



---

# Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030: gevolgen voor economie en emissies

Een analyse voor de Europese Unie  
en Nederland met het algemeen-  
evenwichtsmodel WorldScan

---



## Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030: gevolgen voor economie en emissies



# **Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030: gevolgen voor economie en emissies**

Een analyse voor de Europese Unie en Nederland met het algemeen-evenwichtsmodel WorldScan

Corjan Brink en Winand Smeets

**Europese doelen voor lucht, klimaat en energie  
in 2030: gevolgen voor economie en emissies.  
Een analyse voor de Europese Unie en Nederland  
met het algemeen-evenwichtsmodel WorldScan**  
© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2017  
PBL-publicatienummer: 1950

**Contact**

Corjan Brink [corjan.brink@pbl.nl]

**Auteurs**

Corjan Brink en Winand Smeets

**Redactie figuren**

Beeldredactie PBL

**Eindredactie en productie**

Uitgeverij PBL

De auteurs danken Jeroen Peters (PBL) en Wolfgang Schöpp (IIASA) voor hun bijdrage aan dit rapport. Verder danken we Pieter Boot, Olav-Jan van Gerwen, Ton Manders en Jos Notenboom (allen PBL) en diverse beleidsambtenaren van de ministeries van Infrastructuur en Milieu en Economische Zaken voor hun commentaar op eerdere versies van deze studie.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Brink, C. & W. Smeets (2017), *Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030: gevolgen voor economie en emissies*, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

# Inhoud

## **SAMENVATTING 10**

## **VERDIEPING**

### **1 Inleiding 18**

- 1.1 Aanleiding 18
- 1.2 Doel studie 19
- 1.3 Gebruik van het model WorldScan 19
- 1.4 Leeswijzer 20

### **2 Europees lucht-, klimaat- en energiebeleid 22**

- 2.1 Europees klimaat- en energiebeleid 22
- 2.2 EU-luchtbeleid 25

### **3 Aanpak studie en varianten van beleidsdoelen 28**

- 3.1 Aanpak 28
- 3.2 Varianten van beleidsdoelen 30

### **4 Resultaten 36**

- 4.1 Kernvarianten 36
- 4.2 Deelvarianten klimaat en energie 51

## **Literatuur 60**

## **Bijlagen 63**

- 1 Uitgangspunten en aanpak modelanalyse 63
- 2 Indicatoren voor economische effecten 70
- 3 Gedetailleerde resultaten 72





SAMENVAATTING

SAVVAVMAAS

# Samenvatting

## Achtergrond

In de Europese Unie zijn in 2016 afspraken gemaakt over een verdere vermindering van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Deze afspraken zijn vastgelegd in reductiedoelen voor 2030 ten opzichte van 2005 (*herziening NEC-richtlijn*). Daarnaast staat voor de periode 2021-2030 nieuw beleid voor klimaat en energie in de steigers. De Europese Commissie heeft in 2015 en 2016 verschillende voorstellen gedaan om het Europese klimaat- en energiebeleid aan te scherpen; daarover wordt momenteel onderhandeld. In de voorstellen wordt het doel om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met ten minste 40 procent te hebben verminderd ten opzichte van 1990 vertaald naar een reductiedoel ten opzichte van 2005: 43 procent voor sectoren die onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) vallen en 30 procent voor de overige (niet-ETS-)sectoren. Ook zijn doelen voorgesteld voor hernieuwbare energie (een aandeel van 27 procent in 2030) en energiebesparing (30 procent ten opzichte van het verwachte energieverbruik in 2030 volgens een projectie uit 2007).

In de beleidsdiscussie rond de herziening van de NEC-richtlijn heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) verzocht te onderzoeken wat de economische gevolgen zijn van de reductiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen die voor 2030 zijn afgesproken. Stakeholders uit het bedrijfsleven hebben verzocht de studie niet te beperken tot luchtverontreiniging alleen, maar daarbij ook de voorstellen voor aanscherping van het klimaat- en energiebeleid na 2020 te betrekken. Op die manier ontstaat meer inzicht in de economische gevolgen van de stapeling van beleidsvoornemens.

Met deze studie verkent het PBL wat in 2030 de mogelijke economische gevolgen en effecten op emissies zijn van de Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie. Deze beleidsdoelen zijn daarbij afzonderlijk en in combinatie geanalyseerd. Zo geeft de studie inzicht in

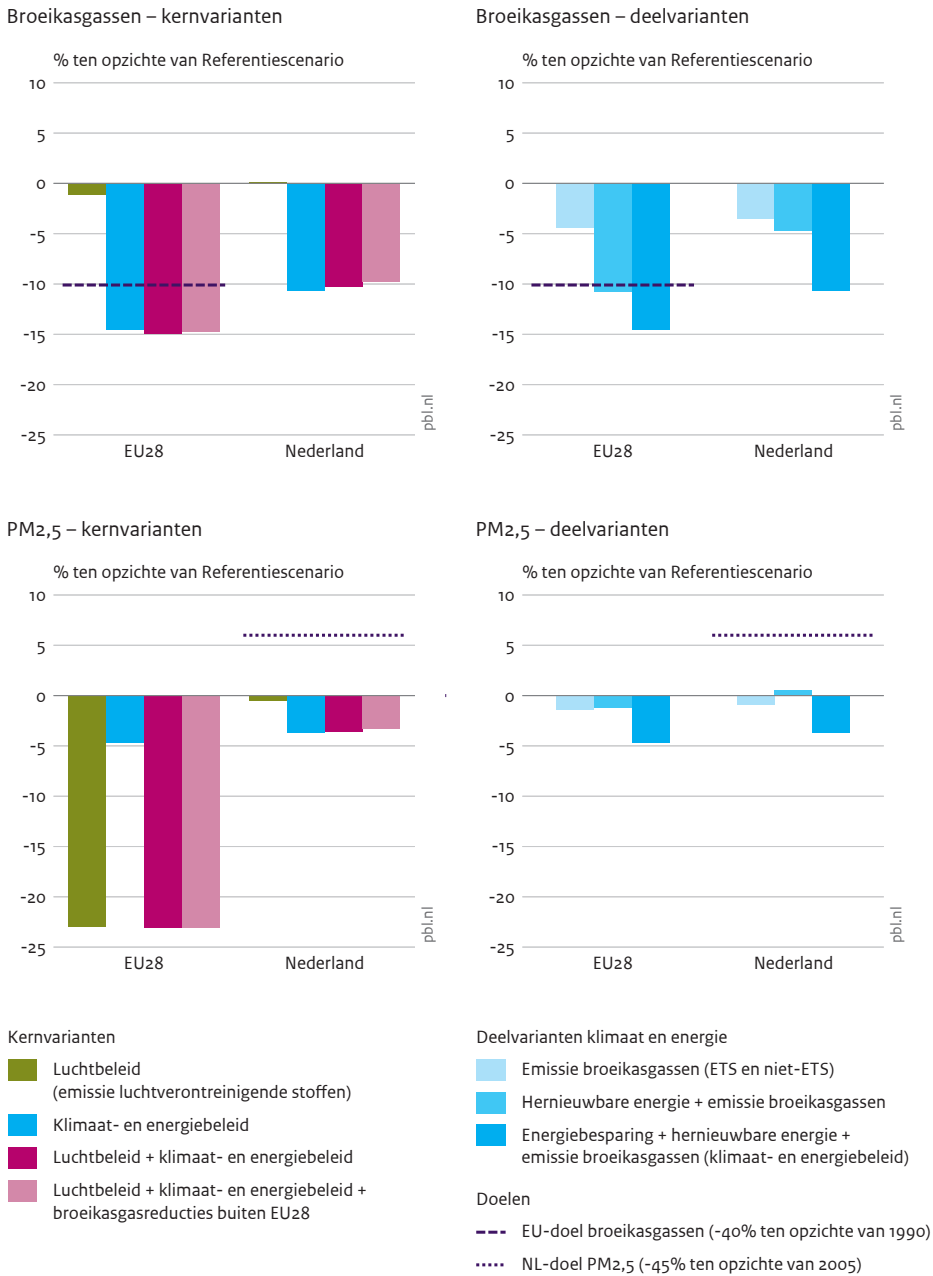
zowel het totale effect als de verschillen in kosten en emissiereducties tussen verschillende beleidsdoelen. Effecten op economie en emissies zijn voor de Europese Unie (EU) en Nederland berekend met het algemeen-evenwichtsmodel WorldScan, tegen de achtergrond van een Referentiescenario met alleen vastgesteld beleid. WorldScan is een macro-economisch model waarmee de doorwerking van beleid in de wereldeconomie, per land en per sector, kan worden geanalyseerd.

## Het Europese lucht-, klimaat- en energiebeleid 2030 leidt tot reducties van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen ...

Om de nieuwe Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie in 2030 te kunnen halen zijn maatregelen nodig. Denk aan energiebesparing, een verschuiving naar hernieuwbare energie en technische luchtmaatregelen zoals de toepassing van katalysatoren en emissiearme aanwendingstechnieken voor mest. Alle maatregelen bij elkaar zorgen ervoor dat in 2030 de uitstoot van broeikasgassen in de Europese Unie met 15 procent is afgenomen in vergelijking met het Referentiescenario. Daarmee voldoet de Europese Unie ruim aan haar reductietoezegging voor 2030 volgens het Parijsakkoord, namelijk 40 procent ten opzichte van 1990 (figuur 1).

De uitstoot van luchtverontreinigende stoffen in de Europese Unie is in 2030 in vergelijking met het Referentiescenario verminderd met 24 procent voor fijnstof (PM<sub>2,5</sub>; zie figuur 1), met 24 procent voor zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), met 13 procent voor stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), met 11 procent voor ammoniak (NH<sub>3</sub>) en met 3 procent voor vluchtige organische stoffen met uitzondering van methaan (NMVOS). Door het klimaat- en energiebeleid neemt de uitstoot van stikstofoxiden in die landen daarmee meer af dan nodig is om de afgesproken reductiedoelen te realiseren. Reducties voor overige stoffen zijn in lijn met de afgesproken emissiedoelen.

Figuur 1  
**Emissie-effecten bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie per variant, 2030**



**... maar ook tot kosten voor de Europese Unie van circa 0,4 procent van het Europees inkomen**

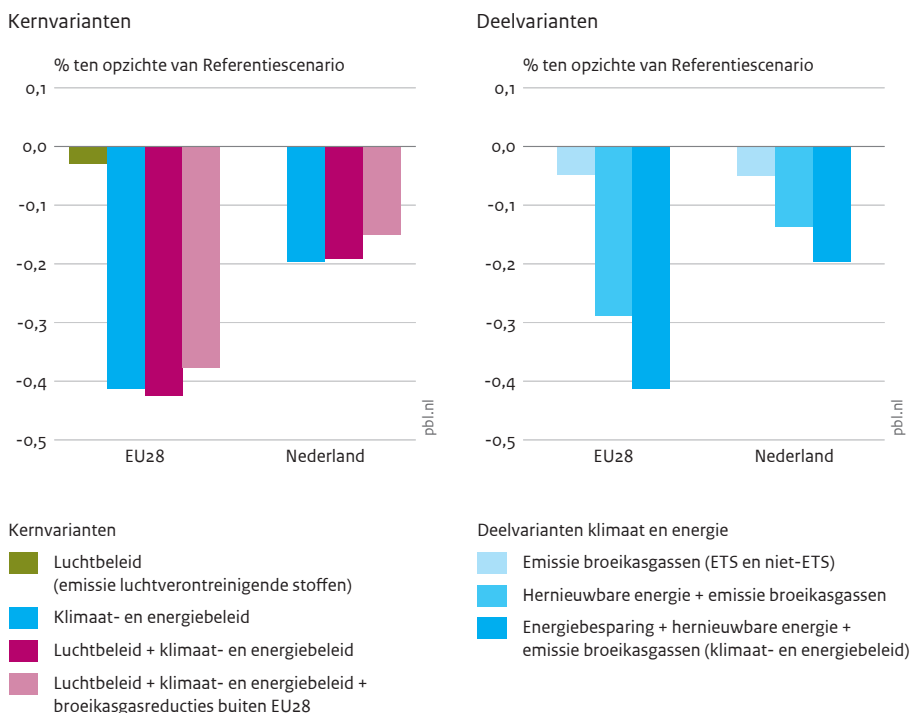
De uitvoering van het Europese lucht-, klimaat- en energiebeleid brengt ook kosten met zich mee. In deze studie is het inkomensverlies voor de Europese Unie in 2030 berekend op 0,4 procent van het Europees inkomen in 2030 in het Referentiescenario (figuur 2). Dit effect wordt gedomineerd door de kosten van het klimaat- en energiebeleid. Het inkomensverlies door het klimaat- en energiebeleid is meer dan tien maal zo groot als dat

van het luchtbeleid. De afgesproken doelen voor luchtverontreinigende stoffen kunnen grotendeels worden gerealiseerd met relatief goedkope technische maatregelen.

**Kosten van lucht-, klimaat- en energiebeleid in Nederland zijn minder dan het EU-gemiddelde**

In Nederland is het inkomensverlies in 2030 met 0,2 procent minder groot dan het gemiddelde inkomensverlies in de Europese Unie (0,4 procent).

**Figuur 2**  
**Inkomenseffecten bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie per variant, 2030**



Bron: PBL model WorldScan

Dat komt vooral doordat de Nederlandse economie relatief sterk exportgeoriënteerd is. Daardoor kunnen de extra kosten in Nederland meer dan elders in de Europese Unie op het buitenland worden afgewenteld. In Nederland neemt de uitstoot van broeikasgassen in 2030 af met 10 procent in vergelijking met het Referentiescenario.

Het inkomensverlies als gevolg van de aanscherping van alleen het luchtbeleid is in Nederland nagenoeg nul. Dat komt doordat Nederland, in tegenstelling tot andere landen, nauwelijks een extra inspanning hoeft te leveren om aan de reductiedoelen voor 2030 te voldoen. Dit leidt tot een concurrentievoordeel voor Nederlandse bedrijven. Vooral de landbouwsector profiteert hiervan.

