot risico hebben vervroegd te overlijden aan hart- of longaandoeningen. Ter vergelijking; voor rokers (20 sigaretten per dag) is het risico met een factor 3,5 verhoogd ten opzichte van niet-rokers. Omdat de onderzoeksgroep vrij klein was, moeten de resultaten nog voorzichtig worden geïnterpreteerd. Door langdurige blootstelling aan NO₂ en NO₂-geassocieerde (verkeersgerelateerde) deeltjesvormige luchtverontreiniging kunnen waarschijnlijk ook gezondheidseffecten ontstaan beneden de jaargemiddelde EU-norm.

4.5 Algemeen beeld gezondheidseffecten ozon

Er zijn significante associaties tussen ozon en acute gezondheidseffecten waaronder morbiditeit, longfunctie veranderingen en klachten en overige symptomen. In Nederland en Europa (APHEA studie) worden ook associaties gevonden voor vervroegde sterfte (in tegenstelling tot bijvoorbeeld grote studies in de USA zoals NMMAPS). Als indicator voor

de berekening van acute gezondheidseffecten wordt de 8-uursgemiddelde concentratie van ozon aangehouden.

De centrale schatting van de ozoneffecten in de totale Nederlandse bevolking (het min/max als 95% betrouwbaarheidsinterval), uitgaande van de bevolkingsaantallen van 2001, is als volgt:

Tabel 4.6 Schatting van gezondheidseffecten door blootstelling aan ozon in 2001 en 2010.

	Ozon					
	2001			2010 – NMP4		
	Schatting	Min	Max	Schatting	Min	Max
Sterfte						
Totale sterfte	2787	1631	4010	2926	1712	4210
Alle luchtwegaandoeningen	77	0	553	80	0	581
w.v. COPD ¹	149	0	414	157	0	434
Longontsteking	111	0	458	117	0	480
Hart- en vaataandoeningen	761	70	1451	799	74	1524

¹COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease

De resultaten van het NMP4-pakket zijn hier opgenomen als schatting van de situatie in 2010. De andere 2010-varianten leiden tot soortgelijke cijfers.

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van populatiegewogen ozonconcentratieniveaus. In tegenstelling tot eerdere studies (Vonk en Schouten, 1998) zijn in de recente, meer uitgebreide Nederlandse tijdserie analyse (Vonk *et al.* 2002, waarvan de resultaten voor dit rapport zijn gebruikt), geen relaties meer gevonden tussen ozonconcentraties en ziekenhuisopnames. Dit betekent dat de ozonsterftecijfers voorzichtig moeten worden geïnterpreteerd omdat de plausibiliteit voor de pyramidale opbouw van gezondheidseffecten in de bevolking blijkbaar gedeeltelijk ontbreekt. Voor ozonsterfte zijn deze nieuwe relatieve risico's wel min of meer dezelfde als in de eerdere analyses (Hoek *et al.* 1997).

De berekeningen laten zien dat de omvang van ozoneffecten niet of nauwelijks verandert onder de verschillende beleidspakketten (de centrale schatting geeft wel enig verschil te zien maar de betrouwbaarheidsintervallen laten geen nauwkeuriger conclusie toe). Verdiscontering van de bevolkingsgroei voor 2010 (~5%) zou hebben geleid tot een navenante toename van ozon effecten. Door eventueel leeftijd-specifieke risicoinformatie (uit de nieuwe tijdreeks analyse nog niet bekend) en de toenemende vergrijzing waardoor de risicogroep (ouderen) groter wordt, zouden de ozon effecten in 2010 nog verder kunnen toenemen.

De berekeningen hebben gebruik gemaakt van een berekende schatting van ~70 µg/m³ ozon als jaargemiddelde van 8-uursgemiddelden.

4.6 Algemeen beeld gezondheidseffecten PM₁₀

Er zijn significante associaties tussen kortdurende blootstelling aan deeltjesvormige luchtverontreiniging (PM) en mortaliteit en morbiditeit in tijdserie-studies. In afwachting van de mogelijke ontwikkeling van een norm voor fijner stof dan PM₁₀ en/of een bron-gerelateerde fractie daarvan, wordt op dit moment PM₁₀ als fijn stof indicator gebruikt. Zelfs met fijn stof concentraties onder de huidige EU norm van 40 µg/m³ als jaargemiddelde zullen er gezondheidseffecten optreden. Er is nooit aangetoond dat de gezondheidseffecten pas boven een bepaalde drempelwaarde optreden. Zelfs van fijn stof concentraties ver onder de huidige Europese normen zijn gezondheidseffecten in de bevolking te verwachten. Fijn stof is een

