



Energy research Centre of the Netherlands

Optiedocument energie en emissies 2010/2020

B.W. Daniëls¹

J.C.M. Farla²

(coörd.)

¹Energieonderzoek Centrum Nederland

²Milieu- en Natuurplanbureau



ECN-C--05-105
MNP 773001038

Maart 2006

Verantwoording

Dit rapport is één van de twee rapporten die worden gepubliceerd als resultaat van het project 'Optiedocument energie en emissies 2010/2020'. Dit project is uitgevoerd op verzoek van de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) en Economische Zaken (EZ). Een interdepartementale begeleidingscommissie bestond uit vertegenwoordigers van de Ministeries van EZ, VROM, Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Verkeer en Waterstaat (V&W) en Financiën. Zij worden bedankt voor hun kritische en constructieve bijdragen. Dit rapport is intern bij ECN bekend onder nummer ECN-C--05-105 en bij het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) onder nummer 773001038. Het project staat bij ECN geregistreerd onder projectnummer 7.7595.

Naast de coördinerend auteurs hebben verschillende andere medewerkers van ECN en MNP aan het project bijgedragen. Dit zijn L.W.M. Beurskens, Y.H.A. Boerakker, H.C. de Coninck, A.W.N. van Dril, R. Harmsen, H. Jeeninga, P. Kroon, P. Lako, H.M. Londo, M. Menkveld, L.C. Pronk, A.J. Seebregts, G.J. Stienstra, C.H. Volkers, H.J. de Vries, F.G.H. van Wees, H.P.J. de Wilde, J.R. Ybema (allen ECN) en J.A. Annema, J.C. Brink, G.J. van den Born, R.M.M. van den Brink, J.D. van Dam, H.E. Elzenga, A. Hoen, E. Honig, B.A. Jimmink, J.A. Oude Lohuis, D.S. Nijdam, C.J. Peek, M.W. van Schijndel, W.L.M. Smeets, K. van Velze, R.A. van den Wijngaart en H. van Zeijts (allen MNP).

Petten / Bilthoven, maart 2006.

Abstract

Over 170 measures to reduce the emissions of greenhouse gases, substances regulated under the EU National Emission Ceilings directive and particulate matter are described for the years 2010 and 2020. The descriptions of these measures are made available on the internet. This report has the function of a background report to these fact sheets.

This report describes the background scenario and the emissions levels in 2010 and 2020, which are the starting points for the emission reduction measures. Each of the aspects in the fact sheets, like the emission reduction potential, cost aspects and the (public) support for the measures, are explained. Furthermore, the optimization model is described with which sets of reduction measures can be put together. These sets of emission reduction measures are cost-minimized solutions for specific emission reduction targets or emission levies, for one or more of the compounds studied. Examples of emission reduction analyses are shown and the maximum attainable emission reduction with the described measures is reported.

Opmaak: 9 maart 2006

Voorwoord

Klimaatverandering en afhankelijkheid van eindige fossiele energievoorraden kunnen grote maatschappelijke risico's met zich meebrengen. Daarnaast leidt ook grootschalige luchtverontreiniging tot risico's voor gezondheid en natuur. Om deze risico's te verkleinen is het nodig om de emissies van broeikasgassen, andere luchtverontreinigende stoffen en het fossiele energiegebruik te verminderen. Dit rapport levert informatie aan de discussie over hoe Nederland hieraan kan bijdragen.

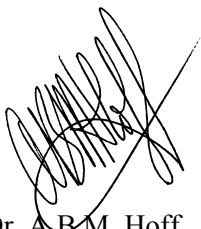
De geschetste problemen zijn actueel en de behoefte aan concrete kwantitatieve informatie is groot. Om deze reden hebben ECN en MNP optiebeschrijvingen gemaakt met informatie over maatregelen waarmee de emissies in Nederland kunnen worden gereduceerd. In dit rapport wordt achtergrondinformatie gegeven bij de technische mogelijkheden voor emissiereductie.

Naast de informatie in de optiebeschrijvingen, over emissiereductie, kostenaspecten en haalbaarheid, wordt informatie gegeven over een analysemodel waarmee het mogelijk is om rekening te houden met de interactie tussen opties.

De beschrijving van de maatregelen kent ook beperkingen: zo zijn beleidsinstrumenten, draagvlak, duurzaamheidsaspecten en de gevolgen voor bedrijven slechts ten dele onderzocht. Andere aspecten kunnen wel worden benoemd, maar de kosten ervan kunnen niet of slechts tot op zekere hoogte worden beschreven. Men kan daarbij denken aan aspecten zoals bijv. hinder door windturbines, mogelijke vermindering van biodiversiteit bij import van biomassa, de verdere uitputting van fossiele energievoorraden bij CO₂-opslag en de opslag van radioactief afval over een zeer lange termijn (duizenden jaren) en risico's van ongevallen bij kerncentrales.

In de discussie over energie-, klimaat- en luchtbeleid gaat het om keuzes. Daarbij spelen de kosten van specifieke opties een rol, maar ook instrumenteerbaarheid en de vele andere voor- en nadelen die zijn verbonden aan de opties. Over de maatschappelijke en politieke afwegingen m.b.t. afzonderlijke opties zullen zowel ECN als MNP in andere studies de discussie ondersteunen.

Het Optiedocument geeft naar onze mening een goed beeld van de maatregelen die in Nederland kunnen worden ingezet voor emissiereductie. Wij gaan er vanuit dat we met deze maatregelbeschrijvingen de maatschappelijke en politieke discussie constructief ondersteunen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A.B.M. Hoff', written over a circular stamp.

Dr. A.B.M. Hoff
Directievoorzitter Energieonderzoek
Centrum Nederland

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N.D. van Egmond', written over a circular stamp.

Prof. ir. N.D. van Egmond
Directeur Milieu- en
Natuurplanbureau

Inhoud

Lijst van tabellen	7
Lijst van figuren	8
1. Inleiding	9
1.1 Beleidscontext en doelstelling van dit Optiedocument	9
1.2 Opzet van dit Optiedocument	9
1.3 Nieuwe elementen ten opzichte van het Optiedocument uit 1998	10
1.4 Taakverdeling tussen ECN en MNP	10
1.5 Leeswijzer	11
2. Referentieramingen 2005-2020 en indicatieve doelen	12
2.1 Inleiding	12
2.2 Uitgangspunten 'Global Economy' uit de Referentieramingen	12
2.3 Beleidsontwikkelingen in het Global Economy-scenario	13
2.4 Energieprijsontwikkeling	14
2.5 Ontwikkelingen energiegebruik en emissies in 'Global Economy'	15
2.6 Beleid in het Global Economy scenario en aanpassingen in GE ^{act}	17
3. Gegevens in de optiebeschrijvingen	19
3.1 Opzet factsheets/optiebeschrijvingen	19
3.2 Doelstof, sectorindeling en categorieën	19
3.3 Emissiereductie en varianten/intensiteiten	19
3.4 Kosten en kosteneffectiviteit	20
3.5 Haalbaarheid	24
3.6 Transitie-aspecten	25
3.7 Onzekerheden optiebeschrijvingen	26
3.8 Kennishiaten	28
4. Opzet en werking van het analysemodel	29
4.1 Werkwijze bij het samenstellen van optiepakketten	29
4.2 Indeling invoergegevens en resultaten	30
4.3 Doelen en heffingen	31
4.4 Effecten	32
4.5 Kosten	33
4.6 Interactie tussen opties	36
4.7 Randvoorwaarden	39
4.8 Resultaten	39
4.9 Onzekerheden analysemodel	41
5. Resultaten en overzichten	44
5.1 Inhoud	44
5.2 Uitgangspunten	44
5.3 Overzicht van het totale reductiepotentieel en kosten	45
5.4 Maximale emissiereducties broeikasgassen	46
5.5 Maximale emissiereductie verzurende stoffen	49
5.6 Maximale emissiereductie NMVOS en fijn stof	50
5.7 Maximale reducties energiegebruik	53
5.8 Synergie	55
5.9 Voorbeeldanalyse doelen en heffingen	59
5.10 Onzekerheden	60

6.	Discussie en aanbevelingen	63
6.1	Inleiding	63
6.2	Achtergrondscenario en energieprijzen	63
6.3	Kosten ten opzichte van andere belangrijke aspecten	63
6.4	Draagvlak, instrumentatie en haalbaarheid	64
6.5	Zichtjaren en gebruik van de optiebeschrijvingen in een dynamische context	65
6.6	Onmogelijkheid om effecten van verschillende opties op te tellen	65
7.	Referenties	66
Bijlage A	Voorbeeld optiebeschrijving	67
Bijlage B	Opties en Transitiebeleid	68
Bijlage C	Afwijkingen kostenmethodiek voor de sector transport	69
Bijlage D	Overige invoermogelijkheden voor de gebruiker	70
Bijlage E	Kosten en reducties per optie	74
Bijlage F	Effecten van hogere olie- en gasprijzen	90

Lijst van tabellen

Tabel 1.1	<i>Stoffen waarvan de emissiereductiemogelijkheden worden beschreven</i>	10
Tabel 1.2	<i>Overzicht van optiebeschrijvingen in het Optiedocument, naar sector en doelstof</i>	11
Tabel 2.1	<i>Groei toegevoegde waarde hoofdsectoren in het Global Economy scenario</i>	13
Tabel 2.2	<i>CO₂-prijs en effect op elektriciteitsprijs in het Global Economy scenario</i>	13
Tabel 2.3	<i>Overzicht van de broeikasgasemissies per sector in 2010 en 2020 volgens het GE-scenario</i>	16
Tabel 2.4	<i>Overzicht van de emissies per sector van NEC-stoffen en fijn stof in 2010 en 2020 (GE)</i>	17
Tabel 2.5	<i>Schematisch overzicht van een aantal belangrijke kentallen in de gebruikte variant en in het Global Economy-scenario uit de Referentieramingen</i>	18
Tabel 3.1	<i>Sectorindeling Optiedocument</i>	19
Tabel 4.1	<i>Behandelde onderdelen van het analysemodel</i>	30
Tabel 4.2	<i>Overzicht van de benodigde invoergegevens per modelcomponent</i>	31
Tabel 4.3	<i>Reductiethema's en indicatie van de rol van energie-effecten</i>	32
Tabel 4.4	<i>Enkele belangrijke representatieve emissiefactoren</i>	33
Tabel 4.5	<i>Overzicht van de gebruikte invoergegevens (x) voor de berekening van kosten, gespecificeerd naar nationale kosten en eindgebruikerskosten en evt. bijzonderheden per invoergegeven</i>	34
Tabel 4.6	<i>Aannames voor gehanteerde disconteringsvoeten</i>	35
Tabel 4.7	<i>Gehanteerde disconteringsvoeten per sector</i>	36
Tabel 4.8	<i>Beschikbaarheid van resultaten per aggregatieniveau</i>	40
Tabel 5.1	<i>Overzicht van opgelegde randvoorwaarden bij de analyses</i>	44
Tabel 5.2	<i>Maximaal haalbare emissiereductie per doelstof zonder aanvullende randvoorwaarden</i>	45
Tabel 5.3	<i>Maximaal haalbare emissiereductie per doelstof met aanvullende restricties</i>	46
Tabel 5.4	<i>Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel BKG-emissies voor het zichtjaar 2020</i>	48
Tabel 5.5	<i>Reductie per sector en doelstof bij maximale emissiereductie broeikasgassen</i>	48
Tabel 5.6	<i>Reductie per sector en doelstof bij maximale emissiereductie verzuring</i>	50
Tabel 5.7	<i>Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel verzurende emissies voor het zichtjaar 2020</i>	50
Tabel 5.8	<i>Overzicht van opties met het grootste reductiepotentieel NMVOS voor het jaar 2020</i>	51
Tabel 5.9	<i>Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel fijn stof voor het zichtjaar 2020</i>	52
Tabel 5.10	<i>Reductie per sector en doelstof bij maximale emissiereductie voor NMVOS en fijn stof (PM₁₀)</i>	53
Tabel 5.11	<i>Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel primair verbruik voor het zichtjaar 2020</i>	54
Tabel 5.12	<i>Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel fossiel verbruik voor het zichtjaar 2020</i>	54
Tabel 5.13	<i>Overzicht van de verdeling van de reducties van primair verbruik en fossiel verbruik over de sectoren bij maximale reductie</i>	55
Tabel 5.14	<i>Overzicht van de (emissie)reductie die wordt bereikt per doelstof/reductiethema bij maximale reductie voor één doelstof/reductiethema</i>	56
Tabel 5.15	<i>Kosten voor verschillende categoriën opties bij oplopende broeikasgasdoelen</i>	58
Tabel 5.16	<i>Kosten voor verschillende reductiethema's bij oplopende broeikasgasdoelen</i>	58
Tabel 5.17	<i>Verskil in kosten bij separate en integrale invulling BKG-doelen en NEC-doelen</i>	58

Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Ontwikkeling van de olie- en aardgasprijzen in de gebruikte scenario-varianten, GE* heeft betrekking op het GE uit de Referentieramingen en op GE actualisatie</i>	15
Figuur 2.2	<i>Ontwikkeling van de emissies in het Global Economy scenario</i>	17
Figuur 3.1	<i>Schematisch overzicht van de componenten van de jaarlijkse milieukosten met de invoergegevens uit de optiebeschrijvingen (wit) en de specifieke onderdelen van de milieukosten volgens de nationale kosten- en eindgebruikerbenadering</i>	21
Figuur 4.1	<i>Schematisch overzicht van de elementen van het Optiedocument, met plaats van het analysemodel ten opzichte van de benodigde input-gegevens, sturingsparameters en output (optiepakketten)</i>	29
Figuur 5.1	<i>Kostencurves voor de broeikasgassen bij maximale emissiereductie voor CO₂, broeikasgassen totaal en de overige broeikasgassen</i>	47
Figuur 5.2	<i>Kostencurven voor de verzurende componenten bij maximale emissiereductie voor verzuring totaal, stikstofdioxide, zwaveldioxide en ammoniak.</i>	49
Figuur 5.3	<i>Kostencurven voor A) NMVOS en B) PM₁₀ bij maximale emissiereductie</i>	51
Figuur 5.4	<i>Kostencurven voor primair verbruik (l) en fossiel verbruik (r) bij maximale emissiereductie</i>	53
Figuur 5.5	<i>Reductie door specifieke NO_x-opties bij oplopende broeikasgasdoelen</i>	57
Figuur 5.6	<i>Reductie door specifieke SO₂-opties bij oplopende broeikasgasdoelen</i>	57
Figuur 5.7	<i>Optiepakketten op basis van oplopende doelen en heffingen voor BKG's</i>	59
Figuur 5.8	<i>Optiepakketten op basis van oplopende doelen en heffingen voor verzuring</i>	60
Figuur 5.9	<i>Kostencurves voor emissiereductie ammoniak bij maximale emissiereductie, volgens het analysemodel (rood) en volgens handmatige bepaling op basis van expertise over emissiereductiemaatregelen ammoniak (blauw-gestreept)</i>	62

1. Inleiding

1.1 Beleidscontext en doelstelling van dit Optiedocument

De Nederlandse overheid heeft behoefte aan informatie over de mogelijkheden om de uitstoot van een aantal stoffen te beperken in de periode tot 2020, en over de kosten die daarmee gemoeid zijn. Het betreft de uitstoot van broeikasgassen (CO₂, CH₄, N₂O en de F-gassen¹), stoffen die onder de Europese NEC-richtlijn² vallen (SO₂, NO_x, NH₃ en NMVOS) en fijn stof (PM₁₀ en PM_{2,5})³.

Om in deze behoefte aan informatie te voorzien, heeft het Ministerie van VROM, in overleg met het Ministerie van EZ, aan het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) gevraagd om het 'Optiedocument energie en emissies 2010/2020' op te stellen. Het doel van dit Optiedocument is om informatie te verzamelen en op eenduidige wijze te presenteren zodat de emissiereductie, kosten en andere kenmerken van verschillende oplossingsrichtingen voor emissiereductie en energiebeleid in kaart kunnen worden gebracht. Daarmee kan het Optiedocument een bijdrage leveren aan de voorbereidingen op diverse beleidsdossiers, zoals de post-Kyoto onderhandelingen over emissiereductie van broeikasgassen na 2012 en de onderhandelingen over een post-NEC-richtlijn, over emissiereductie van NEC-stoffen en fijn stof na 2010. Daarnaast kan het Optiedocument een bijdrage leveren aan het energiebeleid en aan het dossier over emissiehandel.

Een verkenning van het potentieel voor emissiereductie en energiebesparing tot 2020, op basis van de optiebeschrijvingen in het Optiedocument, is afzonderlijk van deze rapportage gepubliceerd (Daniëls en Farla, 2006). De voorliggende rapportage fungeert hierbij als methodiekbeschrijving en achtergronddocument.

1.2 Opzet van dit Optiedocument

De kern van het Optiedocument is een uitgebreide set van optiebeschrijvingen. Per optiebeschrijving wordt aangegeven welke emissiereducties kunnen worden bereikt en wat daarbij de te verwachten kosten zijn, afzonderlijk voor de zichtjaren 2010 en 2020. Daarnaast geven de optiebeschrijvingen een beeld van aspecten als kostenopbouw, haalbaarheid, draagvlak en onzekerheden. Deze optiebeschrijvingen (of factsheets) kunnen via internet worden gelezen en 'gedownload' via de volgende URL: <http://www.energy-use.info/optiedoc2005/>.

Naast de optiebeschrijvingen bestaat het Optiedocument uit een analysemodel dat als onderdeel van het project is ontwikkeld. Het analysemodel maakt het mogelijk om de opties op te nemen in optiepakketten waarmee integraal wordt voldaan aan doelstellingen die de gebruiker voor verschillende thema's kan opgeven. In het analysemodel is aangegeven hoe opties elkaar beïnvloeden of uitsluiten.

¹ De F-gassen die onder het Klimaatverdrag UNFCCC worden meegenomen zijn fluorkoolwaterstoffen (HKF's), perfluorkoolstofverbindingen (PFK's) en zwavelperfluoride (SF₆).

² De stoffen die vallen onder de 'National Emission Ceilings' directive ofwel de Nationale emissieniveaus-richtlijn van de Europese Unie, zijn: ammoniak (NH₃), stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂) en de niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS).

³ Fijn stof wordt gemeten als PM₁₀ of PM_{2,5} (PM staat voor 'particulate matter'). PM_{2,5} is een fractie van PM₁₀ met een gemiddeld kleinere deeltjesgrootte. In het Optiedocument worden opties voor fijn stof-reductie voornamelijk uitgedrukt in reductie van PM₁₀, beleidsmatig wordt de aandacht steeds meer verschoven naar PM_{2,5}.

De achtergrond (referentiep道) voor de kosten- en potentieelinschattingen in het Optiedocument is het ‘Global Economy’-scenario (GE) uit de Referentieramingen 2005-2020 (Van Dril en Elzenga, 2005). Dit betekent dat het effect van de opties, zoals vastgelegd in de optiebeschrijvingen, in de eerste plaats geldt voor toepassing binnen de context van de Referentieramingen.

Het Optiedocument is echter ook bruikbaar voor analyses tegen enigszins afwijkende achtergrondscenario's. Het analysemodel biedt namelijk de mogelijkheid om voor andere achtergrondscenario's opties te schalen, en daarmee aan te geven dat er ten opzichte van een specifiek achtergrondscenario meer of minder potentieel bestaat dan ten opzichte van de Referentieramingen. Deze mogelijkheid van het analysemodel is toegepast in de eerder genoemde Potentieelverkenningstudie (Daniëls en Farla, 2006).

1.3 Nieuwe elementen ten opzichte van het Optiedocument uit 1998

Het Optiedocument verschilt in een aantal belangrijke opzichten van het Optiedocument uit 1998. Het Optiedocument uit 1998 had alleen betrekking op het thema klimaatverandering en beschreef daarom opties voor de emissiereductie van CO₂ en van de overige broeikasgassen. In dit Optiedocument wordt ook integraal naar emissiereducties voor de NEC-stoffen en fijn stof gekeken. Veel opties hebben namelijk effecten op meerdere doelstoffen. Door de integrale benadering kunnen dergelijke synergie-effecten beter worden meegenomen in de resultaten. In Tabel 1.1 wordt aangegeven voor welke (doel-)stoffen emissiereductie-opties worden beschreven.

De langere termijn waarop vooruit wordt gekeken, speelt ook een belangrijke rol. Het Optiedocument uit 1998 werd opgesteld vanuit een relatief eenduidige doelstelling die voortkwam uit het Kyoto-protocol. De interactie tussen de verschillende opties speelde daarbij een relatief beperkte rol. Voor 2020 worden mogelijk ambitieuzere doelstellingen gekozen, zodat met de opties verdergaande reducties in kaart moesten worden gebracht. Daarbij speelt de onderlinge beïnvloeding van opties een grotere rol. Het Optiedocument moet dergelijke effecten dus in de resultaten kunnen meenemen. Specifiek hiervoor is het genoemde analysemodel ontwikkeld.

Tabel 1.1 *Stoffen waarvan de emissiereductiemogelijkheden worden beschreven*

Categorie	Component	Beschrijving	Eenheid
Broeikasgassen	Kooldioxide	CO ₂	Mton-CO ₂
	Methaan	CH ₄	Mton CO ₂ -eq
	Lachgas	N ₂ O	Mton CO ₂ -eq
	F-gassen	HFK's, PFK's en SF ₆	Mton CO ₂ -eq
NEC-stoffen	Zwavel dioxide	SO ₂	kton
	Stikstofoxide(n)	NO _x (NO + NO ₂)	kton
	Ammoniak	NH ₃	kton
	NMVOS	Vluchtige organische verbindingen, exclusief methaan	kton
Fijn stof	PM ₁₀	Fractie met diameter tot 10 µm	kton
	PM _{2,5}	Fractie met diameter tot 2,5 µm	kton

1.4 Taakverdeling tussen ECN en MNP

De werkzaamheden voor het Optiedocument zijn gezamenlijk uitgevoerd door het MNP en ECN Beleidsstudies. Het MNP heeft daarbij opties in kaart gebracht voor energiegebruik en CO₂-emissiereductie voor de sector Verkeer en Vervoer, en daarnaast voor emissiereductie van de overige broeikasgassen, SO₂, NH₃, NMVOS en fijn stof en een deel van de NO_x-opties.

ECN Beleidsstudies heeft de opties opgesteld voor energiebesparing en reductie van CO₂-emissies voor de sectoren Energie, Industrie, Gebouwde Omgeving en Landbouw en een deel van de NO_x-opties. Daarnaast heeft ECN Beleidsstudies het analysemodel ontwikkeld waarmee vanuit een integrale benadering optiepakketten kunnen worden samengesteld, met inachtneming van de onderlinge beïnvloeding van opties. Tabel 1.2 geeft een overzicht van het aantal opties per sector en doelstof.

Tabel 1.2 *Overzicht van optiebeschrijvingen in het Optiedocument, naar sector en doelstof*

Thema	Doelstof	Energie bedrij- ven	Handel, diensten en overheid	Huishoudens	Industrie	Landbouw	Transport	Overig (w.o. raf- finaderijen)	Totaal	
Klimaat- verandering	CO ₂	28	9	12	24	5	13	5	96	
	Overige broei- kaskassen	CH ₄				5			5	
		N ₂ O				1	1		2	
		F-gassen				1			1	
Grootschalige luchtveront- reiniging	Verzuring	NO _x	1	3	2	4	3	12	1	26
		SO ₂	1			6		2	3	12
	Overige	NH ₃					7			7
		NMVOS		3	2	3		4		12
		Fijn stof		1	1	4	2	1	1	10
Totaal		30	16	17	43	23	32	10	171	

1.5 Leeswijzer

Deze rapportage beschrijft de achtergrond, methoden en algemene resultaten van de optiebeschrijvingen en het analysemodel. De optiebeschrijvingen zijn niet integraal in dit rapport opgenomen, maar kunnen op het internet worden gevonden via de volgende URL: <http://www.energy-use.info/optiedoc2005/>.

Hoofdstuk 2 schetst kort de ontwikkelingen volgens het GE-scenario uit de Referentieramingen, welke de achtergrond zijn voor de optiebeschrijvingen. Daaruit worden ook indicatieve doelen afgeleid op basis waarvan optiepakketten kunnen worden samengesteld. Hoofdstuk 3 gaat in op het verzamelen en presenteren van de informatie in de optiebeschrijvingen. In Hoofdstuk 4 wordt de opbouw en werking van het analysemodel beschreven. Hoofdstuk 5 toont enige resultaten in de vorm van overzichten en kostencurven per sector en per doelstof.

Deze rapportage heeft betrekking op de eerste versie van het Optiedocument (Versie 1.0). Het Optiedocument als geheel omvat naast deze rapportage ook de optiebeschrijvingen en het analysemodel. In de nabije toekomst kunnen hiermee analyses worden uitgevoerd op basis van specifieke beleidsvragen over emissiereductie en/of energiebesparing. Mogelijke aanpassingen in het nu gepresenteerde materiaal kunnen nodig zijn op basis van toenemende inzichten en nader onderzoek. Dergelijke aanpassingen kunnen in volgende versies worden vastgelegd, waarmee het Optiedocument het karakter zou kunnen krijgen van een 'levend document'.

2. Referentieramingen 2005-2020 en indicatieve doelen

2.1 Inleiding

Het Optiedocument beschrijft opties ten opzichte van de veronderstelde uitgangssituatie in 2020. Deze uitgangssituatie in 2020 is gebaseerd op het 'Global Economy'-scenario (GE) uit de Referentieramingen 2005-2020. Deze Referentieramingen zijn opgesteld door ECN en het MNP om voor de periode 2005-2020 een referentiep pad voor het beleid te creëren van waaruit de behoefte aan aanvullend beleid kan worden vastgesteld. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de uitgangspunten voor het GE-scenario, waarna de voor dit Optiedocument meest relevante uitkomsten worden weergegeven. Voor een volledige beschrijving van het GE-scenario wordt verwezen naar de desbetreffende publicatie (Van Dril en Elzenga, 2005).

Ten behoeve van een Potentieelverkenning op basis van de optiebeschrijvingen uit het Optiedocument zijn twee scenario-varianten van het GE-scenario ontwikkeld, teneinde de resultaten zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de huidige beleidscontext (Daniëls en Farla, 2006). In een geactualiseerde variant van het GE-scenario, GE^{act} genoemd, zijn recente ontwikkelingen ten aanzien van het duurzame energiebeleid meegenomen, resulterend in een lager vermogen wind op zee. In een tweede variant (GE^{ho}) is daarnaast een hogere olieprijs meegenomen. De in Hoofdstuk 5 gepresenteerde resultaten zullen eveneens worden gebaseerd op het GE^{act} scenario-variant.

Scenariovarianten lopen vooruit op WLO-studie met daarin nieuwe verkeerscijfers

De ontwikkelde scenariovarianten sluiten aan bij het GE-scenario en een hoge olieprijs variant hiervan die als onderdeel van toekomstverkenning *Welvaart en Leefomgeving* (WLO) zijn ontwikkeld. Omdat deze scenario's nog niet beschikbaar waren ten tijde van de analyses voor de Potentieelverkenningen, is er gewerkt met tussentijdse varianten. In deze varianten zijn niet de geactualiseerde ramingen voor de transportsector opgenomen, die wel als onderdeel van de WLO zullen uitkomen. De WLO-studie zal medio 2006 door de planbureaus CPB, RPB en MNP worden gepubliceerd.

2.2 Uitgangspunten 'Global Economy' uit de Referentieramingen

De Referentieramingen 2005-2020 zijn opgesteld in samenhang met diverse andere scenariostudies waarin de mondiale, Europese en nationale ontwikkelingen tot 2040 worden geschetst. De Europese economische groeiscenario's zijn beschreven in *Four Futures of Europe* (De Mooij en Tang, 2003). De daarvan afgeleide economische groeipaden voor Nederland zijn beschreven in *Vier Vergezichten op Nederland* (Huizinga en Smid, 2004). Een vertaling van de Europese groeiscenario's naar fysieke ontwikkelingen in het mondiale energiegebruik en de daarvan afgeleide ontwikkeling van emissies is beschreven in *Four Futures for Energy Markets and Climate Change* (Bollen et al., 2004). De Referentieramingen 2005-2020 geven de ontwikkelingen van energiegebruik en emissies in Nederland tot 2020 weer voor twee scenario's: het *Global Economy* (GE) scenario en het *Strong Europe* (SE) scenario. In 2006 zal deze serie van nieuwe scenariostudies worden afgesloten met de publicatie *Welvaart en Leefomgeving* (WLO), waarin de fysieke en ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland voor vier scenario's tot 2040 worden geschetst.

In het GE-scenario wordt een hoge groei van de bevolking en een hoge economische groei verondersteld. De gemiddelde economische groei is 2,7% per jaar over periode 2002-2020. De bevolking groeit, met een gemiddelde groei van 0,6% per jaar, tot 17,9 mln in 2020. Het aantal

huishoudens groeit, vanwege verdere ‘gezinsverdunding’, dubbel zo snel tot 8,6 mln in 2020. Tabel 2.1 geeft de kengetallen voor de economische groei van de verschillende sectoren.

Tabel 2.1 *Groei toegevoegde waarde hoofdsectoren in het Global Economy scenario*

[%/jaar]	Historie (1995-2002)	2002-2010	2010-2020
Industrie	1,6	2,0	2,3
Handel, diensten en overheid	3,6	2,9	3,1
Landbouw en visserij	0,2	1,5	1,3
Bouw	2,1	3,7	2,6
Totaal	2,9	2,7	2,8

2.3 Beleidsontwikkelingen in het Global Economy-scenario

In de Referentieramingen is beleid verondersteld dat begin 2005 reeds geïmplementeerd was of waarvan de invoering op dat moment al vaststond. Het veronderstelde beleid heeft invloed op de ontwikkelingen en emissies in GE, en daarmee op het totale emissiereductiepotentieel waarvoor opties worden beschreven. Daarnaast bepaalt het veronderstelde beleid voor een deel de kosten van energie en heeft het, via bijvoorbeeld heffingen en subsidies, invloed op de kosten van bepaalde opties voor de eindgebruikers. Onderstaand worden de belangrijkste beleidselementen uit de Referentieramingen weergegeven die invloed hebben op het potentieel en de kosten van de opties in het Optiedocument.

Europees systeem van CO₂-emissiehandel

Een belangrijk onderdeel van het beleid in de Referentieramingen is het Europese systeem van CO₂-emissiehandel, dat in 2005 is ingevoerd en geldt voor een groot deel van de industrie en de energiesector. De Referentieramingen gaat ervan uit dat het emissiehandelssysteem gedurende de gehele periode tot 2020 van kracht blijft en geleidelijk wordt geïntensiveerd. Deze intensivering komt tot uitdrukking in een CO₂-prijs (zie Tabel 2.2) die voor de opeenvolgende handelsperiodes steeds hoger wordt om van 2013 tot 2020 constant te blijven op 11 €/ton CO₂. In Tabel 2.2 is ook de invloed op de kosten van elektriciteit weergegeven, op basis van de doorberekening van de CO₂-prijs waarvan in de Referentieramingen is uitgegaan.

Tabel 2.2 *CO₂-prijs en effect op elektriciteitsprijs in het Global Economy scenario*

Periode	CO ₂ -prijs [€/ton CO ₂]	Prijsstijging elektriciteit als gevolg van emissiehandel [%]
2005-2007	2	1,5
2008-2012	7	5,1
2013-2020	11	10,8

Energiebelasting

De Regulerende energiebelasting (REB) en de Brandstoffen belasting (BSB) zijn opgegaan in de Energiebelasting (EB). In de Referentieramingen blijft de energiebelasting, naast het systeem van CO₂-emissiehandel, als belastingmaatregel gehandhaafd. De doorwerking van emissiehandel wordt niet gecompenseerd door verlaging van de Energiebelasting. Voor grootverbruikers van aardgas die buiten het emissiehandelssysteem vallen wordt de Energiebelasting verhoogd, zodanig dat zij geen kostenvoordeel hebben ten opzichte van de deelnemers aan emissiehandel.

EPBD, EPN en EPA

In de Referentieramingen wordt de Europese richtlijn Energieprestaties Gebouwen (EPBD) voor Nederland ingevuld via de instrumenten Energieprestatienormering (EPN) en Energieprestatie-

advies (EPA). De EPN wordt per 1 januari 2006 aangescherpt tot 0,8 waarna geen verdere aanscherpingen worden verondersteld.

Energie-investeringsaftrek (EIA)

De Energie-investeringsaftrek is een generiek subsidie-instrument voor bedrijven. In de Referentieramingen is verondersteld dat de EIA van kracht blijft. Bij investeringen in energiebesparing en in hernieuwbare energieopwekking kan tot 44% van de investeringen extra fiscaal worden afgeschreven; de effectieve subsidie op deze investeringen komt daarmee op (maximaal) 13-14%.

Milieukwaliteit elektriciteitsproductie (MEP)

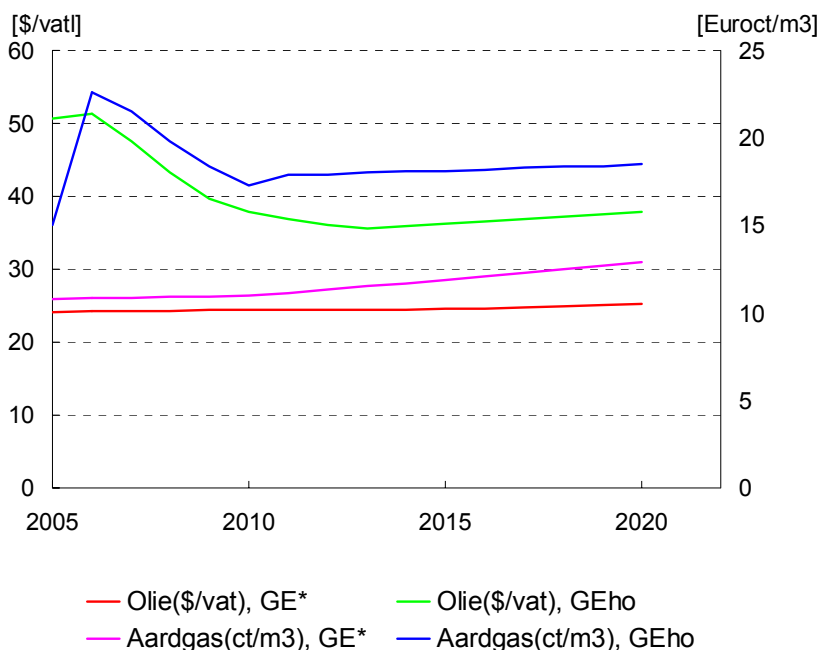
Subsidies op basis van de wet Milieukwaliteit elektriciteitsproductie (MEP) zijn bedoeld voor producenten van hernieuwbare/duurzame elektriciteit en elektriciteit uit warmtekrachtkoppeling (WKK). Voor elektriciteitsopwekking met hernieuwbare energiebronnen dekt de MEP de gemiddelde meerkosten ('onrendabele top') ten opzichte van gewone, 'grijze' stroom. In de Referentieramingen is verondersteld dat deze systematiek van MEP-subsidies voor het afdekken van de onrendabele top wordt gehandhaafd tot 2020.⁴

2.4 Energieprijsontwikkeling

De energieprijzen die gebruikt worden voor de doorrekening van de opties zijn afgeleid uit de Referentieramingen. Vanuit de ontwikkeling van de (wereld-)marktprijzen voor aardgas, olie en kolen zijn in de Referentieramingen de ontwikkelingen geschetst voor de aardgas- en elektriciteitsmarkt. Hieruit kunnen de eindgebruikersprijzen voor de verschillende energiedragers worden afgeleid. Deze eindgebruikersprijzen hangen voor iedere individuele afnemer ook af van het gebruiksprofiel en de afgesloten contracten. Voor het Optiedocument wordt uitgegaan van sectorspecifieke gemiddelde prijzen op basis van de gemiddelde gebruiksprofielen van afnemers in een sector.

De ontwikkeling van de commodity-prijzen voor aardgas en aardolie worden getoond in Figuur 2.1. Naast de relatief lage olie- en gasprijzen worden ook de prijzen getoond voor een variant van het GE-scenario met hogere olieprijs. In Bijlage F worden de effecten van hogere energieprijzen getoond.

⁴ Inmiddels is in 2005 het open-einde karakter van de MEP-regeling aangepast. Dit leidt onder andere tot een fase-ring van het vermogen wind op zee. In de eerder genoemde scenariovariant GE^{act} is rekening gehouden met deze beleidswijziging.



Figuur 2.1 *Ontwikkeling van de olie- en aardgasprijzen in de gebruikte scenario-varianten, GE* heeft betrekking op het GE uit de Referentieramingen en op GE actualisatie*

2.5 Ontwikkelingen energiegebruik en emissies in 'Global Economy'

Het gebruik van fossiele brandstoffen is de belangrijkste determinant voor de emissie van CO₂, NO_x en SO₂. Opvallende ontwikkelingen bij energieverbruik en -opwekking in de periode tot 2020 zijn een afnemend besparingstempo, de bouw van nieuw kolenvermogen, de groei van het WKK-vermogen (met name joint-ventures) en de groei van hernieuwbare elektriciteitsopwekking. Het verbruik van fossiele brandstoffen blijft stijgen, van 3180 PJ in 2002 naar 3867 PJ in 2020. De groei van het energiegebruik is met name hoog bij de industrie, het verkeer en de energiebedrijven.

Ontwikkeling broeikasgasemissies

Emissies van kooldioxide (CO₂) ontstaan vooral bij de verbranding van fossiele brandstoffen ten behoeve van warmte- of krachtopwekking. Daarnaast ontstaan er CO₂-emissies als gevolg van het niet-energetisch gebruik van fossiele brandstoffen en zijn er enige procesemissies van CO₂. De emissie van CO₂ stijgt in het GE-scenario van 176 Mton in 2002 tot 185 Mton in 2010 en 207 Mton in 2020. Een overzicht van de CO₂-emissie per sector wordt gegeven in Tabel 2.3.

De overige broeikasgassen (OBG) zijn lachgas (N₂O), methaan (CH₄) en de fluorhoudende gasen. Belangrijke bronnen van N₂O-emissies zijn denitrificering in graslanden, procesemissies uit de salpeterzuur- en caprolactamproductie en uitlaatgassen van auto's die met driewegkatalysatoren zijn uitgerust. De belangrijkste bronnen van methaanemissie zijn de veehouderij (pensvergisting bij vee en opslag van drijfmest), de stort van afval (stortgas) en de aardgaswinning en -distributie. De F-gassen omvatten een diverse groep van verbindingen met fluor (HFK's, PFK's, SF₆). De belangrijkste bronnen bevinden zich binnen de industrie. De emissies van F-gassen bestaan voor een belangrijk deel uit lek- en procesverliezen bij de productie (en gebruik) van deze verbindingen. Een overzicht van de emissies van broeikasgassen in GE wordt weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Overzicht van de broeikasgasemissies per sector in 2010 en 2020 volgens het GE-scenario*

[Mton CO ₂ -eq]	Emissies 2010			Emissies 2020		
	CO ₂	OBG	Totaal	CO ₂	OBG	Totaal
Landbouw	7,7	17,5	25,2	7,5	19,2	26,7
Industrie ^a	34,1	15,1	49,2	37,4	13,6	51,0
Transport ^b	39,7	0,5	40,2	47,4	0,7	48,1
Energie	75,5	0,3	75,8	87,8	0,2	88,0
Overig	28,3	1,6	29,9	27,3	1,6	28,9
Totaal	185,3	35,0	220,3	207,4	35,3	242,7

^a inclusief afvalverwerking.