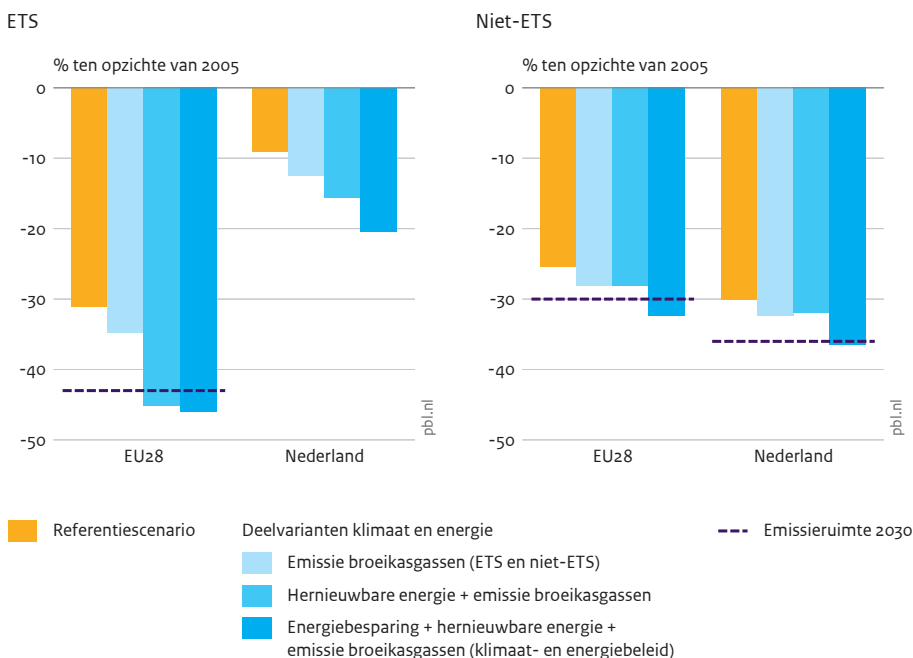
### Broeikasgasreductie en kosten door voorgesteld Europees klimaat- en energiebeleid zijn vooral het gevolg van de doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing

De broeikasgasreductie in 2030 die met het Europese klimaat- en energiebeleid wordt behaald, is vooral het gevolg van de voorgestelde doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing en veel minder van de doelen voor broeikasgasreductie (figuur 1). Met alleen de voorgestelde doelen voor broeikasgasreductie door ETS- en niet-ETS-sectoren is de emissie van broeikasgassen in de Europese Unie in 2030 met 4 procent

gedaald ten opzichte van het Referentiescenario. Deze daling wordt vooral gerealiseerd door een verschuiving van kolen naar gas in de elektriciteitssector, door reductie van niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen en door energiebesparing. Toevoeging van het doel voor hernieuwbare energie leidt tot een verschuiving in de opwekking van elektriciteit van fossiele brandstoffen naar wind, zon en biomassa. Het opleggen van een doel voor energiebesparing zorgt voor verdere energiebesparing. Door beide energiedoelen loopt de broeikasgasreductie op naar 15 procent (figuur 1). De energiedoelen leveren zo een bijdrage aan de energietransitie die verder gaat dan met alleen de doelen voor broeikasgasreductie zou worden gerealiseerd.

Niet alleen de emissiereductie, maar ook de kosten van het Europese klimaat- en energiebeleid worden vooral veroorzaakt door de doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing en veel minder door de doelen voor broeikasgasreductie (figuur 2). Een aanscherping van alleen de EU-doelen voor broeikasgasreductie leidt voor de Europese Unie tot een inkomensverlies van 0,05 procent. Dit verlies loopt op naar 0,3 procent als ook het EU-doel voor hernieuwbare energie wordt opgelegd. Het inkomensverlies stijgt naar 0,4 procent als, bovenop de voorgaande doelen, de EU-doelstelling voor totaal finaal energieverbruik wordt opgelegd.

Figuur 3  
Verandering van emissie broeikasgassen bij Europese beleidsdoelen klimaat en energie, 2005 – 2030



Bron: PBL model WorldScan

### Zonder de beleidsdoelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing valt de broeikasgasreductie in de Europese Unie in 2030 lager uit dan de voorgestelde ETS- en niet-ETS-reductiedoelen voor 2030

Wanneer alleen de voorstellen voor aanscherping van de ETS- en niet-ETS-doelen voor broeikasgasreductie in de modelberekeningen worden meegenomen, neemt de uitstoot van broeikasgassen in 2030 af met 36 procent ten opzichte van 1990. Hiermee valt de in 2030 gerealiseerde broeikasgasreductie lager uit dan het door de Europese Unie afgesproken doel van 40 procent (figuur 1). Dit wordt verklaard doordat de voorstellen voor ETS en niet-ETS niet de uitstoot in het doeljaar 2030 begrenzen, maar de emissieruimte voor een reeks van jaren. Binnen deze budgetperiode bieden de voorstellen de mogelijkheid om in de tijd te schuiven met emissies. Voor zowel ETS als niet-ETS is er in 2030 ruimte om de emissie minder ver te hebben gereduceerd dan de reductiedoelen voor dat jaar, doordat de uitstoot in eerdere jaren van de budgetperiode minder is dan de toegestane emissie. Als ook de doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing worden opgelegd, loopt de reductie ten opzichte van 1990 op naar 43 procent.

Voorgaande toelichting maakt duidelijk dat zonder de doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing de in 2030 gerealiseerde reductie voor zowel ETS-sectoren als voor niet-ETS-sectoren lager uitvalt dan de door de Europese Commissie voorgestelde doelen.

In sectoren die onder het EU ETS vallen, neemt de uitstoot van broeikasgassen in de Europese Unie met 35 procent af ten opzichte van 2005 (figuur 3). In de overige (niet-ETS-)sectoren is dat 28 procent. Ook in Nederland is de broeikasgasreductie door niet-ETS-sectoren minder dan het voorgestelde doel.

Het doel voor hernieuwbare energie, bovenop de doelen voor broeikasgasemissies, zorgt voor extra emissiereducties onder het EU ETS. Hierdoor is in sectoren die onder het EU ETS vallen, de emissiereductie in de Europese Unie in 2030 toegenomen tot 45 procent ten opzichte van 2005. Daarmee is de uitstoot in ETS-sectoren in 2030 minder groot dan de ETS-emissieruimte voor dat jaar (figuur 3). De vraag naar ETS-emissierechten neemt af, wat zorgt voor een lagere CO<sub>2</sub>-prijs in Europa.

Het doel voor energiebesparing heeft tot gevolg dat, zowel in de Europese Unie als in Nederland, de broeikasgasemissie in niet-ETS-sectoren in de periode 2021-2030 duidelijk binnen de door de Commissie voorgestelde emissieruimte voor deze sectoren blijft. Door het besparingsdoel is de emissiereductie in 2030 in niet-ETS-sectoren in de Europese Unie toegenomen tot 32 procent ten opzichte van 2005 (figuur 3). In Nederland is de met het besparingsdoel in 2030 gerealiseerde emissiereductie voor niet-ETS-sectoren toegenomen tot 37 procent ten opzichte van 2005, bij een voorgesteld niet-ETS-reductiedoel voor Nederland van 36 procent.

### **Klimaat- en energiebeleid draagt bij aan het realiseren van de emissiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen, waardoor de kosten van het luchtbeleid in de Europese Unie halveren**

Door veranderingen in het energiegebruik draagt het klimaat- en energiebeleid eraan bij dat de emissiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen worden gerealiseerd. Er zijn minder technische luchtmaatregelen nodig om de doelen voor luchtverontreinigende stoffen te halen. Zo wordt het reductiedoel voor stikstofoxiden in bijna alle landen in de Europese Unie al gerealiseerd met alleen het voorgestelde klimaat- en energiebeleid. In deze landen zijn geen technische luchtmaatregelen meer nodig voor stikstofoxiden.

Voor zwaveldioxide en vluchtige organische stoffen wordt door het klimaat- en energiebeleid het gat tussen de uitstoot in het Referentiescenario en de emissieplafonds in de landen met gemiddeld circa 60 procent gedicht en voor fijnstof en ammoniak met circa 20 procent. Wanneer de beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie gelijktijdig worden opgelegd, zorgt het klimaat- en energiebeleid voor deze stoffen niet voor meer emissiereductie. Omdat minder technische luchtmaatregelen nodig zijn om de doelen binnen bereik te brengen, halveren wel de kosten van het luchtbeleid in de Europese Unie.

### **In Nederland komen emissiedoelen voor luchtverontreiniging met ingezet beleid al binnen bereik; klimaat- en energiebeleid leidt tot een verdere verbetering van de luchtkwaliteit**

In Nederland worden de emissiedoelen voor zwaveldioxide, fijnstof, ammoniak en vluchtige organische stoffen voor 2030 met het vastgestelde nationale luchtbeleid in het Referentiescenario al gehaald. Door de klimaat- en energiedoelen neemt de uitstoot van deze stoffen in Nederland verder af. Omdat de gezondheidsschade door luchtverontreiniging ook bij emissieniveaus onder de afgesproken plafonds optreedt, draagt de verdere verlaging van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door klimaat- en energiebeleid bij aan een verdere vermindering van de gezondheidsschade in Nederland.

De gezondheidsbaten van het klimaat- en energiebeleid kunnen verder worden vergroot wanneer rekening wordt gehouden met de baten van schonere lucht. Niet alle klimaat- en energiematregelen helpen namelijk de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen verminderen. Zo zal het vervangen van aardgas door biomassa in kleinere stookinstallaties en in de gebouwde omgeving juist tot meer luchtverontreiniging leiden.

### **Minder productie in vervuilende sectoren door lucht-, klimaat- en energiebeleid**

De gevolgen van het lucht-, klimaat- en energiebeleid lopen sterk uiteen voor verschillende sectoren in de Europese Unie. Bedrijven zullen de kosten van beleid doorberekenen aan hun afnemers. Daardoor zullen vooral producten uit sectoren die veel energie verbruiken en veel uitstoot veroorzaken, duurder worden. De vraag naar deze producten zal dan afnemen en de minder vervuilende producten worden aantrekkelijker. Ook zal de import toenemen van producten uit landen buiten de Europese Unie, waar bedrijven geen of minder kosten voor milieubeleid hoeven te maken.

De productie in de elektriciteitssector en de transportsector daalt in de Europese Unie met 5 procent en in de landbouwsector en de energie-intensieve industrie met 3 procent. De dienstensector gaat juist meer produceren omdat deze relatief schoon produceert en de prijs van diensten minder stijgt door de beleidsveranderingen dan de prijzen van veel andere producten.

### **Werkgelegenheid verschuift van vervuilende naar minder vervuilende productie**

Door veranderingen in de productie verandert ook de werkgelegenheid in sectoren. Door het beleid verschuiven banen van de industrie, de transportsector en de landbouw naar de dienstensector en elektriciteitssector. Hoewel de totale productie van elektriciteit afneemt, neemt het aantal banen in de elektriciteitssector in de Europese Unie toe doordat de opwekking van hernieuwbare elektriciteit arbeidsintensiever is dan de opwekking van elektriciteit in kolen- en gascentrales.

De verschuivingen in werkgelegenheid hebben betrekking op 0,1-0,2 procent van de totale werkgelegenheid in de economie. Op een totaal van 215 miljoen voltijdsbanen in de Europese Unie gaat het dan om verschuivingen van enkele honderdduizenden banen. In Nederland gaat het om verschuivingen van enkele tienduizenden banen, op een totaal van 8 miljoen voltijdsbanen. Deze verschuivingen gaan gepaard met aanpassingskosten. Op de korte termijn zullen werknemers werkloos raken en op zoek moeten naar een andere baan. Ook zullen werknemers moeten worden omgeschoold om op andere plekken in de economie te kunnen worden ingezet.

### **Als landen buiten de Europese Unie hun reductie-toezeggingen in het Parijsakkoord voor 2030 ook nakomen, nemen de kosten voor de Europese Unie af**

Wanneer ook landen elders in de wereld hun toezeggingen uit het Parijsakkoord om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 te hebben verminderd omzetten in concreet beleid, wordt het concurrentienadeel van Europese bedrijven minder groot. Daardoor zal het inkomensverlies in de Europese Unie als gevolg van het lucht-, klimaat- en energiebeleid circa 10 procent kleiner zijn dan wanneer het beleid in deze landen niet verandert (figuur 2). Omdat de Nederlandse economie relatief sterk export-georiënteerd is, heeft Nederland meer voordeel van internationale afspraken over klimaatbeleid dan gemiddeld in Europa. Het inkomensverlies in Nederland zal met het nakomen van internationale afspraken in de wereld circa 20 procent kleiner zijn dan wanneer het beleid in de rest van de wereld niet verandert (figuur 2).

### **Kanttekeningen bij de modelanalyse**

Bij de modelanalyses in deze studie past een aantal kanttekeningen. Ten eerste is WorldScan een macro-economisch model dat detail mist om de inzet van specifieke technische maatregelen binnen sectoren te analyseren en om in beeld te brengen welke specifieke activiteiten binnen sectoren zouden kunnen profiteren van beleid. Ook wordt in de modelberekeningen geen rekening gehouden met de dynamiek van technologische ontwikkelingen, zoals leereffecten die maatregelen in de loop van de tijd goedkoper maken. Voor gedetailleerde technische analyses maken PBL en ECN gebruik van sectorale energiemodellen en optielijsten, zoals bij de doorrekening van de verkiezingsprogramma's (PBL 2017).