complex mengsel van allerlei fracties die meer of minder van belang zijn voor de gezondheid. Die verschillen in toxische potentie wegen zwaar mee bij een doeltreffend emissiebeleid. Met de relatieve risico's uit de recente, meer uitgebreide Nederlandse tijdserie analyse (Vonk *et al.*, 2002; Fischer *et al.*, in druk) is de omvang van gezondheidseffecten gekwantificeerd. Voor sterfte (totaal en door hart- en vaatorzaken) en ziekenhuisopnamen (voor luchtwegklachten en hart- en vaataandoeningen) zijn deze nieuwe relatieve risico's groter dan in eerdere analyses (Vonk en Schouten, 1998; Hoek *et al.*, 1997) Voor PM10 zijn de voor de berekeningen gebruikte concentraties voor 2001 en 2010 NMP4 (de maximale beleidsvariant) respectievelijk $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $28.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (de berekende getallen voor het berekende deel van PM10 verschillen slechts marginaal tussen de 12MR, RR, en NMP4 variant).

De centrale schatting van de PM10 effecten in de totale Nederlandse bevolking (het min/max als 95% betrouwbaarheidsinterval), uitgaande van de bevolkingsaantallen van 2001, is als volgt:

Tabel 4.7 Schatting van de gezondheidseffecten van fijn stof in 2001 en 2010.

	Fijn stof (PM ₁₀)					
	2001			2010 – NMP4		
	Schatting	Min	Max	Schatting	Min	Max
Sterfte						
Totale sterfte	1576	1094	2057	1197	831	1562
Alle luchtwegaandoeningen	548	384	717	416	291	545
w.v. COPD ¹	258	135	338	177	102	257
Longontsteking	248	133	369	188	101	280
Hart- en vaataandoeningen	383	137	643	291	104	489
Ziekenhuisopnames						
Alle luchtwegaandoeningen	943	503	1351	716	382	1027
w.v. COPD ¹	521	328	724	395	249	549
astma						
Hart- en vaataandoeningen	1288	773	1803	978	587	1370

¹COPD = Chronic Obstructive Pulmonary Disease

De resultaten van het NMP4-pakket zijn hier opgenomen als schatting van de situatie in 2010. De andere 2010-varianten leiden tot soortgelijke resultaten.

Voor de 2010-NMP4-variant (en min of meer dus ook voor de andere varianten) lijken de berekende gezondheidseffecten door blootstelling aan PM10 af te nemen.

Verdiscontering van de bevolkingsgroei voor 2010 (~5%) zou hebben geleid tot een navolgende toename van PM10 effecten. Door eventueel leeftijd-specifieke risico informatie (uit de nieuwe tijdreeks analyse nog niet bekend) en de toenemende vergrijzing waardoor de risicogroep (ouderen) groter wordt, zouden de effecten in 2010 eveneens groter kunnen worden. Al deze berekeningen kennen een grote onzekerheid die onder andere samenhangt met het feit dat slechts met de massa van PM10 is gerekend en nog onbekend is of ook de causale PM10 fractie of component door emissie reductie maatregelen in concentratie zal afnemen. Hierbij kan gewezen worden op het mogelijke belang van de kleinere fractie PM_{primair} en het aandeel roet.

Literatuur

- Albers, RAW, Beck, JP, Bleeker, A, Bree, L van, Van Dam, JD, Van der Eerden, LJM, Freijer, J, Hinsberg, A van, Marra, M, Salm, C van der, Tonneijk, F, Vries, WJ de, Wesselink, LG, Wortelboer, R (2001). Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de onderbouwing. RIVM Rapport 725501001. RIVM, Bilthoven.
- Beck, JP, Bree, L van, Esbroek, MLP van, Freijer, J, Hinsberg, A van, Marra, M, Velze, K van, Vissenberg, HA, Pul van, WAJ (2001). Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de emissievarianten. RIVM Rapport 725501002. RIVM, Bilthoven.
- Bloemen, HJTh, Bree, L van, Buringh, E, Fischer, PH, Loos, S de, Marra, M, Rombout, PJA (1998). Fijn stof in Nederland. Een tussenbalans. RIVM rapport 650010006. RIVM, Bilthoven.
- Buringh, E, Opperhuizen, A, (2002). On health risks of ambient PM in the Netherlands, Executive summary, RIVM rapport 650010033. RIVM, Bilthoven.
- Eerens, HC, Dam JD van, Beck JP, Dolmans JHJ, Pul HA van, Sluyter RBC, Velze K van, Vissenberg HA (2001). Grootschalige luchtverontreiniging en depositie in de Nationale Milieuverkenning 5. RIVM Rapport 408129016. RIVM, Bilthoven.
- Erisman, JW, en Van der Eerden, LJM (1999). Stikstofonderzoeksprogramma STOP; de stikstofproblematiek op de lokale en regionale schaal nader onderzocht, RIVM Rapport 725601002. RIVM, Bilthoven.
- Fischer, PH, Ameling, CC, Marra, M, Hoek, G. Daily mortality and air pollution in the Netherlands, 1992-1999, in prep.
- Folkert, RJM, Eerens HC, Odijk M, Breugel PB van, Bree L, van (2002). Realisering EU-NO2-normen in Nederland. Implementatie 1e EU-dochterrichtlijn. RIVM Rapport 725601006, RIVM, Bilthoven.
- Hinsberg, A van, Kros J (1999). Een normstellingsmethode voor (stikstof)depositie op natuurlijke vegetaties in Nederland. Een uitwerking van de Natuurplanner voor natuurdoeltypen. RIVM Rapport 722108024. RIVM, Bilthoven.
- Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer PH, Brandt PA van den (2002). Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The Lancet* 2002; 360:1203-1209.
- Hoek, G, Verhoeff, A, Fischer, PH (1997). Daily mortality and air pollution in the Netherlands, 1986-1994. Rapportnr. 1997-481. Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Jaarsveld, JA van (1995). Modelling the long-term atmospheric behaviour of pollutants on various spatial scales. PhD-thesis Universiteit Utrecht.