^b inclusief visserij en defensie.

Grootschalige luchtverontreiniging

De emissies van stikstofoxiden (NO_x) zijn grotendeels energiegerelateerd. Ze zijn niet in de eerste plaats afhankelijk van de gebruikte brandstof, maar van de karakteristieken van het gebruikte verbrandingsproces en de extra voorzieningen die zijn genomen om de NO_x-uitstoot te reduceren. Voor grotere bronnen van NO_x geldt in Nederland een emissiehandelssysteem met een doelstelling gebaseerd op een relatieve norm. Voor verbrandingsprocessen is deze norm 40 g NO_x/GJ in 2010. Een deel van de emissies is gekarakteriseerd als procesemissies; hiervoor geldt per proces een specifieke norm. In de Referentieramingen zijn de normen vanaf 2010 constant gehouden. Doordat de NO_x-emissiehandel niet grensoverschrijdend is, moet de NO_x-doelstelling voor de handelende sectoren binnen Nederland gerealiseerd worden. De belangrijkste NO_x-bronnen die niet onder het handelssysteem vallen zijn de transportsector, kleine gasmotoren in de glastuinbouw en ruimteverwarming bij huishoudens en handel, diensten en overheid.

Emissies van zwaveldioxide (SO₂) zijn ook sterk energiegerelateerd. Deze emissies zijn afhankelijk van het zwavelgehalte van de gebruikte brandstof en de voorzieningen die zijn genomen om de geproduceerde SO₂ af te vangen. Dit laatste is alleen voor grote bronnen een optie, voor kleine, veelal mobiele, bronnen is alleen het verlagen van het zwavelgehalte van de brandstof haalbaar. Binnen de raming is uitgegaan van een verlaging van het zwavelgehalte in transportbrandstoffen.

Ammoniakemissies (NH₃) zijn vrijwel geheel afkomstig uit de veehouderij, en ontstaan vooral uit dierlijke mest. De emissies hangen samen met de ontwikkeling van het aantal dieren in de veehouderij, de stikstofexcretie (mestproductie) per dier, het type stallen en met de gebruikte emissiearme mestaanwendingstechnieken.

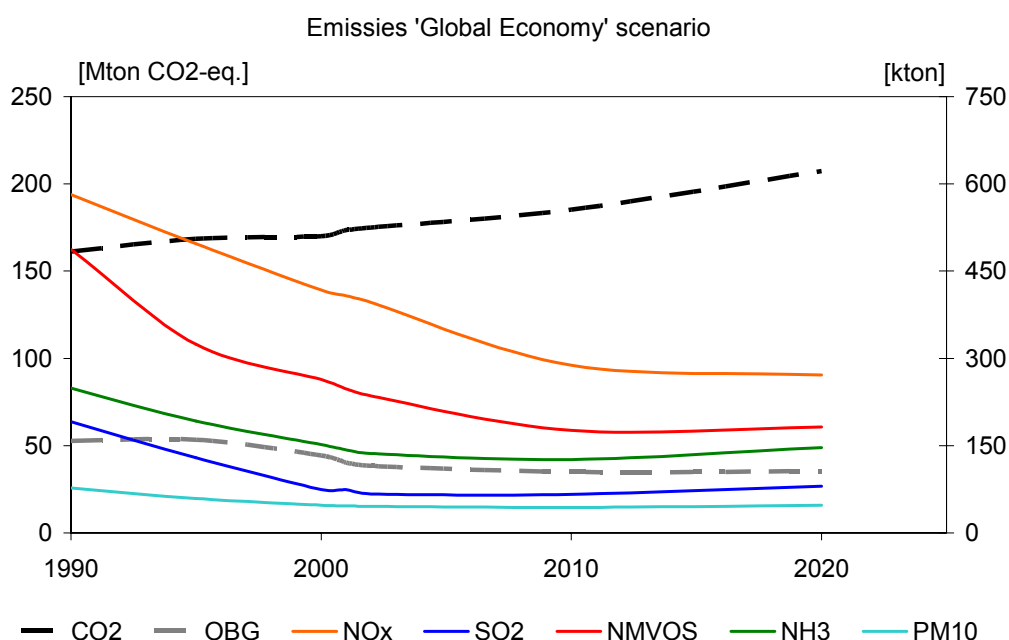
De vluchtige organische stoffen (excl. methaan) NMVOS komen bij alle sectoren vrij. De sectoren verkeer en industrie hebben het grootste aandeel in deze emissies. Bij de productie en opslag van koolwaterstoffen in industrie en raffinaderijen ontstaat NMVOS-emissie als procesemissie. Bij de sector verkeer veroorzaken vooral benzinevoertuigen NMVOS-emissies. Bij huishoudens, HDO, bouw en landbouw zijn NMVOS-houdende producten zoals verf, lijm en cosmetica de belangrijkste emissiebronnen.

Fijn stof is opgebouwd uit primair en secundair fijn stof. Primair fijn stof wordt rechtstreeks als stofdeeltjes in de lucht gebracht. Secundair stof wordt door omzettingsprocessen in de lucht gevormd uit precursors als zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. In de Referentieramingen worden de emissies van primair stof beschreven⁵. De emissies van fijn stof worden in de Refe-

⁵ Emissies van fijn stof zijn per definitie emissies van primair fijn stof. De vorming van secundair fijn stof heeft wel invloed op de fijn stof-concentraties, maar niet op de fijn stof-emissies.

rentieramingen uitgedrukt als PM₁₀. Op het gebied van emissies van kleinere deeltjes (PM_{2,5}) die mogelijk belangrijker zijn voor gezondheidsschade, bestaan nog diverse kennishiaten.

De ontwikkeling van de emissies in het GE-scenario worden weergegeven in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Ontwikkeling van de emissies in het Global Economy scenario

Tabel 2.4 Overzicht van de emissies per sector van NEC-stoffen en fijn stof in 2010 en 2020 (GE)

	Emissie 2010					Emissies 2020				
	NO _x	SO ₂	NH ₃	NM-VOS	PM ₁₀	NO _x	SO ₂	NH ₃	NM-VOS	PM ₁₀
Industrie, raffinaderijen, energie en afval	75	61	4	60	12	84	74	5	69	14
Landbouw	7	2	111	1	10	4	2	130	1	11
Huishoudens	12	2	8	33	9	10	2	8	38	10
HDO en bouw	9			27		6			32	
Transport	185	4	3	55	13	167	5	3	43	13
Totaal	288	66	126	176	44	279	83	147	182	47

2.6 Beleid in het Global Economy scenario en aanpassingen in GE^{act}

In het gebruikte basisscenario Global Economy wordt rekening gehouden met het beleid zoals dat begin 2005 was vastgesteld. Dit betekent dat ook in het basisscenario al (delen) van opties voor emissiereductie worden ingezet. De opties die in dit Optiedocument worden gepresenteerd kunnen boven op het beleid in het basisscenario worden toegepast. Een overzicht van het veronderstelde beleid in het scenario wordt o.a. gegeven in Hoofdstuk 10 van de Referentieramingen (Van Dril en Elzenga, 2005).

Ten behoeve van de studie naar het emissiereductiepotentieel broeikasgassen en energiebesparingsmogelijkheden tot 2020 (Daniëls en Farla, 2006) is het Global Economy-scenario geactualiseerd op het gebied van het stimuleringsbeleid voor hernieuwbare energie. Dit geactualiseerde scenario wordt aangeduid met GE^{act}. De optiebeschrijvingen (op internet, versie 1.0) en de resultaten in Hoofdstuk 5 zijn eveneens gebaseerd op het aangepaste GE^{act}-scenario. Om deze reden worden de belangrijkste verschillen tussen het GE-scenario uit de Referentieramingen en het GE^{act}-scenario onderstaand kort weergegeven.

Geactualiseerde achtergrondscenario GE^{act}

Het belangrijkste verschil met GE is dat de MEP-regeling haar open einde karakter verliest. Dit heeft twee belangrijke consequenties:

- Hernieuwbaar opwekkingsvermogen, en met name offshore windenergie wordt in een lager tempo geïmplementeerd dan eerder werd voorzien in de Referentieramingen. In 2020 staat er 2000 MW, in plaats van de in de ramingen voorziene 6000 MW.
- Omdat de elektriciteitsvraag gelijk blijft, moet vervangend opwekkingsvermogen de geringere groei van het windvermogen opvangen. Vanwege de opbouw van het Nederlandse opwekkingspark, met een relatief tekort aan goedkoop basislastvermogen, wordt deze vacature met name ingevuld met nieuw kolenvermogen.

Als gevolg hiervan nemen het primair verbruik en de emissies van met name CO₂, NO_x en SO₂ toe ten zichte van de berekende niveaus in de Referentieramingen. De emissies van GE^{act} liggen in 2020 circa 8 Mton hoger dan in het GE van de Referentieramingen (251 Mton i.p.v. 243 Mton CO₂-eq).

In (Daniëls en Farla, 2006) wordt ook een scenariovariant gepresenteerd met hogere olieprijs (GE^{ho}). In die variant leiden extra besparing, meer kolenvermogen en minder WKK per saldo tot een 3 Mton lagere broeikasgasemissie dan in GE^{act}.

Tabel 2.5 *Schematisch overzicht van een aantal belangrijke kentallen in de gebruikte variant en in het Global Economy-scenario uit de Referentieramingen*

	GE (RR)	GE ^{act}	GE ^{ho}
Gemiddelde economische groei 2002-2020	2,9%/jr	Idem	Idem
Offshore windenergie (vermogen in 2020)	6000 MW	2000 MW	2000 MW
Olieprijzen 2020 [\$ /vat]	25	25	38
Emissies 2020 [Mton CO ₂ -eq]	243	251	248

De toegenomen inzet van kolenvermogen in het GE^{act}-scenario leidt ook tot een toename van de emissies van SO₂ en NO_x. De emissie van SO₂ neemt in het zichtjaar 2020 met 3 kton toe, van 80 naar 83 kton. De emissie van NO_x neemt met 7 kton toe, van 272 naar 279 kton in 2020. De emissies van NMVOS, ammoniak en fijn stof blijven in GE^{act} gelijk aan de emissies in het GE-scenario.

3. Gegevens in de optiebeschrijvingen

3.1 Opzet factsheets/optiebeschrijvingen

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke informatie in de optiebeschrijvingen is opgenomen en wordt een toelichting gegeven bij de daarbij gebruikte methodieken en veronderstellingen. De opbouw van dit hoofdstuk volgt daarbij in grote lijnen de opbouw van de optiebeschrijvingen. Een voorbeeld van een optiebeschrijving is opgenomen als Bijlage A.

3.2 Doelstof, sectorindeling en categorieën

In dit Optiedocument wordt gerapporteerd over emissiereductiemogelijkheden van tien stoffen, te weten CO₂, de overige broeikasgassen conform het Kyoto-protocol van de UNFCCC, de NEC-stoffen en fijn stof (zie Tabel 1.1).

Voor de sectorindeling wordt in het Optiedocument aangesloten bij de sectorindeling in de Referentieramingen 2005-2020 en bij de indeling van streefwaarden-sectoren. De onderscheiden sectoren zijn weergegeven in onderstaande tabel. In een aantal gevallen worden extra deelsectoren onderscheiden omdat hiervoor de energieprijzen sterk afwijken van het sectorgemiddelde.

Tabel 3.1 *Sectorindeling Optiedocument*

Streefwaardesector	Sectoren Optiedocument	Deelsectoren Optiedocument
Landbouw	Landbouw	Glastuinbouw (Overige) landbouw
Industrie/energie	Industrie	Anorganische basischemie Kunstmestindustrie Petrochemie Basismetale aluminium Basismetale ferro (ijzer en staal) Bouw
	Energiebedrijven	Elektriciteitsopwekking Raffinaderijen Gasvoorziening
Gebouwde omgeving	Huishoudens Handel, diensten en overheid (HDO)	
Transport	Verkeer	

3.3 Emissiereductie en varianten/intensiteiten

De in het Optiedocument beschreven opties zijn bedoeld om emissies te reduceren; kern van de factsheets is dan ook de ‘nationale emissiereductie’. Hier wordt per optie aangegeven hoeveel emissiereductie er mogelijk is, voor de doelstof en voor de andere stoffen. In de optiebeschrijvingen is de doelstof aangegeven met een grijze arcering. De term ‘nationale emissiereductie’ wordt gebruikt om aan te geven dat het gaat om de reductie van emissies voor Nederland als totaal. Bepaalde opties hebben namelijk sectoroverschrijdende effecten, zoals bijvoorbeeld het installeren van een warmte-krachtinstallatie. In de optiebeschrijvingen wordt het saldo van toename en reductie van emissies voor het schaalniveau Nederland weergegeven.

In de optiebeschrijvingen is door middel van kolommen ruimte om per optie vier intensiteiten of varianten weer te geven. Oplopende varianten geven een toenemende emissiereductie tegen meestal oplopende (specifieke) kosten te zien. Vanwege de oplopende kosten en andere barrières zal het beleidsmatig realiseren van de emissiereductie uit variant 3 meestal lastiger zijn dan het realiseren van de emissiereductie uit variant 2. De varianten worden in de factsheets cumulatief weergegeven. Dat wil zeggen dat de emissiereductie onder variant 3 inclusief de emissiereducties onder de varianten 2 en 1 is. Emissiereducties van verschillende varianten van een optie mogen dus niet worden opgeteld.

3.4 Kosten en kosteneffectiviteit

Tegenover de jaarlijkse emissiereductie die met een bepaalde optie kan worden gerealiseerd, staan de jaarlijkse milieukosten van die optie. Op basis hiervan worden de ‘specifieke kosten’ of ‘kosteneffectiviteit’ van een optie berekend. De kosten zijn in het Optiedocument zoveel mogelijk vastgesteld conform de ‘Methodiek Milieukosten’ (VROM, 1994 en 1998).

Voor de kosten en kosteneffectiviteit worden in het Optiedocument twee benaderingen gebruikt: de nationale kosten en de eindgebruikerskosten. De nationale kosten geven de kosten weer voor ‘Nederland BV’; het is een grootheid die de kosten vanuit een macro-economisch perspectief benadert. In de eindgebruikerskosten wordt meer aangesloten bij de kosten die door de eindgebruikers (sectoren) worden ervaren indien zij een optie implementeren. In Hoofdstuk 4 wordt nader op het onderscheid tussen beide kostenbenaderingen ingegaan.

Jaarlijkse milieukosten

De jaarlijkse milieulasten die voor een bepaalde optie moeten worden gemaakt, worden afgeleid uit een aantal eenmalige en doorlopende kostenposten. De in de optiebeschrijvingen opgenomen kosten bestaan uit de *investerings- of kapitaalskosten* en de *operationele kosten en baten*. Daarnaast zijn er, als er een bepaald beleidsinstrument is verondersteld, beleidsgerelateerde kosten. Deze omvatten de *uitvoeringskosten* voor de overheid en daarnaast allerlei vormen van *overdrachten* (subsidies, heffingen). De verschillende kostenposten worden in Figuur 3.1 schematisch weergegeven. Onderstaand worden de in de optiebeschrijvingen onderscheiden kostensoorten kort besproken.

Investerings en kapitaalskosten

In de optiebeschrijvingen wordt een onderscheid gemaakt tussen *bouwtechnische* investeringen en *elektromechanische* investeringen. Het verschil bestaat uit de afschrijvingstermijn die wordt toegepast voor beide delen van de investeringen. Voor het bouwkundig deel van de investeringen wordt een afschrijvingstermijn van 25 jaar aangehouden; voor het elektromechanische deel van de investeringen wordt een afschrijvingstermijn van 10 jaar gehanteerd.

Voor de investeringskosten van een optie wordt uitgegaan van de aanschafprijs van benodigde apparaten en gebouwen en eventuele bijkomende kosten. Bijkomende kosten zijn kosten die gemaakt moeten worden om de optie gebouwd en operationeel te maken. Voorbeelden van bijkomende kosten zijn voorbereidingskosten, installatiekosten, opstartkosten en bouwrente. Ook eventuele reserveringen voor (verplichte) afbraak van een voorziening na de levensduur (kerncentrales, offshore windturbines) worden tot de bijkomende kosten gerekend.

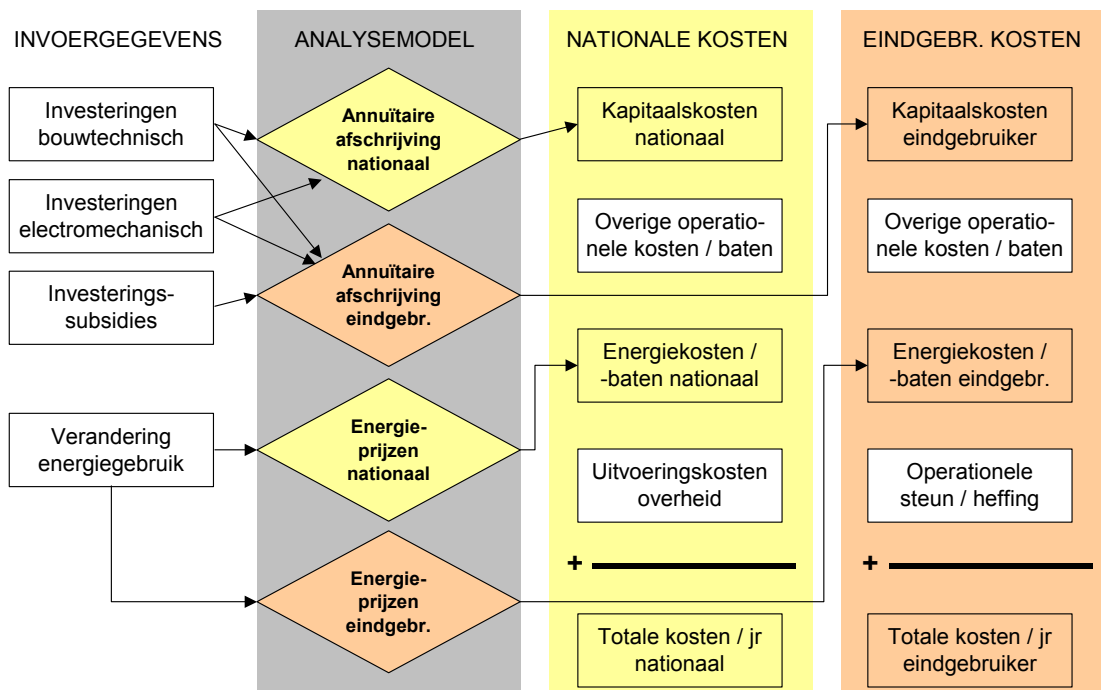
Als de investeringen voor een optie alleen worden gedaan ten behoeve van een milieudoel, dan worden de investeringskosten voor 100% meegenomen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij zogenaamde ‘nageschakelde voorzieningen’⁶. Bij procesgeïntegreerde opties worden alleen de meerinvesteringen opgenomen in de optiebeschrijving. Het gaat dan alleen om de meerkosten die moeten worden gemaakt om bijvoorbeeld een schonere productie-installatie te installeren ten

⁶ Ook wel bekend onder de term ‘end-of-pipe’ maatregelen.

opzichte van de investeringskosten die voor het reguliere productieproces moeten worden gemaakt. Indien een optie de ‘referentietechniek’ in het achtergrondscenario verdringt, worden de meerkosten ten opzichte van die referentie als investeringen opgenomen. Een voorbeeld hiervan is de optie *Luchtwassers varkens- en pluimveestallen*. In deze optie worden gecombineerde luchtwassers geïnstalleerd om ammoniak- en fijn stof-emissies te reduceren. Door deze techniek is het niet nodig dat (nieuwe) stallen als emissiearme stal worden gebouwd, wat in het achtergrondscenario GE wel als standaardtechniek was verondersteld.⁷ In de optiebeschrijving worden daarom de investeringen voor de luchtwassers verminderd met de uitgespaarde bouwkosten omdat deze stallen niet emissiearm hoeven te worden uitgevoerd.

Bij bepaalde opties is het bekend dat de toekomstige investeringskosten als gevolg van schaalvoordelen en leereffecten zullen afnemen. Met name voor de schatting van investeringskosten voor 2020 kan een dergelijk effect van belang zijn. Voor opties waar dergelijke schaal- en leereffecten een grote en bekende rol spelen, is hiermee in de optiebeschrijvingen rekening gehouden. Voorbeelden hiervan zijn windenergie en zonne-energie.

De investeringskosten worden via een annuïtaire afschrijvingsmethode vertaald naar jaarlijkse lasten op basis van de afschrijvingstermijn (10 of 25 jaar) en een disconteringsvoet die per sector kan variëren. Een overzicht van de gehanteerde disconteringsvoeten per sector is weergegeven in Tabel 4.6. Voor de nationale kostenbenadering wordt geen onderscheid naar sector gemaakt. In dat geval wordt een disconteringsvoet van 4% gebruikt voor het afschrijven van alle investeringskosten.



Figuur 3.1 Schematisch overzicht van de componenten van de jaarlijkse milieukosten met de invoergegevens uit de optiebeschrijvingen (wit) en de specifieke onderdelen van de milieukosten volgens de nationale kosten- en eindgebruikerbenadering

Energiekosten of -baten

Bij het maken van de optiebeschrijvingen zijn de extra te maken of uitgespaarde energiekosten niet direct ingevuld, maar is (in fysieke termen; PJ) opgegeven wat de veranderingen in het

⁷ In het achtergrondscenario worden alle stallen emissiearm uitgevoerd conform de AmvB huisvesting, met de goedkoopste daarvoor beschikbare technieken. De kosten hiervoor kunnen (deels) worden uitgespaard indien een luchtwasser wordt geïnstalleerd conform de optiebeschrijving ‘Luchtwassers varkens- en pluimveestallen’.

energiegebruik zijn, gespecificeerd naar de onderscheiden energiedragers. Met de prijzen van de verschillende energiedragers kunnen vervolgens de energiekosten of -baten worden berekend. Dit gebeurt met behulp van het analysemodel.⁸

De energieprijzen zijn afhankelijk van het gehanteerde achtergrondscenario. Voor met name de elektriciteitsprijzen geldt daarnaast dat deze ook kunnen veranderen door het inzetten van opties. Zo worden de opwekkingskosten en daarmee de elektriciteitsprijzen voor eindgebruikers hoger indien er bijvoorbeeld een groter aandeel elektriciteit met een relatief dure techniek zoals windenergie wordt opgewekt. Als in een optiepakket een optie wordt ingezet waardoor de elektriciteitsprijs verandert, heeft dat dus invloed op de energiekosten of -baten van de andere opties in het pakket. Het analysemodel zorgt dat dergelijke effecten op de juiste wijze in de (energie-)kosten van opties worden doorgerekend.

De energiekosten of -baten die in de optiebeschrijvingen zijn opgenomen, zijn dus afkomstig uit het analysemodel. Deze kosten zijn berekend op basis van de prijzen van energiedragers die horen bij een specifiek achtergrondscenario waarvoor de opties zijn ingezet.

Overige operationele kosten/baten

De overige operationele kosten of baten zijn het saldo van alle lopende kosten die in verband met de optie moeten worden gemaakt, exclusief de energiekosten die in het Optiedocument los worden behandeld. Het gaat bijvoorbeeld om kosten voor extra benodigde grond- of hulpstoffen, extra personeelskosten, bijvoorbeeld voor onderhoud en bediening en evt. overheadkosten. Het kan echter ook om baten gaan, bijvoorbeeld als door een optie minder personeel nodig is, of indien een optie bijvoorbeeld leidt tot minder afval- of reinigingskosten of een hogere product-opbrengst.

Milieubaten in de zin van minder milieuaantasting maken geen deel uit van de milieukostenmethodiek, en zijn dus ook niet in de optiebeschrijvingen opgenomen. Ook kosten of opbrengsten onder emissiehandelssystemen (zoals momenteel bestaan voor CO₂ en NO_x) maken geen deel uit van de milieukosten.

Overdrachten

Onder overdrachten worden alle subsidies, heffingen en fiscale steunconstructies beschouwd. In de optiebeschrijvingen wordt een onderscheid gemaakt tussen *investeringsubsidies* en *operationele steun/heffing*. Overdrachten vinden in twee richtingen plaats: van de overheid naar de maatschappij en omgekeerd. Er is altijd sprake van een ontvangende en betalende partij.

Nationaal gezien spelen overdrachten geen rol omdat er geen milieugerelateerde overdrachten aan het buitenland plaatsvinden. De getallen voor overdrachten in de factsheets worden dus alleen meegenomen voor berekeningen van de milieukosten volgens de eindgebruikerbenadering. Ook de toename of het verlies aan overheidsinkomsten, bijvoorbeeld als gevolg van veranderingen in motorrijtuigenbelastingen of accijnsinkomsten, wordt dus niet in de Nationale kosten meegenomen.

Op basis van specifieke regelingen die in het achtergrondscenario een rol spelen worden in de optiebeschrijvingen overdrachten gespecificeerd. Het gaat met name om de wet Milieukwaliteit elektriciteitsproductie (MEP) en de Energie-investeringsaftrek (EIA). Voor opties waarbij elektriciteit wordt opgewekt uit hernieuwbare bronnen wordt per aan het net teruggeleverde kilowattuur een subsidiebedrag als operationele steun in de optiebeschrijvingen opgenomen. Voor

⁸ De opgegeven effecten in de factsheets bij het kopje 'Nationaal effect energiegebruik' geeft het netto nationale effect weer voor de veranderingen in energiegebruik. Dit netto effect bestaat uit de opgegeven veranderingen in energiegebruik in de betreffende sector met daarbij opgeteld -indien het gaat om opties die leiden tot een verandering in elektriciteitsverbruik- de effecten in de nationale elektriciteitsopwekking. In een aantal gevallen wordt ook de warmteproductie op deze manier behandeld.

elektriciteit opgewekt met behulp van warmte-krachtkoppeling wordt MEP-subsidie gebaseerd op de CO₂-emissiereductie.

De Energie-investeringsaftrek is een generiek subsidie-instrument voor bedrijven. Verondersteld is in de Referentieramingen dat de EIA van kracht blijft, zodat 44% van de investeringskosten voor energiebesparing en duurzame energie-opwekking extra fiscaal kan worden afgeschreven boven de normale afschrijving. De effectieve subsidie op deze investeringen wordt daarmee 13-14%, voor bedrijven die voldoende winst maken om deze bedragen fiscaal te verrekenen. De effectieve subsidie van de EIA wordt in de optiebeschrijvingen onder investerings-subsidies opgegeven.

Uitvoeringskosten overheid

De uitvoeringskosten voor de overheid is een bijzondere kostenpost. Deze kosten spelen geen rol in de eindgebruikersbenadering van milieukosten. In de nationale kosten kunnen de uitvoeringskosten wel worden meegenomen. Het gaat om kosten voor bijvoorbeeld het opzetten van subsidieprogramma's waarbinnen subsidieaanvragen worden beoordeeld (niet de subsidies zelf), kosten voor communicatie of handhavingskosten.

Uitvoeringskosten voor de overheid kunnen alleen worden ingeschat indien er een duidelijk idee bestaat van de (benodigde) instrumentering om een bepaalde optie te stimuleren. Deels is deze informatie aanwezig omdat bekend is welke beleidsinstrumenten in het achtergrondscenario worden verondersteld. Daarbuiten is deze kostenpost echter voor slechts weinig opties ingeschat.

Overige kostenaspecten

In de milieukostenmethodiek wordt geen rekening gehouden met 2^e orde-effecten van milieu-maatregelen. Economische gevolgen zoals veranderingen in afzet en verschuivingen in bestedingen worden dus niet in de optiebeschrijvingen en analyses meegenomen.

Ook milieuschade en -baten door de opties wordt niet in de milieukostenmethodiek (en optiebeschrijvingen) meegenomen. Wel wordt rekening gehouden met direct kwantificeerbare besparingen ten gevolge van de getroffen milieumaatregel, zoals (de eerder beschreven) verminderde energiekosten of een verminderd grondstoffengebruik. De positieve effecten op bijvoorbeeld verzuring of luchtkwaliteit worden echter niet in financiële zin in de optiebeschrijvingen opgenomen.

Daarnaast blijven ook aspecten buiten beschouwing die niet of moeilijk in kosten zijn uit te drukken. Men kan daarbij denken aan aspecten zoals bijv. hinder door windturbines, mogelijke vermindering van biodiversiteit bij import van biomassa, de verdere uitputting van fossiele energievoorraden bij CO₂-opslag, de opslag van radioactief afval⁹ over duizenden jaren en risico's van ongevallen bij kerncentrales.¹⁰ Consequenties voor de voorzieningszekerheid en leveringszekerheid op het gebied van energie zijn ook niet in de cijfers meegenomen.

De aldus berekende kosten van optiepakketten zijn geen rijksuitgaven. De nationale kosten geven alleen de kosten voor Nederland als geheel aan, en zeggen niets over hoe deze kosten verdeeld worden over de overheid en verschillende sectoren. Bij de eindverbruikerskosten geldt een extra voorbehoud omdat de instrumentering in de meeste gevallen niet bekend is. Als het beleid niet uitgewerkt is, geven de berekende eindgebruikerskosten alleen aan hoe de kosten voor de eindgebruiker uitvallen bij het huidige beleid. Als een bepaalde optie nog niet onder het

⁹ De kosten van opslag van radioactief afval wordt in de optiebeschrijving 'Bouw nieuwe kerncentrales' meegenomen voor de eerste 100 jaar in een opslagfaciliteit zoals van de COVRA in Borssele.

¹⁰ Wel zijn de kosten meegenomen van verzekeringspremies die exploitanten van kerncentrales betalen voor de dekking van dergelijke risico's.

huidige beleid valt, worden de kosten dus berekend voor de situatie dat de eindgebruiker alle extra kosten voor zijn rekening neemt.

Afwijkende benadering verkeersopties

Een groot aantal verkeersopties in dit Optiedocument is rechtstreeks overgenomen uit het 'Optiedocument Verkeersemissies' (Van den Brink et al., 2004). Voor de overgenomen opties is een afwijkende kostenbenadering gevolgd. De verschillen met de bovenstaand beschreven milieu-kostenmethodiek wordt in Bijlage C beschreven.

Kosten van krimp

Een deel van de opties beschrijft de kosten en effecten van krimp: het minder hard groeien of verminderen van de activiteiten van een sector. De kosten van krimp zijn moeilijk vast te stellen, nationaal gezien hangt dit af van wat verondersteld wordt over wat met de vrijvallende productiefactoren wordt gedaan. Voor het Optiedocument is er impliciet van uit gegaan dat de productiefactoren (voorlopig) niet benut worden, en is het verlies van toegevoegde waarde gecorrigeerd voor energiebatende grondslag voor de kosten.

3.5 Haalbaarheid

Onder het kopje 'haalbaarheid' geven de optiebeschrijvingen kwalitatieve informatie over de verschillende aspecten die ertoe leiden dat een bepaalde optie meer of minder voor de hand zal liggen om op te nemen in beleidspakketten voor emissiereductie. De gebruiker van het analysemodel kan deze haalbaarheidsaspecten alleen meenemen bij het samenstellen van optiepakketten door maatregelen uit te sluiten of te beperken. Onderstaand volgt een korte omschrijving van de opgenomen aspecten/categorieën.

Instrumentering

Onder 'instrumentering' worden beleidsinstrumenten genoemd waarmee kan worden bewerkstelligd of bevorderd dat de maatregel door de doelgroep/sector wordt geïmplementeerd. In grote lijnen kan worden gekozen uit: belastingen (accijns, heffingen), subsidies en fiscale (subsidie) regelingen, regulering (wetgeving, AMvB's), convenanten en bijvoorbeeld emissiehandel. Als er meerdere instrumenten mogelijk zijn, wordt hier ook aangegeven op welke instrumentatie de schatting van de overheidskosten zijn gebaseerd (indien opgegeven).

Samenhang met bestaand beleid

Onder 'samenhang met bestaand beleid' wordt per optie aangegeven wat de aansluiting is op bestaande of te verwachten nationale of Europese wetten, richtlijnen en instrumenten. Ook beleidsmaatregelen op Europees niveau die een voorwaarde zijn om instrumentering op nationale schaal mogelijk te maken, worden hier genoemd. Indien relevant wordt ook aangegeven dat een optie nu niet mogelijk is vanwege bestaand (conflicterend) nationaal of EU-beleid.

Maatschappelijk draagvlak

Onder 'maatschappelijk draagvlak' wordt -indien bekend- een beschrijving gegeven van het maatschappelijk c.q. politiek draagvlak voor een maatregel (hoog, middel, laag, onbekend). Relevant zijn daarbij percepties van parlement, non-gouvernementele organisaties (NGO's) en consumentenorganisaties.

Draagvlak bij doelgroep

Onder 'draagvlak bij doelgroep' wordt het draagvlak beschreven bij de sector die een maatregel moet implementeren (hoog, middel, laag, onbekend). Er wordt, indien relevant, aangegeven hoe het draagvlak bij de doelgroep hoger kan worden gemaakt door compenserende maatregelen. Het draagvlak kan hierbij gekoppeld zijn aan de verschillende (beleids)intensiteiten.

Barrières/randvoorwaarden

Technische of organisatorische barrières die moeten worden overwonnen om de optie te kunnen implementeren.

3.6 Transitie-aspecten

Vanwege de lange zichttijd van het Optiedocument (tot 2020) bestaat de wens om aan te sluiten bij het transitiebeleid. Hiertoe wordt per optie een beoordeling gemaakt over de inpasbaarheid van die optie in de diverse transitiesporen. De opties worden -middels een gestructureerde expert-judgement- gescoord op vier aspecten die onderstaand worden beschreven. Deze beoordeling is overigens nog in ontwikkeling, en is nog niet bij alle opties toegepast.

Ontwikkelingspotentieel

Bij ‘ontwikkelingspotentieel’ van een optie wordt bedoeld op de mogelijkheid om met een bepaalde optie (en de bijbehorende omgeving) de gewenste lange-termijn emissiereducties te realiseren. Dit criterium heeft een relatie met de vraag of een optie een totale of een relatieve ont koppeling mogelijk maakt. Voorbeeld: door een gasgestookte CV-ketel zuiniger te maken (optie) wordt energie bespaard, maar het is maar de vraag of met gasgestookte CV-ketels in alle Nederlandse huishoudens de gewenste lange-termijn CO₂-emissiereducties kunnen worden bereikt. Voor ‘ontwikkelingspotentieel’ worden de oordelen ‘groot’, ‘middelmatic’ of ‘klein’ gebruikt.

Robuustheid

Met ‘robustheid’ van een optie wordt bedoeld op de plaats die een optie inneemt ten opzichte van andere onderdelen van het systeem. De vragen daarbij zijn of een optie slechts past in één systeem of dat een optie zich kan aanpassen aan veranderingen in het systeem. Niet robuuste opties brengen meer gevaar van lock-in/lock-out met zich mee dan robuuste opties. Voorbeeld: een gasgestookte CV-ketel past slechts in een systeem met aardgas als energiedrager. De warmtepomp zou als meer robuuste optie voor huishoudelijke verwarming kunnen worden aange merkt omdat deze kan werken op elektriciteit in een systeem dat (voornamelijk) is gebaseerd op a) kernenergie; b) hernieuwbare energie; of c) schoon-fossiele energie. Voor ‘robustheid’ wordt eveneens een onderscheid gemaakt naar ‘groot’, ‘middelmatic’ of ‘klein’.

Rijpheid techniek

Bij ‘rijpheid techniek’ wordt bedoeld op de mate van zekerheid waarmee een optie of technologie zich kan ontwikkelen. Het gaat daarbij om nog benodigde cruciale doorbraken voordat een technologie kan worden geïmplementeerd en om de (verwachting over) mogelijke kostenreducties. Voor de beoordeling van ‘Rijpheid techniek’ van een optie wordt gekozen uit drie uitspraken, te weten: 1) Deze optie is nog niet (op commerciële schaal) beschikbaar en moet nog verdere ontwikkeling doormaken; 2) Deze optie is beschikbaar, maar kan nog een verdere ontwikkeling doormaken; 3) Deze optie is in grote mate uitontwikkeld.

Innovatieve werking

Met ‘innovatieve werking’ wordt bedoeld op de impulsen die een bepaalde optie genereert die kunnen leiden tot verandering van het systeem of evt. veranderingen in andere domeinen (zoals veranderingen in het sociale domein). Technologische opties die naadloos passen in het bestaande systeem hebben daarbij enerzijds het voordeel dat implementatie relatief minder ingrijpend is, maar als nadeel dat bestaande structuren verder worden bestendigd waardoor (via lock-out) vernieuwingen mogelijk worden tegengehouden. Voor ‘innovatieve werking’ wordt een onderscheid gemaakt naar ‘weinig’, ‘enige’ of een ‘grote innovatieve werking’.

Naast de bovenvermelde beoordeling in de optiebeschrijvingen is ook gekeken in welke mate de opgestelde optiebeschrijvingen overeenstemmen met de technieken waarvoor in het transitiebe-

leid aandacht is. Het blijkt dat de meeste transitie-technieken ook in dit Optiedocument een plaats hebben gekregen. Zie voor een overzicht hiervan Bijlage B.

3.7 Onzekerheden optiebeschrijvingen

In dit Optiedocument en het bijbehorende analysemodel spelen onzekerheden op diverse plaatsen een rol. Het gaat om onzekerheden in het achtergrondscenario, onzekerheden in de optiebeschrijvingen en onzekerheden in het analysemodel en de analyseresultaten. Deze laatste bron van onzekerheid wordt behandeld in Paragraaf 4.9.

Onzekerheid achtergrondscenario

Een belangrijke onzekerheid in het geheel is de ‘onzekerheid’ in het achtergrondscenario. De optiebeschrijvingen zijn opgesteld tegen de achtergrond van het Global Economy scenario uit de Referentieramingen (zie Hoofdstuk 2). Dit betekent dat de gegenereerde uitkomsten ook moeten worden beschouwd tegen deze achtergrond. Omdat het GE-scenario een relatief hoge economische groei kent, groeien met name de broeikasgasemissies in dat scenario ook in een hoog tempo. Ten opzichte van indicatieve doelstellingen voor 2020 moeten er daarom grote emissiereducties plaatsvinden. Het relatief hoge niveau van emissies in het GE-scenario maakt dus dat een eventueel ‘beleidsgat’ ook relatief groot is. Hier staat overigens tegenover dat de effecten van opties ten opzichte van dit scenario ook relatief groot zijn. Zo hebben bijvoorbeeld opties om elektriciteit te besparen bij huishoudens een relatief groot effect vanwege het grote aantal huishoudens en vanwege het relatief hoge elektriciteitsgebruik per huishouden. Een dergelijk mechanisme geldt voor vele andere sectoren en de daarvoor opgestelde opties.

