

Effort sharing regulation; gevolgen voor Nederland

Bert Daniëls, Michiel Hekkenberg (ECN),
Robert Koelemeijer (PBL) (coörd.)

Casper Tigchelaar, Paul Vethman, Cees Volkers
(ECN), Jan Ros, Marian van Schijndel,
Gert Jan van den Born, Pieter Hammingh,
Gerben Geilenkirchen (PBL)

December 2016

ECN-E--16-047

PBL-publicatienummer 2795



Verantwoording

Dit rapport is geschreven in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

ECN rapportnummer ECN-E--16-047, PBL publicatienummer 2795.
Het project staat geregistreerd onder projectnummer 54197.

Contactpersonen voor dit project zijn de coördinerend auteurs:
ECN - Bert Daniëls (tel. +31-88-5154426, e-mail: daniels@ecn.nl), Michiel Hekkenberg (tel. +31-88-5158305, e-mail: hekkkenberg@ecn.nl)
PBL - Robert Koelemeijer (tel. +31-6-11537156, e-mail Robert.Koelemeijer@pbl.nl).

Het rapport is gereviewd door Paul Koutstaal (ECN), Jeannette Beck, Pieter Boot en Dorien Manting (PBL). De opmaak is verzorgd door Kim Stutvoet-Mulder.

De auteurs willen de volgende personen danken voor hun feedback: de contactpersonen bij de ministeries: Frans Duijnhouwer (I&M), Mascha Wijnberger en Jan Hendriks (EZ) en de leden van de begeleidingscommissie: Jan-Coen Kruit (BZK), Martin Linssen, Wijnand van Goudoever (FIN), Martijn Root, Nico Bos, Sophie van Eck, Walter Oudshoorn (EZ).

Abstract

This report describes the 2020-2030 emission reductions task for the Netherlands resulting from the recent European proposal for an Effort Sharing Regulation. The report analyses the reduction task and the uncertainties therein, and the direct costs from a societal perspective. Further, the report describes the role of several (technical) measures and economic sectors involved. It concludes with considerations on the 2030 targets in the long-term perspective.

“Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan ECN geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het rapport en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker. In geen enkel geval zijn ECN, zijn bestuurders, directeuren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.”

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding en leeswijzer	11
2	Niet-ETS doel voor Nederland 2030	13
2.1	De beleidsopgave op hoofdlijnen	13
2.2	Berekening emissieruimte voor Nederland	16
2.3	Emissies NEV 2016	19
2.4	Uitwerking centrale verwachting beleidsopgave	22
2.5	Range beleidsopgave	23
3	Resultaten: kosten en maatregelen	28
3.1	Kosten bij verschillende opgaven	30
3.2	Samenstelling van de maatregelpakketten	35
3.3	Inzet van flexibiliteitsmechanismen	43
4	Lange-termijnaspecten	48
4.1	Betekenis voor het transitieproces	48
	Referenties	56
	Bijlagen	
A.	Kosten-methodiek	58
B.	Berekenings-methodiek pakketten en status resultaten	63
C.	Verschillen met IBO	66
D.	Verschillen met de 2014 impact studie	68
E.	Kosten en potentieel van emissiereductiemaatregelen	70
F.	Kernparameters	108
G.	Kostencurves	116
H.	Individuele opties in centrale maatregelen-pakket	126

Samenvatting

In juli 2016 heeft de Europese Commissie een voorstel uitgebracht voor een verordening die per lidstaat doelen stelt voor broeikasgasemissies die niet onder het Europese Emissiehandelssysteem (ETS) vallen (Effort Sharing Regulation; EC, 2016a). Dit voorstel betekent voor Nederland een doel om niet-ETS emissies omlaag te brengen met 36% in 2030 ten opzichte van 2005.

Vraagstelling ministeries

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het Ministerie van Economische Zaken hebben ECN en PBL gevraagd om te bepalen tot welke additionele beleidsopgave dit voorstel leidt, hoe Nederland deze opgave tegen minimale kosten kan halen en wat de consequenties zijn van afwijkende onderhandelingsuitkomsten.

De resultaten zijn bedoeld voor de oordeelsvorming over het voorstel door het Nederlandse parlement en het kabinet, en bieden een handvat voor de Nederlandse inbreng in het onderhandelingstraject over het voorstel in Europa. De interactie met eventuele andere doelen, op het gebied van energiebesparing en hernieuwbare energie, is geen onderdeel van de analyse.

Middenwaarde beleidsopgave 20 megaton CO₂-equivalenten

De middenwaarde voor de aanvullende beleidsopgave – de extra te reduceren cumulatieve emissies ten opzichte van de middenwaarde van de verwachte emissies in de NEV 2016 – bedraagt voor Nederland circa 20 megaton CO₂-equivalenten. Afwijkende uitkomsten van het onderhandelingsproces en afwijkende emissieontwikkelingen binnen de bandbreedte van de NEV 2016 kunnen tot een andere beleidsopgave leiden, maar het voorstel biedt ook flexibiliteitsopties waarmee lidstaten de gevolgen daarvan kunnen beperken.

Hoe komt de centrale opgave van 20 megaton tot stand?

Nederland krijgt een jaarlijks emissieplafond voor emissies buiten het ETS dat vanaf 2020 lineair afloopt naar de -36% voor 2030. De waarde in 2020 is gebaseerd op de gemiddelde niet-ETS-emissie in 2016-2018. Voor Nederland vormen deze opeenvolgende jaarlijkse plafonds -door mogelijkheden voor 'banking' en 'borrowing' - de facto een cumulatief emissiebudget voor de periode 2021-2030 van 881 megaton

CO₂-equivalenten. De verwachte cumulatieve emissie in de Nationale Energieverkenning 2016 (variant vastgesteld en voorgenomen beleid) is 901 megaton CO₂-equivalenten. Het verschil tussen emissies en emissiebudget vormt de additionele cumulatieve beleidsopgave, en bedraagt daarmee voor Nederland 20 megaton CO₂-equivalenten.

Tabel S.1: Centrale verwachting beleidsopgave

	Cumulatief emissie plafond 2021-2030 volgens voorstel (megaton CO ₂ -equivalenten)	Verwachte cumulatieve emissie 2021-2030 (megaton CO ₂ -equivalenten)	Cumulatieve beleidsopgave (megaton CO ₂ -equivalenten)
Centrale verwachting	881	901	20

Nationale kosten bij 20 megaton beleidsopgave

De nationale kosten in 2030 hangen af van de veronderstelde ontsluitingspercentages van de technische potentiëlen, en die hangen weer af van de zwaarte van het beleid. Bij relatief minder vergaand beleid (variant A) bedragen – zonder inzet van flexibiliteitsopties - de Nationale Kosten in 2030 circa 30 miljoen. Meer vergaand beleid (variant B) zal een groter deel van de technisch mogelijke potentiëlen ontsluiten en leidt tot Nationale kosten van -100 miljoen, dus netto baten. Bij het meest vergaande beleid (variant C) lopen de baten op tot 140 miljoen euro per jaar. In werkelijkheid zullen kosten overigens hoger liggen dan bij kostenoptimale invulling, omdat beleid meestal niet in staat is om de goedkoopste opties selectief te ontsluiten, en er vaak redenen zijn om af te wijken van de op korte termijn goedkoopste invulling.

Nationale kosten bij afwijkende opgaven

Het voorstel is inzet voor een onderhandelingsproces, en afhankelijk van het verloop daarvan kan de beleidsopgave voor Nederland nog anders uitvallen. De relevante range voor de onderhandelingsuitkomsten, er van uitgaande dat niet meer dan één factor tegelijkertijd omhoog of omlaag afwijkt, is daarbij 0 tot 40 megaton. Tabel S.2 geeft daarom voor die range de Nationale kosten in 2030, voor de situatie met en zonder kostenoptimale inzet van de flexibiliteitsopties die het voorstel biedt. Als Nederland er voor kiest om geen gebruik te maken van die flexibiliteitsopties vallen de kosten hoger uit.

Tabel S.2: Nationale kosten in 2030 (miljoen euro per jaar) bij verschillende cumulatieve beleidsopgaven die relevant kunnen zijn voor afwijkende uitkomsten van het onderhandelingsproces, met en zonder inzet van flexibiliteitsopties (negatief = netto baten)

		Cumulatieve beleidsopgave (megaton CO ₂ -equivalenten)				
		0	10	20	30	40
Met kostenoptimale inzet van flexibiliteitsopties	A	0	-160	-140	-110	-20
	B	0	-190	-160	-130	-100
	C	0	-200	-170	-150	-120
Zonder flexibiliteitsopties	A	0	-140	30	370	-
	B	0	-190	-100	80	340
	C	0	-200	-140	0	180

Afwijkingen en onzekerheden in de opgave

Ook gegeven het huidige voorstel zijn er nog onzekerheden in de beleidsopgave, vooral door de onzekerheden in de emissieprojecties. Zowel rond het emissiebudget als rond de verwachte emissies levert dat een onzekerheid in de orde grootte van enkele procenten op. Gegeven de meest ongunstige – en daarmee minder waarschijnlijke – ontwikkelingen binnen de bandbreedte van de NEV 2016, kan de beleidsopgave uitkomen op 70 megaton. Dat resulteert dan in Nationale Kosten van circa 400 miljoen euro bij kostenoptimale inzet van flexibiliteitsopties. Als Nederland er voor kiest om in dit geval geen flexibiliteitsopties in te zetten, kunnen de nationale kosten oplopen tot 2 miljard euro.

Flexibiliteitsopties als verzekeringspremie

De flexibiliteitsopties omvatten maatregelen gericht op landgebruik (Land Use, Land Use Change and Forestry; LULUCF), inzet van ETS-rechten en handel in emissieruimte met andere lidstaten. LULUCF-opties en inzet van ETS-rechten kunnen samen de totale resterende opgave met 37 megaton verlagen. Voor de inzet van flexibiliteitsopties gelden wel bepaalde randvoorwaarden. Inzet er van vereist tijdige besluitvorming, voordat duidelijk is of ze ook daadwerkelijk nodig zullen zijn. Ze lijken daarmee op een verzekeringspremie die bij tegenvallende ontwikkelingen hoge kosten kan voorkomen. Nederland heeft daarvoor nog wel de tijd: Over bijvoorbeeld de inzet van ETS-rechten moet Nederland uiterlijk in 2019 beslissen, en dan is er bij een aantal nu nog onzekere factoren inmiddels meer zekerheid.

Inzet van flexibiliteitsopties leidt wel tot een daling van de totale broeikasgasemissies, in de LULUCF en/of ETS-sectoren, maar niet tot een daling van de emissies in niet-ETS sectoren. Nederland loopt bij grootschalige inzet ervan een groter risico om in de niet-ETS sectoren achter te gaan lopen op het reductiepad naar de lange-termijn doelen voor 2050, en moet dan wellicht na 2030 een grotere inspanning leveren om aan niet-ETS doelen voor de periode na 2030 te voldoen.

Ontsluiting van technische potentiëlen

Een andere belangrijke factor is de mate waarin beleid het technisch potentieel weet te ontsluiten. Bij de variant met de laagste beleidsintensiteit (A) en met inzet van flexibiliteitsopties is bijvoorbeeld een opgave van 70 megaton niet haalbaar. Zonder inzet van flexibiliteitsopties is dan 40 megaton al niet haalbaar.

Bij hogere beleidsopgaven is het kostenvoordeel van verdergaand beleid groter. Ook is het voordeel dat de flexibiliteitsopties bieden bij hogere opgaven groter. Dit komt doordat bij hogere beleidsopgaven de kosten steeds sterker oplopen, omdat steeds duurdere opties nodig zijn. Een grotere ontsluiting van het goedkopere potentieel door verdergaand beleid en inzet van flexibiliteitsopties maken het dan mogelijk om die dure opties te vermijden.

Europees bronbeleid voordelig

Van een aantal Europese maatregelen op het gebied van verkeer is nog niet bekend of ze doorgaan. Als deze maatregelen wel doorgaan, maken ze het voor Nederland goedkoper om de beleidsopgave te halen.

Soorten opties naar kostenrange

Energiebesparing speelt over de hele kostenrange een belangrijke rol, terwijl hernieuwbare warmte en brandstoffen vooral bij de vergaande beleidsopgaven in beeld komen. OBKG opties zitten overwegend in het lagere en middensegment.

Sectorale emissies

De resultaten bieden gezien de onzekerheden nog weinig houvast voor een verdeling van de emissieruimte over de verschillende sectoren. Wel laten ze zien dat het van belang is rekening te houden met mogelijkheden in de verschillende sectoren om tegenvallers op te vangen. In sommige sectoren is er een groot reservoir van potentiële emissiereducties tegen niet al te hoge kosten, terwijl bij andere sectoren meer emissiereductie alleen tegen (fors) hogere kosten mogelijk is. Ook hierbij is beleid weer van belang: zwaarder beleid maakt meer reductie mogelijk in de sectoren met relatief veel goedkoop potentieel.

Lange termijn implicaties

De invulling voor 2030 is uiteraard slechts een tussenstap op weg naar de lange termijn doelstelling voor 2050, 80-95% emissiereductie. Daarom is het ook van belang om te kijken in hoeverre doel en invulling van het doel passen in het traject naar 2050.

Eén criterium is in hoeverre de emissies in 2030 op een logisch traject naar het beoogde niveau in 2050 liggen. Met een kostenoptimale invulling van de cumulatieve beleidsopgave van 20 megaton liggen de broeikasgasemissies in de meeste sectoren nog niet op een lineair traject richting waarden die passen bij een emissiereductie van 80 tot 95% in 2050. Alleen voor de CO₂-emissies in de landbouw (met name glastuinbouw) komen de niveaus daar dan wel in de buurt.

Een ander criterium is in hoeverre de doelstelling het voor Nederland al nodig maakt om in te zetten op opties die ook al in de koolstofarme energievoorziening van 2050 zouden passen. In een aantal sectoren zijn dergelijke opties onderdeel van het kostenoptimale pakket, bijvoorbeeld geothermie in de glastuinbouw, elektrificatie in de industrie, warmtepompen in de gebouwde omgeving en elektrische voertuigen in de

transportsector. Maar veel andere vergaande opties worden pas kostenoptimaal bij verdergaande beleidsopgaven. De opgave kan voor een groot deel worden ingevuld met relatief goedkoop potentieel en optimalisatie van bestaande systemen.

Dit kan het risico met zich meebrengen dat introductie van geheel nieuwe varianten wordt vertraagd, waardoor op onderdelen een lock-in in het oude systeem resulteert.

Nederland heeft natuurlijk wel de mogelijkheid om bij de invulling van de beleidsopgave al meer in te zetten op vergaande opties en daarmee lock-ins te vermijden. Ook het huidige beleid zet immers al in veel sectoren in op verder gaande maatregelen en vaart niet blind op kosten. Inzet op dergelijke opties leidt dan op de korte termijn wel tot wat hogere kosten.

1

Inleiding en leeswijzer

In juli 2016 heeft de Europese Commissie een voorstel uitgebracht voor een verordening die per lidstaat doelen stelt voor broeikasgasemissies die niet onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) vallen (Effort Sharing Regulation; EC, 2016a). In dit voorstel krijgt Nederland een doel om niet-ETS emissies te reduceren met 36% in 2030 ten opzicht van 2005.

Vraag ministeries

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het Ministerie van Economische Zaken hebben ECN en PBL gevraagd om te bepalen tot welke additionele beleidsopgave dit voorstel leidt, hoe Nederland deze opgave tegen minimale kosten kan halen en wat de consequenties zijn van afwijkende onderhandelingsuitkomsten.

Dit rapport beschrijft de reductie-opgave die uit dit voorstel volgt voor Nederland en de mogelijkheden die Nederland heeft om deze opgave te realiseren, en analyseert welke directe kosten of baten voor Nederland voortvloeien uit het inzetten van deze opties. De resultaten zijn bedoeld voor de oordeelsvorming over het voorstel door het Nederlandse parlement en het kabinet, en bieden een handvat voor de Nederlandse inbreng in het onderhandelingstraject over het voorstel in Europa.

Impact van onderhandelingsuitkomsten

Daarnaast zijn er ook nog verschillende factoren die te maken hebben met de uiteindelijke uitkomsten van het onderhandelingsproces, en waar Nederland mogelijk nog invloed op kan uitoefenen.

Basispad: Nationale Energieverkenning 2016

De referentie voor deze analyse wordt gevormd door de verwachte ontwikkelingen volgens de Nationale Energieverkenning 2016. Zowel de opgave, de mogelijkheden om aan de opgave te voldoen, als de kosten zijn ten opzichte van deze ontwikkelingen bepaald. De precieze beleidsopgave die uit het huidige voorstel volgt, is omgeven met een aantal onzekerheden die vooral voortkomen uit de onzekerheid in de emissieontwikkeling in de NEV.

Hoofdstuk 2: vaststellen beleidsopgave

Het rapport start daarom in hoofdstuk 2 met een analyse van de opgave. Het hoofdstuk kiest daarbij de uitgangspunten waarmee een 'centraal beeld' voor de opgave kan worden afgeleid, en beschrijft daarna welke factoren kunnen leiden tot afwijkingen van dit centrale beeld.

Naast feitelijke reductie van de niet-ETS broeikasgasemissie biedt het voorstel Nederland verschillende andere mogelijkheden om aan de doelstelling te voldoen. Zowel de feitelijke niet-ETS-emissiereductieopties als de alternatieve mogelijkheden voor Nederland om aan het doel te voldoen zijn daarom in kaart gebracht. Zowel kosten, potentieel als de mogelijkheid om dit potentieel middels beleid te ontsluiten zijn daartoe voor elke optie geanalyseerd. De beschrijvingen van de opties, potentiële en kosten zijn weergegeven in bijlage E.

Hoofdstuk 3: gevolgen voor Nederland

Hoofdstuk 3 laat zien tegen welke minimale Nationale Kosten Nederland de beleidsopgave kan realiseren. Nationale Kosten omvatten de directe kosten en baten vanuit maatschappelijk perspectief. Ze laten dus niet zien hoe kosten verdeeld zijn over burgers, bedrijven en overheid. De hier getoonde kostencurves rangschikken de opties op basis van oplopende kosten per vermeden hoeveelheid niet-ETS broeikasgasemissie. Selectie van de goedkoopste opties die samen tot de benodigde emissiereductie kunnen leiden, geeft het pakket van opties waarmee Nederland het doel tegen minimale kosten kan bereiken. Naast de cumulatieve emissiereductie laat hoofdstuk 3 ook zien wat het effect is op de momentane emissies in 2030. Verder laat hoofdstuk 3 ook resultaten zien voor afwijkende uitgangspunten, in samenhang met inzet van de in het voorstel geboden flexibiliteitsopties. Tenslotte gaat hoofdstuk 3 in op de verdeling van de opgave over verschillende sectoren. Op deze manier wordt een beeld geschetst van de verschillende mogelijke gevolgen en onzekerheden die van belang zijn voor de oordeelsvorming rond het voorstel.

Meer vergaand (zwaarder) beleid kan in principe een groter deel van het potentieel ontsluiten dan minder vergaand (lichter) beleid. Zwaarder beleid kan zo de kosten van een bepaalde beleidsopgave verminderen, maar heeft wel andere vaak vervelende consequenties, die de keuze daarvoor minder aantrekkelijk kunnen maken. Er is dan sprake van een afruil tussen kosten en andere overwegingen. De studie brengt de gevolgen voor de kosten van deze afruil in kaart, door resultaten te presenteren bij drie verschillende 'ontsluitingsvarianten': de effecten bij verschillende beleidsintensiteit. De studie koppelt geen werkelijke instrumentatie aan deze beelden (met uitzondering van maatregelen bij verkeer). De studie brengt niet de andere gevolgen in kaart: dat zou wel een concrete instrumentatie vergen.

Hoofdstuk 4: lange-termijn-aspecten

Tenslotte is de doelstelling voor 2030 ook een tussendoel op weg naar verdere emissiereducties. In hoofdstuk 4 wordt daarom geschetst in welke mate de 2030 doelstelling bijdraagt aan de ontwikkelingen die nodig zijn voor een 80% tot 95% emissiereductie in 2050. Daarbij wordt enerzijds gekeken naar de mate waarin de opties in het kostenoptimale pakket voor 2030 ook op langere termijn een rol hebben en anderzijds naar in welke mate opties die op langere termijn nodig lijken door het emissiedoel voor 2030 in gang worden gezet.

2

Niet-ETS doel voor Nederland 2030

Dit hoofdstuk beschrijft hoe het voorstel van de Europese Commissie in elkaar steekt en welke emissie-doelstelling het voorstel aan Nederland oplegt. Vervolgens beschrijft dit hoofdstuk de actuele verwachting voor de niet-ETS emissies in Nederland op basis van de NEV 2016. Samen bepalen ze welke beleidsopgave voor Nederland resteert.

Voor het vaststellen van de beleidsopgave zijn allerlei verschillende factoren van belang. Dit hoofdstuk gaat in op de rol van de verschillende factoren, beschrijft de veronderstelde aannames, gaat in op de impact die afwijkingen van het huidige voorstel kunnen hebben op de beleidsopgave voor Nederland, en besluit met de impact van onzekerheden in de emissieprojecties .

2.1 De beleidsopgave op hoofdlijnen

De emissieopgave voor 2030

Op 20 juli 2016 heeft de Europese Commissie een verordening voorgesteld die een emissiereductieverplichting bevat voor broeikasgasemissies van niet-ETS sectoren. Het zijn bindende doelen voor iedere lidstaat, waarbij de toegestane emissie vanaf 2021 ieder jaar afneemt tot 2030 (EC 2016a). Voor Nederland moet de emissie van niet-ETS sectoren in 2030 volgens het voorstel 36 procent lager liggen dan in 2005.

De emissie in 2005 bedraagt, uitgaande van de studie van het EEA, 122,8 megaton (EEA, 2016). Daarmee bedraagt de beoogde emissie in *doeljaar* 2030 volgens het voorstel 79 megaton.

Jaarlijkse emissieplafonds

Naast het plafond voor 2030 schetst het voorstel een emissietraject, waarin de emissie voor ieder jaar in de periode 2021–2030 is gemaximeerd, uitgaande van een lineaire

afname vanaf het *startjaar* 2020. De waarde in het startjaar is daarbij gelijk aan het gemiddelde van de niet-ETS emissies in de jaren 2016-2018.

Voor Nederland de facto een cumulatieve beleidsopgave

Het voorstel biedt lidstaten de mogelijkheid om emissies tussen jaren uit te wisselen, onder bepaalde voorwaarden¹. Die voorwaarden zijn voor Nederland in de praktijk niet beperkend, en daardoor heeft Nederland de facto² een cumulatief emissieplafond voor de periode 2021-2030. Het voorstel komt neer op een maximale cumulatieve emissie uit niet-ETS sectoren in Nederland van 881 megaton CO₂-equivalenten in de periode 2021 tot en met 2030. Dit betekent dus ook dat Nederland om het doel te halen, in 2030 niet op 36% reductie hoeft te zitten.

Verwachte emissies

De actuele verwachting voor de cumulatieve Nederlandse niet-ETS uitstoot bedraagt 901 megaton CO₂-equivalenten, op basis van de middenwaarde voor het voorgenomen beleid zoals beschreven in de NEV 2016 (Schoots, Hekkenberg en Hammingh, 2016).

Beleidsopgave 20 megaton

De beleidsopgave om aan de doelstelling van het voorstel te voldoen, cumulatief in de jaren 2021-2030, bedraagt daarmee 20 megaton CO₂-equivalenten bovenop de reeds verwachte reductie in de NEV 2016. **Tabel 3** geeft deze verwachting weer, en **Tabel 4** laat de gebruikte uitgangspunten zien. Deze uitgangspunten worden in dit hoofdstuk verder toegelicht.

Tabel 3: Centrale verwachting beleidsopgave

	Cumulatief emissie plafond 2021-2030 volgens voorstel (megaton CO ₂ -equivalenten)	Verwachte cumulatieve emissie 2021-2030 (megaton CO ₂ -equivalenten)	Cumulatieve beleidsopgave (megaton CO ₂ -equivalenten)
Centrale verwachting	881	901	20

¹ De Europese Commissies zal de reeks jaarlijks dalende emissieplafonds en regels rond het mogelijke gebruik van flexibiliteit (zoals banking en borrowing) nog in een zogenaamde Uitvoeringshandeling ('Implementing Act') vastleggen.

² Het is dus niet formeel een cumulatief plafond, maar Nederland zit in alle opeenvolgende jaren zo dicht bij het jaarlijkse plafond, dat het voor Nederland praktisch gezien neerkomt op een cumulatief plafond

Tabel 4: Uitgangspunten bij centrale verwachting

	Uitgangspunt	Bron	Waarde
Niet-ETS emissie in 2005	Volgens impactassessment bij commissievoorstel	ESD review (EEA, 2016b) en EEA (2016)	122,8 megaton CO ₂ -equivalenten
Startwaarde lineair reductiepad in 2020	Volgens commissievoorstel: gemiddelde niet-ETS emissie in 2016-2018.	NEV 2016, voorgenomen beleid	99,7 megaton CO ₂ -equivalenten
Reductiepercentage doeljaar 2030 t.o.v. 2005	Volgens commissievoorstel		36%
Cumulatieve emissie plafond 2021-2030 volgens voorstel (megaton CO ₂ -equivalenten)	Volgens commissievoorstel: lineaire reductie tussen 2020 en 2030		881 megaton CO ₂ -equivalenten
Verwachte cumulatieve emissie bij voorgenomen beleid (megaton CO ₂ -equivalenten)	Volgens middenwaarde NEV voorgenomen beleid	NEV 2016, middenwaarde voorgenomen beleid	901 megaton CO ₂ -equivalenten
Verwachting LULUCF debits	Geen		0
Banking en borrowing	Ja		

Onderhandelingsuitkomsten

Het voorstel bevat onderdelen die nog onderwerp van onderhandeling (kunnen) zijn, en die gevolgen hebben voor beleidsopgave voor Nederland. Deze behoren uiteraard niet tot de onzekerheden binnen de context van het huidige voorstel.

Onzekerheden in de emissieprojecties

Gegeven het huidige voorstel zijn er ook onzekerheden in de beleidsopgave voor Nederland, die samenhangen met de toekomstige emissies. Omdat de cumulatieve beleidsopgave resulteert uit het verschil tussen twee grotere getallen die ieder kunnen variëren, is de mogelijke afwijking ten opzichte van de opgave relatief groot.

Ook mogelijkheden om onzekerheden het hoofd te bieden

Het voorstel biedt Nederland ook mogelijkheden om die onzekerheden het hoofd te bieden. Nederland mag gebruik maken van enkele flexibiliteitsmechanismen om aan de doelstelling te voldoen, en houdt dan een kleinere beleidsopgave over. Voor Nederland zijn de volgende mogelijkheden relevant:

- Nederland mag voor maximaal 24 megaton CO₂-equivalenten aan zelf te veilen emissierechten uit het ETS-systeem halen om hiervan jaarlijks één-tiende onder niet-ETS te gebruiken in de periode 2021-2030. Als Nederland gebruik wil gaan maken van deze flexibiliteit moet het op uiterlijk 31 december 2019 aangeven hoeveel ETS-rechten het wil inzetten onder de ESR.
- Ook mag Nederland onder voorwaarden een emissiehoeveelheid van 13,4 Mt CO₂-equivalenten, een reductie die door landgebruiksveranderingen wordt gerealiseerd, gebruiken om te voldoen aan het maximaal toegestane cumulatieve emissieplafond tussen 2021-2030.

- Daarnaast zijn er diverse andere regels om de flexibiliteit te bevorderen zoals het lenen van maximaal 5% rechten van het opvolgende jaar, het gebruik van alle eventuele overschot(ten) van rechten in latere jaren (tot 2030) en het jaarlijks mogen overdragen van maximaal 5% eigen rechten aan andere landen. Vanwege de grote bandbreedte ten opzichte van de 'centrale' verwachtingswaarde voor de cumulatieve restopgave, worden in hoofdstuk 3 ook de kostenconsequenties bij relatief sterk afwijkende restopgaven in beeld gebracht.

2.2 Berekening emissieruimte voor Nederland

Wat bepaalt de cumulatieve emissieruimte?

De cumulatieve emissieruimte voor Nederland hangt af van de doelstelling voor 2030 en de gehanteerde emissiewaarde in het startjaar 2020. De doelstelling voor 2030 hangt af van de veronderstelde niet-ETS emissies in 2005 (de basis voor het plafond in 2030) en het geldende reductiepercentage. Het reductiepercentage in het voorstel is voor Nederland 36 procent. De emissiewaarde in het startjaar wordt in het voorstel bepaald uit de gemiddelde emissie in de periode 2016-2018. Rond de werkelijke emissie voor het startjaar bestaat nog de nodige onzekerheid, en dat heeft ook gevolgen voor de te halen cumulatieve emissiereductie. Deze paragraaf beschrijft steeds eerst het uitgangspunt voor de centrale verwachting, en gaat vervolgens in op de mogelijke afwijkingen hierop.

2.2.1 Bepaling van de doelwaarde in 2030

Emissies 2005 - Correctie verschuivingen ETS/niet-ETS

Centrale verwachting

De niet-ETS-emissie in 2005 wordt bepaald door van de totale nationale emissie in 2005 de emissies uit de ETS-sectoren en de binnenlandse luchtvaart van datzelfde jaar af te trekken. In verband met scope-wijzigingen van ETS-sectoren, moet de ETS-emissie in 2005 echter worden gecorrigeerd. De Europese Commissie heeft in de 'impact assessment' bij het voorstel aangegeven dat ze bij de vaststelling van de nationale niet-ETS emissies gebruik maakt van de methodiek zoals beschreven door het EEA (EEA, 2016). **Tabel 5** geeft de waarden die momenteel op basis van die methodiek voor 2005 gelden, en die daarmee voor de verordening waarschijnlijk gelden als nationale emissies in en buiten ETS sectoren.

Plafond 2030

Centrale verwachting

Op basis van de gecorrigeerde niet-ETS-emissies in 2005 en de reductieverplichting van 36% resulteert voor de niet-ETS sectoren een plafond van 79 megaton CO₂-equivalenten (**Tabel 5**). Indien uit de onderhandeling een afwijkend reductiepercentage volgt, verandert uiteraard ook het plafond voor 2030 dienovereenkomstig. Ook een eventuele andere waarde voor het basisjaar kan de doelstelling voor het jaar 2030 beïnvloeden. Een andere doelwaarde in 2030 beïnvloedt uiteraard ook de cumulatieve doelstelling voor de periode 2021-2030.

Tabel 5: Nationale uitstoot broeikasemissies in het startjaar 2005 op basis van Europese monitoringsgegevens

Bron	Emissie broeikasgassen 2005 (megaton CO ₂ -equivalenten)				Doel 2030 (2005 – 36%) (megaton CO ₂ - equivalenten)
	Totale nationaal	ETS	Binnenlandse luchtvaart	Niet-ETS- emissie	
ESD review (2016) EEA (2016)	214,4 ¹	91,5 ²	0,04 ¹	122,8	79

¹ ESD review 2016. (EEA, 2016b)

² EEA (2016). Estimates of historical emissions for stationary installations to reflect the current scope of the EU ETS (2013-2020). European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

Mogelijke afwijking

De commissie heeft aangegeven zich voor het vaststellen van de doelen te baseren op emissiedata aangeleverd door lidstaten en deze te reviewen. Emissiedata uit het verleden kunnen om verschillende redenen achteraf worden bijgesteld. Een eventuele bijstelling omhoog of omlaag van de emissiedata over 2005 betekent dat ook de doelwaarde hoger of lager komt te liggen. Een bijstelling van bijvoorbeeld 5% van de waarde uit 2005 (6 megaton) zal de doelwaarde in 2030 (hierna besproken) met ongeveer 4 megaton veranderen.

2.2.2 Bepaling van de startwaarde van het lineaire reductiepad in 2020

Startniveau 2020: emissies 2016-2018

Centrale verwachting

Volgens het voorstel wordt de startwaarde in 2020 van het lineair afnemende plafond bepaald op de gemiddelde waarde voor de emissie in 2016, 2017 en 2018. De uitstoot in die jaren is daarmee bepalend voor de jaarlijkse maximale emissieniveaus vanaf 2021. Voorlopig kan het startniveau alleen indicatief worden bepaald uit ramingen. Pas wanneer in 2019 de voorlopige en in 2020 de definitieve emissie-inventarisaties over 2018 beschikbaar komen kan dit gemiddelde startniveau definitief worden vastgesteld. Uitgaande van de ramingen met het voorgenomen beleid uit de Nationale Energieverkenning 2016 (NEV), komt dit niveau uit op 99,7 megaton CO₂-equivalenten (Tabel 6).

Tabel 6: Niet-ETS-emissies voor 2016 tot en met 2018 en het gemiddelde daarvan voor De NEV 2016 met voorgenomen beleid

Beleidsvariant	Niet-ETS-emissies (megaton CO ₂ -equivalenten)			
	2016	2017	2018	Gemiddelde
Voorgenomen beleid	101,2	99,8	98,1	99,7

Mogelijke afwijkingen

De gemiddelde waarde in de periode 2016-2018 is momenteel nog niet bekend. In de NEV is een onzekerheid toegekend aan de projectiewaarde voor 2016 en 2020. De projectiewaarden gaan uit van een jaar met gemiddeld weer. De invloed die een kouder of warmer dan gemiddeld jaar heeft op de niet-ETS uitstoot is echter in deze waarden niet meegenomen. Indien rekening gehouden wordt met een eenmalig uitschieter in deze periode, en de extra of verminderde emissie hierdoor bij de boven- respectievelijk onderbandbreedte voor de periode wordt opgeteld of afgetrokken, resulteert een bandbreedte van 96 tot 102 megaton CO₂-equivalenten voor de gemiddelde emissie in 2016-2018.

De methodiek ten aanzien van het startjaar kan bovendien een onderwerp zijn van de onderhandelingen over het voorstel. Een gewijzigd uitgangspunt ten aanzien van het startjaar heeft geen implicaties voor de emissies in het doeljaar 2030, maar wel voor de cumulatieve emissies in de periode 2021-2030. Afwijkende uitgangspunten kunnen bijvoorbeeld zijn de startwaarde in 2020 vast te stellen op de momenteel geldende doelwaarde voor 2020 volgens de Effort Sharing Decision (107 megaton), of om de startwaarde vast te stellen op de feitelijke niet-ETS emissie in 2020 (verwachting volgens NEV 2016 bij voorgenomen beleid 95 megaton).

2.2.3 Emissieplafond 2021-2030

Centrale verwachting

Uit de bovenstaande analyse voor de emissiewaarde in startjaar 2020 en doeljaar 2030 kan het cumulatieve emissieplafond voor Nederland worden bepaald. Als centraal uitgangspunt in deze studie worden daarbij de waarden zoals in **Tabel 3** en **Tabel 4** gehanteerd. Bij dit uitgangspunt bedraagt het cumulatieve maximale emissiebudget voor 2021-2030 voor Nederland 881 megaton CO₂-equivalenten (**Tabel 7**).

Tabel 7: Centrale verwachting cumulatieve emissieplafond

	Cumulatief emissie plafond 2021-2030 volgens voorstel (megaton CO ₂ -equivalenten)
Centrale verwachting	881

Mogelijke afwijkingen in het voorstel

Als bepaalde elementen uit het voorstel uiteindelijk anders uitvallen kan dat tot afwijkingen van dit cumulatieve emissiebudget leiden. **Tabel 8** geeft aan op welke wijze het cumulatieve emissiebudget verandert bij andere waarden voor basisjaar 2005, andere reductieopgaves voor 2030 en andere manieren om het emissieplafond voor het startjaar te bepalen.

Tabel 8: Invloed van afwijkingen ten opzichte van het huidige voorstel op het cumulatieve emissiebudget

	Doelwaarde 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Effect op cumulatief emissiebudget (megaton CO ₂ -eq)	Verschil cumulatief budget t.o.v. basisscenario (megaton CO ₂ -eq)
Onzekerheden in het voorstel			
Emissie in 2005	83	902	+22
5% omhoog bijgesteld			
Emissie in 2005	75	859	-22
5% omlaag bijgesteld			
Veranderingen in het voorstel: reductiepercentage 2030			
Doel 34% ipv 36%	81	894	+14
Doel 35% ipv 36%	80	888	+7
Doel 37% ipv 36%	77	874	-7
Doel 38% ipv 36%	76	867	-14
Veranderingen in het voorstel: uitgangspunt startwaarde 2020			
Alternatief uitgangspunt: doel ESD 2020	107	914	+33
Alternatief uitgangspunt: emissie 2020	95	862	-19

2.3 Emissies NEV 2016

Deze studie gaat uit van een referentiebeeld met reeds verwachte ontwikkelingen: de NEV 2016 (variant inclusief het voorgenomen beleid)³

Centrale verwachting emissies 2021-2030

De verwachte niet-ETS emissie in de NEV (bij voorgenomen beleid) bedragen 96 megaton CO₂-equivalenten in 2020 en 86 megaton CO₂-equivalenten in 2030. De cumulatieve emissie in de periode 2021-2030 is naar verwachting 901 megaton CO₂-equivalenten (zie **Tabel 8**).

³ De instrumenten en maatregelen in NEV 2016 staan in https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/NEV2016/Overzicht_beleidsvarianten_NEV_2016.xlsx

Mogelijke afwijkingen

Beleidsvoornemens en nog niet geïnstrumenteerde Nederlandse ambities

De keuze voor voorgenomen beleid als referentie betekent dat de kosten van de daarin opgenomen instrumenten en maatregelen niet zichtbaar zijn in de uitkomsten van deze studie. Dat geldt zowel voor vaststaande maatregelen als voor de beleidsvoornemens.

Van een aantal van deze instrumenten is op dit moment nog niet bekend of en hoe deze in de periode na 2020 precies worden gecontinueerd of vormgegeven. Dat geldt bijvoorbeeld voor het beleid rond biobrandstoffen, de salderingsregeling en stimulering van hernieuwbare energie via de SDE+. Van de opgenomen beleidsvoornemens is op dit moment nog niet geheel zeker of deze doorgaan. Het eventueel wegvallen van (onderdelen van) het bestaand beleid, of het niet doorgaan van voornemens, heeft invloed op de verwachte emissies voor Nederland. Ter vergelijking: de verwachte emissie in 2030 uitgaande van alleen het vastgesteld beleid is 90 megaton CO₂-equivalenten. De cumulatieve emissie komt uitgaande van alleen vastgesteld beleid op 929 megaton CO₂-equivalenten.

Daarnaast heeft Nederland op verschillende vlakken doelen of ambities uitgesproken die op basis van de referentie niet alle gehaald worden. Te denken is daarbij aan het Europese doel van 14% hernieuwbare energie in 2020, het EA doel van 100 PJ extra energiebesparing in 2020, en de ambitie van maximaal 25 megaton CO₂ uitstoot in de sector transport in 2030. Eventuele aanvullende maatregelen die bovenop het voorgenomen beleid genomen worden om deze ambities alsnog te bereiken kunnen de resterende opgave om aan het ESR doelstelling te voldoen verkleinen. Deze studie houdt geen rekening met dergelijke aanvullende maatregelen en het kosteneffect daarvan.

Nieuw of aangescherpt Europees beleid

Naast additioneel beleid dat Nederland zelf in de hand heeft, kan er ook nieuw of aangescherpt Europees beleid komen. Bronbeleid in de transportsector of aanscherping van de Ecodesign richtlijn zijn voorbeelden die effect hebben op nationale emissies en daarmee de resterende opgave voor nationaal beleid kunnen verkleinen. Nederland heeft zelf slechts beperkte invloed hierop, waardoor het al dan niet doorgaan van dit beleid voor Nederland eigenlijk een onzekerheid in de toekomstige emissies is. De (technische) reductieopties waarop dit beleid zich richt kunnen echter ten dele ook door nationale regelgeving worden gestimuleerd. Bovendien zijn aan deze opties kostenimplicaties verbonden. Om deze reden beschrijft hoofdstuk 3 deze mogelijkheden en de implicaties ervan in samenhang met de andere technische opties.