- Loon, M van (1996). Numerical methods in smog prediction. Dissertatie Universiteit van Utrecht, Nederland.
- Posch, MB, Hettelingh, J-P (2001). From Critical Loads to Dynamic Modelling. In: Modelling and mapping of Critical Thresholds in Europe. Status Report 2001. Coordination Center for Effects. RIVM report 259101010. RIVM, Bilthoven.
- RIVM, ALTERRA, LEI (2000) Natuurbalans 2000, Samsom bv, Alphen aan den Rijn.
- RIVM (2001) Milieubalans 2001, Samsom bv, Alphen aan den Rijn.
- RIVM (2002)a Milieubalans 2002, Samsom bv, Alphen aan den Rijn.
- RIVM (2002)b Milieu- en Natuureffecten Strategisch Akkoord CDA, VVD en LPF, RIVM Rapport 408129026, RIVM, Bilthoven.
- Rombout, PJA, Bloemen, HJTh, Bree, L van, Buringh, E, Cassee, FR, Fischer PH, Freijer, JL, Kruize, H, Marra, M, Opperhuizen, A (2000). Gezondheidsrisico's geassocieerd met luchtverontreiniging en met name fijn stof. Interim rapport. RIVM Rapport 650010020. RIVM, Bilthoven.
- Smeets, WLM, Brink, RMM van den, Elzenga, HE, Gijzen, A, Hoek, KW van der, Nijdam, DS (2002). Potentieel effect op emissies SO₂, NO_x, NH₃, VOS en PM₁₀ en kosten van door DGM aangedragen beleidsopties. RIVM Rapport 725501008. RIVM, Bilthoven.
- Vonk, JM, Schouten, JP (1998). Daily emergency hospital admissions and air pollution in the Netherlands, 1982-1986 and 1986-1995. Rapportnr. VROM reg #96.140072. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- Vonk, JM, Schouten, JP (2002). Daily emergency hospital admissions and air pollution in the Netherlands 1992-1999. RU Groningen.
- VROM (2000) Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: maatregelpakketten, emissies en kosten, Werkdocument. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag. Rapportnummer 14030/173.

Bijlage 1 Onzekerheden in deposities en effect op milieu en natuur

De in dit rapport gepresenteerde depositieniveaus zijn, analoog aan Beck *et al.* 2001, berekend met behulp van bron-receptor relatie afgeleid van het atmosferisch transport en depositiemodel OPS (Van Jaarsveld, 1995). Deze zogenaamde bron-receptor relaties of source-receptor matrix (SRM)-methode is beschreven in Albers *et al.* (2000). In deze methode is de ruimtelijke verdeling van de bronnen vast verondersteld (verdeling van 1995) en wordt gerekend met over een aantal jaren gemiddelde meteorologische omstandigheden. Bij bepaling van de uiteindelijke depositiekaarten is rekening gehouden met een natuurlijke achtergrond depositie van respectievelijk 300 mol zuurequivalenten/ha/jr en 100 mol stikstof/ha/jr. Informatie rond onzekerheden van gebruikte depositiemodellen en data is te vinden in Albers *et al.* (2000), Erisman en van der Eerden (1999), Van Jaarsveld (1995) en verwijzingen daarin.