Alleen door middel van het uitvoeren van analyses tegen meer dan één achtergrondscenario kan de onzekerheid die voortkomt uit de keuze voor één achtergrondscenario worden verkend. Vanwege de grote hoeveelheid extra werk die daarmee gemoeid is, is niet gekozen voor het beschrijven van de opties voor meer dan één achtergrondscenario. Het gevolg hiervan is dat voor alle resultaten helder moet worden gecommuniceerd dat deze samenhangen met de gekozen achtergrond.

Onzekerheden in de optiebeschrijvingen

In de beschrijvingen van de opties worden vier typen onzekerheden onderkend:

1. Technische onzekerheden: welke reductie van emissies kan worden gerealiseerd bij een bepaalde penetratie/marktomvang van een optie?
2. Financiële onzekerheden: onzekerheden in de kostendata.
3. Onzekerheid omtrent de realiseerbaarheid/potentieelbenutting van de opties.
4. Interactie met andere opties en onzekerheid over inpasbaarheid.

Technische onzekerheid

In de optiebeschrijvingen wordt een inschatting gegeven van de emissiereductie bij een bepaalde penetratie/marktomvang van een maatregel. In deze inschattingen zit een onzekerheid omtrent de technische werking of effectiviteit van een optie. Zo is er bijvoorbeeld een onzekerheid in het percentage emissiereductie dat in de praktijk met een filter kan worden gerealiseerd. Ook de toepasbaarheid van een specifieke optie voor een veelheid aan woningen, bedrijven of kantoren vraagt om een inschatting van de inpassingsmogelijkheden en te verwachten emissiereductierendementen.

In veel optiebeschrijvingen wordt de technische onzekerheid van de optie kwalitatief aangegeven. Het gebruik van het analysemodel laat echter niet toe dat deze onzekerheden worden weergegeven door middel van bijvoorbeeld een bandbreedte bij de opgegeven emissiereducties. De gebruiker moet zich er echter steeds van bewust zijn dat een dergelijke onzekerheidsmarge rond de opgegeven emissiereducties natuurlijk wel bestaat.

Financiële onzekerheid

De onzekerheden in de kosten zijn meervoudig. Naast de onzekerheden in de investeringskosten en in de operationele kosten en baten, kan er onzekerheid bestaan over de aard van de investering (bouwtechnisch of elektro-mechanisch), wat van invloed is op de berekende kosteneffectiviteit van een optie. Ook zijn bepaalde operationele kosten en baten, zoals bijvoorbeeld kwaliteitsverhoging van het product of afname van de productiecapaciteit moeilijk in kosten uit te drukken. Tenslotte is een inschatting van mogelijke kostenreductie van opties op de langere termijn inherent onzeker.

Een belangrijke bijdrage aan de financiële onzekerheid wordt gevormd door de energieprijzen. Bij veel opties vormen veranderingen in energiegebruik via de energieprijzen een belangrijk onderdeel van de totale kosten en baten. Veranderingen in de energieprijzen (bijvoorbeeld hoge olieprijsen) leiden daarmee tot wijzigingen in de berekende kosteneffectiviteit van dergelijke opties. De gepresenteerde optiebeschrijvingen zijn gebaseerd op de relatief lage olieprijsontwikkeling zoals verondersteld in de Referentieramingen.

De onzekerheden in de kostendata, samen met de eerder behandelde onzekerheden in de effecten, leiden samen tot een onzekerheid van de berekende kosteneffectiviteit van een optie. Het lijkt erop dat deze onzekerheid voor de resulterende kostencurves van relatief geringe invloed is; opties kunnen dan enigszins met elkaar van plaats (volgorde) verwisselen, maar het totale beeld van de kostencurves lijkt vrij robuust. Deze onzekerheid in de kosten-effectiviteiten van de opties kan wel een grote invloed hebben op de totale kosten van optiepakketten die voor een bepaalde doelstelling worden samengesteld.

Onzekerheid potentieelbenutting

Er bestaan onzekerheden omtrent de realiseerbaarheid c.q. mogelijkheid tot potentieelbenutting van een optie. Deze onzekerheid hangt samen met wat voor beleid voor mogelijk wordt gehouden en met de moeilijke voorspelbaarheid van het gedrag van actoren. Enerzijds gaat het om de mate waarin actoren de optie implementeren, anderzijds om het tempo waarin wordt gereageerd op beleidsdruk. Daarbij spelen vele op voorhand onbekende factoren mee zoals bijvoorbeeld de perceptie bij actoren van de voor- en nadelen van een bepaalde optie.

De opties zijn zodanig vormgegeven dat ze, elk afzonderlijk bekeken, in principe instrumenteerbaar zijn. Dat betekent dat er voor elke optie beleid denkbaar is waarmee (bijna) 100% realisatie van die optie bereikt kan worden, mits dit beleid tijdig ingezet wordt. Dat wil niet altijd zeggen dat het daarvoor vereiste beleid goed denkbaar is vanuit de huidige beleidssituatie. Ook zal het makkelijker zijn om tijdig en effectief beleid te ontwikkelen voor één afzonderlijke optie dan voor het tijdig implementeren van een omvangrijk beleidspakket waarmee het potentieel uit de optiepakketten voor 100% gerealiseerd kan worden. In de praktijk zal daarom bij een optiepakket dat gebaseerd is op technische potentiëlen een deel van dit potentieel niet gerealiseerd kunnen worden.

In (Daniëls en Farla, 2006) wordt beschreven dat optiepakketten, die op basis van kostenminimalisatie worden samengesteld, waarschijnlijk niet volledig kunnen worden gerealiseerd. De optiebeschrijvingen geven, indien bekend, mogelijkheden voor instrumentering, maar de potentiëlen zijn voor het merendeel van de opties niet rechtstreeks gekoppeld aan bepaalde instrumenten.

Interactie met andere opties en onzekerheid over inpasbaarheid

In de optiebeschrijvingen wordt weergegeven met welke andere opties een overlap, wisselwerking of uitsluiting bestaat. Deze onderlinge beïnvloeding dient ook in het analysemodel, in de vorm van rekenregels, te worden ingebracht. Hierop wordt nader ingegaan in de Paragraaf 4.6. Het werken met rekenregels en de mate waarin daarmee de werkelijke interactie tussen opties wordt benaderd, is een bron van onzekerheid.

De optiebeschrijvingen kunnen vaak onvoldoende ingaan op de inpasbaarheid in bestaande productie- of opwekkingscapaciteit. Dit speelt vooral een rol als de toepassing van een grootschalige maatregel afhankelijk is van de ruimte die vrijkomt door afdanking van bestaande capaciteit. De mogelijkheden voor toepassing van een optie en de kosten van introductie ervan kunnen sterk afhangen van de levenscyclus van de bestaande capaciteit, maar meestal ontbreken de gegevens om de consequenties voor met name de kosten goed op te nemen.

3.8 Kennishiaten

Tijdens het selecteren en beschrijven van de opties zijn enkele hiaten in de kennis aan het licht gekomen. Binnen de doorlooptijd van het project was het niet mogelijk om deze kennishiaten afdoende aan te vullen. De kennishiaten hebben vooral betrekking op de reductiemaatregelen voor fijn stof, het energiegebruik van bepaalde opties voor de NEC-stoffen en de kosten van een beperkt aantal opties.

Fijn stof

Over de emissies en emissiebronnen van fijn stof bestaan nog diverse onzekerheden. Uit de verschillende studies waarin opties voor fijn stof-emissiereductie in beeld zijn gebracht, wordt duidelijk dat ook grote onzekerheden bestaan over de kosten van deze maatregelen.

Specifiek voor PM_{2,5} is de kennislacune groter. Deze zeer fijne fractie van de fijn stofemissies wordt in toenemende mate gecorreleerd met de gezondheidseffecten van fijn stof. PM_{2,5} wordt daarmee langzaam maar zeker relevanter voor het beleid dan PM₁₀. Omdat de kennisopbouw voor PM_{2,5} nog relatief pril is, zijn de onzekerheden en kennislacunes relatief groot. Om deze reden is ervoor gekozen om in dit rapport geen specifieke aandacht te besteden aan emissiereductie van PM_{2,5}. Waar de bijdrage van opties aan de reductie van PM_{2,5}-emissies wel bekend is, is deze informatie wel opgenomen in de factsheets.

Energiegebruik reductiemaatregelen NEC-stoffen en fijn stof

Bij een aantal reductiemaatregelen voor de NEC-stoffen en fijn stof is wel bekend dat de optie leidt tot een (geringe) toename van het energiegebruik, maar is niet precies bekend hoeveel extra energiegebruik op zal treden bij het implementeren van deze opties. Dit leidt tot een kleine extra onzekerheid in de samenstelling van optiepakketten. Bij de opties waar dit speelt, wordt in de optiebeschrijvingen wel kwalitatief aangegeven dat sprake is van veranderingen in het energiegebruik.

Kosten van enkele maatregelen onbekend

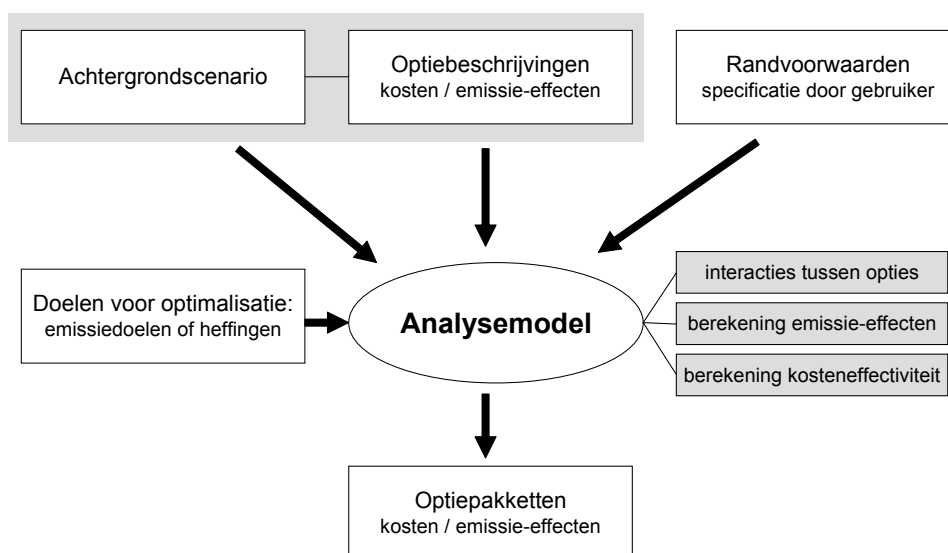
Van een beperkt aantal opties zijn geen (eenduidige) kostenschattingen beschikbaar. Het betreft deels verkeersmaatregelen die uit het Optiedocument Verkeersemissies (Van den Brink et al., 2004) zijn overgenomen. Daarnaast betreft het een aantal opties door de doelstoffen NMVOS en fijn stof. Voor deze opties is de kosten-effectiviteit (om pragmatische redenen) op nul (€ 0 per eenheid emissiereductie) gesteld. Voor veel van deze opties is overigens ook de inschatting dat de specifieke kosten zeer laag of gelijk aan nul zullen zijn. Waar dergelijke opties een (belangrijke) rol gaan spelen in optiepakketten, en indien de werkelijke kosten afwijken van deze aangenomen nihil-kosten, leidt dit tot een onderschatting van de pakketkosten.

4. Opzet en werking van het analysemodel

4.1 Werkwijze bij het samenstellen van optiepakketten

Dit hoofdstuk beschrijft het analysemodel dat als onderdeel van het Optiedocument ontwikkeld is. Met dit model kan een gebruiker¹¹ optiepakketten samenstellen. Optiepakketten waarmee aan bepaalde emissie-eisen wordt voldaan zijn de output van het analysemodel.

In onderstaande figuur wordt de plaats van het analysemodel weergegeven ten opzichte van de andere onderdelen van het Optiedocument. De benodigde input voor het analysemodel bestaat uit (de kerngegevens uit) het achtergrondscenario en de daaraan gekoppelde optiebeschrijvingen. Daarnaast kan de gebruiker nog specifieke randvoorwaarden opgeven. Op basis van deze inputgegevens stelt het analysemodel optiepakketten samen, als geoptimaliseerde reactie op het opleggen van emissiedoelen of heffingen op emissies.



Figuur 4.1 Schematisch overzicht van de elementen van het Optiedocument, met plaats van het analysemodel ten opzichte van de benodigde input-gegevens, sturingsparameters en output (optiepakketten)

Het analysemodel is een optimalisatiemodel.¹² Het biedt op hoofdlijnen twee verschillende manieren om optiepakketten samen te stellen die rekening houden met de *emissie-effecten* van de opties op de emissies: via het opleggen van *doelen* of via het opleggen van *heffingen*. In beide gevallen stelt het model optiepakketten zodanig samen dat de *kosten* minimaal zijn, terwijl er rekening wordt gehouden met de *interacties tussen opties* en dat voldaan wordt aan alle ingestelde *randvoorwaarden*. Alle emissie-effecten, doelen en kosten worden daarbij bepaald ten opzichte van een specifiek *achtergrondscenario*. De behandeling van de verschillende aspecten is in Tabel 4.1 kort weergegeven.

¹¹ Overigens wordt het analysemodel niet extern beschikbaar gesteld, vanwege het feit dat weinig is gedaan aan een gebruikersvriendelijke interface en vanwege het risico van verkeerde interpretatie van de uitkomsten.

¹² Gebaseerd op lineair programmeren (LP), een veel toegepaste methode om relatief eenvoudige optimalisatieproblemen op te lossen.

Tabel 4.1 *Behandelde onderdelen van het analysemodel*

Paragraaf	Behandeld onderwerp
4.2	Indeling van invoergegevens en resultaten (uitvoer).
4.3	<i>Doelen en heffingen</i> : invoer van randvoorwaarden ten aanzien van emissies en kosten op basis waarvan het analysemodel optiepakketten samenstelt.
4.4	<i>Emissie-effecten</i> : berekening van directe en indirecte effecten van opties op de nationale emissies. Indirecte effecten ontstaan door veranderingen in het gebruik van energiedragers.
4.5	<i>Kosten</i> : berekeningswijze van totale kosten en kosteneffectiviteit van opties en van optiepakketten.
4.6	<i>Interacties tussen opties</i> : beschrijving van de mechanismen van onderlinge beïnvloeding van opties.
4.7	<i>Randvoorwaarden</i> : beschrijving van de door de gebruiker aanvullend in te stellen randvoorwaarden waaraan een oplossing (optiepakket) moet voldoen.
Bijlage D	<i>Overige invoermogelijkheden voor de gebruiker</i> : overige door de gebruiker in te stellen randvoorwaarden in het analysemodel.

4.2 Indeling invoergegevens en resultaten

Het analysemodel structureert de invoergegevens en resultaten met een indeling in *doelstoffen*, *opties*, *varianten*, *sectoren*, *energiedragers* en *zichtjaren*. Afgeleide indelingen zijn *categorieën* en *koppelingen*. Een deel van deze gegevens kan bovendien per *scenario* verschillen. Hieronder volgt een korte uitleg van de rol die deze componenten hebben binnen het analysemodel.

Doelstoffen. Omvat emissithema's, maar ook energiegebruik (primair en fossiel). Een deel van de doelstoffen valt weer onder meer geaggregeerde niveaus (bijv. CO₂, CH₄, N₂O en F-gassen onder Broeikasgassen) Op alle doelstoffen kunnen doelen of heffingen gezet worden.

Opties. Maatregel, soms instrument. Algemener: oplossingsrichting. Belangrijkste bouwsteen van de optiepakketten.

Variant. Onderverdeling van de opties. Waar een optie een oplossingsrichting aangeeft, is de variant een maat voor hoe ver die oplossingsrichting kan gaan. Op het niveau van varianten van opties worden allerlei kosten, emissie-effecten en energie-effecten ingevoerd.

Sectoren. Van belang omdat op het niveau van sectoren de eindgebruikersenergieprijzen, disconteringsvoeten en een deel van de emissiefactoren ingevoerd worden. In de resultaten van belang vanwege de beleidsrelevantie. Ook hier valt een deel onder meer geaggregeerde niveaus, met name t.b.v. de presentatie.

Energiedragers. Van belang vanwege de kosten, en de effecten op de doelstoffen.

Zichtjaren. Het model kent in de huidige versie twee zichtjaren 2020 en 2010, waarvoor alle gegevens van de opties, varianten, sectoren en energiedragers ingevoerd worden.

Categorieën. Cluster van meerdere, soortgelijke opties: Oplossingsrichting op geaggregeerd niveau. Van belang voor de presentatie en als niveau waarop additionele randvoorwaarden gespecificeerd kunnen worden.

Koppelingen. Clusters van meerdere opties die elkaars toepassing beïnvloeden. Binnen koppelingen kunnen opties concurreren

Tabel 4.2 geeft aan voor welke combinatie van elementen in het analysemodel invoergegevens gespecificeerd moeten worden. De cursieve items kunnen per scenario verschillen, en kunnen door de gebruiker van het model gespecificeerd worden.

Tabel 4.2 *Overzicht van de benodigde invoergegevens per modelcomponent*

Invoergegeven	Doelstof	Optie	Variant	Sector	Energie- drager	Zicht- jaar	Catego- rie	Koppe- ling
<i>Emissiedoel</i>	×					×		
<i>Nationale energieprij</i>					×	×		
<i>Energieprij eindgebruikers</i>				×	×	×		
<i>Emissiefactor</i>	×			×	×	×		
Kostencomponenten		×	×			×		
Energie-effecten		×	×		×	×		
Emissie-effecten	×	×	×		×	×		
Interacties		×			(×)			×
<i>Geaggregeerde beperkingen</i>	(×)				(×)	×	×	
<i>Specifieke beperkingen</i>		×	(×)			×		

(×) In een deel van de gevallen zijn gegevens voor deze modelcomponenten vereist, maar niet altijd.

4.3 Doelen en heffingen

Met de specificatie van doelen en heffingen kan de gebruiker het model rekening laten houden met effecten van opties op emissies en energiegebruik.

Een doel voor een emissie of energiegebruik is voor het model een harde randvoorwaarde. Het optiepakket moet zodanig samengesteld worden dat minimaal de opgegeven emissiereducties ten opzichte van het relevante achtergrondscenario bereikt worden. Het model stelt vervolgens de optiepakketten zodanig samen dat voor de laagst mogelijke kosten aan de doelen voldaan wordt.

Een heffing is een andere manier om het model rekening te laten houden met de effecten van opties op emissies en energiegebruik. Heffingen geven reducties van emissies en energiegebruik een monetaire waarde. Bij heffingen stelt het model het optiepakket zodanig samen dat de som van de kosten van de opties en de heffingen zo laag mogelijk is. Dat betekent dat het model binnen de randvoorwaarden alle opties inzet waarvan de kosten lager zijn de heffingen. Dit pakket resulteert in een bepaalde reductie van de emissies die hoort bij de opgegeven heffingen.

Doelen

Emissiedoelen kunnen ingevoerd worden als emissiereductie (hoeveel minder emissie) en als streefniveau (hoeveel emissie maximaal). In het laatste geval berekent het model op basis van de emissies in het achtergrondscenario de bijbehorende vereiste emissiereductie. Het model kan de samen te stellen optiepakketten aan meerdere emissiedoelen tegelijk toetsen, waardoor het resulterende optiepakket een integrale oplossing biedt die met alle doelen tegelijk rekening houdt. Voor elk van de betrokken doelen wordt ook een schaduwprijs uitgerekend, als het betreffende doel tenminste leidt tot meerkosten.¹³ Emissies krijgen hiermee een waarde, die overeenkomt met de specifieke kosten van de laatste eenheid vereiste emissiereductie.

¹³ Als door maatregelen voor het halen van bijvoorbeeld CO₂ ook de SO₂-doelen *en passant* gehaald worden, draagt SO₂ niet bij aan de meerkosten van het optiepakket.

Het model biedt verder de mogelijkheid om stapsgewijs een of meerdere doelen aan te scherpen, en de bijbehorende optiepakketten naast elkaar te tonen. Een speciale variant is verder nog dat het model de maximaal haalbare emissiereductie berekent (dus zonder opgave van een emissiedoel).

Heffingen

Ook bij de heffingen is het mogelijk om meerdere heffingen tegelijk op te leggen, en om de heffingen stapsgewijs op te voeren. Bij heffingen zet het model alle opties in waarvan de kosten lager zijn dan de vermeden heffingen: het model genereert het optiepakket waarbij de som van de te betalen heffingen en kosten van de ingezette opties minimaal is.

Doelen en heffingen zijn elkaars spiegelbeeld. Een doel resulteert in een bepaald optiepakket, met een bepaalde schaduwprijs. Als deze schaduwprijs vervolgens ingevoerd wordt als heffing, resulteert hetzelfde of vrijwel¹⁴ hetzelfde optiepakket, en een emissiereductie die ongeveer gelijk is aan het oorspronkelijke doel.

4.4 Effecten

De effecten van de opties bestaan uit de directe effecten en indirecte effecten op emissies. De laatste verlopen via het effect dat een optie heeft op het gebruik van een energiedrager en de emissiefactor voor die energiedrager. Bij een specifieke optie kunnen tegelijkertijd zowel directe als indirecte effecten op een bepaalde emissie voorkomen. Een voorbeeld van een direct effect is de afvang en opslag van CO₂, een indirect effect is de extra CO₂-emissie ten gevolge van het extra energiegebruik dat nodig is voor de afvang en opslag van CO₂. Tabel 4.3 geeft een overzicht van de effecten/emissiethema's die het model kan berekenen, en welk deel van de emissies ten dele bepaald wordt door effecten op de energiedragers of door energiegerelateerde opties.¹⁵

Tabel 4.3 *Reductiethema's en indicatie van de rol van energie-effecten*

	Einheid	Indicatie deel emissies energiegerelateerd [%]
CO ₂	[Mton]	>95
CH ₄	[Mton CO ₂ -eq]	<10
N ₂ O	[Mton CO ₂ -eq]	0
F-gassen	[Mton CO ₂ -eq]	0
Broeikasgassen	[Mton CO ₂ -eq]	>90
NO _x	[kton]	>80
SO ₂	[kton]	>80
NH ₃	[kton]	0
Verzuring	[mld zuur-eq]	>60
NMVOS	[kton]	<10
Fijn stof PM ₁₀	[kton]	<20
Primair verbruik	[PJ]	100
Fossiel verbruik	[PJ]	100
OBG	[Mton CO ₂ -eq]	<10

Directe effecten staan expliciet in de optiebeschrijving en worden zonder wijzigingen door het analysemodel meegenomen. Bij opties die geen effect hebben op het gebruik van energie zijn er

¹⁴ Binnen een bepaalde range van doelen kan de schaduwprijs hetzelfde blijven. Als bijvoorbeeld één specifieke optie over een range van doelbereiken de marginale optie is, blijven ook de marginale kosten gelijk. Gegeven het doel staat dan de schaduwprijs (heffing) wel vast, maar gegeven de schaduwprijs kan het doelbereik variëren.

¹⁵ De precieze rol van energiegerelateerde effecten is afhankelijke van de randvoorwaarden, doelstelling etc. De getallen in de tabel zijn daarom niet meer dan een grove indicatie.

per definitie alleen maar directe effecten. Ook is een deel van de emissies (bijv. NH₃) nooit aan energie-effecten of aan energiegerelateerde opties gekoppeld.

De indirecte effecten op een specifieke emissie worden berekend uit de wijziging van het energiegebruik die het gevolg is van de toepassing van een optie, en de emissiefactor op die energiedrager die geldt voor de sector waaronder de optie valt. Bij CO₂ gelden voor alle sectoren de nationale emissiefactoren, bij andere emissies gelden sectorspecifieke emissiefactoren.

Tabel 4.4 *Enkele belangrijke representatieve emissiefactoren*

	CO ₂ [kg/GJ]	NO _x [kg/GJ]	SO ₂ [kg/GJ]	Fijn stof [kg/GJ]
Aardgas en overige gassen	56,1	27,7 - 43,9		
Biomassa		40		
Kolen (incl. cokes)	0,103	40	65	2
Olie (incl. olieproducten)	66 - 73	40	^a	

^a Alleen relevant in de transportsector, maar niet berekend via energie-effect maar als direct effect ingevoerd bij de betreffende opties.

Bij een deel van de opties bestaat het totale effect uit een optelling van directe en indirecte effecten. Opties op het gebied van CO₂-afvang leidt bijvoorbeeld tot extra energiegebruik, en tegelijkertijd tot een verlaging van de emissies van CO₂, omdat CO₂ als onderdeel van het afvangproces verwijderd wordt. Op grond van de emissiefactoren zou een toename van de CO₂-emissies resulteren, maar door de directe effecten op de emissies in te voeren, resulteert toch het juiste netto-effect.

Bij alle opties kan het totaaleffect als optelsom van directe en indirecte effecten berekend worden. Voor de transportsector is echter bewust een uitzondering gemaakt, omdat hiervoor de totale emissiereducties al in het Optiedocument Verkeeremissies berekend waren. Er is daarom voor gekozen om bij verkeersopties de effecten op emissies, m.u.v. CO₂, allemaal als directe emissie-effecten in te voeren. De emissiefactoren voor de overige emissies zijn daarom voor de transportsector (in het analysemodel) op nul gesteld.

4.5 Kosten

Evenals bij de effecten bestaan de kosten uit directe en indirecte componenten. De laatste worden berekend via het effect van een optie op het gebruik van energiedragers en de prijs van energiedragers. Het model kan de optiepakketten samen stellen op basis van twee soorten kosten: de nationale kosten en de eindgebruikerskosten, beide conform de Methodiek Milieukosten. Verschillen tussen de beide kostensoorten bestaan uit verschillen in de componenten die meetellen, de gehanteerde energieprijzen en de gehanteerde disconteringsvoeten.

Invoergegevens voor de kostenberekeningen

Het model berekent zowel de nationale kosten als de eindgebruikerskosten van de opties. De gehanteerde kostenbenaderingen zijn conform de Methodiek Milieukosten (VROM, 1998). De gebruiker kan bij de samenstelling van de optiepakketten kiezen op basis van welke kosten het model de pakketten moet samenstellen. Tabel 4.5 geeft een overzicht van de kostencomponenten die gebruikt worden in de optiebeschrijvingen en in het model, en of ze een rol spelen voor de nationale kosten en eindgebruikerskosten.

Tabel 4.5 *Overzicht van de gebruikte invoergegevens (x) voor de berekening van kosten, gespecificeerd naar nationale kosten en eindgebruikerskosten en evt. bijzonderheden per invoergegeven*

Kostencomponent	Benodigd voor nationale kosten (bijzonderheden)	Benodigd voor eindgebruikerskosten (bijzonderheden)
Investering bouwtechnisch	× (annuïtaire afschrijving: nationale disconteringsvoet en 25 jaar)	× (annuïtaire afschrijving: sectorale disconteringsvoet en 25 jaar)
Investering elektro/mech.	× (annuïtaire afschrijving: nationale disconteringsvoet en 10 jaar)	× (annuïtaire afschrijving: sectorale disconteringsvoet en 10 jaar)
Overig operationele kosten/baten ^a	×	×
Uitvoeringskosten overheid ^a	×	n.v.t.
Investerings-subsidies ^a	n.v.t.	× (annuïtaire afschrijving: sectorale disconteringsvoet, deels 25, deels 10 jaar naar rato van bouw-technische en elektromechanische deel investeringen)
Operationele steun/heffing ^a	n.v.t.	×
Nationale energiekosten	× (vermenigvuldiging van nationale energieprijzen met jaarlijks effect op energiegebruik)	n.v.t.
Eindgebruikers-energiekosten	n.v.t.	× (vermenigvuldiging van sectorale prijzen met jaarlijks effect op energiegebruik)

^a Voor zover beleid bekend/gespecificeerd is.

Nationale kosten

De nationale kosten zijn de kosten voor Nederland als geheel. Overdrachten van gelden binnen Nederland spelen hierbij geen rol; vandaar dat BTW en beleidsgerelateerde componenten zoals investeringsubsidies, operationele steun en heffingen buiten de nationale kosten blijven. De uitvoeringskosten van het beleid tellen wel mee voor de nationale kosten. In de nationale kosten tellen de investeringen mee na omrekening naar jaarlijkse kosten. Dit gebeurt op basis van een nationale disconteringsvoet, en de investeringen worden onderscheiden in een bouwtechnisch deel met een afschrijvingsduur van 25 jaar en een elektromechanisch deel met een afschrijvingsduur van 10 jaar. Voor de nationale kosten wordt een disconteringsvoet van 4% gebruikt.

Voor de berekening van de energiekosten worden energieprijzen gebruikt op basis van wereldmarktprijzen.¹⁶ Waar duidelijke wereldmarkt prijzen ontbreken, zoals bij aardgas en biomassa, worden commodity-prijzen gebruikt. De gebruiker van het model kan de nationale energieprijzen als onderdeel van scenario's aanpassen, zie Bijlage D.

De energie-effecten op basis waarvan de gepresenteerde nationale kosten berekend worden zijn de nationale energie-effecten. Bij maatregelen die de elektriciteitsvraag beïnvloeden of elektriciteit opwekken wordt voor de gepresenteerde nationale kosten eerst berekend wat dit betekent voor de nationale inzet van energiedragers in de elektriciteitsopwekking (zie tekstkader). De resulterende effecten hierop worden vervolgens verrekend met de internationale handelsprijzen

¹⁶ Volgens de milieukostenmethodiek kunnen ook de externe effecten van energiebesparing (de vermeden milieuschade t.g.v. verminderd energiegebruik) in de schaduwrijzen verwerkt worden. Dit zou in het Optiedocument echter tot dubbeltellingen leiden, omdat over een breed front van doelstoffen de reducties integraal worden berekend met behulp van het analysemodel. Om deze reden zijn de gebruikte schaduwrijzen in het Optiedocument zonder een verrekening van de externe effecten.

voor die energiedragers. De energiedrager elektriciteit speelt hierdoor zelf nooit een rol in de berekening van de nationale energiekosten.

Eindgebruikerskosten

De eindgebruikerskosten zijn een benadering van de kosten voor de betrokken sectoren, en worden met name gebruikt als indicatie van de lastenverdeling van maatregelen over verschillende groepen eindgebruikers. Hierbij spelen overdrachten van gelden wel een rol; BTW¹⁷ en beleidscomponenten zoals investeringsubsidies, operationele steun en heffingen tellen mee, de uitvoeringskosten van beleid daarentegen niet. Ook in de eindgebruikerskosten tellen de investeringen mee na vertaling naar jaarlijkse kosten, en geldt dezelfde verdeling in bouwtechnische en elektromechanische investeringen. De vertaling naar jaarlijkse kosten vindt hier plaats via een disconteringsvoet die specifiek is voor de sector waaronder de betrokken optie valt.

Voor de energiekosten gelden de eindgebruikersprijzen van de betrokken sectoren, met daarbij apart onderscheiden de prijzen die gelden voor WKK. In tegenstelling tot de Nationale kosten worden hier de effecten van een optie op sectorniveau gebruikt voor de berekening van de energiekosten. Hierbij kan elektriciteit dus wel een rol spelen in de kosten. De modelgebruiker kan de sectorale energieprijzen en de sectorale disconteringsvoeten aanpassen als onderdeel van scenario's, zie Bijlage D.

De milieukostenmethodiek baseert de disconteringsvoeten op de reële kapitaalmarktrente plus een sectorspecifieke opslag. Deze opslagen zijn gebaseerd op de rente die een sector gemiddeld meer over haar leningen betaalt dan de kapitaalmarktrente, op het aandeel eigen vermogen in de investeringen en op het gemiddelde rendement over het eigen vermogen voor belasting. De methodiek milieukosten specificeert aannames voor de categorieën: bedrijfsleven, landbouw, consumenten, rijksoverheid en lagere overheden. In onderstaande tabel staan de voor deze categorieën aangenomen disconteringsvoeten, voor een veronderstelde reële kapitaalmarktrente van 5%.

Tabel 4.6 *Aannames voor gehanteerde disconteringsvoeten*

Sector	Rente over leningen [%]	Aandeel eigen vermogen [%]	Rendement eigen vermogen [%]	Disconteringsvoet [%]
Bedrijfsleven	7	35	16	10
Landbouw ^a	5,5	-	-	5,5
Lagere overheden	5,5	0	-	5,5
Rijksoverheid	5	0	-	5
Consumenten	5,5	-	-	5,5

^a De landbouw betaalt i.h.a. minder rente over leningen dan de rest van het bedrijfsleven. Het rendement op eigen vermogen ligt vaak zelfs nog lager dan deze rente. De kostenmethodiek hanteert een gemiddelde disconteringsvoet die gelijk is aan die van het lenen van geld, 0,5% hoger dan de kapitaalmarktrente.

Bij de sectorindeling in het Optiedocument zijn vaak meerdere van deze categorieën in een sector vertegenwoordigd. Het Optiedocument hanteert hier gemiddelden op basis van de vertegenwoordigde categorieën. Onderstaande tabel geeft de aannames voor de reële disconteringsvoeten per sector.

¹⁷ Alleen relevant voor huishoudens en een deel van de overheid.

Tabel 4.7 *Gehanteerde disconteringsvoeten per sector*

Sector	Categorieën kostenmethodiek	Disconteringsvoet [%]
Landbouw	Landbouw	5,5
Industrie	Bedrijfsleven	10
Elektriciteitsopwekking	Bedrijfsleven	10
Raffinage	Bedrijfsleven	10
Huishoudens	Consumenten	5,5
Utiliteitsbouw	Bedrijfsleven, rijksoverheid, lagere overheden	8
Duurzaam	Bedrijfsleven	10
Verkeer	Bedrijfsleven, consumenten	8

Een belangrijke uitzondering bij de berekening van de kosten vormen de opties voor de transportsector. Veel van deze opties zijn, puur in financiële termen, bijzonder aantrekkelijk, maar zorgen wel voor extra reistijd of nutsverlies. Het Optiedocument Verkeersemisseries, waar het merendeel van de verkeersopties uit afkomstig is, past daarom een bredere kostenbenadering toe. Deze benadering vertaalt extra reistijd in kosten. Het analysemodel neemt de kosteneffectiviteiten van de verkeersopties als zodanig over, en berekent ze niet zelf. Consequentie is dat andere energieprijzen of disconteringsvoeten de kosten van deze opties niet beïnvloeden (zie ook Bijlage C).

Ook een beperkt aantal andere opties specificieert alleen de Nationale kosten en Eindgebruikerskosten als zodanig, en niet de componenten waarmee ze berekend kunnen worden.

4.6 Interactie tussen opties

Bij veel opties bestaan er interacties met andere opties: toepassing van een optie heeft gevolgen voor de mogelijkheden om een andere optie toe te passen. Vaak bijvoorbeeld kunnen opties niet of slechts in beperkte mate tegelijkertijd toegepast worden, minder vaak vergroot een optie de mogelijkheden voor toepassing van een andere optie.

Een speciale categorie interacties zorgt er voor dat bepaalde opties gekoppeld worden aan referentietechnieken. Toepassing van de optie betekent in deze gevallen verdringing van de referentietechniek. De netto effecten en kosten van een optie bestaan in deze gevallen uit de opgetelde effecten van toepassing van de optie en het verdwijnen van de referentie.

Het analysemodel biedt de mogelijkheid om vier verschillende hoofdtypen van interacties tussen opties in te voeren:

- verdringing en onderlinge uitsluiting
- potentieelvergroting
- evenwicht vraag en aanbod
- specifieke koppeling aan referenties.

De interacties werken in het model als randvoorwaarden die de mogelijkheden van toepassing van opties beperken, en simuleren de beperkingen die ook in de praktijk gelden. Omdat deze interacties inherent zijn aan de opbouw van het energiesysteem, gelden de hier beschreven randvoorwaarden altijd, in tegenstelling tot de randvoorwaarden uit 4.7, die de gebruiker van het model zelf kan invoeren.

Verdringing en onderlinge uitsluiting

Bij verdringing zorgt de toepassing van een optie voor vermindering van de mogelijkheden om een of meer andere opties toe te passen, en vice versa. Verdringing heeft betrekking op die situaties waarbij een of meer opties geheel of gedeeltelijk op dezelfde bron van emissies betrek-

king hebben, of op een andere manier met elkaar concurreren. De verdringing kan volledig zijn of gedeeltelijk. Bij volledige verdringing van optie b door optie a is toepassing van b niet meer mogelijk als a volledig toegepast wordt. Andersom hoeft dit niet zo te zijn.

De onderlinge verdringing van opties is gemodelleerd via koppelingen, die clusters van opties omvatten. De koppeling kan hierbij direct gedefinieerd zijn, maar ook indirect verlopen via bijvoorbeeld een plafond op de productie of consumptie van een energiedrager, of door een plafond op de (directe) emissiereductie van een bepaalde stof.

Bij een indirecte koppeling kan bijvoorbeeld gelden dat de opgetelde productie van elektriciteit door een cluster van opties een bepaalde waarde niet mag overschrijden. Een ander voorbeeld van een indirecte koppeling is een plafond op de afvang van CO₂. Dit representeert de beschikbare opslagcapaciteit voor CO₂, en beperkt de inzet van opties voor CO₂-afvang en opslag, zonder dat hiervoor beperkingen op individuele opties hoeven te worden gespecificeerd.

Een voorbeeld van een verzameling van maatregelen die geheel of gedeeltelijk dezelfde emissiereducties bewerkstelligen is: krimp ijzer- en staalindustrie, CCF, Circored, recycling staal en CO₂-afvang staalindustrie. Bij bijvoorbeeld maximale krimp verdwijnt de staalsector geheel, en kunnen de andere opties niet meer toegepast worden.

Potentieelvergroting

Bij potentieelvergroting worden de mogelijkheden voor de toepassing van bepaalde opties groter bij toepassing van andere opties; het is dus eigenlijk het tegengestelde van verdringing en onderlinge uitsluiting. De mogelijkheden voor biomassa-bijstook in gascentrales worden bijvoorbeeld groter als er meer nieuwe gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales gebouwd worden. Ook de potentieelvergroting is gemodelleerd via koppelingen.

Evenwicht vraag en aanbod

Evenwicht tussen vraag en aanbod is een speciaal type koppeling. Via de voorziening van een bepaalde energiedrager (elektriciteit, warmte) is het mogelijk om ingewikkelde vormen van verdringing en potentieelvergroting te beschrijven, om de eigenschappen van een optie op een transparante manier in te voeren, én om de netto uitwerking en kosten van een optie afhankelijk te maken van de verschuivingen in de opwekking van elektriciteit en warmte (zie tekstbox).

Zo hebben alle opties die een verandering teweegbrengen in de vraag naar elektriciteit of in het aanbod van elektriciteit invloed op elkaar. Opties die de elektriciteitsvraag verminderen kunnen via de afname van de bestaande productie leiden tot een vermindering van de CO₂-emissies. De mogelijkheid om op een andere manier de emissies uit bestaand vermogen terug te dringen, bijvoorbeeld met windenergie, worden hierdoor kleiner.