Onzekerheden NEV2016

De niet-ETS emissies in de NEV zijn omgeven met onzekerheden. Die onzekerheden zijn bepaald voor 2016, 2020 en 2030. De onzekerheden voor 2016-2018 op de startwaarde van het emissieplafond in 2020 beïnvloeden het beschikbare emissiebudget, terwijl de onzekerheden voor 2020 en 2030 juist doorwerken in de cumulatieve emissies, dus het benodigde emissiebudget

Onzekerheden emissies 2016-2018

Onzekerheden in de emissies in 2016-2018 bepalen mede het emissieplafond in startjaar 2021. Bijvoorbeeld koude of warme jaren, of conjuncturele effecten kunnen in deze periode leiden tot hogere of lagere emissies. **Tabel 9** laat de impact op het

emissiebudget zien als de emissies in de periode 2016-2018 op de boven- of onderwaarde van de NEV 2016 uitkomen.

Tabel 9: Invloed van afwijkingen in emissies 2016-2018 op het cumulatieve emissiebudget

	Startwaarde 2020 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatief emissiebudget (megaton CO ₂ -eq)	Vershil cumulatief budget t.o.v. basisscenario (megaton CO ₂ -eq)
Onzekerheden in de NEV 2016			
Emissie 2016-2018 bovenwaarde	102	893	+12
Emissie 2016-2018 onderwaarde	96	865	-16

Onzekerheden emissies 2021-2030

Bij lineaire interpolatie van de bovenwaardes voor 2020 en 2030 en van de onderwaarde voor 2020 en 2030 ontstaat een bandbreedte voor de verwachte cumulatieve emissie. De bovenwaarde voor de cumulatieve emissies komt zo op 952 megaton CO₂-equivalenten, en de onderwaarde op 858 megaton⁴.

Tabel 10: Invloed van mogelijke afwijkingen in verwachte emissies op de cumulatieve emissies (bron emissies: NEV 2016)

	Emissie 2020 (megaton CO ₂ -eq)	Emissies 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissies 2021- 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Vershil cumulatieve emissies t.o.v. middenwaarde NEV 2016 (megaton CO ₂ -eq)
Referentie NEV 2016	96	86	901	-
Vastgesteld beleid	97	90	929	+28
Emissies bovenbandbreedte	99	93	952	+51
Emissies onderbandbreedte	92	81	858	-43

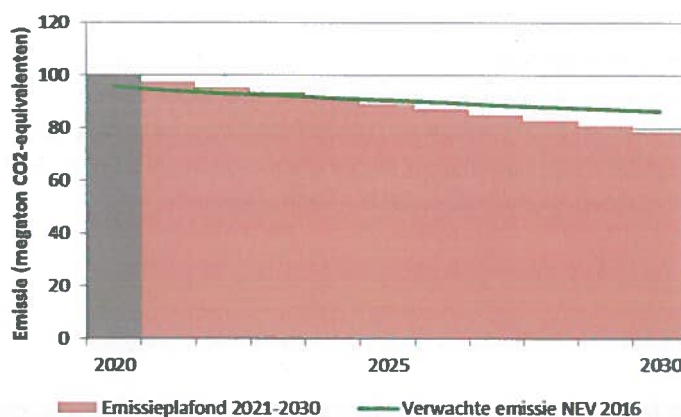
⁴ Een belangrijke kanttekening hierbij is dat het niet automatisch zo is dat als de realisatie in 2020 op de bovenwaarde zit, dat in 2030 en alle tussenliggende jaren ook zo is. Maar de onzekerheden zijn wel deels gecorreleerd. De getallen geven daarmee een indicatie van de onzekerheid in de emissies.

2.4 Uitwerking centrale verwachting beleidsopgave

Bij de verwachte cumulatieve emissie van 901 megaton, bij een cumulatief plafond van 881 megaton, overschrijdt Nederland het plafond met 20 megaton CO₂-equivalenten.

Figuur 1 en **Tabel 11** geven de verwachte emissies en het budgetplafond conform commissievoorstel weer bij de gekozen uitgangspunten.

Figuur 1: Gerealiseerde en geraamde emissies Niet-ETS-sectoren en de jaarlijkse emissieplafonds onder ESD (2013-2020) en ESR-voorstel (2021-2030).



Tabel 11: Afgeleid lineair dalend emissieplafond voor niet-ETS sectoren Nederland en de emissieramingen, 2021-2030

Jaar	Jaarlijks emissieplafond ESR-voorstel ¹ (megaton CO ₂ -equivalenten)	Jaarlijks geraamde emissies NEV 2016 (megaton CO ₂ -equivalenten)
		Vorgenomen beleid
2021	98	94
2022	95	93
2023	93	92
2024	91	91
2025	89	90
2026	87	90
2027	85	89
2028	83	88
2029	81	87
2030	79	86
Cumulatieve emissie 2021-2030	881	901
Reductie 2005-2030 [procent]	36	30

1 hierbij is voor 2020 uitgegaan van de gemiddelde emissie voor 2016, 2017 en 2018 op basis van de beleidsvariant met **voorgenomen beleid** (NEV 2016).

2.5 Range beleidsopgave

Totale range aan beleidsopgaven

Bij het vaststellen van de totale range aan relevante beleidsopgaven is het belangrijk om onderscheid te maken tussen onzekerheden binnen de context van het huidige voorstel en effecten van wijzigingen ten opzichte van het huidige voorstel.

De beschreven afwijkingen in de uitgangspunten voor de berekeningen van het doel zorgen voor een range rondom de 'centrale' beleidsopgave. Zowel een kleiner cumulatief budgetplafond als hogere verwachte emissies kunnen de opgave 'zwaarder' maken, en een ruimer budgetplafond en lagere verwachte emissies juist 'lichter'. De diverse factoren vallen uiteen in factoren die afhangen van de uitkomst van de onderhandelingen, keuzes die Nederland zelf kan maken bij de inzet van flexibiliteitsopties en onzekerheden in de ontwikkeling van toekomstige emissies.

Hoofdstuk 3 verkent daarom naast de implicaties van de cumulatieve opgave van 20 megaton ook de implicaties van afwijkende opgaven, van 0 tot 70 megaton, en brengt ook het maximaal haalbare potentieel in kaart.

2.5.1 Afwijkingen ten opzichte van het huidige voorstel

Een deel van de onzekerheden hangt samen met keuzes die nog onderwerp kunnen zijn van de onderhandelingen over het voorstel in Europa. Daarop kan Nederland dus mogelijk nog invloed uitoefenen. Dit geldt onder andere voor keuzes rondom de berekeningsmethodiek voor basisjaar 2005 en startwaarde 2020 en het reductiepercentage. Het onderhandelingsproces kan er dus toe leiden dat de resterende opgave bovenop de NEV 2016 hoger of lager wordt dan in het centrale beeld geschetst. Afgerond is de relevante range voor afwijkende onderhandelingsuitkomsten 0 tot 40 megaton rond een middenwaarde van 20 megaton, ervan uitgaande dat maximaal één factor tegelijk verandert.

Effecten van wijzigingen in het voorstel

Tabel 12 geeft een overzicht van mogelijke afwijkingen die te maken hebben met veranderingen ten opzichte van het huidige voorstel.

Tabel 12: Effect op cumulatieve emissieopgave van mogelijke afwijkingen ten opzichte van het huidige voorstel

	Effect op cumulatieve emissieopgave (megaton)	Bijbehorende cumulatieve beleidsopgave (megaton)
Onzekerheid emissiecijfer 2005 t.b.v. bepalen budgetplafond		
Emissiecijfer 2005 5% hoger	+22	42
Emissiecijfer 2005 5% lager	-22	-2
Mogelijke onderhandelingspunten t.a.v. voorstel		
Startjaar: doel ESD 2020	-33	-13
Startjaar: 2020 emissie	+19	39
Doel: 34% reductie in 2030	-14	6
Doel: 35% reductie in 2030	-7	13
Doel: 37% reductie in 2030	+7	27
Doel: 38% reductie in 2030	+14	34

2.5.2 Binnen de context van het huidige voorstel: Onzekerheden en flexibiliteitsopties

Bij onzekerheden gaat het niet om wijzigingen in het voorstel, maar alleen om onzekerheden in emissieprojecties (2016-2018, 2021-2030). Bij de onzekerheden is de relevante range in de beleidsopgave geschat op +/- 50 megaton. Als de negatieve beleidsopgaven buiten beschouwing blijven, gaat het dan om een relevante range voor de beleidsopgave van 0-70 megaton bij de centrale waarde van 20 megaton.

Binnen de context van datzelfde voorstel bieden de flexibiliteitsopties mogelijkheden om - binnen bepaalde randvoorwaarden - onzekerheden op te vangen.

Onzekerheden in toekomstige emissies

Bij onzekerheden gaat het dus om effecten die losstaan van de onderhandelingen. Onzekerheden in de verwachte toekomstige emissies kunnen leiden tot onzekerheden in de verwachte resterende cumulatieve doelstelling. Het gaat hierbij om de onzekerheden gegeven bepaalde beleidsuitgangspunten

Afhankelijk van de optredende onzekerheden kan de totale cumulatieve emissieopgave met enkele tientallen megatonnen lager liggen (en Nederland dus in de referentie het doel reeds ruimschoots bereiken) of juist enkele tientallen megatonnen groter zijn (**Tabel 13**)

Nederlandse keuzes t.a.v. flexibiliteitsopties

Nederland heeft volgens het voorstel de mogelijkheid om te kiezen voor de inzet van flexibiliteitsmechanismen. Het al dan niet inzetten hiervan kan de opgave die hierna via overige reductie opties resteert verkleinen. Voor de opgave zelf maken de flexibiliteitsopties dus niet uit, maar ze bieden wel een mogelijkheid voor een alternatieve en vaak goedkopere invulling. Het inzetten van deze flexibiliteitsopties

heeft in het algemeen zelf ook implicaties voor de kosten. Bovendien kan de inzet ervan gevolgen hebben voor de voortgang van de energietransitie binnen Nederland, als de inzet ten koste gaat van de toepassing van andere reductieopties. De grootte van deze flexibiliteitsopties staat eveneens in **Tabel 13**. Hoofdstuk 3 gaat nader in op de implicaties van het inzetten van deze opties.

Tabel 13: Effect op cumulatieve emissieopgave van onzekerheden en flexibiliteitsopties, gegeven het huidige voorstel

	Effect op cumulatieve emissieopgave (megaton)	Bijbehorende cumulatieve beleidsopgave (megaton)
Onzekerheden in cijfers NEV t.b.v. bepalen budgetplafond		
Gemiddelde waarde 2016-2018 hoog	-12	8
Gemiddelde waarde 2016-2018 laag	+16	36
Onzekerheden in toekomstige emissies NEV		
Emissies 2021-2030 bovenwaarde NEV	+51	71
Emissies 2021-2030 onderwaarde NEV	-43	-23
Aanscherping EU bronbeleid verkeer	-6	14
Tegenvaller LULUCF	Onbekend	Onbekend
Flexibiliteitsopties		
inzet ETS rechten	-24	-4
inzet LULUCF credits	-13.4	7
Internationaal invullen in ruil met andere lidstaten PM	Onbekend ⁵	Onbekend

Niet gekwantificeerde afwijkingen van de baseline

De berekening van de beleidsopgave gaat uit van de NEV 2016, inclusief de onzekerheden daarbinnen. In de NEV 2016 haalt Nederland nog niet al haar beleidsopgaven. Als Nederland daarvoor de komende jaren extra beleid in zou zetten zou dat de zowel de emissieruimte als de cumulatieve emissies tussen 2021 en 2030 kunnen beïnvloeden. Die invloed is echter niet te kwantificeren: daarvoor moet bekend zijn wat de invloed van extra beleid is op de niet-ETS emissies, en hoe die invloed uitwerkt op de periode 2016-2018 respectievelijk de periode 2021-2030.

De doelen van het Energieakkoord

In de NEV 2016 worden de doelen van het Energieakkoord – 100 PJ extra finale besparing en 14% hernieuwbare energie in 2020 – nog niet gehaald, maar de partijen van het energieakkoord werken wel aan aanvullende maatregelen. Die maatregelen kunnen de niet-ETS emissies beïnvloeden. Wat die invloed zal zijn is

⁵ Ruil met andere lidstaten is onbeperkt mogelijk, maar het is onbekend of andere lidstaten een overschot op hun doel zullen hebben, of ze bereid zijn te ruilen, en wat de prijs hiervan dan zal zijn. Daarom is niet mogelijk om hier een getal aan te koppelen.

niet op voorhand aan te geven: een belangrijk deel van de emissie-effecten kan ook in het ETS optreden. Zeker bij het doel voor hernieuwbare energie ligt dat ook voor de hand. Bovendien kan aanvullend beleid afhankelijk van de snelheid waarmee het invloed heeft, ook de niet-ETS emissies van de startwaarde voor 2020 nog enigszins beïnvloeden, waarmee de cumulatieve emissieruimte voor Nederland iets kleiner wordt. Hiervoor is dan ook geen kwantitatieve inschatting te maken.

De Urgenda-uitspraak

In grote lijnen geldt hetzelfde voor de 25% emissiereductie in 2020 die de rechter heeft opgelegd naar aanleiding van de door Urgenda aangespannen rechtszaak. Deze reductie heeft betrekking op alle broeikasemissies, en daarmee is de impact op de niet-ETS emissies onzeker. Ook hiervoor is geen goede kwantitatieve inschatting te maken.

Voldoen aan momentaan emissiedoel 2030?

Het voorstel geeft lidstaten een emissieplafond voor elk van de jaren van 2021 tot en met 2030. Daarmee geldt voor Nederland formeel een momentane beleidsopgave van 36% voor het jaar 2030. In de praktijk, door de mogelijkheid om in de tijd te schuiven met emissies, hoeft Nederland de momentane emissie in 2030 niet met 36% omlaag te hebben gebracht. Als Nederland wel zou besluiten om in 2030 onder het momentane plafond te blijven, dus zonder het schuiven met emissies, is de benodigde additionele cumulatieve emissiereductie bij een lineaire daling tot 2030 22 megaton bovenop de 20 megaton, dus in totaal 42 megaton cumulatief. De tekstbox "Cumulatief versus momentaan" licht toe hoe dit werkt.

Cumulatief versus momentaan

Om aan het cumulatieve reductieplafond te voldoen, hoeft Nederland niet momentaan in 2030 36% reductie te realiseren.

Surplus

Nederland begint immers de periode 2021-2030 met een surplus: de actuele emissies liggen onder het plafond. Nederland kan dit surplus inzetten om de emissie in 2030 minder ver terug te brengen dan dat correspondeert met de 36% reductie in 2030.

Momentane reductie 2030 bij het halen van de cumulatieve opgave

Bij de huidige verwachting volgens de NEV 2016 is de emissie in 2030 ongeveer 8 megaton hoger dan bij een niveau van -36% ten opzichte van 2005. De cumulatieve opgave is 20 megaton. Als Nederland - om aan de verplichtingen van het cumulatieve plafond te voldoen - de emissies tot 2030 lineair omlaag brengt, leidt dat tot additionele momentane reductie in 2030 van circa 4 megaton, en ligt de Nederlandse emissie in 2030 dus nog 4 megaton boven het niveau dat correspondeert met 36% reductie.

Cumulatieve reductie 2021-2030 bij een momentane reductie in 2030 van 36%
Als Nederland zou kiezen om in 2030 ook momentaan de 36% te halen, dan zorgt dat bij dezelfde aanname van lineariteit voor een overschot op het cumulatieve emissiebudget van 22 megaton.

3

Resultaten: kosten en maatregelen

Inleiding

Nederland kan een breed palet aan opties inzetten om aan de beleidsopgave in het commissievoorstel te voldoen. De kosten die hiermee gemoeid zijn hangen af van de in te zetten opties en de exacte beleidsopgave (die is beschreven in hoofdstuk 2), maar ook van de mate waarin beleid er in slaagt de potentiëlen van bepaalde opties te ontsluiten. Deze studie gebruikt daarom scenario's met verschillende ontsluitingspercentages van het technische potentieel, die corresponderen met meer of minder vergaand beleid. Bijlage E⁶ beschrijft de opties inclusief hun potentieel en kosten.

Minimale kosten

Dit hoofdstuk beschrijft de minimale nationale kosten die Nederland zal moeten maken om aan de doelstelling van het commissievoorstel te voldoen. Hiertoe zijn maatregelenpakketten samengesteld bij verschillende uitgangspunten.

Centrale beleidsopgave

Allereerst beschrijft het hoofdstuk de kosten en maatregelen bij de centrale beleidsopgave zoals beschreven in hoofdstuk 2. Ook wordt ingegaan op de samenstelling van het maatregelenpakket, waarbij zowel de uitsplitsing naar sector als naar reductie categorieën wordt geanalyseerd.

Afwijkende beleidsopgaven en flexibiliteitsopties

Daarna gaat het hoofdstuk in op de kostenimplicaties en overige overwegingen bij eventueel afwijkende beleidsopgaven en het toepassen van flexibiliteitsopties. Hoofdstuk 2 heeft de verschillende mogelijke oorzaken van afwijkingen in de beleidsopgave al verkend, en daarom gaat dit hoofdstuk daar niet dieper op in.

⁶ Alhoewel de studie zoveel mogelijk compleetheid heeft nagestreefd is niet uitgesloten dat andere opties bestaan die aanvullende emissiereductie zouden kunnen bewerkstelligen. De verwachting is evenwel dat de belangrijkste opties in beeld zijn en eventuele aanvullende opties het totaalbeeld niet wezenlijk zullen veranderen, doordat eventuele aanvullende opties vaak concurreren met opties die wel in beeld zijn.

Nationale kosten en niet-ETS kosteneffectiviteit

Nationale kosten

De getoonde kosten zijn de jaarlijkse nationale kosten in uit de methodiek milieukosten (VROM 1994, 1998, 2004) uitgedrukt in euro's van 2015. De nationale kosten zijn het saldo van de directe jaarlijkse kosten en baten vanuit maatschappelijk perspectief. Ze omvatten (geannuïseerde) investeringen, bedienings- en onderhoudskosten, energie kosten/baten op basis van internationale handelsprijzen en de kosten/baten van benodigde CO₂-emissierechten in het ETS. In deze studie alle voor peiljaar 2030. Ze omvatten dus geen externe effecten of indirecte effecten op de economie. Specifiek voor opties in de transportsector is er nog een aanvullende post: het effect op de reistijd. Bijlage A licht de kostenmethodiek verder toe.

Kosteneffectiviteit uitsluitend voor niet-ETS-effecten.

De getoonde kostencurves laten de kosteneffectiviteit zien van reducties door verschillende opties en in verschillende sectoren: de nationale kosten per ton CO₂-emissiereductie in het niet-ETS. De effecten die optreden in het ETS – positief of negatief – spelen hierin dus geen rol. Dat kan verwarring veroorzaken, omdat het gebruikelijker is om naar de kosteneffectiviteit van de totale emissie-effecten te kijken. Maar de hier getoonde kosteneffectiviteit voor niet-ETS emissiereductie wijkt dus af van de kosteneffectiviteit van de totale emissie effecten als een optie ook effecten in het ETS heeft.

Kosten: bedragen in 2030

De getoonde kosten zijn de jaarlijkse kosten van de betreffende optie / pakket in het jaar 2030. Gegeven het ingroei-traject van bepaalde potentiëlen, veranderende energieprijzen, en toenemende overlap tussen opties bij grotere toepassing, zal voor andere jaren een (iets) andere kosteneffectiviteit gelden. De meeste kosten zullen ongeveer proportioneel met de ingroei van maatregelen oplopen richting 2030. Kosten in andere jaren zijn in deze studie echter niet onderzocht. De bedragen zijn specifiek voor het getoonde pakket en ten opzichte van de gebruikte referentie (zie ook tekstbox kostencurves).

NEV 2016

De kostenberekeningen gaan uit van de ontwikkeling van energieprijzen en de ontwikkelingen van technologiekosten in de NEV 2016. Met name energieprijzen zijn erg volatiel. Hogere fossielbrandstofprijzen leiden meestal tot lagere netto kosten, hogere biomassa-prijzen tot hogere netto-kosten. Ook de onderlinge verhoudingen tussen opties kunnen veranderen bij prijswijzigingen. De resultaten omvatten echter geen gevoeligheidsanalyse voor andere energieprijzen.

3.1 Kosten bij verschillende opgaven

Zoals in hoofdstuk 2 beschreven betekent het ESR voorstel voor Nederland een additionele cumulatieve emissiereductie opgave van 20 megaton CO₂-equivalenten in de periode 2021-2030. Dat is op basis van een aantal centrale aannames. Rond die aannames kunnen afwijkingen optreden. Daarom is het van belang om naast de 20 megaton ook de gevolgen van afwijkende beleidsopgaven te verkennen. Zowel de implicaties van de beleidsopgave bij de centrale uitgangspunten als de implicaties van mogelijke afwijkingen ervan zijn daarom van belang om de impact van de ESR op Nederland in te kunnen schatten.

Implicaties bij beleidsopgave van 20 megaton

Minimale kosten

Nederland kan zonder hoge kosten aan een ESR doelstelling van 20 megaton voldoen. **Figuur 2** laat zien dat Nederland de opgave van 20 megaton voor ongeveer een derde kan realiseren met maatregelen die netto nationale baten opleveren. Verder zijn maatregelen nodig die leiden tot nationale kosten. Bij inzet van de meest kostengunstige maatregelen is ook voor het totale pakket sprake van een saldo met netto nationale baten, van circa 100 miljoen euro per jaar in 2030. Daarbij wordt uitgegaan van de middenvariant 'B' voor potentieelontsluiting (zie tekstkader 'Beleidsvarianten'). In de variant 'C' (met hogere ontsluiting door zwaarder beleid), leidt de opgave van 20 megaton tot jaarlijkse baten van rond -140 miljoen euro in 2030. In variant 'A', met minder zwaar beleid, is er sprake van netto nationale kosten van circa 30 miljoen euro in 2030.

"Beleidsvarianten": varianten voor potentieelontsluiting

De berekeningen omvatten drie beleidsscenario's: 'A', 'B' en 'C', die onderling verschillen in de ontsluitingspercentages van het technische potentieel. De sectorexperts van ECN en PBL hebben per optie een indicatieve inschatting gemaakt van het deel van het potentieel dat met oplopende beleidsintensiteit te ontsluiten is. Het gaat daarbij niet om uitgewerkte beleidsmaatregelen.

Beleidsvariant 'A' gaat uit van de minst intensieve instrumentatie, variant 'B' is de middenvariant en variant 'C' kent de zwaarste beleidsintensiteit. In de centrale berekeningen wordt variant B als uitgangspunt gekozen. Bijlage E laat per optie de veronderstelde ontsluitingspercentages in de verschillende beleidspakketten zien.

Realistischer

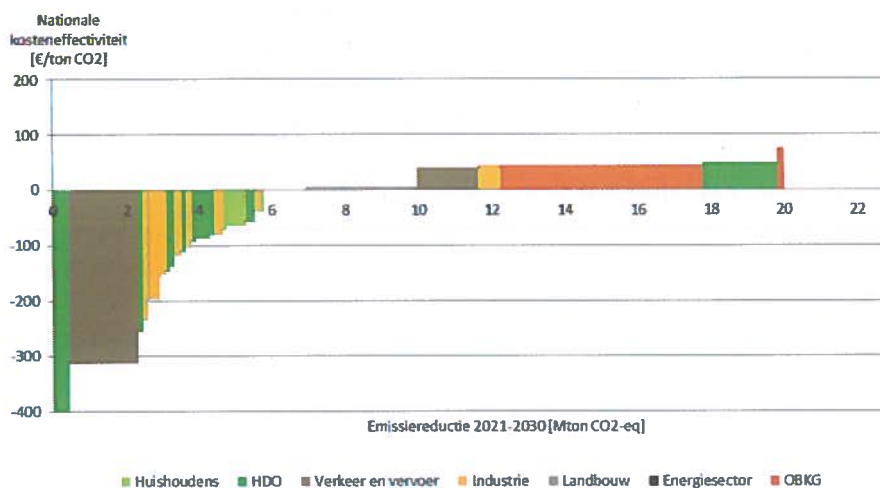
De reden om met beleidsvarianten en ontsluitingspercentages te werken is dat alleen technische potentiëlen en nationale kosten een onrealistisch en veel te optimistisch beeld geven.

Het gaat immers in alle gevallen om potentiëlen die burgers en bedrijven niet vanzelf nemen: anders zou dat in de baseline al gebeuren. Er zijn dus allerlei barrières – kosten, financieringsproblemen, rompslomp, overlast, ontbrekende kennis, andere prioriteiten – die het beleid moet ondervangen of waaraan het tegenwicht moet bieden. Naarmate dat beleid zwaarder is, en daar dus beter in slaagt, zal invoering van dat beleid zelf vaak ook weer op toenemende weerstand en barrières stuiten: politiek en maatschappelijk draagvlak, juridische barrières, kosten voor overheid of burgers en bedrijven.

Zonder dat dit voor alle individuele opties concreet te maken is, gaat het dus bij variant C om in allerlei opzichten lastiger en als vervelender ervaren beleid dan in B, en is B weer lastiger dan A. De resultaten voor de verschillende varianten maken daarmee enigszins de afruil zichtbaar tussen nationale kosten en de inspanning die het vergt om met beleid de potentiëlen te ontsluiten.

Figuur 2 laat zien dat de inzet van opties verdeeld is over alle eindgebruikerssectoren. De bijdrage van landbouw aan de emissiereductie is in dit pakket het grootst, mede door enkele relatief goedkope maatregelen die de uitstoot van overige broeikasgassen kunnen verlagen. Verkeer en vervoer is bepalend voor de per saldo negatieve kosten van het pakket. Huishoudens hebben in het kostenoptimale pakket slechts een beperkte bijdrage. In paragraaf 3.2 wordt de samenstelling van het maatregelenpakket in meer detail besproken.

Figuur 2: Kostencurve bij centrale uitgangspunten: beleidsopgave van 20 megaton, beleidsvariant B, uitsplitsing per sector



Pakketten tegen zo laag mogelijke kosten: werkelijke kosten hoger

Alle berekende maatregelenpakketten zijn (bij benadering) de goedkoopste manier om de doelen te halen, gegeven het veronderstelde realiseerbare potentieel. In werkelijkheid is het meestal niet mogelijk en praktisch op de goedkoopste manier de doelen te halen: beleid is vaak niet in staat om selectief de goedkoopste maatregelen ontsluiten, en bij

het beleid spelen bovendien andere overwegingen mee. De berekende kosten zijn dus de minimale kosten die nodig zijn om een beleidsopgave te halen, en de werkelijke kosten zullen wat hoger liggen.

Er zijn soms ook goede redenen om duurder potentieel te ontsluiten, ook wanneer dat niet nodig is om de doelen op korte termijn te halen. Bijvoorbeeld omdat dat een basis legt voor toekomstige verdere reductiedalingen: inzet op nu nog dure maatregelen kan zorgen voor innovatie en kostendalingen. Ook kost het realiseren van bepaalde potentiëlen die nodig zijn in 2050 vaak veel tijd, waardoor het nodig is om vroegtijdig te beginnen. Hoofdstuk 4 gaat in op de vraag in welke mate de opties die nodig zijn om de beleidsopgave te halen ook passen in het traject naar de emissiereductiedoelen in 2050.

Implicaties bij hogere of lagere beleidsopgaven of andere beleidsintensiteit

Keuzes in de uiteindelijke vaststelling van de verordening, onzekerheden rond de gehanteerde basiscijfers voor het vaststellen van het emissiebudget en onzekerheden rond de toekomstige emissies, kunnen leiden tot een forse afwijking van de berekende beleidsopgave, omhoog of omlaag. Flexibiliteitsopties bieden de mogelijkheid om de resterende opgave binnen niet-ETS sectoren te verlagen.

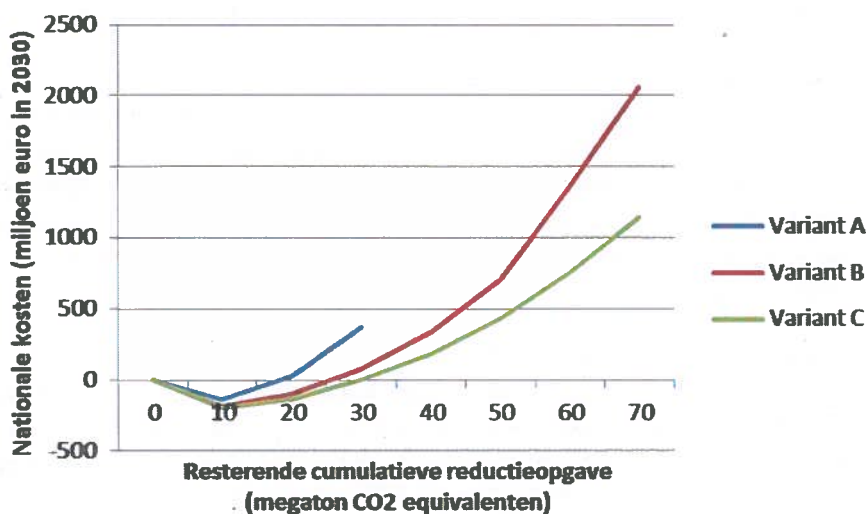
Een lagere beleidsopgave betekent dat minder maatregelen nodig zijn. Als Nederland om die reden maatregelen met netto baten niet toepast, kan dat een lager batig saldo voor Nederland opleveren. Een grotere beleidsopgave betekent dat maatregelen met hogere kosten nodig zijn, waardoor het batige beeld uiteindelijk kan omslaan in een beeld met netto nationale kosten. Zwaarder beleid kan meer potentieel ontsluiten – ook van goedkope maatregelen – en daarmee een alternatief zijn voor inzet van duurdere maatregelen.

Kosten van verschillende cumulatieve beleidsopgaven

Gegeven deze onzekerheden en de mogelijkheid hierin te sturen is het van belang de implicaties ervan goed in beeld te hebben. De studie laat daarom de kosten zien bij oplopende cumulatieve doelen en bij de verschillende ontsluitingsvarianten. **Figuur 3** en **Tabel 14** brengen de resultaten in beeld in stappen van 10 megaton.

De resultaten geven inzicht in de implicaties van feitelijk verschillende reductiedoelstellingen, de consequenties van allerlei keuzes en veranderingen in het voorstel, en van onzekerheden. Het maakt immers niet uit welke combinatie van oorzaken zorgt voor een bepaalde beleidsopgave: voor de kosten is uiteindelijk vooral de absolute beleidsopgave van belang die door opties in niet-ETS moet worden voldaan.

Figuur 3: Jaarlijkse Nationale kosten in 2030 van verschillende cumulatieve beleidsopgaven tot 70 megaton bij verschillende ontsluitingspercentages van het potentieel, zonder flexibiliteitsopties



Tabel 14: Jaarlijkse Nationale kosten in 2030 bij verschillende cumulatieve beleidsopgaven en beleidsvarianten (miljoen euro)

		Cumulatieve beleidsopgave (megaton CO ₂ -equivalenten)							
		0	10	20	30	40	50	60	70
Kosten-optimale inzet van flexibiliteits-opties	A	0	-160	-140	-110	-20	170	570	-
	B	0	-190	-160	-130	-100	-10	150	370
	C	0	-200	-170	-150	-120	-40	60	240
Zonder flexibiliteits-opties	A	0	-140	30	370	-	-	-	-
	B	0	-190	-100	80	340	710	1360	2060
	C	0	-200	-140	0	180	430	750	1140

Hogere beleidsopgaven: oplopende kosten

Bij een totale cumulatieve opgave van 30 megaton lopen de nationale kosten in de middenvariant voor potentieelontsluiting – zonder inzet van flexibiliteitsopties - op tot jaarlijks circa 80 miljoen euro in 2030. Verdere verhoging van de beleidsopgave tot bijvoorbeeld 60 megaton leidt onder dezelfde aannames tot totale nationale kosten van 1,4 miljard euro per jaar in 2030.

Vooraf bij verdergaande opgaven bespaart zwaarder beleid veel kosten

Bij verdergaande beleidsopgaven leidt vanwege de hogere kosten de inzet op zwaarder beleid tot grotere kostenvoordelen: zwaarder beleid gericht op goedkopere opties, betekent dat er minder van de dure opties nodig zijn om het doel te halen.

Bijdrage aan emissiereductie in 2030

Bij de gekozen uitgangspunten rond effectiviteit en timing van het kosteneffectieve maatregelenpakket voor de cumulatieve reductie opgave van 20 megaton, resulteert een momentane emissiereductie van 3,5 megaton in 2030. De emissie in 2030 komt dan op 83 megaton en ligt daarmee circa 4 megaton boven de momentane waarde die correspondeert met de 36% reductie voor Nederland. Dat heeft verder geen consequenties door de mogelijkheden om met emissies te schuiven.

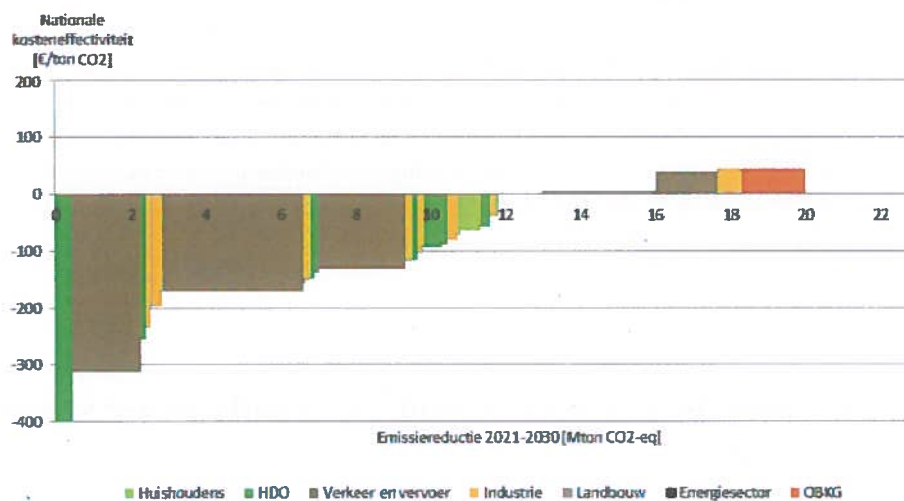
Inzet van flexibele mechanismen kan hogere kosten voorkomen.

Nederland mag volgens het voorstel flexibele mechanismen gebruiken. Aan de inzet van deze mechanismen zijn deels ook kosten verbonden, maar deze zijn vaak lager zijn dan de kosten voor het inzetten van aanvullende maatregelen. Paragraaf 4.3 gaat in op de gevolgen van de inzet van die flexibele mechanismen voor kosten en emissies.

Europees bronbeleid kan nationale opgave verkleinen

De berekeningen gaan uit van opties die met nationaal beleid ontsloten kunnen worden. Er komt daarnaast mogelijk ook Europees bronbeleid, gericht op de transportsector, dat dan ook bijdraagt aan reductie van de niet-ETS emissies. Normering voor vrachtwagens en bestelwagens kan de cumulatieve emissie naar schätting met 6 megaton verlagen tussen 2021 en 2030 en heeft per saldo nationale baten (zie Bijlage E). **Figuur 4** laat de kostencurve zien inclusief deze bronmaatregelen. In totaal heeft dit maatregelenpakket nationale baten van circa 325 miljoen euro.

Figuur 4: Kostencurve bij beleidsopgave van 20 megaton, beleidsvariant B, met inzet van Europees bronbeleid in de transportsector



3.2 Samenstelling van de maatregelpakketten

Deze paragraaf beschrijft de samenstelling van het maatregelpakket dat hoort bij de centrale uitgangspunten, en gaat in op de gevolgen van verschillende beleidsopgaven en beleidsintensiteit.

Kostencurves

Deze paragraaf laat de opbouw van de kostenreductie zien in de vorm van kostencurves. De maatregelen uit het doorgerekende pakket staan hier in de volgorde van kosteneffectiviteit

Reductie en kosteneffectiviteit zijn pakkeetspecifiek

De getoonde reductie en kosteneffectiviteit van opties zijn specifiek voor ieder maatregelpakket, en zijn niet zonder meer bruikbaar binnen de context van andere pakketten. Maatregelen beïnvloeden namelijk elkaars effect. Als er iets verandert bij de toepassing van een maatregel, is de kans groot dat de effecten van andere maatregelen in die sector ook veranderen.

De besparing van bijvoorbeeld een efficiënte ketel is kleiner naar mate de hoeveelheid op te wekken warmte kleiner is, en het effect van woningisolatie is kleiner naarmate de ketel efficiënter is.

Verdergaande pakketten, hogere specifieke kosten

Het gevolg is dat bij verdergaande maatregelpakketten de individuele maatregelen vaak een relatief kleiner effect hebben en hun kosteneffectiviteit ongunstiger wordt. Dit komt dus bovenop het effect dat voor verdergaande reducties ook al duurdere maatregelen op zich nodig zijn.

Aannames ingroeitraject

Omdat de beleidsopgave een cumulatieve opgave is, is het ingroeitraject van maatregelen van belang voor hun bijdrage. Een maatregel die pas laat in de periode 2020-2030 wordt genomen telt minder zwaar mee dan een maatregel die eerder wordt genomen. Voor ieder van de opties geldt daarom een ingroeitraject. Meestal is dat (bij benadering) een lineaire ingroei tussen 2020 en 2030, maar in een aantal gevallen wijkt dit daarvan af. In alle gevallen gaan de berekeningen uit van een zo vroeg mogelijke ingroei.

3.2.1 Kostencurve voor de centrale beleidsopgave van 20 megaton

Naast **Figuur 4** geeft ook **Figuur 5** een kostencurve van de centrale beleidsopgave van 20 megaton en de middenvariant voor beleidsintensiteit, dit maal zonder Europees bronbeleid en met een uitsplitsing naar soort optie. **Figuur 5** laat zien dat ongeveer een derde van de totale beleidsopgave wordt ingevuld met energiebesparingsmaatregelen, ongeveer een kwart met hernieuwbare energie, en een derde met opties die niet-CO₂ broeikasgassen (OBKG) terugdringen. Deze studie kijkt verder niet in welke mate het pakket daarmee bijdraagt aan eventuele andere doelen voor energie.

Bijna een kwart van het pakket betreft opties waarbij (deels) sprake is van elektrificatie van het eindverbruik⁷. Dit heeft tot gevolg dat (een deel van de) emissies van eindverbruiksectoren (buiten het ETS) naar de energiesector (ETS) verschuiven. Door het ETS plafond kunnen de maximale ETS emissies in Europa echter niet toenemen. De reductie in het niet-ETS is daardoor uiteindelijk hetzelfde als de totale emissiereductie.

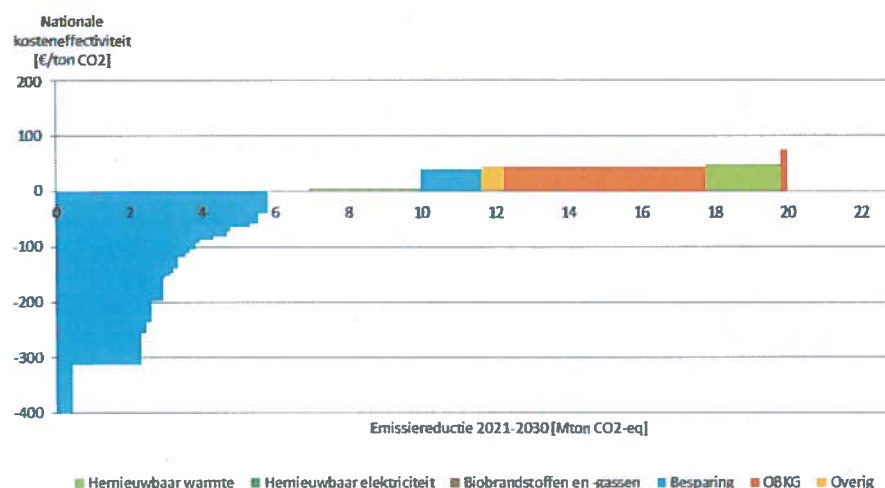
Figuur 2 laat zien dat de curve opties in alle eindgebruikssectoren bevat, waarbij de landbouwsector (inclusief OBKG) verreweg het grootste aandeel heeft. **Tabel 15** geeft een overzicht van de belangrijkste opties in het pakket. Bijlage H laat de samenstelling van het pakket in meer detail zien.