De onzekerheden in de depositieberekeningen worden voornamelijk veroorzaakt door de onzekerheden in de emissies en procesparameters in het OPS model. Een validatie van de depositieberekeningen is niet mogelijk daar er geen droge depositie in Nederland gemeten wordt. Wel zijn er ammoniakconcentratiemetingen beschikbaar. Het OPS model onderschat de landelijk gemiddelde ammoniakconcentratie met circa 30%. In een eerdere analyse bleek dat dit verschil over de tijd, met name vóór 1998, varieerde. Dit is toentertijd het 'ammoniakgat' gaan heten. De laatste jaren is het verschil tussen gemeten en berekende concentraties echter min of meer constant. In die zin is er dus geen sprake meer van een 'ammoniakgat' (MB2002). Het is nog onduidelijk in welke mate de onzekerheden in emissies dan wel de onzekerheden in het model het verschil tussen gemeten en berekende concentratie verklaren. Het is dus ook nog onduidelijk hoe dit verschil zich in de toekomst ontwikkelt. In Beck *et al.* (2001) is daarom gekozen om de depositieberekeningen niet te corrigeren voor dit verschil. Deze berekeningen zijn daarom een onderschatting van de werkelijke niveaus. In de Milieubalans daarentegen worden de actuele (berekende) deposities wel gecorrigeerd met de verhouding tussen gemeten en berekende concentraties. In dit rapport zijn de berekeningen gepresenteerd als een range die bestaat uit de depositieberekeningen met en zonder correctie voor dit verschil. De correctiefactor van circa 1,4 is toegepast zoals gebruikt in de Milieubalans 2002.

De betrouwbaarheid van de inschatting van de effecten is afhankelijk van zowel de depositiegegevens als de kritische depositieniveaus zelf. Gegevens over onzekerheden in kritische depositieniveaus zijn te vinden in Albers *et al.* (2000), Van Hinsberg en Kros (1999) en verwijzingen daarin. Bij emissievarianten waarbij de depositieniveaus de kritische depositieniveaus sterk overstijgen zijn uitspraken over de bescherming robuust. Bij de varianten waar de depositie- en kritische niveaus vergelijkbaar worden qua orde van grootte zijn uitspraken over bescherming gevoeliger voor onzekerheden in de basis gegevens. In tabel A wordt ingegaan op de effecten van het werken met fijnschaligere natuurkaarten (250x250 meter in plaats van 1x1km zoals in Beck *et al.*, 2001).

Tabel A Verschil in gemiddelde jaarlijkse depositie van potentieel zuur en stikstof per hectare op landnatuur per provincie en in geheel Nederland (in mol/ha/jr) tussen berekening met een kaart van natuur op 250x250m en 1x1km. De ranges geven de resultaten weer van berekeningen met en zonder correctie. De ondergrens is situatie zonder correctie, de bovengrens de situatie met correctie.

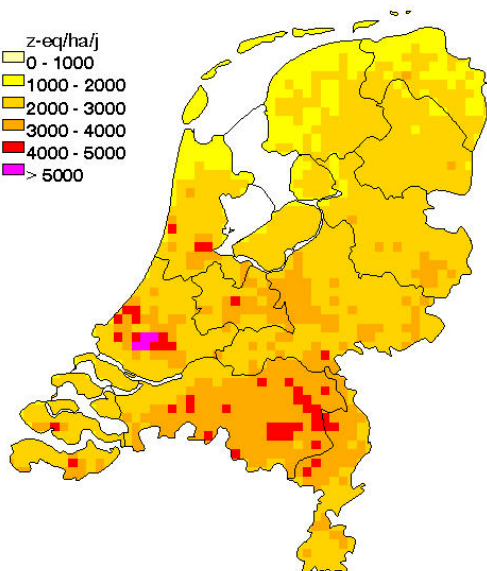
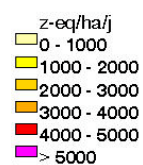
Potentieel zuur				
Provincie	2001	2010		
		Referentie-Raming	12-maat-regelen	NMP4
Groningen	+71/+99	+62/+89	+54/+78	+40/+57
Friesland	+102/+148	+89/+132	+64/+96	+48/+74
Drenthe	-6/-2	-2/+3	-4/-1	-15/-17
Overijssel	+5/+12	+3/+9	+3/+7	-11/-10
Gelderland	-3/+21	+7/+27	+0/+19	-32/-27
Utrecht	-28/-22	-11/-4	-19/-16	-43/-48
Noord-Holland	-10/+3	-1/+13	-9/+1	-16/-9
Zuid-Holland	+161/+202	+132/+171	+100/+133	+91/+118
Zeeland	+127/+158	+100/+128	+91/+118	+81/+102
Noord-Brabant	+7/+16	+14/+24	+7/+14	-7/-6
Limburg	+1/-7	-1/-5	+2/-2	-6/-13
Flevoland	-15/-16	-9/-8	-7/-6	-12/-14
Nederland	-14/-7	-3/+5	-6/+1	-29/-32
Stikstof				
Provincie	2001	2010		
		Referentie-Raming	12-maat-regelen	NMP4 ²
Groningen	+79/+106	+68/+95	+61/+86	+47/+65
Friesland	+115/+160	+101/+144	+77/+109	+61/+86
Drenthe	+7/+11	+7/+12	+4/+8	-7/-7
Overijssel	+15/+22	+10/+16	+10/+14	-4/-4
Gelderland	+39/+61	+37/+58	+28/+46	-4/+1
Utrecht	+7/+12	+12/+20	+3/+7	-20/-25
Noord-Holland	+31/+44	+30/+42	+20/+30	+11/+18
Zuid-Holland	+135/+175	+117/+156	+95/+127	+82/+109
Zeeland	+94/+125	+81/+109	+75/+100	+63/+85
Noord-Brabant	+25/+35	+24/+33	+17/+24	+4/+4
Limburg	-6/-14	-5/-10	-3/-7	-11/-17
Flevoland	-6/-6	-2/-1	-1/-1	-7/-9
Nederland	+8/+14	+12/+20	+9/+15	-15/-17