Het evenwicht tussen vraag en aanbod van elektriciteit wordt als een generieke randvoorwaarde in het model ingevoerd en geldt dan voor alle opties. Op beperktere schaal, bijvoorbeeld binnen sectoren, kunnen dergelijke koppelingen het evenwicht in de vraag en aanbod van warmte beschrijven. Op deze manier wordt bijvoorbeeld voorkomen dat binnen de sectoren het WKK-potentieel meerdere malen benut wordt.

Specifieke koppeling aan referenties

In een aantal gevallen maakt het model gebruik van een specifieke koppeling aan referentieopties. Dit is met name het geval bij de elektriciteitssector en de warmteproductie in de eindgebruikssectoren. De referentieopties representeren hierbij het in het achtergrondscenario opgestelde vermogen. De eraan gekoppelde opties kunnen in plaats van de referentieoptie komen, en kunnen samen nooit meer elektriciteit produceren dan dat er aan productie door het referentievermogen verdwijnt.

Een voorbeeld is de referentieoptie *kolen nieuw*, het na 2010 gebouwde kolenvermogen in GE. Opties die als ze toegepast worden altijd in plaats hiervan komen zijn: *CO₂-afvang bij nieuwe kolencentrales*, *Nieuwe kolencentrales met hoger rendement*, *CO₂-afvang bij nieuwe gascentrales*, *Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales*, *Hoger aantal draaiuren gascentrales in plaats van draaiuren nieuwe kolencentrales*, *Bijstook nieuwe kolencentrales*. Dit betekent dat de opgetelde productie van elektriciteit door deze opties nooit hoger kan worden dan de elektriciteitsproductie door nieuw kolenvermogen in het achtergrondscenario.

Kosten, effecten en emissies bij opties die elektriciteit en/of warmte produceren of de vraag naar elektriciteit verminderen.

Bij een belangrijk deel van de opties zijn de emissies, energie en kosten niet ingevoerd als de netto-effecten, maar als de bruto-effecten. Voorbeelden zijn elektriciteitsvraagvermindering en opties voor alternatieve elektriciteitsopwekking inclusief WKK. Bij al deze opties speelt het evenwicht tussen vraag en aanbod een belangrijke rol, hiermee wordt afgedwongen dat vraagvermindering of alternatieve opwekking bij warmte en elektriciteit leidt tot het verdwijnen van opwekking elders. Op deze manier is het ook mogelijk om het netto effect van opties te berekenen als de resultante van het directe effect van de optie, en van de effecten van het verdwijnen van andere manieren van opwekking van warmte en elektriciteit. De berekening van gerapporteerde kosten, energie-effecten en emissie-effecten vindt pas plaats na het samenstellen van het optiepakket door het model. In een deel van de gevallen verloopt de berekening van de netto effecten via de *specifieke koppeling aan referenties*, en voor een ander deel via *generieke koppeling aan referenties*.

Specifieke koppeling aan referenties.

Bij een koppeling tussen een optie en een referentieoptie bestaat het netto-effect van de betrokken optie uit de directe effecten van de optie zelf plus de effecten van het verdwijnen van de referentieoptie, voor zover dat veroorzaakt wordt door de betrokken optie. De gerapporteerde kosten, energie-effecten en emissie-effecten worden ook op deze manier als saldo berekend. Stel dat de optie *Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales* 10 PJ elektriciteit gaat produceren in plaats van *kolen nieuw*, dan bestaan de kosten uit de som van de kosten van het produceren van 10 PJ elektriciteit met aardgas, en de vermeden kosten door het 10 PJ minder elektriciteit produceren met kolen. De energie-effecten en emissie-effecten worden op dezelfde manier berekend.

Generieke koppeling aan referenties

Bij de generieke koppeling aan referenties staat niet op voorhand vast welk referentievermogen verdwijnt bij toepassing van de optie. Voorbeelden zijn allerlei opties voor elektriciteitsvraagvermindering en windenergie op zee. De kosten, energie-effecten en emissie-effecten moeten daarom berekend worden uit de gegevens van de opties zelf en uit de totale verandering van het referentiepark, met daarvan afgetrokken dat deel van de verandering dat al verklaard wordt door opties die specifiek gekoppeld zijn aan delen van het referentiepark. Stel dat windenergie op zee 10 PJ elektriciteit gaat produceren, dan evalueert het model hoe de vermindering van de elektriciteitsproductie met 10 PJ elders verdeeld is over de verschillende referentieopties. De effecten en kosten worden vervolgens berekend uit de gegevens van windenergie op zee zelf en de gegevens van het verdwenen referentievermogen.

Dubbele koppeling

Bij opties die elektriciteit en warmte produceren (WKK) vindt zelfs een dubbele verrekening plaats. WKK is voor de warmteproductie gekoppeld aan een concrete referentieoptie, bijvoorbeeld een ketel. Voor de elektriciteit is WKK niet gekoppeld aan een concrete optie, maar wordt het netto-effect bepaald uit het gemiddelde verdrongen opwekkingsvermogen.

De berekening van de effecten gaat in twee stappen. Eerst wordt een optie, indien relevant, met een specifieke referentie verrekend. Wat resulteert is het effect van een optie op sectorniveau. Daarna volgt, indien relevant, de generieke verrekening. Wat resulteert is het effect van een optie op nationaal niveau.

Redenen voor indirecte aanpak

De beschreven aanpak lijkt nogal omslachtig, maar is noodzakelijk om een aantal zaken goed te kunnen berekenen en te rapporteren. Met deze aanpak kan het model bij de samenstelling van optiepakketten rekening houden met complexe vormen van concurrentie tussen opties, en hoeft voor de evaluatie van opties niet altijd vooraf een referentie gekozen te worden. Het effect en de kosteneffectiviteit van veel opties hangt daardoor af van het totale pakket van maatregelen, zoals dit ook in werkelijkheid het geval is.

Voor de rapportage biedt deze aanpak het voordeel dat zowel de nationale kosten als de eindgebruikerskosten goed berekend kunnen worden, en dat de nationale (totale) effecten op emissies en de effecten op de directe emissies goed van elkaar onderscheiden kunnen worden. Verder is het voordeel dat de invoergegevens van de opties op deze manier transparanter zijn (ze hebben alleen betrekking op de betrokken techniek zelf), terwijl de netto-effecten, waarin de interacties met referentietechnieken een rol spelen, wel goed in kaart kunnen worden gebracht.

4.7 Randvoorwaarden

Optiepakketten moeten voldoen aan optionele, door de gebruiker te specificeren randvoorwaarden. Deze kan bijvoorbeeld bepaalde (categorieën van) opties verbieden of juist verplicht stellen, een maximum of minimum op het aantal, of op het te bereiken effect op energiegebruik of emissies specificeren etc.

De gebruiker kan het model randvoorwaarden opleggen bij het samenstellen van optiepakketten. Bijlage D gaat onder meer nader in op de mogelijkheden voor de gebruiker om randvoorwaarden in te voeren, deze paragraaf beschrijft alleen kort het principe van de randvoorwaarden.

De randvoorwaarden kunnen bestaan uit verboden, beperkingen en verplichtingen op individuele opties of varianten van opties. Met dergelijke randvoorwaarden is het mogelijk om op detailniveau beperkingen aan te geven.

Ook is het mogelijk om randvoorwaarden op te leggen op het niveau van maatregelcategorieën. De randvoorwaarden kunnen betrekking hebben op het minimale of maximale aantal opties uit een categorie, en op de minimale of maximale kosten, directe emissie-effecten, en effecten op energiegebruik door opties uit een categorie. De randvoorwaarden op het niveau van maatregelcategorieën introduceren vaak nieuwe interacties tussen opties. Bij de introductie van beperkingen op categorieniveau, behalve bij een totaalverbod, ontstaat er namelijk concurrentie tussen de opties die onder de bewuste categorie vallen.

Randvoorwaarden leiden altijd tot een beperking van de vrijheid die het model heeft om tegen de laagst mogelijke kosten optiepakketten samen te stellen. De maximaal haalbare reducties van emissies en energiegebruik kunnen dus alleen maar afnemen, of in het gunstigste geval gelijk blijven. Gegeven een bepaald doel kunnen de kosten alleen maar toenemen, of in het gunstigste geval gelijk blijven.

4.8 Resultaten

Een optiepakket uit het model komt tot stand als een integrale oplossing. Dat betekent dat het model bij het samenstellen van het optiepakket met de laagst mogelijke kosten daarbij rekening houdt met de doelen of heffingen voor de verschillende thema's, de interacties tussen opties, de kosten en de aanvullende randvoorwaarden. Omdat het model van alle opties ook de gegevens heeft over de effecten op alle thema's, houdt het bij het samenstellen van het optiepakket ook rekening met synergie en antagonisme tussen verschillende emissiethema's.

Met informatie waarover het model niet beschikt kan het uiteraard ook geen rekening houden. Dit betekent dat, tenzij via de randvoorwaarden hierover aanvullende informatie is ingevoerd, beperking vanwege instrumentatie, draagvlak, externe effecten etc. in de oplossing geen rol spelen. Ook eventuele extra kosten vanwege instrumentatie of externe effecten spelen in de oplossing geen rol, maar het is natuurlijk wel mogelijk om hierover aanvullende informatie op te nemen.

Synergie tussen emissithema's

De synergie tussen emissithema's is in de beleidswereld vrij actueel. Met name als door ambitieuze beleidsdoelen de kosten hoger op zullen lopen is het van belang van alle mogelijkheden gebruik te maken om geen onnodige kosten te maken. Opties die aan het bereiken van meerdere doelen tegelijkertijd bijdragen, kunnen een rol spelen bij het vermijden van onnodige kosten. Andersom zijn er ook maatregelen waarbij tegenover een gunstig effect bij een of meer emissithema's ongunstige effecten staan bij een of meer andere. Het model komt met een oplossing waarin al deze effecten al meegewogen zijn, en houdt dus rekening met synergie en antagonisme tussen emissithema's. Beleidsmatig is het echter ook interessant om het effect van synergie te kwantificeren en te isoleren. Paragraaf 5.8 op pagina 55 gaat kort in op de mogelijkheden die het model hiertoe biedt.

Soorten resultaten

Het resultaat van het analysemodel bestaat uit een of meerdere optiepakketten. Het model kan voor deze optiepakketten alle gegevens over emissies, kosten en effecten op energiegebruik presenteren op het niveau van individuele opties en op het niveau van maatregelcategorieën. Ook kan een deel van de resultaten getoond worden voor sectoren. Tabel 4.8 geeft een overzicht van welke resultaten gegenereerd worden, en of deze voor opties, categorieën en sectoren getoond kunnen worden.

Tabel 4.8 *Beschikbaarheid van resultaten per aggregatieniveau*

	Opties	Sectoren	Categorieën
Emissie-effecten	×	×	×
Directe emissie-effecten	×	×	
Nationale kosten	×	×	×
Eindverbruikerskosten	×	×	×
Effect op energiegebruik per energiedrager	×		×
Potentieelbenutting	×		
Kosten-effectiviteiten	×		

Rapportage kosten

Het is gebruikelijk om aan de hand van de kosten en de effecten van opties de kosteneffectiviteiten uit te rekenen. Bij het Optiedocument uit 1998 (ECN/RIVM, 1998) was dit relatief eenvoudig, omdat dit alleen op broeikasgassen (BKG) betrekking had, en alle kosten toegerekend konden worden aan het effect op de BKG-emissies. Het huidige Optiedocument richt zich echter op meer soorten emissies. Bij opties die meer dan één doelstof beïnvloeden is het niet mogelijk om op voorhand de kosten te verdelen over de emissiereductiethema's, wel kan dit achteraf, als er optiepakketten samengesteld zijn. Het is dan namelijk mogelijk om de bijdrage van de verschillende emissiereductiedoelstellingen aan de totale kosten van het optiepakket te berekenen, en op basis hiervan de verschillende thema's tegen elkaar af te wegen. Dit betekent dat kosteneffectiviteiten binnen het huidige Optiedocument geen onveranderlijke eigenschappen van de afzonderlijke opties zijn, maar alleen kunnen worden bepaald binnen de context van het totale optiepakket waarmee de emissiereductiedoelstellingen bereikt worden. Om te komen tot een benadering van de kosteneffectiviteit kan wel per optie een primaire doelstof aangewezen worden: de stof voor de reductie waarvan de optie normaal gesproken vooral toegepast zal worden.

Kostencurves

Marginale kostencurves worden gebruikt om te laten zien in welke mate extra reductie tot extra kosten leidt. De curve wordt vaak gemaakt door maatregelen te sorteren op volgorde van kosteneffectiviteit.

Het model kan op basis van de samengestelde optiepakketten ook curves genereren door de maatregelen in die pakketten op volgorde van kosteneffectiviteit te sorteren. Deze "kostenvolgordecuurves" zijn goed te gebruiken als een benadering van klassieke marginale kostencurves en worden in deze rapportage ook als zodanig gebruikt. Strikt genomen zijn het echter geen klassieke kostencurves. In het huidige Optiedocument maken twee elementen het samenstellen van klassieke kostencurves moeilijker: de interactie tussen opties en integrale optimalisatie op meerdere emissie-thema's.

Vanwege de interacties tussen verschillende opties zullen bij verdergaande doelstellingen niet alleen extra maatregelen in de optiepakketten worden opgenomen, maar kunnen ook opties die bij lagere doelstellingen toegepast worden weer uit het optiepakket verdwijnen omdat ze plaats moeten maken voor andere (effectievere) opties. Een voorbeeld is als gewone WKK ingezet wordt bij lagere doelstellingen, terwijl bij hogere doelstellingen in plaats hiervan WKK met CO₂-afvang wordt toegepast. De vorm van de kostenvolgordecurve kan hierdoor afhankelijk van de gehanteerde doelstelling enigszins variëren.

Een kostencurve is tweedimensionaal, en kan daarom per definitie maar voor een thema tegelijk weergegeven worden. Opties die bij meerdere emissie-thema's tot reducties veroorzaken leiden tot complicaties: de kosten moeten namelijk toegerekend worden aan de thema's waarvoor de optie tot reducties leidt. Dit kan op basis van de schaduw-prijzen per thema, maar die schaduw-prijzen veranderen bij verschuivende doelstellingen, waardoor ook de verdeelsleutel verandert. Bij een aanscherping van de doelstelling voor een thema wordt het deel van de kosten van een optie dat aan dat thema wordt toegerekend groter.

Een klassieke kostencurve voor een afzonderlijk thema, die aangeeft welke reductie tegen welke marginale kosten haalbaar is, zou kunnen worden bepaald door kosten van optiepakketten te bepalen bij een steeds verdergaande reductiedoelstelling voor het desbetreffende thema, waarbij de doelen voor de andere thema's constant worden gehouden. De kostencurve geeft dan de extra kosten van extra reductie, gegeven de gehanteerde specifieke doelstellingen voor de andere thema's. Nadeel van een dergelijke curve is wel dat individuele maatregelen hierin niet meer terug te vinden zijn.

4.9 Onzekerheden analysemodel

Het analysemodel is, naast het achtergrondscenario en de optiebeschrijvingen (Paragraaf 3.7), een potentiële bron van onzekerheden in de resultaten. Deze paragraaf beschrijft een aantal belangrijke aspecten van de onzekerheden die het analysemodel introduceert. Paragraaf 5.10 beschrijft de totale onzekerheden in de resultaten.

Beperkte resolutie

De resolutie van het model heeft hier betrekking op de fijnmazigheid van de indeling in opties, sectoren, energiedragers etc. die het model hanteert. Met name bij de berekening van de eindverbruikerskosten speelt de beperkte resolutie een rol. De kans is groot dat individuele actoren zich niet altijd herkennen in de aannames hiervoor, omdat in hun specifieke geval andere prijzen, andere verhoudingen tussen vreemd en eigen vermogen etc. gelden.

Voor de berekening van de eindgebruikerskosten van opties maakt het model bijvoorbeeld gebruik van disconteringsvoeten en energieprijzen die weliswaar indicatief en representatief zijn voor de betreffende sector, maar die voor individuele maatregelen niet exact de juiste hoeven te

zijn. Met name wanneer een maatregel betrekking heeft op een of enkele bedrijven binnen een sector kan dit tot afwijkingen leiden in de berekende kosten.

Om het effect van de beperkte resolutie deels te ondervangen hanteert het model een gedetailleerdere indeling in sectoren dan dat de Milieukosten methodiek voorschrijft. Ook hanteert het model speciale eindverbruikersprijzen voor WKK, in afwijking van de eindverbruikersprijzen die voor andere maatregelen gelden.

Opties waarin het effect van deze beperkte resolutie zichtbaar wordt, zijn bijvoorbeeld de opties *Olie naar gasstook chemie* en *Olie naar gasstook raffinaderijen*. Bij deze opties wordt de stook van zware stookolie vervangen door de stook van aardgas. Het is een optie met relatief geringe investeringen en grote verschuivingen in het brandstofgebruik. De kosteneffectiviteit wordt berekend op basis van representatieve prijzen voor aardgas en stookolie in de betrokken sectoren, maar een hele kleine afwijking in de prijzen van een van beide brandstoffen kan al leiden tot een verschuiving van netto positieve naar netto negatieve kosten. Bij de onderhavige opties liggen licht positieve nationale kosten het meest voor de hand, maar berekent het model licht negatieve kosten.

Beïnvloeding opties

Het analysemodel houdt rekening met de onderlinge beïnvloeding van opties, maar dit heeft wel zekere beperkingen. Het model houdt rekening met de vermindering van het potentieel van maatregelen onder invloed van de toepassing van andere maatregelen, maar is niet in staat om rekening te houden met het feit dat dat potentieel relatief ook vaak wat duurder wordt onder invloed van de toepassing van andere maatregelen. Als in een huis isolatie is toegepast, wordt het vervolgens relatief duurder om met een ketel met een hoger rendement verder te besparen, omdat de kosten hetzelfde blijven, maar de besparing kleiner wordt. Dergelijke onderlinge beïnvloeding van opties speelt met name binnen sectoren.¹⁸ In Paragraaf 5.10 wordt een voorbeeld van een kostencurve getoond waarin duidelijk is dat stapeling van maatregelen kan leiden tot toenemende specifieke kosten, terwijl het analysemodel met gelijkblijvende specifieke kosten rekent.

Bij een deel van de opties is in de vormgeving van de opties zelf al enigszins rekening gehouden met de afnemende kosteneffectiviteit door toepassing van andere opties. De kosten en effecten van een deel van de opties zijn bijvoorbeeld mede gebaseerd op berekeningen door modellen die wel goed rekening kunnen houden met de beschreven verslechtering van de kosteneffectiviteit. Met name in de hogere intensiteiten kan er dan al rekening mee gehouden worden.

Vergelijking met referentietechnieken

Een andere bron van onzekerheden is de wijze waarop het model de referentie vaststelt voor opties die de vraag naar elektriciteit verminderen of die elektriciteit produceren. Deze bron van onzekerheid speelt geen rol voor de opties met een vaste referentietechniek, maar wel voor die opties waarvoor het model de gemiddelde referentie vaststelt op basis van de verschuivingen in de elektriciteitsproductie. De keuze van de referentietechniek(en) speelt in de resultaten overigens alleen een rol voor de toerekening van kosten en effecten aan individuele opties, en niet voor de totale kosten en effecten.

De onzekerheid is gelegen in het feit dat het model de verschuivingen in het gemiddelde park gebruikt voor de bepaling van de referentie, terwijl er gevallen kunnen optreden waarin het aanemelijk is dat een bepaalde optie met name ten koste gaat van een specifiek deel van het park.

¹⁸ Overigens worden concurrerende maatregelen niet duurder als ze door *verschillende* actoren in een sector worden toegepast. In die zin kan de uitsluiting ook zo worden geïnterpreteerd dat in de ene woning extra isolatie wordt toegepast en in de andere woning een ketel met hoog rendement wordt geplaatst. De opgegeven kosteneffectiviteiten blijven dan wel kloppen.

Deze onzekerheid heeft mede te maken met de relatief grove modellering van de verschuivingen in het elektriciteitspark.

Beperkte beschrijving elektriciteitsmarkt

Het model zorgt er voor dat er evenwicht tussen vraag en aanbod van elektriciteit is. De werkelijke interacties op de elektriciteitsmarkt zijn echter zodanig complex, dat het model alleen in grote lijnen een betrouwbaar beeld geeft van de verschuivingen op de elektriciteitsmarkt. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat het model alleen de totale vraag en aanbod van elektriciteit beschrijft, en geen rekening houdt met de variatie in de tijd van vraag en aanbod. De consequenties hiervan beginnen echter vooral relevant te worden bij zeer grootschalige verschuivingen in het elektriciteitspark, en dan met name bij een tekort aan flexibel en regelbaar gasvermogen. De potentiëlen van de verschillende opties zijn echter zodanig dat dit laatste niet kan voorkomen. De onzekerheden die voortvloeien uit de beperkte beschrijving van de elektriciteitsmarkt hebben daarom wel (beperkt) impact op de kosten, maar niet of nauwelijks op de maximale potentiëlen. De precieze samenstelling van een optiepakket zou hierdoor anders kunnen uitvallen als met alle factoren rekening wordt gehouden.

Overigens is ook hier in een aantal opzichten al rekening mee gehouden in een aantal opties. Zo zijn er bij de WKK-opties oplopende kosten bij de verschillende varianten vanwege onder meer de afnemende draaiuren.

De onzekerheden die dit veroorzaakt kunnen ingeschat worden aan de hand van modellen die de elektriciteitsmarkt en de opbouw van het elektrisch vermogen in meer detail beschrijven, zoals de model combinatie Powers (centraal vermogen en markt) en Save-productie (vermogen en productie WKK). Bij berekeningen met verschillende doelen en energieprijzen lijken de orde-grootte en richting van de verschuivingen die het analysemodel genereert voor de elektriciteitsmarkt grotendeels in lijn met de resultaten en inzichten uit deze meer gedetailleerde modellen.

Aannames energieprijzen

Zowel de nationale energieprijzen als de eindverbruikersenergieprijzen sluiten aan bij het GE-scenario uit de Referentieramingen 2005-2020. De inmiddels werkelijke gerealiseerde energieprijzen zijn over de hele linie beduidend hoger dan de aannames uit het GE-scenario. Bij alle opties waarin energieverbruik een belangrijke rol speelt zullen de kosten en kosteneffectiviteiten op basis van de GE-prijzen afwijken van de kosten en kosteneffectiviteiten zoals die op basis van de actuele energieprijzen zouden worden berekend. In het model kunnen relatief eenvoudig andere prijsaannames worden ingevoerd als onderdeel van een door te rekenen variant, zodat de impact van de energieprijzen goed zichtbaar gemaakt kunnen worden.

5. Resultaten en overzichten

5.1 Inhoud

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de resultaten en verkent de mogelijkheden tot reducties van emissies en energiegebruik op basis van de in kaart gebrachte opties. Paragraaf 5.2 beschrijft kort de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij de hier getoonde resultaten. Paragraaf 5.3 tot en met 5.7 geven een overzicht van het totale reductiepotentieel en de kosten, met aandacht voor de potentiëlen op basis van de opties, de rol van beperkingen op hogere aggregatieniveaus, en de verdeling van de reducties over de sectoren. Paragraaf 5.8 gaat in op de mate van synergie en antagonisme tussen de beleidsthema's, op basis van de huidige opties en indicatieve doelstellingen.

In dit hoofdstuk wordt vooral getoond wat de maximaal haalbare reducties zijn van emissies en energiegebruik op basis van de optiebeschrijvingen. Ook de synergie tussen maatregelen voor de verschillende doelstoffen wordt getoond vanuit de maximaal haalbare reducties. Hiermee wordt het speelveld voor beleid gemarkeerd, maar de getoonde resultaten kunnen niet direct worden vertaald naar beleidsdoelen. Hiervoor zijn diverse redenen. Een eerste reden is dat de resultaten betrekking hebben op technische potentiëlen; de realiseerbaarheid van deze potentiëlen via beleid is daarbij niet betrokken, terwijl dat een wezenlijk onderdeel van de beleidsafweging is. Een tweede reden dat de resultaten voorzichtig moeten worden geïnterpreteerd is dat het niet mogelijk is om de maximale reducties voor diverse doelen tegelijk te realiseren. Oorzaak hiervoor is antagonisme tussen diverse maatregelen. De gepresenteerde resultaten geven dus vooral randtotalen van hetgeen mogelijk is met de beschreven opties. Voor het beantwoorden van specifieke belevingsvragen is het nodig om speciale daarop gerichte analyses uit te voeren.

5.2 Uitgangspunten

Beperkingen en randvoorwaarden spelen niet alleen een rol bij afzonderlijke opties, maar ook op hogere aggregatieniveaus. De resultaten hangen sterk af van deze randvoorwaarden. Daarom worden de resultaten zowel getoond met aanvullende randvoorwaarden vanwege technische onzekerheden, haalbaarheid en andere mogelijke barrières, en met alleen technische beperkingen. De aanvullende randvoorwaarden sluiten aan bij de aannames in de Potentieelverkenning klimaatdoelstellingen en energiebesparing tot 2020 (Daniëls en Farla, 2006), getoond in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 *Overzicht van opgelegde randvoorwaarden bij de analyses*

Randvoorwaarden

Geen verplaatsing emissies naar het buitenland

Alleen opties met duidelijke binnenlandse effecten

Extra kernenergie tot maximaal 2000 MW_e

CO₂-opslag tot maximaal 16 Mton/jr in 2020^a

Geen ingrepen in keuzevrijheid consumenten

Uitsluiting opties waarvan realisatie naar verwachting zeer moeilijk is, en bijvoorbeeld op technische problemen kan stuiten.

^a Technische beperking in beide sets van resultaten.

De opgelegde randvoorwaarden vertegenwoordigen reële onzekerheden en obstakels, en zorgen daarom voor een hoger realiteitsgehalte van de resultaten. De resultaten op basis van de aanvullende beperkingen zullen daarom ook het meest prominent naar voren komen. In de presentatie

van de resultaten ligt het accent volledig op 2020. Vanwege de zeer korte periode tot 2010 is de praktische betekenis van de resultaten voor 2010 beperkt.

Evenals in het analyserapport zijn de resultaten bepaald ten opzichte van een geactualiseerde variant van het GE-scenario (GE^{act}). In deze variant is vanwege de recente wijzigingen in het beleid voor duurzame energie het vermogen van windenergie op zee lager dan in GE: 2000 in plaats van 6000 MW. Deze geringere groei wordt grotendeels opgevangen door extra kolenvermogen. De consequentie hiervan is dat het additionele reductiepotentieel van wind op zee groter is, evenals dat van alle maatregelen die in plaats van nieuw kolenvermogen kunnen worden toegepast. De veranderingen in het potentieel zijn via schaalfactoren (zie Bijlage D) weergegeven.

5.3 Overzicht van het totale reductiepotentieel en kosten

Tabel 5.2 en Tabel 5.3 tonen de maximaal haalbare reducties per doelstof, met de bijbehorende kosten. Deze maximale reductie is voor iedere doelstof afzonderlijk bepaald. Het is niet mogelijk om deze maximaal mogelijke reducties voor alle doelstoffen tegelijk te halen, doordat maatregelen elkaar vooral bij hoge emissiereducties in de weg gaan zitten. Als indicatie voor de maximale potentiëlen zijn de getoonde getallen echter goed bruikbaar. Het is echter ook niet mogelijk om uit deze tabellen beleidsrelevante conclusies voor de kosten te trekken: bij een relatief kleine afname van de reductie nemen de kosten zeer sterk af.

Zonder aanvullende randvoorwaarden maar met de -technische- beperkingen op de CO₂-opslagcapaciteit in 2020 kunnen de meeste emissies op basis van de technische potentiëlen met meer dan de helft verminderd worden, m.u.v. ammoniak en NMVOS. Ook bij het primair en fossiel energiegebruik is het niet mogelijk om dit met meer dan 50% te verminderen.

Tabel 5.2 *Maximaal haalbare emissiereductie per doelstof zonder aanvullende randvoorwaarden*

	Eenheid	Geen aanvullende restricties					
		Emissies GE ^{act} 2020	Reductie	Emissie	Emissie	Kosten	Spec. kosten (gemiddeld)
		[Eenheid]	[Eenheid]	[Eenheid]	[%]	[mln €]	[mln €/ eenheid]
CO ₂	[Mton]	215.0	120.0	95.0	-56	12080	101
CH ₄	[Mton CO ₂ -eq]	12.7	8.1	4.6	-64	1111	137
N ₂ O	[Mton CO ₂ -eq]	18.8	7.0	11.8	-37	645	92
F-gassen	[Mton CO ₂ -eq]	3.8	1.9	1.9	-50	195	102
Broeikasgassen	[Mton CO ₂ -eq]	250.3	136.1	114.2	-54	12430	91
NO _x	[kton]	279.0	151.0	128.0	-54	9997	66
SO ₂	[kton]	83.0	68.9	14.1	-83	2685	39
NH ₃	[kton]	147.0	52.8	94.2	-36	539	10
Verzuring	[mld zuur-eq]	17.3	8.7	8.6	-50	12080	1387
NMVOS	[kton]	182.0	29.3	152.7	-16	1627	55
Fijn stof PM ₁₀	[kton]	47.0	22.9	24.1	-49	3015	132
Primair verbruik	[PJ]	3925.2	1236.1	2689.1	-31	11954	10
Fossiel verbruik	[PJ]	3623.5	1441.2	2182.3	-40	12208	8

Met de aanvullende restricties is alleen bij SO₂ nog een vermindering van meer dan 50% mogelijk.

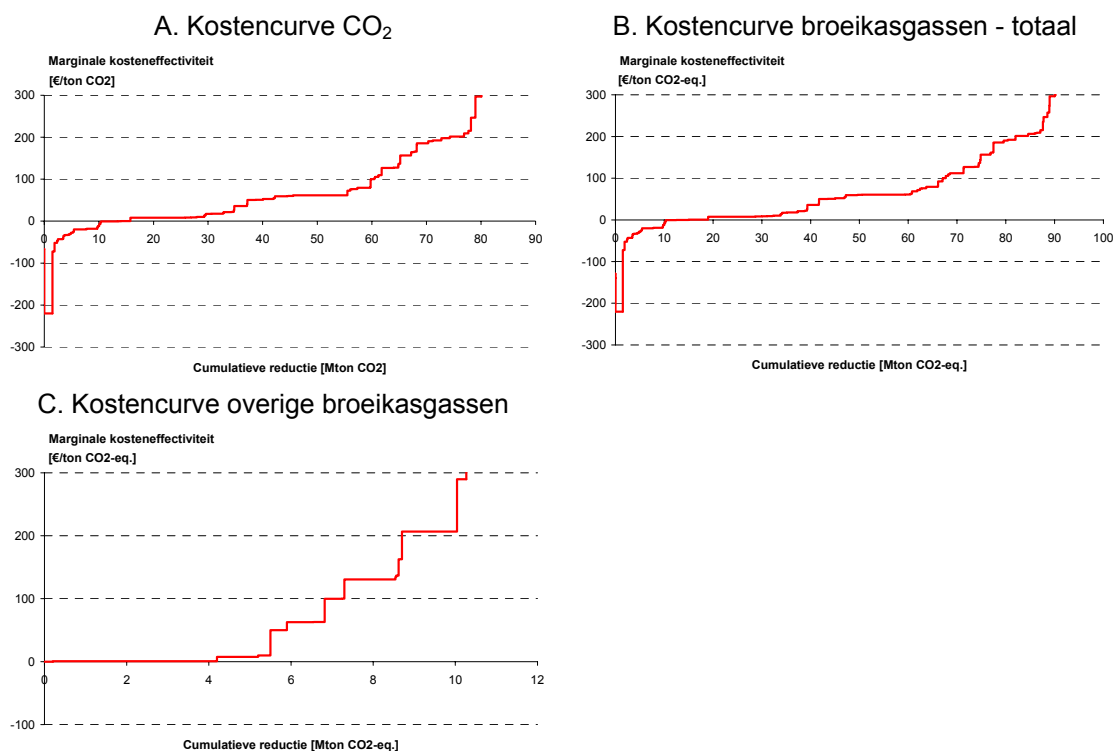
Tabel 5.3 *Maximaal haalbare emissiereductie per doelstof met aanvullende restricties*

	Eenheid	Aanvullende restricties				Kosten [mln €]	Spec. kosten (gemiddeld) [mln €/ een- heid]
		Emissies GE ^{act} 2020	Reductie	Emissie	Emissie		
		[Eenheid]	[Eenheid]	[Eenheid]	[%]		
CO ₂	[Mton]	215.0	85.5	129.5	-40	9045	106
CH ₄	[Mton CO ₂ -eq]	12.7	3.3	9.4	-26	782	235
N ₂ O	[Mton CO ₂ -eq]	18.8	5.7	13.1	-31	298	52
F-gassen	[Mton CO ₂ -eq]	3.8	1.5	2.3	-39	11	7
Broeikasgassen	[Mton CO ₂ -eq]	250.3	95.8	154.5	-38	9605	100
NO _x	[kton]	279.0	119.4	159.6	-43	7462	63
SO ₂	[kton]	83.0	55.9	27.1	-67	1510	27
NH ₃	[kton]	147.0	52.8	94.2	-36	539	10
Verzuring	[mld zuur-eq]	17.3	7.4	9.9	-43	8354	1127
NMVOS	[kton]	182.0	28.8	153.2	-16	126	4
Fijn stof PM ₁₀	[kton]	47.0	20.2	26.8	-43	1616	80
Primair verbruik	[PJ]	3925.2	724.0	3201.2	-18	7503	10
Fossiel verbruik	[PJ]	3623.5	972.9	2650.6	-27	8459	9

De presentatie van de kostencurves en optiepakketten van de afzonderlijke emissithema's vindt plaats aan de hand van de overkoepelende emissithema's broeikasgassen, verzurende emissies, overige emissies en energiegebruik.

5.4 Maximale emissiereducties broeikasgassen

Figuur 5.1 toont de marginale kostencurves voor emissiereducties van alle broeikasgassen samen, en apart voor CO₂ en de overige broeikasgassen. Binnen het totaal potentieel voor BKG-emissiereducties van circa 95 Mton CO₂-eq komt 10 Mton CO₂-eq voor rekening van de overige broeikasgassen, en 85 Mton voor rekening van CO₂. Hierbij valt op dat, in tegenstelling tot het Optiedocument uit 1998, de overige broeikasgassen niet langer overwegend tot het goedkope potentieel horen, maar dat het potentieel ook hier over alle kostenniveaus verdeeld is, m.u.v. de negatieve kosten. De curves laten weliswaar duidelijk zien hoe de laatste eenheden emissiereductie tot een onevenredig grote toename van de kosten leiden, maar eigenlijk is dit nog een onderschatting van de werkelijke kosten van de laatste eenheden. Bij het realiseren van het laatste beetje reductie verandert namelijk de vorm van de hele curve, doordat goedkope maatregelen het veld moeten ruimen voor concurrerende duurdere maatregelen, die net een beetje meer reductie leveren. Het linker deel van de getoonde curves ligt daardoor gemiddeld wat hoger dan wanneer met een iets lagere doelstelling wordt gerekend. Op basis van de curve is het dus niet mogelijk om precies te bepalen wat de marginale kosten zijn van een bijvoorbeeld half zo grote emissiereductie, maar de curve geeft hiervan wel een redelijke indicatie.



Figuur 5.1 *Kostencurves voor de broeikasgassen bij maximale emissiereductie voor CO₂, broeikasgassen totaal en de overige broeikasgassen*

Tabel 5.4 toont, in volgorde van de bijdrage, de 23 grootste individuele opties uit het optiepakket met de maximaal haalbare BKG-emissiereductie van 96 Mton CO₂-eq. De vier maatregelen met de grootste reductie zijn primair gericht zijn op CO₂-reductie. Windenergie op zee levert de grootste bijdrage, met 10% van de totale emissiereductie, gevolgd door de bouw van een nieuwe kerncentrale's met een bijdrage van 9%, nieuwe WKK-concepten met CO₂-afvang met een bijdrage van 7% en biobrandstoffen met 5%. De volgende twee zijn gericht op de overige broeikasgassen: lachgasreductie bij de salpeterzuurfabrieken (N₂O) en vergisting mest en co-substraat melkveebedrijven (CH₄) met beide een bijdrage van 4%.

Tabel 5.5 toont de reductie per sector bij de maximale reductie van broeikasgasemissies. De emissiereducties in de tabel zijn toegedeeld op basis van de sector waar de maatregel genomen wordt, en niet waar de maatregel effect heeft. Emissiereductie door besparing op elektriciteit in de gebouwde omgeving wordt hier dus toegedeeld aan de gebouwde omgeving, en niet aan de energiesector, waar de resulterende emissiereductie uiteindelijk zichtbaar wordt.

De sectoren energie en industrie leveren de grootste bijdrage, met 35% en 25% van de totale emissiereductie. Vergeleken met de bijdrage van de sectoren aan de emissies in het achtergrondscenario is de inspanning overigens vrij gelijkelijk verdeeld over de sectoren, m.u.v. de transportsector. Opvallend is het hoge aandeel van reducties bij de OBG in de landbouw. Waar in de andere sectoren de OBG-maatregelen een beperkt aandeel hebben in de totale BKG-emissies, is in de landbouw het totaal potentieel voor OBG zelfs groter dan voor CO₂.