Ten tweede brengt het PBL in deze studie uitsluitend de kosten in beeld van de door de Europese Commissie voorgestelde beleidsdoelen voor het jaar 2030. Het analyseert de interactie tussen deze doelen en niet in hoeverre deze doelen bijdragen aan de langetermijn-energietransitie richting 80 tot 95 procent broeikasgasreductie in 2050. Daarmee verschilt deze studie van de notitie *Nationale kosten Energietransitie in 2030*, die de kosten in 2030 schat van mogelijke transitiepaden richting een emissiereductie in Nederland in 2050 van 80 tot 95 procent (Koelemeijer et al. 2017). Tot slot merken we op dat de met WorldScan berekende inkomenseffecten en emissiereducties met de nodige onzekerheid zijn omgeven. Resultaten dienen dan ook te worden gezien als een indicatie van de orde van grootte van de effecten op economie en emissies.

WorldScan is heel geschikt voor analyses waarbij economische interacties tussen sectoren en landen een belangrijke rol spelen, zoals in deze studie. Het model levert een integraal consistent beeld op van de verwachte economische gevolgen van beleidsmaatregelen doordat het rekening houdt met de veranderingen in vraag en aanbod, prijzen, lonen en kapitaalkosten. Ook houdt WorldScan rekening met de gevolgen van het beleid voor de internationale handel. WorldScan is daarmee heel geschikt voor het doel van deze studie, namelijk om te analyseren welke gevolgen de Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie hebben voor sectoren en landen, om interacties in beeld te brengen tussen de verschillende beleidsdoelen en om te laten zien wat de effecten zijn voor de uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen.





VERDIEPING

VERBIEPING

# Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De Europese Commissie (EC) heeft in december 2013 een voorstel uitgebracht om de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen verder te verminderen. De Commissie wil dit doen door per EU-lidstaat emissiereductieverplichtingen voor 2030 te stellen voor vijf luchtverontreinigende stoffen: zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), fijnstof (PM<sub>2,5</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>), en vluchtige organische stoffen met uitzondering van methaan (NMVOS). Inmiddels zijn deze reductieverplichtingen vastgelegd in een nieuwe EU-richtlijn die in december 2016 van kracht is geworden (EU 2016). Deze richtlijn vervangt de National Emission Ceilings (NEC) richtlijn uit 2001 (EU 2001).

Ook heeft de Europese Commissie de afgelopen jaren gewerkt aan de vormgeving van het Europese klimaat- en energiebeleid voor na 2020. De discussie over de vormgeving van dit beleid is nog niet afgerond. De regeringsleiders hebben in 2014 een raamwerk voor dit beleid aangenomen (European Council 2014). Dat raamwerk bouwt voort op het bestaande beleid en bevat klimaatdoelen en doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing.

De Europese Unie heeft voor 2030 een reductiedoel voor de emissie van broeikasgassen vastgesteld van ten minste 40 procent ten opzichte van 1990. Dit doel komt overeen met de reductietoezegging (Nationally Determined Contribution, NDC) van de Europese Unie voor 2030 volgens het Parijsakkoord. De lidstaten zijn overeengekomen dit doel op te delen in enerzijds een reductiedoel van 43 procent voor de sectoren die vallen onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) en anderzijds een reductiedoel van 30 procent voor de overige (niet-ETS-)sectoren (beide doelen ten opzichte van 2005). In juli 2015 heeft de Commissie een herzieningsvoorstel gedaan voor het ETS, gevolgd door een voorstel in juli 2016 voor de herziening van de Effort Sharing Decision met nationale reductiedoelen voor niet-ETS-sectoren (ESD).

In aanvulling op de klimaatdoelen heeft de Europese Commissie in november 2016 voorstellen gedaan voor de herziening van de Renewable Energy Directive (RED) en de Energy Efficiency Directive (EED). Het herzieningsvoorstel voor de RED bevat een verplichtend EU-doel van ten minste 27 procent hernieuwbare energie in 2030. Het EED-voorstel bevat een verplichtend EU-doel van 30 procent energie-efficiëntieverbetering in 2030. De doelen voor hernieuwbare energie en energie-efficiëntieverbetering zijn in de voorstellen niet doorvertaald naar specifieke doelen voor lidstaten.

Deze Europese beleidsdoelen voor 2030 passen in het streven van de Europese Commissie naar een schone en duurzame samenleving op langere termijn. Zo brengen de afgesproken reductiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen de Europese Unie in de richting van het langetermijndoel van een luchtkwaliteitsniveau dat geen significante nadelige effecten heeft voor mens en natuur. De voorgestelde klimaat- en energiedoelen passen in de beoogde transitie richting een CO<sub>2</sub>-arme en energie-efficiënte samenleving in 2050. Energiedoelen verminderen bovendien de Europese afhankelijkheid van energie-importen. Met het broeikasgasreductiedoel van 40 procent in 2030 wordt de weg ingezet richting de ambitie van een van broeikasgasreductie van 80-95 procent in 2050 ten opzichte van 1990.

In het kader van de beleidsdiscussie rond de herziening van de NEC-richtlijn heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) verzocht onderzoek te doen naar de economische gevolgen van afgesproken reductiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen voor 2030. Bij de stakeholdersconsultatie in Nederland rond de herziening van de NEC-richtlijn hebben stakeholders, waaronder de ondernemingsorganisatie VNO-NCW, gevraagd om deze studie niet alleen te beperken tot de doelen voor luchtverontreiniging, maar om daarbij de voorstellen voor aanscherping van het klimaat- en energiebeleid integraal mee te nemen. Stakeholders, in het bijzonder

vertegenwoordigers van de industrie, willen daarmee inzicht krijgen in de mogelijke economische gevolgen van de stapeling van beleidsvoornemens.

## 1.2 Doel studie

In deze studie verkent het PBL de mogelijke economische gevolgen en de effecten op de emissies van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen als gevolg van de Europese doelen voor lucht, klimaat en energie in 2030. De beleidsdoelen zijn daarbij zowel afzonderlijk als in combinatie geanalyseerd. Zo geeft de studie inzicht in zowel het totale effect als in de interactie tussen de verschillende beleidsdoelen. Effecten op economie en emissies zijn voor de Europese Unie en Nederland berekend met het toegepast algemeen-evenwichtsmodel WorldScan, tegen de achtergrond van een Referentiescenario met alleen vastgesteld beleid.

Om de nieuwe Europese beleidsdoelen voor 2030 te halen zijn maatregelen nodig. Denk aan extra energiebesparing, een verschuiving naar duurzame vormen van energie en technische luchtmaatregelen zoals de toepassing van katalysatoren en emissiearme aanwendingstechnieken voor mest. Met WorldScan kan op een geaggregeerd niveau worden geanalyseerd met welke mix van maatregelen deze doelen op een kosteneffectieve manier kunnen worden gerealiseerd. In deze studie zijn in totaal zes varianten van Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie geanalyseerd. De varianten houden rekening met één doel of met een combinatie van doelen. De beleidsdoelen voor 2030 die in deze studie worden bestudeerd zijn:

- (i) lidstaatspecifieke reductiedoelen voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen;
- (ii) een reductie van broeikasgasemissies door ETS-sectoren in de Europese Unie van 43 procent ten opzichte van 2005;
- (iii) een reductie van broeikasgasemissies door niet-ETS-sectoren in de Europese Unie van 30 procent ten opzichte van 2005, vertaald naar reductiedoelen per lidstaat;
- (iv) een aandeel van ten minste 27 procent hernieuwbare energie in de Europese Unie; en
- (v) een energiebesparing van 30 procent voor finaal energieverbruik in de Europese Unie.

De modelberekeningen brengen voor elke variant in beeld hoe economische activiteiten en emissies zijn veranderd in 2030 als de doelen voor die variant worden gerealiseerd ten opzichte van een situatie in 2030 waarin dit niet het geval is, namelijk het Referentiescenario met alleen vastgesteld beleid.

## 1.3 Gebruik van het model WorldScan

Het model WorldScan is in deze studie gebruikt omdat het een macro-economisch model is waarmee de gevolgen van beleidsmaatregelen zowel afzonderlijk als in samenhang kunnen worden bestudeerd. WorldScan is heel geschikt voor analyses waarbij economische interacties tussen sectoren en landen een belangrijke rol spelen, zoals in deze studie. Het model levert een integraal consistent beeld op van de verwachte economische gevolgen van beleidsmaatregelen door rekening te houden met veranderingen in vraag en aanbod, prijzen, lonen en kapitaalkosten. Ook houdt WorldScan rekening met de gevolgen van het beleid voor de internationale handel. WorldScan is daarmee heel geschikt voor het doel van deze studie, namelijk om te analyseren welke gevolgen de Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie hebben voor sectoren en landen, om de interacties in beeld te brengen tussen de verschillende beleidsdoelen en om daarbij te laten zien wat de effecten zijn voor de uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen.

Bij de modelanalyse in deze studie past echter ook een aantal kanttekeningen. Ten eerste gaat het in deze studie om een macro-economische analyse voor de Europese Unie en Nederland die verschilt van de gedetailleerde technische analyses die PBL en ECN inzetten voor de nationale effectschattingen van het lucht-, klimaat- en energiebeleid. De vraagstelling van deze studie is specifiek gericht op de economische doorwerking van beleid in sectoren en landen. Daarom is het algemeen-evenwichtsmodel WorldScan gebruikt: een model dat hiervoor geschikt is. Als macro-economisch model mist WorldScan het detail om de inzet van specifieke technische maatregelen binnen sectoren te analyseren. Ook geeft het model geen inzicht in specifieke manieren waarop vergroening van de economie binnen sectoren tot nieuwe bedrijvigheid of werkgelegenheid zou kunnen leiden (PBL 2013). Ten slotte wordt in de modelberekeningen geen rekening gehouden met de dynamiek van technologische ontwikkelingen, zoals leereffecten die maatregelen goedkoper maken. Voor de technische analyses maken PBL en ECN gebruik van sectorale energiemodellen en optielijsten, zoals is gedaan bij de doorrekening van de verkiezingsprogramma's (PBL 2017) en andere studies (Daniëls et al. 2014; Smeets et al. 2015; Daniëls et al. 2016; Hekkenberg et al. 2017). Brink et al. (2013) gaan nader in op verschillen tussen een macro-economische ('top-down') analyse met WorldScan en een gedetailleerde technische ('bottom-up') analyse met een energiemodel.

Een tweede kanttekening is dat deze studie de kosten en reducties in beeld brengt van de door de Europese

Commissie voorgestelde beleidsdoelen voor het jaar 2030. De studie analyseert niet in hoeverre deze doelen bijdragen aan de langetermijnenergietransitie die moet leiden tot 80 tot 95 procent broeikasgasreductie in 2050. Daarmee verschilt deze studie van de notitie *Nationale kosten Energietransitie in 2030* (Koelemeijer et al. 2017). Deze laatste studie schetst een aantal alternatieve transitiepaden richting een emissiereductie van 80 tot 95 procent in Nederland in 2050 en geeft daarbij informatie over mogelijke technische opties in een langetermijnperspectief.

Tot slot merken we op dat de berekende inkomenseffecten en emissiereducties met de nodige onzekerheid zijn omgeven. Modeluitkomsten zijn afhankelijk van de veronderstelde relaties en de gekozen parameters in het model. Ook veronderstellingen over bijvoorbeeld de economische groei en ontwikkelingen in de energiemarkten in het Referentiescenario zijn van invloed op de modeluitkomsten. Resultaten dienen dan ook te worden gezien als een indicatie van de orde van grootte van de effecten op economie en emissies.

## 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een beeld van de EU-beleidsdossiers voor luchtkwaliteit, klimaat en energie. We beschrijven de diverse doelen waarop het reeds vastgestelde beleid is gebaseerd en gaan in op de beleidswijzigingen voor 2030.

In hoofdstuk 3 gaan we in op de methodologie die we in deze studie hanteren, namelijk simulaties met het algemeen-evenwichtsmodel WorldScan. In dit hoofdstuk bespreken we ook het Referentiescenario met vastgesteld beleid, ten opzichte waarvan beleidswijzigingen in deze studie worden geanalyseerd. Verder presenteren we in hoofdstuk 3 de onderzochte varianten en geven we een overzicht van de beleidsopgaven in deze varianten.

In hoofdstuk 4 presenteren we de resultaten van de modelsimulaties met WorldScan. Daarbij gaan we in op de economische gevolgen en de verandering in de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen.



# Europees lucht-, klimaat- en energiebeleid

Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van het Europese klimaat- en energiebeleid (paragraaf 2.1) en het Europese luchtbeleid (paragraaf 2.2). Eerst schetsen we het vastgestelde beleid dat is meegenomen in het Referentiescenario. Vervolgens gaan we in op de veranderingen in het beleid voor 2030 zoals die zijn afgesproken (luchtbeleid) of door de Europese Commissie zijn voorgesteld (klimaat- en energiebeleid) en die in deze studie worden geanalyseerd. De verschillende richtlijnen of verordeningen (bouwstenen) onder het klimaatbeleid (paragraaf 2.1) worden achtereenvolgens apart toegelicht. Het Referentiescenario en de varianten van beleidsdoelen beschrijven we in meer detail in hoofdstuk 3.

## 2.1 Europees klimaat- en energiebeleid

Het bestaande energie- en klimaatbeleid is gericht op 2020 en kent bindende doelen voor broeikasgasemissies, hernieuwbare energie en energie-efficiëntie. De doelen voor 2020 zijn:

- 20 procent vermindering in de emissies van broeikasgassen ten opzichte van 1990;
- 20 procent van het finale energiegebruik komt uit hernieuwbare energiebronnen; en
- 20 procent minder energiegebruik ten opzichte van een in 2007 opgestelde energieverbruiksprognose.