Op basis van bovenstaande gegevens kan geconcludeerd worden dat wat betreft het rekenen met een natuurkaart op basis van 250x250meter of 1x1km voor depositie op landnatuur:

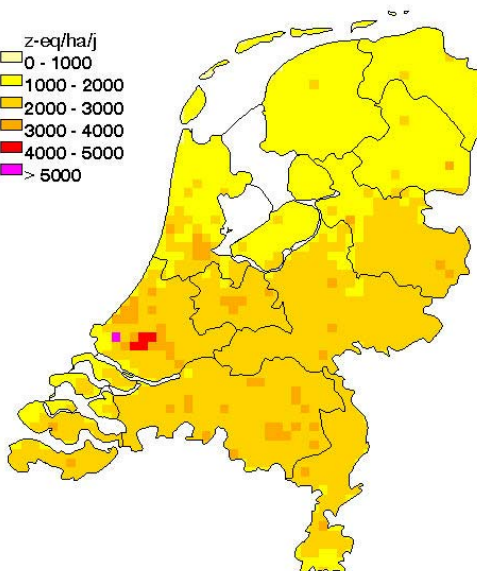
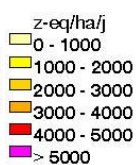
- er nauwelijks een verschil bestaat tussen berekening voor geheel Nederland;
- er per afzonderlijke provincie er wel verschillen bestaan;
- er voor de provincies Groningen, Friesland, Zuid-Holland en Zeeland een onderschatting van gemiddeld circa 80-110 mol stikstof en circa 90-120 mol potentieel zuur wordt gemaakt bij het gebruik van kaarten van 1x1km.

Bijlage 2 Deposities en effecten zonder correctie

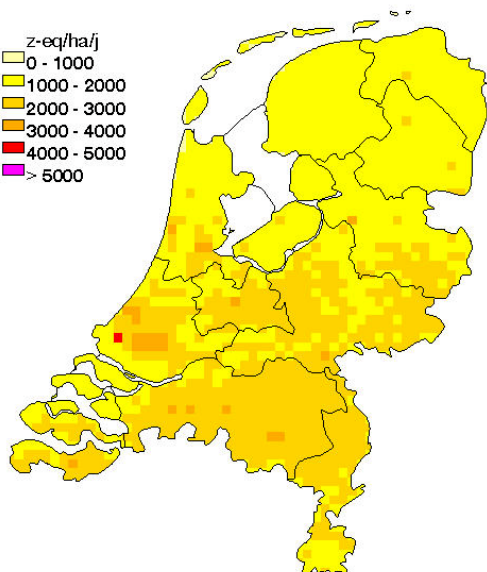
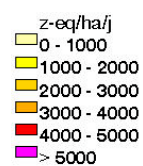
2001 (zonder schaling)



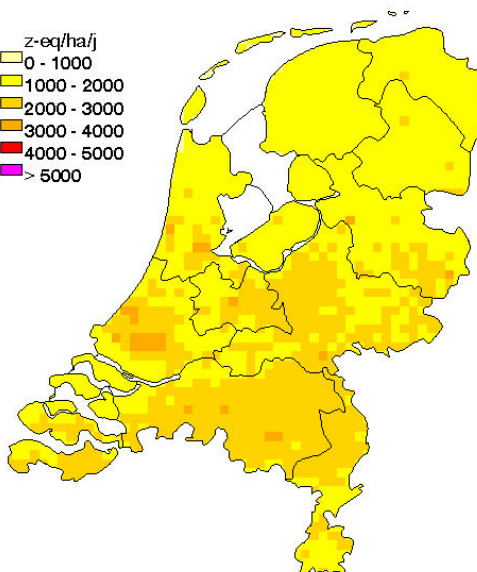
referentieraming (zonder schaling)



12 maatregelen (zonder schaling)