Tabel 5.4 *Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel BKG-emissies voor het zichtjaar 2020*

	Doelstof	Reductie		Nationale kosten	
		[Mt CO ₂ -eq]	[%]	Totaal [mln €/jr]	Specifiek [€/t CO ₂ -eq]
Windenergie op zee	CO ₂	10,0	10	605	61
Bouw nieuwe kerncentrale(s)	CO ₂	8,7	9	68	8
Nieuwe concepten grootschalige WKK met CO ₂ -afvang	CO ₂	6,9	7	405	58
Toepassing biobrandstoffen in transport	CO ₂	4,6	5	900	194
Lachgasreductie salpeterzuurfabrieken	N ₂ O	4,0	4	2	1
Vergisting mest en co-substraat melkveebedrijven	CH ₄	3,7	4	396	107
Warmtevraagvermindering industrie, handelend	CO ₂	2,9	3	139	47
Groen gas uit (co)vergisting van mest (en biomassa)	CO ₂	2,9	3	687	236
Elektriciteitsbesparing door verhoging efficiency elektrische apparaten huishoudens	CO ₂	2,7	3	354	129
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	CO ₂	2,7	3	128	48
Recycling van kunststoffen	CO ₂	2,6	3	286	109
CO ₂ -opslag raffinaderijen	CO ₂	2,3	2	21	9
Elektriciteitsbesparing gebouwgebonden verbruik HDO	CO ₂	2,3	2	-46	-20
CO ₂ -afvang grootschalige WKK nieuw	CO ₂	2,3	2	127	56
CO ₂ -afvang ammoniakproductie	CO ₂	2,2	2	19	9
Aanscherping ACEA-convenant	CO ₂	2,0	2	310	156
Biomassa centrales	CO ₂	1,9	2	100	52
Accijns-, MRB- en BPM-cocktail (C10.1)	CO ₂	1,7	2	0	0
Elektriciteitsbesparing apparaten HDO	CO ₂	1,7	2	-32	-19
Warmtevraagvermindering glastuinbouw	CO ₂	1,6	2	125	79
EU convenant CO ₂ -uitstoot bestelauto's (C12.2)	CO ₂	1,6	2	302	192
Reducties bij het gebruik van F-gassen	F-gassen	1,5	2	11	7
Kilometerheffing personenauto's, bestelauto's en motorfietsen (C1.1)	CO ₂	1,5	2	-328	-220
Overig		21,5	22	5515	256
Totaal		96	100	10094	

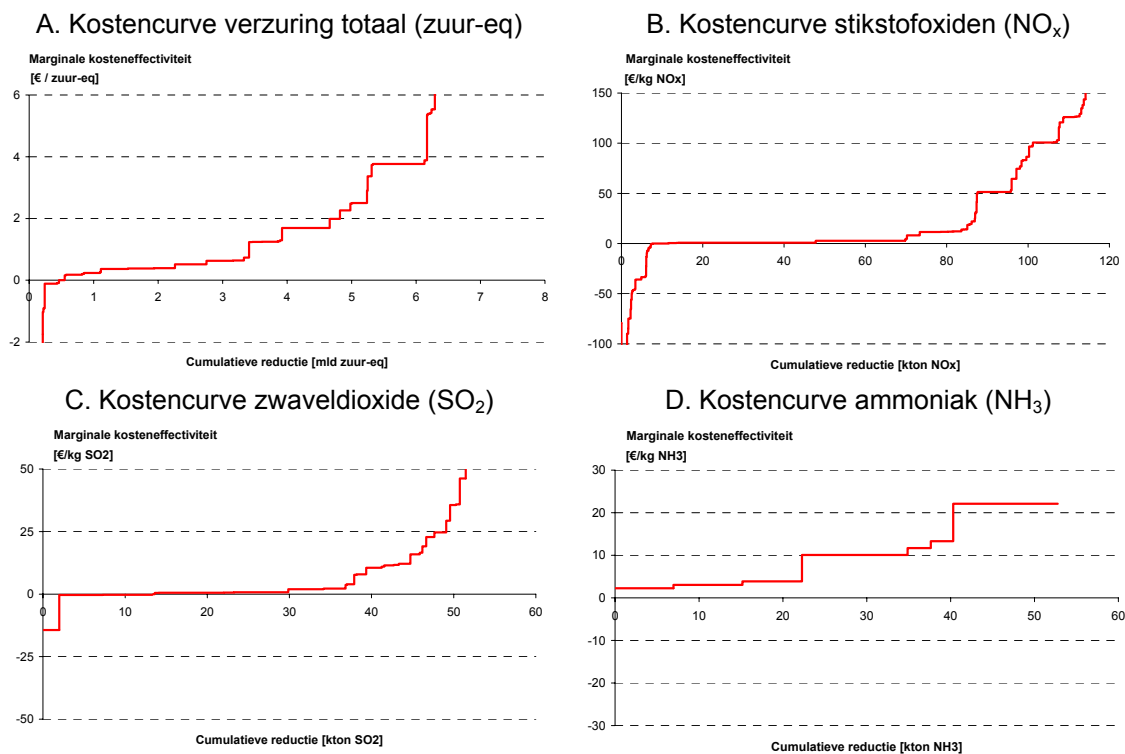
Tabel 5.5 *Reductie per sector en doelstof bij maximale emissiereductie broeikasgassen*

Sector	Emissiereductie broeikasgassen [Mton CO ₂ -eq]						Emissiereductie broeikasgassen [% bijdrage aan maximum reductie]					
	BKG	CO ₂	OBG	CH ₄	N ₂ O	F-gas	BKG	CO ₂	OBG	CH ₄	N ₂ O	F-gas
Landbouw SW	10,2	4,4	4,9	3,2	1,7		11	5	5	3	2	
Gebouwde omgeving SW	14,3	13,9	0,1	0,1			15	14	0	0		
Transport SW	12,5	12,5					13	13				
Industrie SW ^a	25,4	19,9	5,5		4,0	1,5	26	21	6		4	2
Energie SW	33,5	34,9					35	36				
Totaal	96,0	85,6	10,5	3,3	5,7		100	89	11	3	6	2

^a De optie voor emissiereductie van F-gassen wordt toegeschreven aan de industrie, in werkelijkheid treedt een deel van de emissiereducties ook op in andere sectoren

5.5 Maximale emissiereductie verzurende stoffen

In onderstaande figuur worden de kostencurves getoond voor de verzurende componenten NO_x , SO_2 en NH_3 . Daarbij wordt ook een kostencurve getoond voor maximale reductie van de verzurende componenten gecombineerd (uitgedrukt in zuurequivalenten).¹⁹ Daarna volgt een toelichting per verzurende doelstof.



Figuur 5.2 *Kostencurven voor de verzurende componenten bij maximale emissiereductie voor verzuring totaal, stikstofoxiden, zwaveldioxide en ammoniak.*

Verzuring totaal

In de kostencurve ‘verzuring totaal’ wordt op basis van alle beschikbare opties het maximum technisch potentieel voor emissiereductie weergegeven in mld zuurequivalenten. De maximum reductie gaat tot ca. 7,4 mld zuur-eq. Dit is inclusief maatregelen die voor de emissiereductie van verzurende doelstoffen zeer duur zijn, zoals bijvoorbeeld enkele zonne-energie opties. Als deze figuur (Figuur 5.2A) wordt weergegeven tot een marginale kosteneffectiviteit van 6 €/zuur-eq, dan wordt een emissiereductiepotentieel tot circa 6,3 mld zuur-eq getoond. Een overzicht van de reductiemaatregelen per doelstof en per sector wordt in Tabel 5.6 gegeven.

Uit Tabel 5.6 wordt duidelijk dat voor de theoretisch maximale emissiereductie van verzurende componenten de grootste emissiereductie voor rekening komt van emissiereductie ammoniak, en daarmee voor rekening van de sector landbouw. Bijna 40% van de maximale emissiereductie vindt plaats in de sectoren industrie en energie, min of meer gelijkelijk verdeeld over NO_x en SO_2 . De verdeling in Tabel 5.6 is slechts gebaseerd op de theoretisch maximale emissiereductiepotentiëlen voor verzuring, zonder dat daarin kostenaspecten of andere overwegingen zijn betrokken.

¹⁹ Een verzuringsequivalent is de maat voor het zuurvormend vermogen van de verschillende stoffen en komt overeen met 32 g SO_2 , 46 g NO_x of 17 g NH_3 .

Tabel 5.6 *Reductie per sector en doelstof bij maximale emissiereductie verzuring*

Sector	Emissiereductie verzuring [mld zuur-eq]				Emissiereductie verzuring [% bijdrage aan maximum reductie]			
	Totaal	NO _x	SO ₂	NH ₃	Totaal	NO _x	SO ₂	NH ₃
Landbouw SW	3,3	0,2	0,1	3,1	45	2	1	42
Gebouwde omgeving SW	0,5	0,4	0,0	0,0	6	5	1	0
Transport SW	0,8	0,7	0,1	0,0	11	9	2	0
Industrie SW	0,9	0,6	0,3	0,0	12	8	4	0
Energie SW	1,9	0,7	1,1	0,0	25	10	15	0
Totaal	7,4	2,6	1,7	3,1	100	35	23	42

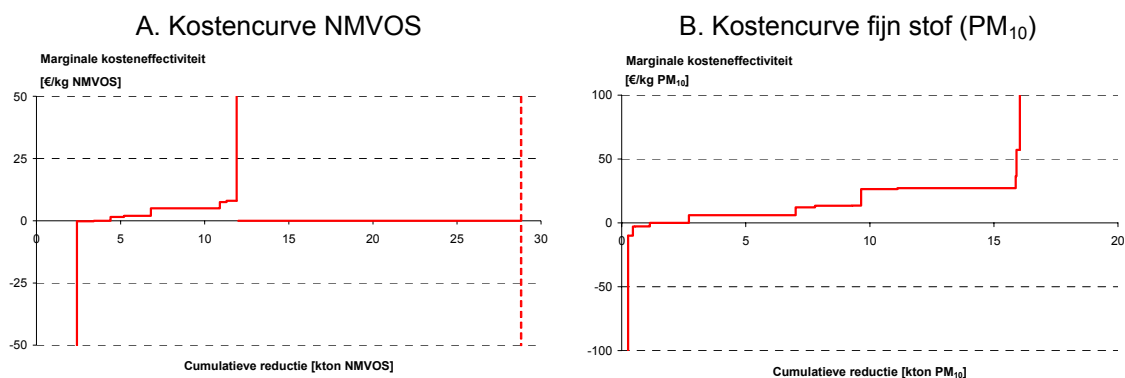
Een overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel voor verzurende emissies wordt in Tabel 5.7 gegeven. Hieruit wordt duidelijk dat de opties met het grootste emissiereductiepotentieel aangrijpen op de emissie van ammoniak. Ook wordt uit deze tabel duidelijk dat een groot aantal opties aangrijpt op energiegebruik/CO₂, waarbij de emissiereductie van verzurende componenten als synergistisch effect beschouwd kan worden.

Tabel 5.7 *Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel verzurende emissies voor het zichtjaar 2020*

	Doelstof	Emissiereductie		Nationale kosten	
		[mld zuur-eq]	[% van maximaal]	Totaal [mln €/jr]	Specifiek [mln €/mld zuur-eq]
Luchtwassers varkens- en pluimveestallen	NH ₃	1,2	16	151	131
Evenwichtsbemesting, mestverwerking	NH ₃	0,7	10	276	377
Rantsoenaanpassingen melkvee (melkureum)	NH ₃	0,5	7	25	52
Aanscherping prestatienorm voor deelnemers NO _x -emissiehandel industrie	NO _x	0,5	6	38	81
Aanscherpen emissiearme aanwending op grasland	NH ₃	0,4	6	16	39
Subsidieregeling en heffing binnenvaart NO _x (N12.5)	NO _x	0,3	4	13	41
Emissiearme stallen rundvee	NH ₃	0,3	4	68	213
Aanscherping prestatienorm voor deelnemers NO _x -emissiehandel elektriciteitsopwekking	NO _x	0,3	4	24	81
Windenergie op zee	CO ₂	0,3	4	604	2283
Optimalisatie rookgasreiniging kolencentrales	SO ₂	0,2	3	4	16
Bouw nieuwe kerncentrale(s)	CO ₂	0,2	3	66	287
Rookgasreiniging regenerator catcrackers	SO ₂	0,2	3	5	24
Roetfilters - beleidspakket fijn stof wegverkeer	Fijn stof	0,2	2	416	2362
Olie- naar gasstook raffinaderijen	SO ₂	0,2	2	-2	-13
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	CO ₂	0,1	2	128	883
Optimalisatie stookgasreiniging raffinaderijen	SO ₂	0,1	2	11	78
Overig		1,6	22	6670	4230
Totaal		7,4	100	8513	

5.6 Maximale emissiereductie NMVOS en fijn stof

In onderstaande figuur worden de kostencurven gepresenteerd voor NMVOS en fijn stof (PM₁₀). De maximale theoretische emissiereductie NMVOS vanuit de opties bedraagt 29 kton voor het zichtjaar 2020. Voor de emissiereductie van PM₁₀ wordt vanuit de optiebeschrijvingen een maximale emissiereductie van 20 kton gevonden. Indien de kostencurve echter wordt getoond tot een marginaal kostenniveau van 100 €/kg (zoals in onderstaande figuur), dan wordt er nog ruim 16 kton emissiereductie getoond.



Figuur 5.3 *Kostencurven voor A) NMVOS en B) PM₁₀ bij maximale emissiereductie*

Maatregelen NMVOS

Bij de NMVOS-maatregelen valt op dat voor een groot deel van de maatregelen geen informatie beschikbaar is over de kosten. Deze opties zijn om pragmatische redenen op een kosteneffectiviteit van 0 €/kg gezet. In de kostencurve (Figuur 5.3A) zijn deze maatregelen opgenomen na de maatregelen waarvoor wel kostenschattingen beschikbaar zijn. Hieruit blijkt dat de maatregelen waarvoor wel kosten bekend zijn, samen tot een maximale emissiereductie van 12 kton NMVOS kunnen leiden. De maatregelen waarvoor kosten niet bekend zijn vullen dit potentieel met 16 kton aan tot 29 kton reductiepotentieel. Deze laatste maatregelen zijn in onderstaande tabel grijs gearceerd weergegeven. De tabel geeft overigens weer wat de maatregelen zijn met de grootste emissiereductie NMVOS. De opties *CO₂-reiniging chemische wasserijen* en *Emissie-eisen houtkachels* geven eveneens een kosteneffectiviteit van 0 €/kg, maar voor deze opties blijkt uit de optiebeschrijvingen dat de ingeschatte kosten van deze maatregelen vrijwel nihil zijn voor emissiereductie in 2020.

Tabel 5.8 *Overzicht van opties met het grootste reductiepotentieel NMVOS voor het jaar 2020*

	Doelstof	Emissiereductie		Nationale kosten	
		[kton NMVOS]	[% van maximaal]	Totaal [mln €/jr]	Specifiek [€/kg NMVOS]
Uitbreiden EU productenrichtlijn 2004/42/EG consumenten	NMVOS	6,0	21	0	0
Aanscherpen EU productenrichtlijn 2004/42/EG bouw	NMVOS	4,1	14	21	5
Maatregelen industriële verftoepassingen	NMVOS	3,4	12	5	1
Afschaffing van de BPM-dieseltoeslag (C5.2)	CO ₂	2,8	10	0	0
Kilometerheffing personenauto's, bestelauto's en motorfietsen (C1.1)	CO ₂	2,4	8	-164	-68
Uitbreiden EU productenrichtlijn 2004/42/EG HDO	NMVOS	2,0	7	0	0
Aanscherpen EU productenrichtlijn 2004/42/EG consumenten	NMVOS	1,6	6	3	2
Maatregelen raffinaderijen	NMVOS	1,2	4	4	3
Uitbreiden EU productenrichtlijn 2004/42/EG verkeer	NMVOS	1,0	3	0	0
CO ₂ -reiniging chemische wasserijen	NMVOS	1,0	3	0	0
Emissie-eisen houtkachels	Fijn stof	1,0	3	0	0
Maatregelen industrieel reinigen en ontvetten	NMVOS	0,9	3	0	0
Aanscherpen EU productenrichtlijn 2004/42/EG HDO	NMVOS	0,6	2	5	8
BTW op Europese vliegtickets	NO _x	0,5	2	0	0
Invoering APK motorfietsen (V3.3)	NMVOS	0,2	1	0	0
Snelheidsverlaging snelwegen	CO ₂	0,1	0	416	4160
Totaal		29	100	290	

NB: voor de grijs gearceerde opties is geen inschatting van de kosten beschikbaar.

Emissiereductie fijn stof

Het maximaal haalbaar potentieel voor emissiereductie PM₁₀ bedraagt 20 kton. Bijna de helft hiervan komt voor rekening van de optie *Luchtwassers varkens- en pluimveestallen*, waarmee ook bijna de helft van het potentieel bij de sector landbouw wordt gevonden. Daarnaast zijn de sectoren transport en industrie van belang. Uit de kostencurve voor fijn stof valt op dat de (marginale) kosten snel sterk toenemen. Rond een emissiereductie van 10 kton stijgen de specifieke kosten tot boven 20 €/kg en vanaf ca. 16 kton stijgen de kosten boven de 50 €/kg fijn stof emissiereductie.

In onderstaand overzicht worden de afzonderlijke opties met de grootste emissiereductie fijn stof weergegeven. Ook in deze overzichtstabel zijn drie opties opgenomen waarvoor geen accurate inschatting van kosten beschikbaar is. Het betreft in totaal ca. 5% van de emissiereductie van fijn stof. Hierbij zitten twee verkeersopties. Voor deze opties zijn in het Optiedocument Verkeersemissies (Van den Brink et al., 2004) wel schattingen gegeven van de inkomsten voor de overheid (extra inkomsten uit belasting en accijnzen). Omdat het echter gaat om opties die leiden tot een verandering in de mobiliteit zonder dat daarbij technische aanpassingen nodig zijn, geeft de Milieukostenmethodiek te weinig houvast voor het berekenen van de milieukosten. Voor de optie *Fijn stof emissiereductie bij bouw- en sloopwerken* bestaat er onvoldoende kennis van de kosten, waardoor in onderstaande tabel een kosten-effectiviteit van 0 €/kg wordt opgevoerd. Van deze optie is echter wel bekend dat deze waarschijnlijk tot substantiële kosten leidt.

Tabel 5.9 *Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel fijn stof voor het zichtjaar 2020*

	Doelstof	Emissiereductie		Nationale kosten	
		[kton PM ₁₀]	[%]	Totaal [mln €/jr]	Specifiek [€/kg PM ₁₀]
Luchtwassers varkens- en pluimveestallen	NH ₃	8,9	44	151	17
Roefilters - beleidspakket fijn stof wegverkeer	Fijn stof	2,6	13	416	160
Reductie fijn stof-emissie voeding	Fijn stof	2,2	11	49	22
Reductie fijn stof-emissie op- en overslagbedrijven	Fijn stof	1,5	7	20	13
Reductie fijn stof-emissie chemische industrie	Fijn stof	1,2	6	102	87
Reductie fijn stof-emissie bouw- en sloopwerken	Fijn stof	0,8	4	0	0
Olie- naar gasstook raffinaderijen	SO ₂	0,6	3	-2	-3
Reductie fijn stof-emissie basismetaleel	Fijn stof	0,3	2	25	76
Accijns-, MRB- en BPM-cocktail (C10.1)	CO ₂	0,3	1	0	0
Windenergie op zee	CO ₂	0,2	1	524	2564
Emissie-eisen houtkachels	Fijn stof	0,2	1	0	0
Introductie brandstoftoeslag MRB bestelauto's op diesel en LPG (N6.1)	NO _x	0,2	1	0	0
Snelheidsverlaging snelwegen	CO ₂	0,2	1	416	2080
Kilometerheffing personenauto's, bestelauto's en motorfietsen (C1.1)	CO ₂	0,2	1	-164	-820
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	CO ₂	0,2	1	-4	-21
Subsidieregeling en heffing binnenvaart NO _x (N12.5)	NO _x	0,1	1	13	118
Potentieelbenutting kleinschalige WKK landbouw	CO ₂	0,1	1	40	375
Overig		0,4	2	225	567
Totaal		20	100	1811	

NB: voor de grijs gearceerde opties is geen inschatting van de kosten beschikbaar.

In de volgende tabel wordt de verdeling over de sectoren gegeven van de emissiereductie NM-VOS en fijn stof indien maximale emissiereductie per doelstof wordt nagestreefd.

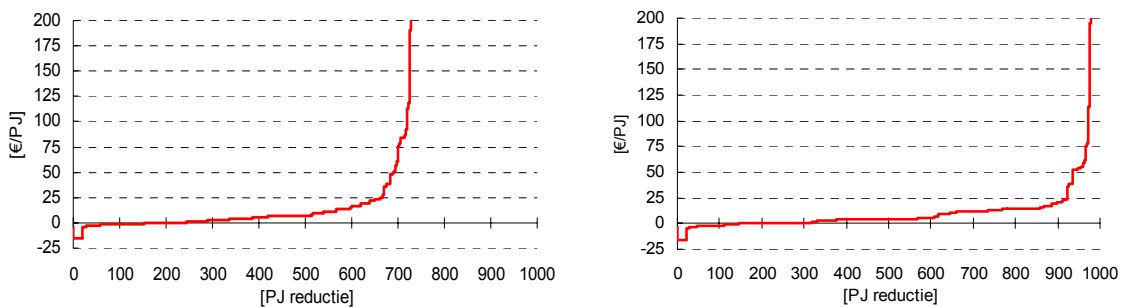
Tabel 5.10 *Reductie per sector en doelstof bij maximale emissiereductie voor NMVOS en fijn stof (PM₁₀)*

Sector	Emissiereductie [kton]		Emissiereductie [% bijdrage aan maximum reductie]	
	NMVOS	Fijn stof PM ₁₀	NMVOS	Fijn stof PM ₁₀
Landbouw SW	0	9	0	45
Gebouwde omgeving SW	12,2	1,7	42	9
Transport SW	7	3,7	24	18
Industrie SW	8,4	4,8	29	24
Energie SW	1,2	1	4	5
Totaal	28,8	20,2	100	100

5.7 Maximale reducties energiegebruik

De figuren tonen de marginale kostencurves voor reductie van het primair energiegebruik en het fossiel energiegebruik. Het belangrijkste verschil tussen beide is dat de inzet van hernieuwbare energie wel meetelt als primair energiegebruik²⁰, maar niet als fossiel energiegebruik. Hierdoor is het effect van hernieuwbare energie op de vermindering van fossiel verbruik groter dan het effect op het primair energieverbruik. Het verschil tussen de beide curves komt dan ook voor een belangrijk deel voor rekening van de manier waarop de inzet van hernieuwbare energie meetelt. Ook speelt een rol dat bepaalde maatregelen niet ingezet worden als de vermindering van fossiel verbruik het doel is, doordat andere concurrerende maatregelen die hierop beter scoren ze verdringen.

De totaal haalbare reducties zijn ruim 720 PJ op primair en ruim 970 PJ op fossiel. De kosten van de laatste PJ vermindering lopen hierbij op tot boven de 200 M€/PJ. Een wat kleinere reductie kost veel minder: 660 PJ reductie op primair en 920 PJ reductie op fossiel zijn haalbaar tegen kosten tot 25 M€/PJ.



Figuur 5.4 *Kostencurven voor primair verbruik (l) en fossiel verbruik (r) bij maximale emissiereductie*

De tabellen met de maatregelen met de grootste bijdragen bevestigen de rol van hernieuwbare energie. Hernieuwbare opties scoren anders op fossiel en primair, terwijl een optie als warmte- vraagvermindering in de industrie dezelfde reductie oplevert. Een fors aantal opties komt maar in een van beide pakketten voor. Het betreft hierbij bijvoorbeeld hernieuwbare opties die slecht of zelfs averechts werken op het primair energieverbruik, maar wel het fossiel verbruik vermin-

²⁰ Bij een fysieke inzet van een hernieuwbare brandstof, bijvoorbeeld biomassa wordt het primair energiegebruik berekend als de verbrandingswaarde van de ingezette brandstof. Waar geen sprake is van een fysieke brandstofinzet, zoals bij windenergie en zonne-energie, wordt het primair energiegebruik berekend door de (elektrici- teits)productie te verrekenen met een fictief rendement van 100%.

deren. Dit geldt met name voor hernieuwbare opties op basis van biomassa. Een andere categorie maatregelen betreft efficiencyverhoging en brandstofsubstitutie in de elektriciteitsopwekking. Deze maatregelen scoren weliswaar positief op zowel de reductie van primair verbruik als fossiel verbruik, maar worden door hernieuwbare opties weggeconcurrereerd als de vermindering van fossiel verbruik het doel is.

Tabel 5.11 *Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel primair verbruik voor het zichtjaar 2020*

	Doelstof	Reductie		Nationale kosten	
		[PJ]	[%]	[€]	[€/PJ]
Windenergie op zee	CO ₂	82,6	11	611	7
Warmtevraagvermindering industrie, handelend	CO ₂	52,2	7	139	3
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	CO ₂	41,7	6	128	3
Elektriciteitsbesparing door verhoging efficiency elektrische apparaten huishoudens	CO ₂	40,7	6	356	9
Elektriciteitsbesparing gebouwgebonden verbruik HDO	CO ₂	34,0	5	-45	-1
Aanscherping ACEA-convenant	CO ₂	27,4	4	310	11
Potentieelbenutting kleinschalige WKK landbouw	CO ₂	25,9	4	13	1
Vraagbeperking bestaande bouw huishoudens	CO ₂	25,0	3	307	12
Elektriciteitsbesparing apparaten HDO	CO ₂	24,9	3	-31	-1
Accijns-, MRB- en BPM-cocktail (C10.1)	CO ₂	23,7	3	0	0
Nieuwe concepten grootschalige WKK	CO ₂	23,4	3	216	9
Warmtevraagvermindering glastuinbouw	CO ₂	23,2	3	125	5
Vraagbeperking bestaande bouw HDO	CO ₂	23,0	3	440	19
Verbeteringen raffinaderijproces	CO ₂	22,5	3	-20	-1
Recycling van kunststoffen	CO ₂	22,4	3	286	13
EU convenant CO ₂ -uitstoot bestelauto's (C12.2)	CO ₂	21,5	3	302	14
Kilometerheffing personenauto's, bestelauto's en motorfietsen (C1.1)	CO ₂	20,6	3	-328	-16
Overig		189,1	26	4805	25
Totaal		724	100	7614	

Tabel 5.12 *Overzicht van de opties met het grootste reductiepotentieel fossiel verbruik voor het zichtjaar 2020*

	Doelstof	Reductie		Nationale kosten	
		[PJ]	[%]	[€]	[€/PJ]
Windenergie op zee	CO ₂	131,2	13	604	5
Bouw nieuwe kerncentrale(s)	CO ₂	114,1	12	66	1
Toepassing biobrandstoffen in transport	CO ₂	64,8	7	900	14
Warmtevraagvermindering industrie, handelend	CO ₂	52,2	5	139	3
Groen gas uit (co)vergisting van mest (en biomassa)	CO ₂	52,0	5	687	13
Elektriciteitsbesparing door verhoging efficiency elektrische apparaten huishoudens	CO ₂	36,1	4	354	10
Elektriciteitsbesparing gebouwgebonden verbruik HDO	CO ₂	30,1	3	-47	-2
Vergisting mest en co-substraat melkveebedrijven	CH ₄	28,7	3	396	14
Warmtevraagvermindering glastuinbouw	CO ₂	28,1	3	125	4
Aanscherping ACEA-convenant	CO ₂	27,4	3	310	11
Biomassa centrales	CO ₂	25,3	3	100	4
Vraagbeperking bestaande bouw huishoudens	CO ₂	25,0	3	307	12
Accijns-, MRB- en BPM-cocktail (C10.1)	CO ₂	23,7	2	0	0
Vraagbeperking bestaande bouw HDO	CO ₂	23,0	2	440	19
Recycling van kunststoffen	CO ₂	22,7	2	286	13
Verbeteringen raffinaderijproces	CO ₂	22,5	2	-20	-1
Elektriciteitsbesparing apparaten HDO	CO ₂	22,1	2	-32	-1
Overig		243,4	25	3961	16
Totaal		972	100	8576	

Ook in de verdeling over de sectoren is bovenstaand patroon herkenbaar. De verschillen tussen de absolute reductie door de sectoren zijn het grootst waar hernieuwbare opties een belangrijke rol kunnen spelen, zoals in de transportsector en -in nog sterkere mate- de energiesector. Verder valt het hoge aandeel van de gebouwde omgeving op, vooral bij de vermindering van het primair energieverbruik. Dit komt met name door het grote relatief grote potentieel aan besparing op elektriciteit.

Tabel 5.13 *Overzicht van de verdeling van de reducties van primair verbruik en fossiel verbruik over de sectoren bij maximale reductie*

Sector	Reductie energieverbruik [PJ]		Reductie energieverbruik [% bijdrage aan maximum reductie]	
	Primair verbruik	Fossiel verbruik	Primair verbruik	Fossiel verbruik
Landbouw SW	63	67	9	7
Gebouwde omgeving SW	228	204	32	21
Transport SW	115	173	16	18
Industrie SW	120	103	17	11
Energie SW	197	425	27	44
Totaal	724	973	100	100

5.8 Synergie

Synergie en antagonisme hebben betrekking op de neveneffecten van het bereiken van emissie-reducties voor een specifiek emissie-thema op het bereiken van reducties bij andere emissie-thema's. Bij synergie zijn deze effecten gunstig, bij antagonisme ongunstig. Het analysemodel genereert een integrale oplossing en houdt daarom automatisch rekening met synergie. Als het model een optiepakket genereert dat aan meerdere doelen tegelijk moet voldoen, dan is dit voor deze combinatie van doelen al het optiepakket met de laagste kosten. Met het model is het mogelijk om synergie en aspecten van synergie op verschillende manieren in beeld te brengen.

Voor het beleid is het met name interessant hoe synergie kan bijdragen aan het bereiken van meerdere doelstellingen tegen lagere kosten. Met name wanneer doelstellingen ambitieus zijn en hogere kosten met zich meebrengen is het aantrekkelijk om synergie te benutten en de kosten toch zo laag mogelijk te houden. Door bij het kiezen voor maatregelen op voorhand rekening te houden met alle doelen, kunnen die doelen vaak tegen lagere kosten bereikt worden dan wanneer optiepakketten per doel worden vormgegeven.

Neveneffecten van doelstellingen

Veel opties worden in de eerste plaats ingezet voor hun effect op een specifiek emissie-thema, maar hebben ook effecten op andere emissies. Besparing op elektriciteit resulteert bijvoorbeeld in een lagere CO₂-uitstoot, maar reduceert ook de NO_x- en SO₂-emissies van de elektriciteitssector. Dit betekent dat het bereiken van een doelstelling voor NO_x en SO₂ vervolgens minder extra maatregelen en kosten vereist. De optiepakketten uit de paragrafen 5.4 tot 5.6 zijn gericht op een individuele doelstof, maar hebben wel effecten op andere doelstoffen. Tabel 5.14 geeft per doelstof weer hoeveel procent van de maximaal haalbare reductie gehaald wordt, als onderdeel van een optiepakket dat gericht is op het maximaliseren van de reductie van een andere doelstof. Dit is een ruwe indicator van de synergie vanuit een pakket voor een bepaald thema voor de reductie op een ander thema.

Tabel 5.14 *Overzicht van de (emissie)reductie die wordt bereikt per doelstof/reductiethema bij maximale reductie voor één doelstof/reductiethema*

Bijkomende reducties op andere doelstoffen	Doelen voor maximale reductie										
	CO ₂	OBG	BKG	NO _x	SO ₂	NH ₃	Verzuring	NM-VOS	Fijn stof PM ₁₀	Primair verbruik	Fossiel verbruik
CO ₂	100	4	100	71	34		78	3	29	70	80
OBG	24	100	98	4	0	13	17		0	2	24
BKG	92	15	100	63	31	1	71	3	25	63	74
NO _x	29	4	32	100	11		99	-2	34	32	29
SO ₂	44	5	44	47	100		100	0	47	37	28
NH ₃	0	39	39			100	100		37		0
Verzuring	21	19	38	46	28	42	100	-1	39	20	17
NMVOS	19		19	21	9		21	100	21	19	19
Fijn stof PM ₁₀	8	1	9	25	10	44	69	0	100	7	6
Primair verbruik	66	3	67	79	25	0	74	5	32	100	67
Fossiel verbruik	97	3	97	82	16		79	4	21	81	100

De tabel geeft duidelijk weer of er synergie of is, en hoe sterk deze is. Uiteraard gelden de getoonde getallen alleen voor de maximale emissiereductie per thema. Bij andere doelstellingen kan de mate van interactie sterk verschillen.

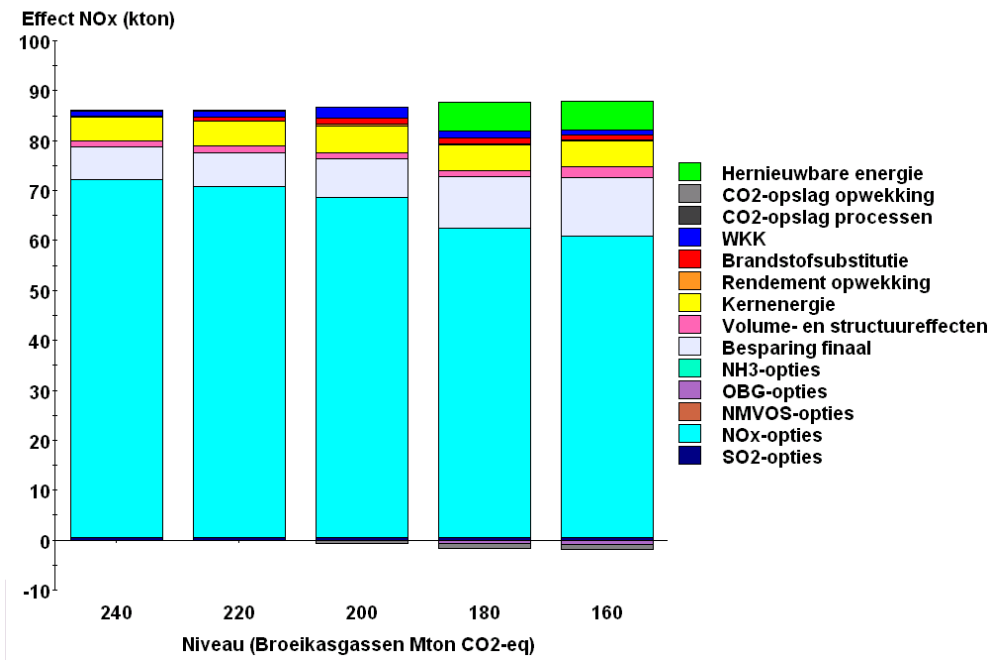
Bij bijvoorbeeld een maximale realisatie van het BKG-reductiepotentieel wordt ook 38% van de reductie van verzuring bereikt. Andersom wordt bij maximale reductie van de verzuring 71% van de reductie van BKG bereikt. Deze getallen zijn te verklaren vanuit onder meer de relatief geringe rol van verzuringsmaatregelen bij het realiseren van de BKG-reductie, terwijl de BKG-maatregelen een grotere rol spelen voor het realiseren van de emissiereductie verzuring.

Ook is uit de tabel af te leiden welke reductiethema's een relatief geïsoleerde positie innemen. De interactie tussen NH₃ en NMVOS enerzijds en de overige emissietheema's anderzijds is bijvoorbeeld relatief gering.

De bijdrage van maatregelen gericht op een thema

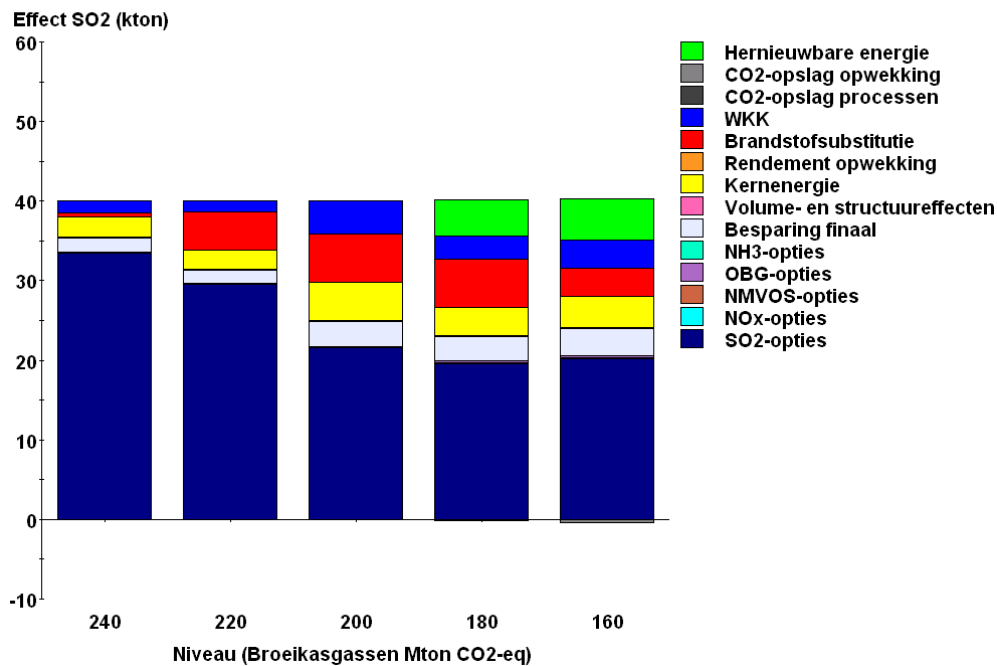
Een manier om synergie in beeld te brengen, kijkt naar de vereiste inzet van maatregelen die speciaal voor een bepaald doel worden ingezet, bijvoorbeeld voor NO_x-reductie. Als bij een oplopende doelstelling voor broeikasgassen minder van deze specifieke NO_x-maatregelen nodig zijn, betekent dat dat er synergie is tussen de maatregelen voor broeikasgassen en die voor NO_x. Figuur 5.5 toont de reductie van NO_x-emissies door verschillende categorieën maatregelen bij oplopende broeikasgasdoelen. Bij een hogere broeikasgasemissiereductie zijn er duidelijk minder specifieke NO_x-maatregelen. Bij een BKG-reductie tot 180 Mton is de vereiste NO_x-reductie door specifieke NO_x-maatregelen zo'n 10% lager dan bij 240 Mton CO₂-eq.

Bijdrage per categorie, extra reductie bovenop het referentiescenario



Figuur 5.5 Reductie door specifieke NO_x-opties bij oplopende broeikasgasdoelen

Bijdrage per categorie, extra reductie bovenop het referentiescenario



Figuur 5.6 Reductie door specifieke SO₂-opties bij oplopende broeikasgasdoelen

Figuur 5.6 laat zien dat dit effect voor SO₂ nog sterker is. De reductie door specifieke SO₂-reductiemaatregelen neemt hier met circa 40% af als de BKG-doelstelling wordt aangescherpt van 240 Mton naar 180 Mton.

De kosten van maatregelen gericht op een thema

In kosten uitgedrukt is de interactie tussen verschillende emissithema's vaak nog duidelijker. Als door het aanscherpen van de CO₂-doelen minder maatregelen speciaal voor de overige emissies ingezet hoeven te worden, vallen daarbij immers eerst de duurste maatregelen af. Tabel 5.15 laat zien wat de kosten zijn van maatregelen die in de eerste plaats voor SO₂ en NO_x-

emissiereductie worden ingezet. Deze nemen, met name voor de SO₂-opties, sterk af bij oplopende BKG-doelen. Bij NO_x is het effect minder groot, maar nog steeds substantieel, waarbij opvalt dat bij de laagste BKG-emissies de kosten weer iets oplopen.

Tabel 5.15 *Kosten voor verschillende categoriën opties bij oplopende broeikasgasdoelen*

	Indicatieve emissiedoelen broeikasgassen 2020 [Mton CO ₂ -eq]				
[mln € / jaar]	240	220	200	180	160
SO ₂ -opties	71	27	8	7	7
NO _x -opties	195	175	151	87	95

Kosten per reductiethema

Ook als op basis van de schaduwrijzen²¹ (zie Paragraaf 4.3) de kosten van de opties toegerekend worden aan de verschillende emissietheema's is er sprake van dalende kosten voor NO_x en SO₂. Tabel 5.16 toont de (positieve) kosten per emissietheema. Voor NO_x, SO₂ en NH₃ zijn er dalende kosten; deze zijn weer het sterkst bij SO₂. Daartegenover staan uiteraard de sterk stijgende kosten voor de broeikasgassen.