De Europese Unie (EU) en de lidstaten hebben concreet beleid ontwikkeld om deze doelen te kunnen halen. Het EU-beleid betreft richtlijnen voor de reductie van broeikasgassen: het Europese Emissions Trading System (ETS) voor bedrijven die veel broeikasgassen uitstoten en de Effort Sharing Decision (ESD), die lidstaten verantwoordelijk maakt voor emissiereducties in de sectoren buiten het ETS, zoals verkeer, gebouwde omgeving en landbouw. Verder is er een richtlijn voor hernieuwbare energie (Renewable Energy Directive, RED)

en een richtlijn voor energiebesparing (Energy Efficiency Directive, EED).

In 2014 hebben de EU-regeringsleiders het raamwerk voor het Europese energie- en klimaatbeleid voor de periode 2021-2030 aangenomen (EC 2014a; European Council 2014). Dit raamwerk bouwt voort op het bestaande klimaat- en energiebeleid en stelt drie doelen voor 2030 voor de Europese Unie als geheel:

- ten minste 40 procent vermindering in de emissies van broeikasgassen ten opzichte van 1990;
- ten minste 27 procent van het finale energiegebruik komt uit hernieuwbare energiebronnen;
- ten minste 27 procent minder energiegebruik (ten opzichte van een in 2007 opgestelde energieverbruiksprognose voor 2020), met de afspraak dat later wordt bepaald of dit percentage omhoog moet naar 30 procent.

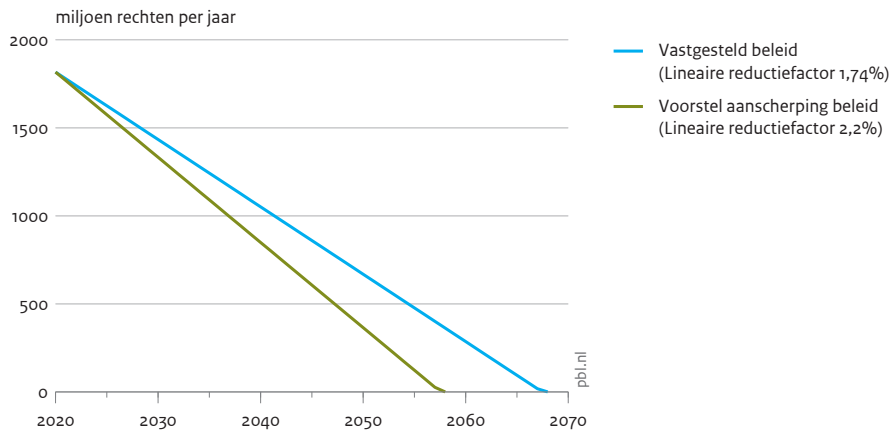
Om invulling te geven aan deze 2030-doelen heeft de Europese Commissie in 2015 en 2016 voorstellen gedaan voor een herziening van de ETS-, RED- en EED-richtlijnen en voor een Effort Sharing Regulation (ESR), als opvolger van de ESD. In de volgende subparagrafen bespreken we voor elk van deze bouwstenen het vastgestelde beleid en de voorstellen van de Europese Commissie voor de herziening voor 2030.

### 2.1.1 Emissions Trading System (ETS)

#### Vastgesteld beleid

Om de uitstoot van broeikasgassen door de elektriciteitscentrales, grote installaties in de industrie en de luchtvaart terug te dringen heeft de Europese Commissie het Europese emissiehandelssysteem (ETS) ingericht. De richtlijn voor dit systeem werd aangenomen in 2003 en het handelssysteem is geïntroduceerd in 2005. In 2009 is de richtlijn herzien en in lijn gebracht met de binnen de Europese Unie overeengekomen doelen voor 2020 (EU 2009a).

Figuur 2.1  
Aanbod van CO<sub>2</sub>-emissierechten in EU-emissiehandelssysteem



Bron: EU-commissie (<http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/>)

Het EU ETS heeft als doel de uitstoot van broeikasgassen op een kosteneffectieve manier te beperken. Bedrijven die onder het ETS vallen, mogen alleen CO<sub>2</sub> uitstoten als ze daarvoor emissierechten hebben. De hoeveelheid emissierechten die jaarlijks beschikbaar komt (het emissieplafond), neemt jaarlijks af volgens een vooraf vastgesteld pad. De emissierechten zijn verhandelbaar binnen de Europese Unie, zodat reducties daar kunnen plaatsvinden waar dat het meest voordelig is. Zo ontstaat een markt voor emissierechten en krijgen CO<sub>2</sub>-emissies een prijs.

Door de mogelijkheid om emissierechten mee te nemen naar volgende jaren kan het voor bedrijven efficiënt zijn hun uitstoot in eerdere jaren extra te verminderen, waardoor ze in latere jaren minder hoeven te doen. Dit betekent dat de gerealiseerde uitstoot in een specifiek jaar boven het voor dat jaar vastgestelde emissieplafond kan uitkomen.

Het ETS-systeem zit momenteel in de derde fase, die loopt van 2013 tot en met 2020. Aan het eind van de derde fase moet het emissieplafond zijn gedaald tot een niveau van 21 procent onder de CO<sub>2</sub>-uitstoot van ETS-sectoren in 2005. Om dit doel te halen is in de ETS-richtlijn bepaald dat het aanbod van rechten vanaf 2013 jaarlijks afneemt met een vaste hoeveelheid rechten. Die hoeveelheid is gelijk aan 1,74 procent van de gemiddelde totale hoeveelheid uitgegeven rechten per jaar in de periode 2008-2012 (EU 2009a; een lineaire daling van circa 38 miljoen rechten per jaar). De lineaire reductiefactor kent volgens de richtlijn geen einddatum en loopt dus door na 2020. De huidige vastgestelde richtlijn bevat zo dus ook verplichtingen voor de vermindering van de emissies na 2020. Zo geeft de richtlijn in theorie

langetermijnzekerheid aan investeerders. Het in wetgeving vastgelegde lineaire reductiepad betekent dat met bestaand beleid al is vastgelegd dat de uitstoot van broeikasgassen door de Europese ETS-bedrijven na 2020 jaarlijks zal blijven dalen. In 2030 resulteert dit in een plafond dat 36 procent onder de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2005 van ETS-sectoren ligt. Als de reductiefactor van 1,74 procent lineair wordt doorgetrokken, zal de uitgifte van rechten in 2068 tot nul zijn gedaald (zie figuur 2.1).

In 2015 is besloten een marktstabiliteitsreserve (MSR) in het EU ETS in te stellen. De MSR heeft als doel het aanbod van rechten meer in overeenstemming te brengen met de vraag. Dat gebeurt door de hoeveelheid te veilen emissierechten te verminderen op het moment dat er meer dan 833 miljoen ongebruikte emissierechten in de markt zijn en deze toe te voegen aan de MSR (EU 2015a). Wanneer er minder dan 400 miljoen ongebruikte emissierechten in de markt zijn, zullen de rechten uit de MSR weer op de markt worden gebracht door jaarlijks 100 miljoen rechten extra te veilen. Dit mechanisme zal vanaf 2019 in werking treden. De invoering van een MSR vergroot de relatieve schaarste op de ETS-markt in tijden van een groot overschot. Dit zal leiden tot een hogere emissieprijs (Brink et al. 2014). Door de werking van de MSR kan de daadwerkelijke hoeveelheid beschikbare rechten in specifieke jaren afwijken van het vastgestelde emissieplafond. De hoeveelheid beschikbare rechten over de totale looptijd van het EU ETS verandert niet.

### Herziening Europees klimaat- en energiebeleid 2030

In het voorstel om de ETS-richtlijn voor na 2020 te herzien neemt de Europese Commissie als uitgangspunt voor 2030 een doel van 43 procent emissievermindering ten opzichte van 2005. Om dit doel te bereiken bevat het

voorstel een aanscherping van de lineaire reductiefactor in het emissiehandelssysteem van 1,74 procent naar 2,2 procent (circa 48 miljoen rechten) (EC 2015). De aangescherpte reductiefactor zal ingaan in 2021 en heeft, net als de huidige, geen einddatum. Met deze aanscherping zal het emissieplafond in 2030 precies 43 procent onder de CO<sub>2</sub>-uitstoot van ETS-sectoren in 2005 liggen. Als de aangescherpte reductiefactor na 2030 wordt doorgetrokken, zullen er vanaf 2058 geen nieuwe rechten meer op de markt komen. Dat is tien jaar eerder dan bij de bestaande reductiefactor van 1,74 procent (zie figuur 2.1). De totale hoeveelheid emissierechten die vanaf 2020 op de markt wordt gebracht, zal door deze herziening met 20 procent afnemen (van 44 miljard bij een lineaire reductiefactor van 1,74 procent tot 35 miljard bij een lineaire reductiefactor van 2,2 procent).

### 2.1.2 Effort Sharing Decision (ESD) en Effort Sharing Regulation (ESR)

#### Vastgesteld beleid

Voor het terugdringen van de broeikasgasemissies die niet onder het ETS vallen, heeft de Europese Unie in 2009 de Effort Sharing Decision (ESD) vastgesteld (EU 2009b). Het gaat om de vermindering van emissies in de gebouwde omgeving, verkeer (exclusief luchtvaart en internationale zeescheepvaart), landbouw en afval. Het doel van de ESD is dat de totale Europese uitstoot van deze sectoren in het jaar 2020 met 10 procent zal zijn gedaald ten opzichte van 2005. De ESD legt daartoe bindende nationale emissiereductiedoelen vast voor de periode 2013 tot en met 2020. De emissiedoelen voor 2020 variëren van een vermindering met 20 procent ten opzichte van 2005 voor de rijkste landen tot een toename met 20 procent voor de minst welvarende landen. Het reductiedoel voor Nederland voor 2020 is 16 procent ten opzichte van 2005. Ook voor de jaren tussen 2013 en 2020 gelden bindende emissieplafonds voor lidstaten volgens een lineair reductiepad tussen 2013 en 2020. De ESD stelt geen doelen voor vermindering van de emissies van broeikasgassen na 2020.

#### Herziening Europees klimaat- en energiebeleid 2030

Voor de uitstoot door niet-ETS-sectoren in 2030 stelt de Europese Commissie een doel van 30 procent vermindering van de broeikasgasemissie ten opzichte van 2005 centraal. Daartoe heeft de Commissie in juli 2016 een voorstel gepresenteerd met bindende nationale emissiereductiedoelen voor de niet-ETS-sectoren voor de periode 2021-2030 (EC 2016a). Dit voorstel, de Effort Sharing Regulation (ESR), is het vervolg op de ESD. Het voorstel vertaalt het afgesproken reductiedoel van 30 procent voor de totale Europese uitstoot van niet-ETS-sectoren in bindende doelen voor afzonderlijke lidstaten.

De emissiedoelen voor 2030 variëren van een vermindering met 40 procent ten opzichte van 2005 voor de rijkste landen van de Europese Unie tot een stabilisatie voor de minst welvarende landen. In geen enkele lidstaat mag de uitstoot dus nog toenemen ten opzichte van 2005. De ESR legt ook bindende emissieplafonds vast voor lidstaten voor afzonderlijke jaren in de periode 2021 tot 2030. Daarbij wordt uitgegaan van een lineaire afname tussen het startniveau (de gemiddelde niet-ETS-emissie van een land in de periode 2016-2018) en het doelniveau voor 2030.

Het voorstel maakt het mogelijk om binnen de periode van 2021-2030 emissies tussen jaren uit te wisselen. Als de uitstoot in een jaar lager is dan het plafond, mag die emissieruimte worden gebruikt in jaren dat de emissie hoger is dan het plafond (*banking*). Anders dan onder het EU ETS mag ook emissieruimte worden geleend van toekomstige jaren (*borrowing*). Het voorstel met afnemende nationale emissieplafonds voor 2021-2030 betekent feitelijk een cumulatief nationaal emissiebudget voor niet-ETS-emissies voor tien jaar (periode 2021-2030). Het voorstel voor een ESR biedt niet de mogelijkheid om een opgebouwd overschot aan emissieruimte uit de periode tot en met 2020 mee te nemen naar de periode 2021-2030, of om een overschot mee te nemen naar de periode na 2030.

Om binnen het vastgestelde emissiebudget voor de periode 2021-2030 te blijven kunnen lidstaten onderling emissieruimte kopen en verkopen. Deze mogelijkheid is opgenomen in de ESR uit het oogpunt van kosteneffectiviteit. Op deze manier kunnen in theorie emissiereducties daar in Europa worden gerealiseerd waar deze het goedkoopst zijn. Het is aan lidstaten om te bepalen of ze gebruik willen maken van deze mogelijkheid.

### 2.1.3 Renewable Energy Directive (RED)

#### Vastgesteld beleid

In de Europese Renewable Energy Directive (RED) van 2009 is voor de Europese Unie als geheel voor 2020 een bindend doel afgesproken voor hernieuwbare energie, namelijk: minimaal 20 procent van het bruto-eindverbruik van energie (EU 2009c). Dit doel voor 2020 is in de richtlijn gedifferentieerd naar lidstaten. Het doel voor het aandeel hernieuwbare energie in Nederland in 2020 is 14 procent.

#### Herziening Europees klimaat- en energiebeleid 2030

Het Commissievoorstel van november 2016 voor herziening van de RED streeft een Europees doel na van 27 procent hernieuwbare energie in 2030 (EC 2016b). Dit doel, dat bindend is op EU-niveau, wil de Commissie bereiken door middel van de bijdragen van de afzonderlijke



lidstaten. Het is niet doorvertaald naar nationaal bindende doelen voor lidstaten. De lidstaten dienen hun eigen bijdrage aan het Europese doel vast te leggen, rekening houdend met hun nationale omstandigheden en voorkeuren, inclusief een lineair traject voor die bijdrage vanaf 2021. Hun bijdragen aan het algemene EU-doel voor 2030 delen lidstaten mee aan de Commissie als onderdeel van hun integrale nationale energie- en klimaatplannen. De nationale bindende doelen voor 2020 blijven geldig, wat betekent dat lidstaten vanaf 2021 niet onder het niveau van deze doelen mogen presteren.