⁷ Elektrificatie-opties zijn deels gecategoriseerd als besparing of hernieuwbare energie - de delen tellen daardoor niet op tot 100 procent.

Tabel 15: Maatregelen in het centrale maatregelenpakket op basis van potentieelontsluiting B^a

Maatregel	cumulatieve emissiereductie (megaton CO ₂ -equivalenten)
Energiemanagementmaatregelen in de dienstensector	1,8
Warmtepompen in de dienstensector	2,1
Zuiniger banden wegverkeer	1,9
Meer volledig elektrische auto's	1,6
Isolatiemaatregelen bestaande koop- en huurwoningen	0,7
Energiebesparing in de industrie	1,4
Geothermie in de glastuinbouw	3,0
Methaanoxidatie van mest	5,5
Levensduurverlenging melkvee	1,1
Overige maatregelen	0,9

Figuur 5: Kostencurve bij centrale uitgangspunten: beleidsopgave van 20 megaton, beleidsvariant B, uitsplitsing per reductie categorie



Kostenoptimale verdeling over sectoren en categorieën afhankelijk van zwaarte beleid

Tabel 16 laat de belangrijkste resultaten zien voor het reductiedoel van 20 megaton bij de verschillende varianten van beleidsintensiteit. De tabel laat ook zien binnen welke sectoren en maatregelcategorieën de maatregelen uit het pakket vallen.

De verdeling van reducties over sectoren en categorieën hangt af van de zwaarte van het beleid. Bij minder zwaar beleid kan van goedkopere opties een kleiner deel ontsloten worden, waardoor ook duurdere opties nodig zijn. Bij zwaarder beleid zijn juist minder dure opties nodig, terwijl de reductie door opties met lagere kosten groter wordt. Er is dus een uitrail tussen de zwaarte van het beleid en de totale kosten die nodig zijn om het doel te halen, met gevolgen voor de verdeling van de reducties over

^a Zie Bijlage E voor toelichting op de opties.

sectoren. Een belangrijke consequentie hiervan is dat over de verdeling tussen sectoren niet zo veel te zeggen valt als de haalbaarheid van zwaarder beleid niet bekend is.

Tabel 16: Overzicht resultaten beleidsopgave 20 megaton bij verschillende beleidsintensiteit

Beleidsvariant		20 megaton Reductie		
		A	B	C
Nationale kosten	mln. euro	31	-101	-140
Kosten marginale optie	€/ton	124	75	44
Gemiddelde kosten	€/ton	9	-29	-40
Potentieel met negatieve kosten	Megaton	4,7	6,9	7,8
Potentieel met positieve kosten	Megaton	15,3	13,1	12,2
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	mln. euro	-172	-187	-201
Nationale kosten van opties met positieve kosten	mln. euro	203	85	62
Potentieel per sector				
Huishoudens	Megaton	2,6	0,7	1,4
HDO	Megaton	5,0	3,8	2,9
Industrie	Megaton	1,0	2,1	2,7
Verkeer en vervoer	Megaton	3,5	3,5	3,5
Landbouw energie	Megaton	4,1	3,1	4,6
Landbouw OBKG	Megaton	3,8	6,8	5,0
Energiesector	Megaton	0,0	0,0	0,0
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	Megaton	1,9	5,1	4,5
Hernieuwbaar elektriciteit	Megaton	0,0	0,0	0,0
Biobrandstoffen en - gassen	Megaton	0,0	0,0	0,0
Besparing	Megaton	8,9	7,5	9,6
OBKG	Megaton	3,8	6,8	5,0
Overig	Megaton	5,5	0,7	1,0

Voor verdeling over de sectoren zijn ook de verdergaande beleidsopgaves van belang
 Ook belangrijk bij de verdeling over sectoren zijn de gevolgen van eventuele tegenvallers. Daarvoor is het van belang om te kijken naar het deel van de kostencurve dat boven de doelstelling ligt. Als daarin voor een sector geen potentieel is, of alleen heel duur potentieel, terwijl andere sectoren nog beschikken over een groter reservoir aan relatief kosteneffectieve opties, dan kan dat iets zijn om rekening mee te houden bij de eventuele verdeling van de opgave over de sectoren. Een tegenvaller in de emissieontwikkeling leidt dan immers in de ene sector tot veel hogere kosten dan in de andere.

Tabel 17 laat zien welk additioneel potentieel per sector in beeld komt als extra nationale emissiereducties nodig zijn, en tegen welke kosten. Opvallend is dat het

duurste potentieel (meer dan 500 euro per ton CO₂-eq niet-ETS) vrijwel exclusief in de huishoudens voorkomt. In de andere sectoren is het leeuwendeel van het potentieel goedkoper dan 250 euro per ton CO₂-eq niet-ETS.

Tabel 17: Beleidsopgave, marginale kosten en additionele emissiereductie per sector bij iedere 10 megaton aanscherping van de cumulatieve emissiereductie, zonder inzet van flexibiliteitsopties. "Max" is de variant met inzet van alle ontsluitbare niet-ETS opties.

Beleidsopgave	10	20	30	40	50	60	70	Max
Marginale kosten	6	75	124	187	237	500	569	
Additionele emissiereductie per sector (megaton CO ₂ -eq cumulatief)								
Huishoudens	0,7		0,9	2,7	2,0	5,5	10,0	11,3
HDO	1,9	2,0	3,2	0,5		0,7		0,9
Industrie	1,4	0,7		0,8		1,0		
Verkeer en vervoer	1,9	1,6		4,1	0,3	2,8		
Landbouw energie	3,0		3,9					0,4
Landbouw OBKG	1,1	5,7	2,0	1,9	7,6			
Energiesector								1,0
Totaal	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	13,5

Emissies per sector

De emissies per sector volgens de nationale energieverkenning 2016 in 2015, 2020 en 2030 en de emissies in 2030 bij de verschillende beleidsopgaven staan in **Tabel 18**. De extra emissiereductie ten opzichte van de 2030 waarde uit de baseline is voor de meeste sectoren bij de cumulatieve beleidsopgave van 20 Mton relatief beperkt. In de HDO, landbouw energie en niet-ETS is de additionele reductie 10% of meer, in de andere sectoren meestal veel minder.

Tabel 18 Emissies per sector volgens de NEV 2016 en bij verschillende cumulatieve beleidsopgaven⁹.

Broeikasgasemissies niet-ETS (megaton CO ₂ -equivalenten)	NEV 2016 Voorgenomen beleid			2030 emissies voor iedere sector voor verschillende cumulatieve emissiereducties ten opzichte van de NEV 2016, beleidsvariant B							
	2015	2020	2030	10 megaton	20 megaton	30 megaton	40 megaton	50 megaton	60 megaton	70 megaton	Emissie bij maximale reductie
Emissies CO₂											
Huishoudens	17,9	16,3	14,4	14,3	14,3	14,1	13,6	13,3	12,3	10,5	8,4
HDO	7,8	6,7	5,4	5,0	4,7	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9	3,7
Landbouw ¹⁰	6,5	5,3	4,0	3,5	3,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Landbouw mobiele werktuigen	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
Verkeer en vervoer	31,7	30,3	28,7	28,5	28,2	28,2	27,5	27,5	27,2	27,2	27,2
Overige mobiele werktuigen	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Industrie	3,2	3,1	3,1	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,4	2,4	2,4
Raffinaderijen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Overig	3,1	3,3	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,4
Subtotaal CO ₂	73,3	68,0	61,2	59,6	58,9	57,4	56,0	55,6	54,0	52,2	49,6
Emissies overige broeikasgassen											
Landbouw	18,6	18,7	18,6	18,4	17,4	17,0	16,7	15,3	15,3	15,3	15,3
Overig	10,3	8,8	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Subtotaal overige broeikasgassen	29,0	27,5	25,1	24,9	23,8	23,5	23,1	21,7	21,7	21,7	21,7
Totaal	102,2	95,5	86,2	84,5	82,7	80,9	79,1	77,3	75,8	73,9	71,4

⁹ De 2030 emissiewaarden voor de verschillende cumulatieve beleidsopgaven gelden alleen gegeven de middenwaardes van de NEV. Als de cumulatieve beleidsopgave hoger uitvalt doordat de emissies in de NEV hoger uitvallen gelden de hier getoonde emissies niet.

¹⁰ De niet-ETS CO₂-emissiereductie door groen gas uit mestvergisting staat in de tabel bij de landbouw, hoewel de feitelijk emissiereductie op zal treden in de sectoren die het groen gas gebruiken. De bijbehorende reductie van methaanemissies staat onder OBKG landbouw, en treedt daar ook daadwerkelijk op.

Categorieën opties

Ook de relatieve bijdrage van categorieën opties varieert met de beleidsopgave en de marginale kosten. **Tabel 19** laat de additionele bijdrage zien bij oplopende beleidsopgaven. Energiebesparing speelt over de hele kostenrange een belangrijke rol, terwijl hernieuwbare warmte en brandstoffen vooral bij de vergaande beleidsopgaven in beeld komen. OBKG opties zitten overwegend in het lagere en middensegment.

In een beperkt aantal gevallen staat er in de tabel een negatief getal; dan neemt de bijdrage van een categorie af bij een zwaardere beleidsopgave. In dat geval vervangt bijvoorbeeld een concurrerende optie uit een andere categorie een optie uit de categorie die afneemt. De optie uit de andere categorie resulteert dan in een grotere emissiereductie. Ook kan de bijdrage van opties afnemen door interacties met andere opties.

Tabel 19: Beleidsopgave, marginale kosten en additionele emissiereductie per optie categorie bij iedere 10 megaton aanscherping van de cumulatieve emissiereductie, zonder inzet van flexibiliteitsopties. "Max" is de variant met inzet van alle ontsluitbare niet-ETS opties.

Beleidsopgave	10	20	30	40	50	60	70	Max
Marginale kosten	6	75	124	187	237	500	569	
Additionele emissiereductie per categorie (megaton CO ₂ -eq cumulatief)								
Hernieuwbaar warmte	3,0	2,1	0,6	-0,1	1,4	5,9	6,2	1,4
Biobrandstoffen en -gassen				3,5				1,0
Besparing	5,9	1,5	4,0	1,3	1,0	4,1	-0,2	6,1
OBKG	1,1	5,7	2,0	1,9	7,6			
Overig		0,7	3,5	3,4			4,0	5,0
Totaal	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	13,5

3.2.2 Kosten en effecten bij afwijkende beleidsopgaven

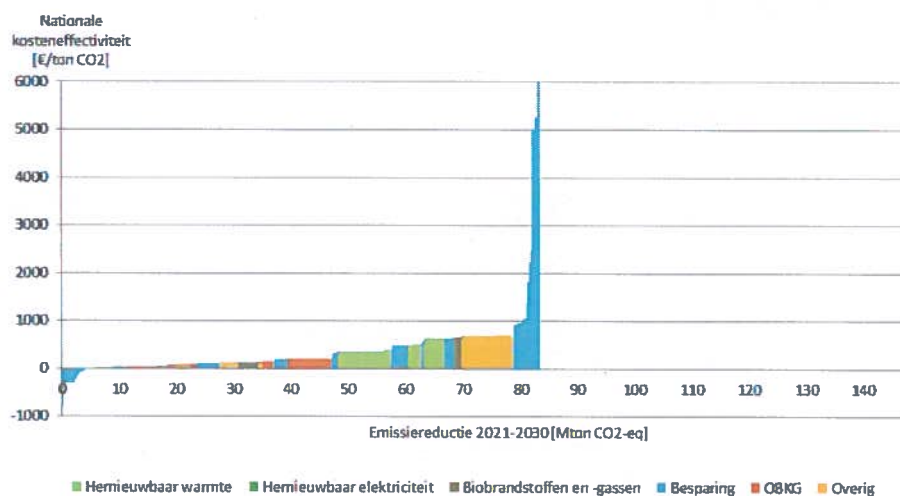
Zoals bovenstaand al beschreven komen bij hogere beleidsopgaven meer opties in beeld. Bijlage F toont tabellen met de kernparameters die horen bij een cumulatieve resterende opgave van 10 tot 70 megaton bij de drie varianten van beleidsintensiteit. Bijlage G toont de kostencurves die horen bij deze beleidsopgaven, uitgaande van beleidsintensiteit B. **Tabel 14** toont de nationale kosten in 2030 bij verschillende beleidsopgaven en beleidsvarianten.

Bij hogere reductie-opgaven is het gevoerde beleid steeds meer van belang voor de haalbaarheid en betaalbaarheid. Bij de minst zware beleidsvariant A is maximaal 39 megaton cumulatieve reductie in niet-ETS sectoren haalbaar, in de middenvariant 84 megaton en in de zwaarste variant 135 megaton. Een lagere beleidsintensiteit betekent dus dat verdergaande beleidsopgaven niet met uitsluitend niet-ETS opties kunnen worden gehaald, maar dat daarbij de flexibiliteitsopties nodig zijn.

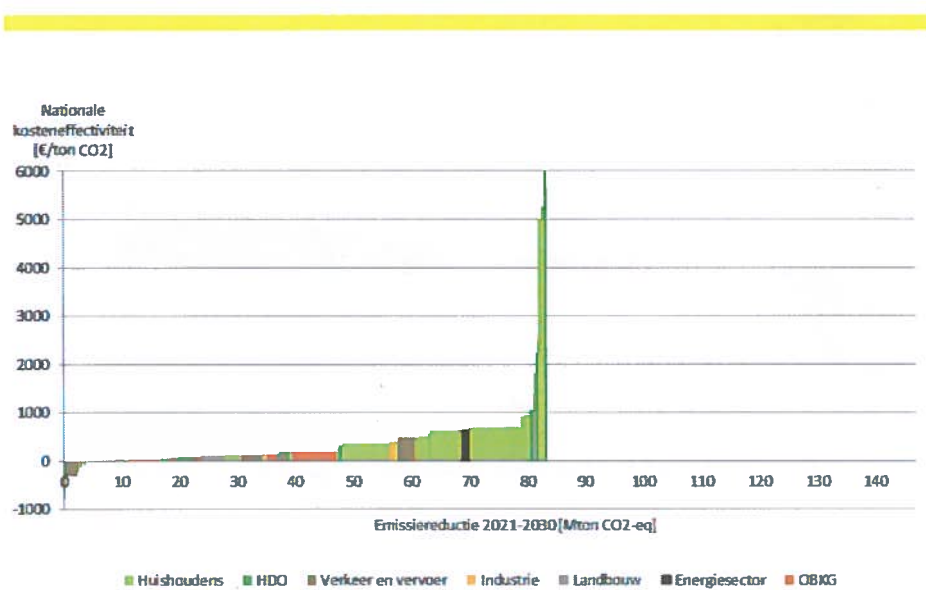
Het verschil tussen de middenvariant en de zwaarste variant laat duidelijk de afruil tussen beleidsintensiteit en kosten zien. In variant B leidt een opgave van 40 megaton tot nationale kosten van 340 miljoen euro in 2030, bij variant C 180 miljoen euro. Een opgave van 60 megaton kent in variant B kosten van 1,4 miljard euro, terwijl de kosten bij zwaarder beleid 750 miljoen bedragen. Nastreven van kostenoptimalisatie betekent derhalve dat een oplopende beleidsopgave ook gepaard gaat met aanscherpen van de beleidsintensiteit. De inzet van flexibiliteitsopties vormt daarbij overigens een derde dimensie, die de beleidsopgave voor niet-ETS opties kan beperken. Dit wordt in paragraaf 3.3 verder toegelicht.

In de onderstaande **Figuur 6** en **Figuur 7** is ter illustratie de kostencurve getoond bij inzet van al het nationaal ontsluitbare potentieel in de middenvariant. Deze figuren laten goed zien dat een palet van opties bestaat met een brede range kosten. **Figuur 6** laat zien dat besparingsopties zowel aan het begin, in het midden, en aan het einde van de curve naar voren komen. Er is een brede range van kosten aan verbonden, van negatief tot duizenden euro's per ton vermeden CO₂ in het niet-ETS. Het merendeel van het ontsluitbare hernieuwbare warmte potentieel kent relatief hoge nationale kosten, en OBKG opties hebben juist relatief vaak lagere kosten. **Figuur 7** laat zien dat vooral opties bij huishoudens relatief hoge kosten kennen, terwijl de opties in overige sectoren wat meer over de curve verdeeld zijn.

Figuur 6: Kostencurve bij inzet van alle ontsluitbare opties in beleidsvariant B, uitgesplitst naar optiecategorie



Figuur 7: Kostencurve bij inzet van alle ontsluitbare opties in beleidsvariant B, uitgesplitst naar sector



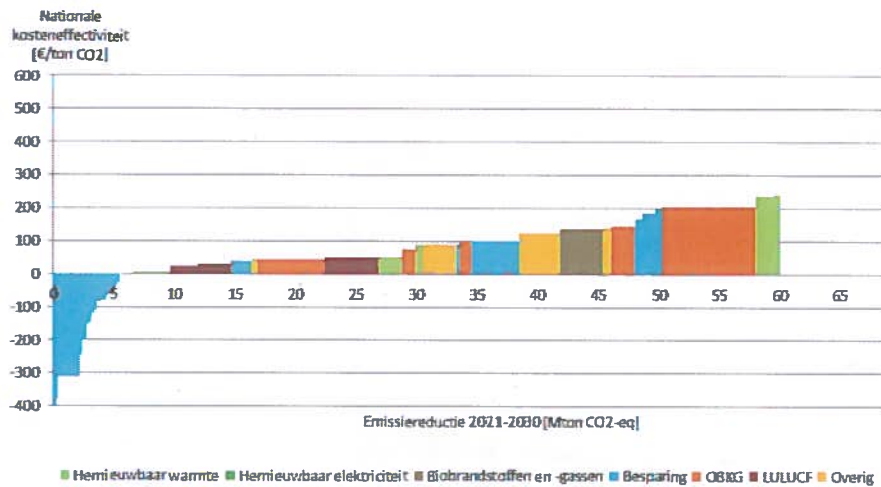
3.3 Inzet van flexibiliteitsmechanismen

Lagere kosten voor halen cumulatieve doel...

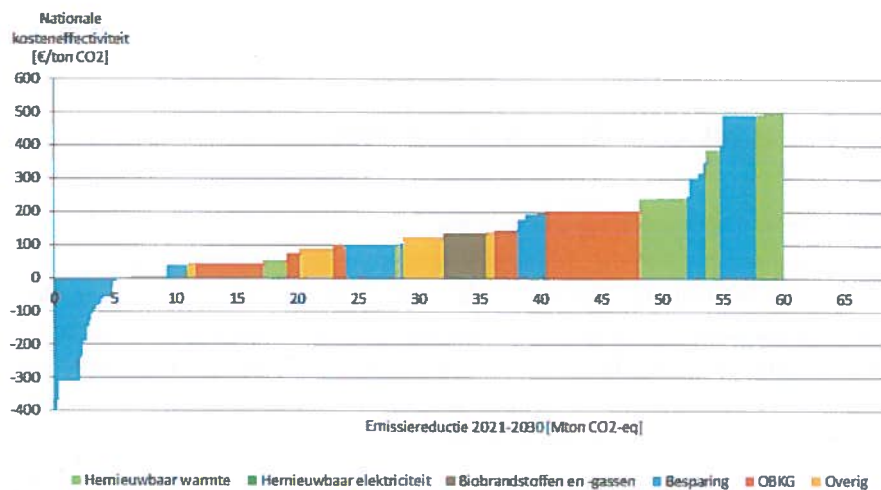
Zoals beschreven in hoofdstuk 2 mogen lidstaten volgens het voorstel ook flexibiliteitsmechanismen inzetten om de cumulatieve emissieopgave te halen. Het gaat voor Nederland dan om onder meer maximaal 24 megaton inzet van ETS-rechten en 13,4 megaton inzet van LULUCF-opties. Dat laatste mag alleen voor zover Nederland geen-debit (tekort) heeft bij de LULUCF-emissies (zie tekstbox “De relatie tussen het niet-ETS doel en emissies van landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw”). Inzet van flexibiliteitsopties kan voordelig zijn als die goedkoper zijn dan het realiseren van fysieke emissiereducties in het niet-ETS. Ook mag Nederland emissieruimte kopen van andere lidstaten, maar daarvan zijn geen kostengegevens bekend.

Inzet van flexibiliteitsopties biedt vooral voordelen bij hogere beleidsopgaven. Daarom laten **Figuur 8** en **Figuur 9**, kostencurves zien bij een beleidsopgave van 60 megaton met en zonder de inzet van LULUCF. Bij kostenoptimale invulling van deze beleidsopgave past de inzet van in totaal 9,4 megaton aan LULUCF-credits (overschot). Inzet daarvan zorgt ervoor dat de duurdere niet-ETS opties in de ‘staart’ van de curve niet nodig zijn, waardoor Nederland het doel tegen lagere kosten kan halen.

Figuur 8: Kostencurve bij beleidsopgave van 60 megaton, beleidsvariant B, inclusief inzet LULUCF credits



Figuur 9: Kostencurve bij beleidsopgave van 60 megaton, beleidsvariant B, zonder inzet LULUCF credits



..maar geen bijdrage aan lagere momentane niet-ETS emissies in 2030..

Inzet van flexibiliteitsmechanismen heeft als nadeel dat dan de fysieke niet-ETS emissies in 2030 hoger zullen uitvallen. Nederland gaat daardoor meer achterlopen op het reductiepad, en loopt het risico om de periode na 2030 met een (grotere) achterstand te beginnen.

Wel bijdrage aan totale daling broeikasgasemissies...

Hoewel de flexibiliteitsmechanismen niet meetellen voor de fysieke niet-ETS emissies, dragen ze wel degelijk bij aan de daling van de totale hoeveelheid broeikasgasemissies. LULUCF-opties verminderen immers de emissies van landgebruik. En inzet van ETS-rechten leidt tot een vermindering van emissierechten die in omloop zijn in het ETS bovenop de al voorgenomen verscherping van het ETS-emissieplafond, en daarmee tot een extra daling van de emissies door bedrijven in het ETS.

...en geen bijdrage aan besparing en hernieuwbaar

Ook de noodzaak om in te zetten op energiebesparing en hernieuwbare energie zal lager zijn bij inzet van de flexibiliteitsopties. Bij eventuele doelen voor energiebesparing en hernieuwbaar kan dat een aanvullende overweging zijn.

Tabel 20 brengt ter illustratie het effect op de kosten en de momentane niet-ETS emissies in 2030 in beeld voor verschillende beleidsopgaves bij de inzet van 20 megaton aan flexibiliteitsopties (10 megaton ETS rechten en 10 megaton LULUCF credits). Opgemerkt wordt dat de gekozen inzet van flexibiliteit hierbij niet op kosten is geroptimaliseerd. De LULUCF opties kennen net als de niet-ETS reductieopties verschillende kosten en verschillen in ontsluitingsmogelijkheden. Het inzetten van cumulatief 10 megaton uit ETS rechten kost op jaarbasis circa 24 miljoen euro in 2030. Het inzetten van cumulatief 10 megaton aan LULUCF credits kost circa 110 miljoen euro in 2030.

Tabel 20: Voorbeeldeffecten van inzet flexibiliteitsopties op cumulatieve beleidsopgave, kosten en momentane niet-ETS emissie in 2030

Reductie opgave (megaton CO ₂ -equivalenten)	Inzet flex (megaton CO ₂ -equivalenten)	Resterende opgave (megaton CO ₂ -equivalenten)	Effect van flex op totale kosten (miljoen euro)	Daling fysieke niet-ETS opties (miljoen euro)	Extra kosten flexibiliteit (miljoen euro)	Effect momentane niet-ETS emissies 2030 (megaton CO ₂ -equivalenten)
60	10 LULUCF + 10 ETS	40	-893	-1027	134	+3.4
40	10 LULUCF + 10 ETS	20	-303	-437	134	+3.6

Flexibiliteit als verzekering

De flexibiliteitsmechanismen bieden weliswaar ruimte om de beleidsopgave op een andere manier in te vullen, maar ze kunnen bijvoorbeeld niet meer ingezet worden als richting 2030 duidelijk wordt dat Nederland het doel niet haalt. Over de inzet van ETS-rechten moet Nederland volgens het voorstel immers voor 2020 besluiten, en het realiseren van de LULUCF reducties vraagt, evenals gewone niet-ETS opties, vroegtijdige besluitvorming over beleid¹¹. Inzet van deze flexibiliteitsopties heeft in dit verband het karakter van een verzekeringspremie.

Naast ETS rechten en LULUCF is er ook de mogelijkheid om emissieruimte van andere lidstaten te kopen. Dit kan Nederland wel op een later moment doen. Hoewel er dan natuurlijk wel onzekerheid is over de beschikbaarheid van die emissieruimte en de prijs die Nederland daarvoor moet betalen.

¹¹ Bij LULUCF is bovendien pas na iedere 5-jaars boekperiode vast te stellen of er daadwerkelijk credits zijn. Dat betekent dat pas achteraf (in 2026 en 2031) duidelijk is hoeveel LULUCF kan bijdragen aan het halen van het niet-ETS doel.

De relatie tussen het niet-ETS doel en emissies van landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw

Naast het voorstel voor de Effort Sharing Regulation (EC, 2016a), publiceerde de Europese Commissie op 20 juli 2016 ook een voorstel voor een EU verordening om de emissies van landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) mee te nemen in klimaat- en energieraamwerk (EC, 2016b). De emissies van landgebruik zijn op dit moment geen onderdeel van de emissiereductiedoelstelling van de Effort Sharing Decision voor 2020. Wel worden deze al gemonitord en gerapporteerd (verplicht in kader van het Kyoto Protocol en UNFCCC). Omdat na 2020 het Kyoto protocol is afgelopen, verdwijnt de verplichting tot inventarisatie en rapportage. De EU verordening komt daarvoor in de plaats en vervangt daarmee de eerdere EU-regels die conform het Kyoto protocol waren vastgesteld.

Voorwaarden om LULUCF-opties mee te tellen

Emissiereducties als gevolg van landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) kunnen onder voorwaarden meetellen om te voldoen aan het niet-ETS doel. De voorwaarden zijn:

- Voldoen aan de zogenaamde 'no-debit rule'. Deze regel houdt in dat LULUCF emissies ('debits') moeten dalen in de tijd.
- Emissiereducties via LULUCF-opties mogen maximaal worden ingezet tot 13.4 megaton om te voldoen aan het niet-ETS doel (cumulatief in de periode 2021-2030). Dit zijn zogenaamde LULUCF-credits.

In de credits tellen emissieveranderingen in bestaande bossen voornamelijk niet mee, maar bij het bepalen van de debits tellen emissieveranderingen in bestaande bossen wel mee.

Een tekort bij LULUCF kan de opgave vergroten

Als niet wordt voldaan aan de no-debit rule, moeten juist aanvullende maatregelen genomen worden om de emissietoename van de LULUCF-sector te compenseren. Dat kan zowel door maatregelen in de LULUCF-sector zelf, als door maatregelen in de niet-ETS-sectoren.

Huidige inzichten over LULUCF

Volgens huidige inzichten (RIVM, 2016) waren de emissies uit LULUCF 6.2 megaton in 2014 (zie Tabel 21). Bossen leggen 2.7 megaton CO₂ per jaar vast, maar daar staan emissies uit ander grondgebruik tegen over. De onzekerheid in dergelijke emissies is overigens groot. Uit projecties van IIASA blijkt dat de LULUCF-emissies tussen 2014 en 2030 dalen met 1.5 megaton. Na 2030 zou het met 0.3 megaton toenemen tot 2050 (EC, 2016c). Uitgaande van deze cijfers, zou dus voldaan zijn aan de no-debit rule, en zouden LULUCF-opties kunnen worden ingezet als flexibiliteitsopties. Gelet op de onzekerheid in deze trend is echter nu niet uit te sluiten dat emissies van LULUCF zouden toenemen, en er dus extra maatregelen nodig zijn om dit te compenseren.

Tabel 21: Emissies (megaton CO₂ equivalent) als gevolg van landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw volgens RIVM (2016) en verwachte emissies in 2030 en 2050 op basis van EC (2016c)

	2014	2030	2050
Bossen	-2,7	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Akkerland	2,6	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Grasland	4,4	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Moerassen	0,1	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Bebouwd gebied	1,6	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Overig land	0,1	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
Geogst hout	0,1	Niet beschikbaar	Niet beschikbaar
TOTAAL	6,2	4,7	5,0

4

Lange-termijnaspecten

4.1 Betekenis voor het transitieproces

De EU-verplichting voor Nederland, om de broeikasgasemissies in de niet-ETS sectoren in 2030 met 36% te verminderen ten opzichte van 2005, kan worden gezien als een tussendoel naar een verdergaande emissiereductie in 2050, namelijk met 80-95% (voor emissies van ETS en niet-ETS samen). Het klimaatakkoord van Parijs kent immers ambitieuze doelen voor de beperking van de mondiale temperatuurstijging. Dit hoofdstuk kijkt daarom naar de volgende aspecten:

1. Maakt de EU-verplichting een emissieontwikkeling in de Nederlandse niet-ETS sectoren noodzakelijk die richting het gewenste niveau in 2050 gaat?
2. Stimuleert de EU-verplichting tot het nemen van maatregelen die nodig zijn om de transitie voldoende vaart te geven?

Ontwikkeling van de emissies in de niet-ETS sectoren in Nederland

Hoofdstuk 3 heeft de resultaten gepresenteerd van een kostenefficiënt maatregelenpakket gericht op het voldoen aan de EU-verplichting van 36% emissiereductie in 2030 ten opzichte van 2005. Dit maatregelenpakket zou leiden tot een totale additionele (momentane) niet-ETS emissiereductie in 2030 van 3,5 megaton CO₂-equivalenten.

Emissies per sector

Figuur 10 tot en met **Figuur 13** laten zien wat deze emissiereductie betekent voor de betreffende sectoren. Ze laten zien hoe dit zich verhoudt tot de verwachte ontwikkelingen op basis van bestaand en voorgenomen beleid (NEV 2016), en tot de vereiste emissieontwikkeling op lange termijn. Duidelijk is dat het effect van de extra maatregelen die nodig zijn om het 36%-doel in 2030 te halen relatief beperkt is.

De figuur maakt ook duidelijk dat met dit maatregelenpakket de verwachte emissie in de meeste sectoren nog niet op een lineair traject komt richting waarden die passen bij een emissiereductie van 80 tot 95% in 2050. Een lineair traject is weliswaar niet per definitie een vanzelfsprekend uitgangspunt voor iedere sector afzonderlijk, maar biedt

wel een eerste houvast voor hoe de ontwikkeling in de sector zich verhoudt tot de vereiste overall trend.

Alleen de CO₂-emissies in de landbouw (met name glastuinbouw) vertonen wel een lineaire daling, maar dit is een juist een sector waarvoor snellere dalingen ook goed denkbaar zijn.

Toelichting bij de figuren

De figuren bieden verschillende ijkpunten voor het emissiereductietraject van verschillende sectoren. De figuren geven de historische emissies weer (blauwe ruit), de projecties in de NEV 2016 bij voorgenomen beleid (rode driehoek), de 2030 emissies bij kostenoptimale invulling van de 20 megaton centrale opgave (groen vierkant) en tot slot de emissierange in 2050 volgens de EC Roadmap (blauwe strepen) en het gemiddelde van een aantal E-designberekeningen voor 2050 (zwarte cirkel). Zowel de Roadmap als E-design geven een indicatie van wat bij vergaande reductie in 2050 voor de betreffende sectoren voor de hand ligt. Beide gaan overigens nog uit van een emissiereductie in 2050 met 80 procent, terwijl voor de realisatie van de klimaatafspraken in het akkoord van Parijs in Europa en in Nederland waarschijnlijk verdergaande emissiereducties nodig zijn

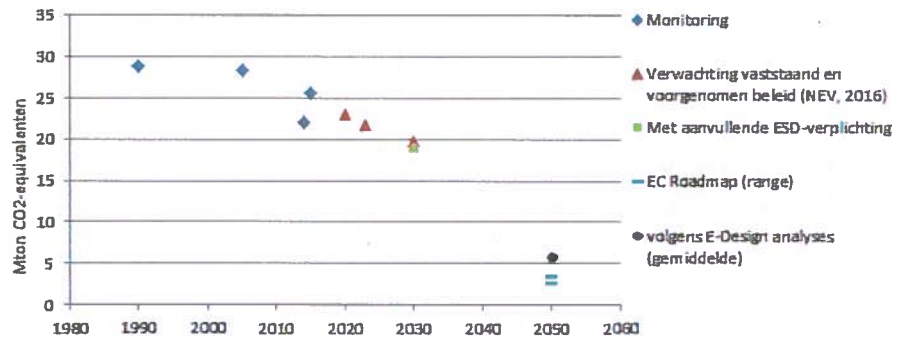
EC Roadmap

Er is gebruik gemaakt van de Roadmap van de Europese Commissie, gericht op 80% emissiereductie in de EU (Ros en Daniëls 2015). Die analyses hebben, ook op basis van kostenefficiëntie, een gewenste emissiereductie in verschillende sectoren op EU-niveau afgeleid. Deze resultaten zijn gebruikt om daarmee ook de emissieniveaus voor Nederlandse niet-ETS sectoren in 2050 af te leiden. In het Nederlandse energieakkoord is hiervan ook de ambitie van 60% emissiereductie voor de sector verkeer en vervoer afgeleid. Behalve verkeer onderscheidt de EU-studie ook de gebouwde omgeving en landbouw (niet CO₂).

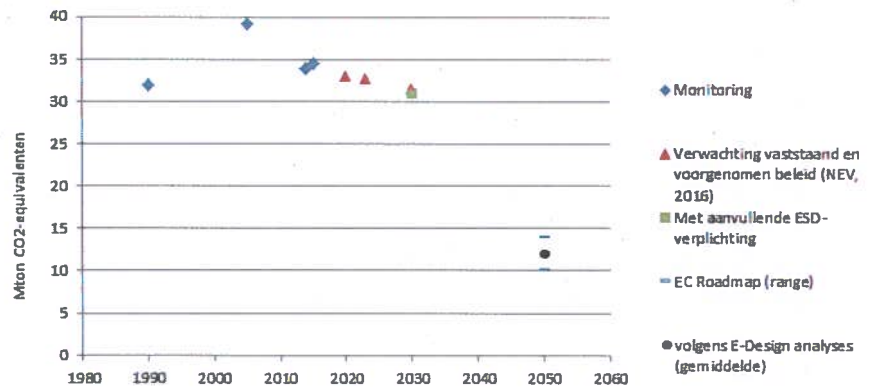
E-design

Met het PBL backcasting model E-Design is een veelheid van varianten om tot 80% Nederlandse emissiereductie te komen geanalyseerd. Daaruit is een beeld ontstaan van de verdeling van de emissies over verschillende sectoren in 2050 (PBL 2011, PBL 2016). Daarin zijn de emissies van het niet onder de ETS vallende deel van de industrie niet apart onderscheiden en daarom hier niet meegenomen. De gemiddelde van de waarden per sector zijn ook in de figuren opgenomen. Overigens zijn de vereiste emissiereducties in niet-ETS sectoren sterk afhankelijk van de toepassing van bio-energie in combinatie met CCS bij grote (onder het ETS vallende, maar vaak nieuwe) bronnen.

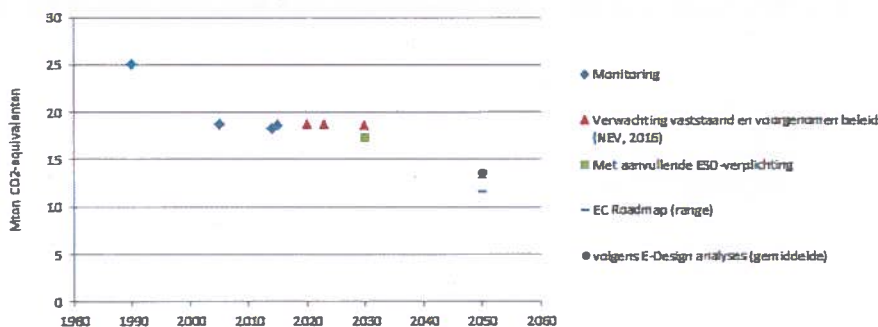
Figuur 10: Overzicht niet-ETS emissie in de gebouwde omgeving



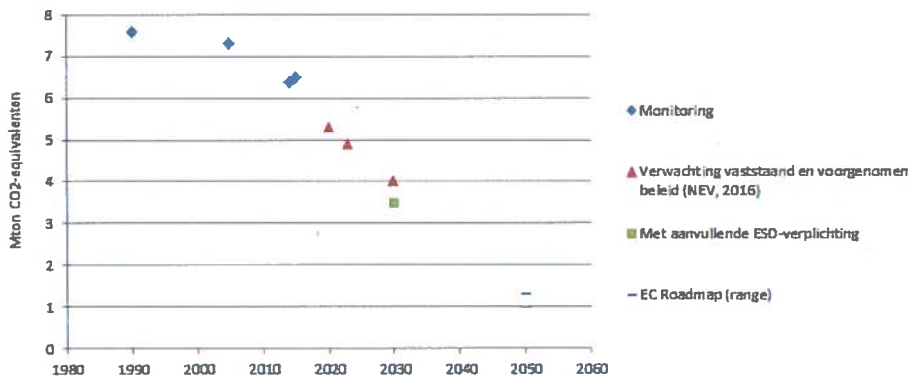
Figuur 11: Overzicht niet-ETS emissie in de transportsector



Figuur 12: Overzicht niet-ETS emissie in de landbouw (OBKG)



Figuur 13: Overzicht niet-ETS emissie in de landbouw (CO₂)



Maatregelen die belangrijk zijn voor het transitieproces

Op basis van bestaande studies is al vrij goed te schetsen welke ontwikkelingen in verschillende sectoren nodig zijn om de CO₂-emissies uit het energiesysteem in 2050 verregaand terug te dringen. De precieze mate waarin bepaalde opties succesvol zullen blijken is weliswaar nog niet te voorspellen, maar de doelstelling voor 2050 is zodanig ambitieus dat vele van de technische opties die momenteel in beeld zijn daarvoor op termijn ook in bepaalde mate moeten worden toegepast. Bovendien is de snelheid waarmee de gewenste vernieuwingen op systeemniveau kunnen plaatsvinden zodanig dat de resterende termijn van 35 jaar al tamelijk krap is. Voortvarendheid in de voorbereiding en uitvoering van de veranderingsprocessen is daarom cruciaal.

Onderstaande tabellen geven voor de verschillende niet-ETS sectoren een korte schets van de transities die de komende decennia moeten worden doorlopen. Vervolgens beschrijven de tabellen in welke mate het kostenoptimale maatregelenpakket om aan de ESR-doelstelling te voldoen bijdraagt aan deze ontwikkeling.