Tabel 5.16 *Kosten voor verschillende reductiethema's bij oplopende broeikasgasdoelen*

	Indicatieve emissiedoelen broeikasgassen 2020 [Mton CO ₂ -eq]				
[mln € / jaar]	240	220	200	180	160
Broeikasgassen	0	21	352	1566	4919
NO _x	198	199	182	132	114
SO ₂	74	37	16	12	11
NH ₃	320	318	313	298	237

Kostenbesparing door synergie

Het is op basis van de voorgaande figuren en getallen niet mogelijk om te kwantificeren hoeveel kosten er vermeden worden door de synergie tussen de emissietheema's te benutten. Een indicatieve kwantificering is wel mogelijk door vergelijking van een optiepakket dat samengesteld is op basis van alle doelen tegelijk met een fictieve referentiesituatie waarin het halen van de NEC-doelen en de BKG-doelen afzonderlijk geoptimaliseerd wordt. Tabel 5.17 toont de totale kosten voor een integrale optimalisatie voor alle doelen in vergelijking met een situatie waarin eerst de maatregelen voor de NEC-doelen zijn vastgesteld, en vervolgens pas gekeken is naar de maatregelen voor de broeikasgassen²².

Tabel 5.17 *Verskil in kosten bij separate en integrale invulling BKG-doelen en NEC-doelen*

	Indicatieve emissiedoelen BKG 2020 [Mton CO ₂ -eq]				
[mln € / jaar]	240	220	200	180	160
NEC-doelen en BKG-doelen separaat	-65	-32	377	1592	4929
NEC-doelen en BKG-doelen integraal	-65	-46	283	1417	4601
Verskil	0	-14	-93	-175	-328

De tabel toont de totale pakketkosten, inclusief de maatregelen met negatieve kosten. De indicatieve kostenbesparing door synergie kan hierbij oplopen tot 30% van de netto kosten van het to-

²¹ Bij opties met effecten op meerdere emissies kunnen de kosten op basis van de schaduwrijzen aan die verschillende emissies toegerekend worden.

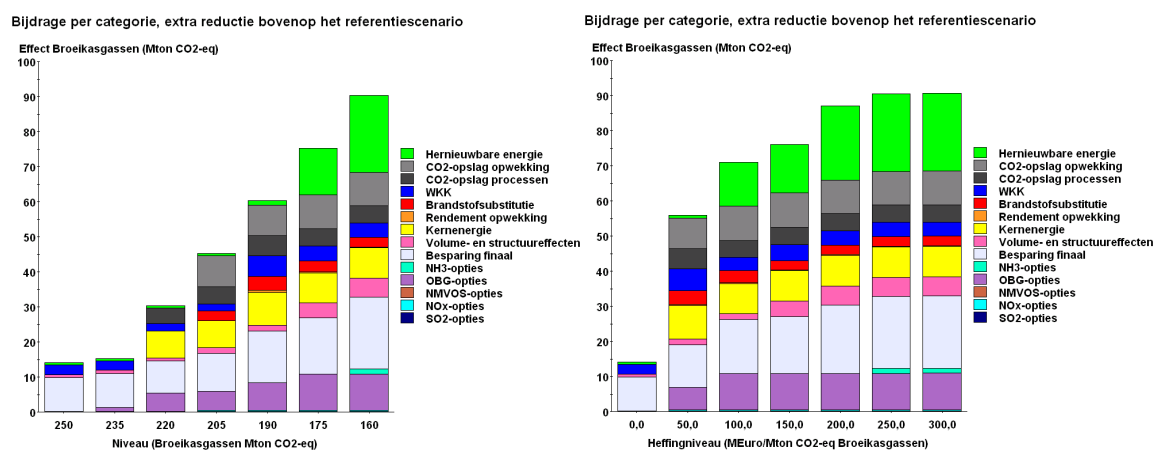
²² Er is eerst een kosteneffectief optiepakket samengesteld voor het halen van alleen de NEC-doelen, en vervolgens zijn de opties uit dit pakket verplicht gesteld bij het berekenen van pakketten gericht op de verschillende BKG-doelen. De verschillen in kosten tussen de separaat en integraal berekende optiepakketten zijn daarmee een indicatie voor de synergie-effecten.

tale optiepakket. Als de kostenbesparing vergeleken wordt met alleen het totaal aan opties met positieve kosten, is de besparing maximaal 13%.

5.9 Voorbeeldanalyse doelen en heffingen

Zoals al genoemd in Paragraaf 4.3 vormen doelen en heffingen²³ elkaars spiegelbeeld. De meeste analyses die uitgevoerd worden met het Optiedocument nemen doelen als uitgangspunt, maar in deze paragraaf worden ook de resultaten getoond van berekeningen op basis van heffingen. Deze worden vergeleken met de resultaten van analyses op basis van doelen. Om een goede vergelijking mogelijk te maken zijn ook hier de analyses weer gebaseerd op doelen en heffingen op één thema tegelijk, te weten BKG en verzuring. De heffing heeft hier betrekking op de nationale kosten, en dat betekent dat de bijbehorende resultaten een enigszins kunstmatig karakter hebben. Sectoren zullen immers de keuze om een optie al dan niet toe te passen baseren op de eindverbruikerskosten en niet op de nationale kosten.

Broeikasgassen



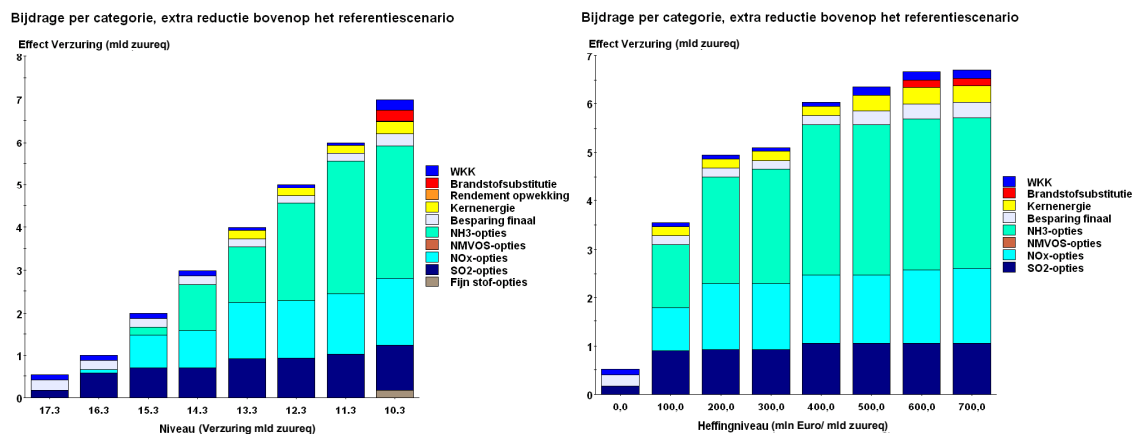
Figuur 5.7 Optiepakketten op basis van oplopende doelen en heffingen voor BKG's

Figuur 5.7 toont optiepakketten voor lineair oplopende doelen en heffingen. Het optiepakket voor reductie tot een emissieniveau van 160 Mton CO₂-eq is hierbij ongeveer gelijk aan de optiepakketten voor heffingen van 250 tot 300 €/ton CO₂. In het verloop van de emissiereductie die hoort bij de oplopende heffingen is ongeveer de opbouw van de kostencurve te herkennen. Zonder heffingen zitten alleen de opties met negatieve kosten in het pakket; tot 50 €/ton CO₂-eq is een reductie van ca 55 Mton rendabel. Boven de 50 €/ton neemt het extra potentieel dat bij oplopende heffingen rendabel wordt af.

Verzuring

Bij verzuring is het pakket voor reductie tot een emissieniveau van 10,3 mld zuur-eq ongeveer gelijk aan het pakket bij een heffing tot 600 €/zuur-eq. Ook hier is de vorm van de kostencurve weer bij benadering te herkennen en is de reductie al bij lagere heffingen groot, terwijl de hogere heffingen niet veel extra potentieel meer ontsluiten.

²³ In het analysemodel wordt de term 'heffing' gebruikt om pakketten samen te stellen die bestaan uit alle opties met marginale kosten onder een bepaald niveau (het niveau van de heffing). Indien men echter daadwerkelijk zou overgaan tot het instellen van een emissieheffing worden in de praktijk niet noodzakelijkerwijs diezelfde opties geïmplementeerd.



Figuur 5.8 *Optiepakketten op basis van oplopende doelen en heffingen voor verzuring*

5.10 Onzekerheden

Deze paragraaf gaat in op de consequenties van de onzekerheden in de optiebeschrijvingen en het analysemodel voor de betekenis en bruikbaarheid van de resultaten. De meer en minder robuuste onderdelen van de resultaten komen hierbij ook aan bod. Deze paragraaf behandelt vooral de technische, kwantitatieve onzekerheden. In Paragraaf 6.4 wordt nader ingegaan op de mogelijkheid om de technische potentiëlen via beleidsinstrumenten te realiseren. Ook in een eerdere rapportage (Daniëls en Farla, 2006) is hier uitgebreid op ingegaan.

Meer en minder robuuste resultaten

Minder robuuste resultaten omvatten die onderdelen van de resultaten die bij relatief geringe wijzigingen in de aannames al veranderen. Voorbeelden hiervan zijn de precieze kosten en de precieze effecten van individuele opties: bij bijvoorbeeld alle opties waarin energiekosten een belangrijk aandeel in de totale kosten hebben zullen veranderende energieprijzen een aanmerkelijke impact hebben op de kosten en kosteneffectiviteiten. Dat wil echter niet zeggen dat daarmee het opnemen van dergelijke opties in een optiepakket altijd minder robuust is. Dit hangt onder meer af van de kostenverhoudingen met concurrerende opties, en van de kosteneffectiviteit in relatie tot de marginale kosteneffectiviteit in een bepaald pakket.

Meer robuuste resultaten omvatten die onderdelen van de resultaten die niet zo snel veranderen bij wijzigingen in de aannames. Voorbeelden van resultaten die meer robuust zijn, zijn de onderlinge rangordening van kosteneffectiviteiten van opties, het aandeel van categorieën van opties, en de orde grootte van kosten en effecten. In het algemeen zijn resultaten op een meer geaggregeerd niveau robuuster, en zijn resultaten op detailniveau minder robuust. Hierbij speelt ook een rol dat op het niveau van categorieën de onzekerheden vanuit de optiebeschrijvingen een veel kleinere rol spelen.

Voorbeeld CO₂-afvang

Aan de hand van de diverse maatregelen bij de CO₂-afvang en -opslag zijn de robuuste en minder robuuste aspecten van de resultaten goed te illustreren. De toepassing van CO₂-afvang als zodanig is een robuust onderdeel van optiepakketten die meer dan 30 Mton CO₂ reduceren. De totale toepassing van CO₂-opslag wordt bij de scherpere doelstellingen eigenlijk alleen maar beperkt door de totaal beschikbare opslagcapaciteit. In de analyses is hiervoor uitgegaan van 16 Mton in 2020. Dit zorgt echter wel voor een grote concurrentie tussen de verschillende mogelijkheden voor CO₂-opslag. Bij de specifieke opties die hiervoor toegepast worden is hierdoor wel sprake van meer en minder robuuste resultaten.

Robuust is bijvoorbeeld de toepassing van CO₂-afvang bij de procesemissies in de ammoniak productie. Het betreft een relatief goedkope optie, met een geringe gevoeligheid voor energieprijzen. De verwachting is daarom dat deze optie, als CO₂-opslag mogelijk is, altijd als een van de eerste toegepast gaat worden.

Veel minder robuust is de precieze plaats waar CO₂-afvang in de elektriciteitsopwekking gaat worden toegepast. Bij lagere gas en olieprijsen heeft het model een lichte voorkeur voor de toepassing bij WKK, terwijl bij hogere gas en olieprijsen het model meestal kiest voor afvang bij nieuwe kolencentrales. Als bij die hogere gas en olieprijsen de doelstelling aangescherpt wordt gaat het model toch weer meer WKK met CO₂-opslag toepassen, omdat de totale reductie die hiermee mogelijk is wat groter is dan bij kolencentrales.

Als de totale CO₂-opslagcapaciteit groter zou zijn in 2020, zou de concurrentie tussen de opties een minder belangrijke rol spelen en wordt kosteneffectiviteit een belangrijker criterium. De robuustheid van bepaalde onderdelen van de resultaten hangt dus ook weer sterk af van de combinatie van uitgangspunten waarop gevarieerd wordt. Afhankelijk van de set van uitgangspunten waarvoor analyses gedaan worden en waarop gevoeligheidsanalyses uitgevoerd worden, kunnen verschillende aspecten van de resultaten als meer en minder robuust naar voren komen.

Uitwerking van onzekerheden op kosten

De nationale kosten en eindverbruikerskosten van de verschillende opties bestaan in de meeste gevallen uit een saldo van diverse kostenposten en baten. Een belangrijke consequentie hiervan is dat het niet zinvol is om de onzekerheden in de kosteneffectiviteit uit te drukken als een percentage van de kosteneffectiviteit. Dit suggereert namelijk dat een kosteneffectiviteit van 0 een soort nulpunt is ten opzichte waarvan een gevonden kosteneffectiviteit een bepaald percentage hoger of lager kan zijn, en dat een positieve kosteneffectiviteit niet negatief kan worden of vice versa. Het is veel zinvoller om de onzekerheid uit te drukken in een bepaalde absolute bandbreedte rond de opgegeven waarde.

Op basis van de actuele, hogere energieprijzen kunnen de kosten en kosteneffectiviteiten weer heel anders uitvallen. Bijlage F geeft een overzicht van de kosten en kosteneffectiviteiten van opties voor CO₂-emissiereductie voor de lage energieprijzen uit het GE-scenario en voor hogere olieprijsen, van rond 40 €/ton.

Uit de tabel blijkt dat de nationale kosteneffectiviteiten aanzienlijk kunnen verschillen onder invloed van de hogere olie- en aardgasprijsen, maar dat de invloed op de toepassing van opties zeer beperkt is. De voornaamste wijzigingen treden op bij WKK-opties, en opties voor brandstofsubstitutie en CO₂-afvang.

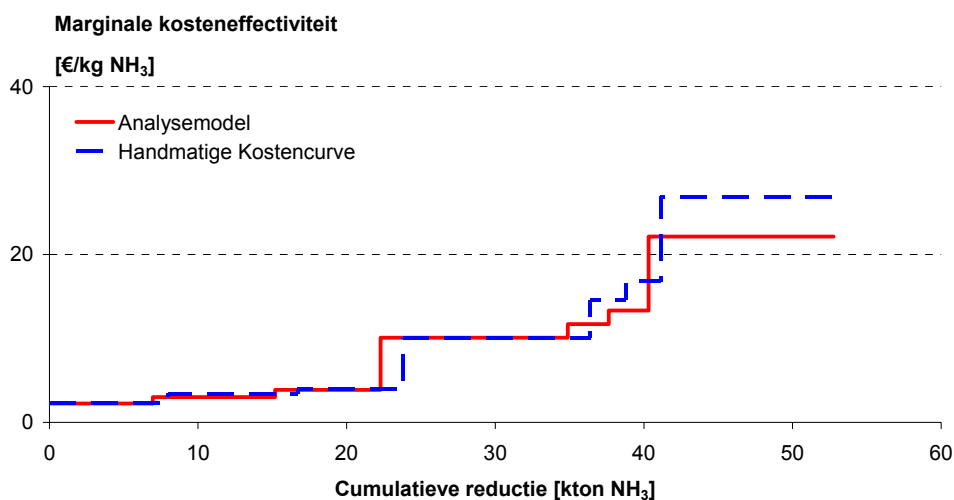
Bruikbaarheid van de resultaten

De onzekerheden in de resultaten hebben ook belangrijke consequenties voor de bruikbaarheid en betekenis van de resultaten. De opties zijn vastgesteld op basis van het GE-scenario uit de referentie, en ook de kosten zijn doorgerekend op basis van de energieprijzen hieruit.

De opties en modelresultaten zijn goed bruikbaar om mogelijkheden voor de reductie van emissies en energiegebruik te verkennen, en daarbij een indicatie van de hieraan verbonden kosten te verkrijgen. De precieze kosten en effecten moeten echter met het nodige voorbehoud beschouwd worden, omdat er een aanzienlijke onzekerheid is in met name de omstandigheden die de kosten en effecten beïnvloeden. Bij concrete beleidsvoornemens is het daarom aan te raden om de opties opnieuw door te rekenen op basis van actuele inzichten omtrent de geprojecteerde ontwikkeling van de emissies en de energieprijzen.

Een voorbeeld van de mogelijke onderschatting van kosten wordt gegeven in onderstaande figuur. In deze figuur wordt de maximale emissiereductie voor ammoniak getoond zoals eerder ook gebeurde in Figuur 5.2. Op basis van de onderlinge uitsluitingen van ammoniakopties is vanuit deze ammoniakopties een maximale emissiereductie van 52,8 kton in 2020 mogelijk. De opties komen afzonderlijk opgeteld tot een maximale reductie van ruim 56 kton, maar door de onderlinge beïnvloeding van de opties gaat hier dus een deel van het reductiepotentieel verloren.

Zoals beschreven in Paragraaf 4.9 wordt het reductiepotentieel door onderlinge beïnvloeding niet alleen kleiner, maar kunnen de specifieke reductiekosten ook hoger worden. Het analysemodel houdt hiermee geen rekening. In de onderstaande figuur wordt daarom de kostencurve uit het analysemodel (rood) vergeleken met een handmatig bepaalde kostencurve (blauw-gestreept). In de handmatig bepaalde kostencurve is op basis van expertise over ammoniakreductiemaatregelen vastgesteld welke maatregelen leiden tot een lagere emissiereductie door onderlinge beïnvloeding bij gelijkblijvende totale kosten (waardoor de specifieke kosten (€/kg NH₃) toenemen). In de handmatige kostencurve lopen de marginale kosten op tot bijna 27 €/kg NH₃; volgens het analysemodel zijn de maximale marginale kosten ruim 22 €/kg NH₃. Dit komt in dit geval overeen met een onderschatting van de (hoogste) marginale kosten met ca. 20%. De totale kosten van het optiepakket voor maximale reductie van ammoniakmaatregelen, wat overeenkomt met het oppervlak onder de kostencurve, wordt in dit geval door het analysemodel met minder dan 10% onderschat ten opzichte van handmatige berekening. Uit de getoonde afwijking tussen beide kostencurve kan worden afgeleid met welke onzekerheid in de resultaten (minimaal) moet worden gerekend.



Figuur 5.9 *Kostencurves voor emissiereductie ammoniak bij maximale emissiereductie, volgens het analysemodel (rood) en volgens handmatige bepaling op basis van expertise over emissiereductiemaatregelen ammoniak (blauw-gestreept)*

6. Discussie en aanbevelingen

6.1 Inleiding

Het Optiedocument levert informatie in de vorm van optiebeschrijvingen en in de vorm van optiepakketten. De optiebeschrijvingen en optiepakketten bevatten zeer veel kwantitatieve informatie, waarmee een belangrijke bijdrage kan worden geleverd aan de beleidsontwikkeling op het gebied van energie en klimaat. Bij deze informatie kunnen echter ook enige kanttekeningen worden geplaatst op de volgende gebieden:

- het gehanteerde achtergrondscenario en de energieprijzen,
- kosten en andere aspecten,
- de zichtjaren en het gebruik in een dynamische context,
- draagvlak, instrumentatie en haalbaarheid,
- onmogelijkheid om effecten van verschillende opties op te tellen.

6.2 Achtergrondscenario en energieprijzen

Het achtergrondscenario dat is gebruikt bij het opstellen van de optiebeschrijvingen is van invloed op de effecten en kosten van de opties. De huidige optiebeschrijvingen hangen nadrukkelijk samen met het gehanteerde Global Economy-scenario, dat met een relatief hoge economische groei en een hoge bevolkingsgroei resulteert in een hoog energiegebruik en hoge emissies. Indien zou worden uitgegaan van een scenario met een lagere ontwikkeling van energiegebruik en emissies zou ook het beleidsgat ten opzichte van een (indicatieve) doelstelling kleiner worden. Daar staat tegenover dat opties ten opzichte van zo'n scenario vaak ook een kleiner emissiereductiepotentieel hebben. Om meer inzicht te krijgen in dergelijke afhankelijkheden is het aan te bevelen om de invloed van het achtergrondscenario op de kosten en effecten van opties nader te bestuderen.

Ook voor de energieprijzen uit het achtergrondscenario geldt het voorgaande; energieprijzen kunnen een invloed hebben op de kosten van opties indien de optie gepaard gaat met een verandering in het energiegebruik. In een juist uitgevoerde analyse van dergelijke effecten van energieprijzen moet echter ook kritisch worden gekeken naar het gehanteerde achtergrondscenario. Ook op dat achtergrondscenario kunnen veranderende energieprijzen een invloed hebben. Een voorbeeld van een dergelijke analyse is eerder gepresenteerd in (Daniëls en Farla, 2006).

6.3 Kosten ten opzichte van andere belangrijke aspecten

De kostendata die in de optiebeschrijvingen zijn opgenomen vormen een belangrijke input voor het analysemodel. Op basis van die kosten worden optiepakketten samengesteld waarbij steeds de randvoorwaarde voor het model is om de totale (pakket-)kosten te minimaliseren. Dit levert natuurlijk zeer belangrijke informatie voor het debat over energie-, lucht- en klimaatbeleid. Anderzijds moet het belang van deze kosteninformatie ook niet worden overschat. Ook aspecten die niet of moeilijk in kosten zijn uit te drukken, moeten een rol spelen in dat debat. Het gaat dan om duurzaamheidsaspecten zoals bijvoorbeeld invloed op energieleveringszekerheid, invloed op biodiversiteit (bij import van biomassa), uitputting van (fossiele energie-) voorraden en risico's die aan verschillende opties zijn verbonden. Ook het draagvlak voor bepaalde opties in Nederland (en Europa) speelt een belangrijke rol bij de keuze om opties om te zetten in beleid.

Het is dus niet zo dat de pakketten, zoals ze met het analysemodel worden samengesteld op basis van minimale kosten, gezien moet worden als ‘optimale pakketten’. De overheid en politiek is verantwoordelijk voor het meewegen van bovengenoemde andere aspecten die noodzakelijkerwijs²⁴ niet in deze benadering tot uitdrukking kunnen komen.

6.4 Draagvlak, instrumentatie en haalbaarheid

Ook de instrumentatie en de feitelijke realiseerbaarheid van het emissiereductiepotentieel, vraagt om nadere aandacht. Tussen opties (technische potentiëlen) en daadwerkelijke emissiereducties zit een heel traject dat geen onderdeel is van de analyses met het analysemodel. Het betreft het traject van beleidsvorming en beleidsuitvoering. Omdat er in dit traject vaak een deel van het potentieel effect verloren gaat, is het van wezenlijk belang om te begrijpen hoe optiepakketten zich verhouden tot de daadwerkelijk te realiseren emissiereducties en de mogelijke kosten die daaraan uiteindelijk verbonden zijn. Voor een daadwerkelijke beoordeling van de mate van realiseerbaarheid van emissiereducties en energiebesparing is een confrontatie met *concrete* beleidsinstrumenten nodig. In de opties uit het Optiedocument ontbreekt een dergelijke concrete uitwerking van beleidsinstrumenten omdat op voorhand het aantal mogelijkheden hiervoor erg groot is.

De opties zijn zodanig vormgegeven dat ze, elk afzonderlijk bekeken, in principe instrumenteerbaar zijn. Dat betekent dat er voor elke optie beleid denkbaar is waarmee (bijna) 100% realisatie van die optie bereikt kan worden, mits dit beleid tijdig ingezet wordt. Dat wil niet altijd zeggen dat het daarvoor vereiste beleid goed denkbaar is vanuit de huidige beleidssituatie. Ook zal het makkelijker zijn om tijdig en effectief beleid te ontwikkelen voor één afzonderlijke optie dan voor het tijdig implementeren van een omvangrijk beleidspakket. In de praktijk zal daarom bij een optiepakket dat is gebaseerd op technische potentiëlen een deel van dit potentieel niet kunnen worden gerealiseerd.

Op het moment dat er beleidsinstrumenten worden gekozen om bepaalde opties te implementeren, zal dit leiden tot (extra) kosten. Indien er bijvoorbeeld wordt gekozen voor het inzetten van subsidies om de implementatie van een optie te stimuleren is enige ‘overstimulering’ nodig om voldoende respons te genereren. Bij regelgeving ontstaan er bijkomende kosten als gevolg van de benodigde handhaving, etc.

Daarbij moet worden opgemerkt dat er een groot verschil is tussen de kosten die voor de nationale kostenbenadering een rol spelen en de kosten die eindgebruikers percipiëren. Draagvlak bij actoren zal mede afhangen van de eindgebruikerskosten, of van de werkelijk ondervonden kosten door actoren indien die afwijken van de berekende eindgebruikerskosten. Hierbij is het ook van belang te onderkennen dat de in de optiebeschrijvingen opgegeven kosten als gemiddelden moeten worden gezien. Individuele actoren kunnen bij bepaalde opties worden geconfronteerd met een veelvoud c.q. een fractie van de kosten uit de optiebeschrijvingen.

In de optiebeschrijvingen wordt kort, kwalitatief ingegaan op aspecten als draagvlak en mogelijke beleidsinstrumenten. Uiteindelijk is de *‘proof of the pudding in the eating’*; alleen door het voeren van het politieke en maatschappelijke debat kan duidelijk worden welke intensiteiten van welke opties kunnen worden ingezet. Het is daarbij aan te bevelen om vervolgstudies uit te (laten) voeren, zodra beleidsambitie en globale oplossingsrichtingen bekend zijn, waarin specifiek wordt ingegaan op instrumentatie en de feitelijke realiseerbaarheid van het emissiereductiepotentieel.

²⁴ Omdat het gaat om veel aspecten die door verschillende personen/groeperingen soms heel verschillend worden gewaardeerd, is het lastig om met deze niet-financiële aspecten rekening te houden. Wetenschappelijk gezien is het zelfs onmogelijk om (op basis van de huidige kennis en inzichten) één ‘optimaal pakket’ vast te stellen.

6.5 Zichtjaren en gebruik van de optiebeschrijvingen in een dynamische context

De kosten en effecten van de opties worden beschreven voor twee zichtjaren: 2010 en 2020. Hierbij wordt de dynamische verandering van de samenleving gereduceerd tot een statisch geheel, op basis van de veronderstelde dynamiek in het achtergrondscenario. Dit hoeft voor het gebruik van de optiebeschrijvingen geen probleem op te leveren, maar men dient zich bewust te zijn van deze (noodzakelijke) versimpeling. Zo zou men bijvoorbeeld moeten bedenken wat de gewenste situatie in 2030 is om (mede) te beoordelen welke opties voor 2020 moeten worden ingezet. Evenzo bepalen diverse ontwikkelingen in 2010 mede wat het energieverbruik is in 2020.

Een gevolg van de dynamische werkelijkheid is ook dat de optiebeschrijvingen voor zichtjaar 2010 inmiddels van geringere waarde zijn dan op het moment dat ze werden opgesteld. Vanuit een beleidsoogpunt is 2010 inmiddels zeer dichtbij. Dit betekent dat de nog haalbare effecten van maatregelen 'met de dag kleiner worden'.

Ook voor 2020 is tijdigheid bij een groot aantal opties nog een belangrijk aandachtspunt. Bij de beschrijving van de opties in het Optiedocument is in bepaalde gevallen aangegeven vanaf welk jaar met implementatie gestart zou moeten worden. Voor de meeste opties kan het gepresenteerde effect in 2020 alleen worden bereikt indien tijdig wordt gestart met implementatie. Later beginnen betekent òfwel dat de gepresenteerde effecten met een bepaald percentage zullen afnemen òfwel dat in 2020 in het geheel geen reductie-effect meer met die bepaalde optie kan worden bereikt. Bij bijvoorbeeld energiebesparing betekent elk jaar dat het beleid en (dus) de implementatie later start een vermindering van de effecten in 2020. Bij kernenergie en CO₂-opslag is er bij een te late start in 2020 helemaal geen reductie meer; door de lange voorbereidings- en constructietijd betekent een te late start dat die optie dan in 2020 nog niet operationeel kan zijn.

6.6 Onmogelijkheid om effecten van verschillende opties op te tellen

In de voorliggende rapportage en via internet kunnen de kosten en effecten van afzonderlijke opties worden bekeken. Deze informatie wordt gepresenteerd zodat het bronmateriaal voor analyses door iedereen kan worden bekeken en gecontroleerd. Ook als naslagwerk kunnen de optiebeschrijvingen en daarvan afgeleide tabellen een functie hebben. Het is echter niet altijd mogelijk om de effecten en kosten van verschillende opties bij elkaar op te tellen. Vele interacties tussen opties, met name in de energiehuishouding, maken dit optellen onverantwoord. Dit was ook de reden voor het ontwikkelen van een speciaal analysemodel.

Een voorbeeld van opties die niet kunnen worden opgeteld, zijn de opties die ingrijpen op de opwekking van elektriciteit. Daarbij mag bijvoorbeeld de totale opwekking van elektriciteit niet groter worden dan de vraag naar elektriciteit. Het analysemodel houdt hier rekening mee, terwijl het optellen van alle opties waarmee elektriciteit kan worden opgewekt, leidt tot een veel te grote capaciteit voor elektriciteitsopwekking. Op een heel andere wijze werken uitsluitingen voor enkele verkeersopties. Er zijn enige opties waarmee het gebruik van benzine wordt gestimuleerd ten koste van het gebruik van diesel, om daarmee de NO_x- en fijn stof-emissies terug te dringen. Er zijn echter ook opties waarmee het dieselgebruik kan toenemen ten koste van het gebruik van benzine teneinde de emissie van CO₂ te reduceren. Deze opties staan bij elkaar in de overzichten, maar de kosten en effecten van dergelijke opties kunnen niet worden opgeteld. Het analysemodel voorkomt de gelijktijdige inzet van opties die met elkaar strijdig zijn.

7. Referenties

- Bollen, J.C., A.J.G. Manders en M. Mulder (2004): *Four Futures for Energy Markets and Climate Change*. Centraal Planbureau en RIVM, Bijzondere publicatie 52, Den Haag, april 2004.
- Brink, R.M.M. van den, A. Hoen, B. Kampman en B.H. Boon (2004): *Optiedocument Verkeersemissies: effecten van maatregelen op verzuring en klimaatverandering*, Milieu- en Natuurplanbureau/CE Delft, Rapportnr. 773002026, Bilthoven, 2004.
- Daniëls, B.W. en J.C.M. Farla (2006): *Potentieelverkenning klimaatdoelstellingen en energiebesparing tot 2020. Analyses met het Optiedocument energie en emissies 2010/2020*, ECN/MNP, ECN-C--05-106/MNP-773001039, Petten/Bilthoven, januari 2006.
- Dril, A.W.N. van, en H.E. Elzenga (2005): *Referentieramingen energie en emissies 2005-2020*, Energieonderzoek Centrum Nederland en Milieu- en Natuurplanbureau, ECN-C--05-018 / MNP-773001031, Petten/Bilthoven, mei 2004.
- ECN/RIVM (1998): *Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen - Inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid*, Energieonderzoek Centrum Nederland en Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Petten, oktober 1998.
- Huizinga, F.H. en B.C. Smid (2004): *Vier Vergezichten op Nederland: Productie, arbeid en sectorstructuur in vier scenario's tot 2040*, Centraal Planbureau, Den Haag, November 2004.
- Mooij, R.A. de, en P.J.G. Tang (2003): *Four Futures of Europe*, Centraal Planbureau, Den Haag, oktober 2003.
- VROM (1994): *Methodiek Milieukosten*. Achtergronddocument Publicatiereeks milieubeheer, Nr. 1994/1, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1994.
- VROM (1998): *Kosten en baten in het milieubeleid - definities en berekeningsmethoden*, Publicatiereeks milieustrategie 1998/6, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1998.

Bijlage A Voorbeeld optiebeschrijving

Onderstaand figuur licht de belangrijkste getallen uit de optie 'Windenergie op Zee' toe. Met name de rol van verrekening met eventuele referentietechnieken komt hierbij aanbod. Voor opties die geen effecten hebben op de productie van of vraag naar elektriciteit speelt verrekening met een referentie geen rol. Voor dergelijke opties zijn de directe energie-effecten gelijk aan de nationale energie-effecten.

WINDENERGIE OP ZEE					
Doelstof / Prioritair thema	CO ₂				
Sector	Elektriciteitsopwekking				
Categorie	Hernieuwbaar elektriciteit				
2020					
Kosteneffectiviteit		Int. / Var. 1	Int. / Var. 2	Int. / Var. 3	Int. / Var. 4
Nationaal	€/ton	62,3	62,3	62,3	
Eindgebruiker	€/ton	-26,7	-26,7	-26,7	
Totale kosten		Int. / Var. 1	Int. / Var. 2	Int. / Var. 3	Int. / Var. 4
Nationaal	mln €	470	540	611	
Eindgebruiker	mln €	-201	-231	-263	
Nationale emissiereductie		Int. / Var. 1	Int. / Var. 2	Int. / Var. 3	Int. / Var. 4
CO ₂	Mt CO ₂	7,5	8,7	9,8	
CH ₄	Mt CO ₂ -eq				
N ₂ O	Mt CO ₂ -eq				
F-gassen	Mt CO ₂ -eq				
SO ₂	kt	3,2	3,6	4,1	
NO _x	kt	4,6	5,2	5,9	
NH ₃	kt				
NMVOS	kt				
Fijn stof	kt PM ₁₀	0,1	0,1	0,1	
Fijn stof	kt PM _{2,5}				
Direct effect energiegebruik		Int. / Var. 1	Int. / Var. 2	Int. / Var. 3	Int. / Var. 4
Electriciteit	PJ _e	-50,3	-57,8	-65,3	
Winning	PJ	50,3	57,8	65,3	
Nationaal effect energiegebruik		Int. / Var. 1	Int. / Var. 2	Int. / Var. 3	Int. / Var. 4
Aardgas	PJ	-52,9	-60,9	-68,8	
Biomassa	PJ	-12,3	-14,1	-16,0	
Electriciteit	PJ _e				
Kolen	PJ	-48,0	-55,8	-63,1	
Winning	PJ	50,3	57,8	65,3	
Opbouw kosten		Int. / Var. 1	Int. / Var. 2	Int. / Var. 3	Int. / Var. 4
Investering bouwtechnisch	mln €	1541	1772	2004	
Investering elektro/mechanisch	mln €	4880	5612	6344	
Overige operationele kosten/baten	mln €/a	165	190	215	
Uitvoeringskosten overheid	mln €/a				
Investeringsubsidies	mln €	785	903	1021	
Operationele steun/heffing	mln €/a	472	543	613	
Energie kosten/baten nationaal	mln €/a	361	415	469	
Energie kosten/baten eindgebruiker	mln €/a	741	852	963	

Doelstof: emissietheema waarvoor de optie in de eerste plaats wordt ingezet.

Sector waarin de optie wordt toegepast. Van belang voor disconteringsvoet en energieprijzen.

Categorie maatregel. Van belang bij opleggen randvoorwaarden en voor presentatie.

Nationale kosten. Kosten na verrekening met verdrongen vermogen. Bij wind op zee hangt het verdrongen referentievermogen af van het optiepakket, en kunnen de kosten dus variëren.

Voor de sector (**eindgebruiker**) gelden de kosten na verrekening met de elektriciteitsprijs en subsidies. Hierin speelt het referentievermogen dus geen rol.

Totale emissie-effecten. De doelstof is grijs gemarkeerd. De nationale emissiereductie wordt bepaald via de verrekening met de referentie, en kan bij wind op zee dus variëren.

Het **direct effect** op het energiegebruik is onafhankelijk van het referentievermogen.

Het **nationaal effect op het energiegebruik** wordt bepaald via de verrekening met de referentie en kan dus variëren. Op basis van de hier getoonde cijfers is af te leiden dat windenergie ten koste gaat van productie o.b.v. aardgas en kolen met biomassa bijstook.

Investeringskosten, operationele kosten, uitvoeringskosten en subsidies zijn hier alleen voor de optie zelf, zonder verrekening met de referentie.

Nationale energiekosten/baten zijn altijd met verrekening van de kosten van de verdrongen referentietechniek(en).

Eindverbruiker energiekosten/baten zijn zonder verrekening met de referentietechniek, tenzij die vast aan de optie gekoppeld is en in dezelfde sector wordt toegepast.

Winning een speciale categorie die voor het berekenen van andere grootheden wordt gebruikt. Winning speelt een rol bij de berekening van het effect op het primair E-gebruik.

Bijlage B Opties en Transitiebeleid

In onderstaande tabel wordt aangegeven welke opties uit het Optiedocument overeenkomen met de opties en thema's die vanuit het NMP4-Transitiebeleid aandacht krijgen.

<i>Transitie</i>	<i>(Erkende) transitiepaden</i>	<i>Optie in Optiedocument</i>
Duurzame mobiliteit	Aardgas voor mobiliteit	Nee
	Biobrandstoffen	Ja
	Waterstof	Nee (introductie voorzien vanaf 2015, effect in 2020 gering)
Groene grondstoffen	Biomassaverwerking	Ja, diverse biomassa-opties
	Biomassaproductie	Nee
	Biosyngas	Ja, opties Groen gas
	Bioplastics	Nee
Ketenefficiency	Energiebesparing in productieketens	Ja, optie 'Substitutie bouwmaterialen woningen'
	Duurzame papierketen	Deels, via finale besparing industrie
	Duurzame agroketen	Deels, via finale besparing landbouw
Nieuw gas	Energiebesparing in de gebouwde omgeving	Ja, diverse opties gebouwde omgeving
	Micro- en mini-warmtekracht	Ja, opties voor diverse secoren
	Schoon aardgas	Ja, via opties CO ₂ -opslag en brandstofcellen (NO _x)
	Groen gas	Ja, diverse opties Groen gas
	Besparing glastuinbouw	Ja, via finale besparing landbouw
Duurzame elektriciteit	Wind op zee	Ja

Bijlage C Afwijkingen kostenmethodiek voor de sector transport

Een groot aantal verkeersopties in dit Optiedocument is rechtstreeks overgenomen uit het ‘Optiedocument Verkeersemissies’ (Van den Brink et al., 2004). Dit heeft als consequentie dat het merendeel van de verkeersopties in twee opzichten afwijken van de overige opties:

- De verkeersopties zijn direct gekoppeld aan een specifieke instrumentering.
- Bij de verkeersopties is voor de (maatschappelijke) kosten zoveel mogelijk uitgegaan van een brede welvaartsbenadering. Daarbij zijn naast de technische meerkosten ook welvaartskosten en externe kosten²⁵ in monetaire termen gewaardeerd. Zo worden bijvoorbeeld baten (voor o.a. tijdwinst) toegerekend aan opties die (naast emissiereductie) leiden tot minder files, en worden kosten toegerekend indien mensen door een maatregel (zoals bijv. kilometerheffing) minder rijden (verlies van mobiliteit).