#### 2.1.4 Energy Efficiency Directive (EED)

##### Vastgesteld beleid

De Energy Efficiency Directive (EED) omvat regulering van een verzameling onderwerpen op het gebied van energiegebruik en energiebesparing. De kerndoelstelling van de EED is 20 procent meer energie-efficiëntie in de Europese Unie in 2020. In het kader van deze studie zijn twee artikelen uit deze richtlijn het meest relevant: artikel 3, dat gaat over het absolute energieverbruik van lidstaten en de Europese Unie, en artikel 7, dat gaat over energiebesparing. De richtlijn legt verder een gemeenschappelijk kader met maatregelen vast om het doel van 20 procent meer energie-efficiëntie in 2020 te helpen realiseren.

Artikel 3 verplicht elke lidstaat om een niet-bindend energie-efficiëntiestreefcijfer voor 2020 vast te leggen. Daarbij mag het totale energieverbruik van de Europese Unie niet meer bedragen dan 1.474 miljoen ton olie-equivalenten (Mtoe) primaire energie of niet meer dan 1.078 Mtoe finale energie. Deze EU-doelen betekenen dat het energieverbruik afneemt met 20 procent ten opzichte van een in 2007 opgestelde energieverbruiksprognose voor 2020 (EU 2012).

Artikel 7 van de richtlijn uit 2012 bevat een verplichting voor lidstaten om een efficiëntieverbetering te realiseren van 1,5 procent per jaar in het finale energieverbruik in de periode 2014-2020 ten opzichte van het gemiddelde jaarlijkse finale verbruik in de periode 2010-2012 (EU 2012; Daniëls et al. 2013). Omdat verevening tussen jaren is toegestaan, betekent deze verplichting de facto een cumulatief besparingsdoel voor de periode 2014-2020.

##### Herziening Europees klimaat- en energiebeleid 2030

In november 2016 heeft de Europese Commissie een voorstel uitgebracht voor herziening van de EED (EC 2016c). Kerndoelstelling in dit voorstel is een bindende 30 procent energie-efficiëntieverbetering in 2030 op EU-niveau. Het voorstel voorziet niet in bindende doelen op nationaal niveau. Het doel van 30 procent meer

energie-efficiëntie betekent een aanscherping ten opzichte van de 27 procent minder energieverbruik waarover de regeringsleiders het in 2014 eens waren geworden (European Council 2014).

Het streefcijfer van 30 procent meer energie-efficiëntie vertaalt zich volgens artikel 3 van het voorstel in een energieverbruik voor de Europese Unie dat in 2030 niet meer mag bedragen dan 1.321 Mtoe primaire energie en niet meer dan 987 Mtoe finale energie. Artikel 3 stelt geen bindende doelen per lidstaat. De Commissie heeft een coördinatiestructuur voorgesteld voor het Europese klimaat- en energiebeleid die moet waarborgen dat de Europese energieverbruiksdoelen in 2030 worden gehaald. Het voorstel voor artikel 7 legt lidstaten de verplichting op om in de periode 2021-2030 een cumulatieve energiebesparing te realiseren ter grootte van 1,5 procent efficiëntieverbetering per jaar in die periode (Hekkenberg et al. 2017).

## 2.2 EU-luchtbeleid

##### Vastgesteld beleid

Het Referentiescenario in deze studie houdt rekening met het luchtbeleid dat medio 2014 in de Europese Unie en de lidstaten is vastgesteld (Amann et al. 2015). Dit beleid kent drie pijlers:

- de NEC-richtlijn (National Emission Ceilings Directive) uit 2001 met bindende nationale emissieplafonds voor de emissies van zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) en vluchtige organische stoffen met uitzondering van methaan (NMVOS), waar landen vanaf 2010 aan moeten voldoen (EU 2001);
- een scala aan Europese en nationale emissieregeling voor onder andere installaties en apparaten, voer- en vaartuigen, mobiele werktuigen en landbouwactiviteiten (bronbeleid of bronregelgeving);
- normen voor de concentratie luchtverontreinigende stoffen in de buitenlucht, waaronder fijnstof en stikstofdioxide.

##### Herziening EU-luchtbeleid 2030

In december 2016 is in het Europese luchtbeleid een nieuwe richtlijn van kracht geworden met nieuwe bindende nationale emissiereductieverplichtingen voor 2030 (EU 2016). Deze richtlijn stelt bindende nationale reductiedoelen vast voor 2020 en 2030 ten opzichte van 2005 voor de stoffen SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en NMVOS, met toevoeging van een reductiedoel voor fijnstof (PM<sub>2,5</sub>) (EU 2016). Hoewel het hier daadwerkelijk gaat om een nieuwe richtlijn, wordt de nieuwe richtlijn ook wel aangeduid als herziening van de oude NEC-richtlijn.

De nieuwe richtlijn, die reductiedoelen kent voor 2020 en 2030, vormt een hoofdelement van de herziening van het Europese luchtbeleid. Het raamwerk voor deze herziening van het luchtbeleid heeft de Commissie in december 2013 gepubliceerd als het Clean Air Policy Package. Ook is er nieuwe bronregelgeving voor luchtverontreiniging gekomen. De nieuwe bronregelgeving helpt lidstaten om de nieuwe emissiereductieverplichtingen voor 2030 te realiseren. Het gaat om:

- emissie-eisen aan interne verbrandingsmotoren in niet voor de weg bestemde mobiele machines, zoals binnenvaartschepen en landbouwtractoren (Fase-V emissienormen, met ingang van 2019/2020; EU 2014);
- de richtlijn van 25 november 2015 inzake de beperking van de emissies van bepaalde verontreinigende stoffen in de lucht door middelgrote stookinstallaties (EU 2015b);
- verordeningen voor het testen van dieselauto's onder praktijkomstandigheden, 'real driving emissions' (RDE);
- ecodesign emissie-eisen aan nieuwe kachels voor vaste brandstoffen zoals hout en kolen (met ingang van 2022; European Commission 2015a);
- ecodesign emissie-eisen aan nieuwe verwarmingsketels voor vaste brandstoffen (met ingang van 2020; European Commission 2015b).



# Aanpak studie en varianten van beleidsdoelen

In dit hoofdstuk beschrijven we de aanpak van deze studie en presenteren we de bestudeerde varianten van de Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie. Paragraaf 3.1 geeft eerst een korte karakterisering van het model WorldScan (paragraaf 3.1.1) en beschrijft vervolgens het gebruikte Referentiescenario (paragraaf 3.1.2). Effecten op economie en emissies in deze studie hebben betrekking op de door de beleidsdoelen geïnitieerde afwijkingen ten opzichte van dit Referentiescenario. Het Referentiescenario is dus het ijkpunt waartegen de effecten van de aanscherping van de lucht-, energie- en klimaatdoelen voor 2030 worden beoordeeld. Paragraaf 3.2 schetst de bestudeerde varianten. Deze bestaan uit verschillende combinaties van beleidsdoelen voor de emissie van broeikasgassen door sectoren die onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS) vallen, voor de emissie van broeikasgassen door niet-ETS-sectoren, voor de emissie van luchtverontreinigende stoffen, en voor hernieuwbare energie en energiebesparing. Ook geeft paragraaf 3.2 een overzicht van de beleidsopgave voor de diverse beleidsdoelen voor emissies, hernieuwbare energie en energiebesparing. De beleidsopgave is het verschil tussen het Referentiescenario en de beleidsdoelen.

Bijlage 1 geeft een uitgebreide beschrijving van de uitgangspunten van de modelanalyse. Hierin is beschreven hoe het Referentiescenario en de varianten in het model WorldScan zijn geïmplementeerd.

## 3.1 Aanpak

### 3.1.1 Algemeen-evenwichtsmodel WorldScan

We hebben simulaties uitgevoerd met het toegepast algemeen-evenwichtsmodel WorldScan om in beeld te brengen welke gevolgen de verschillende Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie zouden kunnen hebben voor de Nederlandse en Europese economie en voor de emissie van broeikasgassen en

luchtverontreinigende stoffen. Dit model is een (vereenvoudigde) weergave van de mondiale economie, waarin energiegebruik en de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen expliciet zijn gemodelleerd (Lejour et al. 2006; Bollen & Brink 2014; Brink et al. 2016). Met dit model kan worden geanalyseerd wat de doorwerking op de economie is van specifieke beleidsinstrumenten gericht op energiegebruik en emissies, zoals belastingen of subsidies, in landen en sectoren in een internationale context.

Het model is heel geschikt voor analyses waarbij economische interacties tussen sectoren en landen een belangrijke rol spelen, zoals in deze studie. De modeluitkomsten geven een consistente beschrijving van de structurele effecten van beleidsmaatregelen die op de lange termijn zullen optreden, wanneer alle overige omstandigheden gelijk blijven. Daarbij wordt geen rekening gehouden met de tijd die nodig is om na een beleidsverandering het evenwicht te herstellen en ook niet met de aanpassingskosten die dat herstel met zich mee zal brengen. Evenmin worden onzekerheden en de invloed daarvan op investeringsbeslissingen in beeld gebracht. De modelresultaten zijn met onzekerheid omgeven en dienen dan ook te worden gezien als een indicatie van de orde van grootte van de effecten. Bij de interpretatie van de modelresultaten in deze studie ligt de nadruk op de verschillen tussen de onderzochte varianten met verschillende combinaties van beleidsdoelen voor emissies en energie. Deze verschillen geven inzicht in het relatieve belang van verschillende beleidsdoelen voor de economische gevolgen en emissiereducties.

We presenteren de modeluitkomsten voor alle 28 lidstaten van de Europese Unie samen (EU28) en Nederland in 2030 als veranderingen ten opzichte van een vooraf vastgesteld Referentiescenario. We brengen daarbij de macro-economische effecten in beeld, evenals de verandering in de emissie van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen. Ook laten we zien hoe de

Tabel 3.1  
Belangrijkste karakteristieken Referentiescenario

Gemiddelde jaarlijkse groei (%)	2013-2020			2020-2030		
	Wereld	EU28	Nederland	Wereld	EU28	Nederland
Bbp	2,9	1,8	1,6	3,2	1,7	1,7
Energie:						
- Kolen	1,8	-1,4	0,6	1,6	-1,8	0,6
- Olie	0,6	-0,7	0,1	0,9	-1,1	0,0
- Gas	0,6	0,2	-2,0	1,8	1,5	-0,8
- Elektriciteit	3,1	0,7	1,0	2,3	0,8	0,1
Emissies:						
Broeikasgassen	1,3	-0,8	-1,1	1,4	-0,3	-0,4
waarvan ETS		-0,6	-1,1		-0,2	-0,3
SO <sub>2</sub>	-0,1	-5,2	-1,2	-0,9	-1,7	-0,6
NO <sub>x</sub>	1,3	-3,7	-4,0	0,3	-2,7	-2,7
PM <sub>2,5</sub>	2,5	-1,4	-2,4	0,1	-1,2	-0,7
NH <sub>3</sub>	1,6	0,1	-0,5	0,7	-0,2	-0,2
NMVOS	-1,3	-1,3	-0,5	-1,0	-1,0	-0,4

beleidsdoelen uitwerken op de verschillende sectoren. Hieronder wordt het Referentiescenario op hoofdlijnen beschreven. In paragraaf 3.2 presenteren we de varianten.

### 3.1.2 Referentiescenario

Het Referentiescenario geeft de ontwikkeling van de economie, het energiegebruik en de emissies in de Europese Unie en in overige wereldregio's tot 2030, per land en per sector, uitgaande van de verwachte effecten van het vastgestelde beleid. Als basis hiervoor dient het Current Policies Scenario van de World Energy Outlook 2015 (WEO-2015, IEA 2015). Dit scenario schetst een mondiaal consistent beeld van macro-economische groei en ontwikkelingen in energiemarkten voor verschillende energiedragers in verschillende regio's. Het Current Policies Scenario houdt rekening met bestaand klimaat- en energiebeleid waarvoor medio 2015 concrete implementatiemaatregelen waren vastgesteld. Het scenario houdt geen rekening met de toezeggingen die landen in de aanloop naar de klimaatconferentie in Parijs eind 2015 hebben gedaan voor verdergaande reductie van broeikasgassen. In het Current Policies Scenario wordt het EU-doel van 40 procent emissiereductie van broeikasgassen in 2030 ten opzichte van 1990 dan ook niet gerealiseerd. Daarom is dit scenario een goed referentiepunt waartegen de aanscherping van Europese doelen voor 2030 kan worden afgezet en beoordeeld.

De WEO-2015 geeft ontwikkelingen voor de Europese Unie als geheel. Om in de modelsimulaties veranderingen in afzonderlijke lidstaten te kunnen analyseren zijn de WEO-2015-ontwikkelingen voor de Unie als geheel

verdeeld over EU-lidstaten op basis van data over economische ontwikkelingen en over ontwikkelingen in het energieverbruik in het Europese Reference Scenario 2013 dat is ontwikkeld met het PRIMES-model (PRIMES2013, Capros et al. 2013). Om te bepalen wat het aandeel is van Nederland in de ontwikkelingen voor de Europese Unie als geheel zijn, in plaats van PRIMES2013, de data gebruikt uit de variant vastgesteld beleid van de Nationale Energieverkenning 2015 (NEV2015, Schoots & Hammingh 2015).

De ontwikkeling in de uitstoot van CO<sub>2</sub> volgt direct uit het energiegebruik. De uitstoot van niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen is afgeleid uit het scenario van het GAINS-model, dat rekening houdt met vastgesteld beleid (WPE2014-CLE, Amann et al. 2015).<sup>1</sup> De Nederlandse emissie van niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen in het Referentiescenario is afgeleid uit de emissieramingen van de NEV2015 met vastgesteld beleid (Schoots & Hammingh 2015; Smeets et al. 2016).