Tabel 22: Transitie per sector – Gebouwde omgeving

Gebouwde omgeving	
Emissiebronnen	De broeikasgasemissies komen vooral voort uit gasverbranding ten behoeve van verwarming. Het gaat om zeer vele, kleine bronnen waarbij afvang van CO ₂ geen reële optie is.
Schets van de gewenste transitie	De transitie is er daarom gericht op het zoveel mogelijk aardgasvrij maken van de warmtevoorziening. Dit kan door elektrificatie (warmtepompen) waarbij aanvullende isolatie een belangrijke randvoorwaarde is of met warmtenetten met (duurzame) warmtebronnen zoals geothermie en afvalwarmte. Zeker voor bestaande bebouwing betekent zo'n transitie een ingrijpende verandering, zowel in de infrastructuur als in de woningen en gebouwen. Die zal niet overal succesvol kunnen worden gerealiseerd. Dan kan worden teruggevallen op zoveel mogelijk isoleren, inzet van hybride systemen (elektrische warmtepompen in combinatie met gasketels) of de inzet van groen gas.
Belangrijkste kosten-efficiënte opties onder invloed van niet-EST doel voor 2030	Een breed scala aan maatregelen bij de bestaande utiliteitsbouw komt in beeld, waarbij het vooral gaat om betere regeling van processen om efficiencywinst te boeken. Bij woningen leidt het vooral tot extra spouwmuur- en buitengevelisolatie. Een belangrijke bijdrage komt van toenemende toepassing van warmtepompen in grote gebouwen
Conclusie met betrekking tot de voortgang van de transitie	De toepassing van elektrische warmtepompen in gebouwen krijgt een extra impuls en vergroot de ervaring die daarmee wordt opgedaan. Grote vernieuwingen in de warmtevoorziening en de daarvoor benodigde aanpassingen in de infrastructuur in de bestaande gebouwde omgeving zijn niet noodzakelijk om het 2030 doel te halen.

Tabel 23: Transitie per sector – Verkeer en vervoer

Verkeer en vervoer	
Emissiebronnen	De broeikasgasemissies ontstaan bij de verbrandingsmotoren. Wegverkeer is de belangrijkste bron met personenauto's en vrachtwagens als belangrijkste bronnen. Mobiele werktuigen leveren een beperkte bijdrage. De bijdrage van lucht- en scheepvaart neemt naar verwachting sterk toe. Zij vallen buiten de huidige niet-ETS verplichting.
Schets van de gewenste transitie	Minder of andere vormen van mobiliteit en transport alsmede zuiniger voer-, vaar- en vliegtuigen kunnen belangrijke bijdragen aan vermindering geven, maar voor een vergaande vermindering zijn technische vernieuwingen cruciaal: nul-emissievoertuigen en groene brandstoffen. In het eerste geval komt de energie uit elektriciteit of waterstof en is daarvoor ook nieuwe/aangepaste infrastructuur nodig. Groene brandstoffen kunnen worden geproduceerd uit (duurzame) biomassa en/of elektriciteit.

Verkeer en vervoer	
Belangrijkste kosten-efficiënte opties onder invloed van niet-ETS doel voor 2030	Een deel van de bijdrage in de totale emissiereductie voor niet-ETS sectoren komt door de toepassing van zuiniger banden. Daarnaast wordt een versnelling verondersteld voor volledig elektrische voertuigen.
Conclusie met betrekking tot de voortgang van de transitie	Uit het pakket volgt een extra impuls voor de inzet van nul-emissie voertuigen.

Tabel 24: Transitie per sector – Landbouw (niet CO₂)

Landbouw (niet CO ₂)	
Emissiebronnen	De belangrijkste bronnen zijn CH ₄ -emissies bij vee, onder meer bij de opslag en verwerking van mest, en N ₂ O-emissies van het land, in sterke mate gerelateerd aan mestgebruik op land. Voor de consumptie van dierlijke producten is gerelateerd aan een productieketen met veel emissies (voor een groot deel ook in het buitenland). Ook het daarvoor benodigde landgebruik heeft grote invloed op de belasting van de atmosfeer met broeikasgassen.
Schets van de gewenste transitie	Er is een scala aan maatregelen denkbaar voor emissiereductie. Emissiereductie bij mestopslag door methaanoxidatie levert een relevante bijdrage. Het is echter lastig de emissies door procesoptimalisatie en –vernieuwing vergaand terug te brengen. Mede gezien deze beperkte mogelijkheden voor technische maatregelen is terugdringing van de consumptie van dierlijke producten ook een belangrijk aandachtsveld in de transitie ¹² .
Belangrijkste kosten-efficiënte opties onder invloed van niet-EST doel voor 2030	Aanvullende maatregel is levensduurverlenging van het melkvee en oxidatie van methaan uit mestopslagen.
Conclusie met betrekking tot de voortgang van de transitie	Belangrijke impuls voor de optimalisatie van emissiereductie bij de processen. Methaanoxidatie komt eerder in beeld dan vergisting (met biogasproductie). Geen invloed op het transitieproces in het landgebruik en de voedselketen.

¹² Ondanks het belang voor de mondiale emissiereductie draagt dit weinig bij aan de emissiereducties in Nederland.

Tabel 25: Transitie per sector - Landbouw CO₂ (met grote bijdrage van glastuinbouw)

Landbouw CO ₂ (met grote bijdrage van glastuinbouw)	
Emissiebronnen	De belangrijkste bron is de verbranding van aardgas voor de verwarming van kassen, opwekking van elektriciteit en productie van CO ₂ , het laatste ter stimulering van de gewasgroei in kas. Dat gebeurt in de vorm van gasketels en/of WKK.
Schets van de gewenste transitie	Duurzame energiebronnen, met name lokale warmtebronnen zoals benutting van warmte uit bodem en grondwater en uit diepere lagen (geothermie) vormen in combinatie met energiebesparingsmaatregelen en procesinnovatie de basis voor klimaatneutrale kassen. Daarbij kan in de vraag naar CO ₂ worden voldaan door hergebruik van bij andere bronnen afgevangen CO ₂ .
Belangrijkste kosten-efficiënte opties onder invloed van niet-EST doel voor 2030	De toepassing van geothermie voor de warmtevoorziening in kassen zet flink door.
Conclusie met betrekking tot de voortgang van de transitie	Het pakket geeft een extra impuls voor geothermie, een van de potentieel belangrijke opties voor hernieuwbare energie op de lange termijn.

Tabel 26: Transitie per sector – Industrie en energie CO₂

Industrie en energie CO ₂	
Emissiebronnen	Het gaat vooral om de warmtevraag en de warmtevoorziening bij relatief kleine bedrijven, het laatste vooral in de vorm van gasketels. De diversiteit aan processen is groot.
Schets van de gewenste transitie	De diversiteit aan maatregelen is groot en wordt ook afgestemd op lokale mogelijkheden, bijvoorbeeld aansluiting op warmtenetten, elektrificatie van processen en warmtevoorziening en inzet van groen gas. Daarbij kunnen ook procesinnovaties relevant bijdragen.
Belangrijkste aanvullende acties onder invloed van de EU-verplichting	De belangrijkste maatregelen hebben betrekking op vergroting van de efficiency in bestaande processen en procesketens.
Conclusie met betrekking tot de voortgang van de transitie	Geen impuls voor de geschetste belangrijke elementen.

Tabel 27: Transitie per sector – Overige bronnen van niet CO₂ broeikasgassen

Overige bronnen van niet CO ₂ broeikasgassen	
Emissiebronnen	De meeste emissies komen vrij bij de industrie en de verwerking van afval en afvalwater: specifieke chemische processen (caprolactamproductie), koeling (fluorverbindingen), gasmotoren (methaanslip), rioolwaterzuiveringsinstallaties en stortplaatsen. De emissie door stortplaatsen zal metertijd vanzelf verdwijnen in de verwachting dat er geen afval meer zal worden gestort.
Schets van de gewenste transitie	Het gaat hierbij om een breed scala aan specifieke innovatieve processen en procesverbeteringen om de emissies te beperken.
Belangrijkste kosten-efficiënte opties onder invloed van niet-EST doel voor 2030	Bijdrage aan verbetering van proces- en ketenefficiency.
Conclusie met betrekking tot de voortgang van de transitie	Geen extra impuls voor procesinnovatie.

Systeemverandering door de ESR

Een belangrijke vraag is in hoeverre de beleidsopgave al noodzaakt tot systeemveranderingen. In dit geval gaat dat om de toepassing van opties/concepten die fundamenteel verschillen van de gangbare concepten, en die ook een logisch onderdeel (zouden) kunnen zijn van de lange-termijn energievoorziening in 2050. Voorbeelden zijn elektrische warmtepompen en energieneutrale gebouwen.

Weinig toepassing van opties die in het eindbeeld passen...

De tabellen laten zien dat de beperkte beleidsopgave die nodig is om de ESR doelstelling te bereiken (logischerwijze) nauwelijks leidt tot toepassing van dergelijke opties. De opgave kan voor een deel worden ingevuld met relatief goedkoop potentieel en optimalisatie van bestaande systemen. Dit kan het risico met zich meebrengen dat introductie van geheel nieuwe varianten wordt vertraagd, waardoor op onderdelen een lock-in in het oude systeem resulteert. Veel opties die wel passen in een 2050 beeld komen in de kostencurve bij 20 megaton niet aan bod, omdat ze hogere kosten hebben.

.. maar ze zijn niet afwezig

Toch zijn er in het kostenoptimale pakket voor 20 megaton wel enkele extra impulsen voor de transitie te herkennen. Geothermie in de glastuinbouw, warmtepompen in de gebouwde omgeving en elektrificatie in de industrie zijn voorbeelden. Bij grotere beleidsopgaven maken steeds meer vergaande opties deel uit van de kostenoptimale oplossing.

Kostenoptimaal is een beperkt criterium

Ook in de baseline komen vergaande, duurdere opties al voor. Dat geeft al aan dat kostenoptimaliteit op korte termijn in de praktijk van het Nederlandse beleid niet het enige criterium is. Ook voor de ESR is Nederland niet gehouden aan het toepassen van een – op korte termijn - kostenoptimale oplossing: Nederland kan zijn eigen keuzes maken voor haar transitiepad. De ESR vraagt slechts dat dit pad voor Nederland voldoende emissiereductie oplevert in de periode 2021-2030.

Referenties

- Akker, J.J.H. van den, P.J. Kuikman, F. de Vries, I. Hoving, M. Pleijter, R.F.A. Hendriks, R.J. Wolleswinkel, R.T.L. Simões and C. Kwakernaak (2008): *Emission of CO₂ from agricultural peat soils in the Netherlands and ways to limit this emission*. Alterra, Wageningen University and Research, Wageningen.
- Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2015): *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background*. Wot-technical report 52. Wageningen, the Netherlands.
- Daniëls B.W., en R. Koelemeijer (2016): *Kostenefficiëntie van beleidsmaatregelen ter vermindering van broeikasgasemissies*. ECN-E--15-060, PBL-publicatienummer 1748.
- Daniëls, B.W.; Wemmers, A.K.; Tigchelaar, C.; Wetzels, W. (2011): *Restwarmtebenutting. Potentiëlen, besparing, alternatieven*. ECN-E--11-058, november 2011.
- EC (2016a): *Proposal for a Regulation on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 for a resilient Energy Union and to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation No 525/2013 of the European Parliament and the Council on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and other information relevant to climate change*, COM/2016/482.
- EC (2016b): *Proposal on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry into the 2030 climate and energy framework and amending Regulation No 525/2013 of the European Parliament and the Council on a mechanism for monitoring and reporting greenhouse gas emissions and other information relevant to climate change*, COM/2016/479.

EC (2016c): *EU Reference Scenario 2016 Energy, transport and GHG emissions trends to 2050*.

EEA (2016): *Estimates of historical emissions for stationary installations to reflect the current scope of the EU ETS (2013-2020)*. ETC/ACM Technical Paper 2016/1. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

EEA (2016b): *EEA en Umweltbundesamt GmbH (2016) Final review report - 2016 comprehensive review of national greenhouse gas inventariseren data - pursuant to Article 19(1) of Regulation No 525/2013 - The Netherlands*.

ICCT (2012): *Summary of the EU cost curve development methodology*. Working paper 2012-5.

Lesschen, J.P., H. Heesmans, J. Mol-Dijkstra, A. van Doorn, E. Verkaik, I. van den Wyngaert en P. Kuikman (2013): *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur*. Alterra-rapport 2396, Alterra Wageningen UR, Wageningen. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/247683>

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) (1994): *Methodiek Milieukosten*. Publicatiereeks Milieubeheer 1994/1.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) (1998): *Kosten en baten in het milieubeleid: Definities en berekeningsmethodes*. Publicatiereeks milieustrategie, nr. 1998/6.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) (2004): *Handreiking voor monitoring en evaluatie van klimaatmaatregelen*.

RIVM (2016): *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2014 National Inventory Report 2016*. RIVM Report 2016-0047.

Ros, J. en B.W. Daniëls (2015): *Sectordoelen voor niet-ETS broeikasgasemissies in 2030*. 4 juni 2015; PBL-publicatienummer: 1746.

Schoots, K., M. Hekkenberg en P. Hammingh (2016): *Nationale Energieverkenning 2016*. ECN-O--16-035. Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland.

Silvis, H.; Smekens, K.E.L.; Verhoog, D.; Daniëls, B.W.; *Opties voor energie-neutrale agrosectoren in 2025*, LEI 2015-108/ECN-O--16-005 NL februari 2016.

TNO, 2014. *Potential benefits of Triple-A tyres in the Netherlands*. TNO 2014 R10735.

Wetzels, W. (2010): *Benutting restwarmte*. ECN-BS--10-015. Petten, 2010. https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/Heroverwegingenergieenklimaat/BS-10-015_Benutting_restwarmte.pdf.

Bijlage A. Kosten- methodiek

Dit is een bewerkte versie van de bijlage uit het IBO rapport (Daniëls en Koelemeijer, 2016). De bijlage beschrijft de nationale kosten uit de milieukostenmethodiek, en gaat in op andere kosten en baten die geen onderdeel zijn van de nationale kosten.

Nationale kosten uit de milieukostenmethodiek

De kosten zoals berekend zijn de nationale kosten volgens de milieukostenmethodiek (VROM, 1994; 1998; 2004). Dit is het saldo van directe kosten én baten vanuit maatschappelijk kostenperspectief. De kosten omvatten:

- Kapitaalkosten
- Bedienings- en onderhoudskosten
- Baten van vermeden energiegebruik
- Effect op aankoop of verkoop van CO₂-rechten in het Europese emissiehandelssysteem.

De kosten worden uitgedrukt in jaarlijkse kosten, en kunnen dan ook gebruikt worden om in combinatie met de jaarlijkse effecten de kosteneffectiviteit van maatregelen te berekenen, uitgedrukt als euro per eenheid gerealiseerd effect (ton CO₂ eq, PJ besparing, PJ hernieuwbaar). Hieronder worden bovenstaande kostenposten toegelicht.

Kapitaalkosten

Investeringen worden bij de milieukostenmethodiek voor de nationale kosten tegen een maatschappelijke disconteringsvoet (4%¹³) en met een afschrijvingstermijn van 10 tot 25 jaar afgeschreven. Voor bouwtechnische kosten geldt een afschrijvingstermijn van 25 jaar, voor elektromechanische een afschrijvingstermijn van 10 jaar. Omdat veel maatregelen bestaan uit een mix van bouwtechnische en elektromechanische componenten, en omdat bij veel maatregelen deze componenten niet altijd aan te wijzen zijn, vindt de berekening vaak plaats met een gewogen gemiddelde levensduur of de meest representatieve levensduur. Waar de levensduur duidelijk langer is dan de 25 jaar, gaan de berekeningen in deze rapportage uit van die langere levensduur.

Bediening en onderhoudskosten

Bediening en onderhoudskosten tellen als jaarlijks terugkerende kostenpost mee in de nationale kosten.

Energiekosten en baten

De baten van vermeden energiegebruik bestaan voor Nederland uit de vermindering van de import van die energiedragers. De relevante prijzen zijn dus internationale handelsprijzen.

¹³ De berekening sluit met een disconteringsvoet van 4% aan bij eerdere studies naar de kosten en baten van energie- en klimaatbeleid, waaronder de IBO energie- en klimaatbeleid (en de impactanalyse van Europese klimaat- en energiedoelen uit 2014 ()). Inmiddels is erhet "RAPPORT WERKGROEP DISCONTOVOET 2015" van een werkgroep van o.a. ministeries, planbureaus, DNB en externe experts, dat aanbeveelt om een standaard discontovoet te hanteren van 3 procent, die in een aantal specifieke situaties af kan wijken (o.a. voor infrastructuur en reistijden). Voor de waardering van klimaat geldt ook 3 procent. Daarmee zullen de kosten over de hele linie iets lager komen te liggen dan in de huidige analyse.

CO₂-rechten

Beprijzing van energie en/of emissies is niet relevant voor de nationale kosten, zolang dit beprijzing door de Nederlandse overheid is. Bij CO₂-rechten in het Europese emissiehandelssysteem ligt dit anders: dit is een grensoverschrijdend handelssysteem. Dat betekent dat minder emissies bij ETS-bedrijven leidt tot een lagere behoefte aan CO₂-rechten. Dit vertegenwoordigt een baat binnen de nationale kosten¹⁴.

Relatie tot MKBA's

De nationale kosten zijn qua gebruikte grootheden zoals energieprijzen en rentevoeten ruwweg in lijn met de aanpak in maatschappelijke kostenbatenanalyses (MKBA's). Een belangrijk verschil dat MKBA's behalve de directe kosten en baten ook allerlei andere kosten en baten in beeld brengen. De nationale kosten vormen een smal kostenbegrip: allerlei 'bredere' kosten zoals indirecte effecten en externe kosten zijn er geen onderdeel van. Verder wordt in MKBA's doorgaans een netto contante waarde berekend, waarbij kosten en baten in de toekomst worden vertaald in kosten in het heden, in plaats van jaarlijkse kosten in zichtjaren.

In deze studie enkele maatregelen in de transportsector onderzocht die primair gericht zijn op het beïnvloeden van het gedrag (terugdraaien snelheidsverhoging op snelwegen en kilometerheffingen bij personen- en vrachtverkeer). Voor die maatregelen is een quickscan maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) uitgevoerd, waardoor ook o.a. de welvaartseffecten van veranderingen in dit gedrag in de kosten zijn opgenomen. In de betreffende factsheets zijn deze effecten nader toegelicht.

Nationale kosten versus eindgebruikerskosten

Leveringstarieven en energiebelasting zijn overdrachten binnen Nederland, en zijn daarmee geen onderdeel van de nationale kosten. De baten voor de ene partij in Nederland zijn juist kosten voor een ander, maar voor de bv. Nederland is er geen netto effect. Een vermindering in afgedragen energiebelastingen levert dus voor de bv Nederland geen kost of baat op: tegenover de baat voor bijvoorbeeld een huishouden staat een verlies voor de overheid. Ook subsidies vormen geen onderdeel van de nationale kosten.

Voor de eindgebruiker is dit uiteraard wel relevant, en subsidies en belastingen zijn dan ook wel onderdeel van de eindgebruikerskosten, evenals bijvoorbeeld marges op geleverde energie.

Verder geldt bij eindgebruikerskosten voor de berekening van kapitaalskosten vaak een hogere disconteringsvoet: 10% voor bedrijven, en 5% voor de landbouw. Alleen voor de overheid geldt de 4%, en ook voor huishoudens. De laatste kunnen maatregelen aan de eigen woning vaak hypotheckair financieren, en als ze eigen geld inzetten gelden als kapitaalkosten alleen de opportuniteitskosten voor gedeferde rente op spaargeld. In werkelijkheid kunnen financieringskosten binnen doelgroepen uiteraard sterk variëren.

¹⁴ Het "RAPPORT WERKGROEP DISCONTOVOET 2015" beveelt ook aan om nader vast te stellen met welke CO₂ prijzen moet worden gerekend, de methodiek daarvoor is nu zo goed als voltooid.

Kosten van infrastructuur

De uitgevoerde berekening van de nationale kosten houdt geen rekening met kostenbesparingen op netwerken. De reden is dat deze kostenbesparingen op afzienbare termijn nog heel gering zullen zijn. Bij bijvoorbeeld een lagere behoefte aan capaciteit in bestaande elektriciteits- of gasnetwerken materialiseert dit pas in eventuele lagere kosten als uitbreiding, onderhoud of vervanging van die netwerken aan de orde is. Bovendien zijn dergelijke besparingen meestal niet een op een af te leiden van de veranderingen in de benodigde energie.

Ook een toename van infrastructuur kosten is denkbaar, bijvoorbeeld bij grilliger vraagpatronen of een toename van intermitterend hernieuwbaar. Waar extra investeringen in infrastructuur direct gekoppeld zijn aan een specifieke optie, zoals het net op zee voor wind offshore, is dit wel onderdeel van de kapitaalkosten.

Overige opmerkingen bij nationale kosten

De nationale kosten geven een goede eerste indicatie van de maatschappelijke kosten voor Nederland. Dat wil echter niet zeggen dat lage nationale kosten betekenen dat een optie dus per definitie aantrekkelijk is, zomin als hoge nationale kosten een optie per definitie onaantrekkelijk maken. Implementatie van dure opties kan om verschillende redenen wenselijk zijn, bijvoorbeeld:

- Implementatie biedt perspectief op kostendalingen van de optie en daarmee op een kostenvoordeel op langere termijn
- Een optie zal op langere termijn hoe dan ook nodig zijn, maar om op die termijn het volledige potentieel te realiseren moet nu al begonnen worden, hoewel het kostenniveau nu boven de marginale kosten van de huidige doelen ligt.
- Een optie heeft overige baten die tegenwicht bieden aan de hoge kosten. Woningisolatie kan bijvoorbeeld tot belangrijke comfortwinst leiden.

Niet gekwantificeerd: Brede maatschappelijke kosten en baten

Zoals al vermeld spelen bij een complete maatschappelijke kosten-baten analyse nog veel meer posten een rol, die geen onderdeel zijn van de nationale kosten uit de Milieukostenmethodiek.

Voorbeelden zijn: reguleringskosten van beleid, structurele effecten op de economie, baten van verminderde emissies door lagere schade (emissies van broeikasgassen, maar ook bijvoorbeeld luchtverontreinigende emissies), baten ten gevolge van verminderde importafhankelijkheid. Dergelijke kosten en baten zijn veel onzekerder en ook vaak subjectiever van aard dan de directe kosten en baten. Ook gelden soms specifieke criteria waaronder bepaalde kosten en baten wel of niet mee mogen tellen. Dat laatste geldt bijvoorbeeld voor baten die grotendeel neerslaan in het buitenland, zoals de baten van vermeden broeikasgasemissies of – in mindere mate – de baten van verminderde uitstoot van luchtverontreinigende stoffen.

Een analyse van de bredere kosten en baten met een uitgebreide toelichting staat in <https://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--12-008>. Hieronder staat een toelichting bij een aantal posten van dit rapport.

CO₂-baten

Hierbij spelen twee componenten een rol. Enerzijds de maatschappelijke “willingness to pay”, anderzijds de vermeden kosten voor de koop van emissierechten op de Europese

of mondiale emissiehandel. De twee componenten mogen niet dubbel geteld worden. Bij de "willingness to pay" component is een complicatie dat de baten van Nederlandse maatregelen mondiaal neerslaan, omgekeerd geldt dat dus ook voor maatregelen die het buitenland neemt. De baten gelden dus alleen onder de veronderstelling van wederkerigheid. Die wederkerigheid geldt bijvoorbeeld als er sprake is van een bindend mondiaal klimaatakkoord. De CO₂-baten ten gevolge van vermeden schadekosten zijn geen onderdeel van de nationale kosten.

Wel onderdeel van de nationale kosten zijn de baten als bedrijven minder CO₂-rechten hoeven te kopen op de Europese emissiehandelsmarkt. Bij elektriciteit is het effect van de CO₂-prijs al onderdeel van de energiebatens: de CO₂-prijs beïnvloedt immers de groothandelsprijs van elektriciteit. Bij andere fossiele energiedragers zit de CO₂-prijs niet in de groothandelsprijs, en is het apart in de berekening meegenomen.

Externe effecten luchtverontreiniging

Maatregelen gericht op het vermijden van CO₂-emissies hebben in de meeste gevallen ook effect op de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Voor de producent of consument die de uitstoot veroorzaakt is dit een extern effect, omdat hij of zij de kosten van de vervuiling niet betaalt. Luchtverontreiniging is in veel gevallen voelbaar tot ver over de grenzen, wat de vraag oproept wie de kosten van dit extern effect moet dragen. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse waardeert de vervuiling door de hoeveelheid van de uitstoot te berekenen en een prijs voor de vervuiling te bepalen. Maatregelen die leiden tot minder consumptie van fossiele brandstoffen hebben meestal een gunstig effect op de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen, maar maatregelen die leiden tot meer inzet van biomassa hebben vaak een ongunstig effect.

Voorzieningszekerheid en importafhankelijkheid

Afhankelijkheid van fossiele brandstoffen en geïmporteerde biomassa betekent afhankelijkheid van prijschommelingen op de wereldmarkt. Bij prijsstijgingen, bijvoorbeeld oliecrises of politieke onrust in olieproducerende landen, zien consumenten hun koopkracht afnemen en worden bedrijven aangetast in hun investeringsvermogen. Op lange termijn kan dit leiden tot onzekerheid bij investeerders in de energiesector en daarbuiten. Door een lager energiegebruik of overgang op eigen hernieuwbare opwekking neemt de afhankelijkheid van geïmporteerde brandstoffen af en treedt er een maatschappelijke baat op.

Bestedingsimpuls

Een CO₂-emissiereductiedoelstelling van 80 procent betekent dat er grootschalig moet worden geïnvesteerd in allerlei schone maatregelen. In economisch mindere tijden (laagconjunctuur) genereren deze investeringen extra vraag naar goederen en diensten en geven daarmee een stimulans aan de binnenlandse productie en werkgelegenheid. Dit is een korte termijn effect. Op langere termijn en in economisch goede tijden (hoogconjunctuur) reageren alleen de prijzen van goederen en diensten (o.a. via hogere loonkosten) op de extra vraag en is er dus geen effect op de binnenlandse productie en werkgelegenheid. Ook is het effect afhankelijk van het gevoerde overheidsbeleid, de wijze waarop de overheid de investeringen in 'duurzaam' afdwingt of stimuleert.

Structurele groei

De investeringen in CO₂-reducerende maatregelen kunnen op de lange termijn leiden tot veranderingen in de economische structuur. Door investeringen in CO₂-emissiereeductiemaatregelen kan bijvoorbeeld de Nederlandse productie kapitaalintensiever worden en wordt er kenniskapitaal opgebouwd en verspreid. Dit zou dan de Nederlandse economie productiever maken: per eenheid kapitaal en arbeid wordt meer toegevoegde waarde (BBP) geproduceerd. Dit stimuleert het structurele groeivermogen van de economie.

Reguleringskosten

Reguleringskosten van overheidsbeleid omvatten de indirecte effecten van beleid op de economie, en niet de uitvoeringskosten van dit beleid. Grootschalige energietransitie komt immers niet vanzelf tot stand. Er is overheidsbeleid nodig om deze investeringen te stimuleren, dan wel af te dwingen. In de eerste categorie bevinden zich subsidies, die het schone alternatief aantrekkelijker maken ten opzichte van CO₂-emitterende alternatieven, en CO₂-prijzen en -belastingen, die het CO₂-emitterende alternatief duurder en dus onaantrekkelijker maken ten opzichte van schone alternatieven. Bij het afdwingen van CO₂-reducerende maatregelen valt te denken aan normen, bijvoorbeeld een energieprestatienorm voor woningen en voertuigen of een verplichting voor energiebedrijven om een bepaald percentage duurzame energie te produceren.

Andere niet opgenomen posten

Andere effecten die mogelijk in kosten te vertalen zijn omvatten de schade door inzet van niet-duurzame biomassa en de risico's van kernenergie

Bijlage B. Berekenings- methodiek pakketten en status resultaten

Deze bijlage beschrijft de gevolgde aanpak bij het samenstellen van de maatregelpakketten.

Benadering van minimale kosten, maar geen exacte optimalisatie

De aanpak leidt tot een benadering van de pakketten die tegen de laagst mogelijke kosten de vereiste beleidsopgave realiseren. Het resultaat is dus geen bewezen kostenoptimaal pakket zoals dat uit optimalisatiemodellen resulteert, maar zal daar wel in de buurt komen.

Samenvatting aanpak

De berekening vindt plaats in een rekentool in Excel. De berekening start met een maximaal pakket van maatregelen, gegeven een beleidsscenario dat het ontsluitingspercentage bepaalt. Het effect van dit pakket is hoger dan het te bereiken doel. Door telkens de duurste maatregel weg te laten, gaat het gezamenlijk emissie-effect omlaag richting het doel. Bij elke tussenstap bepaalt de rekentool wat effect en kosteneffectiviteit van de opties is, gegeven de toepassing van de andere opties. Ook houdt het tool bij of de toepassing van concurrerende opties gezamenlijk niet boven het geldende maximum komt. Een uitgebreidere beschrijving van interactie en concurrentie volgt hieronder.

Interactie tussen opties

Vaak hebben opties invloed op elkaars effecten en kosteneffectiviteit. Betere isolatie van een woning zal de warmtevraag verminderen, en dat verkleint het effect van bijvoorbeeld een warmtepomp in diezelfde woning. De kosten van de warmtepomp veranderen echter niet, waardoor de kosteneffectiviteit van die warmtepomp ongunstiger wordt. Dat geldt vooral voor maatregelen die *lokaal* aangrijpen, dat wil zeggen direct op een specifiek eindverbruik. Naarmate het specifieke verbruiksniveau al lager is heeft het stapelen van maatregelen steeds minder effect in absolute zin. Voor verdergaande reducties zijn daarbij vaak andere (duurdere) maatregelen nodig dan voor minder vergaande reductie, maar maatregelen zijn niet altijd met elkaar compatibel (en hun effecten dus niet optelbaar).

Bij toepassing van meer opties tegelijkertijd – nodig om verdergaande emissiereducties te bereiken – zullen dit soort interacties frequenter en sterker optreden, waardoor verder gaande reducties relatief duurder worden. De berekening houdt op een grove manier rekening met dit soort effecten. Dat heeft gevolgen voor de daadwerkelijk emissiereducties en kan ook de kosteneffectiviteit beïnvloeden

Vermindering emissie-effecten

De berekening gaat er als vuistregel van uit dat opties die betrokken zijn bij dezelfde energiefunctie in een sector – bijvoorbeeld ruimteverwarming bij koopwoningen – elkaars effect verminderen naar rato van het relatieve effect dat ze zelf hebben op het energiegebruik en emissies. Als bijvoorbeeld isolatiemaatregelen de warmtevraag met 25% verminderen, dan zal het effect van een hybride warmtepomp ook 25% lager zijn dan zonder die isolatie.

Kosten

De (investerings)kosten van opties blijven daarbij soms hetzelfde, soms ook niet. Bij bijvoorbeeld huishoudens zullen de kosten van een verwarmingstechniek meestal niet lager liggen bij vergaande isolatie. In zo'n geval wordt de kosteneffectiviteit van de afzonderlijke technieken iets slechter: de investeringen blijven hetzelfde, terwijl de effecten kleiner worden. Maar in bijvoorbeeld grotere gebouwen kan isolatie het mogelijk maken om met kleinere of minder verwarmingsinstallaties te werken. In zo'n geval hoeft de kosteneffectiviteit niet slechter te worden. De rekentool maakt het mogelijk om het effect op de kosten te differentiëren tussen 0 en 100%.

Ontsluiting van maatregelpotentieel

Tenslotte is ook de mate waarin maatregelpotentiëlen ontsloten kunnen worden afhankelijk van allerlei factoren. Afnemende marginale baten voor de eindverbruiker maken het toepassen van extra maatregelen steeds minder vanzelfsprekend, en dus zal het beleid steeds harder moeten drukken om de kostendrempel over te komen en toch extra maatregelen te bewerkstelligen. Naast kosten zijn er echter ook andere factoren die ervoor zorgen dat verdere groei van lokaal aangrijpende maatregelen niet plaatsvindt. Voor burgers spelen bijvoorbeeld gewoontes, (on-)gemak, (gepercipieerde) capaciteit, handelingsperspectief en prioritering in relatie tot andere activiteiten een belangrijke rol bij de beslissing om maatregelen (niet) toe te passen. Voor bedrijven en andere organisaties spelen dergelijke factoren ook een rol, alhoewel bij deze actoren relatief de financiële kaders vaak relatief belangrijker zijn. Ook ten aanzien van centrale verduurzaming kunnen niet-financiële overwegingen een belangrijke rol spelen in het draagvlak voor en daarmee het doorvoeren ervan.

Om het potentieel te ontsluiten kunnen verschillende typen beleidsinstrumenten worden in gezet. De mate waarin het beleid er in slaagt om bepaalde potentiëlen te ontsluiten is van invloed op de kosten die gemaakt moeten worden voor het bereiken van een bepaald doel. Indien van relatief goedkopere maatregelen een kleiner deel ontsloten kan worden, dienen immers duurdere maatregelen te worden ingezet. Daardoor kunnen ook weer nieuwe interacties ontstaan, die de kosten verder kunnen beïnvloeden.

Kostencurves

Er is een grote hoeveelheid technische, gedragsmatige en volume maatregelen om de emissies in sectoren te verminderen. Maatregelen hebben in het algemeen verschillende potentiëlen en kosten. Bijlage G beschrijft de maatregelen die in deze studie zijn geïdentificeerd, en geeft van elke maatregel de potentiëlen en kosten.

Wanneer deze maatregelen worden gerangschikt op hun kosten – met inachtneming van de interactie - ontstaat een *specifieke* kostencurve. Specifiek, omdat de curve alleen geldt voor de gegeven set van maatregelen, met gegeven ontsluitingspercentages, die samen optellen tot het boogde doel.

De kostencurve biedt overzicht

De kostencurve biedt inzicht in de effecten van opties en de onderlinge volgorde van kosteneffectiviteit. De totale (maatschappelijke) kosten voor het behalen van een doel zijn dan een optelsom van de kosten van de individuele maatregelen, en worden gerepresenteerd door de oppervlakte onder de curve. De kostencurve kan ook bedrieglijk zijn: er gaat immers de suggestie van uit dat je door de curve af te lopen voor verschillende doelen kunt afleiden wat de kosten zijn. Vanwege de eerder genoemde interacties tussen opties is dat echter niet zo.

Bijlage C. Verschillen met IBO

Deels zelfde opties, maar wel verschillen

De huidige studie omvat deels dezelfde opties als beschreven in het Interdepartementaal BeleidsOnderzoek Energie- en klimaatbeleid 2016 (IBO). Er is wel een aantal verschillen, en dat kan tot verwarring leiden. Deze bijlage beschrijft kort en aantal belangrijke verschillen

Vershil in doel en scope

Een belangrijk verschil tussen beide studie is dat de IBO gericht was op het in beeld brengen van een representatief – maar niet compleet - overzicht van beleidsopties voor meerdere doelen uit het energie en klimaatbeleid, terwijl de huidige studie specifiek gericht is op het niet-ETS doel. Dat betekent dat de huidige studie een nauwere focus heeft - alleen ETS -, maar wel een (bijna) compleet technisch potentieel moet omvatten.

Alleen nationale kosten en momentane niet-ETS-effecten komen in beide studies voor. Een vergelijking tussen getallen uit beide studie is daardoor alleen mogelijk voor de momentane niet-ETS-effecten uit de IBO en de nationale kosten uit de IBO. De andere getallen uit de IBO – totale BKG-effecten, besparing hernieuwbaar, overheidskosten etc. - komen in de huidige studie niet voor. Ook bij de getallen die wel dezelfde betekenis hebben kunnen er verschillen zijn door diverse oorzaken: deze studie gebruikt een nieuwe baseline met andere energieprijzen, en maakt gebruik van de meest actuele inzichten.

Technische potentiëlen versus beleidsopties

De huidige studie gaat (meestal) uit van technische potentiëlen, en veronderstelt daarvoor in de beleidsvarianten verschillende ontsluitingspercentages. Maar de huidige studie veronderstelt meestal geen concreet beleidsinstrument. Dat was bij de IBO andersom: daar was het uitgangspunt meestal een concreet beleidsinstrument, dat een specifiek potentieel of een combinatie van potentiëlen ontsloot. Veel opties en maatregelen uit beide studies zijn daardoor niet onderling vergelijkbaar. Waar opties wel betrekking hebben op dezelfde onderliggende potentiëlen, kan het effect verschillen door verschillen in het ontsluitingspercentage.

NEV 2016 versus NEV 2015

De huidige studie maakt gebruik van de NEV 2016 baseline en de IBO van de NEV 2015. De opeenvolgende NEVs verschillen in beleid, economische groei, energieprijzen, CO₂-prijzen etc., waardoor het potentieel van opties en de kosteneffectiviteit er van anders uit kan vallen.

Interacties binnen de pakketten

De huidige studie houdt rekening met interacties tussen opties als ze in combinatie worden toegepast.

Nieuwe inzichten

Tot slot kunnen er voor specifieke opties of maatregelen nieuw inzichten zijn. Een voorbeeld is de maatregel zuinige banden. Op basis van de meest recente inzichten lijkt het besparingspotentieel daarvan kleiner dan in de IBO is verondersteld.

Bijlage D. Verschillen met de 2014 impact studie

Overzicht

In 2014 hebben ECN en PBL een vergelijkbare analyse gemaakt over de impact van Europese doelen. De toenmalige studie was breder dan de huidige, en keek ook naar doelen op energiegebruik en hernieuwbaar, en verschillende combinaties van doelen. Voor die resultaten die wel vergelijkbaar zijn – de kosten van verschillende niet-ETS doelen – laat deze bijlage de verschillen en de achterliggende factoren zien.

Vergelijkbaarheid alleen op momentane emissies in 2030

Een vergelijking van de resultaten is alleen goed mogelijk voor de momentane emissies in 2030. Evenals nu was indertijd een reductiepercentage voor 2030 het uitgangspunt. Maar de toenmalige aannames over de manier waarop dat percentage en het bijbehorende momentane 2030 plafond zouden lieden tot een cumulatieve emissieruimte voor 2021-2030 verschillen sterk van de huidige voorstellen. Daardoor leidt hetzelfde reductiepercentage in de huidige voorstellen tot een kleinere cumulatieve emissieruimte, en is de verhouding tussen cumulatieve en momentane emissies anders.

Om die reden zijn de reductiepercentages en de cumulatieve emissieruimte in de beide studies niet goed te vergelijken, en blijft alleen het momentane emissieniveau in 2030 over als een goede basis voor de vergelijking.

Emissieniveaus en kosten 2030

Tabel 28 laat de verschillende emissieniveaus en de bijbehorende meerkosten ten opzichte van de baseline volgens beide studies zien.

Tabel 28: Emissieniveaus en kosten in de 2014 impact studie en de huidige studie

Emissieniveau 2030	Meerkosten, Nationale kosten t.o.v. baseline (Meuro/jaar in 2030)				
	2014	2014	2016	2016	2016
Studie					
Baseline emissies	90	90	86	86	86
Beleidsvariant	50%	75%	A	B	C
Emissieniveau					
86	-70	-100			
85			-140	-190	-200
83			30	-100	-140
82	30	0			
81			370	80	0
79			1940	340	180
77				710	430
76	1120	900		1360	750
74				2060	1140
71				6200	
69	8230	3500			
63					13070

De resultaten zijn niet een op een vergelijkbaar doordat de beide studies vaak niet exact dezelfde emissieniveaus hebben doorgerekend, en doordat de veronderstelde instrumentatiepercentages verschillen. Toch maakt de tabel duidelijk dat resultaten voor (ongeveer) gelijke emissieniveaus meestal erg dicht bij elkaar liggen. De 50% ontsluitingsvariant uit de 2014 ligt dicht bij beleidsvariant B uit de huidige studie, en de 75% uit 2014 dicht bij C uit de huidige studie. Dat de resultaten zo dicht bij elkaar liggen is niet vanzelfsprekend: de studies hebben een andere baseline en gebruiken verschillende data. Ook is de methodiek verschillend.

NEV 2014 versus NEV 2016

De NEV 2014 had een hogere emissie in 2030, en op grond daarvan ligt het voor de hand dat de kosten in de 2014 studie ook wat hoger zouden liggen. Er staat wel weer tegenover dat energieprijzen in die studie ook hoger liggen, en dat heeft juist een drukkend effect op kosten.

Beleidsontsluiting

De 2014 studie hanteerde generieke potentieelontsluitingspercentages van 50% en 75%, terwijl de huidige studie drie beleidsvarianten gebruikt met daarin per optie ingeschatte potentieelontsluitingspercentages voor licht, middelzwaar en zwaar beleid. Dat maakt een op een vergelijking per optie lastig, maar over de hele linie lijkt middelzwaar gemiddeld wel in de buurt van de 50% te zitten, en zwaar in de buurt van de 75%.