De benadering vanuit beleidsinstrumenten heeft een aantal consequenties. Zo wordt een deel van het technisch-economisch potentieel niet gedekt. Alleen dat deel van het emissiereductiepotentieel waarvoor specifiek beleid is bedacht, is opgenomen. Om dit nadeel in het Optiedocument te ondervangen is een aantal opties toegevoegd waarmee het technisch-economisch potentieel gedeeltelijk is aangevuld. Als gevolg van de koppeling van maatregelen aan specifieke beleidsinstrumenten, moet goed worden opgelet op de mogelijke overlap tussen opties. Hierin wordt voorzien door middel van uitsluitingsregels in het analysemodel. Ook is een consequentie van de koppeling aan specifiek beleid dat de overheidskosten en veranderingen in overheidsinkomsten (MRB, BPM, accijns) in veel verkeersopties wel worden ingeschat, in tegenstelling tot vele opties in andere sectoren.

De specifieke, van de milieukostenmethodiek afwijkende, benadering van de kosten is in het Optiedocument Verkeersemissies gekozen omdat anders vrijwel alle maatregelen die leiden tot kostenverhoging voor vervoer (zoals accijnsverhoging of verhoging van voertuigbelastingen) als zeer kosteneffectief uit de analyse komen. Iedere niet-gereden kilometer leidt immers tot minder emissies, en de daarmee uitgespaarde brandstofkosten leiden tot een negatieve kosteneffectiviteit. Dit beeld, dat het beperken van mobiliteit alleen maar tot baten leidt, is strijdig met het gegeven dat mensen ook nut ondervinden van mobiliteit. Dit extra maatschappelijk nut is zo goed mogelijk in geld uitgedrukt. Deze benadering wordt ook als mogelijkheid beschreven in de Methodiek Milieukosten (pag. 44 in (VROM, 1998)). Daarbij kan worden opgemerkt dat bij de meeste opties in andere sectoren dergelijke bijkomende effecten van nutsverlies en -winst niet of in veel mindere mate aan de orde zijn. Een consequentie van deze aanpak is ook dat in de berekende totale nationale kosten van maatregelpakketten voor een (gering) deel kosten en baten zijn meegerekend die in de gehanteerde definitie strikt genomen niet in de nationale kosten zouden mogen worden meegenomen. Het gaat dan om zaken als de maatschappelijke waardering van mobiliteit en de tijdwinst als gevolg van minder files.

Kort samengevat wordt bij de verkeersopties in mindere mate dan bij de overige opties het technisch potentieel voor emissiereductie en energiebesparing verkend. Daar staat tegenover dat bij de meeste verkeersopties meer duidelijkheid wordt gegeven over de mogelijkheden van instrumentering (zie Van den Brink et al., 2004). Het toelaten van aangepaste uitgangspunten ten aanzien van de kosten van de verkeersopties leidt in deze analyse tot een evenwichtiger behandeling van de verkeersopties dan wanneer een strikte interpretatie van de milieukostenmethodiek zou zijn gevolgd.

²⁵ Met uitzondering van de effecten op de bestudeerde emissies (CO₂, NEC-stoffen en fijn stof).

Bijlage D Overige invoermogelijkheden voor de gebruiker

Dit onderdeel beschrijft de mogelijkheden en beperkingen voor het gebruik van het model. Vrijwel alle gegevens die de gebruiker zelf kan aanpassen kunnen worden vastgelegd in scenario's.

Scenario's

De gebruiker kan in het model allerlei uitgangspunten voor een berekening vast leggen in scenario's. Voorbeelden zijn de verschillende doelen en/of heffingen, energieprijzen, allerlei randvoorwaarden en ook het achtergrondscenario ten opzichte waarvan optiepakketten samengesteld moeten worden. De gebruiker kan in het model scenario's aanpassen, nieuwe scenario's toevoegen, deze afleiden van bestaande scenario's en de uitgangspunten van een scenario opslaan in de database van het model. Een nieuw of gewijzigd scenario kan zo later weer opgevraagd worden. De tabel toont de gegevens die specifiek zijn voor een scenario.

Scenario-afhankelijke gegevens

Disconteringsvoeten

Nationale energieprijzen

Sectorale energieprijzen (incl WKK-prijzen)

Emissiefactoren energiedragers

Doelen/heffingen

Schaalfactoren opties

Emissies achtergrondscenario

Randvoorwaarden op opties en optiecategorieën

Doelen en heffingen, maximaal potentieel

Het model kan optiepakketten samenstellen aan de hand van doelen en heffingen op een of meerdere thema's. Ook kan het model voor ieder emissithema het optiepakket bepalen waarbij de reductie het grootst is. De huidige versie van het model kan geen doelen en heffingen combineren, maar dit is in principe niet uitgesloten. Door analyses op basis van een stapsgewijze aanpassing van de doelen is het mogelijk om meer inzicht te krijgen in de volgorde waarin opties verschijnen, in de rol die interacties tussen opties spelen, en in de mate van synergie tussen emissithema's.

Andere achtergrondscenario's

De gebruiker kan het analysemodel ook gebruiken om berekeningen ten opzichte van andere achtergrondscenario's te doen. Het Optiedocument heeft het GE-scenario uit de Referentieramingen als basis, en dat betekent dat de potentiëlen van de opties gelden ten opzichte van het GE-scenario. Het model biedt echter de mogelijkheid om schalingsfactoren op de individuele opties en varianten te zetten, die aangeven wat voor potentieel een optie heeft ten opzichte van een alternatieve achtergrond. De gebruiker kan deze schalingsfactoren per scenario vastleggen.

Met een schalingsfactor worden alle kosten en effecten van een variant van een optie aangepast; de kosteneffectiviteit verandert dus niet. Dit geeft meteen ook de beperkingen aan: bij een achtergrondscenario dat zeer sterk verschilt van GE zou het bij (een deel van) de opties noodzakelijk kunnen zijn om ook de kosten van een optie in relatieve zin aan te passen. Als bijvoorbeeld het achtergrondscenario veel minder beleid heeft en veel lagere energieprijzen, dan kan dat betekenen dat er ten opzichte van dat scenario nog veel zeer goedkoop besparingspotentieel is dat niet in de opties is opgenomen. Voor zeer grote wijzigingen in de achtergrond moeten dus eigenlijk nieuwe optiebeschrijvingen gebruikt worden.

In de voorbeeldtabel zijn de opties geschaald voor de GE-actualisatie, ten opzichte van het GE uit de Referentieramingen. Omdat in GE-actualisatie veel minder vermogen Wind op Zee geplaatst wordt, is het additionele vermogen van de laagste variant dertien keer zo groot als in GE. Er wordt bovendien bijna twee keer zoveel nieuw kolenvermogen geplaatst als in GE, waardoor alle opties die in plaats van nieuw kolenvermogen komen ook bijna twee keer zoveel potentieel hebben als in GE.

	Variant	Schaling
CO ₂ -afvang bij nieuwe kolencentrales	1	1.9
CO ₂ -afvang bij nieuwe gascentrales	1	1.9
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	1	1.9
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	2	1.9
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	3	1.9
Windenergie op zee	1	13.3
Hoger aantal draaiuren gascentrales in plaats van draaiuren bestaande kolencentrales	1	0.8
Hoger aantal draaiuren gascentrales in plaats van draaiuren nieuwe kolencentrales	1	1.5

Andere karakteristieken die als onderdeel van een achtergrondscenario aangepast kunnen worden zijn de energieprijzen en de disconteringsvoeten voor de Nationale kosten en de Eindgebruikerskosten.

Mogelijkheden voor randvoorwaarden

De randvoorwaarden zoals hier beschreven omvatten de verboden, verplichtingen, maxima en minima voor de toepassing van opties. De gebruiker kan deze opleggen aan het model, op basis van bijvoorbeeld bepaalde beperkingen bij de mogelijkheden voor CO₂-opslag, een verplichte minimale toepassing van hernieuwbare energie, beperkingen op nieuwe kernenergie etc. De gebruiker kan de randvoorwaarden per scenario vastleggen

Verboden op en verplichtingen van opties

De gebruiker heeft de mogelijkheid om opties en varianten (gedeeltelijk) te verplichten of juist (gedeeltelijk) uit te sluiten. Dit kan via een ingreep op de hele optie, op een variant (bijvoorbeeld de varianten 4 van alle opties) en specifiek per variant per optie. Bij het verbieden van een variant van een optie worden ook alle hogere varianten uitgesloten, omdat toepassing van een hogere variant alleen kan als de lagere variant eerst toegepast wordt. Omgekeerd worden bij verplichting van een variant ook alle lagere varianten verplicht. Via een getal tussen 0 en 1 kan een gedeeltelijk verbod of een gedeeltelijke verplichting ingevoerd worden.

De figuur geeft een voorbeeld van de interface waarin de verboden en verplichtingen ingevoerd kunnen worden. In dit voorbeeld zijn recycling van aluminium en staal uitgesloten, en is de toepassing van kernenergie beperkt tot de laagste twee varianten (in totaal 2000 MW). Ook is dit voorbeeld de hoogste variant van een aantal opties uitgesloten, omdat de haalbaarheid ervan twijfelachtig is.

	VerbodenO	RelOV				Optie/Verboden				Optie/Verplicht			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
529 CO2-afvang bij nieuwe gascentrales		1											
530 CO2-afvang bij bestaande kolencentrales		1											
531 CO2-afvang bij bestaande gascentrales		1											
532 Bouw nieuwe kerncentrale(s)		1	1	1	1		1.00	1.00					
533 Kolencentrales overschakelen naar aardgas		1											
535 Verbeteren rendement via veranderen operationele inzet		1											
536 Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales		1	1	1									
537 Warmtevraagvermindering industrie, handelend		1	1	1	1				1.00				
538 Warmtevraagvermindering industrie, niet-handelend		1	1	1	1				1.00				
541 Gas nieuw													
542 Kolen nieuw		1											
543 Nieuwe concepten grootschalige WKK		1	1	1	1				1.00				
544 Nieuwe concepten kleinschalige WKK landbouw		1	1	1	1				1.00				
545 Nieuwe concepten kleinschalige WKK HDO		1	1	1	1				1.00				
546 Proces geïntegreerde WKK petrochemie		1	1	1	1				1.00				
547 Proces geïntegreerde WKK raffinaderijen		1	1	1	1				1.00				
548 Potentieelbenutting grootschalige WKK		1	1	1	1				1.00				
549 Potentieelbenutting kleinschalige WKK landbouw		1	1	1	1				1.00				
550 Potentieelbenutting kleinschalige WKK HDO		1	1	1	1				1.00				
551 Fotovoltaïsche zonne-energie (Zon-PV)		1	1	1									
552 Recycling van aluminium	1.00	1	1	1	1								
553 Recycling van staal	1.00	1	1	1	1								

Verboden op en verplichtingen van optiecategorieën

Ook op het niveau van optiecategorieën kan de gebruiker (gedeeltelijke) verplichtingen en verboden opleggen. Bij beperkingen op categorie-niveau heeft het model zelf nog de ruimte om binnen deze beperkingen keuzes te maken tussen individuele opties. Beperkingen op categorie-niveau zijn daardoor bijvoorbeeld geschikt om een doelstelling op duurzaam aan te geven, of een beperking op de opslagcapaciteit voor CO₂. De verschillende mogelijkheden om beperkingen te specificeren zijn bij de categorieën ruimer dan bij de individuele opties:

- **Minimale/maximale aantallen van opties uit een categorie.** Het specificeren van onder- en bovengrenzen aan de aantallen is de meest directe manier om de inzet van maatregelcategorieën aan te sturen. Hiermee kan ook een maatregelcategorie volledig verboden worden.

- **Minimaal/maximaal gebruik van een energiedrager door de opties uit een categorie.** Voor een energiedrager naar keuze kan ingevoerd worden hoe groot het directe effect van een optie-categorie minimaal moet of maximaal mag zijn. Zo kan bijvoorbeeld een doelstelling op hernieuwbare elektriciteit ingevoerd worden, door een minimale output van elektriciteit uit de betreffende opties te verplichten. De limiet heeft alleen betrekking op de directe energie-effecten, ook in die gevallen waarin de gerapporteerde effecten hiervan afwijken vanwege verrekening met een referentie. Deze verrekening vindt immers pas plaats na het samenstellen van de optiepakketten (Paragraaf 4.6).

- **Minimaal/maximaal direct emissie-effect van de opties uit een categorie.** Beperkingen op het directe emissie-effect (niet afgeleid via energiegebruik en emissiefactoren) kunnen bijvoorbeeld benut worden om een beperking op de CO₂-opslag-capaciteit vorm te geven. Ook hier heeft de limiet alleen betrekking op de directe emissie-effecten, omdat de berekening van de netto emissie-effecten pas plaats vindt na het samenstellen van de optiepakketten (Paragraaf 4.6).

- **Minimale/maximale kosten van de opties uit een categorie.** Minimale of maximale kosten voor een categorie van maatregelen hebben ook alleen betrekking op de directe kosten, omdat de berekening van de netto kosten pas plaats vindt na het samenstellen van de optiepakketten (Paragraaf 4.6).

In het getoonde voorbeeld is CO₂-opslag in 2020 beperkt tot 16 Mton, en is de toepassing van (technisch onzekere) nieuwe processen beperkt tot 5% van het totale potentieel. De gezamenlijke opties op het gebied van groen gas mogen tot maximaal 52PJ vermindering van het aardgasgebruik leiden.

	MaxEmissieRealistisch	MinEmissieRealistisch	MinKst	MaxKst	MinAantal	MaxAantal	MinEffectEnergiedrager	MaxEffectEnergiedrager
CO ₂ -opslag	16.000							
Nieuwe processen						0.050		
Krimp						zero		
Ketenoptimalisatie						zero		
Groen gas								52.000

Bijlage E Kosten en reducties per optie

De tabel op de volgende pagina's toont de kosten en reductiepotentiëlen van de beschreven opties. De gegevens zijn berekend op basis van het optiepakket uit het Analyserapport dat leidt tot een reductie van de BKG-emissies tot 180 Mton CO₂-eq in 2020. De tabel geeft tevens aan welke maatregelen in dit pakket opgenomen zijn. De energieprijzen die gebruikt zijn sluiten aan bij het GE uit de Referentieramingen 2005-2020. De getoonde potentiëlen en kosten sluiten aan bij het geactualiseerde GE-scenario.

In de tabel worden per optie alle varianten/intensiteiten onder elkaar getoond (zie ook par. 3.3). De kosten en effecten worden daarbij cumulatief weergegeven. Dat wil zeggen dat de emissiereductie onder variant 2 inclusief de emissiereductie onder variant 1 is. De gegevens over emissiereductie en kosten van de verschillende varianten per optie mogen dus niet worden opgeteld.

De tabel toont de kosten en effecten ook voor de maatregelen die niet in dit optiepakket opgenomen zijn. Voor deze maatregelen zijn de kosten en effecten berekend ingeval ze wel in het optiepakket opgenomen zouden zijn.

De opgetelde emissiereducties uit de tabel zijn vaak veel groter dan de maximaal haalbare reducties als rekening gehouden wordt met concurrentie tussen maatregelen. De totale emissiereductie kan nooit de waarden uit Tabel 5.2. overschrijden, en bij het aanhouden van dezelfde randvoorwaarden als die in Tabel 5.1 staan, ook niet de waarden uit Tabel 5.3.

De tabel biedt slechts beperkte mogelijkheden om in te schatten hoe een wijziging in het optiepakket uitpakt voor de emissies en kosten. Aan de hand van de tabel is echter niet na te gaan of bepaalde wijzigingen in het pakket wel mogelijk zijn vanwege de interacties tussen opties. Ook kan aan de hand van de tabel niet bepaald worden hoe effecten en kosten van opties veranderen door een andere samenstelling van het pakket. Voor het betrouwbaar inschatten van de effecten van grotere wijzigingen in het pakket is het daarom altijd noodzakelijk om nieuwe berekeningen met het analysemodel uit te voeren.

Afkortingen sectoren: EN Energiebedrijven, GO Gebouwde omgeving, IN Industrie, LT Land- en tuinbouw, TR Transport.

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Afvulverbrandingsinstallaties (AVI's)	1	CO ₂	EN	1,00	-4	-5	0,2	0,2	0,2	-0,1	0,1	0,1	-0,02	-0,02	-0,1	-1	3
	1	CO ₂	EN		47	18	0,2	0,2	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,01		-0	-6	4
	2				118	47	0,6	0,6	0,6	-0,5	-0,4	-0,4	-0,02		-0,1	-13	11
Bijstook nieuwe kolencentrales	1	CO ₂	EN		92	0	1,0	1,0	1,0	-0,1	0,6	0,6	0,02		-0	-3	10
	2				193	9	1,9	1,9	1,9	-0,2	1,2	1,2	0,03		-0	-5	21
	3				304	28	2,9	2,9	2,9	-0,3	1,8	1,8	0,05		-0	-8	31
Bijstook oude kolencentrales	1	CO ₂	EN		222	55	2,4	2,4	2,4	-0,1	1,4	1,4	0,04		-0,1	-1	25
	2				467	133	4,7	4,7	4,7	-0,1	2,8	2,8	0,08		-0,1	-3	50
	3				732	231	7,0	7,0	7,0	-0,2	4,1	4,1	0,13		-0,1	-4	75
Biomassa centrales	1	CO ₂	EN	1,00	100	-80	1,9	1,9	1,9	-0,3	0,6	0,6	0,01	-0,02	-0	-7	25
	1	CO ₂	EN	1,00	114	-9	0,9	0,9	0,9	-0,2	-0,1	-0,1	-0,01		-0,2	-4	16
	2				325	11	1,5	1,5	1,5	-0,3	-0,1	-0,1	-0,01		-0,3	-7	26
Bouw nieuwe kerncentrale(s)	1	CO ₂	EN	1,00	34	-74	4,3	4,3	4,3	2,6	2,0	2,0	0,12		0,06	-21	57
	2			1,00	68	-149	8,7	8,7	8,7	5,2	3,9	3,9	0,24		0,12	-42	113
	3				182	-76	11,5	11,5	11,5	6,8	5,2	5,2	0,31		0,16	-80	150
	4				203	-166	15,8	15,8	15,8	9,4	7,2	7,2	0,43		0,22	-96	207
CO ₂ -afvang bij bestaande gascentrales	1	CO ₂	EN		70	96	2,0	2,0	2,0	-0,4			-0,01			-9	-9
	1	CO ₂	EN		183	322	7,0	7,0	7,0	-1,2	2,5	2,5	0,05		0,04	-29	-23
	1	CO ₂	EN		42	74	1,5	1,5	1,5	-0,2	0,0	0,0	-0,01			-6	-5
CO ₂ -afvang bij nieuwe gascentrales	1	CO ₂	EN		254	535	13,9	13,9	13,9	0,8	10,3	10,3	0,34		0,32	20	-20
	1	CO ₂	EN		461	847	19,6	19,6	19,6	-0,9	8,8	8,8	0,26		0,15	-22	-17
	1	CO ₂	EN		552	894	15,6	15,6	15,6	-4,0	4,8	4,8	0,06		0,06	-100	-80
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	1	CO ₂	EN	0,31	-4	197	7,0	7,0	7,0	2,0	11,5	11,5	0,4		0,35	49	5
	2			0,31	-9	193	7,4	7,4	7,4	2,3	11,5	11,5	0,41		0,35	56	12
	3			0,31	128	378	8,6	8,6	8,6	3,2	11,5	11,5	0,43		0,35	79	35

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuiging (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Groen gas uit (co)vergisting van mest (en biomassa)	1	CO ₂	EN	1,00	164	142	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,2	-0,2	-0,01			-23	14
	2			1,00	324	279	1,6	1,6	1,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,02			-44	29
	3			0,51	518	460	2,4	2,4	2,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,03			-67	43
	4			0,51	687	611	3,2	3,2	3,2	-0,8	-0,6	-0,6	-0,04			-88	57
Groen gas uit stortgas, RWZI's	1	CO ₂	EN	1,00	-11	-17	0,3	0,3	0,3							5	5
	1	CO ₂	EN		26	29	0,1	0,1	0,1							-2	2
	2				208	230	0,8	0,8	0,8							-15	13
Hoger aantal draaiuren gascentrales in plaats van draaiuren bestaande kolencentrales	1	CO ₂	EN		740	806	3,4	3,4	3,4							-47	61
	1	CO ₂	EN		23	48	0,7	0,7	0,7	0,2	1,0	1,0	0,04		0,03	6	2
	1	CO ₂	EN		3	12	0,5	0,5	0,5	0,1	0,8	0,8	0,03		0,02	3	0
Hoger aantal draaiuren gascentrales in plaats van draaiuren nieuwe kolencentrales	1	CO ₂	EN		329	725	4,6	4,6	4,6	0,1	12,3	12,3	0,39		0,38	1	-47
	1	CO ₂	EN		96	243	0,7	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,02		0,13	10	8
Nieuwe kolencentrales met hoger rendement	1	CO ₂	EN		163	322	2,2	2,2	2,2	1,2	1,5	1,5	0,07		0,14	29	23
	2				14	9	0,3	0,3	0,3	0,2						5	5
Verbeteren rendement via veranderen operationele inzet	1	CO ₂	EN	1,00	12	27	0,4	0,4	0,4	0,3			0,01			8	8
	1	CO ₂	EN		118	262	0,8	0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,03		0,02	11	8
Vervroegde vervanging gascentrales met laag rendement	1	CO ₂	EN	1,00	32	-1	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,01		0,01	4	6
	2			1,00	65	-1	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,4	0,02		0,01	7	11
	3			1,00	97	-2	1,3	1,3	1,3	0,8	0,6	0,6	0,03		0,02	11	17
Windenergie op land	1	CO ₂	EN	1,00	465	-201	7,7	7,7	7,7	4,6	3,5	3,5	0,21		0,11	64	100
	2			1,00	535	-232	8,8	8,8	8,8	5,2	4,0	4,0	0,24		0,12	73	115
	3			1,00	605	-262	10,0	10,0	10,0	5,9	4,5	4,5	0,27		0,14	83	131
Windenergie op zee	1	CO ₂	EN	1,00	-32	-180	1,7	1,7	1,7	1,0	0,8	0,8	0,05		0,02	25	22
	2				-32	-180	1,7	1,7	1,7	1,0	0,8	0,8	0,05		0,02	25	22
	3				31	-130	2,0	2,0	2,0	1,2	0,9	0,9	0,05		0,03	29	26
Elektriciteitsbesparing apparaten HDO	1	CO ₂	GO	1,00													
	2																
	3																

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Elektriciteitsbesparing gebouwgebonden verbruik HDO	1	CO ₂	GO	1,00	-46	-249	2,3	0,1	2,3	1,4	1,0		0,06		0,03	34	30
	2				-20	-242	2,6		2,6	1,5	1,2		0,07		0,04	39	34
	3				142	-112	3,4	0,0	3,4	2,0	1,5		0,09		0,05	50	44
Nieuwe concepten kleinschalige WKK HDO	1	CO ₂	GO		32	33	0,1	0,0	0,1	0,4	0,1		0,01			1	1
	2				73	77	0,2	0,1	0,3	0,8	0,2		0,02		0,01	3	2
	3				123	131	0,4	0,1	0,4	1,2	0,3		0,03		0,01	4	3
	4				191	208	0,5	0,0	0,6	1,6	0,4		0,05		0,01	6	4
Potentieelbenutting kleinschalige WKK HDO	1	CO ₂	GO	0,99	5	-7	0,3	-0,1	0,2	-0,2	0,3		0,01		0,01	3	2
	2			0,99	14	-9	0,6	0,0	0,5	-0,5	0,5		0,01		0,02	7	5
	3			0,99	27	-7	0,8	0,0	0,8	-0,7	0,7		0,01		0,02	10	7
	4				48	7	1,1		1,1	-0,9	1,0		0,01		0,03	13	9
Vraagbeperking bestaande bouw HDO	1	CO ₂	GO	1,00	-5	-11	0,2		0,2	0,1						3	3
	2				186	259	0,7		0,7	0,4			0,01			12	12
	3				440	618	1,3		1,3	0,8			0,02			23	23
	4				544	763	1,6		1,6	1,1			0,02			29	29
Vraagbeperking nieuwbouw HDO	1	CO ₂	GO		112	161	0,1		0,1	0,1						2	2
	2				198	286	0,2		0,2	0,1						3	3
	3				345	500	0,2		0,2	0,1						3	3
Warmtepompen met koude/warmte opslag HDO	1	CO ₂	GO	1,00	-1	-1	0,1		0,1	0,1	0,0					2	2
	2			1,00	-4	-4	0,2		0,2	0,1	-0,1					4	4
Warmtepompen voor verwarming HDO	1	CO ₂	GO	1,00	5	7	0,0		0,0	0,0	0,0					1	1
	2			1,00	10	16	0,0		0,0	0,0	-0,1					1	1
Zonneboilers HDO	1	CO ₂	GO		14	17	0,0		0,0	0,0						0	0
	2				28	32	0,0		0,0	0,0						1	1
Elektriciteitsbesparing door gedrag (besparingseffecten) huishoudens	1	CO ₂	GO	1,00	-22	-155	0,4		0,4	0,2	0,2		0,01		0,01	6	5
	2			1,00	-24	-173	0,5		0,5	0,3	0,2		0,01		0,01	7	6

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMIVOS (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)	
Elektriciteitsbesparing door gedrag (structureffecten)																		
	1	CO ₂	GO		-207	-506	0,9		0,9	0,5	0,4		0,02		0,01	13	12	
	2				-245	-630	1,1		1,1	0,7	0,5		0,03		0,02	17	15	
	3				-442	-1146	2,1		2,1	1,2	1,0		0,06		0,03	31	27	
Elektriciteitsbesparing door verhoging efficiency elektrische apparaten huishoudens																		
	1	CO ₂	GO	1,00	-40	-336	0,9		0,9	0,5	0,4		0,02		0,01	14	12	
	2			1,00	29	-702	2,3		2,3	1,4	1,0		0,06		0,03	34	30	
	3				355	-499	2,8		2,8	1,6	1,3		0,07		0,04	41	36	
Elektrische warmtepompen in nieuwbouw huishoudens																		
	1	CO ₂	GO		29	24	0,1		0,1	0,0	0,0					1	1	
	2				91	82	0,2		0,2	0,1	-0,1					4	4	
	3				154	135	0,3		0,3	0,1	-0,2					7	7	
Fotovoltaïsche zonne-energie (Zon-PV)																		
	1	CO ₂	GO		69	15	0,1		0,1	0,1	0,1					1	1	
	2				304	77	0,4		0,4	0,3	0,2		0,01		0,01	4	6	
	3				874	209	1,2		1,2	0,7	0,6		0,03		0,02	10	16	
HR-ketels met een hoger rendement huishoudens																		
	1	CO ₂	GO		234	216	0,2		0,2	0,1						3	3	
	2				460	435	0,3		0,3	0,1						5	5	
	3				699	667	0,4		0,4	0,2						7	7	
	4				1398	1334	0,8		0,8	0,4			0,01			14	14	
Micro-warmtekrachtkoppeling huishoudens																		
	1	CO ₂	GO		121	57	0,2		0,2	0,1	0,2		0,01			2	2	
	2				241	111	0,4		0,4	0,3	0,3		0,01		0,01	5	4	
Restwarmtebenutting huishoudens																		
	1	CO ₂	GO	1,00	-4	-22	0,1		0,1	0,0						2	2	
	2			1,00	-5	-75	0,3		0,3	0,2						6	6	
Vraagbeperking bestaande bouw huishoudens																		
	1	CO ₂	GO	1,00	-9	-82	0,3		0,3	0,2						6	6	
	2			1,00	307	63	1,4		1,4	0,7			0,02			25	25	
	3			1,00	221	-37	1,4		1,4	0,7			0,02			25	25	
	4				875	301	3,4		3,4	1,7			0,04			61	61	

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Vraagbeperking nieuwbouw huishoudens	1	CO ₂	GO		60	58	0,1		0,1	0,0						1	1
	2				212	211	0,2		0,2	0,1						3	3
	3				406	426	0,2		0,2	0,1						4	4
Zonneboilers huishoudens	1	CO ₂	GO		28	24	0,0		0,0	0,0						1	1
	2				64	54	0,1		0,1	0,0						1	1
	3				138	118	0,1		0,1	0,1						3	3
Zuinig stookgedrag huishoudens	1	CO ₂	GO	1,00	-14	-56	0,2		0,2	0,1						3	3
	2			1,00	-28	-114	0,4		0,4	0,2						7	7
CCF	1	CO ₂	IN	0,20	-19	-15	0,6		0,6	0,6	0,5	0,03	0,03		0,2	7	7
	2				-39	-33	1,2		1,2	1,3	1,1	0,06	0,06		0,4	14	15
	3				-70	-55	2,5		2,5	2,5	2,3	0,13	0,13		0,79	28	29
	4				-99	-66	4,0		4,0	4,1	3,6	0,2	0,2		1,29	45	47
Circored	1	CO ₂	IN		88	105	0,2		0,2	-0,2	1,2	0,03	0,03		0,35	-7	-7
	2				180	215	0,5		0,5	-0,3	2,4	0,07	0,07		0,49	-12	-11
	3				337	398	0,7		0,7	-0,6	4,9	0,14	0,14		0,99	-30	-28
	4				595	724	1,1		1,1	-1,0	7,9	0,23	0,23		1,58	-49	-46
CO ₂ -afvang ammoniakproductie	1	CO ₂	IN	1,00	9	12	1,1		1,1	0,0						0	0
	2			1,00	19	25	2,2		2,2	0,0						-1	-1
CO ₂ -afvang etheenproductie	1	CO ₂	IN	1,00	2	3	0,2		0,2							0	0
	2			1,00	4	5	0,4		0,4	0,0						0	0
CO ₂ -afvang grootschalige WKK bestaand	1	CO ₂	IN		40	76	1,1		1,1	-0,4	-0,3	-0,02	-0,02		-0	-10	-9
	2				107	199	2,6		2,6	-1,0	-0,8	-0,05	-0,05		-0	-25	-22
	3				131	243	3,2		3,2	-1,2	-0,9	-0,05	-0,05		-0	-30	-27
	4				150	277	3,6		3,6	-1,4	-1,0	-0,06	-0,06		-0	-34	-30

Optie	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
CO ₂ -afvang grootschalige WKK nieuw	1	CO ₂	IN	1,00	39	72	2,2	2,2	-0,4	-0,3	-0,02	-0,02	-0	-0	-9	-8
	2			1,00	81	148	4,3	4,3	-0,7	-0,6	-0,03	-0,03	-0	-0	-18	-16
	3			0,75	127	229	6,5	6,5	-1,1	-0,8	-0,05	-0,05	-0	-0	-27	-24
	4				177	315	8,7	8,7	-1,4	-1,1	-0,07	-0,07	-0	-0	-36	-32
CO ₂ -afvang primaire ijzer- en staalindustrie	1	CO ₂	IN		58	70	1,5	1,5	-0,3	0,1					-8	-8
	2				122	148	3,0	3,0	-0,7	0,3	-0,01	-0,01			-17	-17
	3				160	196	5,0	5,0	-0,7	0,6					-18	-18
	4				261	318	6,2	6,2	-1,3	1,1	0,01	0,01			-32	-32
Elektriciteitsvraagvermindering industrie, handelend	1	CO ₂	IN	1,00	2	-3	0,1	0,1	0,0	0,0					1	1
	2			1,00	11	-1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,01	0,01			3	3
	3			1,00	17	2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,01	0,01			4	4
	4				73	63	0,5	0,5	0,3	0,2	0,01	0,01		0,01	7	6
Elektriciteitsvraagvermindering industrie, niet handelend	1	CO ₂	IN	1,00	1	0	0,0	0,0	0,0						0	0
	2			1,00	6	3	0,1	0,1	0,0	0,0					1	1
	3				6	4	0,1	0,1	0,0	0,0					1	1
	4				13	12	0,1	0,1	0,1	0,0					1	1
Inkrimpscenario anorganische chemie	1	CO ₂	IN		80	40	1,2	1,2	0,5	0,2	0,02	0,02	0,01	0,01	18	17
	2				167	86	2,4	2,4	1,0	0,5	0,04	0,04	0,01	0,01	36	34
	3				261	139	3,5	3,5	1,5	0,7	0,06	0,06	0,02	0,02	53	51
	4				361	198	4,7	4,7	2,1	1,0	0,07	0,07	0,03	0,03	71	68
Inkrimpscenario kunststofindustrie	1	CO ₂	IN		79	44	1,4	2,7	2,8	0,3	0,0	0,01			25	25
	2				166	96	2,9	4,0	5,5	0,5	0,1	0,01			51	50
	3				259	155	4,3	5,3	8,3	0,8	0,1	0,02			76	76
	4				360	221	5,7	0,1	11,0	1,1	0,1	0,03			101	101

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Inkrimpscenario primair aluminium	1	CO ₂	IN		103	68	0,8	0,2	0,9	0,4	0,3	0,02	0,01	0,01	12	10	
	2				217	147	1,5	0,3	1,7	0,9	0,6	0,04	0,02	0,02	23	21	
	3				343	238	2,3	0,4	2,6	1,3	0,9	0,06	0,03	0,03	35	31	
	4				479	339	3,1		3,5	1,7	1,2	0,07	0,04	0,04	46	42	
Inkrimpscenario primair ijzer en staal	1	CO ₂	IN		309	252	3,8		3,8	1,4	3,7	0,14	0,13	0,39	40	40	
	2				659	546	7,5		7,5	2,7	7,3	0,29	0,26	0,77	81	79	
	3				1052	883	11,3		11,3	4,0	10,9	0,43	0,40	1,16	121	119	
	4				1487	1261	15,0		15,0	5,4	14,6	0,57	0,53	1,53	162	159	
Nieuwe concepten grootschalige WKK	1	CO ₂	IN	0,37	43	21	0,6		0,6	0,3	0,4	0,02	0,01	0,01	8	7	
	2				115	80	1,2		1,2	0,6	0,8	0,04	0,02	0,02	16	13	
	3				214	177	1,7		1,7	0,9	1,2	0,06	0,04	0,04	23	19	
	4				677	681	3,5		3,5	1,8	2,3	0,11	0,07	0,07	47	38	
Nieuwe concepten grootschalige WKK met CO ₂ -afvang	1	CO ₂	IN	1,00	85	98	2,4		2,4	-0,1	0,1				-1	-2	
	2				219	255	4,6		4,6	-0,2	0,2			0,01	-3	-4	
	3				405	474	7,0		7,0	-0,2	0,3			0,01	-5	-6	
	4				1084	1308	13,9		13,9	-0,5	0,6	0,01	0,02	0,02	-9	-12	
Potentieelbenutting grootschalige WKK	1	CO ₂	IN		23	-4	0,9		0,9	0,4	0,8	0,03	0,02	0,02	12	9	
	2				42	4	1,4		1,4	0,6	1,1	0,05	0,03	0,03	18	13	
	3				68	22	1,9		1,9	0,8	1,5	0,07	0,05	0,05	23	18	
	4				189	131	3,3		3,3	1,5	2,6	0,11	0,08	0,08	41	31	
Potentieelbenutting grootschalige WKK met CO ₂ -afvang	1	CO ₂	IN	0,58	49	41	2,3		2,3	0,2	0,6	0,02	0,02	0,02	7	5	
	2				97	89	3,4		3,4	0,3	0,9	0,04	0,03	0,03	10	7	
	3				162	156	4,5		4,5	0,4	1,2	0,05	0,04	0,04	14	9	
	4				367	382	7,9		7,9	0,8	2,1	0,08	0,06	0,06	24	16	

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Proces geïntegreerde WKK petrochemie	1	CO ₂	IN	1,00	0	-13	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2		0,01			2	1
	2			1,00	0	-25	0,4		0,4	0,2	0,3		0,01		0,01	4	3
	3			1,00	3	-34	0,5		0,5	0,2	0,5		0,02		0,01	6	4
	4				7	-41	0,7	0,1	0,7	0,3	0,7		0,03		0,02	8	6
Recycling van aluminium	1	CO ₂	IN		-31	-74	0,8	0,2	0,9	0,4	0,3		0,02		0,01	12	10
	2				-56	-134	1,5	0,3	1,7	0,9	0,6		0,04		0,02	23	21
	3				-79	-193	2,3	0,4	2,6	1,3	0,9		0,06		0,03	35	31
	4				-106	-256	3,2		3,6	1,8	1,2		0,08		0,04	47	43
Recycling van kunststoffen	1	CO ₂	IN	1,00	276	408	2,2		2,2	0,6	-0,1		0,01			14	15
	2			1,00	286	430	2,6		2,6	0,9	-0,1		0,02			22	23
Recycling van staal	1	CO ₂	IN		37	4	3,0		3,0	0,8	2,8		0,11	0,10	0,23	27	27
	2				110	67	5,7		5,7	1,4	5,6		0,2	0,19	0,46	51	51
	3				253	200	8,5		8,5	2,0	8,3		0,3	0,29	0,68	74	75
	4				433	367	12,1		12,1	2,9	11,9		0,43	0,41	0,99	106	107
Substitutie bouwmaterialen woningen	1	CO ₂	IN		-66	-115	1,1		1,1	0,5	0,2		0,02		0,01	14	13
	2				-113	-199	1,8		1,8	0,9	0,4		0,03		0,01	24	22
	3				-152	-273	2,6		2,6	1,3	0,5		0,04		0,02	33	31
	4				-190	-345	3,3		3,3	1,7	0,6		0,06		0,02	42	40
Warmtevermindering industrie, handelend	1	CO ₂	IN	1,00	17	4	1,0		1,0	0,8			0,02			18	18
	2			1,00	93	73	2,5		2,5	2,0			0,04			45	45
	3			1,00	139	121	2,9		2,9	2,3			0,05			52	52
	4				359	382	3,5		3,5	2,8			0,06			63	63
Warmtevermindering industrie, niet-handelend	1	CO ₂	IN	1,00	2	1	0,0		0,0	0,0						1	1
	2			1,00	8	8	0,1		0,1	0,1						2	2
	3			1,00	12	12	0,2		0,2	0,1						3	3
	4				29	33	0,2		0,2	0,2						3	3