In het Referentiescenario worden de bestaande Europese doelen voor de emissie van broeikasgassen in 2020 (-20 procent ten opzichte van 2005) en voor het aandeel hernieuwbare energie (20 procent) gehaald. De emissie van broeikasgassen door niet-ETS-sectoren blijft onder de 2020-emissieplafonds uit de Effort Sharing Decision (ESD). Emissies van luchtverontreinigende stoffen blijven onder de plafonds voor 2010 uit de NEC-richtlijn van 2010.

Voor het EU ETS volgt het aanbod van emissierechten in het Referentiescenario het pad volgens de huidige

Tabel 3.2

**Geanalyseerde beleidswijzigingen in de kernvarianten ten opzichte van het Referentiescenario**

	AIR	C&E	AIR_C&E	AIR_C&E_NDC
<b>EU28</b>				
Luchtverontreiniging	Emissiedoelen 2030	Bestaand beleid	Emissiedoelen 2030	Emissiedoelen 2030
Klimaat en energie	Emissiedoelen ETS en ESR 2020 Energiedoelen RED en EED 2020	Emissiedoelen ETS en ESR 2030 Energiedoelen RED en EED 2030	Emissiedoelen ETS en ESR 2030 Energiedoelen RED en EED 2030	Emissiedoelen ETS en ESR 2030 Energiedoelen RED en EED 2030
<b>Rest wereldregio's</b>				
Luchtverontreiniging	Bestaand beleid	Bestaand beleid	Bestaand beleid	Bestaand beleid
Klimaat en energie	Bestaand beleid	Bestaand beleid	Bestaand beleid	NDCs 2030 in lijn met Parijsakkoord

Tabel 3.3

**Geanalyseerde beleidswijzigingen in de deelvarianten klimaat en energie ten opzichte van het Referentiescenario**

	ETS_ESR	ETS_ESR_RED	ETS_ESR_RED_EED
<b>EU28</b>			
Luchtverontreiniging	Bestaand beleid	Bestaand beleid	Bestaand beleid
Klimaat en energie	Emissiedoelen ETS en ESR 2030	Emissiedoelen ETS en ESR 2030 Hernieuwbare energie RED 2030	Emissiedoelen ETS en ESR 2030 Hernieuwbare energie RED 2030 Energiebesparing finaal EED 2030
<b>Rest wereldregio's</b>			
Luchtverontreiniging	Bestaand beleid	Bestaand beleid	Bestaand beleid
Klimaat en energie	Bestaand beleid	Bestaand beleid	Bestaand beleid

ETS-richtlijn met een lineaire reductiefactor van 1,74 procent. De CO<sub>2</sub>-prijs in het Referentiescenario is niet integraal overgenomen uit WEO-2015 omdat deze nogal hoog is (zie ook Brink 2015). Om aan te sluiten bij de recente ontwikkelingen in de ETS-markt is de CO<sub>2</sub>-prijsraming voor het EU ETS zoals die in de Nationale Energieverkenning 2015 wordt gehanteerd, als uitgangspunt genomen. Deze prijs ligt op 20 euro per ton CO<sub>2</sub> in 2030.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de ontwikkelingen in het Referentiescenario voor het bruto binnenlands product (bbp), energieverbruik en emissies van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen wereldwijd, in de EU28 en in Nederland.

## 3.2 Varianten van beleidsdoelen

In deze paragraaf beschrijven we de bestudeerde varianten van Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie. Elke variant houdt rekening met een set van een of meer beleidsdoelen. De doelen hebben betrekking op de bouwstenen van het Europese klimaat-, energie- en luchtbeleid, te weten broeikasgasemissies door ETS-sectoren (ETS), broeikasgasemissies door niet-ETS-

sectoren (ESR), het aandeel hernieuwbare energie (RED), finaal energieverbruik (EED) en emissies van luchtverontreinigende stoffen (AIR).

### 3.2.1 Beschrijving varianten

#### Kernvarianten

We onderscheiden vier kernvarianten waarin de in hoofdstuk 2 beschreven voorstellen voor herziening van het Europese klimaat- en energiebeleid dan wel de herziening van de reductiedoelen voor luchtverontreiniging zijn opgenomen. Tabel 3.2 geeft een overzicht van de kernvarianten.

De variant **AIR** houdt alleen rekening met de in 2016 afgesproken landendoelen voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen voor 2030 (de EU-richtlijn die de National Emission Ceilings-richtlijn vervangt).<sup>2</sup>

De variant **C&E** (*Climate & Energy*) houdt rekening met de vier door de Europese Commissie gepresenteerde wetgevende elementen van het Europese energie- en klimaatpakket voor 2030:

- Aanscherping van de reductiedoelen voor de uitstoot van broeikasgassen onder het Europese

emissiehandelssysteem (ETS-richtlijn) door vanaf 2021 de lineaire reductiefactor te verhogen van 1,74 procent naar 2,2 procent;

- Aanscherping van reductiedoelen voor de niet onder het ETS vallende emissies voor de periode 2021-2030 volgens de door de Europese Commissie in de zomer van 2016 voorgestelde doelen voor afzonderlijke lidstaten (Effort Sharing Regulation, ESR);
- Aanscherping van het EU-doel voor hernieuwbare energie naar 27 procent in 2030 (Renewable Energy Directive, RED);
- Aanscherping van het EU-doel voor energiebesparing tot maximaal 987 miljoen ton olie-equivalenten (Mtoe) finale energie (Energy Efficiency Directive, EED). Andere doelen uit de EED (zie 2.1.4) zijn niet meegenomen in de analyse. Het doel voor finaal energieverbruik in de Europese Unie geeft in de analyse een indicatief beeld van de economische doorwerking van de EED in aanvulling op de andere bouwstenen uit het klimaat- en energiepakket.

De variant **AIR\_C&E** combineert de aangescherpte Europese doelen voor 2030 voor luchtverontreiniging (AIR) met de aangescherpte doelen voor klimaat en energie (C&E).

De variant **AIR\_C&E\_NDC** combineert de aangescherpte Europese doelen voor 2030 voor luchtverontreiniging en klimaat en energie en voegt daaraan toe een gelijktijdige intensivering van het klimaatbeleid in de rest van de wereld, in lijn met de reductietoezeggingen van landen voor 2030 volgens het Parijsakkoord (Nationally Determined Contributions, NDC). Hierbij is aangenomen dat ook de Verenigde Staten de in Parijs gedane toezeggingen nakomt. Overigens is de mondiale broeikasgasreductie die met deze toezeggingen wordt gerealiseerd, niet genoeg om de stijging van de mondiale temperatuur te beperken tot een niveau duidelijk onder 2°C, zoals in het Parijs-akkoord is overeengekomen. Het luchtbeleid in de rest van de wereld verandert niet in deze variant.

### Deelvarianten klimaat en energie

In aanvulling op de kernvariant C&E presenteren we in deze studie ook resultaten voor drie deelvarianten voor het klimaat- en energiebeleid. Deze deelvarianten geven inzicht in hoe een stapeling van de afzonderlijke beleidsdoelen van het klimaat- en energiebeleid economisch doorwerkt (tabel 3.3).

De variant **ETS\_ESR** houdt alleen rekening met aangescherpte doelen voor broeikasgasreductie voor sectoren die onder het Europese emissiehandelssysteem vallen (ETS-richtlijn) en voor de overige (niet-ETS-) sectoren (ESR).

De variant **ETS\_ESR\_RED** houdt naast de voorgestelde doelen voor broeikasgassen ook rekening met de aanscherping van het EU-doel voor hernieuwbare energie (RED).

De variant **ETS\_ESR\_RED\_EED** houdt naast de bovenstaande doelen eveneens rekening met de aanscherping van het EU-doel voor energiebesparing (EED). Deze variant komt overeen met de kernvariant C&E.

### 3.2.2 Beleidsopgaven

Deze paragraaf geeft een overzicht van de beleidsopgave in 2030 voor verschillende doelen (emissies, aandeel hernieuwbaar en finaal energieverbruik).

Het Referentiescenario geeft de toekomstige ontwikkelingen in emissies, aandeel hernieuwbare energie en energieverbruik tot 2030 (zoals beschreven in paragraaf 3.1.2). De beleidsopgave is het verschil tussen de emissies, het aandeel hernieuwbare energie en het finaal energieverbruik in het Referentiescenario in 2030 en de doelen die zijn beschreven in paragraaf 3.2.1.

We werken met één scenario voor de toekomstige ontwikkelingen en hanteren dus ook één schatting voor de beleidsopgave. We benadrukken daarbij dat de toekomstige ontwikkeling van emissies en energieverbruik tot 2030 onzeker is en kan afwijken van het hier gegeven beeld. Daarmee is dus ook de beleidsopgave onzeker en niet op voorhand bekend; deze kan hoger of lager uitvallen. Onzekerheden in de beleidsopgave hebben we in deze studie verder niet gekwantificeerd.

### Beleidsopgave bij klimaat- en energiedoelen

Tabel 3.4 presenteert de doelen voor 2030 die in deze studie worden gehanteerd voor de vier wetgevende elementen van het Europese klimaat- en energiepakket 2030 voor de Europese Unie en voor Nederland. De beleidsopgave wordt in de tabel in beeld gebracht door ook te laten zien waar het Referentiescenario op uitkomt ten opzichte van deze doelen.

Zoals in paragraaf 2.1 is beschreven, heeft het emissie-reductiedoel voor 2030 voor broeikasgassen in ETS en niet-ETS betrekking op de emissieruimte die in dat jaar beschikbaar komt. Voor het EU ETS wordt die emissieruimte op de markt gebracht in de vorm van emissierechten, in de ESR moeten lidstaten aan de Europese Commissie verantwoorden of de uitstoot door niet-ETS-sectoren binnen de beschikbare emissieruimte blijft. Door de mogelijkheid die zowel het ETS als de ESR biedt om emissieruimte tussen jaren uit te wisselen, kan de gerealiseerde uitstoot in 2030 hoger of lager zijn dan deze reductiedoelen (zie ook paragraaf 4.2.2).

Tabel 3.4

## Doelen volgens het klimaat- en energiepakket en cijfers voor 2030 volgens het Referentiescenario

Europese Unie	Referentiescenario 2030	Doelen 2030
Emissiereductie	29% t.o.v. 2005 (uitstoot) 33% t.o.v. 1990 (uitstoot)	40% t.o.v. 1990
Emissiereductie, ETS	39% t.o.v. 2005 (uitgifte 1.434 Mton emissierechten) 31% t.o.v. 2005 (uitstoot)	43% t.o.v. 2005 (uitgifte 1.333 Mton emissierechten) <sup>1,4</sup>
Emissiereductie, niet-ETS	25% t.o.v. 2005	30% t.o.v. 2005 <sup>2,4</sup>
Aandeel hernieuwbare energie (rekenmethode EU-richtlijn)	22%	27%
Energiebesparing finaal energieverbruik	1.106 Mtoe (22 % t.o.v. oude PRIMES-Baseline) <sup>3</sup>	987 Mtoe (30% t.o.v. oude PRIMES-Baseline) <sup>3,5</sup>
<b>Nederland</b>		
Emissiereductie	20% t.o.v. 2005 (uitstoot)	geen landendoelen
Emissiereductie, ETS	9% t.o.v. 2005 (uitstoot)	geen landendoelen
Emissiereductie, niet-ETS	30% t.o.v. 2005 (uitstoot)	36% t.o.v. 2005 (emissieruimte) <sup>2,4</sup>
Aandeel hernieuwbare energie (rekenmethode EU-richtlijn)	15%	geen landendoelen
Energiebesparing finaal energieverbruik	50 Mtoe (16% t.o.v. oude PRIMES Baseline) <sup>3</sup>	geen landendoelen <sup>5</sup>