Bijlage E. Kosten en potentieel van emissiereductie maatregelen

In deze bijlage is een overzicht gegeven van de in dit rapport beschouwde opties voor emissiereductie in de niet-ETS-sectoren en bij Landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (LULUCF). Het betreft technische potentiëlen voor emissiereductie in de niet-ETS voor het jaar 2030; de cumulatieve emissiereductie voor de periode 2021-2030 in de niet-ETS, en de kosteneffectiviteit voor emissiereductie van niet-ETS-emissies. Ook zijn 'ontsluitingspercentages' gegeven voor drie in dit rapport beschouwde denkbare beleidsvarianten. De ontsluitingspercentages bij de beleidsvarianten (A, B, C) geven de mate waarin het technisch potentieel wordt ontsloten. De beleidsvarianten zijn zo geconstrueerd dat ze een indruk geven van welk deel van het potentieel ontsloten zou kunnen worden met beperkte intensivering van huidig beleid (variant A), een verdergaande intensivering (variant B) en een nog verdergaande intensivering (variant C).

Baseline

Alle potentiëlen en ontsluitingspercentages zijn additioneel ten opzichte van de NEV 2016, variant met voorgenomen beleid. Een overzicht van de beleidsmaatregelen die daarin zitten is te downloaden op:

https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bs/NEV2016/Overzicht_beleidsvarianten_NEV_2016.xlsx

Kosteneffectiviteit alleen op niet-ETS emissiereductie

De kosteneffectiviteit betreft de nationale kosten gedeeld door de emissiereductie in de niet-ETS-sectoren, en geeft daarmee een beeld van hoe kosteneffectief de maatregel is om niet-ETS emissies te reduceren. Sommige maatregelen hebben ook effecten op emissies in het ETS. Kosteneffectiviteit wordt doorgaans beschouwd ten opzicht van de totale emissiereductie (niet-ETS en ETS samen). Daar kan soms een groot verschil tussen zitten, vooral bij opties waarbij een emissiereductie in de niet-ETS ten dele wordt gecompenseerd door een emissietoename in de ETS, zoals bij het stimuleren van elektrische auto's. De totale kosteneffectiviteit is in dat geval ongunstiger dan de kosteneffectiviteit voor emissiereductie in de niet-ETS.

Variatie: Potentiëlen niet uniform

De hier gepresenteerde kosteneffectiviteiten zijn representatieve gemiddelden. Binnen de afzonderlijke potentiëlen kan nog een aanzienlijk variatie zijn. Afhankelijk van bijvoorbeeld woningkarakteristieken en gedrag van bewoners kan de kosteneffectiviteit van een specifieke optie als spouwmuurisolatie op de ene plaats veel gunstiger zijn dan op de andere. Die variabiliteit is hier dus niet zichtbaar.

Onzekerheden

De onzekerheid in de emissie-effecten en kosteneffectiviteit is groter dan de precisie van de hier gepresenteerde cijfers doet vermoeden. Emissie-effecten hebben doorgaans een waarschijnlijke onzekerheid van orde 10%. De kosteneffectiviteit wordt o.a. sterk beïnvloed door de veronderstelde prijzen van energie, die hier zijn overgenomen uit de NEV2016. Andere veronderstellingen zullen leiden tot een andere ordening van maatregelen in termen van kosteneffectiviteit.

Momentane en cumulatieve emissiereductie

De tabellen laten zowel de momentane als de cumulatieve emissiereductie zien. De verhouding tussen beide hangt af van het ingroeitraject en het startjaar. Voor de meeste opties is het uitgangspunt een lineair ingroeitraject dat start in 2021. In dat geval is de verhouding tussen de cumulatieve en momentane reductie 5,5. Andere gevallen komen ook voor: een optie kan ook vanaf het moment dat beleid er op inzet al meteen (bijna) het maximale effect hebben, zoals bij verandering van de maximumsnelheid.

Huishoudens

Overzichtstabel technische emissiereductie maatregelen huishoudens

In **Tabel 29** staan alle in de berekening meegenomen technische opties voor de sector huishoudens en de bijbehorende emissiereductie en kosteneffectiviteit. Ook staat per optie een schatting van het percentage van het technisch potentieel dat bij verschillende beleidsintensiteiten gerealiseerd kan worden.

Tabel 29: Overzicht technische emissiereductieopties huishoudens

Optie	Emissiereductie niet-ETS, 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit niet-ETS (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Bestaande bouw						
Koop:						
Vloerisolatie	0,41	2,24	286	3%	20%	35%
Spouwmuurisolatie	0,48	2,64	-63	3%	20%	35%
Buitengevelisolatie	0,19	1,02	86	3%	20%	35%
Dakisolatie	1,14	6,24	553	3%	20%	35%
Enkel naar HR++ glas	0,01	0,07	133	3%	20%	35%
Dubbel naar HR++ glas	0,18	0,98	871	3%	20%	35%
Vraag gestuurde decentrale ventilatie met warmteterugwinning	1,21	6,67	641	3%	20%	35%

Optie	Emissiereductie niet-ETS, 2030 (megaton CO ₂ - eq)	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030 (megaton CO ₂ - eq)	Kosten- effectiviteit niet-ETS (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Extra ingroei warmtenetten woningen	1,13	6,23	223	20%	50%	100%
Warmtepomp	9,37	51,55	273	3%	20%	35%
Bij vervangen ketel kiezen voor Hybride WP	2,30	12,63	234	3%	20%	35%
Zonneboiler	1,60	8,82	500	3%	20%	35%
NOM-renovatie (1,5 min. koopwoningen)	7,40	40,69	498	3%	20%	35%
Bestaande bouw huur:						
Vloerisolatie	0,20	1,08	218	10%	20%	50%
Spouwmuurisolatie	0,09	0,51	-71	10%	20%	50%
Buitengevelisolatie	0,07	0,38	-40	10%	20%	50%
Dakisolatie	0,36	1,97	579	10%	20%	50%
Enkel naar HR++ glas	0,04	0,22	123	10%	20%	50%
Dubbel naar HR++ glas	0,11	0,59	811	10%	20%	50%
Vraag gestuurde decentrale ventilatie met warmteterugwinning	0,54	2,96	922	10%	20%	50%
Extra ingroei warmtenetten woningen	0,62	3,38	223	20%	50%	100%
Warmtepomp	4,05	22,29	477	10%	20%	50%
Bij vervangen ketel kiezen voor Hybride WP	1,40	7,69	234	10%	20%	50%
Zonneboiler	0,55	3,05	495	10%	20%	50%
NOM-renovatie (1 mln. huurwoningen)	3,57	19,64	518	10%	20%	50%
Nieuwbouw koop:						
Bijna Energieneutrale woning - all-electric i.p.v. gas	0,42	2,28	124	100%	100%	100%
Bijna Energieneutrale woning - warmtelevering i.p.v. gas	0,42	2,28	38	100%	100%	100%
Nieuwbouw Huur:						
Bijna Energieneutrale woning - all-electric i.p.v. gas	0,19	1,03	124	100%	100%	100%
Bijna Energieneutrale woning - warmtelevering i.p.v. gas	0,19	1,03	38	100%	100%	100%
Huishoudens overig:						
Modulerende, zelflerende kamerthermostaat, met condenserend instellen HR-ketel	0,23	1,29	198	20%	50%	70%
Actieve feedback systemen	0,06	0,35	345	20%	50%	70%
Douche warmteterugwinning	0,56	3,07	657	10%	20%	50%

Optie	Emissiereductie niet-ETS, 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit niet-ETS (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Inregelen installaties	0,56	3,07	4900	10%	20%	50%
Waterzijdig inregelen	0,49	2,70	5172	10%	20%	50%

LET OPI In verband met overlap tussen opties, kunnen maatregelen niet zonder meer opgeteld worden.

Toelichting ontsluitingspercentage huishoudens

Inleiding

In **Tabel 29** is het technisch potentieel van verschillende besparingsmaatregelen bij huishoudens weergegeven. In de praktijk zal meestal niet dit hele potentieel te realiseren zijn. Het is afhankelijk van de bereidheid van de doelgroep of maatregelen getroffen. De weergegeven potentiëlen zijn additionele potentiëlen ten opzichte van het voorgenomen beleidsscenario uit de Nationale Energie Verkenning 2016 (NEV 2016). Dat wil zeggen dat voor deze maatregelen de bereidheid van huishoudens niet zodanig is dat het hele technische potentieel wordt benut in de periode tot 2030. Er is dus extra beleid nodig om dit additionele potentieel te benutten. In **Tabel 29** is voor drie beleidsintensiteiten (A, B en C) weergegeven hoeveel procent van het technische potentieel ontsloten kan worden. In variant A gaat het om intensivering van huidig en voorgenomen beleid zoals dat in de NEV 2016 is meegenomen. In variant B gaat het om nieuw beleid, maar wel op basis van gangbare beleidsinstrumenten en scope. Variant C gaat uit van nieuwe zware instrumenten die politiek controversieel zijn en/of deelsectoren aanpakken die eerder buiten schot bleven.

Aannames ontsluitingspercentages koopsector

Het huidige beleid gericht op koopwoningen gaat uit van voorlichting, financiële ondersteuning en facilitering. De keuze voor woningeigenaren om maatregelen te treffen blijft echter vrijwillig. In variant A kan deze aanpak verder worden geïntensiveerd, maar het extra effect zal beperkt zijn. Er is uitgegaan dat hierdoor 3% van het technische potentieel wordt bereikt. In variant B wordt meer verplichtend beleid verondersteld. Dit zou kunnen in de vorm van een besparingsverplichting voor energieleveranciers of een tendersysteem voor energiebesparing. Ook hier is het bereik afhankelijk van medewerking van de woningeigenaar, maar marktpartijen zullen veel intensiever besparingsproducten aanbieden, zodat we het bereik inschatten op 20%. Bij nog verdergaande beleid gericht op woningeigenaren zelf, zoals een labelverplichting of belastingprikkel kan wellicht tot 35% van het potentieel worden ontsloten (variant C).

Aannames ontsluitingspercentages huursector

De huursector in Nederland bestaat uit een beperkt aantal partijen, voornamelijk woningcorporaties, die eenvoudiger aanspreekbaar zijn dan individuele woningeigenaren. Er is daarom verondersteld dat meer technisch potentieel met beleid kan worden ontsloten. Variant A gaat er van uit dat de huidige aanpak met convenanten wordt doorgezet naar 2020, waarbij gestreefd wordt naar gemiddeld label A in 2030. Een grove schatting is dat dit 10% van het potentieel aanspreekt. Als in variant B ook een energiebesparingsverplichting voor energieleveranciers van kracht is, dan zou dit 20% kunnen ontsluiten. Bij heel intensieve aanpak van de huursector, met veel energieneutrale renovaties, kan in variant C tot 50% worden bereikt.

Aannames ontsluitingspercentages nieuwbouw

Nieuwbouw moet vanaf 2020 Bijna Energie Neutraal (BENG) gebouwd worden. In de huidige invulling is het ook mogelijk om dit met aardgasgestookte verwarmingssystemen in te vullen. Door deze eis zodanig aan te passen dat alleen gasloze varianten mogelijk zijn, wordt 100% van het potentieel voor emissiereductie in nieuwbouw ontsloten. Deze aanname is gedaan in alle drie de varianten.

Aannames ontsluitingspercentages overig

Voor warmtenetten in bestaande bouw geldt dat overheidsbeleid nodig is om ze aantrekkelijk genoeg te maken. Dit kan door financiële ondersteuning en/of met ruimtelijke ordeningsbeleid. In de varianten is uitgegaan van een oplopend ambitieniveau van 20, 50 en 100% van het potentieel. Overigens is in dit potentieel al rekening gehouden met vele praktische beperkingen. Slimme thermostaten en feedbacksystemen zijn aantrekkelijke producten, maar nog wel redelijk kostbaar. Afhankelijk van de mate van ondersteuning is 20%, 50% en 70% ontsluiting verondersteld in variant A, B en C.

Toelichting maatregelen huishoudens

Vloerisolatie

Isoleren van vloeren zorgt voor energiebesparing en comfortverbetering. Bij de potentieelbepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. Voor het bepalen of een vloer nageïsoleerd kan worden, is gekeken naar woningen waar minder dan 90% van de vloer een RC waarde heeft van 1,3 of meer. In deze woningen is verondersteld dat alle vloeren met RC waarde van minder dan 1,3 worden nageïsoleerd met een RC-waarde van 3,65. Er is voor de kosten uitgegaan van de investeringskosten van RVO voor vloerisolatie aan de onderkant van de vloer.

Spouwmuurisolatie en Buitengevelisolatie

Veel spouwmuren in Nederland zijn ongeïsoleerd. Bij de potentieel bepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. Voor het bepalen of een spouwmuur nageïsoleerd kan worden, is gekeken naar woningen waar minder dan 90% van de muur een RC waarde heeft van 1,3 of meer. In deze woningen is verondersteld dat alle spouwmuren met RC waarde van minder dan 1,3 worden nageïsoleerd. De dikte van de spouw en RC-waarde na isolatie hangt af van het bouwjaar en de daaraan verbonden spouwmuurdikte. Spouwmuren uit bouwjaar 1930 t/m 1969 krijgen RC-waarde 1,36, 1970 t/m 1984 RC-waarde 2,11 en vanaf 1985 RC-waarde 2,86. Woningen van ruwweg voor 1930 hebben geen spouw. Bij buitenmuren zonder spouw is verondersteld dat ze worden geïsoleerd naar RC-waard 2,86. Dit komt overeen met 10 cm isolatie.

Dakisolatie

Circa 10% van de daken in Nederland is helemaal niet geïsoleerd. Verder zijn veel daken matig geïsoleerd en ook hier kan nog eenvoudig extra besparing worden gerealiseerd. Bij de potentieel bepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. Voor het bepalen of een dak nageïsoleerd kan worden, is gekeken naar woningen waar minder dan 90% van het dak een RC waarde heeft van 1,97 of meer. In deze woningen is verondersteld dat alle daken met RC -waarde van minder dan 1,97 worden nageïsoleerd met een RC-waarde van 3,47. Afhankelijk van het type dak en of de zolder verwarmd wordt is voor de investeringskosten uitgegaan plat dak, hellend dak of zoldervloerisolatie.

Enkel naar HR++ glas

Het meeste enkel glas is in Nederland vervangen door dubbel glas, maar soms is in slaapkamers nog enkel glas aanwezig. Bij de potentieel bepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. Al het enkel glas is in de schatting verondersteld vervangen te worden door HR++ glas met een U-waarde van 1,2.

Dubbel naar HR++ glas

Dubbel glas vervangen door HR++ glas levert een vergelijkbare besparing op als enkel glas vervangen door dubbel glas. Bij de potentieel bepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. Al het dubbel glas is in de schatting verondersteld vervangen te worden door HR++ glas met een U-waarde van 1,2.

Warmtepomp

Combi lucht-water warmtepompen leveren zowel warmte voor ruimteverwarming als voor warmwater. Bij de potentieel bepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. In de effectschatting is uitgegaan van vervanging van alle gasgestookte CV-ketels door combi lucht-water warmtepompen, zowel de individuele als de collectieve ketels. Omdat Warmtepompen relatief lage temperatuur leveren en moeilijk piekbelasting kunnen opvangen, worden in de praktijk dergelijke systemen gecombineerd met lage temperatuurverwarming en vergaande isolatie. In de tabel wordt de maatregel echter op zichzelf staand weergegeven. In de kostencurves wordt rekening gehouden met de combinatie van deze maatregelen.

Warmtepompboiler

Een warmtepompboiler is een speciale warmtepomp die met energie uit de buitenlucht of afgezogen ventilatielucht tapwater opwarmt. Ze vormen een alternatief voor een 'standaard' elektrische boiler en hebben dus een besparend effect op elektriciteit.

Bij vervangen ketel kiezen voor Hybride WP

In een hybride systeem wordt een warmtepomp gecombineerd met een HR-107 combiketel. Hoewel er vele verschillende configuraties mogelijk zijn, wordt in de basis de warmtepomp gebruikt voor de 'basislast' van de ruimteverwarming. De HR-ketel wordt gebruikt om piekvragen op koude momenten op te vangen en voor het maken van warmwater dat minimaal 60 graden moet zijn.

Zonneboiler

Een zonneboiler bestaat uit een zonnecollector die het zonlicht opvangt en omzet in warmte en een voorraadvat dat de warmte opslaat. Hoewel zonneboilers ook toegepast kunnen worden voor ruimteverwarming, worden ze in Nederland vrijwel altijd toegepast om warm water te produceren. Omdat warmwater altijd tot minimaal 60 graden moet kunnen worden opgewarmd, is voor minder zonnige dagen verwarming nodig. In de berekeningen zijn we er van uitgegaan dat op woningen met een eigen dak een individuele zonneboiler wordt geïnstalleerd. Deze levert een gasbesparing van circa 250 m³ aardgas per woning en kost ongeveer 3.400,- euro.

Zon PV individuele systemen

Pv panelen zetten zonlicht om in elektriciteit. Bij de potentieel bepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. Hierin is gekeken hoeveel geschikt dakoppervlak er is. Bij eengezinswoningen met een eigen dak kan gemiddeld maximaal circa 38 m² dak gebruikt worden voor zonnepanelen. Dit levert ongeveer 3300 kWh per woning op en kost ongeveer 10.000 euro aan investeringen.

Zon PV collectieve systemen

Ook op meergezinswoningen kan PV worden geïnstalleerd. Bij de potentieel bepaling is gebruik gemaakt van de WoON 2012 energiemodule. Per meergezinswoning kan gemiddeld max. 24 m² PV worden geïnstalleerd. Dit levert gemiddeld 2.200 kWh per jaar aan opbrengst op en kost ongeveer 6600 euro per woning.

Modulerende, zelflerende kamerthermostaat, met condenserend instellen HR-ketel

Een modulerende verwarmingsregeling kan de branderhoogte van de ketel op verschillende standen laten branden. Hierdoor wordt gezorgd voor een nauwkeurige temperatuurregeling, en wordt de branderactiviteit van de ketel precies aangepast aan de warmtebehoefte. Een zelflerende thermostaat past automatisch het stookpatroon in de woning aan op basis van bijvoorbeeld weeromstandigheden en de aanwezigheid van de bewoner. Een HR-ketel wint warmte terug uit waterdamp door condensatie. Dit kan alleen als de retourtemperatuur van het water laag genoeg is. Sommige slimme thermostaten kunnen de ketel automatisch instellen, zodat de ketel condenseert. In de berekeningen is verondersteld dat dergelijke slimme thermostaten 10% kunnen besparen op het gasverbruik. De kosten voor slimme thermostaten variëren sterk. In de berekeningen is uitgegaan van een consumentenprijs van 250 euro.

Actieve feedback systemen

Er is een grote variëteit aan feedback systemen die bewoners inzicht geven in hun energiegebruik.¹⁵ Er zijn websites, apps maar ook displays voor in de woning die feedback geven over het energiegebruik. Het besparende effect is sterk afhankelijk van het type en hier wordt nog volop onderzoek naar gedaan. Voor onze berekeningen zijn we uitgegaan van een besparing van 5% op het gas- en elektriciteitsverbruik van huishoudens.

Bij vervangen koelkast kiezen voor A+++

Veel elektrische apparaten worden steeds zuiniger onder meer door Europese Ecodesign richtlijnen. Vanaf 2014 mogen in Europa alleen koelkasten verkocht worden met een Energy Efficiency Index (EEI) van 42 of lager. Dit komt overeen met energielabel A+.¹⁶ Het verbruik dat hiermee gepaard gaat is afhankelijk van het type en de afmetingen van het apparaat, maar gemiddeld verbruikt een koelkast met EEI 42, 280 kWh per jaar. De verwachting is dat veel huishoudens uit zichzelf een koelkast kopen die zuiniger is dan de wettelijke eis. Hierdoor zal het gemiddelde verbruik van een koelkast in 2030 dalen naar 187 kWh/jaar. Een A+++ koelkast gebruikt gemiddeld 110 kWh/jaar en is dus 77 kWh zuiniger. Als alle ruim 10 miljoen koelkasten in 2030 op A+++ niveau worden gebracht, bespaart dit ruim 2,3 PJ aan elektriciteit. De emissie-effecten vallen onder het ETS. De meerkosten zijn naar schatting ongeveer 86 euro per apparaat ten opzichte van het gemiddelde.

Bij vervangen wasdroger kiezen voor A+++

Vanaf 2015 mogen in Europa alleen wasdrogers verkocht worden met een Energy Efficiency Index (EEI) van 76 of lager. Dit komt overeen met energielabel B.¹⁷ Het

¹⁵ Zie bijvoorbeeld de website <https://www.energieverbruiksmanagers.nl/> voor een overzicht.

¹⁶ COMMISSION REGULATION (EC) No 643/2009 of 22 July 2009, implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for household refrigerating appliances, <http://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/domestic-fridges-and-freezers/refrigerating-appliances-regulation-090723.pdf>

¹⁷ COMMISSION REGULATION (EU) No 932/2012 of 3 October 2012, implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for household tumble driers,

verbruik dat hiermee gepaard gaat is afhankelijk van het type en de afmetingen van het apparaat, maar gemiddeld verbruikt een wasdroger met EEI 76, 339 kWh per jaar. De verwachting is dat veel huishoudens uit zichzelf een wasdroger kopen die zuiniger is dan de wettelijke eis. Hierdoor zal het gemiddelde verbruik van een wasdroger in 2030 dalen naar 210 kWh/jaar. Een A+++ wasdroger gebruikt gemiddeld 89 kWh/jaar en is dus 121 kWh zuiniger. Als alle ruim 5,7 miljoen wasdrogers in 2030 op A+++ niveau worden gebracht, bespaart dit ruim 2,6 PJ aan elektriciteit. De emissie-effecten vallen onder het ETS. De meerkosten zijn naar schatting ongeveer 145 euro per apparaat ten opzichte van het gemiddelde.

Bij vervangen wasmachine kiezen voor A+++

Vanaf 2015 mogen in Europa alleen wasmachines verkocht worden met een Energy Efficiency Index (EEI) van 59 of lager. Dit komt overeen met energielabel A+. ¹⁸ Het verbruik dat hiermee gepaard gaat is afhankelijk van het type en de afmetingen van het apparaat, maar gemiddeld verbruikt een wasmachine met EEI 59, 157 kWh per jaar. De verwachting is dat veel huishoudens uit zichzelf een wasdroger kopen die zuiniger is dan de wettelijke eis. Hierdoor zal het gemiddelde verbruik van een wasdroger in 2030 dalen naar 118 kWh/jaar. Een A+++ wasmachine gebruikt gemiddeld 113 kWh/jaar en is dus 5 kWh zuiniger. Als alle ruim 8 miljoen wasmachines in 2030 op A+++ niveau worden gebracht, bespaart dit minder dan 0,2 PJ aan elektriciteit. De emissie-effecten vallen onder het ETS. De meerkosten zijn naar schatting ongeveer 79 euro per apparaat ten opzichte van het gemiddelde.

Bij vervangen vriezer kiezen voor A+++

Vanaf 2014 mogen in Europa alleen vriezers verkocht worden met een Energy Efficiency Index (EEI) van 42 of lager. Dit komt overeen met energielabel A+. ¹⁹ Het verbruik dat hiermee gepaard gaat is afhankelijk van het type en de afmetingen van het apparaat, maar gemiddeld verbruikt een vriezer met EEI 42, 220 kWh per jaar. De verwachting is dat veel huishoudens uit zichzelf een vriezer kopen die zuiniger is dan de wettelijke eis. Hierdoor zal het gemiddelde verbruik van een koelkast in 2030 dalen naar 183 kWh/jaar. Een A+++ vriezer gebruikt gemiddeld 151 kWh/jaar en is dus 32 kWh zuiniger. Als alle ruim 3,8 miljoen vriezers in 2030 op A+++ niveau worden gebracht, bespaart dit ruim 0,4 PJ aan elektriciteit. De emissie-effecten vallen onder het ETS. De meerkosten zijn naar schatting ongeveer 189 euro per apparaat ten opzichte van het gemiddelde.

Vraaggestuurde decentrale ventilatie met warmteterugwinning

Bij ventilatie treden warmteverliezen op. De koude lucht van buiten moet weer worden opgewarmd, wat energie kost. Ook gebruiken mechanische ventilatiesystemen elektriciteit. Vraagsturing maakt dat alleen geventileerd wordt als dat nodig is. Dit kan met een tijds klok maar er zijn ook meer geavanceerde systemen met sensoren die het CO₂ gehalte of relatieve vochtigheid meten. Ook kan er warmte worden teruggewonnen uit ventilatielucht waarmee inkomende lucht voorverwarmd kan worden. Dit wordt ook

<http://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/laundry-driers/household-tumble-driers-regulation-121012.pdf>

¹⁸ COMMISSION REGULATION (EU) No 1015/2010 of 10 November 2010, implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for household washing machines, <http://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/domestic-washing-machines/ecodesign-regulation-wm-10nov2010.pdf>

¹⁹ COMMISSION REGULATION (EC) No 643/2009 of 22 July 2009, implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for household refrigerating appliances, <http://www.eceee.org/static/media/uploads/site-2/ecodesign/products/domestic-fridges-and-freezers/refrigerating-appliances-regulation-090723.pdf>

wel balansventilatie genoemd. In deze optie is het besparende effect van beide besparingsmethodes gecombineerd.²⁰ Er zijn tegenwoordig systemen op de markt die relatief eenvoudig in bestaande woningen aangebracht kunnen worden. Het besparingspotentieel is bepaald aan de hand van de Energiemodule uit het WoON 2012 onderzoek. Voor woningen met natuurlijke ventilatie of met mechanische afzuiging is gekeken hoeveel vraaggestuurde ventilatie bespaart.

Gelijkstroomventilatoren

Gelijkstroomventilatoren zijn zuiniger dan wisselstroomventilatoren. Volgens MilieuCentraal is de besparing ongeveer 135 tot 275 kWh per jaar. Er zijn in 2020 nog ongeveer 2,1 miljoen woningen waar wisselstroomventilatoren kunnen worden vervangen.

Douche warmteterugwinning

Een douche warmteterugwinning gebruikt het wegstromende warme douchewater om het 'nieuwe' nog koude douchewater alvast voor te verwarmen. In de berekening is uitgegaan van circa 20% besparing op het gasverbruik voor warmwater.

Inregelen installaties

Een niet goed ingeregelde verwarmingsinstallatie zorgt vaak voor onvoldoende comfort in huis. De inregeling van een cv- of klimaatinstallatie moet goed aansluiten bij de werkelijke koude- en warmtebehoefte. Een installateur kan de cv-installatie opnieuw instellen.

Waterzijdig inregelen

Waterzijdig inregelen is het optimaliseren van de volumestromen naar radiatoren, zodat naar elke radiator op de juiste snelheid de juiste hoeveelheid water stroomt die nodig is om de ontwerptemperatuur in de ruimte te realiseren. Het waterzijdig inregelen van een installatie moet worden uitgevoerd door een installateur of adviseur.²¹ Door het installeren van thermostaatkranen en sensoren kan het verwarmingssysteem geoptimaliseerd worden. Verondersteld is dat ongeveer 3% bespaard kan worden op het gasverbruik.

Pompschakelaar vloerverwarming

In naar schatting 350 duizend woningen is elektrische vloerverwarming geïnstalleerd. Het gaat dan vrijwel altijd om een beperkt oppervlak in bijvoorbeeld de badkamer. Deze verwarming is alleen nodig op een specifieke moment. Als door goede schakelingen de gebruiksduur gehalveerd kan worden, dan bespaart dit 200 kWh per woning.

Bijna energieneutrale woning - all-electric in plaats van gas

In de Europese Richtlijn Energieprestatie van gebouwen (EPBD) is vastgelegd dat alle nieuwbouw vanaf 2020 bijna energieneutraal moet zijn. Alle lidstaten hebben zelf invulling gegeven aan de invulling van deze eis. In Nederland zijn er drie eisen bepaald waar gebouwen aan moeten voldoen. Voor woningen geldt²²:

²⁰ RVO (2014), Infoblad Ventilatiesystemen in energiezuinige nieuwbouwwoningen, <http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/10/Infoblad%20Ventilatiesystemen%202014.pdf>

²¹ <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/duurzame-gebouwen/gebouwfases/beheer-en-onderhoud/klimaatinstallaties/waterzijdig-inregelen>

²² <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/energieprestatie-beng/wettelijke-eisen>

1. De maximale energiebehoefte per vierkante meter gebruiksoppervlak per jaar mag niet meer zijn dan 25 kWh/m².jr
2. Het maximale primair fossiel energiegebruik per vierkante meter gebruiksoppervlak per jaar mag niet meer zijn dan 25 kWh/m².jr
3. Het minimale aandeel hernieuwbare energie moet 50% zijn.

Binnen deze drie randvoorwaarden zijn verschillende concepten nodig. Ook concepten op basis van aardgas, waarbij het gasgebruik gecompenseerd wordt met hernieuwbare opwekking is mogelijk. Een dergelijk concept leidt wel tot emissies buiten het ETS. Wanneer alleen concepten op basis van elektrische verwarming (warmtepompen) mogelijk zouden zijn, dan worden alle emissies verplaatst naar het ETS. Omdat warmtepompen duurder zijn dan een standaard HR- 107 ketel, zullen de investeringskosten hoger zijn, maar gedeeltelijk wordt dit gecompenseerd omdat minder zonnepanelen nodig zijn ter compensatie van de aardgasemissies.

Bijna energieneutrale woning - warmtelevering in plaats van gas

Zie beschrijving *Bijna energieneutrale woning - all-electric in plaats van gas*. Voor warmtelevering geldt ook dat dit leidt tot emissiereductie buiten het ETS. De kosten voor de aansluiting van een individuele woning op een warmtenet zijn iets hoger dan die voor een standaard HR-107 ketel.

NOM-renovatie (1 mln. huurwoningen)

"Bij een Nul op de Meter woning zijn de in- en uitgaande energiestromen voor gebouwgebonden energie (o.a. ruimteverwarming, -koeling, warm tapwater gebruik) en het gebruik van huishoudelijke apparatuur op jaarbasis per saldo nul, onder standaard klimaatcondities zoals die gelden in Nederland en bij gemiddeld gebruik van de woning, zoals vastgelegd in de ontwerpuitgangspunten en onderbouwd door Nederlandse normen." ²³ De netto reductie per woning is dus gelijk aan het totale gasverbruik en elektriciteitsverbruik per jaar. In het Stroomversnellingsprogramma waarin op grote schaal woningen gerenoveerd moeten worden naar NOM-niveau, wordt uitgegaan van een kostendaling naar 45.000 euro per jaar per woning. Er is nog veel infrastructuur en capaciteit in de bouw nodig om op grote schaal woningen te renoveren. Vanwege deze beperking zijn we uitgegaan van maximaal 1 miljoen nom-renovaties in de huursector t/m 2030 extra bovenop de afgesproken 111.000 renovaties die al in de NEV zijn meegenomen.

NOM-renovatie (1,5 mln. koopwoningen)

Zie beschrijving NOM-renovatie (1 mln. huurwoningen). Omdat koopwoningen gemiddeld groter zijn dan huurwoningen en minder projectmatig gewerkt kan worden, is verondersteld dat de investeringen voor koopwoningen 60.000 euro per woning bedragen. De besparing per woning is ook groter. Vanwege de beperkingen in capaciteit gaan we uit van maximaal 1,5 miljoen NOM-renovaties tot en met 2030.

²³ <http://www.energieling.nl/document/definities-nul-op-meter/>

Dienstensector

Overzichtstabel technische emissiereductie maatregelen dienstensector

In Tabel 30 staan alle in de berekening meegenomen technische opties voor de dienstensector en de bijbehorende emissiereductie en kosteneffectiviteit. Ook staat per optie een schatting van het percentage van het technisch potentieel dat bij verschillende beleidsintensiteiten gerealiseerd kan worden.

Tabel 30: Overzicht technische emissiereductieopties dienstensector

Optie	Emissiereductie niet-ETS, 2030	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030	Kosten-effectiviteit niet-ETS	Ontsluitingspercentages		
	(megaton CO ₂ -eq)	(megaton CO ₂ -eq)	(euro/ton)	A	B	C
Dienstensector vallend onder Wet Milieubeheer:						
Energieverbruik registratie en ondernemen acties	0,04	0,24	-813	75%	75%	75%
Controleren of binnen- en buitenvoelers op een representatieve plek zijn geïnstalleerd	0,10	0,55	-96	75%	75%	75%
Gebruikstijden instellen	0,03	0,16	-422	75%	75%	75%
Optimaliserende regeling	0,04	0,21	-119	75%	75%	75%
Waterzijdig inregelen	0,04	0,19	-92	75%	75%	75%
Weerafhankelijke regeling	0,03	0,16	-149	75%	75%	75%
Spouwmuurisolatie	0,17	0,94	122	75%	75%	75%
Enkel naar HR++ glas	0,19	1,03	807	0%	75%	75%
Balansventilatie met warmteterugwinning	0,47	2,56	32	0%	0%	30%
Vloerisolatie	0,02	0,13	7609	3%	20%	35%
Buitengevelisolatie	0,38	2,09	4770	3%	20%	35%
Dakisolatie	0,20	1,11	231	0%	75%	75%
Dubbel naar HR++ glas	0,12	0,66	1904	3%	20%	35%
Vraaggestuurde ventilatie o.b.v. CO ₂	0,01	0,07	1110	0%	0%	30%

Optie	Emissiereductie niet-ETS, 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit niet-ETS (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Extra ingroei warmtenetten Ubouw	0,56	3,07	176	20%	50%	100%
WP lucht-water groot (10-70 kW)	1,97	10,83	44	3%	20%	35%
Zonneboiler	0,02	0,13	346	3%	20%	35%
Warmte koude opslag	1,92	10,57	242	3%	20%	35%
Dienstensector niet vallend onder Wet Milieubeheer:						
Energieverbruik registratie en ondernemen acties	0,05	0,27	-420	75%	75%	75%
Controleren of binnen- en buitenvoelers op een representatieve plek zijn geïnstalleerd	0,04	0,23	-89	75%	75%	75%
Gebruikstijden instellen	0,05	0,26	-264	75%	75%	75%
Optimaliserende regeling	0,04	0,23	-114	75%	75%	75%
Waterzijdig inregelen	0,04	0,23	-89	75%	75%	75%
Weerafhankelijke regeling	0,04	0,23	-146	75%	75%	75%
Spouwmuurisolatie	0,08	0,47	123	0%	75%	75%
Enkel naar HR++ glas	0,14	0,77	790	0%	75%	75%
Balansventilatie met warmteterugwinning	0,16	0,89	36	0%	0%	30%
Vloerisolatie	0,01	0,07	7461	3%	20%	35%
Buitengevelisolatie	0,17	0,92	4630	3%	20%	35%
Dakisolatie	0,06	0,32	228	0%	75%	75%
Dubbel naar HR++ glas	0,06	0,31	1846	3%	20%	35%
Vraaggestuurde ventilatie o.b.v. CO ₂	0,00	0,03	871	0%	0%	30%
Extra ingroei warmtenetten Ubouw	0,18	0,96	176	20%	50%	100%
WP lucht-water groot (10-70 kW)	0,77	4,24	44	3%	20%	35%
Zonneboiler	0,00	0,00	346	3%	20%	35%
Warmte koude opslag	0,38	2,09	239	3%	20%	35%
Nieuwbouw Dienstensector						
Bijna Energieneutrale Gebouwen- all-electric	0,51	2,78	89	100%	100%	100%

Optie	Emissiereductie niet-ETS, 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit niet-ETS (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Bijna Energieneutrale Gebouwen - warmtelevering	0,51	2,78	252	100%	100%	100%

LET OP! In verband met overlap tussen opties, kunnen maatregelen niet zonder meer opgeteld worden.

Toelichting ontsluitingspercentage dienstensector

Aannames ontsluitingspercentage bestaande gebouwen in dienstensector

Het huidige beleid gericht op de dienstensector is voornamelijk gebaseerd op het handhaven van de 5 jaar terugverdiensperiode uit de Wet Milieubeheer. De ontsluitingspercentages in variant A in Tabel 30 zijn gebaseerd op het verder uitbreiden van deze eisen. Dit kan betekenen dat ofwel bedrijven die nu niet onder de eis vallen, omdat hun verbruik onder de verbruiksgrenzen valt alsnog onder de eis worden gebracht, of wel dat de TVT-eisen verruimd worden naar een ruimere terugverdiensperiode dan 5 jaar. Voor de meest technische potentiële geldt dan dat ze op die wijze te ontsluiten zijn. Wel is verondersteld dat er een bepaald uitvalpercentage is zodat maximaal 75% van het potentieel te bereiken is. In variant B is het uitgangspunt niet alleen kantoren maar alle gebouwen in de dienstensector verplicht label C niveau moeten hebben in 2030 en in variant C minimaal label A niveau.

Aannames ontsluitingspercentages nieuwbouw

Nieuwbouw moet vanaf 2020 Bijna Energie Neutraal (BENG) gebouwd worden. In de huidige invulling is het ook mogelijk om dit met aardgasgestookte verwarmingssystemen in te vullen. Door deze eis zodanig aan te passen dat alleen gasloze varianten mogelijk zijn, wordt 100% van het potentieel voor emissiereductie in nieuwbouw ontsloten. Deze aanname is gedaan in alle drie de varianten.

Toelichting maatregelen Dienstensector

Gebruikstijden instellen

Door het instellen van de klimaatregeling kan worden voorkomen dat buiten gebruikstijd gekoeld, verwarmd of geventileerd wordt. Ook wordt voorkomen dat gelijktijdig gekoeld en verwarmd wordt. De besparing is 5% op het gasverbruik en 2% op het elektriciteitsverbruik.

Energieverbruik registratie en ondernemen acties

Door het energiegebruik te monitoren kunnen mogelijkheden voor energiebesparing worden gevonden. Zo wordt bijvoorbeeld duidelijk dat er ook buiten bedrijfstijd energiegebruik is dat kan worden voorkomen door tijdschakelaars toe te passen. Deze maatregel is aanvullend aan de maatregel gebruikstijden instellen en richt zich ook op verlichting en apparaten. De besparing is 5% van het gas- en elektriciteitsverbruik.

Controleren of binnen- en buitenvoelers op een representatieve plek zijn geïnstalleerd

Temperatuursensoren zijn een belangrijk onderdeel van een klimaatinstallatie. Wanneer deze zich op een verkeerde plaats bevinden kan de installatie niet effectief reageren op veranderingen. Vaak hangen temperatuurvoelers in eerste instantie goed. Maar bij interne verschuiving, functieverandering of verbouwing worden ze regelmatig vergeten. Het gevolg is dat het gebouw niet energie-efficiënt verwarmd, gekoeld en/of

geventileerd wordt. Deze maatregel bepaalt als regelfactor het rendement van de CV-ketel.

Optimaliserende regeling

Een optimaliserende regeling regelt de opstarttijd van de cv-installatie automatisch. Een dergelijke regeling zorgt ervoor dat het opwarmen van een gebouw (vanuit nachtbedrijf naar dagbedrijf) zo kort mogelijk duurt. Op basis van verschillende parameters bepaalt een optimaliserende regeling hoeveel tijd de cv-installatie nodig heeft om het gebouw te verwarmen. Hierdoor is het gebouw op een gewenst tijdstip op de gewenste temperatuur zonder dat de installatie onnodig veel energie verbruikt. De regeling zorgt er voor dat de klimaatinstallatie vroeger begint met opwarmen als het buiten kouder is. Deze maatregel bepaalt als regelfactor het rendement van de CV-ketel.

Vrije koeling toepassen

In plaats van elektrische koeling met airconditioners kan ook gebruik gemaakt worden van vrije koeling. Het gebouw wordt dan gekoeld met koude buitenlucht. Dat kan zodra de temperatuur onder de 16 °C graden Celsius komt, bijvoorbeeld tijdens een zomernacht.