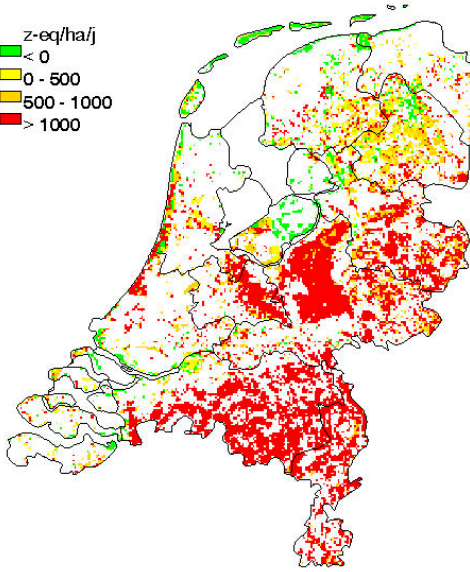
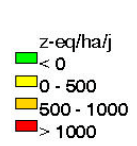


NMP4 (zonder schaling)

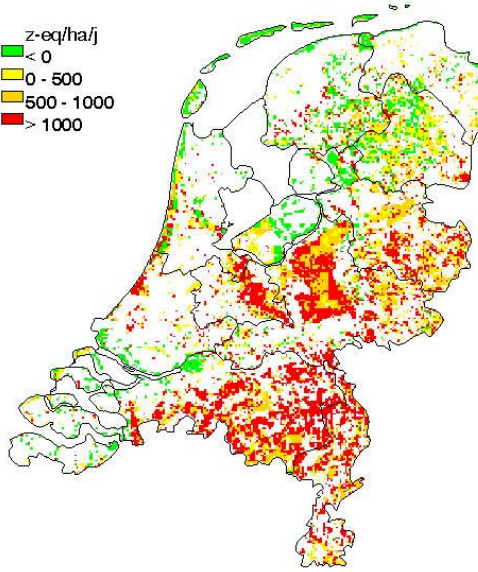
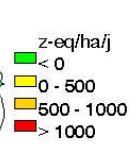


Het depositiepatroon van potentieel zuur voor verschillende emissievarianten, zonder gebruik van correctie van ammoniakdepositie.

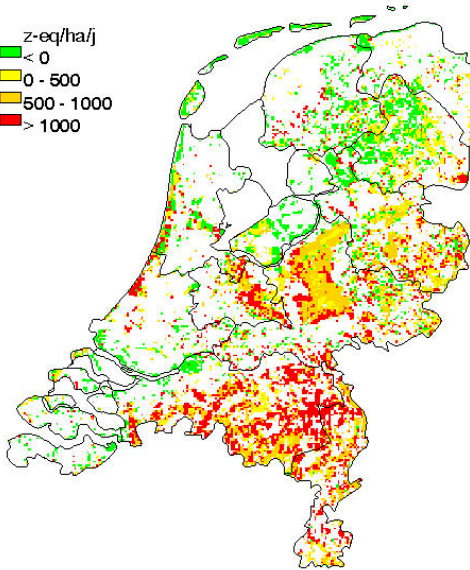
2001 (zonder schaling)



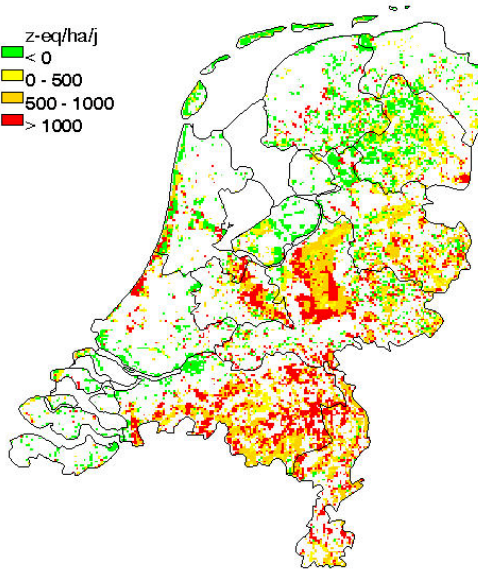
referentieraming (zonder schaling)



12 maatregelen (zonder schaling)

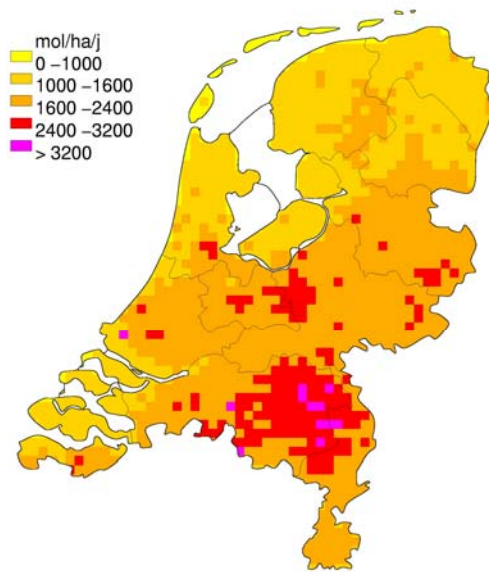


NMP4 (zonder schaling)