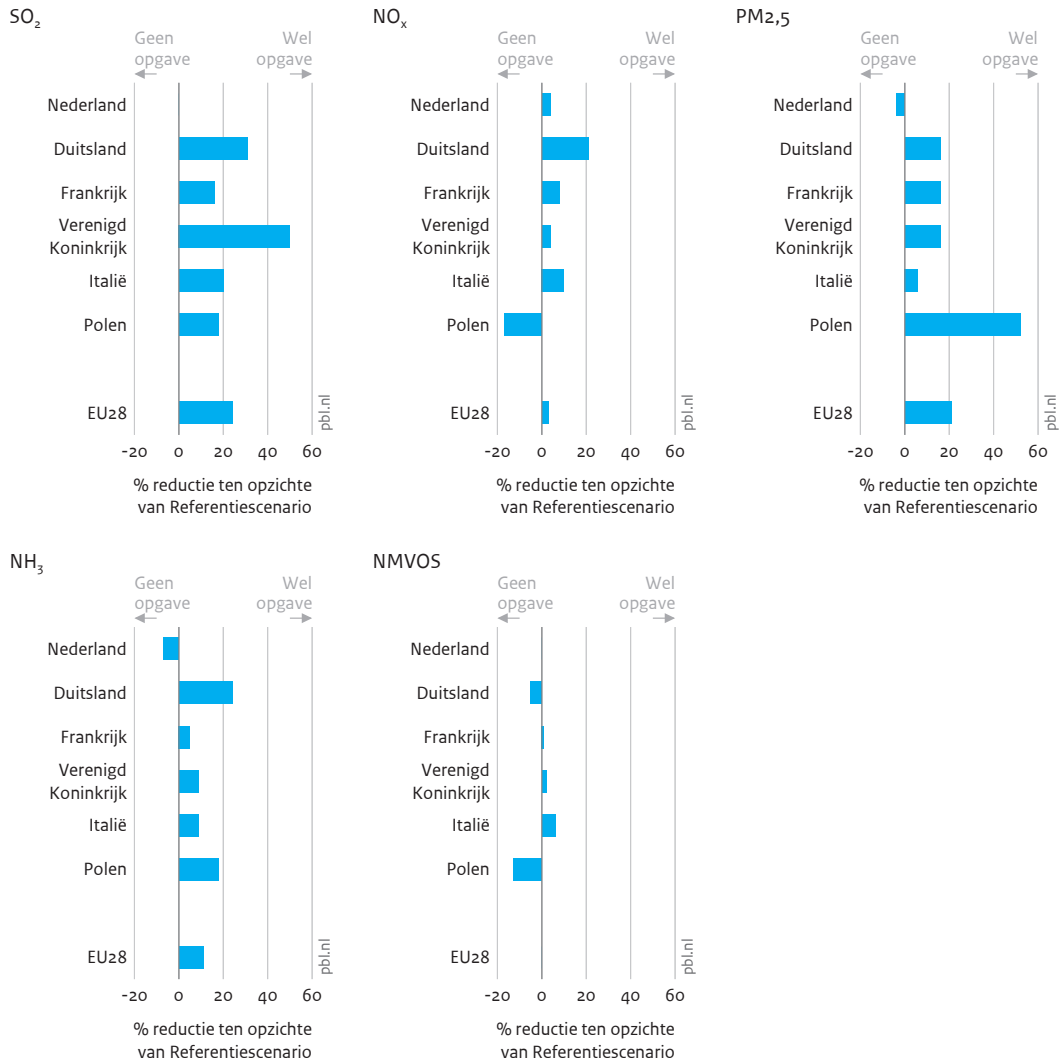
- 1 Doelstelling voor het ETS exclusief emissies luchtvaart.
- 2 Deze doelstelling is doorvertaald naar lidstaatspecifieke doelstellingen, die liggen tussen de -40 procent voor de meest welvarende lidstaten en 0 procent voor de minst welvarende lidstaten.
- 3 Besparing ten opzichte van het (in 2007) geraamde energiegebruik voor het jaar 2030 (EC 2016c; voor Nederland, zie Hekkenberg et al. 2017).
- 4 Het gaat hier om de emissieruimte die beschikbaar komt in het jaar 2030. De werkelijke emissie in dat jaar mag hiervan afwijken vanwege de mogelijkheid van overdraagbaarheid van reducties in de tijd.
- 5 In deze studie is alleen het EU-doel voor finaal energieverbruik meegenomen. Andere doelen uit de EED zijn niet meegenomen in de analyse.

De ETS-reductie cijfers in tabel 3.4 illustreren hoe de verschillen tussen de gerealiseerde uitstoot en doelen (rechten) in 2030 uitpakken in het Referentiescenario. In het Referentiescenario daalt de uitgifte van ETS-rechten elk jaar lineair met een reductiefactor van 1,74 procent, resulterend in 1.434 Mton uitgegeven rechten in 2030. Dit komt overeen met een reductie van 39 procent ten opzichte van 2005. Voor het ETS geldt echter dat er in de afgelopen jaren een enorm overschot aan rechten is opgebouwd. Tabel 3.4 laat zien dat door het gebruik van deze rechten de ETS-uitstoot in het Referentiescenario in 2030 hoger is dan de beschikbare emissieruimte (1.588 Mton). Hierdoor bedraagt de reductie slechts 31 procent. De gerealiseerde uitstoot in het Referentiescenario komt in 2030 dus aanzienlijk hoger uit dan zou worden verwacht op basis van het opgelegde

reductiedoel voor emissierechten van 39 procent. Een vergelijking van de emissiereductie van 31 procent in tabel 3.4 met het doel van 43 procent geeft daarmee dus ook een vertekend beeld van de omvang van de beleidsopgave voor ETS-sectoren. Het is beter om te kijken naar het verschil in de uitgifte van rechten in 2030. Deze wijzigt van 39 procent in het Referentiescenario (vastgesteld beleid) naar 43 procent volgens de voorgestelde herziening van de ETS-richtlijn. Dit betekent dat er in 2030 7 procent minder rechten worden uitgegeven (zie ook figuur 2.1). Feitelijk gaat het bij de beleidsaanscherping van het ETS om de vermindering van de totale hoeveelheid rechten over de gehele budgetperiode, zoals figuur 2.1 illustreert. De totale hoeveelheid emissierechten die vanaf 2020 beschikbaar komt, neemt af van 44 miljard onder vastgesteld beleid



**Figuur 3.1**  
**Beleidsopgave voor emissie van luchtverontreinigende stoffen per land, 2030**



Bron: PBL model WorldScan

tot 35 miljard na de herziening van het Europese klimaat- en energiebeleid voor 2030: een vermindering van 20 procent.

**Beleidsopgave bij doelen voor luchtverontreinigende stoffen**

Figuur 3.1 laat de beleidsopgave zien die volgt uit de nieuwe emissiereductieverplichtingen voor 2030. De beleidsopgave is getoond als de in 2030 benodigde extra procentuele emissiereductie ten opzichte van het Referentiescenario.

Figuur 3.1 laat zien dat het beeld van de beleidsopgaven voor Nederland afwijkt van dat van andere landen. Nederland heeft hier uitsluitend een (relatief geringe) beleidsopgave voor NO<sub>x</sub> (4 procent).<sup>3</sup> Voor de overige luchtverontreinigende stoffen komt de uitstoot in 2030

volgens het Referentiescenario onder de vastgestelde emissieplafonds uit of ligt deze uitstoot precies op het niveau van de plafonds. In tekstkader 3.1 lichten we de omvang van de Nederlandse beleidsopgaven voor luchtverontreinigende stoffen toe.

Voor de gehele Europese Unie geldt dat de grootste reductieopgaven liggen bij SO<sub>2</sub> en PM<sub>2,5</sub> (24 respectievelijk 21 procent) gevolgd door NH<sub>3</sub> (11 procent). De reductieopgave voor NO<sub>x</sub> is klein (3 procent), wat wordt verklaard doordat de marginale kosten van een extra NO<sub>x</sub>-reductie in Europa, uitgedrukt als kosten per gewonnen levensjaar door minder fijnstof in de lucht, relatief hoog zijn in vergelijking met die van een SO<sub>2</sub>-, PM<sub>2,5</sub>- en NH<sub>3</sub>-reductie (Amann et al. 2013). Zoals beschreven in paragraaf 2.2, heeft de Europese

### 3.1 De Nederlandse beleidsopgave voor luchtverontreiniging

Als de beleidsopgave voor luchtverontreinigende stoffen in verschillende lidstaten met elkaar wordt vergeleken (zie figuur 3.1), blijkt dat de beleidsopgave in Nederland relatief klein is ten opzichte van die in de meeste andere landen. De verklaring hiervoor is dat in het Referentiescenario met vastgesteld beleid in Nederland al vergaande emissiereducties worden gerealiseerd. Nederland behoort tot de best presterende landen van Europa als het gaat om de invoering van technische maatregelen ter bestrijding van luchtverontreiniging. Dit betekent dat extra technische maatregelen (verdergaand dan het vastgesteld beleid) in Nederland relatief duur zijn in vergelijking met andere landen. Dit verklaart waarom Nederland relatief weinig extra inspanning hoeft te leveren tot 2030. De koploperpositie van Nederland op het gebied van emissiebestrijding verklaart echter nog niet waarom Nederland in het Referentiescenario voor vier stoffen (SO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NH<sub>3</sub>, NMVOS) totaal geen beleidsopgave heeft. Immers ook in Nederland zijn er, hoewel minder dan in veel andere landen, nog verdergaande kosteneffectieve emissiereducties te realiseren (Amann et al. 2015; Smeets et al. 2015). De redenen waarom Nederland geen inspanning hoeft te leveren, verschillen per stof en worden hierna toegelicht. De emissieramingen voor Nederland in het Referentiescenario zijn geijkt op de Nederlandse ramingen (bij vastgesteld beleid) uit de Nationale Energieverkenning 2015 (NEV2015, Schoots & Hammingh 2015; Smeets et al. 2016).

#### PM<sub>2,5</sub>

Voor PM<sub>2,5</sub> hoeft Nederland geen extra inspanning te leveren, omdat het vastgestelde nationale beleid in Nederland in de toekomst effectiever doorwerkt dan wat de Europese Commissie hierover heeft aangenomen toen ze de reductiedoelen vaststelde. Hierdoor is de Nederlandse PM<sub>2,5</sub>-reductieverplichting voor 2030 vastgesteld op een niveau (45 procent reductie) dat volgens de NEV2015 al ruimschoots wordt gehaald met vastgesteld beleid (Smeets et al. 2016).

#### NH<sub>3</sub>

Ook voor NH<sub>3</sub> hoeft Nederland geen extra inspanning te leveren. Het nationale vastgestelde ammoniakbeleid werkt effectiever door dan de maatregelen die de Europese Commissie heeft aangenomen bij het afspreken van de doelen. Volgens de NEV2015-raming gaan in heel Nederland verregaand emissiearme stallen worden toegepast door een combinatie van schaalvergroting (meer dieren per bedrijf) en strenge (lokale) milieuvoorschriften bij nieuwbouw en verbouw van varkens- en pluimveestallen. Het gaat daarbij om stallen die emissiearmer zijn dan vereist volgens het voormalige Besluit huisvesting, bijvoorbeeld doordat bij varkensstallen combiluchtwassers worden toegepast.

#### NMVOS en SO<sub>2</sub>

Voor NMVOS en SO<sub>2</sub> is de afwezigheid van een beleidsopgave voor Nederland terug te voeren op de onderhandelingen in de Milieuraad. Tijdens het onderhandelingsproces zijn voor vrijwel alle landen doelen op onderdelen aangepast. Daarbij heeft de Europese Commissie getracht de gewenste Europese gezondheidswinst steeds te behouden door de afzwakking van het plafond voor de ene stof in een land uit te ruilen tegen een aanscherping van het plafond voor een andere stof ('pollution compensation scheme'; Amann & Wagner 2014). Voor Nederland is op deze manier tijdens de onderhandelingen een deel van de reductie voor SO<sub>2</sub> en NMVOS ingeruild tegen extra reducties voor PM<sub>2,5</sub>.

Commissie bij de herziening van de reductiedoelen voor luchtverontreiniging in 2030 gestreefd naar een kosten-effectieve vermindering van de vervroegde sterfte onder Europeanen ongeacht het land waar de reductie plaatsvindt.

## Noten

- 1 De nieuwe bronregelgeving die in 2015 en 2016 van kracht is geworden (zie paragraaf 2.2), is niet meegenomen als het vastgestelde beleid in het Referentiescenario.
- 2 Deze studie laat de gevolgen van de nieuwe bronregelgeving (zie 2.2) buiten beschouwing. Maatregelen die als gevolg van deze bronregelgeving moeten worden genomen, kunnen in deze analyse deel uitmaken van het kosteneffectieve maatregelenpakket om de 2030-reductiedoelen in de lidstaten te realiseren.
- 3 De emissieramingen voor Nederland in het Referentiescenario zijn geijkt op de ramingen van de NEV2015, waarin het effect van onder andere de nieuwe regelgeving voor de uitstoot van motoren in binnenvaartschepen, landbouwtractoren en graafmachines niet is meegenomen. Met deze bronregelgeving zal ook de emissie van NO<sub>x</sub> in Nederland onder het plafond uitkomen (Smeets et al. 2017).



# Resultaten

In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten van de modelsimulaties met het algemeen-evenwichtsmodel WorldScan die voor deze studie zijn uitgevoerd. Als eerste beschrijven we de resultaten voor de kernvarianten (paragraaf 4.1) ten aanzien van de effecten op de economie en op de emissies. Vervolgens beschrijven we de resultaten voor de deelvarianten voor het klimaat- en energiebeleid (paragraaf 4.2), eveneens uitgesplitst naar economische effecten en effecten op emissies.

We presenteren modeluitkomsten voor 2030 voor alle lidstaten van de Europese Unie samen (EU28) en voor Nederland. De effecten op de economie en de emissies worden weergegeven als veranderingen ten opzichte van het Referentiescenario (REF, paragraaf 3.1.2). We beginnen elke paragraaf steeds met een figuur met resultaten en geven daarbij de belangrijkste conclusies. Vervolgens beschrijven we in detail de resultaten voor de afzonderlijke varianten.

De gepresenteerde resultaten zijn met de nodige onzekerheid omgeven. Zo zijn modeluitkomsten afhankelijk van de veronderstelde relaties en de gekozen parameters in het model. Ook veronderstellingen over bijvoorbeeld de economische groei en ontwikkelingen in de energiemarkten in het Referentiescenario zijn van invloed op de modeluitkomsten. De resultaten dienen dan ook te worden gezien als een indicatie van de orde van grootte van de effecten die de varianten hebben op de economie en de emissies. Bij de interpretatie van de modelresultaten in deze studie ligt de nadruk op de verschillen tussen de onderzochte varianten met verschillende combinaties van beleidsdoelen voor emissies en energie. Deze verschillen geven inzicht in het relatieve belang van verschillende beleidsdoelen voor de economische effecten en voor de emissiereducties.