Waterzijdig inregelen

Waterzijdig inregelen is het optimaliseren van de volumestromen naar radiatoren, zodat naar elke radiator op de juiste snelheid de juiste hoeveelheid water stroomt die nodig is om de ontwerptemperatuur in de ruimte te realiseren. Het waterzijdig inregelen van een installatie moet worden uitgevoerd door een installateur of adviseur.²⁴ Bij installaties die niet goed waterzijdig zijn ingeregeld, treedt geen goede warmteverdeling en warmteafgifte op. Dit levert comfortklachten op, maar ook energieverlies bijvoorbeeld door een te hoge retourtemperatuur. Deze maatregel bepaalt als regelfactor het rendement van de CV-ketel.

Weersafhankelijke regeling

Een stooklijn legt de relatie vast tussen de buitentemperatuur en de temperatuur van het ketelwater. Een weersafhankelijke regeling past de temperatuur van het CV water aan de buitentemperatuur. Deze maatregel bepaalt als regelfactor het rendement van de CV-ketel

Aanwezigheidsdetectie

Bij aanwezigheidsdetectie schakelt het kunstlicht aan bij binnenkomst van de gebruiker en weer uit bij het verlaten van de ruimte. Toepassing van aanwezigheidsdetectie kan het elektriciteitsverbruik reduceren met 10 tot 30 procent.²⁵

Daglichtafhankelijke regeling

Met een daglichtafhankelijke regeling schakelt de lamp automatisch uit als er voldoende daglicht aanwezig is.

De regeling vindt plaats per armatuur. Ieder armatuur moet worden voorzien van een dimbaar hoogfrequent elektronisch voorschakelapparaat en een daglichtsensor.²⁶

LED verlichting

Oude TL verlichting (T8) in utiliteitsgebouwen kan vervangen worden door energie-efficiënte TL verlichting (T5) maar ook door LED verlichting. De LED verlichting is ook in de vorm van een TL buis te koop zodat deze ook kan worden toegepast in bestaande armaturen.

²⁴ <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/duurzame-gebouwen/gebouwfases/beheer-en-onderhoud/klimaatinstallaties/waterzijdig-inregelen>

²⁵ AgentschapNL, Slim licht werkt beter in kantoorgebouwen, Snel en eenvoudig kosten besparen met energiezuinige verlichting, <http://www.rvo.nl/file/1476>

²⁶ <https://www.uneto-vni.nl/consumenten/verlichting/ho-regelt-u-het-licht/ho-regelt-u-het-licht-uneto-vni>

Veegpulsschakeling

Met een veegschakeling wordt op een bepaald tijdstip de gehele verlichting uitgeschakeld in een gebouw, zodat het licht niet onnodig 's avonds en 's nachts aan blijft staan. De besparing ligt tussen de 10 en 25% op elektriciteitsverbruik voor verlichting.²⁷

Spouwmuurisolatie

Door een spouwmuur vol te spuiten met glaswolvlaken of polystyreen parels wordt de gevel geïsoleerd. Alleen gebouwen gebouwd voor 1975 hebben oorspronkelijk een spouwmuur zonder isolatie. Heel oude gebouwen, gebouwd voor 1920 hebben een enkel steens muur en kennen geen spouw. Spouwmuurisolatie gebeurt ook autonoom in het kader van renovatie en staat op de erkende maatregelenlijst van de Wet Milieubeheer.

Enkel naar HR++ glas

Bij HR++ glas is de spouw tussen de 2 lagen dubbel glas gevuld met een isolerend edelgas. Hoe goed glas isoleert hangt af van de zogenaamde U-waarde (uitgedrukt in Watt per m² Kelvin). Het getal geeft aan hoe groot de warmtestroom door een constructie is. Hoe lager de U-waarde, hoe beter het glas isoleert. Bij het vervangen van enkel door HR++ glas verbetert de U-waarde van 5,6 naar 1,8.

Dubbel naar HR++ glas

Bij HR++ glas is de spouw tussen de 2 lagen dubbel glas gevuld met een isolerend edelgas. Hoe goed glas isoleert hangt af van de zogenaamde U-waarde (uitgedrukt in Watt per m² Kelvin). Het getal geeft aan hoe groot de warmtestroom door een constructie is. Hoe lager de U-waarde, hoe beter het glas isoleert. Bij het vervangen van enkel door HR++ glas verbetert de U-waarde van 2,8 naar 1,8 HR++glas isoleert 50% beter dan dubbel glas.

Balansventilatie met warmteterugwinning

Bij een gebouw dat zowel mechanische toevoer als mechanische afvoer van lucht heeft, kan de uitgaande warme lucht gebruikt worden om de koude inkomende lucht op te warmen. Dat kan met een warmte terugwinningseenheid waarin een warmtewisselaar is geplaatst.

WP lucht-water groot (10-70 kW)

Een warmtepomp met buitenlucht als bron heeft een SPF van 2,6. We gaan uit van een bivalent systeem, dat wil zeggen dat een gasgestookte ketel blijft staan als back up. De warmtepomp kan, uitgaande van 20% van het vermogen, 60% van de warmtevraag dekken, De besparing is afhankelijk van de bedrijfstijd van het gebouwtype.

Vloerisolatie

Vloerisolatie van de begane grond vloer kan de warmtevraag van een gebouw reduceren. Gebouwen met een bouwjaar voor 1975 zijn oorspronkelijk zonder isolatie opgeleverd. We gaan uit van na-isolatie van 10 cm dik met een Rc van 3,5.

Buitengevelisolatie

Buitengevelisolatie kan de warmtevraag van een gebouw reduceren. Gebouwen met een bouwjaar voor 1975 zijn oorspronkelijk zonder isolatie opgeleverd. We gaan uit van na-isolatie van 10 cm dik met een Rc van 3,5.

²⁷ <http://www.ecwf.nl/kennisbank/veegschakeling>

Dakisolatie

Dakisolatie kan de warmtevraag van een gebouw reduceren. Gebouwen met een bouwjaar voor 1975 zijn oorspronkelijk zonder isolatie opgeleverd. We gaan uit van na-isolatie van 10 cm dik met een Rc van 3,5.

Zonneboiler

In de utiliteitsbouw wordt veel tapwater gemaakt met kleine elektrische boilers. Dat is een goede keuze wanneer de tappunten erg verspreid over het gebouw zijn en de tapwatervraag beperkt is. Alleen in zorginstellingen, sportaccommodaties, horeca en hotels is er een grotere warmtevraag die normaliter met een gasgestookte ketel wordt voorzien. Op die warmtevraag kan 40% bespaard worden door een zonneboiler te installeren.

Zon PV individuele systemen

Zonnepanelen voor elektriciteitsopwekking kunnen op de daken van utiliteitsgebouwen in de dienstensector worden toegepast.

Vraaggestuurde ventilatie op basis van CO₂

Ventilatie draagt bij aan warmteverlies, de koude lucht van buiten moet weer worden opgewarmd, wat energie kost. Ook gebruiken mechanische ventilatiesystemen elektriciteit. Vraagsturing maakt dat alleen geventileerd wordt als dat nodig is. Dit kan met een tijd klok maar er zijn ook meer geavanceerde systemen met sensoren die het CO₂ gehalte in de lucht meten.

Warmte koude opslag

Een Warmte Koude Opslag (WKO) installatie wordt gebruikt voor het verwarmen en koelen van gebouwen waarbij grondwater wordt gebruikt als warmtebuffer. Met behulp van een warmtewisselaar wordt 's winters koud water en 's zomers warm water opgeslagen. Het opgeslagen koude water wordt 's zomers gebruikt voor koelen en het opgeslagen warme water 's winters voor verwarming van gebouwen. De besparing is afhankelijk van de bedrijfstijd van het gebouwtype. De besparing op koeling wordt berekend met een COP van 8 t.o.v. een COP van 4 voor een compressiekoelmachine. De besparing op aardgasverbruik is afhankelijk van de koudevraag. Een WKO systeem levert evenveel koude als warmte. Voor verwarming is een COP van 4 aangehouden.

Landbouw

Overzichtstabel technische emissiereductie maatregelen landbouw

In **Tabel 31** staan alle in de berekening meegenomen technische opties voor de landbouw en de bijbehorende emissiereductie en kosteneffectiviteit. Ook staat per optie een schatting van het percentage van het technisch potentieel dat bij verschillende beleidsintensiteiten gerealiseerd kan worden. Deze aannames bij de percentages en de maatregelen zelf worden hier toegelicht.

Tabel 31: Overzicht technische emissiereductieopties landbouw

Optie	Emissie-reductie niet-ETS, 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissie-reductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit niet-ETS (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Landbouw – Veeteelt						
warmtepomp stalverwarming	0,13	0,73	4706	5%	10%	15%
houtkachels stalverwarming	0,08	0,43	6010	15%	25%	50%
Landbouw grondgebonden						
hybride MWT	0,19	1,05	1806	10%	25%	50%
aanpassen/optimaliseren veldwerk	0,01	0,06	-202	10%	50%	100%
Extra besparing elektriciteit grondgebonden landbouw	0	0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Landbouw - Glastuinbouw niet-ETS						
LED verlichting kassen	-0,17	-0,93	295	5%	10%	50%
KaE kas	1,80	9,92	102	27%	40%	75%
biomassa WKK glastuinbouw	1,83	10,07	1197	5%	10%	25%
biomassaketel glastuinbouw	3,13	17,22	78	5%	15%	25%
geothermie kassen	1,10	6,04	6	25%	50%	75%
gas WKK vervangen door gasketels	0,86	4,71	-77	10%	20%	30%
warmtenetten kassen	0,49	2,69	44	10%	20%	50%
Landbouw Overige broeikasgassen						
Monovergisting van mest	4,63	25,47	204	20%	50%	85%
Levensduurverlenging melkvee	0,50	2,75	0	5%	40%	40%
Rantsoenaanpassingen melkvee	1,70	9,35	144	0%	20%	20%
Methaanoxidatie van mest buitenopslag	2,50	13,75	4,5	40%	60%	80%
Precisiebemesting	0,40	2,20	95	20%	50%	70%
Nitrificatieremmers	0,40	2,20	75	20%	50%	50%

LET OPI In verband met overlap tussen opties, kunnen maatregelen niet zonder meer opgeteld worden.

Toelichting ontsluitingspercentages landbouw

De ontsluitingspercentages voor maatregelen gericht op het energiegebruik in de landbouw zijn gebaseerd op verschillende aannames per deelsector. Voor de glastuinbouw, de belangrijkste energieverbruiker in de sector, zijn de percentages gebaseerd op het areaal dat door de maatregel bereikt kan worden. Voor variant A is uitgegaan van een verhoogde toepassing vergeleken met het referentiescenario, vaak gebaseerd op historische implementatiegraden die nu niet meer gehaald worden, door bv een lager areaal nieuwbouw per jaar. Naast het investeringsklimaat voor de tuinder, kan de overheid verder stimulerende acties ondernemen om bestaande trends te versnellen. Variant B bouwt hierop voort. Variant C betreft zwaar verplichtende ondersteuning vanuit het beleid. Voor de veeteelt zijn de ontsluitingspercentages gebaseerd op het aantal bedrijven dat bereikt kan worden, rekening houdend met het feit dat niet elk bedrijf technisch geschikt is om de maatregel in te voeren. Voor de grondgebonden landbouw, voornamelijk akkerbouw, zijn de percentages afgeleid van het energieverbruik van de betrokken activiteiten, zoals afgeleid door LEI in de studie "Energie neutrale landbouw 2025" (2015). Veeteelt en grondgebonden landbouw vallen volledig onder het niet-ETS, voor de glastuinbouw is er uitgegaan van een verdeling van de effecten en kosten van 7,5% onder ETS en 92,5 % onder niet-ETS.

De ontsluitingspercentages voor maatregelen gericht op overige broeikasgassen zijn ruwe inschattingen van wat met voorlichting, convenanten, subsidiemaatregelen en of verplichtingen zou kunnen worden gerealiseerd. In beleidsvariant A kan gedacht worden aan voorlichting, convenanten en subsidies met relatief beperkt budget, in beleidsvariant B en C en in geval van verdergaande ontsluitingspercentages kan gedacht worden aan forsere subsidies en/of verplichtingen. Er is rekening gehouden met bedrijfsomstandigheden zoals beschikbare ruimte bij bedrijven om vergistingsinstallaties te plaatsen of buitenopslagen voor mest te realiseren.

Toelichting maatregelen landbouw

Warmtepomp stalverwarming

Warmtepompen kunnen toegepast worden op die veehouderbedrijven die een vrij constante warmtevraag hebben. Te denken valt hierbij aan bedrijven met jongvee. De optie gaat er van uit dat alle fossiele en biomassagestookte verwarmingssystemen vervangen worden door een warmtepomp. Omdat dit een nieuwe techniek is in deze sector en omdat niet alle gebouwen geschikt gemaakt kunnen worden voor toepassing, is het ontsluitingspotentieel beperkt.

Houtkachels stalverwarming

Hout- of biomassa gestookte kachels en verwarmingsketels komen al voor in de veeteeltsector. De optie gaat er van uit dat de bestaande gasgestookte kachels worden vervangen door biomassa gestookte. Toch zijn niet alle stallen geschikt voor biomassastook, of ze hebben onvoldoende warmtevraag. Ook spelen emissie-eisen met betrekking tot luchtverontreiniging een rol (ActiviteitenBesluit)

Hybride MWT

In de studie "Energie neutrale landbouw 2025" is door LEI en Probos ingeschat dat de toepassing van hybride bosbouw machines 17,5% op het brandstofverbruik kan

besparen. Dit besparingspercentage is toegepast op de volledige inzet van mobiele werktuigen in de landbouw. Voor de inschatting van het effect is ervan uitgegaan dat 3000 tractoren – als representatief voor de sector – per jaar vervangen kunnen worden. Maar niet alle landbouwvoertuigen zijn geschikt voor een hybride versie, vandaar dat een maximum van 50% is aangehouden waarop de besparing mogelijk is.

Aanpassen/optimaliseren veldwerk

Deze optie betreft optimalisatie van planning en rijpatronen bij veldwerk in de grondgebonden landbouw, voornamelijk de akkerbouw. Dit kan gebeuren met de bestaande mobiele werktuigen en tractoren. Als zodanig zijn er geen kosten verbonden aan deze optie. Het effect wordt geschat op 1% besparing op het brandstofverbruik.

Extra besparing elektriciteit grondgebonden landbouw

Dit betreft een combinatie van allerlei elektriciteitsbesparende toepassing in de grondgebonden landbouw. Te denken valt aan efficiëntere aandrijfmotoren voor ventilatoren, pompen, maar ook aan intelligente regelsystemen voor verlichting, koeling, etc. Het effect van deze maatregel is door LEI begroot op 0,25 PJ elektriciteit (Energie neutrale landbouw 2025). Het emissiereductie-effect valt echter in de ETS sectoren.

LED verlichting kassen (niet-ETS en ETS)

Verlichting in kassen is de grootste elektriciteitsverbruiker in de glastuinbouw. Door verdere intensivering van de teelten, zowel in volumes als in teeltseizoenlengte, neemt deze vraag alleen maar toe. Hoewel LED reeds bestaat is de toepassing ervan in de glastuinbouw nog volop in ontwikkeling. Effecten op plantontwikkeling en opbrengst worden in demonstratieprojecten bestudeerd. De verwachting is dat steeds meer soorten teelt van LED gebruik kunnen gaan maken. Voor de opties is er van uitgegaan dat in 2030 1500 hectare gebruik maakt van LED verlichting, met 1900 branduren per jaar. Vergeleken met de standaardverlichting kan LED een besparing van 60% realiseren. Volgens de Kwalitatieve Informatie voor de Glastuinbouw (KWIN, ed. 23) is de kostprijs van LED vergelijkbaar met die van assimilatiebelichting. Verder is rekening gehouden met de gederfde warmteproductie door assimilatiebelichting bij vervanging door LED, door uit te gaan van een opslag op het gasverbruik van 4%. Omdat de techniek toch relatief nieuw en onbekend is, en er uitgegaan wordt van installatie bij natuurlijke momenten, is het maximale ontsluitingspercentage op 50% gezet.

Kas als Energiebron (niet-ETS en ETS)

Een van de ambities van het programma Kas als Energiebron (KaE) is om tegen 2020 kastypes op de markt te hebben die 50% minder energie gebruiken dan de huidige types. Conform de NEV2016 wordt hier ook uitgegaan van de helft van de areaalvernieuwing van 100 ha per jaar tegen 2020 en volledig daarna. Dit is de grootte van de ombouw bij natuurlijke momenten. In variant A gebeurt de ombouw ook bij niet-natuurlijke momenten, a rato van bijkomend 150 ha/jaar na 2020. In variant B is dit 200 ha per jaar en in variant C is driekwart van het areaal omgebouwd naar dit energiezuinige type kas. Voor de kosten is uit KWIN geput met extra kosten voor energieschermen, speciaal glas, be- en ontvochtigingssystemen en regelsystemen. Deze optie heeft ook effect op de volgende opties die een technologiewisseling voor de warmtevoorziening beschrijven.

Biomassa WKK glastuinbouw (niet-ETS en ETS)

In de glastuinbouw wordt volop gebruik gemaakt van (voornamelijk gasgestookte) warmtekrachtkoppeling (WKK) om te voorzien in eigen stroom, warmte en CO₂-aanbod. Er zijn ook al, op beperkte schaal, biomassagestookte WKK's in gebruik. Deze optie gaat er van uit dat een deel van de gasgestookte WKK tegen 2030 vervangen is door biomassagestookte. Bij de berekening is rekening gehouden met een andere verdeling van stroom- en warmteopbrengst van een biomassa-installatie vergeleken met een gasgestookte WKK. Omdat een biomassagestookte WKK vrij complex is, meer eisen stelt aan de tuinder om die in gebruik te hebben en dat lokale biomassastromen niet overal voldoende beschikbaar zijn, is er vanuit gegaan dat maximaal 25% van de 1800 MW_e vervangen kan worden.

Gas WKK vervangen door gasketels (niet-ETS en ETS)

Vanuit sectoroogpunt voor de niet-ETS emissies is het gunstiger om warmte op te wekken met een zo hoog mogelijk rendement. Indien dit via de fossiele route zou gebeuren, zou dit betekenen dat gasgestookte WKK vervangen wordt door gasketels. Dit leidt tot een reductie van de gasvraag in de sector, maar tot een toename van de vraag naar elektriciteit vanuit het net. Dit laatste zorgt dus voor een verschuiving van emissies van de niet-ETS sectoren naar de ETS sectoren.

Biomassaketel glastuinbouw (niet-ETS en ETS)

Warmte in de glastuinbouw kan ook opgewekt worden met biomassaketels in plaats van met gasgestookte ketels en WKK. Complexere bedrijfsvoering, beschikbaarheid van (betaalbare) biomassa, eisen rond emissies en de mogelijkheid om CO₂ te produceren die zuiver genoeg is voor plantbemesting drukken op de ontsluitingsgraad. Er wordt ingeschat dat maximaal 25% van het areaal over kan schakelen op biomassaketels.

Warmtenetten kassen (niet-ETS en ETS)

Warmte voor kassen wordt reeds deels door externe bronnen geleverd. Ook nemen de plannen voor uitkoppeling van warmte, van met name afvalverbrandingsinstallaties, toe. Er wordt vanuit gegaan dat tegen 2030 2500 ha extra aangesloten wordt op warmtenetten gevoed door afvalverbrandingsinstallaties. De geleverde warmte verdringt lokaal geproduceerde warmte door middel van gasketels. Voor de afvalverbrandingsinstallaties geldt dat door de extra uitgekoppelde warmte, hun elektriciteitsproductie afneemt. Die moet opgevangen worden door andere eenheden. De kosten van de optie voor de landbouwsector bestaan uit aanlegkosten leidingen en meet- en regelsysteemkosten. Er wordt vanuit gegaan dat de warmteverdeelsystemen in de kassen niet te hoeven worden aangepast. Ook voor de externe CO₂-levering wordt verondersteld dat bestaande systemen volstaan.

Geothermie kassen (niet-ETS en ETS)

Bovenop de uitrol in de NEV2016, wordt er nog een potentieel van 20 PJ aan warmte uit geothermie voorzien. Dit is ongeveer een kwart van de warmtevraag. Voor deze optie wordt er vanuit gegaan dat deze warmte die van gasketels vervangt. Er vindt geen vervanging van WKK plaats. Bedrijven met WKK hebben die om meer dan enkel warmteproductie in gebruik. Deze optie leidt wel tot meer stroomverbruik voor de pompen van de geothermiebron. De kosten van deze optie komen uit de SDE+ studie waarin de basisbedragen voor hernieuwbare technieken worden bepaald.

Monovergisting van mest

Door drijfmest van varkens en rundvee niet (of maximaal enkele dagen) in de

mestkelder onder de stal op te slaan, maar direct te vergisten kan de methaanemissie vanuit de mestopslag grotendeels vermeden worden. Verder kan het methaan dat ontstaat bij de vergisting als hernieuwbare energiedrager ingezet worden voor de opwekking van energie, waarmee de inzet van fossiele energiedragers (en dus de daarmee gepaard gaande CO₂-emissie) vermeden kan worden. Vooral grotere melkvee- en varkensbedrijven kunnen een monovergistingsinstallatie neerzetten. De grotere bedrijven produceren nu circa 40% van de drijfmest (melkveebedrijven circa 35% en varkensbedrijven circa 60%) en door schaalvergroting zal dit toe kunnen nemen. De emissiereductie is voor circa tweederde een gevolg van vermeden emissies van methaan uit mestopslagen, en circa eenderde door vervanging van aardgas door het geproduceerde groen gas. De totale kosteneffectiviteit (niet-ETS en ETS samen) bedraagt circa 185 Euro/ton CO₂ eq. De verschillen tussen rundvee- en varkensmest zijn daarbij vrij groot, namelijk respectievelijk circa 240 en 90 Euro per ton CO₂.

Levensduurverlenging melkvee

Deze optie betreft verdere levensduurverlenging melkvee door het bevorderen van de gezondheid en het welzijn van koeien. Als melkkoeien in 2030 gemiddeld een jaar langer (gezond) leven dan verondersteld in de NEV2016, hoeft relatief minder jongvee te worden aangehouden bij dezelfde melkproductie. Dit extra jaar komt bovenop het extra jaar levensduur in 2030 ten opzichte van 2013, dat al in de NEV2016 verondersteld is. Randvoorwaarde voor het daadwerkelijk kunnen aanhouden van minder jongvee is een goede vroegtijdige selectie van het jongvee met behulp van genetische technieken en het voorkomen van onvrijwillige uitval door de gezondheid van het jongvee te verbeteren. In deze optie kan ten opzichte van de raming dan in 2030 circa 13% minder jongvee aangehouden worden. Van het jongvee dat niet wordt aangehouden ten behoeve van de melkproductie wordt verondersteld dat het als kalf word afgevoerd naar de vleeskalverhouderij in Nederland. Omdat deze kalveren op relatief (veel) jongere leeftijd geslacht worden nemen de emissies van methaan en lachgas bij jongvee per saldo af.

De kosten zijn nihil tot negatief (opbrengsten). De kosten van de opfok van jongvee worden vermeden. De opbrengst van een verkochte pink of vaars wegens voor het gemiddelde melkveebedrijf niet op tegen de opfokkosten. Bovendien vraagt de opfok de nodige arbeid en ruimte. Toch is de kans dat boeren uit eigen beweging nog minder jongvee aan zullen houden bovenop de trend in het referentiebeeld klein, omdat zij het risico op onvoldoende vervangingscapaciteit te groot vinden. Het vraagt veel van het management door boeren om gezondheidsproblemen bij melkvee te voorkomen en de levensduurverlenging van melkkoeien daadwerkelijk te realiseren.

Rantsoenaanpassingen melkvee

Door in het rantsoen het aandeel snijmais met circa 10% punten te verhogen (van gemiddeld 28% naar gemiddeld 38%) ten koste van graskuil, door vervanging van een deel van het krachtvoer door vet/olie (bijvoorbeeld lijnzaad) en additieven (bv nitraat), neemt vooral de methaanuitstoot als gevolg van pensfermentatie af. Verder kan het relatief vroeg oogsten en beweiden van gras ('graslandmanagement') en relatief laat oogsten van mais hier ook aan bijdragen. Op deze wijze kan in totaal circa 25% van de uitstoot door pensfermentatie verminderd worden. Tevens is er een beperkte reductie van lachgasemissie, omdat bij vervangen van gras door mais het kunstmestgebruik kan verminderen (minder grasproductie).

Fermentatie van zetmeel (in mais) geeft per eenheid voederwaarde minder methaan dan de afbraak van de vezels in gras. Bovendien is maiszetmeel voor een deel bestendig tegen afbraak in de pens, waardoor dat deel geen methaanemissie geeft. Het later oogsten van snijmais leidt tot het verhogen van het percentage bestendig zetmeel in de mais; mogelijk kan via het veredelen van mais met relatief veel zetmeel hetzelfde bereikt worden. Vet/olie en/of speciale additieven (zoals nitraat) die een deel van het krachtvoer vervangen zijn aan een maximum gebonden (enkele procenten op totaal rantsoen) om problemen met de voervertering (en melkproductie) te voorkomen. Bij het relatief vroeg oogsten en beweiden van gras is het goed verteerbaar omdat het nog relatief weinig celwanden bevat.

De meerkosten van de rantsoenaanpassingen bedragen circa 245 miljoen Euro, waarvan mais circa 140 mln. Euro, nitraat circa 75 mln. Euro en lijnzaad circa 30 mln. Euro. Voor het vroeger oogsten en beweiden van gras en later oogsten van mais zijn geen meerkosten gerekend.

Methaanoxidatie bij buitenopslag mest

Deze optie betreft het opslaan van mest in afgesloten buitenopslagen, en het vervolgens oxideren van de vrijkomende methaan. Het methaan wordt dan omgezet in kooldioxide, wat een veel lagere broeikasgaswerking heeft dan methaan. In deze optie is dus geen sprake van methaanvorming voor biogasproductie (zoals bij mestvergisting). In plaats daarvan wordt de methaanvorming eerst met 20-30% beperkt door de mest direct op te slaan in de buitenopslag in plaats van (eerst) langdurig in de mestkelder. De buitenopslagen zijn niet alleen afgesloten (in tegenstelling tot de meer 'open' vloeren van mestkelders), maar ook is veelal sprake van een lagere temperatuur van de mest waardoor minder methaanvorming plaats vindt (vooral bij varkensmest). Omdat in de NEV2016 verondersteld is dat de capaciteit van de buitenopslag net als nu beperkt is tot circa 40% van de minimaal benodigde capaciteit, brengt volledige toepassing van deze optie ook investeringen in extra buitenopslag met zich mee. De restemissie vanuit de buitenopslag kan vervolgens met 70% worden verminderd via nabehandeling: het toepassen van methaanoxidatie bij mest in de buitenopslag. Daarbij wordt methaan in lage concentraties vanuit de buitenopslag op gecontroleerde wijze door de bodem geleid, waar het door bacteriën wordt geoxideerd. Dit proces is vergelijkbaar met de methaanoxidatie in de bovenste lagen van gestort afval.

Bij bestaande buitenopslagen is methaanoxidatie mogelijk tegen (jaar)kosten van minder dan 5% van de kosten van plaatsing buitenmestopslag; dit geldt voor (maximaal) 40% van de mestopslagcapaciteit. Uitgaande van kosten van mestopslag van circa 5 Euro/m³ zijn de kosten van methaanoxidatie dan circa 0,25 Euro/m³ mest. Bij toepassing van methaanoxidatie bij alle bestaande mestopslagen bedragen de kosten 6 mln. Euro, de emissiereductie circa 1,3 megaton en de kosteneffectiviteit 6 mln. euro/1,3 megaton = 4,5 Euro/ton.

Als er bij bestaande stallen en buitenopslagen circa 60% opslagcapaciteit in buitenmestopslag gebouwd moet worden, bedragen de kosten circa 95 mln. Euro per jaar. Bij vervanging en uitbreiding van stallen zijn er waarschijnlijk geen meerkosten (of zelfs besparingen), omdat de stallen dan kelderloos gebouwd kunnen worden. Bij een gemiddelde afschrijving van stallen van 25 jaar houdt dit in dat in 2030 circa 60% van de extra benodigde mestopslagcapaciteit in de buitenopslag zonder extra kosten van de

bouw van de mestopslagen kan zijn gerealiseerd. In totaal kan er in 2030 dan circa 75% buitenopslagcapaciteit beschikbaar zijn, waardoor de meerkosten van deze optie beperkt blijven tot het realiseren van methaanoxidatie.

Precisiebemesting

Door 'preciezer' te bemesten worden de verliezen van stikstof naar het milieu verminderd (onder andere N_2O -emissies) en kan worden volstaan met verminderde toevoer van stikstof naar de landbouwbodem. Precisiebemesting gebeurt door nauwkeurige timing, dosering en plaatsing van de meststoffen, waarbij de opbrengsten van de gewassen op peil blijven. Hier is dus niet bedoeld het bereiken van een hogere opbrengst met dezelfde hoeveelheid meststoffen, waar precisiebemesting zich in de praktijk vaak op richt. Voor de nauwkeurige timing, dosering en plaatsing gebruiken boeren efficiënte toedieningstechnieken om een afgepaste hoeveelheid mest toe te dienen, ondersteund door GPS-technieken in combinatie met GIS- en analysesystemen (met informatie over onder andere bodem, mest en/of gewas). Vooral in de akkerbouw worden precisiebemestingstechnieken ontwikkeld en toegepast, met als hoofddoel minimalisering van de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. De verminderde toevoer van stikstof betreft vooral kunstmeststikstof. De afzet van dierlijke mest zal niet verminderen, maar de stikstof daarin kan wel beter benut worden, waardoor (nog) minder kunstmest nodig is. Voorbeelden zijn het toepassen van rijenbemesting bij snijmais (vooral op zandgrond) en het verhogen van de stikstofwerking van dierlijke mest door be- en verwerking (bv mestscheiding). Indien de helft van de dunne stalmest gescheiden wordt, zal de werkingscoëfficiënt gemiddeld 10% punten hoger worden. Op grasland kan een deel van de KAS kunstmest (bij relatief vochtige omstandigheden) vervangen worden door ammonium kunstmest met een lagere N_2O -emissie. Meerkosten bedragen circa 38 mln. Euro. De kosten bedragen ongeveer 120 mln. Euro (mestscheiding bij de helft van de dunne stalmest en investering in precisietechnieken in de akkerbouw). De besparing op kunstmest is circa 40 mln. Euro en is dus onvoldoende om de meerkosten te compenseren. Maar precisietechnieken worden vooral ook toegepast om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te minimaliseren. Daarbij is een reductie van 20-35% (of zelfs hoger afhankelijk van het gewas) te realiseren. Omdat de kosten van gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouw circa 350 Euro/hectare bedragen leidt een besparing met circa 20% al tot een besparing van 70 Euro/hectare, oftewel 42 mln. Euro. Totale besparingen zouden dan dus circa 82 mln. Euro zijn.

Nitrificatieremmers

Door de toevoeging van nitrificatieremmers aan meststoffen is het mogelijk de omzetting van ammoniumstikstof naar nitraat en lachgas te vertragen, waardoor een betere benutting van de stikstof mogelijk wordt. Hierdoor is in theorie maximaal 40% N_2O -emissiereductie mogelijk. In de praktijk zijn nitrificatieremmers niet altijd effectief (afhankelijk van weersomstandigheden) en ook niet altijd op exact het juiste moment toepasbaar. Hierdoor daalt de geschatte praktisch haalbare N_2O -emissiereductie circa 12%.

Nitrificatieremmers kunnen zowel aan kunstmest als aan drijfmest toegevoegd worden. Er kleven risico's aan het gebruik van nitrificatieremmers: in Nieuw Zeeland zijn nitrificatieremmers toegepast op grasland en aangetroffen in de melk. Weliswaar waren de gehalten vrij gering en (waarschijnlijk) was er geen risico voor de volksgezondheid,

maar dit had een groot effect op de export. Het gebruik van de betreffende nitrificatieremmer was nog relatief beperkt (<5% van de melkveehouders) en is toen stopgezet. Het ging hier om een stof die vele jaren geleden ook als nitrificatieremmer in Nederland werd toegepast, maar inmiddels niet meer. Onbekend is of dergelijke risico's ook van toepassing zijn op andere op de Nederlandse markt beschikbare nitrificatieremmers. De kosten bedragen circa 30 mln. Euro.

Landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw

Overzichtstabel technische emissiereductie maatregelen Landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw

In **Tabel 32** staan alle in de berekening meegenomen technische opties voor Landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw en de bijbehorende emissiereductie en kosteneffectiviteit. Ook staat per optie een schatting van het percentage van het technisch potentieel dat bij verschillende beleidsintensiteiten gerealiseerd kan worden. Deze aannames bij percentages en de maatregelen zelf worden hier toegelicht.

Tabel 32: Overzicht technische emissiereductieopties LULUCF

Optie	Emissiereductie 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Bosbeheer: verhogen houtwinning met 50% in combinatie met actief bosbeheer-LULUCF – bossen (*)	0,60	3,30	0	100%	100%	100%
Vergroten bosareaal met 50 kha in 2050 (of 25 kha in pakket B) - LULUCF – bossen	0,20	1,10	500	0%	50%	100%
Passieve vernatting - LULUCF – veengrond	0,50	1,10	70	0%	100%	100%
Onderwaterdrainage - LULUCF – veengrond	0,40	2,20	25	0%	100%	100%
Landbouwgrond naar natuur (5 kha in 2030) - LULUCF – veengrond	0,10	0,55	140	0%	0%	100%

Optie	Emissiereductie 2030	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030	Kosten-effectiviteit	Ontsluitingspercentages		
	(megaton CO ₂ -eq)	(megaton CO ₂ -eq)	(euro/ton)	A	B	C
Landbouwgrond naar natte landbouw (165 ha/jr) - LULUCF – veengrond	0,05	0,28	70	0%	0%	100%
Gebruiksverandering moerige veengronden - LULUCF – veengrond	0,20	2,20	150	0%	100%	100%
Verhogen koolstofvastlegging landbouwgrond - LULUCF - landbouwgrond	0,80	4,40	0	100%	100%	100%

(*) Telt wel mee voor 'debits' maar niet voor 'credits'.

Toelichting op ontsluitingspercentages Landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw

De veronderstelde ontsluitingspercentages in pakketten A, B en C geven een indruk van de mate waarin beleid geïntensiveerd moet worden om LULUCF opties te laten ingroeien. Daarbij is onder andere gelet op de kosten die gemoeid zijn met het inzetten van de opties. Bij de opties is gekozen om dit 'binair' te benaderen; of een optie doet niet mee of juist volledig in een bepaald pakket. Alleen bij uitbreiding bosareaal is in pakket A (geen areaaluitbreiding) en B (25 kha uitbreiding) gekozen voor minder areaal uitbreiding dan in pakket C met 50 kha uitbreiding. We merken op dat in de analyse de LULUCF opties apart worden behandeld van de andere opties. De LULUCF-opties zijn beschouwd als opties voor 'achter de hand', die kunnen worden ingezet om kosten van het beleid te verlagen (indien de opties goedkoper zijn dan de marginale optie die anders moet worden ingezet om het doel te halen). De ontsluitingspercentages zijn dus niet van invloed op de centrale analyses van dit rapport.

Toelichting op maatregelen landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw

Bosbeheer; toename houtwinning

Bossen leggen momenteel circa 2.7 megaton CO₂ vast per jaar. In deze optie is verondersteld dat er een 50% hogere houtproductie in 2030 wordt gerealiseerd. Het gevolg is dat het bos verjongt en door actief bosbeheer gericht op snelgroeiende boomsoorten neemt de sink toe; de kap wordt dus meer dan gecompenseerd door actiever bosbeheer. Dit zou tot 0,6 megaton extra vastlegging leiden in 2030. Als in aanvulling hierop ook rekening zou zijn gehouden met langdurige vastlegging van het gekapte hout in materialen zou de sink nog 0,3 megaton hoger zijn.

De meerkosten van op productie gericht bosbeheer zullen naar verwachting grotendeels gecompenseerd worden door extra inkomsten uit de houtproductie. Meer

productie betekent meer beheer en arbeid, maar ook meer inkomsten. Uit de berekeningen in het actieplan Bos en Hout komt een bedrag naar voren van 12 euro per ton CO₂ in 2030.

Deze maatregel betreft bestaande bossen, en kan dus niet meetellen voor het opbouwen van LULUCF-credits die gebruikt kunnen worden als flexibiliteitsoptie om te voldoen aan het niet-ETS doel. Deze optie zou wel kunnen worden ingezet in geval er niet wordt voldaan aan de no-debit-rule om extra debits te realiseren, en is daarom in dit rapport opgenomen.

Uitbreiding bosareaal

In deze optie is verondersteld dat het bosareaal met 50 kha (in variant C) wordt vergroot in de periode 2020-2050. Dit betekent dat er jaarlijks 1670 ha landbouwgrond (of overig gronden) in transitie komt richting bos. Op basis van een eerste orde schatting van k€ 60 per ha (k€ 40 voor aankoop en k€ 20 voor inrichting en beheer), komen de totale jaarlijkse kosten voor aankoop en inrichting uit op ongeveer 100 miljoen per jaar. Opgemerkt moet worden dat in deze kostenschatting wordt uitgegaan van de marktprijs waartegen grond gekocht wordt van de landbouw. Deze optie heeft negatieve gevolgen voor de voedselproductie, de landbouweconomie, de agrarische werkgelegenheid en positieve gevolgen voor bosbouwsector en heeft positieve effecten op de lokale milieubelasting. In varianten A en B gaat de uitbreiding van het areaal minder ver.

Passieve vernatting (peilfixatie) (veengrond)

De totale emissie van veengronden is op dit moment 4.2 megaton CO₂ (van den Akker et al. 2008). Door minder drooglegging of door technische ingrepen kan de oxidatie van het veen – wat leidt tot CO₂ emissie – en zich uit in bodemdaling afgeremd worden en daarmee dus ook de CO₂ emissie.

Door peilfixatie/passieve vernatting neemt de bodemdaling geleidelijk af omdat het peil op een vast niveau blijft en door bodemdaling het waterpeil dichterbij het oppervlakte komt. De emissies door oxidatie van veen nemen daardoor in de tijd af. Van den Born (2016) komt tot een emissiereductie van 0.5 megaton in 2030. Implementatie kan, los van juridische aspecten, technisch snel geïmplementeerd worden en kan eigenlijk overal. In de praktijk kan per gebied bekeken worden waar passieve vernatting voor de hand ligt en waar onderwaterdrainage te prefereren is.

Peilfixatie/passieve vernatting leidt tot een geleidelijke afname van de gewasopbrengst. Hierbij past een extensievere vorm van melkveehouderij. Op de langere termijn kan ook die vorm te veel beperkingen ondergaan. De opbrengstderving in 2030 wordt geschat op circa 100 euro/ha. Verondersteld is dat 140 kha in 2030 passief is vernat.

Onderwaterdrainage (veengrond)

Onderwaterdrainage draagt bij aan het afremmen van bodemdaling, vermindert dus de veenoxidatie en de emissie van CO₂. Geschat wordt dat het toepassen van onderwaterdrainage leidt tot een halvering van de emissie van het betreffende veengebied. Deze maatregel is niet overal even effectief. In gebieden met een grondwaterspiegel tussen 30 en 60 cm onder het maaiveld is onderwaterdrainage het meest kosteneffectief en daardoor ook realistischer dan in gebieden met een grondwaterstand die buiten dit bereik valt. Naar schatting kan de maatregel over een periode van 15-20 jaar worden geïmplementeerd. Het technisch en economisch

potentieel voor onderwaterdrainage is ongeveer 80 kha. In 2030 is verondersteld dat 50 kha wordt voorzien van onderwaterdrainage. Het in orde brengen van het technische waterbeheer - waarbij wordt ingespeeld op de grotere watervraag vanuit de landbouw - is daarin de beperkende factor. Na implementatie halveert de bodemdaling naar verwachting vrijwel direct.