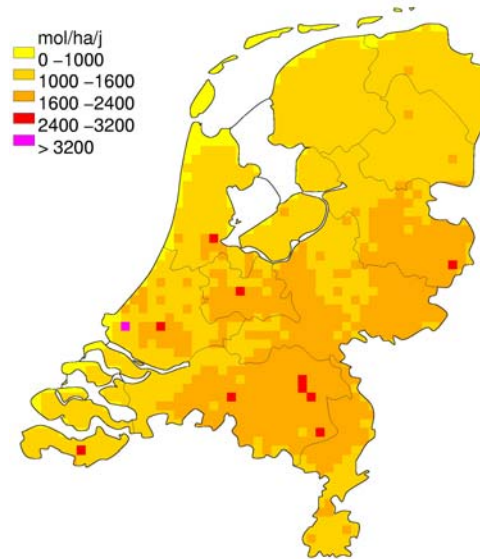


Overschrijding van de kritische niveaus voor de depositie van potentieel zuur op landnatuur in de verschillende emissievarianten, zonder gebruik van correctie van ammoniakdepositie.

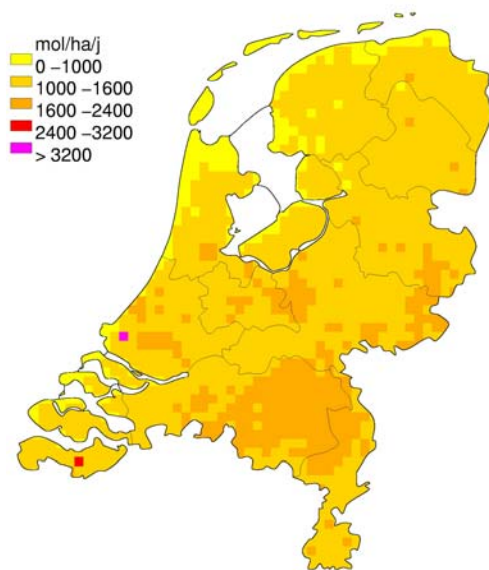
2001 (zonder schaling)



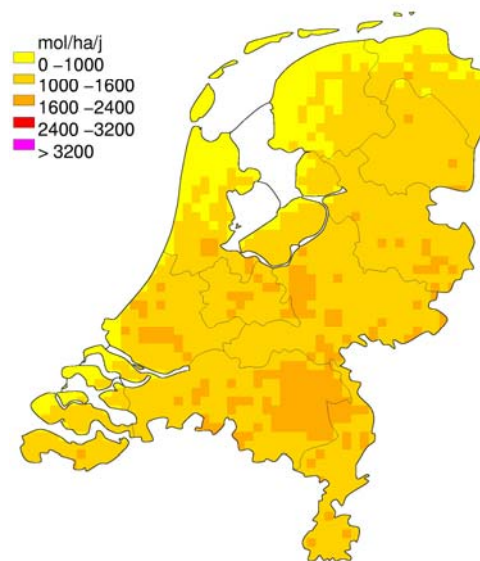
referentieraming (zonder schaling)



12 Maatregelen (zonder schaling)

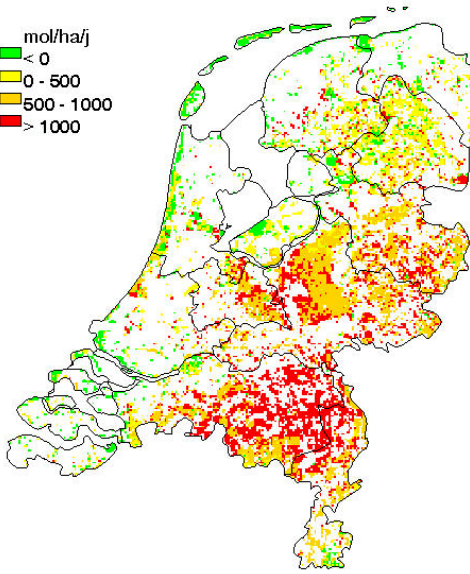
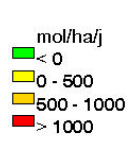


NMP4 (zonder schaling)

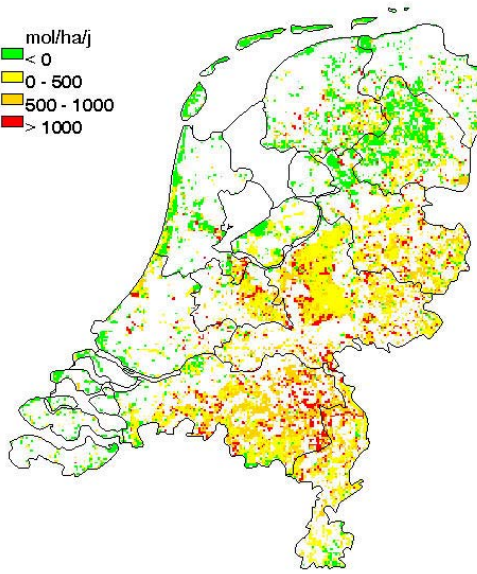
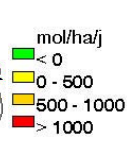


Het depositiepatroon van totaal stikstof voor verschillende varianten, zonder gebruik van correctie van ammoniakdepositie.