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Beperking groei intensieve glastuinbouw	1	CO ₂	LT	1,00	177	154	0,5	0,5	0,5	0,3			0,01			8	8
	2			1,00	345	266	1,2	1,2	1,2	0,8	0,1		0,02			21	21
	3			1,00	686	541	2,2	0,1	2,2	1,5	0,1		0,04			39	38
Nieuwe concepten kleinschalige WKK landbouw	1	CO ₂	LT		66	70	0,4	0,1	0,4	0,9	0,3		0,03		0,01	4	3
	2				152	166	0,7	0,2	0,8	1,8	0,6		0,06		0,02	9	7
	3				257	288	1,1	0,2	1,2	2,6	0,9		0,08		0,03	13	10
	4				401	462	1,4		1,6	3,5	1,1		0,11		0,04	17	13
Potentieelbenutting kleinschalige WKK landbouw	1	CO ₂	LT	1,00	-1	-45	0,7		0,7	0,4	0,6		0,03		0,02	9	6
	2			1,00	2	-85	1,4		1,4	0,7	1,2		0,05		0,04	17	13
	3			1,00	10	-118	2,1		2,1	1,1	1,8		0,08		0,06	26	19
	4				32	-132	2,8		2,8	1,4	2,4		0,11		0,07	34	25
Warmtevermindering glastuinbouw	1	CO ₂	LT	1,00	56	8	0,9		0,9	0,6			0,01			16	16
	2			1,00	116	41	1,5		1,5	1,1			0,02			27	27
	3			0,67	124	46	1,6		1,6	1,1			0,02			28	28
	4				247	161	1,8		1,8	1,3			0,03			33	33
Warmtevermindering overige landbouw	1	CO ₂	LT	1,00	3	0	0,0		0,0	0,0						0	0
	2			1,00	8	2	0,1		0,1	0,0						1	1
	3				14	4	0,1		0,1	0,1						1	1
	4				22	10	0,1		0,1	0,1						1	1
CO ₂ -levering aan de glastuinbouw	1	CO ₂	EN	1,00	-7	-8	0,2		0,2	0,1						3	3
	2			1,00	-13	-15	0,3		0,3	0,2	0,0		0,01			6	6
CO ₂ -opslag raffinaderijen	1	CO ₂	EN	1,00	10	13	1,0		1,0	0,0						0	0
	2			1,00	21	29	2,4		2,4	0,0						-1	-1
Proces geïntegreerde WKK raffinaderijen	1	CO ₂	EN	1,00	11	-13	0,4		0,4	0,2	0,4		0,02		0,01	5	3
	2				27	-20	0,8		0,8	0,4	0,8		0,03		0,02	10	7
	3				49	-18	1,2		1,2	0,6	1,2		0,05		0,04	14	10
	4				90	6	1,6		1,6	0,8	1,5		0,06		0,05	19	13

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Verbetering energiehuishouding raffinaderijen	1	CO ₂	EN	1,00	-6	-8	0,2	0,2	0,2	0,1						3	3
	2			1,00	-13	-18	0,4	0,4	0,4	0,3			0,01			7	7
	3			1,00	-12	-17	0,5	0,5	0,5	0,3			0,01			8	8
	4			1,00	-12	-17	0,5	0,5	0,5	0,4			0,01			10	10
Verbeteringen raffinaderiproces	1	CO ₂	EN	1,00	-3	-5	0,1	0,1	0,1	0,1						2	2
	2			1,00	-21	-28	0,7	0,7	0,7	0,5			0,01			12	12
	3			1,00	-21	-29	1,3	1,3	1,3	0,9			0,02			23	23
	4				-21	-29	1,3	1,3	1,3	0,9			0,02			23	23
Aanscherping ACEA-convenant	1	CO ₂	TR	1,00	310	-53	2,0	2,0	2,0							27	27
Accijns-, MRB- en BPM-cocktail (C10.1)	1	CO ₂	TR	1,00			1,7	1,7	1,7	1,3	0,2		0,03	2,06	0,27	24	24
Afschaffing van de BPM-dieseloetlag (C5.2)	1	CO ₂	TR														
	2						0,2	0,2	0,2	-8,9			-0,19	2,80	-0,6	3	3
Alleen zuinige personenauto's	1	CO ₂	TR				3,6	3,6	3,6							49	49
CO ₂ -differentiatie BPM	1	CO ₂	TR				0,0	0,0	0,0							0	0
	2				-19	-148	0,3	0,3	0,3							4	4
Emissiehandelssysteem brandstoffen	1	CO ₂	TR		88	88	8,0	8,0	8,0	1,9			0,04	0,80			
EU convenant CO ₂ -uitstoot bestelauto's (C12.2)	1	CO ₂	TR	1,00	302	118	1,6	1,6	1,6							22	22
	2				265	104	1,4	1,4	1,4							19	19
Het Nieuwe Rijden III	1	CO ₂	TR	1,00	42	-40	0,3	0,3	0,3							4	4
Kilometerheffing personenauto's, bestelauto's en motorfietsen (C1.1)	1	CO ₂	TR	1,00	-328		1,5	1,5	1,5	1,2			0,03	2,40	0,2	21	21
	1	CO ₂	TR		370	287	0,5	0,5	0,5	1,5			0,03			7	7
Snelheidsbegrenzer bestelauto's (C11.3)	1	CO ₂	TR		101	55	0,2	0,2	0,2	0,8	0,0		0,02	0,02	0,05	3	3
	2				416	233	0,8	0,8	0,8	3,3	0,1		0,07	0,10	0,2	11	11
Toepassing biobrandstoffen in transport	1	CO ₂	TR	1,00	517	516	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0					3	36
	2			1,00	900	898	4,6	4,6	4,6	0,0	0,0					7	65

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVOS (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Verlaging van de BPM-dieseltolslag (C5.1)	1	CO ₂	TR				0,2		0,2	-4,8			-0,1	1,60	-0,3		2
	2												0,41				
Aanscherpen emissiearme aanwending op grasland	1	NH ₃	LT	1,00	16	16						6,96					
	1	NH ₃	LT	0,22	13	13						1,4	0,08				
Emissiearme stallen rundvee	1	NH ₃	LT		32	39						2,76	0,16				
	2				68	83		1,3				5,43	0,32				
Evenwichtsbestemming, mestverwerking	1	NH ₃	LT	1,00	276	276			1,3			12,5	0,73				
	1	NH ₃	LT	1,00	26	31	0,0		0,0	0,0	0,0	7,1	0,42		4,3	0	0
Luchtwaters varkens- en pluimveestallen	1	NH ₃	LT	0,63	151	202	-0,1	4,7	-0,1	-0,1	0,0	19,7	1,16		8,9	-1	-1
	2				109	-10	0,1	0,1	4,8	0,0	0,0	3,9	0,23		0,9	1	1
Opkoop 10% van de dierrechten (krimp)	1	NH ₃	LT	1,00	25	25			0,1			8,22	0,48				
Rantsoenaanpassingen melkvee (melkureum)	1	NH ₃	LT	1,00	5	5								0,60			
Aanscherpen EU productenrichtlijn 2004/42/EG HDO	1	NMVOS	GO														
CO ₂ -reiniging chemische wasserijen	1	NMVOS	GO	1,00	0	-1								1,00		0	0
	2				0	-1								1,00		0	0
Uitbreiden EU productenrichtlijn 2004/42/EG HDO	1	NMVOS	GO	0,54										2,00			
Aanscherpen EU productenrichtlijn 2004/42/EG consumumenten	1	NMVOS	GO		3	3								1,60			
Uitbreiden EU productenrichtlijn 2004/42/EG consumumenten	1	NMVOS	GO											6,00			
Aanscherpen EU productenrichtlijn 2004/42/EG bouw	1	NMVOS	IN		21	21								4,10			
Maatregelen industrieel reinigen en ontvetten	1	NMVOS	IN											0,90			
Maatregelen industriële verfloepassingen	1	NMVOS	IN		5	5								3,40			
Maatregelen raffinaderijen	1	NMVOS	EN		1	1								0,80			
	2				4	4								1,20			
Invoering APK motorfietsen (V3.3)	1	NMVOS	TR											0,20			
Uitbreiden EU productenrichtlijn 2004/42/EG verkeer	1	NMVOS	TR											1,00			

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt)	CO ₂ -eq	BKG (Mt)	CO ₂ -eq	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)	
Aanscherping prestatienorm voor deelnemers NO _x -emissiehandel elektriciteitsopwekking																				
	1	NO _x	EN	1,00	5	7						6,7			0,14					
	2			1,00	24	31						13,7			0,3					
Extra SCR bij stationaire gasmotoren HDO																				
	1	NO _x	GO	0,54	9	10	0,0			0,0		0,8			0,02				0	0
	2				20	23	0,0	0,1		0,0		1,7			0,04				0	0
Gasturbine of brandstofcel i.p.v. gasmotor HDO																				
	1	NO _x	GO		8	10	-0,1		0,0	-0,1		0,6			0,01				-2	-2
	2				24	4	0,0	0,1		0,1		0,4			0,01				1	1
	3				31	11	-0,1					0,7			0,02				-1	-1
Lage NO _x -branders voor ketels >100 kW HDO																				
	1	NO _x	GO	1,00	1	1						1,9			0,04					
	2				6	7						2,4			0,05					
Emissie-eis huishoudelijke CV-ketels NO _x																				
	1	NO _x	GO	1,00	4	-56	0,3			0,3		1,4			0,03				5	5
	2				30	-30	0,3			0,3		4,6			0,1				5	5
Lage NO _x -branders voor ketels >100 kW huishoudens																				
	1	NO _x	GO	1,00	0	0						0,1								
	2				0	1						0,2								
Aanscherping prestatienorm voor deelnemers NO _x -emissiehandel industrie																				
	1	NO _x	IN	1,00	8	10						10,5			0,23					
	2			1,00	38	49						21,5			0,47					
Extra SCR bij stationaire gasmotoren industrie																				
	1	NO _x	IN	1,00	3	4						0,3			0,01				0	0
	2				7	8		0,0				0,6			0,01				0	0
Gasturbine of brandstofcel i.p.v. gasmotor industrie																				
	1	NO _x	IN		3	3	0,0	0,0		0,0		0,2							-1	-1
	2				8	2	0,0	0,0		0,0		0,1							0	0
	3				10	5	0,0					0,2			0,01				0	0
Lage NO _x -branders voor ketels >100 kW industrie																				
	1	NO _x	IN	1,00	0	0						0,3			0,01					
	2				1	2						0,4			0,01					
Extra SCR bij stationaire gasmotoren landbouw																				
	1	NO _x	LT		14	16	0,0			0,0		1,1			0,02				0	0
	2				29	35	0,0	0,1		0,0		2,4			0,05				0	0

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt)	CO ₂ -eq	BKG (Mt)	CO ₂ -eq	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mid z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Gasturbine of brandstofcel i.p.v. gasmotor landbouw	1	NO _x	LT	1,00	6	10	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4			0,01			-2	-2
	2				18	4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3			0,01			0	0
	3				23	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5			0,01			-1	-1
Lage NO _x -branders voor ketels >100 kW landbouw	1	NO _x	LT	1,00	0	0						0,5			0,01				
	2				4	5						0,8			0,02				
Aanscherping prestatienorm voor deelnemers NO _x -emissiehandel raffinaderijen	1	NO _x	EN	1,00	2	2						1,9			0,04				
	2				7	9						3,9			0,08				
BTW op Europese vliegtickets	1	NO _x	TR	1,00								1,7	0,1		0,04	0,50	0,1		
	2						0,5		0,5		0,5	1,7	0,1		0,04	0,50	0,1		
Introductie brandstofvoeslag MRB bestelauto's op diesel en LPG (N6.1)	1	NO _x	TR				-0,2		-0,2			2,2			0,05	0,2	0,2	-3	-3
	2											0,8			0,02				
Normstelling (fase 2) voor bestaande motoren binnen-vaartschepen (N12.9)	1	NO _x	TR		1	1						10,4			0,23	0,08	0,08		
	2				7	9						16,1			0,35				
SCR zeeschepen	1	NO _x	TR	1,00	13	15						14,7			0,32	0,11	0,11		
Subsidieregeling en heffing binnenvaart NO _x (N12.5)	1	NO _x	TR	1,00	2	3						1,8			0,04	0,02	0,02		
Subsidieregeling retrofit binnenvaart SCR de-NO _x (N12.1)	1	NO _x	TR		-7	9	0,1	4,0	0,1	4,0	0,1	10,6	0,4		0,24	0,29	0,29	1	1
Walstroom zeeschepen	1	NO _x	TR	1,00	2	2													
Lachgasreductie salpeterzuurfabrieken	1	N ₂ O	IN	1,00	2	2													
Reducties bij het gebruik van F-gassen	1	F-gassen	IN	1,00								1,2	0,2						
	2				8	8						1,5	1,2						
	3				11	11						0,3	1,5						
Aanpassing veevoer pensfermentatie	1	CH ₄	LT	1,00	17	17						0,4	0,3						
	2				30	30						0,4	0,4						
Minder stikstofkunstmest	1	N ₂ O	LT	1,00	20	20						0,4	0,4						
Vergisting mest en co-substraat melkveebedrijven	1	CH ₄	LT		85	-11	0,5	1,6	0,9	0,9	0,9	-0,4	0,1		-0,01	-0,01	0,1	0	7
	2				396	24	2,1	0,6	3,7	3,7	3,7	-1,5	0,4		-0,02	-0,03	0,4	1	29

Optie	Variant	Doelstof	Sector	In pakket	NK (€)	EVK (€)	CO ₂ (Mt)	OB (Mt CO ₂ -eq)	BKG (Mt CO ₂ -eq)	NO _x (kt)	SO ₂ (kt)	NH ₃ (kt)	Verzuring (mld z-eq)	NMVO's (kt)	Fijn stof (kt)	Primair (PJ)	Fossiel (PJ)
Stookgasreiniging chemie	1	SO ₂	IN		0	0					0,2		0,01				
	2				1	1					0,4		0,01				
Olie- naar gasstook raffinaderijen	1	SO ₂	EN	1,00	-2	9	0,1		0,1	0,4	4,6		0,15		0,6		
	1	SO ₂	EN		5	5					2,4		0,07				
	2				7	7					3,6		0,11				
Optimalisatie stookgasreiniging raffinaderijen	3				11	12					4,5		0,14				
	1	SO ₂	EN	0,80	5	6					6,6		0,21				
	1	SO ₂	TR		20	20					1,9		0,06				
Lager zwavelgehalte off-road diesel (S2.1/S2.2)	2				37	37					3,3		0,1				
	1	SO ₂	TR		7	7					0,6		0,02				
Stimulering lager zwavelgehalte binnenvaart (S3.1)																	

Bijlage F Effecten van hogere olie- en gasprijzen

De tabel geeft van de CO₂-opties de nationale kosten en kosteneffectiviteiten, de eindverbruikerskosten en de emissiereductie bij energieprijzen uit de Referentieramingen en bij de energieprijzen uit de verhoogde olieprijsvariant. In deze laatste ligt de olieprijs rond de 40\$/vat. De getoonde kosten en effecten hebben betrekking op 100% toepassing van de betreffende optie. De tabel geeft ook weer welke opties toegepast worden in de bijbehorende optiepakketten die leiden tot een reductie van de BKG tot 180 Mton CO₂-eq.

De kosten en effecten zijn niet alleen op basis van andere prijzen berekend, maar ook op basis van een ander achtergrondscenario. In dit achtergrondscenario treden door de hogere prijzen ook al verschuivingen op in de toepassing van bepaalde maatregelen, waardoor in een aantal gevallen de (additionele) potentiële van maatregelen kunnen verschillen.

Uit de tabel blijkt dat de nationale kosteneffectiviteiten aanzienlijk kunnen verschillen onder invloed van de hogere olie- en aardgasprijzen, maar dat de invloed op de toepassing van opties zeer beperkt is. De voornaamste wijzigingen treden op bij WKK-opties, en opties voor brandstofsubstitutie en CO₂-afvang.

Afkortingen sectoren: EN Energiebedrijven, GO Gebouwde omgeving, IN Industrie, LT Land- en tuinbouw, TR Transport.

Optie	Variant	Sector	GE ^{act}				GE ^{ho}				Delta		
			NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	In pakket €/ton
Afvalverbrandingsinstallaties (AVI's)	1	EN	-4	-5	0,2	1,00	-19	-8	-10	0,2	1,00	-33	-15
Bijstook gascentrales	1	EN	47	18	0,2		195	39	3	0,2		164	-32
	2		118	47	0,6		196	99	9	0,6		165	-31
Bijstook nieuwe kolencentrales	1	EN	92	0	1,0		94	92	0	1,0		94	0
	2		193	9	1,9		100	193	9	1,9		100	0
	3		304	28	2,9		104	304	28	2,9		104	0
Bijstook oude kolencentrales	1	EN	222	55	2,4		95	222	55	2,4		95	0
	2		467	133	4,7		100	467	133	4,7		100	0
	3		732	231	7,0		104	732	231	7,0		104	0
Biomassa centrales	1	EN	101	-80	1,9	1,00	54	75	-118	1,9	1,00	40	-13
Biomassa meestoken in gascentrales	1	EN	114	-9	0,9		128	86	-65	0,9		96	-32
	2		325	11	1,5		218	278	-83	1,5		187	-32
Bouw nieuwe kerncentrale(s)	1	EN	37	-74	4,3	1,00	9	-24	-160	4,2	1,00	-6	-14
	2		73	-149	8,5	1,00	9	-47	-319	8,4	1,00	-6	-14
	3		110	-223	12,8		9	-71	-479	12,6		-6	-14
	4		146	-297	17,0		9	-94	-638	16,8		-6	-14
CO ₂ -afvang bij bestaande gascentrales	1	EN	70	96	2,0		36	86	128	2,0		43	8
CO ₂ -afvang bij bestaande kolencentrales	1	EN	183	322	7,0		26	183	322	7,0		26	0
CO ₂ -afvang bij bestaande kolencentrales: Buggenum	1	EN	42	74	1,5		28	42	74	1,5		28	0
CO ₂ -afvang bij nieuwe gascentrales	1	EN	254	535	13,9		18	600	1228	14,6		41	23
CO ₂ -afvang bij nieuwe kolencentrales	1	EN	461	847	19,6		23	486	891	20,7	0,29	23	0,29
CO ₂ -afvang bij oudste 5 koleneenheden	1	EN	552	894	15,6		35	552	894	15,6		35	0

Optie	Variant	Sector	GE ^{act}					GE ^{ho}					Delta	
			NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	In pakket	€/ton
Gascentrales in plaats van nieuwe kolencentrales	1	EN	-4	197	7,0	0,53	-	316	847	7,4	0,50	43	-0,03	43
	2		-9	193	7,4	0,53	-	297	816	7,8	0,50	38	-0,03	39
	3		128	378	8,6		15	400	927	9,1		44		29
Groen gas uit (co)vergisting van mest (en biomassa)	1	EN	164	142	0,8		208	139	93	0,8		176		-31
	2		324	279	1,6		199	273	176	1,6		167		-32
	3		518	460	2,4		215	442	307	2,4		183		-32
	4		687	611	3,2		215	586	409	3,2		183		-32
Groen gas uit stortgas, RWZI's	1	EN	-11	-17	0,3	1,00	-42	-20	-34	0,3	1,00	-73		-32
Groen gas uit vergassing van biomassa	1	EN	26	29	0,1		240	23	22	0,1		210		-31
	2		208	230	0,8		277	184	183	0,8		245		-31
	3		740	806	3,4		216	632	589	3,4		185		-32
Hoger aantal draaiuren gascentrales in plaats van draaiuren bestaande kolencentrales	1	EN	23	48	0,7		34	55	112	0,8		68		35
Hoger aantal draaiuren gascentrales in plaats van draaiuren nieuwe kolencentrales	1	EN	3	12	0,5		8	21	46	0,4		57		49
Kolencentrales overschakelen naar aardgas	1	EN	329	725	4,6		72	748	1565	4,6		164		92
Nieuwe kolencentrales met hoger rendement	1	EN	96	243	0,7		135	191	487	1,4		134		-1
	2		163	322	2,2		75	259	565	2,9		89		14
Verbeteren rendement via veranderen operationele inzet	1	EN	14	9	0,3	1,00	56	6	-8	0,3	1,00	24		-32
Vervroegde vervanging gascentrales met laag rendement	1	EN	12	27	0,4		29	-1	-1	0,4		-3		-32
Vervroegde vervanging kolencentrales met laag rendement	1	EN	118	262	0,8		148	118	262	0,8		148		0
Windenergie op land	1	EN	33	-1	0,4		78	27	-9	0,4		65		-13
	2		65	-1	0,8		78	53	-18	0,8		64		-13
	3		98	-2	1,3		78	80	-27	1,2		65		-13
Windenergie op zee	1	EN	470	-201	7,5	1,00	62	363	-352	7,4	1,00	49		-13
	2		540	-232	8,7	1,00	62	418	-405	8,5	1,00	49		-13
	3		611	-262	9,8	1,00	62	472	-458	9,7	1,00	49		-13
Elektriciteitsbesparing apparaten HDO	1	GO	-31	-180	1,7	1,00	-19	-54	-213	1,6	1,00	-33		-15
	2		-31	-180	1,7		-19	-54	-213	1,6		-33		-15
	3		32	-130	2,0		16	4	-169	1,9		2		-14
Elektriciteitsbesparing gebouwgebonden verbruik HDO	1	GO	-45	-249	2,3	1,00	-20	-77	-294	2,2	1,00	-35		-15
	2		-18	-242	2,6		-7	-54	-293	2,5		-22		-14
	3		144	-112	3,3		44	97	-178	3,3		30		-14
Nieuwe concepten kleinschalige WKK HDO	1	GO	32	33	0,1		292	32	34	0,1		292		0
	2		73	77	0,2		318	73	78	0,2		333		14
	3		123	131	0,3		363	123	134	0,3		363		0
	4		192	208	0,5		417	192	212	0,5		426		9

Optie	Variant	Sector	GE ^{act}					GE ^{ho}					Delta	
			NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	In pakket	€/ton
Potentieelbenutting kleinschalige WKK HDO	1	GO	5	-7	0,3	0,87	19	8	-5	0,4	1,00	23	0,13	4
	2		15	-9	0,5		28	19	-2	0,6		31		3
	3		28	-7	0,8		35	33	4	0,9		38		3
	4		49	7	1,1		47	55	21	1,1		49		3
Vraagbeperking bestaande bouw HDO	1	GO	-5	-11	0,2	1,00	-30	0	0	0,0	1,00	0		30
	2		186	259	0,7		278	58	79	0,2		344		66
	3		440	618	1,3		341	293	400	0,8		371		30
	4		544	763	1,6		334	386	523	1,1		345		11
Vraagbeperking nieuwbouw HDO	1	GO	112	161	0,1		1015	108	154	0,1		984		-31
	2		198	286	0,2		1101	193	275	0,2		1070		-32
	3		345	500	0,2		1814	339	488	0,2		1782		-32
Warmtepompen met koude/warmte opslag HDO	1	GO	-1	-1	0,1	1,00	-19	-6	-10	0,1	1,00	-63		-45
	2		-4	-4	0,2	1,00	-22	-13	-23	0,2	1,00	-66		-45
Warmtepompen voor verwarming HDO	1	GO	5	7	0,0		165	3	3	0,0		110		-56
	2		10	16	0,1		209	7	8	0,1		142		-66
Zonneboilers HDO	1	GO	14	17	0,0		716	14	16	0,0		689		-27
	2		28	32	0,0		919	27	30	0,0		889		-30
Elektriciteitsbesparing door gedrag (besparingseffecten) huishoudens	1	GO	-21	-155	0,4	1,00	-53	-16	-98	0,2	1,00	-67		-14
	2		-24	-173	0,5	1,00	-53	-18	-109	0,3	1,00	-67		-14
Elektriciteitsbesparing door gedrag (structureffecten) huishoudens	1	GO	-206	-506	0,9		-237	-145	-349	0,6		-255		-18
	2		-244	-630	1,1		-218	-173	-435	0,7		-234		-16
	3		-441	1146	2,1		-215	-313	-791	1,4		-232		-17
Elektriciteitsbesparing door verhoging efficiency elektrische apparaten huishoudens	1	GO	-39	-336	0,9	1,00	-43	-52	-354	0,9	1,00	-58		-15
	2		31	-702	2,3	1,00	14	-1	-747	2,2	1,00	0		-14
	3		356	-499	2,7		132	318	-553	2,7		120		-12
Elektrische warmtepompen in nieuwbouw huishoudens	1	GO	29	24	0,1		479	26	17	0,1		428		-51
	2		91	82	0,2		506	82	61	0,2		429		-76
	3		154	135	0,3		481	138	100	0,3		430		-50
Fotovoltaïsche zonne-energie (Zon-PV)	1	GO	69	15	0,1		689	68	13	0,1		675		-14
	2		304	77	0,4		725	298	69	0,4		728		3
	3		875	209	1,2		717	857	185	1,2		714		-2
HR-ketels met een hoger rendement huishoudens	1	GO	234	216	0,2		1379	76	68	0,1		1273		106
	2		460	435	0,3		1645	299	280	0,2		1758		114
	3		699	667	0,4		1792	534	505	0,3		1906		114
	4		1398	1334	0,8		1769	1220	1148	0,7		1821		52
Micro-warmtekrachtkoppeling huishoudens	1	GO	121	57	0,2		673	121	59	0,2		672		-1
	2		242	111	0,4		654	241	116	0,4		670		17
Restwarmtebenutting huishoudens	1	GO	-4	-22	0,1	1,00	-44	-6	-28	0,1	1,00	-77		-33
	2		-5	-75	0,3	1,00	-16	-15	-95	0,3	1,00	-48		-32

Optie	Variant	Sector	GE ^{act}					GE ^{ho}					Delta	
			NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	In pakket	€/ton
Vraagbeperking bestaande bouw huishoudens	1	GO	-9	-82	0,3	1,00	-27	-20	-103	0,3	1,00	-59	-31	
	2		307	63	1,4	219	263	-26	1,4	188	-32	-32		
	3		221	-37	1,4	158	177	-126	1,4	126	-32	-32		
	4		875	301	3,4	256	767	84	3,4	224	-32	-32		
Vraagbeperking nieuwbouw huishoudens	1	GO	60	58	0,1	999	58	54	0,1	970	-29	-29		
	2		212	211	0,2	1246	207	201	0,2	1215	-31	-31		
	3		406	426	0,2	1846	399	412	0,2	1814	-32	-32		
Zonneboilers huishoudens	1	GO	28	24	0,0	919	16	13	0,0	800	119	119		
	2		64	54	0,1	917	51	41	0,1	856	-61	-61		
	3		138	118	0,1	984	123	100	0,1	944	-41	-41		
Zuinig stookgedrag huishoudens	1	GO	-14	-56	0,2	1,00	-73	-2	-8	0,0	1,00	-117	-44	
	2		-28	-114	0,4	1,00	-72	-23	-78	0,2	1,00	-104	-32	
CCF	1	IN	-19	-15	0,6	0,20	-31	-28	-36	0,6	0,20	-47	-16	
	2		-39	-33	1,2		-32	-59	-75	1,2		-48	-16	
	3		-71	-55	2,5		-29	-110	-138	2,5		-45	-16	
	4		-99	-66	4,0		-25	-164	-201	4,0		-41	-16	
Circored	1	IN	88	105	0,2		488	120	169	0,2		669	181	
	2		180	215	0,5		360	240	331	0,5		470	111	
	3		336	398	0,7		487	467	651	0,7		667	180	
	4		594	724	1,1		531	806	1135	1,1		707	177	
CO ₂ -afvang ammoniakproductie	1	IN	9	12	1,1	1,00	9	10	14	1,1	1,00	9	1	
	2		19	25	2,2	1,00	9	21	28	2,2	1,00	10	1	
CO ₂ -afvang etheenproductie	1	IN	2	3	0,2	1,00	10	3	4	0,2	1,00	11	1	
	2		4	5	0,4	1,00	10	4	6	0,4	1,00	11	1	
CO ₂ -afvang grootschalige WKK bestaand	1	IN	40	76	1,1		38	49	82	1,1		46	8	
	2		106	199	2,7		40	129	215	2,7		48	8	
	3		130	243	3,2		40	158	263	3,2		49	8	
	4		149	277	3,7		41	180	300	3,7		49	8	
CO ₂ -afvang grootschalige WKK nieuw	1	IN	39	72	2,2	1,00	18	47	78	2,2	1,00	21	4	
	2		80	148	4,3	1,00	19	97	160	4,3		22	-1,00 4	
	3		126	229	6,5	1,00	19	151	247	6,5		23	-1,00 4	
	4		175	315	8,7		20	209	339	8,8		24	4	
CO ₂ -afvang primaire ijzer- en staalindustrie	1	IN	58	70	1,5		37	71	97	1,5		46	9	
	2		122	148	3,0		40	151	205	3,0		50	10	
	3		160	196	5,0		32	190	255	5,0		38	6	
	4		261	318	6,2		42	314	424	6,2		51	9	
Elektriciteitsvraagvermindering industrie, handelend	1	IN	2	-3	0,1	1,00	27	1	-4	0,1	1,00	12	-15	
	2		12	-1	0,2	1,00	50	8	-5	0,2	1,00	39	-12	
	3		17	2	0,3		62	13	-3	0,3		49	-13	
	4		73	63	0,5		163	67	55	0,4		155	-8	

Optie	Variant	Sector	GE ^{act}				GE ^{ho}					Delta		
			NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	In pakket	€/ton
Elektriciteitsvraagvermindering industrie, niet handelend	1	IN	1	0	0,0		64	1	0	0,0	1,00	50	1,00	-14
	2		6	3	0,1		93	5	2	0,1		79		-14
	3		6	4	0,1		96	5	2	0,1		82		-14
	4		13	12	0,1		163	12	10	0,1		149		-14
Inkrimpscenario anorganische chemie	1	IN	81	40	1,2		69	59	0	1,2		50		-18
	2		168	86	2,4		71	125	7	2,3		54		-18
	3		261	139	3,5		74	197	21	3,5		56		-18
	4		362	198	4,7		77	276	41	4,7		59		-18
Inkrimpscenario kunstmestindustrie	1	IN	79	44	1,4		55	34	-45	1,4		24		-31
	2		166	96	2,9		58	76	-83	2,9		27		-31
	3		259	155	4,3		60	125	-113	4,3		29		-31
	4		361	221	5,7		63	181	-136	5,7		32		-31
Inkrimpscenario primair aluminium	1	IN	103	68	0,8		136	91	49	0,8		122		-14
	2		218	147	1,5		143	194	110	1,5		129		-14
	3		344	238	2,3		151	308	182	2,3		137		-14
	4		481	339	3,0		158	433	265	3,0		144		-14
Inkrimpscenario primair ijzer en staal	1	IN	309	252	3,7		83	310	257	3,7		83		0
	2		660	546	7,5		88	661	556	7,5		88		0
	3		1053	883	11,2		94	1055	897	11,2		94		0
	4		1488	1261	15,0		99	1490	1280	15,0		100		0
Nieuwe concepten grootschalige WKK	1	IN	43	21	0,6		74	39	21	0,6		69		-5
	2		116	80	1,1		101	109	81	1,1		97		-4
	3		216	177	1,7		128	206	178	1,7		124		-3
	4		680	681	3,4		200	660	683	3,3		198		-2
Nieuwe concepten grootschalige WKK met CO ₂ -afvang	1	IN	85	98	2,4	0,42	36	90	104	2,4		38	-0,42	2
	2		219	255	4,6		48	230	268	4,6		50		3
	3		405	474	6,9		58	422	494	6,9		61		2
	4		1085	1308	13,9		78	1118	1347	13,9		81		2
Potentieelbenutting grootschalige WKK	1	IN	24	-4	0,9	0,01	26	25	2	1,0	0,25	26	0,24	0
	2		43	4	1,4		32	45	14	1,4		32		0
	3		70	22	1,8		39	72	36	1,8		40		1
	4		192	131	3,2		61	194	155	3,1		62		1
Potentieelbenutting grootschalige WKK met CO ₂ -afvang	1	IN	49	41	2,3	1,00	22	57	54	2,4	1,00	24		2
	2		98	89	3,4		29	108	107	3,5		31		2
	3		164	156	4,5		37	176	179	4,6		39		2
	4		370	382	7,8		47	389	419	7,9		49		2
Proces geïntegreerde WKK petrochemie	1	IN	0	-13	0,2	1,00	-1	1	-11	0,2	1,00	5		6
	2		1	-25	0,3	1,00	2	3	-20	0,3	1,00	8		6
	3		3	-34	0,5	1,00	6	6	-27	0,5	1,00	12		6
	4		8	-41	0,7		11	11	-33	0,7		16		5

Optie	Variant	Sector	GE ^{act}					GE ^{ho}					Delta	
			NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	In pakket	€/ton
Recycling van aluminium	1	IN	-31	-74	0,8		-41	-43	-92	0,8		-57		-16
	2		-55	-134	1,5		-36	-78	-170	1,5		-53		-16
	3		-78	-193	2,3		-34	-112	-247	2,2		-50		-16
	4		-104	-256	3,1		-33	-153	-333	3,1		-50		-16
Recycling van kunststoffen	1	IN	276	408	2,2		127	249	352	2,2		114		-13
	2		286	430	2,6		108	245	345	2,6		93		-16
Recycling van staal	1	IN	37	4	3,0		13	46	22	3,0		16		3
	2		109	67	5,7		19	132	109	5,7		23		4
	3		253	200	8,5		30	287	266	8,5		34		4
	4		433	367	12,1		36	484	464	12,1		40		4
Substitutie bouwmaterialen woningen	1	IN	-66	-115	1,1		-62	-80	-121	1,1		-76		-14
	2		-112	-199	1,8		-61	-138	-209	1,8		-76		-15
	3		-151	-273	2,6		-59	-187	-287	2,5		-74		-15
	4		-189	-345	3,3		-58	-235	-363	3,2		-72		-14
Warmtevraagvermindering industrie, handelend	1	IN	17	4	1,0	1,00	17	-3	-11	0,2	1,00	-15		-32
	2		93	73	2,5	1,00	37	26	-37	1,7	1,00	15		-22
	3		139	121	2,9		47	58	-16	2,1		27		-20
	4		359	382	3,5		102	259	207	2,7		96		-7
Warmtevraagvermindering industrie, niet-handelend	1	IN	2	1	0,0	1,00	39	0	0	0,0	1,00	6		-33
	2		8	8	0,1	1,00	7	4	1	0,1	1,00	47		-23
	3		12	12	0,2		78	7	3	0,1		56		-22
	4		29	33	0,2		152	23	22	0,2		141		-11
Beperking groei intensieve glastuinbouw	1	LT	177	154	0,5		394	163	125	0,5		363		-32
	2		345	266	1,2		283	309	196	1,2		255		-27
	3		686	541	2,2		310	621	414	2,2		282		-28
Nieuwe concepten kleinschalige WKK landbouw	1	LT	66	70	0,3		195	67	73	0,3		202		6
	2		152	166	0,7		224	152	171	0,7		231		7
	3		258	288	1,0		253	258	296	1,0		261		8
	4		403	462	1,4		298	403	472	1,3		306		7
Potentieelbenutting kleinschalige WKK landbouw	1	LT	0	-45	0,7	1,00	-1	0	-1	0,0	1,00	2		2
	2		3	-85	1,4	1,00	3	5	-33	0,7	1,00	8		5
	3		12	-118	2,1	1,00	6	15	-59	1,4	1,00	11		5
	4		35	-132	2,7		13	40	-65	2,0		20		7
Warmtevraagvermindering glastuinbouw	1	LT	56	8	0,9	1,00	60	5	-10	0,2	1,00	29		-32
	2		116	41	1,5		76	46	-15	0,8	1,00	59	1,00	-17
	3		124	46	1,6		79	53	-13	0,8		64		-15
	4		247	161	1,8		135	168	86	1,1		154		19
Warmtevraagvermindering overige landbouw	1	LT	3	0	0,0		172	0	0	0,0		0		172
	2		8	2	0,1		167	5	0	0,0		151		-16
	3		14	4	0,1		203	10	1	0,1		194		-9
	4		22	10	0,1		272	17	6	0,1		282		9

Optie	Variant Sector		GE ^{act}					GE ^{ho}					Delta	
			NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	NK	EVK	Mton	In pakket	NK €/ton	In pakket	€/ton
CO ₂ -levering aan de glastuinbouw	1	EN	-7	-8	0,2	1,00	-46	-12	-17	0,2	1,00	-77	-31	
	2		-13	-15	0,3	1,00	-39	-24	-37	0,3	1,00	-71	-32	
CO ₂ -opslag raffinaderijen	1	EN	10	13	1,0	1,00	10	11	15	1,0	1,00	11	1	
	2		21	29	2,4	1,00	9	23	32	2,4	1,00	10	1	
Proces geïntegreerde WKK raffinaderijen	1	EN	11	-13	0,4	1,00	29	13	-8	0,4	1,00	35	6	
	2		28	-20	0,8	0,72	35	32	-10	0,8	1,00	41	0,28 7	
	3		51	-18	1,2		43	57	-3	1,2		49	7	
	4		92	6	1,6		58	100	26	1,5		65	7	
Verbetering energiehouding raffinaderijen	1	EN	-6	-8	0,2	1,00	-35	-11	-18	0,2	1,00	-67	-32	
	2		-13	-18	0,4	1,00	-33	-25	-42	0,4	1,00	-65	-32	
	3		-12	-17	0,5	1,00	-25	-26	-46	0,5	1,00	-57	-32	
	4		-12	-17	0,5	1,00	-22	-29	-51	0,5	1,00	-54	-32	
Verbeteringen raffinaderijproces	1	EN	-3	-5	0,1	1,00	-25	-7	-13	0,1	1,00	-56	-31	
	2		-21	-28	0,7	1,00	-32	-41	-69	0,7	1,00	-63	-32	
	3		-21	-29	1,3	1,00	-16	-61	-109	1,3	1,00	-48	-32	
	4		-21	-29	1,3		-16	-61	-109	1,3		-48	-32	
Aanscherping ACEA-convenant	1	TR	310	-53	2,0		157	203	-66	1,4		142	-15	
Accijns-, MRB- en BPM-cocktail (C10.1)	1	TR	0	0	1,7	1,00	0	0	0	1,2	1,00	0	0	
Afschaffing van de BPM-dieseltoeslag (C5.2)	1	TR	0	0	0,0		0	0	0	0,0		0	0	
	2		0	0	0,2		0	0	0	0,2		0	0	
Alleen zuinige personenauto's	1	TR	0	0	3,6		0	0	0	3,6		0	0	
CO ₂ -differentiatie BPM	1	TR	0	0	0,0		0	0	0	0,0		0	0	
	2		0	0	0,3		0	0	0	0,2		0	0	
Emissiehandelssysteem brandstoffen	1	TR	88	88	8,0		11	63	63	5,8		11	0	
EU convenant CO ₂ -uitstoot bestelauto's (C12.2)	1	TR	302	118	1,6		192	240	75	1,4		178	-14	
	2		265	104	1,4		192	211	65	1,2		177	-15	
Het Nieuwe Rijden III	1	TR	42	-40	0,3		138	37	-46	0,3		124	-15	
Kilometerheffing personenauto's, bestelauto's en motorfietsen (C1.1)	1	TR	-328	0	1,5	1,00	-220	-236	0	1,1	1,00	-221	-1	
Snelheidsbegrenzer bestelauto's (C11.3)	1	TR	370	287	0,5		755	312	238	0,4		743	-12	
Snelheidsverlaging snelwegen	1	TR	101	55	0,2		507	71	37	0,2		472	-34	
	2		416	233	0,8		520	291	157	0,6		511	-9	
Toepassing biobrandstoffen in transport	1	TR	517	516	2,6		202	478	517	2,6		187	-15	
	2		900	898	4,6		194	828	901	4,6		179	-16	
Verlaging van de BPM-dieseltoeslag (C5.1)	1	TR	0	0	0,0		0	0	0	0,0		0	0	
	2		0	0	0,2		0	0	0	0,1		0	0	