Bij het grootschalig toepassen van onderwaterdrainage zal de wijze waarop het waterbeheer wordt uitgevoerd gaan wijzigen. Dit kan betekenen een grotere waterbuffer of een meer flexibel of dynamisch peil. De kosten hangen sterk af van de lokale situatie. Door minder bodemdaling zijn er ook voordelen, waaronder het wegvallen van de kosten voor peilindexatie.

Het aanleggen van onderwaterdrainage kost gemiddeld per hectare € 175 per jaar (jaarlijkse kapitaalkosten, afschrijving en onderhoud). Tegenover deze aanlegkosten staan bedrijfsvoordelen. Het is een maatregel die voor de bedrijven redelijk kostenneutraal genoemd kan worden omdat de voordelen - minder vertrappingsschade, toegankelijkheid, mogelijk meer gras - de gemiddelde jaarlijkse extra kosten zouden kunnen compenseren. Dit is misschien niet het geval voor de waterschappen die meer maatwerk moeten gaan leveren op de onderwaterdrainage optimaal te laten functioneren. Indien wordt uitgegaan van 175 euro per ha per jaar is de kosteneffectiviteit 35 euro/ton CO₂.

Landbouwgrond naar natuur (veengrond)

Een ander optie is de transitie van melkveehouderij naar natuur of naar natte landbouw (zgn. paludicultuur). Transitie naar natuur kan zowel via geleidelijkheid als snel. Dit laatste betekent actieve vernatting. Verondersteld is een transitie van 5 kha in 2030. Dit betekent een tempo van 330 ha/jaar dat van landgebruik verandert. Bij de functieverandering landbouw naar natuur is uitgegaan van een aankoopssom van k€ 40 per hectare. Daarmee komen de kosten op 13 miljoen euro per jaar.

Landbouwgrond naar natte landbouw

Transitie naar natte landbouw zal naar verwachting heel geleidelijk verlopen omdat zowel de economische als de waterbeheerkant daarvoor gereed moet zijn.

Verondersteld is een transitie van 2,5 kha in 2030. Dit betekent een tempo van 165 ha/jr dat van landgebruik verandert.

Voor de kosten is uitgegaan van 50 procent afschrijving op de grondwaarde van landbouwgrond (hier gewaardeerd op 40 kEuro/ha). Daarmee bedragen de kosten 3,5 miljoen per jaar. Het effect van de transitie van melkveehouderij naar natte landbouw is onzeker, aangezien de economische performance van natte landbouw niet goed bekend is en de ontwikkeling vooral experimenteel is. Vijftig procent afwaardering in waarde is mogelijk nog te gering en in dat geval zouden de kosten van deze transitie eerder zijn onderschat dan overschat.

Gebruiksverandering moerige veengrond

De totale emissie van moerige veengronden is op dit moment 1,8 megaton CO₂ (Arets et al., 2015). Deze emissie wordt vanaf dit jaar meegenomen in de 'Nationale Inventory Report' (NIR) over 2016.

Bij moerige gronden spelen drie processen: het waterbeheer, het type grondgebruik - relatief veel akkerbouw w.o. aardappelteelt - en de grondbewerking. Met minder drooglegging, permanente (gras)bedekking en weinig grondbewerking (niet of weinig

scheuren van gras, of ploegen in geval van akkerbouw) kan oxidatie van moerige gronden zoveel mogelijk worden voorkomen.

De hoeveelheid emissie die door verandering van het waterbeheer en management vermeden kan worden in gebieden met een moerige grond is zover bekend niet gekwantificeerd. We volstaan met eerste orde schattingen. Door minder ploegen van akkers, eventueel aangevuld met een iets hogere grondwaterstand (met name in de zomer periode) zal de emissie per hectare per jaar iets afnemen (geschat op 10-20 procent). Gecombineerd met een transitie naar grasland en dus met een veel beperktere grondbewerking (hooguit eens in de vijf jaar wordt het grasland gescheurd) kan de emissie per hectare het meest worden beperkt (geschat op 30-40 procent). In dit rapport is verondersteld dat er een emissiereductie van zo'n 10% mogelijk is in 2030 bij 100 kha moerige gronden, dat komt overeen met een emissiereductie 0,2 megaton CO₂. Dit getal is redelijk in lijn met de reductie potentie van veengronden. Opgemerkt moet worden dat de Provincies over het algemeen wel focus hebben op de veengronden, maar niet op de gedegradeerde veengebieden zoals in Drenthe, of elders waar het veen grenst aan de minerale gronden, en dat het hier genoemde potentieel eerder een maximaal haalbare reductie is.

De kosten hangen vooral samen met verandering van grondgebruik, en zijn hier geschat op 750 euro/ha.

Verhogen koolstofgehalte landbouwgrond

Lesschen et al. (2013) hebben onderzoek gedaan naar de opties om via landbouwbodems (800 kha) meer CO₂ vast te leggen. Uit hun analyse blijkt dat een jaarlijkse toename van 0,8 megaton CO₂/jr mogelijk is. Dit wordt gezien als een realistisch maximum.

Het verhogen van het organische stof gehalte in de bodem kan door een set van maatregelen worden gerealiseerd. Voor bedrijven kan dat ook betekenen dat daar kosten aan verbonden zijn: extra aanvoer van organisch materiaal (uit bermen of natuurgebieden), meer gewasresten achterlaten, telen van vanggewassen – bijvoorbeeld een stikstofbinder. Sommige technieken kunnen ook effect hebben op de opbrengst, met negatieve gevolgen voor het inkomen. Anderzijds heeft het ook aantoonbare positieve effecten zoals minder droogteschade, natschade en/of minder stikstofmeststoffen en lager energiegebruik doordat er minder vaak een grondbewerking plaats vindt. Een pluspunt is mogelijk een lager risico op schade wat kan opwegen tegen een eventueel wat lagere opbrengst. De maatregel zou daarmee geplaatst kunnen worden in de hoek van 'goede landbouwpraktijk' en streven van de landbouwsector naar een meer duurzame landbouw.

In het algemeen zijn er kosten gemoeid met deze optie, waaronder aankoop van biomassamateriaal en transport daarvan en arbeidskosten. Ook kan er opbrengstderving optreden. Verbouwen van vanggewassen kan economisch rendabeler zijn. De kosten hangen af van marktfactoren en marktomstandigheden, en zijn hier ruw geschat op 50 euro/ha.

Breder perspectief op landgebruiksveranderingsopties

Meer functies van land

Het reduceren van emissies staat centraal in deze notitie. Maar de hier beschreven landgebruiksopties zijn ook van belang voor andere maatschappelijk relevante thema's. Bij veranderend landgebruik gaat het bijna altijd wel om multifunctionele doelen: natuur, landschap, recreatie, volksgezondheid, biodiversiteit, voedselproductie en de grondstoffen-productie, waaronder hout en andere bosproducten. Specifiek bij de sector veranderend landgebruik geldt dat het maatschappelijk nut dus niet alleen draait om emissiereductie en vastlegging. Dit gegeven is vooral relevant in de beoordeling van de effecten en neveneffecten, maar juist ook in de beoordeling van de kosten en kosteneffectiviteit van de maatregelen die in dit raamwerk hun uitvoering krijgen.

Tijdshorizon

Het opbouwen van koolstofvoorraden in bossen, bodems en het duurzaam vastleggen van bosproducten is een zaak van de langere termijn. Als je kijkt naar opbouw van meer organische stof in landbouwbodems dan moet je in termijnen van vele decennia denken. In de huidige systematiek, die tot ongeveer 2020 zal worden gehandhaafd worden overgangstermijnen van 20 jaar gehanteerd, bijv. bij omzetting van akkerland in grasland. Verlaat je de strategie rond vastlegging dan verlies je snel de koolstof. Ook bossen kennen een geleidelijke periode van opbouw van koolstof in de bovengrondse en ondergronds delen. In Nederland is deze gemiddeld 30 jaar voordat een nieuw bos, wat betreft de hoeveelheid vastgelegd koolstof gelijk is aan een gemiddeld bos en nog veel langer tot het volgroeid is.

Maatregelen die de komende periode genomen worden hebben dus niet al direct het volle resultaat of rendement. Het is belangrijk dat maatregelen die in de periode voor 2030 worden genomen ook worden beoordeeld op hun effect en rendement na 2030. Maatregelen rond herbebossing, aanleg van nieuw bos, verandering in drainage van veengronden (peilfixatie) en andere vormen van bodembeheer leiden allemaal tot geleidelijk toename van de C, maar kennen een na-ijl effect van meerdere decennia. Het is belangrijk om in het licht van de kosteneffectiviteit en rendement hier heel gericht naar te kijken.

Industrie (non-ETS)

Overzichtstabel technische emissiereductiemaatregelen industrie

In **Tabel 33** staan alle in de berekening meegenomen technische opties in de industrie en de bijbehorende emissiereductie en kosteneffectiviteit. Ook staat per optie een schatting van het percentage van het technisch potentieel dat bij verschillende beleidsintensiteiten gerealiseerd kan worden. Deze aannames bij percentages en de maatregelen zelf worden hier toegelicht.

De efficiency-opties in de industrie zijn zeer divers. Het kan gaan om meer generieke opties als isolatie van stoomleidingen, allerlei gebouwgebonden maatregelen, efficiëntere regelsystemen, elektromotoren en pompen, maar ook om maatregelen die heel specifiek zijn voor bepaalde processen. De efficiency-opties zijn daarom samengevoegd in clusters van opties met een vergelijkbare kosteneffectiviteit.

Tabel 33: Overzichtstabel technische emissiereductie maatregelen industrie

Optie	Emissiereductie 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Niet-ETS - Industrie						
Ketenefficiency: recycling 1	0,03	0,17	-153	50%	80%	80%
Ketenefficiency: recycling 2	0,06	0,35	-112	0%	50%	80%
Procesefficiency industrie 0	0,04	0,20	-236	75%	75%	75%
Procesefficiency industrie 1	0,08	0,42	-201	75%	75%	75%
Procesefficiency industrie 2	0,02	0,09	-166	50%	75%	75%
Procesefficiency industrie 3	0,05	0,30	-132	25%	75%	75%
Procesefficiency industrie 4	0,07	0,38	-97	0%	75%	75%
Procesefficiency industrie 5	0,07	0,40	-63	0%	50%	75%
Procesefficiency industrie 6	0,05	0,25	-28	0%	25%	75%
Procesefficiency industrie 7	0,02	0,12	7	0%	0%	75%
Procesefficiency industrie 8	0,02	0,11	41	0%	0%	75%

Optie	Emissiereductie 2030	Cumulatieve emissiereductie 2021-2030	Kosten-effectiviteit	Ontsluitingspercentages		
	(megaton CO ₂ -eq)	(megaton CO ₂ -eq)	(euro/ton)	A	B	C
Procefefficiency industrie 9	0,09	0,47	76	0%	0%	50%
Procefefficiency industrie 10	0,17	0,92	111	0%	0%	25%
Biomassaketel	0,25	1,38	335	100%	100%	100%
Elektrificatie, trendmatig	0,37	2,01	44	30%	60%	90%
Elektrificatie, power to heat	0,35	1,94	139	30%	40%	50%

LET OPI In verband met overlap tussen opties, kunnen maatregelen niet zonder meer opgeteld worden.

Toelichting op ontsluitingspercentages industrie

Voor industrie is in kaart gebracht tegen welke kosteneffectiviteit maatregelen getroffen kunnen worden. Bij de inschatting van de ontsluitingspercentages is verondersteld dat een steeds grotere beleidsdruk nodig is om minder kosteneffectieve maatregelen te ontsluiten. Verondersteld is dat deze druk in variant B hoger is dan in A en in variant C hoger dan in variant B. Als algemene aanname is verondersteld dat er 25% van het potentieel niet bereikbaar is, zodat het maximaal ontsluitingspercentage 75% is. Voor trendmatige elektrificatie is uitgaan van een toenemende beleidsdruk in variant A tot en met C waardoor het ontsluitingspercentage toeneemt van 30%, 60% naar 90%.

Toelichting op maatregelen industrie

Restwarmte industrie naar gebouwde omgeving²⁸

Restwarmtelevering vanuit de industrie naar woning- en utiliteitsbouw is een relatief gunstige optie ten opzichte van levering door AVI's of centrales. Bij beide gaat dit ten koste van de elektriciteitsproductie. Het restwarmteaanbod van de industrie is echter laag ten opzichte van AVI's en centrales, volgens (Daniëls 2011) is het ongeveer 60 PJ bij de raffinage, 60 PJ bij de chemie en 10 PJ bij de overige industrie, op een totaal van 440-480 PJ. Wat overblijft aan netto besparingspotentieel van dat totaal is 10-25 PJ waarbij bruto 25-45 PJ restwarmte wordt geleverd. Distributieverliezen zijn dus aanzienlijk. Proportioneel zou het netto besparingspotentieel vanuit de zowel industrie als raffinage ieder circa 2 PJ zijn bij een de levering van 5 PJ warmte. Voor de uitgangspunten van warmtenetten wordt verwezen naar de desbetreffende paragraaf onder gebouwde omgeving.

²⁸ Deze paragraaf is grotendeels gebaseerd op de notitie Benutting restwarmte (Wetzels, 2010).

Restwarmte industrie naar andere industrie (inclusief raffinage)

Restwarmtepotentieel van de industrie naar de industrie heeft een meer incidenteel karakter, het moet net passen maar dan is het ook interessant en relatief goedkoper dan levering aan de gebouwde omgeving. Hier wordt een extra potentieel verondersteld van 5 PJ levering, 4 PJ netto, op een kostenniveau van 50-100 euro per ton CO₂-reductie. Van dit potentieel is de industriële leverancier voor 5% niet-ETS en de industriële ontvanger voor 50% niet-ETS.

Procesefficiency industrie

Deze opties zijn niet afzonderlijk per techniek en sector weer te geven, maar opgenomen in stappen van kosteneffectiviteit²⁹. Deze scope van energiebesparing betreft procesefficiency, inclusief restwarmtebenutting en materiaalefficiency op de inrichting, nieuwe processen etc. De output van het proces blijft hetzelfde maar de input en hardware kan anders zijn. Elektrificatie maakt ook deel uit van dit onderdeel, voor zover er primaire besparing mee wordt bereikt, bijvoorbeeld met warmtepompen. De potentiëlen voor procesefficiency zijn groot maar een groot deel is onder de baselinecondities niet kosteneffectief. Veel opties in de duurdere segmenten zijn in de optiek van de industrie denkbaar maar nog niet realistisch. Het reductiepotentieel dat betrekking heeft op het niet-ETS deel tot en met het hoogste hier gehanteerde kostenniveau bedraagt 0,67 megaton, met bijbehorende besparing van 14,7 PJ finaal. Het hoogste kostenniveau betreft hier een investering van 100 euro (2013)/GJ primair bespaard. Een GJ aardgas kost volgens de NEV2016 in 2020 marginaal 7,8 euro en in 2030 11,5 euro. De huidige (2016) groothandelsprijzen liggen rond 5 euro/GJ.

Tabel 34: Aandeel ETS per industriële sector³⁰

	Aandeel in ETS CO ₂ -emissie	
	2008-2012	2013-2015
Chemie	58%	98%
Voeding	61%	64%
Papier	100%	100%
Bouwmaterialen	66%	77%
Basismetaleel incl. cokesfabriek	92%	101%
Overige metaal, textiel, overige industrie	11%	19%
Bouwsector	0%	0%
Nijverheid	58%	86%
Raffinaderijen	99%	103%
Olie- en gaswinning	15%	88%

²⁹ De gegevens zijn gebaseerd op literatuurgegevens verwerkt in modelberekeningen, en gekalibreerd op geëxtrapoleerde data uit de energie-efficiencyplannen voor 2013-2016 (RVO.nl).

³⁰ Aandelen ETS, gebaseerd op MONIT. Monit is daarbij gecorrigeerd (opgehoogd) met o.a. cokesfabriek, een inschatting van JV WKK die in de NEA toch tot de inrichting wordt gerekend, en non-CO₂-emissies die onder het ETS vallen zoals lachgas en F-gassen.

Extra trendmatige elektrificatie stimuleren

In veel bedrijfstakken, met name in metaalelektro, voeding, bouwmaterialen en overige industrie is de groeivoet van het elektriciteitsverbruik 1-2% hoger dan van het gasverbruik. Er vindt dus trendmatige substitutie plaats. Het betreft bijvoorbeeld industriële warmtepompen, mechanisch ontwateren, warmtetoepassingen in de lichte industrie (glas louteren, gieterijen en hardingsovens metaal, vriesdrogen in de voeding, steriliseren met licht, drogen in de grafische industrie, etc.). De optie betreft het versnellen van de substitutie t.o. de baseline, bijvoorbeeld om 0,5% extra groeiverschil te stimuleren met een combinatie van prijsprikkel en technologiestimulatie via EIA. In de genoemde sectoren levert dat 7 PJ aardgas (0,4 megaton CO₂) reductie in 2030 op. Tenminste de helft daarvan zit buiten het ETS. De meerinvestering van dit soort technologie is per saldo beperkt omdat er meestal aanzienlijke bijkomende voordelen zijn: betere productkwaliteit, een beter gecontroleerd proces, voordelen voor arbeidsomstandigheden of milieu. Toename van elektriciteitsverbruik is gemiddeld ingeschat op 60% van de gasbesparing in finale termen. Per saldo is de finale besparing dan 1,4 PJ ETS en 1,4 PJ non-ETS. Primair is sprake van 2,6 PJ ontsparing.

Power to heat

Deze elektrificatie opties hebben de vorm van het verder elimineren van het brandstofverbruik, waarbij elektriciteit wordt ingezet. Het betreft hier niet specifieke technologie maar eenvoudige weerstandsverwarming in verwarmingsketels. Hier vervangt 0,9 PJ elektriciteit ongeveer 1 PJ aardgas. Dit wordt interessant bij elektriciteitsprijzen die in dalperioden rond 20 euro/MWh liggen tegenover gasprijzen van 0,25 ct/m³. De break-even elektriciteitsprijs per sector verschilt. In 2030 wordt de optie interessant voor de zware industrie, bij elektriciteitsprijsniveaus van 15-21 euro/MWh. Deze optie is toepasbaar voor vrijwel het gehele potentieel voor verwarmingstoepassingen in de industrie (enkele honderden PJ), kan dus bij elke sector specifiek toegevoegd worden. De investeringen die nodig zijn voor deze optie zijn laag indien dit wordt meegenomen in de geplande ketelvervanging. Voldoende elektrische capaciteit in de nabijheid van ketels is belangrijk, bijvoorbeeld bij WKK-installaties. Investeringskosten bedragen circa 0,2 cent per kWh verbruik bij 15 jaar en 2000 draaiuren per jaar. Het totale verbruik van lagere temperatuur stoom ligt in de grootteorde van 100 PJ, daarvan zou bij 2000 draaiuren flexibele substitutie dus 25 PJ met elektriciteit gemaakt kunnen worden. Voor power to heat wordt geen finale besparing ingeboekt maar alleen CO₂-reductie: bij 25 PJ gas is dat 1,5 megaton. Geschat wordt dat het 25% non-ETS, 75% ETS kan betreffen. Als instrumentering kan gebruik gemaakt worden van extra stimulering van intermitterend hernieuwbare elektriciteitsopwekking, of flexibele afnamecontracten met elektriciteitsproducenten of netbeheerders.

Stimuleren recycling en upstream ketenefficiency

Tot deze optie behoren drie concepten, afgeleid uit de ketenopties onder de convenanten MEE en MJA3. Ten eerste betreft het acties bij de Nederlandse verwerkende industrie die leiden tot materiaalbesparing met een volume-effect bij Nederlandse materiaalproducenten. Ten tweede verbeteringen in materiaalspecificaties bij Nederlandse materiaalproducenten waardoor Nederlandse afnemers minder volume nodig hebben. Ten derde vergroting van de secundaire stromen bij Nederlandse materiaalproducenten, met name kunststoffen, waardoor primaire productie vermindert. Een analyse van de convenantenrapportage en opschaling naar 2030 wijst uit dat dit in de baseline 28 PJ besparing in Nederland oplevert. Dit is echter geen finale

besparing in de zin van het Energieakkoord of de EU EED. Geschat wordt een potentieel van nog eens 30 PJ dat instrumenteerbaar is met vergaand beleid, waarvan 10 PJ relatief makkelijk te ontsluiten is met extra convenanten, zie bijvoorbeeld (I&M brief circulaire economie b.v. productterugname verplichtingen bij verpakkingen en luiers). Hier zitten slechts beperkte nationale kosten, maar waarschijnlijk ook baten. Bij verdergaande verplichtingen zijn er mogelijk wel maatschappelijke kosten, dit is echter moeilijk te kwantificeren. De CO₂-reductie zit vooral onder het ETS³¹. Aangenomen wordt dat er 5% van de besparing en het CO₂-effect optreedt bij het niet-ETS-deel. Het is aan te nemen dat materiaalbesparing gestimuleerd kan worden door innovatiesubsidies. De nationale kosten voor deze besparingen zijn daarom relatief laag, cq er kunnen ook baten zijn.

Biomassaketels en bio-WKK

Er zit in de non-ETS ongeveer 55 PJ finaal warmte, daarvan is ongeveer 5 PJ in de baseline al biomassa. Mogelijk eenderde van de rest betreft verwarmingsketels die om te zetten zijn naar houtstook. Daarvan wordt mogelijk weer tweederde vervangen voor 2030. Door weerstand tegen de houtlogistiek wordt mogelijk daarvan maar weer de helft daadwerkelijk houtstook, mits het financieel aantrekkelijk is. Dit betreft 6 PJ vervanging van aardgas, 0,34 megaton CO₂. De investering is hier 72 euro per GJ warmte. Er is daarnaast bij de non-ETS toepassingen ruimte voor meer bio-WKK, deels vervanging van aardgas-WKK. Het extra potentieel wordt geschat op 2 PJ warmteproductie. Uitgaande van de vermeden uitstoot van een aardgasketel is het CO₂-effect hier 0,1 megaton. Aan de elektriciteitsproductie wordt geen CO₂-effect bij non-ETS verondersteld. Voor de kostenplaatjes van bio-ketels en bio-WKK wordt aangesloten op de SDE- en ISDE kengetallen, waarbij zodanige extra stimulering wordt verondersteld dat het potentieel wordt verzilverd. Het ETS-deel van deze opties is een factor 4 tot 5 groter, en door schaalvoordelen waarschijnlijk ook kosteneffectiever.

³¹ Namelijk voor 95%, ongeveer 2 megaton. Dat is exclusief rebound-effecten bijvoorbeeld als de producent primaire productie op peil houdt en meer gaat exporteren.

Verkeer en vervoer

Overzichtstabel technische emissiereductie maatregelen verkeer en vervoer

In Tabel 35 staan alle in de berekening meegenomen opties voor verkeer en vervoer en de bijbehorende emissiereductie en kosteneffectiviteit. Ook staat per optie een schatting van het percentage van het technisch potentieel dat bij verschillende beleidsintensiteiten gerealiseerd kan worden. Deze aannames bij percentages en de maatregelen zelf worden hier toegelicht.

Tabel 35: Overzichtstabel emissiereductiemaatregelen verkeer en vervoer

Optie	Emissie-reductie 2030 (megaton CO ₂ -eq)	Cumulatieve emissie-reductie 2021-2030 (megaton CO ₂ -eq)	Kosten-effectiviteit (euro/ton)	Ontsluitingspercentages		
				A	B	C
Verkeer en vervoer - wegverkeer						
Efficiencyverbetering vrachtauto's	0,43	2,37	-131	100%	100%	100%
Stimulering zuiniger banden	0,30	2,38	-307	80%	80%	80%
Verhogen aandeel hernieuwbaar	1,29	7,08	137	25%	50%	100%
Verlagen maximum snelheid snelwegen; 130 -> 120	0,11	1,06	176	0%	100%	100%
Kilometerheffing vrachtverkeer (Maut)	0,30	2,96	470	0%	100%	100%
Kilometerheffing personenverkeer	1,93	19,28	475	0%	0%	100%
Normstellingbestelauto's: 120 g/km vanaf 2025	0,70	3,85	-169	100%	100%	100%
Fiscale stimulering FEVs na 2020	0,30	1,64	45	100%	100%	100%

Toelichting op ontsluitingspercentages verkeer en vervoer

De in kaart gebrachte potentiëlen voor verkeer en vervoer zijn al geïnstrumenteerd. Dat wil zeggen dat de effecten gekoppeld zijn aan beleid. Voor het bepalen van het ontsluitingspercentage per beleidsvariant is daarom gekeken in welke mate een bepaalde aanpak als intensivering van huidig beleid (variant A), nieuw beleid (variant B) of vergaand nieuw beleid (variant C) kan worden beschouwd. Efficiencyverbetering vrachtauto's, normstellingbestelauto's en Fiscale stimulering FEVs na 2020 wordt gezien

als intensivering van huidig beleid. Het verlagen van de maximum snelheid naar 120 km/u wordt gezien als nieuw beleid net als kilometerheffing voor vrachtverkeer. Een kilometerheffing van personenverkeer wordt gezien als vergaand nieuw beleid. Toepassing zuiniger banden wordt gezien als intensivering van huidig beleid. Omdat Nederlands beleid niet 100% benutting van het potentieel garandeert, is gekozen voor 80% als maximum effect.

Toelichting op maatregelen verkeer en vervoer

Efficiencyverbetering vrachtauto's

In tegenstelling tot de CO₂-emissies van personen- en bestelauto's zijn de CO₂-emissies van vrachtauto's nog niet gereguleerd. In mei 2014 heeft de Europese Commissie een strategie uitgebracht over het terugdringen van de CO₂-emissies van vrachtverkeer (EC, 2014a). De eerste stap daarin is het ontwikkelen van protocollen voor het bepalen van de CO₂-uitstoot tijdens de typekeuring van nieuwe vrachtauto's. Regelgeving is complexer dan bij personen- en bestelauto's, omdat bij vrachtauto's er een grote diversiteit is in types. Als typekeuringsprocedures zijn vastgesteld kan normstelling daarop worden gebaseerd. In de doorrekening is uitgegaan van een normstelling zodanig dat de efficiency van vrachtauto's 1,1% per jaar verbetert tussen 2020 en 2030.

Verplichte toepassing zuiniger banden

Autobanden moeten in de EU voorzien worden van een label dat de prestaties aangeeft voor een drietal aspecten: de brandstofefficiency, de gemeten waarde van de rolgeluidsemissie en de grip op nat wegdek (EC, 2009a). Het label beoogt consumenten te stimuleren tot het kiezen van energiezuinigere, stillere en veiligere banden. De brandstofefficiency van banden is verdeeld tussen label G (minst zuinige band) tot label A (zuinigste band). Bij deze beleidsoptie is verondersteld dat er vanaf 2017 verkoop van label-A banden wordt gestimuleerd via een bonus/malus heffing voor autobanden. In Daniëls en Koelemeijer (2016) is een verplichting opgenomen voor de verkoop van label-A, maar omdat dat besluitvorming zou vergen op EU-niveau, is hier uitgegaan van een bonus/malus regeling. In Daniëls en Koelemeijer is uitgegaan van gemiddeld 4,5% brandstofbesparing van label-A banden ten opzichte van de referentie, gebaseerd op TNO (2014). Er is echter twijfel gerezen of dit niet een te (theoretisch) optimistisch beeld schetst. Een aantal bandentests (Consumentenbond en ANWB) suggereren dat er momenteel weinig verschil is tussen banden met een zuinig label en een minder zuinig label. Deels zou dit kunnen komen doordat het label soms weinig zegt over het daadwerkelijke gebruik. Vanwege deze onzekerheid is in deze studie het effect met driekwart verlaagd ten opzichte van de veronderstellingen in het TNO-rapport.

Verhogen aandeel hernieuwbaar transport

De EU richtlijn hernieuwbare energie (2009/28/EC) verplicht lidstaten tot het realiseren van een aandeel hernieuwbare energie in het transport van 10% in 2020 (EC, 2009b).

Hierbij gelden de volgende rekenregels:

- In de noemer telt alleen het energiegebruik van wegverkeer en het spoor mee (zowel brandstoffen en elektriciteit).
- In de teller telt alle hernieuwbare energie in transport mee (dus inclusief bijvoorbeeld biokerosine in luchtvaart of biodiesel in scheepvaart). Biobrandstoffen van de 2e generatie (die niet gemaakt worden uit

voedselgewassen) tellen dubbel mee in de teller in de rapportage van Nederland aan de Europese Commissie³².

- De bijdrage van hernieuwbare elektriciteit in wegverkeer telt sinds september 2015 5 keer mee in de teller en die van hernieuwbare elektriciteit in railverkeer 2,5 keer (EC, 2015).

Met deze nieuwe EU-rekenregels, die in de NEV nog niet zijn verwerkt, wordt in de NEV-raming met vastgesteld en voorgenomen beleid (NEV-VV referentie) een aandeel hernieuwbare energie in transport gerealiseerd van 11,6% in 2020 en 14,2% in 2030. Het fysieke aandeel (op energiebasis) biobrandstof dat wordt ingezet voor wegverkeer is in beide jaren 7,7%. De formele inzet bedraagt in beide jaren 9,9% als gevolg van het feit dat 2e generatie biobrandstoffen in de regelgeving dubbel worden meegeteld. Het aandeel hernieuwbare energie als gevolg van hernieuwbare elektriciteit volgens bovengenoemde rekenregels bedraagt 1,7% in 2020 en 4,3% in 2030.

We merken op dat de huidige regelgeving voor het realiseren van hernieuwbare energie in transport betrekking heeft op het jaar 2020. Voor de periode na 2020 is er geen doel vastgelegd. In de NEV is aangenomen dat het doel voor 2020 ook na 2020 geldt, maar als dit doel zou wegvallen is er geen reden om substantiële hoeveelheden biobrandstof te blijven bijmengen, hoewel lidstaten wel moeten bijdragen aan het overkoepelende EU-doel om te komen tot een aandeel van 27% hernieuwbare energie in 2030. Als beleids optie is gerekend aan verhogen van het fysieke aandeel hernieuwbare energie voor het wegverkeer van 7,7% naar 9,5% in 2020 en naar 12,0% in 2030. Het aandeel hernieuwbare energie volgens de EU-rekenregels – en op basis van alleen additionele inzet van 2e generatie biobrandstoffen – bedraagt dan 15,2% in 2020 en 22,4% in 2030.

Verlagen maximum snelheid snelwegen; 130 -> 120

Deze optie behelst het terugdraaien van de verhoging van de maximumsnelheden op het hoofdwegennet die sinds 2012 stapsgewijs is ingevoerd³³. Op wegvakken waar nu 130 km/u mag worden gereden gaat de maximumsnelheid terug naar 120 km/u. En op wegvakken waar de maximumsnelheid in afgelopen jaren is verhoogd van 80 naar 100 of van 100 naar 120 km/u wordt de maximumsnelheid verlaagd naar het niveau uit 2011.

Kilometerheffing vrachtverkeer (Maut)

Deze optie behelst de invoering van een kilometerheffing voor vrachtauto's in Nederland. In verschillende Europese landen, waaronder Duitsland, geldt al een kilometerheffing voor vrachtauto's. Nederland kent momenteel geen kilometerheffing, maar heeft samen met vier landen (Denemarken, Luxemburg, Zweden en tot 1 april 2016 België) het Eurovignet voor vrachtwagens boven de 12 ton die gebruik maken van het snelwegennet. In deze optie wordt op het hele Nederlandse wegennet een kilometerheffing ingevoerd van gemiddeld 15 cent per kilometer voor alle vrachtauto's met een maximaal gewicht hoger dan 3,5 ton. Bij de invoering van de kilometerheffing

³² Door het schrappen van artikel 21 van de RED in de ILUC-richtlijn hoeven lidstaten dubbel telling niet meer te vertalen naar de nationale verplichting voor brandstofleveranciers.

³³ In deze doorrekening zijn de effecten voor 2020 en 2030 gebaseerd op het terugdraaien van de reeds per verkeersbesluit vastgestelde snelheidsverhogingen dan wel de snelheidswijzigingen die gerelateerd zijn aan projecten met de status van ten minste voorkeursvariant (en financiële dekking), zoals opgenomen in de basisprognose autonetwerken van WVl van april 2015.

vervalt het Eurovignet en wordt de MRB teruggebracht tot het Europese minimumniveau.

Kilometerheffing personenverkeer

Deze optie behelst de invoering van een kilometerheffing voor personenauto's in Nederland. In deze optie wordt op het hele Nederlandse wegennet een kilometerheffing ingevoerd van gemiddeld 7 cent per kilometer voor alle personenauto's. De heffing is op alle wegen en gedurende de gehele dag van toepassing. De invoering van de kilometerheffing voor personenverkeer gaat gepaard met het afschaffen van de motorrijtuigenbelasting (mrb) en de belasting op personenauto's en motorrijwielen (bpm).

Normstellingbestelauto's: 120 g/km vanaf 2025

De Europese commissie heeft aangegeven te werken aan normen voor nieuwe bestelauto's. In dit rapport is uitgegaan van een norm van 120 g/km voor nieuwe bestelauto's vanaf 2025. Verondersteld is dat in de jaren daaraan voorafgaand al geleidelijk zuiniger modellen op de markt worden gebracht. Meerkosten voor een bestel auto die voldoet aan de norm van 120 g/km in plaats van 147 g/km zijn verondersteld 1300 euro per auto te bedragen, gebaseerd op (ICCT, 2012). Richting 2030 is verondersteld dat bestelauto's ook verder zuiniger worden, naar 100 g/km in 2030. Daarbij is verondersteld dat na 2025 het verschil tussen test en praktijkemissies verder toeneemt, van 60 g/km voor auto's verkocht in 2025 naar 70 g/km in 2030. De meerkosten van een bestelauto die aan de norm van 100 g/km voldoet is verondersteld op 400 euro ten opzichte van een bestelauto die aan de norm van 120 g/km voldoet.

Fiscale stimulering FEVs na 2020

In de NEV2020 loopt de fiscale stimulering van volledig elektrische auto's tot 2020 door, maar stopt daarna. In deze optie is een vorm van fiscale stimulering van volledig elektrische auto's verondersteld na 2020, waardoor de instroom 50% hoger ligt dan in de NEV2016 is verondersteld. De kosten zijn gebaseerd op veronderstellingen in Daniëls en Koelemeijer (2016).

Bijlage F. Kernparameters

Tabel 36: Overzicht kernparameters 10 megaton reductie

Beleidsvariant		10 megaton Reductie		
		A	B	C
nationale kosten	(mln. euro)	-144	-189	-199
Kosten marginale optie	(€/ton)	44	6	6
Gemiddelde kosten	(€/ton)	-84	-110	-116
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)	4,7	7,0	7,8
Potentieel met positieve kosten	(megaton)	5,3	3,0	2,2
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)	-174	-192	-201
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)	31	3	2
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)	0,2	0,7	1,4
HDO	(megaton)	1,9	1,9	1,9
Industrie	(megaton)	1,0	1,4	1,7
Verkeer en vervoer	(megaton)	3,5	1,9	1,9
Landbouw energie	(megaton)	1,5	3,0	2,1
Landbouw OBKG	(megaton)	2,0	1,1	1,1
Energiesector	(megaton)	0,0	0,0	0,0
Totaal	(megaton)	10,0	10,0	10,0
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)	1,5	3,0	2,0
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)	0,0	0,0	0,0
Besparing	(megaton)	6,2	5,9	6,9
OBKG	(megaton)	2,0	1,1	1,1
Overig	(megaton)	0,3	0,0	0,0
Totaal	(megaton)	10,0	10,0	10,0

Tabel 37: Overzicht kernparameters 20 megaton reductie

		20 megaton Reductie		
Beleidsvariant		A	B	C
Nationale kosten	(mln. euro)	31	-101	-140
Kosten marginale optie	(€/ton)	124	75	44
Gemiddelde kosten	(€/ton)	9	-29	-40
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)	4,7	6,9	7,8
Potentieel met positieve kosten	(megaton)	15,3	13,1	12,2
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)	-172	-187	-201
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)	203	85	62
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)	2,6	0,7	1,4
HDO	(megaton)	5,0	3,8	2,9
Industrie	(megaton)	1,0	2,1	2,7
Verkeer en vervoer	(megaton)	3,5	3,5	3,5
Landbouw energie	(megaton)	4,1	3,1	4,6
Landbouw OBKG	(megaton)	3,8	6,8	5,0
Energiesector	(megaton)	0,0	0,0	0,0
Totaal	(megaton)	20,0	20,0	20,0
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)	1,9	5,1	4,5
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)	0,0	0,0	0,0
Besparing	(megaton)	8,9	7,5	9,6
OBKG	(megaton)	3,8	6,8	5,0
Overig	(megaton)	5,5	0,7	1,0
Totaal	(megaton)	20,0	20,0	20,0

Tabel 38: Overzicht kernparameters 30 megaton reductie

		30 megaton Reductie		
Beleidsvariant		A	B	C
Nationale kosten	(mln. euro)	371	84	0
Kosten marginale optie	(€/ton)	224	124	89
Gemiddelde kosten	(€/ton)	69	16	0
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)	4,6	6,7	7,2
Potentieel met positieve kosten	(megaton)	25,4	23,3	22,8
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)	-169	-178	-177
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)	541	263	177
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)	5,3	1,6	1,4
HDO	(megaton)	5,9	7,0	8,7
Industrie	(megaton)	1,6	2,1	2,7
Verkeer en vervoer	(megaton)	5,3	3,5	3,5
Landbouw energie	(megaton)	4,1	7,0	4,6
Landbouw OBKG	(megaton)	7,8	8,8	9,1
Energiesector	(megaton)	0,0	0,0	0,0
Totaal	(megaton)	30,0	30,0	30,0
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)	1,6	5,7	9,1
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)	1,8	0,0	0,0
Besparing	(megaton)	9,7	11,5	9,1
OBKG	(megaton)	7,8	8,8	9,1
Overig	(megaton)	9,1	4,1	2,7
Totaal	(megaton)	30,0	30,0	30,0

Tabel 39: Overzicht kernparameters 40 megaton reductie

Beleidsvariant		40 megaton Reductie		
		A	B	C
Nationale kosten	(mln. euro)		336	182
Kosten marginale optie	(€/ton)		187	102
Gemiddelde kosten	(€/ton)		47	25
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)		6,6	7,2
Potentieel met positieve kosten	(megaton)		33,4	32,9
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)		-175	-176
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)		510	358
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)		4,3	1,7
HDO	(megaton)		7,5	9,8
Industrie	(megaton)		2,9	2,8
Verkeer en vervoer	(megaton)		7,7	3,5
Landbouw energie	(megaton)		7,0	11,6
Landbouw OBKG	(megaton)		10,7	10,6
Energiesector	(megaton)		0,0	0,0
Totaal	(megaton)		40,0	40,0
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)		5,6	9,1
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)		3,5	0,0
Besparing	(megaton)		12,7	16,5
OBKG	(megaton)		10,7	10,6
Overig	(megaton)		7,5	3,8
Totaal	(megaton)		40,0	40,0

Tabel 40: Overzicht kernparameters 50 megaton reductie

		50 megaton Reductie		
Beleidsvariant		A	B	C
Nationale kosten	(mln. euro)		709	426
Kosten marginale optie	(€/ton)		237	137
Gemiddelde kosten	(€/ton)		80	47
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)		6,6	7,1
Potentieel met positieve kosten	(megaton)		43,4	43,0
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)		-174	-173
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)		883	599
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)		6,3	5,1
HDO	(megaton)		7,5	9,8
Industrie	(megaton)		2,9	2,8
Verkeer en vervoer	(megaton)		8,0	9,7
Landbouw energie*	(megaton)		7,0	12,0
Landbouw OBKG	(megaton)		18,3	10,6
Energiesector	(megaton)		0,0	0,0
Totaal	(megaton)		50,0	50,1
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)		7,0	9,1
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)		3,5	6,2
Besparing	(megaton)		13,7	17,0
OBKG	(megaton)		18,3	10,6
Overig	(megaton)		7,5	7,1
Totaal	(megaton)		50,0	50,1

*Een deel van de emissiereducties van opties in deze sector betreft de productie van groen gas. De effecten hiervan zullen neerslaan in alle verbruikssectoren.