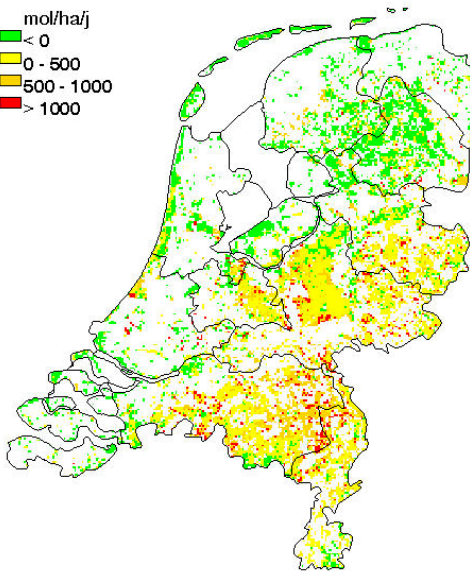
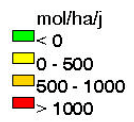
2001 (zonder schaling)



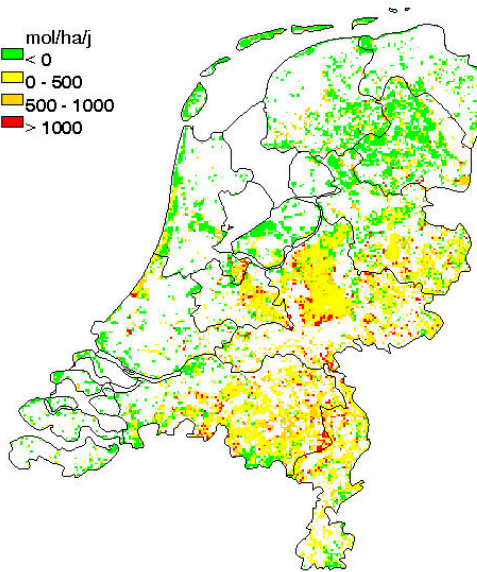
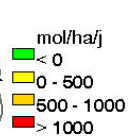
referentieraming (zonder schaling)



12 maatregelen (zonder schaling)



NMP4 (zonder schaling)



Overschrijding van de kritische niveaus voor de depositie van totaal stikstof op landnatuur in de verschillende emissievariante, zonder gebruik van correctie van ammoniakdepositie.

Bijlage 3 Verzendlijst

1. Ir. J. van der Vlist (VROM-DGM)
2. Dr. ir. B.C.J. Zoeteman (VROM/DGM)
3. Mw. Mr. C.M. Zwartepoorte (VROM/DGM/KvI)
4. Ing. M.M.J. Allessie (VROM/DGM/KvI)
5. W.J. Lenstra (VROM/DGM/KvI)
6. Drs. C.J. Sliggers (VROM/DGM/KvI)
7. Ir. J.A. Herremans (VROM/DGM/LMV)
8. Ir. A.P.M. Blom (VROM/DGM/KvI)
9. Dr. K.R. Krijgsheld (VROM/DGM/KvI)
10. Ir. P.G. Ruysenaars (VROM/DGM/KvI)
11. Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
12. Directie RIVM
13. Ir. N.D. van Egmond
14. Ir. F. Langeweg
15. Ir. K. Wieringa (MNP-LED)
16. Drs. J.M.M. Aben (LED)
17. Ir. H.S.M.A. Diederens (LOK)
18. Ir. P. Hammingh (LED)
19. Dr. ing. J.A. van Jaarsveld (LED)
20. Dr. ir. W.A.J. van Pul (LDL)
21. Drs. K. van Velze (LED)
22. Mw. Ing. E.S. de Waal (LED)
23. Ir. W.L.M. Smeets (LED)
24. Mw. M.L.P. van Esbroek (NLB)
25. Ir. P.H. Fischer (MGO)
26. Mw. ir. J.P. Beck (LED)
27. Dr. L. van Bree (LOK)
28. Dr. A. van Hinsberg (NLB)
29. Ing. M. Marra (MGO)
30. SBC/ Communicatie
31. Bureau Rapportenregistratie
32. Bibliotheek RIVM
33. Bibliotheek LED
- 34-39 Bureau Rapportenbeheer
- 40-60 Reserve exemplaren