Tabel 41: Overzicht kernparameters 60 megaton reductie

		60 megaton Reductie		
Beleidsvariant		A	B	C
Nationale kosten	(mln. euro)		1.363	749
Kosten marginale optie	(€/ton)		500	204
Gemiddelde kosten	(€/ton)		130	70
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)		6,3	7,0
Potentieel met positieve kosten	(megaton)		53,7	53,1
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)		-160	-168
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)		1.523	917
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)		11,8	6,1
HDO	(megaton)		8,2	10,2
Industrie	(megaton)		3,9	4,0
Verkeer en vervoer	(megaton)		10,8	11,4
Landbouw energie*	(megaton)		7,0	12,0
Landbouw OBKG	(megaton)		18,3	16,3
Energiesector	(megaton)		0,0	0,0
Totaal	(megaton)		60,0	60,1
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)		12,9	9,0
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)		3,5	7,0
Besparing	(megaton)		17,8	19,7
OBKG	(megaton)		18,3	16,3
Overig	(megaton)		7,5	8,0
Totaal	(megaton)		60,0	60,1

*Een deel van de emissiereducties van opties in deze sector betreft de productie van groen gas. De effecten hiervan zullen neerslaan in alle verbruikssectoren.

Tabel 42: Overzicht kernparameters 70 megaton reductie

Beleidsvariant		70 megaton Reductie		
		A	B	C
Nationale kosten	(mln. euro)		2.064	1.138
Kosten marginale optie	(€/ton)		569	242
Gemiddelde kosten	(€/ton)		168	91
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)		6,2	6,9
Potentieel met positieve kosten	(megaton)		63,9	63,1
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)		-157	-167
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)		2.221	1.305
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)		21,9	8,3
HDO	(megaton)		8,2	10,2
Industrie	(megaton)		3,9	4,0
Verkeer en vervoer	(megaton)		10,8	11,4
Landbouw energie*	(megaton)		7,0	12,0
Landbouw OBKG	(megaton)		18,3	23,9
Energiesector	(megaton)		0,0	0,0
Totaal	(megaton)		70,0	70,0
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)		19,1	11,4
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)		3,5	7,0
Besparing	(megaton)		17,6	19,7
OBKG	(megaton)		18,3	23,9
Overig	(megaton)		11,5	8,0
Totaal	(megaton)		70,0	70,0

*Een deel van de emissiereducties van opties in deze sector betreft de productie van groen gas. De effecten hiervan zullen neerslaan in alle verbruikssectoren.

Tabel 43: Overzicht kernparameters maximale reductie

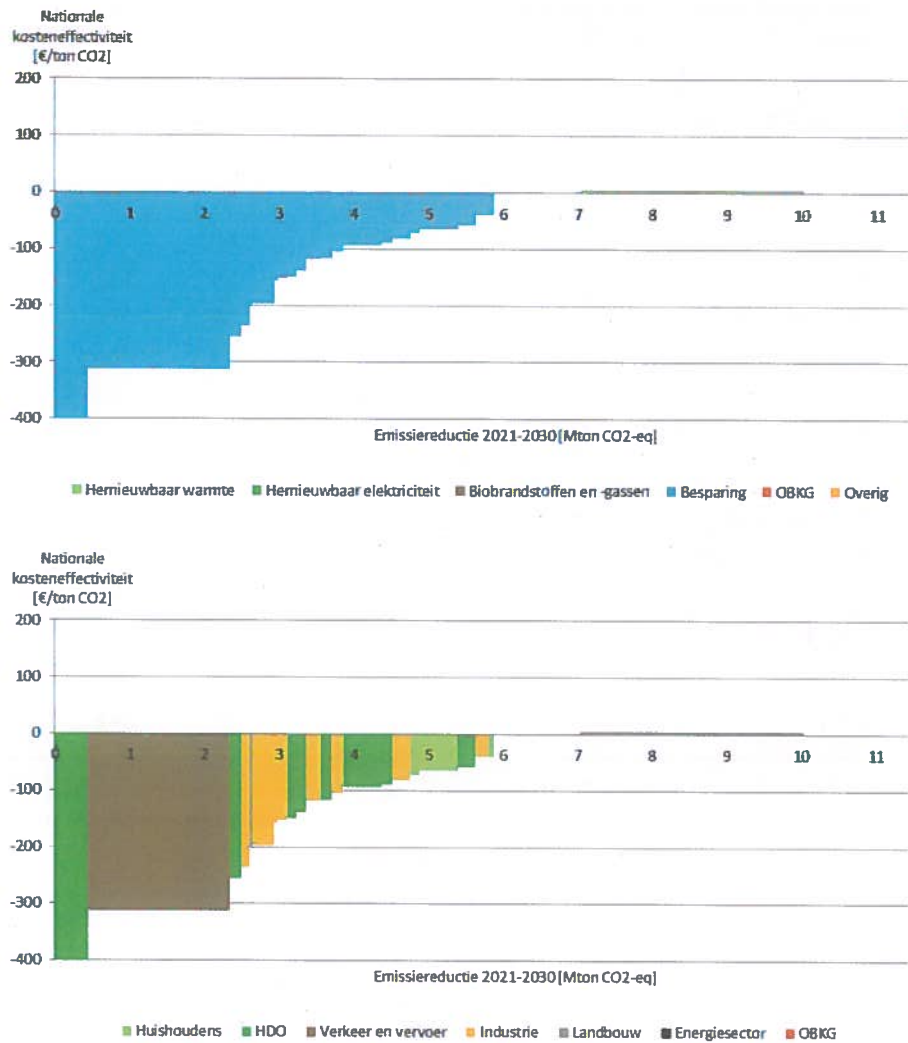
Beleidsvariant		Maximale reductie		
		A	B	C
Nationale kosten	(mln. euro)	1.937	6.195	13.068
Kosten marginale optie	(€/ton)	11.814	22.619	31.322
Gemiddelde kosten	(€/ton)	278	417	574
Potentieel met negatieve kosten	(megaton)	4,5	5,7	4,8
Potentieel met positieve kosten	(megaton)	34,4	77,9	129,9
Nationale kosten van opties met negatieve kosten	(mln. euro)	-164	-146	-129
Nationale kosten van opties met positieve kosten	(mln. euro)	2.102	6.341	13.197
Potentieel per sector				
Huishoudens	(megaton)	12,7	33,1	49,2
HDO	(megaton)	6,0	9,1	11,6
Industrie	(megaton)	2,8	3,9	4,8
Verkeer en vervoer	(megaton)	5,3	10,8	31,1
Landbouw energie*	(megaton)	4,3	7,4	12,8
Landbouw OBKG	(megaton)	7,8	18,3	23,9
Energiesector*	(megaton)	0,0	1,0	1,2
Totaal	(megaton)	38,9	83,6	134,7
Potentieel per categorie				
Hernieuwbaar warmte	(megaton)	6,9	20,6	31,4
Biobrandstoffen en - gassen	(megaton)	1,8	4,4	7,6
Besparing	(megaton)	11,8	23,7	51,3
OBKG	(megaton)	7,8	18,3	23,9
Overig	(megaton)	10,6	16,6	20,5
Totaal	(megaton)	38,9	83,6	134,7

*Een deel van de emissiereducties van opties in deze sectoren betreft de productie van groen gas. De effecten hiervan zullen neerslaan in alle verbruikssectoren.

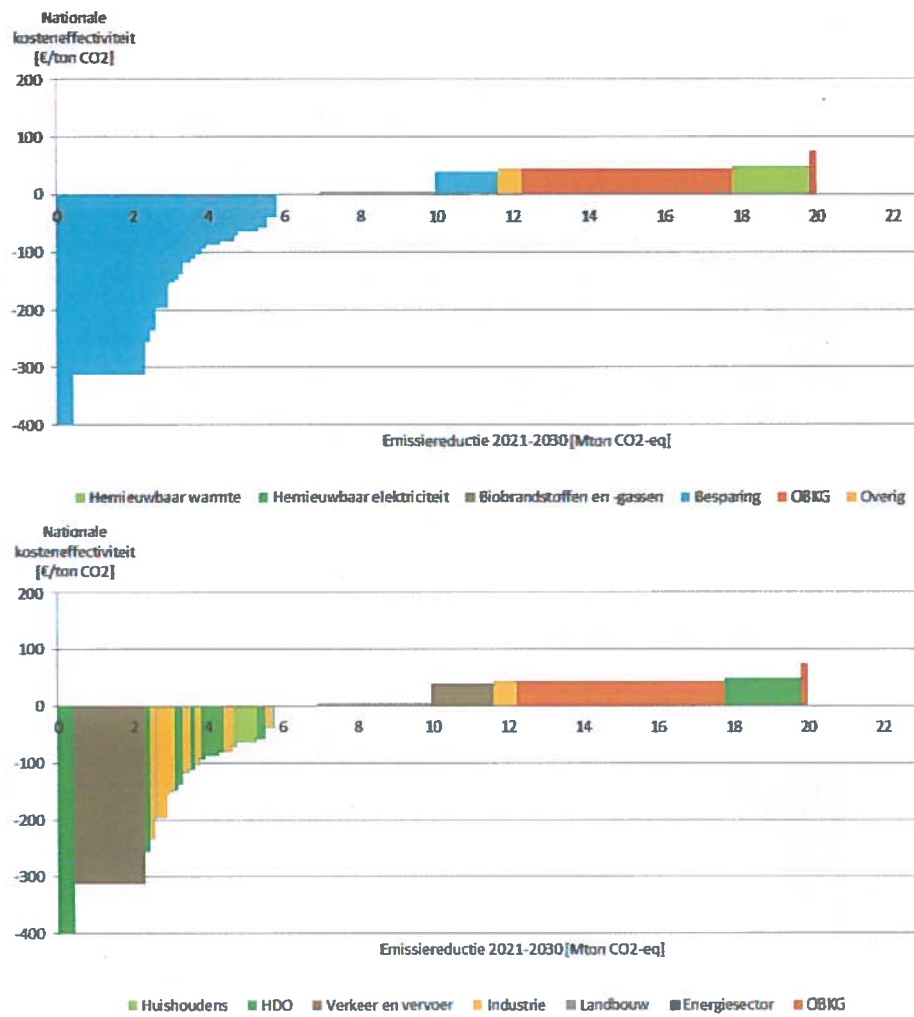
Bijlage G. Kostencurves

In deze bijlage worden de kostencurves getoond behorende bij cumulatieve beleidsopgaves van 10, 20, 30, 40, 50, 60 en 70 megaton CO₂-equivalenten, bij beleidsintensiteit B. Tevens worden de curves getoond bij inzet van al het ontsluitbare potentieel. Steeds wordt per curve eerst de opsplitsing naar reductie categorie getoond en vervolgens de opsplitsing naar sector.

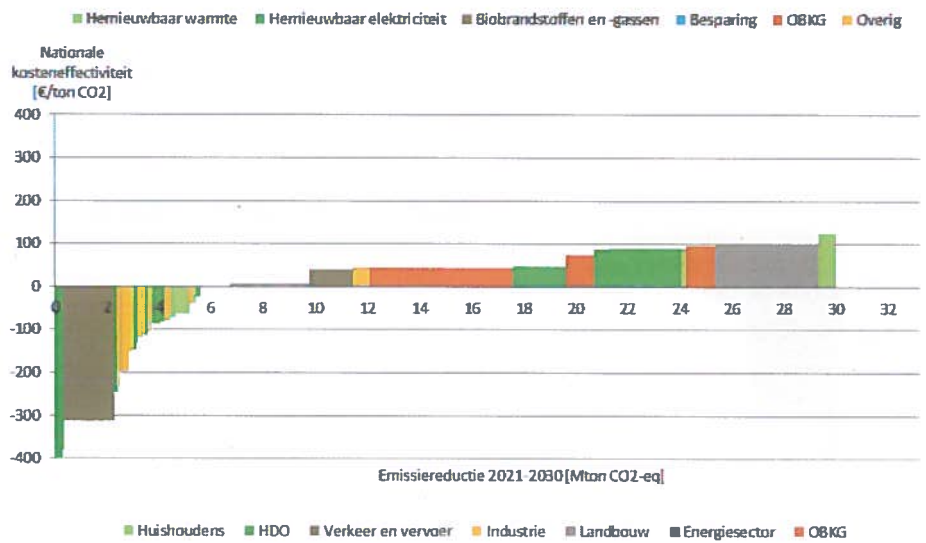
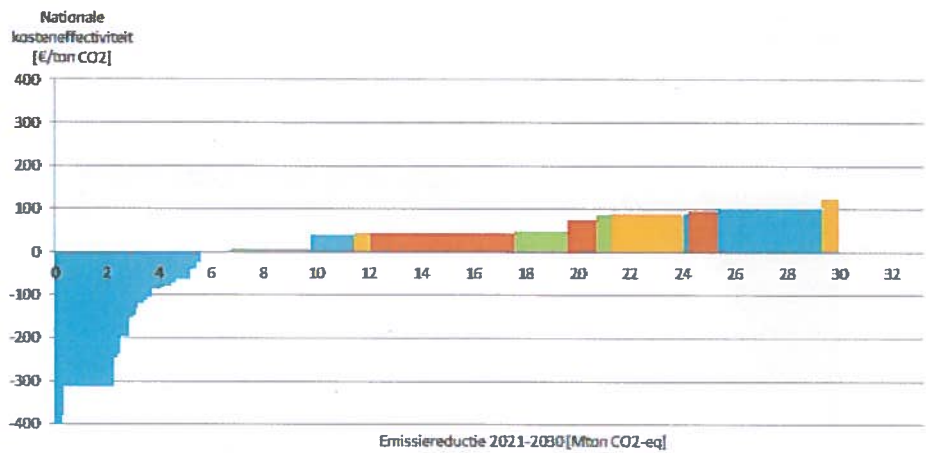
Figuur 14: Kostencurve bij beleidsopgave van 10 megaton, beleidsvariant B



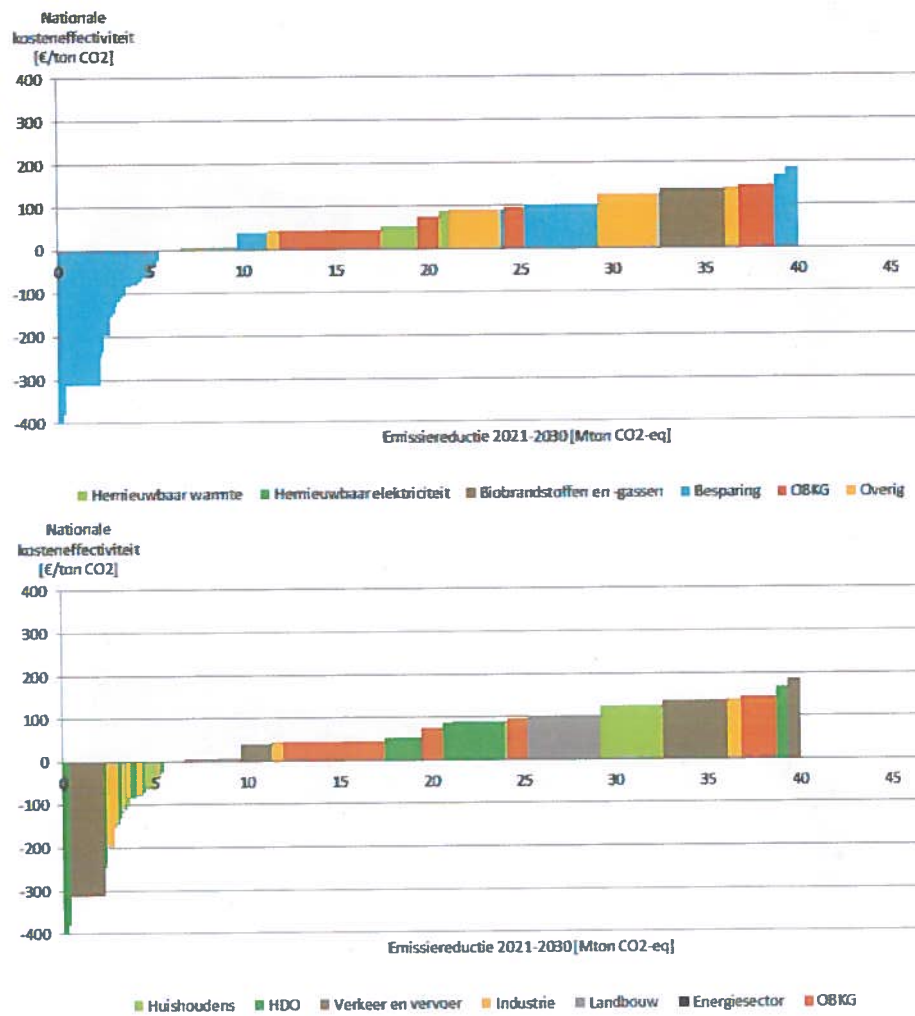
Figuur 15: Kostencurve bij beleidsopgave van 20 megaton, beleidsvariant B



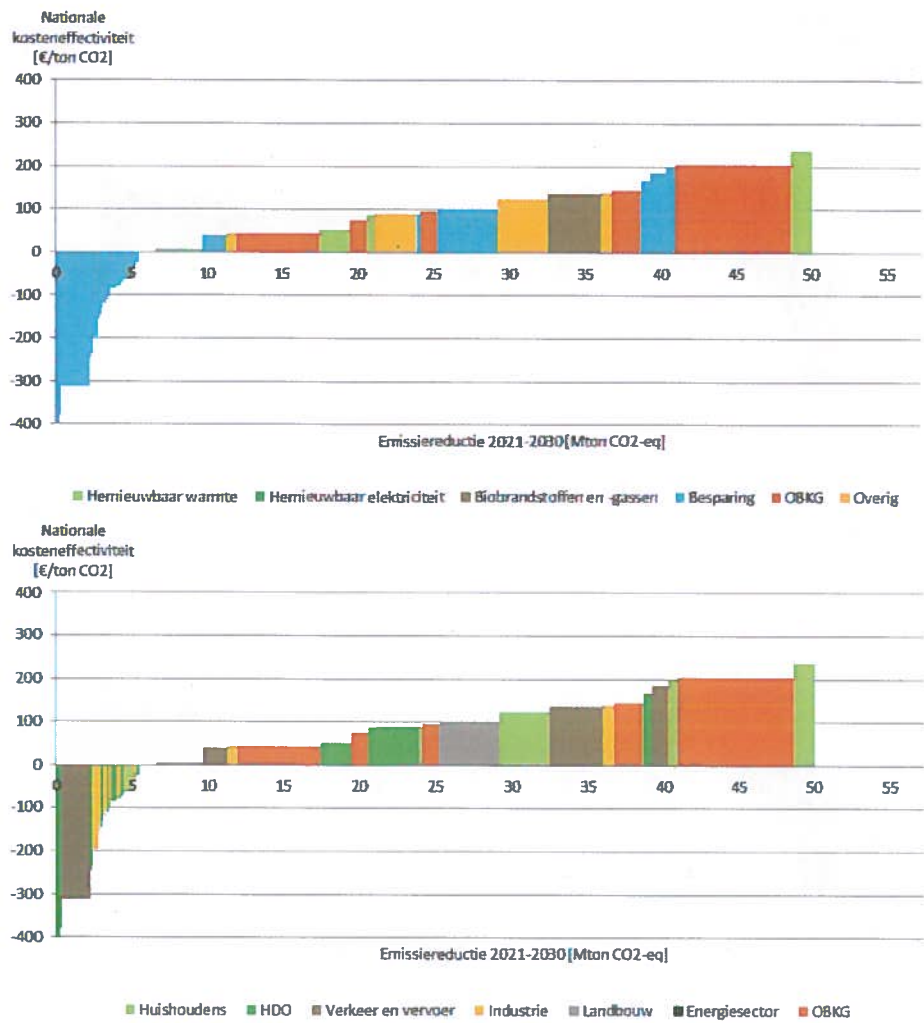
Figuur 16: Kostencurve bij beleidsopgave van 30 megaton, beleidsvariant B



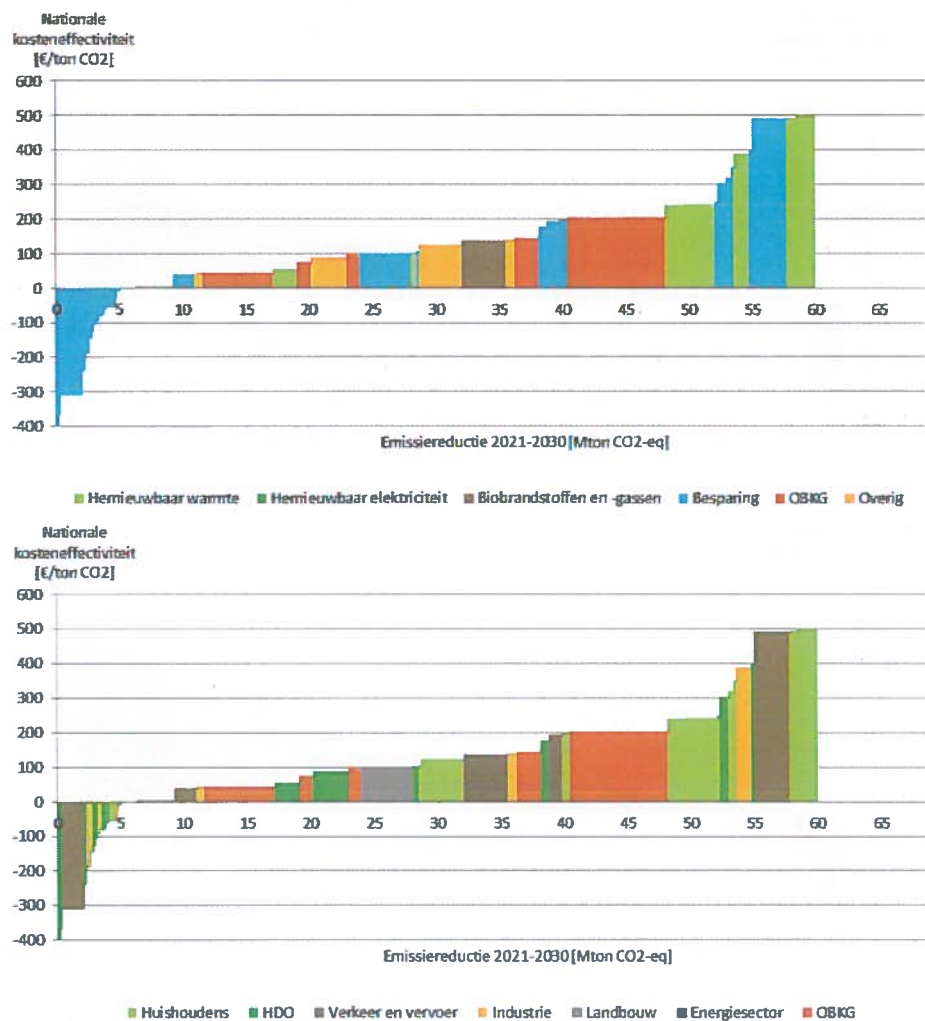
Figuur 17: Kostencurve bij beleidsopgave van 40 megaton, beleidsvariant B



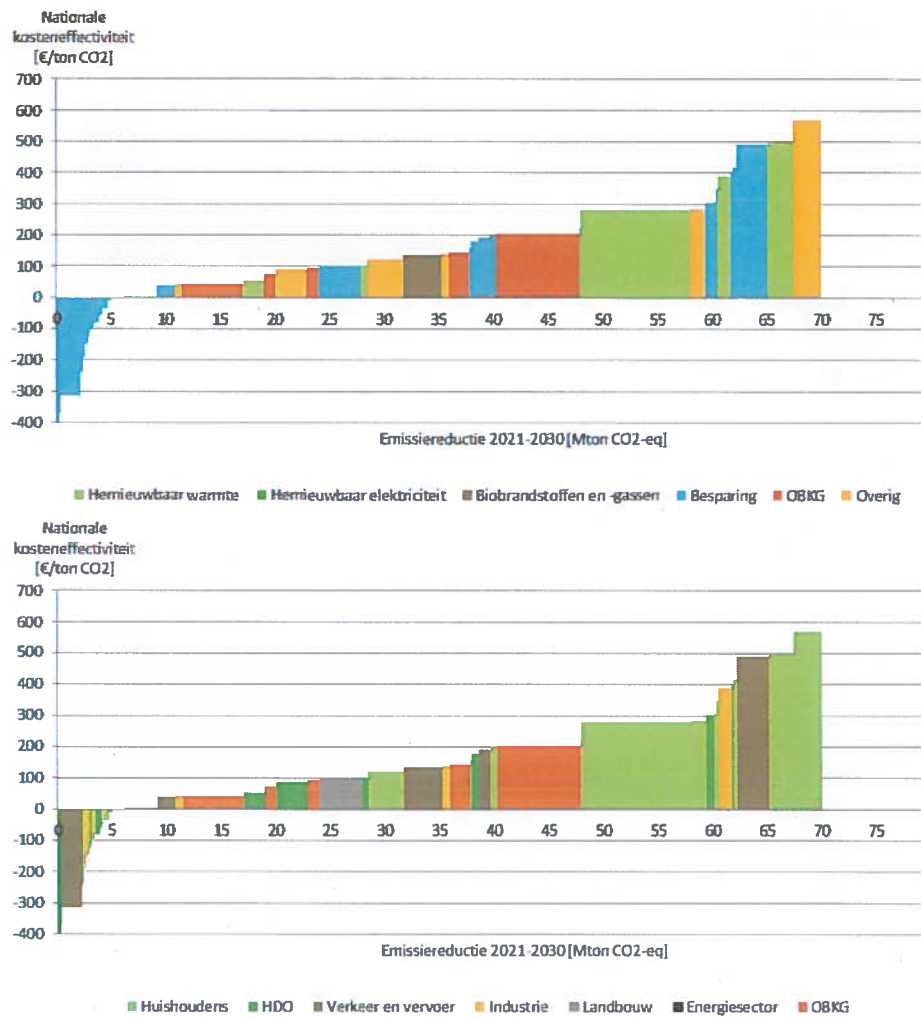
Figuur 18: Kostencurve bij beleidsopgave van 50 megaton, beleidsvariant B



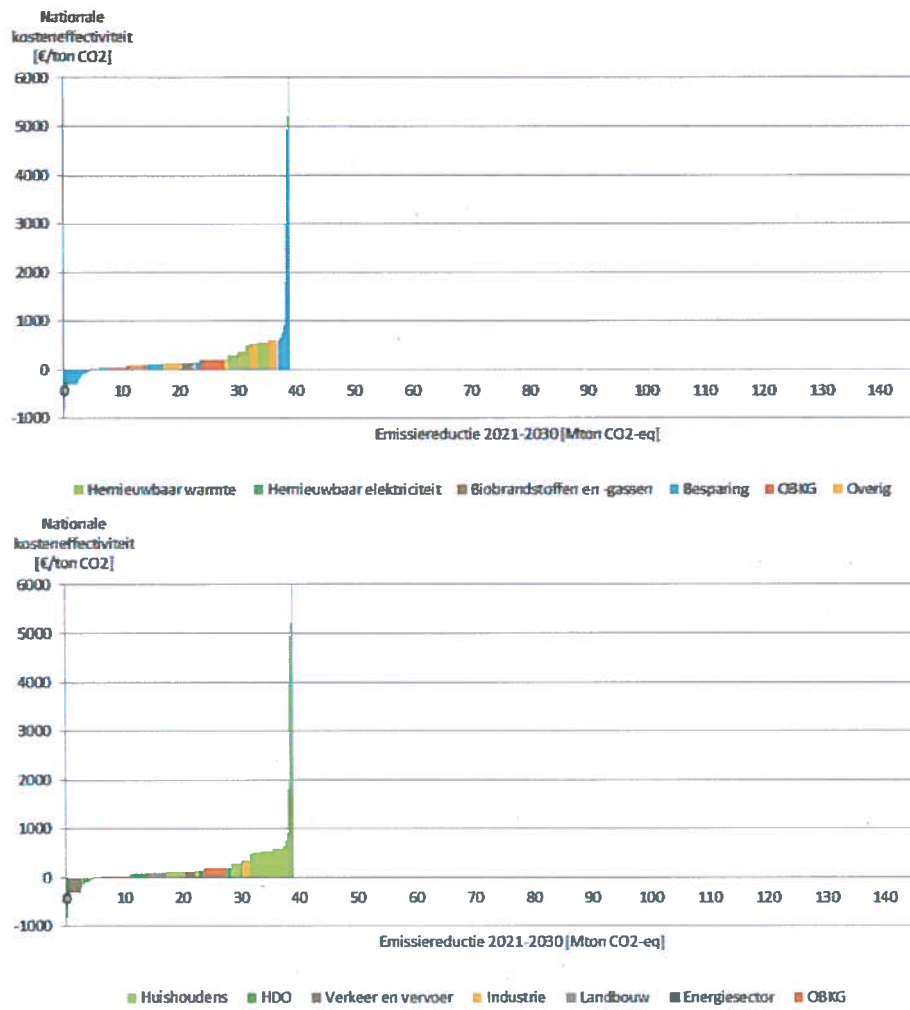
Figuur 19: Kostencurve bij beleidsopgave van 60 megaton, beleidsvariant B

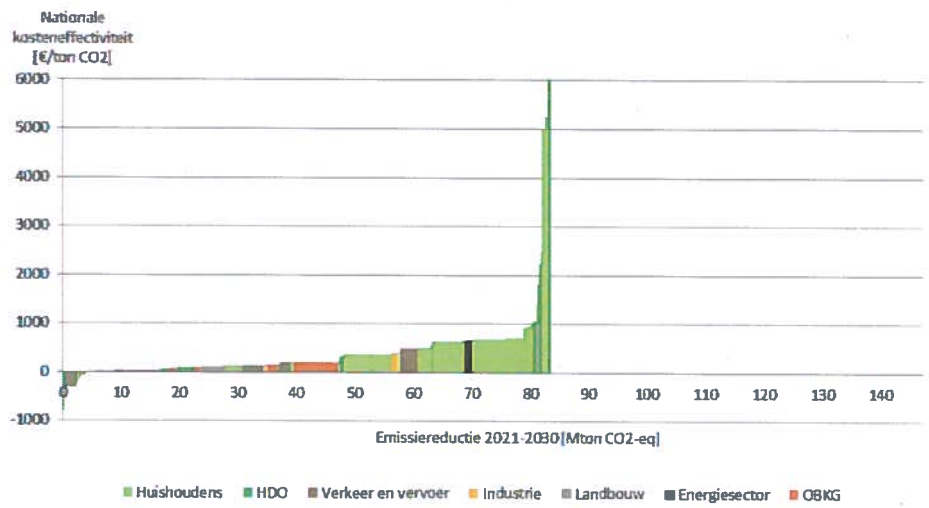
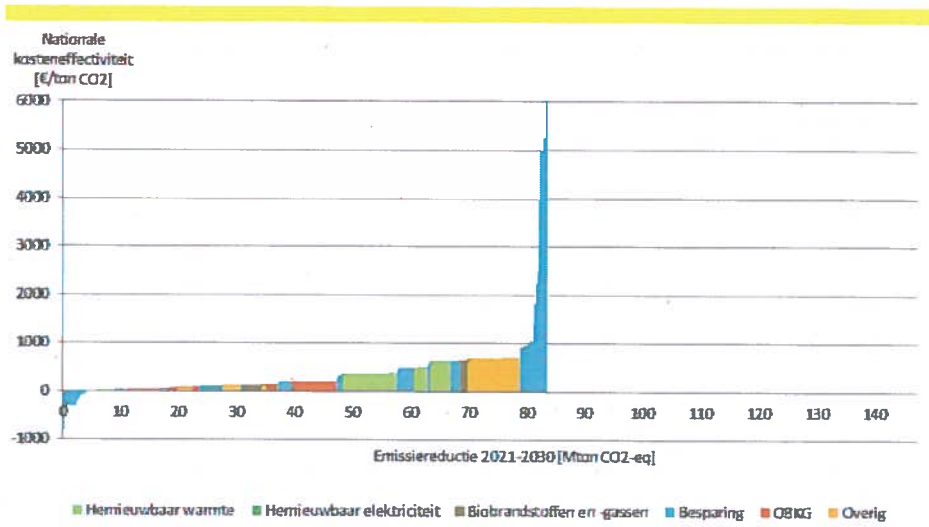


Figuur 20: Kostencurve bij beleidsopgave van 70 megaton, beleidsvariant B

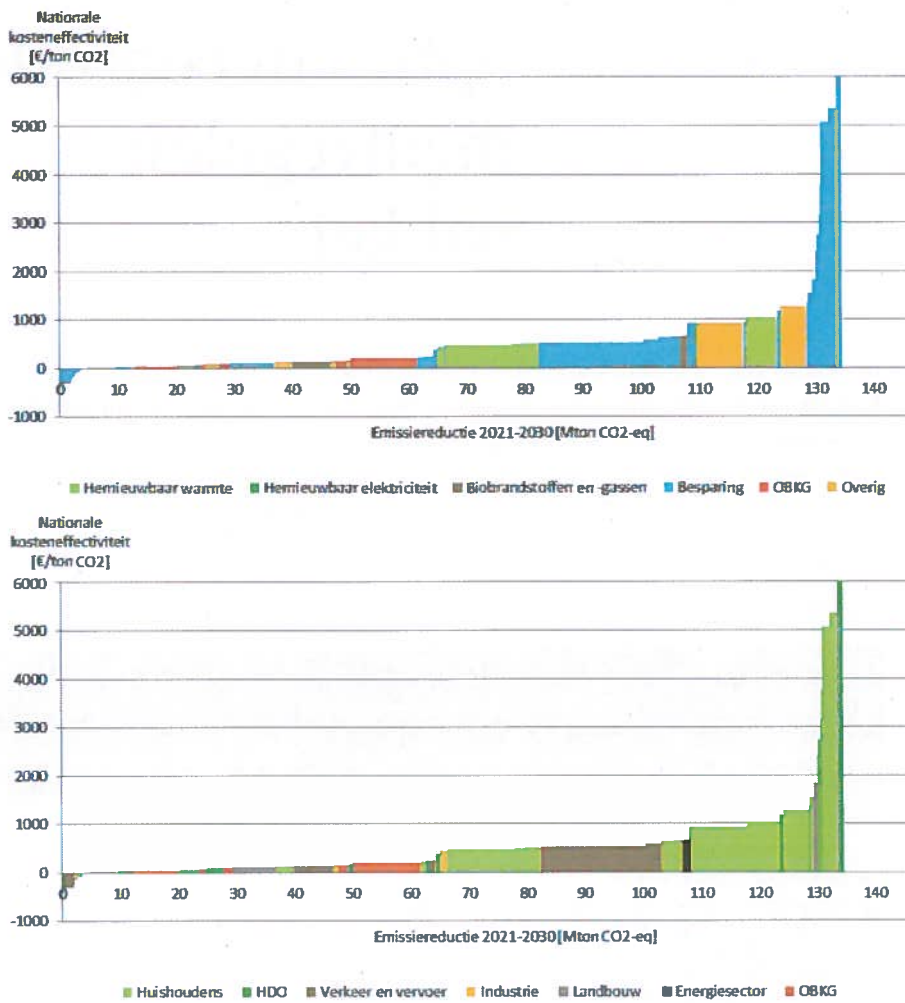


Figuur 21: Kostencurve bij inzet al het ontsluitbare potentieel, beleidsvariant A





Figuur 23: Kostencurve bij inzet al het ontsluitbare potentieel, beleidsvariant C



Bijlage H. Individuele opties in centrale maatregelenpakket

Deze tabel geeft een detailoverzicht van de maatregelen in het maatregelenpakket en hun bijdrage aan de cumulatieve beleidsopgave. Tevens worden de momentane effecten en kosteneffectiviteit in 2030 per optie getoond. Door afronding worden kleine momentane effecten van opties die kleiner zijn dan 0,05 megaton als 0,0 weergegeven. Voor een beschrijving van de opties wordt verwezen naar Bijlage E.

Tabel 44: Detailoverzicht maatregelen en bijdrage aan cumulatieve beleidsopgave

Optie	Sector	Deel-sector	Cum. effect 2021-2030	Effect 2030	Kosten effectiviteit
			(megaton CO ₂ -eq)	(megaton CO ₂ -eq)	(€/ton in 2030)
Totaal			20,0	3,5	-29
Energieverbruik registratie en ondernemen acties	HDO	WMb	0,2	0,0	-800
Gebruikstijden instellen	HDO	WMb	0,1	0,0	-418
Energieverbruik registratie en ondernemen acties	HDO	Niet WMb	0,2	0,0	-404
Toepassing zuiniger banden	Verkeer en vervoer	wegverkeer	1,9	0,2	-312
Gebruikstijden instellen	HDO	Niet WMb	0,1	0,0	-255
Procefefficiency industrie 0 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,1	0,0	-236
Aanpassen/optimaliseren veldwerk	Landbouw	Grondgebonden activiteiten	0,0	0,0	-202
Procefefficiency industrie 1 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,3	0,1	-197
Procefefficiency industrie 2 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,1	0,0	-156
Ketenefficiency: recycling 1 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,1	0,0	-152
Weerafhankelijke regeling	HDO	WMb	0,1	0,0	-147
Weerafhankelijke regeling	HDO	Niet WMb	0,1	0,0	-139
Procefefficiency industrie 3 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,2	0,0	-119
Optimaliserende regeling	HDO	WMb	0,1	0,0	-112
Ketenefficiency: recycling 2 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,2	0,0	-104
Optimaliserende regeling	HDO	Niet WMb	0,1	0,0	-94

Optie	Sector	Deel- sector	Cum. effect 2021- 2030	Effect 2030	Kosten effec- tiviteit
			(megaton CO ₂ -eq)	(megaton CO ₂ -eq)	(€/ton in 2030)
Controleren of binnen- en buitenvoelers op een representatieve plek zijn geïnstalleerd	HDO	WMb	0,4	0,1	-86
Waterzijdig inregelen	HDO	WMb	0,1	0,0	-81
Proceefficiency industrie 4 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,3	0,0	-81
Gas WKK vervangen door gasketels niet-ETS	Landbouw	Glastuinbouw niet-ETS	0,0	0,0	-77
Spouwmuurisolatie	Huishoudens	Bestaande bouw Hr	0,1	0,0	-71
Spouwmuurisolatie	Huishoudens	Bestaande bouw Kp	0,5	0,1	-63
Controleren of binnen- en buitenvoelers op een representatieve plek zijn geïnstalleerd	HDO	Niet WMb	0,1	0,0	-58
Waterzijdig inregelen	HDO	Niet WMb	0,1	0,0	-58
Proceefficiency industrie 5 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,2	0,0	-40
Buitengevelisolatie	Huishoudens	Bestaande bouw Hr	0,1	0,0	-39
Levensduurverlenging melkvee	Landbouw	OBKG	1,1	0,2	0
Proceefficiency industrie 6 niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,1	0,0	2
Geothermie kassen niet-ETS	Landbouw	Glastuinbouw niet-ETS	3,0	0,5	6
Fiscale stimulering FEVs na 2020	Verkeer en vervoer	wegverkeer	1,6	0,3	40
Elektrificatie, trendmatig niet-ETS	Industrie	Alle niet-ETS	0,7	0,1	44
Mestverwerking via methaanoxidatie	Landbouw	OBKG	5,5	1,0	44
Warmtenetten kassen niet-ETS	Landbouw	Glastuinbouw niet-ETS	0,0	0,0	44
WP lucht-water groot (10-70 kW)	HDO	WMb	2,1	0,4	49
Nitrificatieremmers	Landbouw	OBKG	0,2	0,0	75



ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

T 088 515 4949

F 088 515 8338

info@ecn.nl

www.ecn.nl