## 4.1 Kernvarianten

### 4.1.1 Economische gevolgen

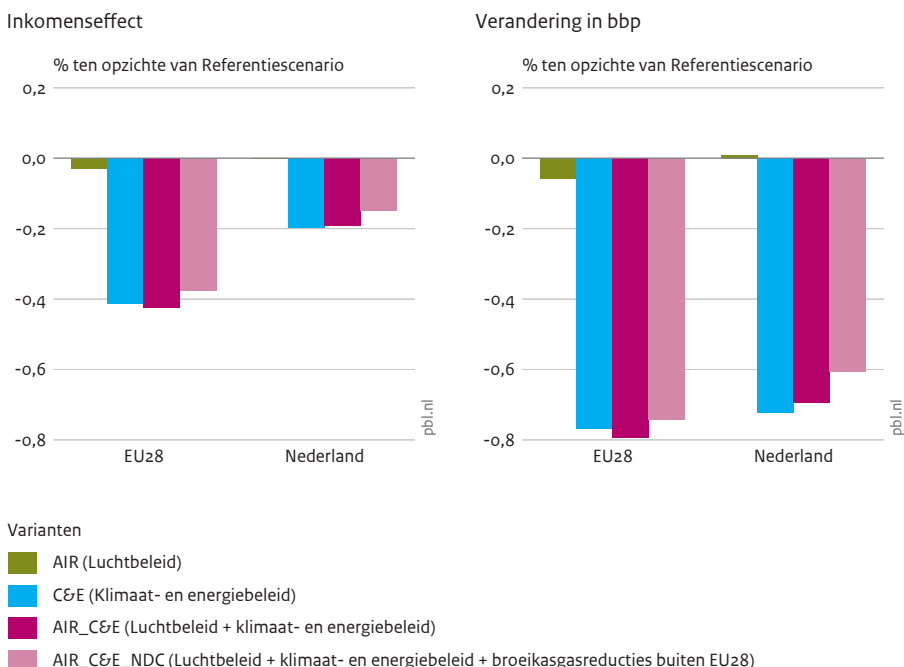
#### Macro-economische gevolgen

Figuur 4.1 toont de gevolgen in 2030 van de vier varianten voor de economie in de hele Europese Unie (EU28) en voor Nederland. Macro-economische effecten worden hier weergegeven door een maatstaf voor veranderingen in het nut dat wordt ontleend aan consumptie (aangeduid als inkomenseffect)<sup>1</sup> en door veranderingen in het bruto binnenlands product (bbp) als maatstaf voor de omvang van de economie (bijlage 2 gaat in op de verschillen tussen de indicatoren die worden gebruikt voor economische effecten).

#### Conclusies:

- De uitvoering van het Europese luchtbeleid 2030 in combinatie met het klimaat- en energiebeleid 2030 leidt in 2030 tot een inkomensverlies voor de Europese Unie als geheel in 2030 van 0,4 procent van het Europese inkomen. De omvang van de economie van de EU28, gemeten aan het bbp, neemt af met 0,8 procent.
- Het inkomensverlies wordt gedomineerd door de kosten van het klimaat- en energiebeleid. Het inkomensverlies door het klimaat- en energiebeleid is meer dan tien maal zo groot als dat door het luchtbeleid.
- In Nederland is het inkomensverlies in 2030 met 0,2 procent minder groot dan het EU-gemiddelde. Dat komt vooral doordat de Nederlandse economie relatief sterk exportgeoriënteerd is. Daardoor worden de extra kosten in Nederland meer dan elders in de Europese Unie op het buitenland afgewenteld.

Figuur 4.1  
**Macro-economische effecten bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie, 2030**



Bron: PBL model WorldScan

– Wanneer ook landen elders in de wereld de uitstoot van broeikasgassen verder zullen terugdringen, wordt het concurrentienadeel van Europese bedrijven minder groot. Daardoor zal het inkomensverlies in de EU28 als gevolg van het lucht-, klimaat- en energiebeleid circa 10 procent kleiner zijn dan wanneer het beleid in deze landen niet verandert. Omdat de Nederlandse economie relatief sterk exportgeoriënteerd is, heeft Nederland meer voordeel van internationale afspraken over klimaatbeleid dan gemiddeld in Europa.

**AIR**

EU-lidstaten moeten extra kosten maken om te kunnen voldoen aan de emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen voor 2030. Voor de Europese Unie als geheel veroorzaken deze kosten in AIR een inkomensverlies in 2030 van minder dan 0,05 procent van het nationaal inkomen in het Referentiescenario (REF). Het bbp in de Europese Unie is in 2030 0,1 procent lager dan in REF.

Voor Nederland zijn het inkomensverlies en het bbp-effect in AIR nagenoeg nul, omdat de resterende beleidsopgave voor Nederland klein van omvang is (zie paragraaf 3.2.2). De uitstoot in Nederland in REF in 2030 is gelijk aan (SO<sub>2</sub> en NMVOS) of ligt onder (NH<sub>3</sub> en PM<sub>2,5</sub>) de aangescherpte emissieplafonds (zie paragraaf 3.2.2). Alleen voor de stof NO<sub>x</sub> ligt de

Nederlandse uitstoot in REF in 2030 boven het afgesproken plafond. De extra kostenstijging in Nederland voor de NO<sub>x</sub>-reductie gaat samen met een beperkte verbetering van de concurrentiepositie van Nederlandse bedrijven. Die verbetering is mogelijk doordat bedrijven in andere landen meer kosten moeten maken om de emissies van luchtverontreinigende stoffen in 2030 onder de plafonds te brengen. Dit maakt dat Nederlandse bedrijven een iets groter marktaandeel binnen de Europese Unie kunnen verwerven en verklaart de zeer beperkte toename in bbp voor Nederland (figuur 4.1).

**C&E**

De uitvoering van het klimaat- en energiepakket voor 2030 heeft in C&E, zowel voor de gehele Europese Unie als voor Nederland, grotere economische effecten dan de aanscherping van de plafonds voor luchtverontreinigende stoffen in AIR. Om de doelen voor broeikasgasemissies, hernieuwbare energie en energiebesparing in C&E te bereiken worden kosten gemaakt om emissies te verminderen, elektriciteit op te wekken uit hernieuwbare bronnen en het energiegebruik te verminderen. De kosten veroorzaken een inkomensverlies voor de Europese Unie van 0,4 procent van het nationaal inkomen in REF. Dit is meer dan het tienvoudige van het inkomens- en bbp-verlies dat ontstaat door aanscherping van de emissieplafonds voor luchtverontreiniging.

Het inkomensverlies voor de Europese Unie is minder groot dan het effect op het bbp. Dat komt doordat Europese bedrijven in staat zijn een deel van de kosten door te berekenen in de prijzen van de producten die ze exporteren. Daardoor wordt een deel van de kosten afgewenteld op afnemers in het buitenland (zie ook paragraaf 3.1). Tegelijkertijd nemen de prijzen voor de import van olie en gas door de verminderde vraag af. De verbeterde ruilvoet (door een stijging van het gemiddelde prijspeil van de export ten opzichte van het gemiddelde prijspeil van de import hoeft een land minder te produceren om eenzelfde hoeveelheid producten te importeren) zorgt ervoor dat het inkomensverlies minder groot is dan het bbp-effect. In paragraaf 4.2.1 gaan we nader in op de economische effecten van de afzonderlijke onderdelen van het klimaat- en energiepakket.

Voor Nederland is het inkomensverlies dat het gevolg is van de aanscherping van het klimaat- en energiepakket, met 0,2 procent minder groot dan voor de Europese Unie als geheel. Het effect op het bbp is met 0,7 procent meer vergelijkbaar met het EU-cijfer. Omdat de Nederlandse economie relatief sterk exportgeoriënteerd is, kunnen de kosten in Nederland meer dan elders in de Europese Unie op het buitenland worden afgewenteld. Dit maakt dat het welvaartsverlies als gevolg van het klimaat- en energiepakket in Nederland kleiner is dan gemiddeld in de Europese Unie.

#### AIR\_C&E

De hiervoor beschreven resultaten voor de AIR- en C&E-variant laten zien dat het berekende verlies aan inkomen en bbp in AIR\_C&E wordt gedomineerd door de gestegen kosten van het klimaat- en energiepakket. De analyse van de emissie-effecten (zie paragraaf 4.1.2) laat zien dat de doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing uit het klimaat- en energiepakket zorgen voor een aanzienlijke vermindering van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Daardoor worden de doelen voor luchtverontreiniging voor een belangrijk deel met dit beleid al binnen bereik gebracht en hoeven in AIR\_C&E minder technische maatregelen voor luchtverontreinigende stoffen te worden ingezet. Dit alles zorgt voor een kostenbesparing voor het luchtbeleid (zie paragraaf 4.1.2).

Zoals hierboven toegelicht onder AIR, profiteert de Nederlandse economie van een verbeterde concurrentiepositie, omdat in Nederland, in vergelijking met andere lidstaten, weinig extra inspanningen nodig zijn om de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen onder de aangescherpte plafonds te brengen (zie ook paragraaf 3.2.2). Dit zorgt ervoor dat Nederland er in de variant AIR\_C&E in inkomen en bbp iets op vooruit gaat vergeleken met C&E.

#### AIR\_C&E\_NDC

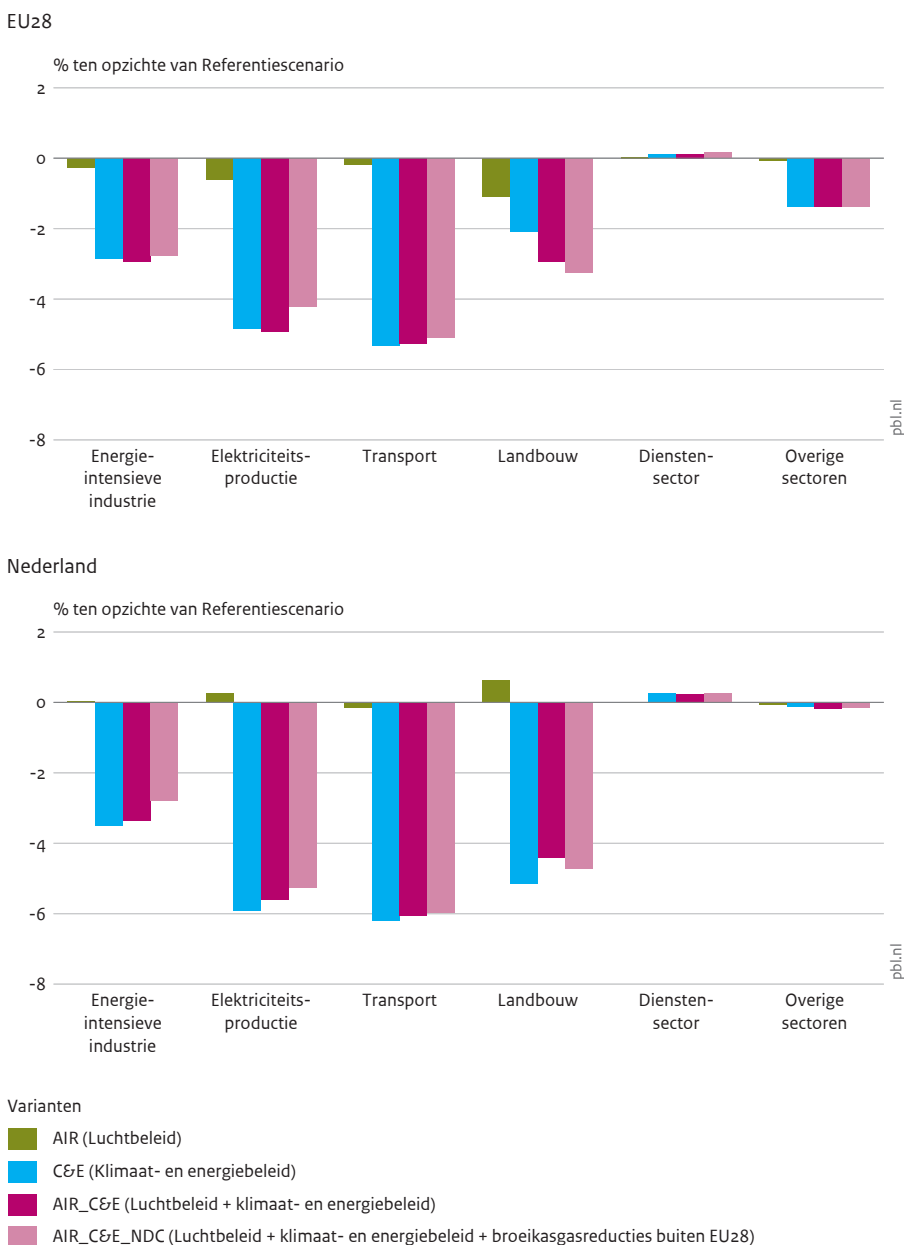
In de variant AIR\_C&E\_NDC wordt niet alleen het Europese lucht-, klimaat- en energiebeleid aangepast, maar wordt tegelijkertijd ook het klimaatbeleid in landen elders in de wereld aangescherpt, in lijn met de reductietoezeggingen die landen hebben gedaan als onderdeel van het akkoord van Parijs. In OESO-landen is de CO<sub>2</sub>-prijs verhoogd naar prijzen die vergelijkbaar zijn met die van de ETS-prijs in de Europese Unie (23 euro/ton); in andere landen ligt de CO<sub>2</sub>-prijs lager. De toegenomen CO<sub>2</sub>-prijs in landen buiten de Europese Unie leidt ertoe dat het concurrentienadeel dat bedrijven in de Unie in AIR\_C&E hebben ten opzichte van bedrijven elders in de wereld minder groot wordt. Daardoor zijn de effecten voor bbp en inkomen in AIR\_C&E\_NDC iets kleiner dan in AIR\_C&E. Voor de Europese Unie als geheel is het berekende inkomensverlies in AIR\_C&E\_NDC 12 procent lager dan in AIR\_C&E. Voor Nederland is het verschil groter (22 procent). Doordat de Nederlandse economie relatief sterk exportgeoriënteerd is, heeft Nederland immers meer voordeel van internationale afspraken over klimaatbeleid dan gemiddeld in Europa. Merk hierbij op dat in de variant AIR\_C&E\_NDC rekening wordt gehouden met een aanscherping van de CO<sub>2</sub>-reductiedoelen voor 2030 in landen elders in de wereld en niet met mogelijk aanvullende doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing in deze landen.

#### Gevolgen voor sectoren

Figuren 4.2 en 4.3 laten de procentuele veranderingen zien in de omvang van de productie respectievelijk werkgelegenheid van afzonderlijke sectoren in de EU28 en in Nederland.<sup>2</sup> Omdat sectoren in verschillende mate bijdragen aan de totale economische activiteit en werkgelegenheid in de EU28 en Nederland, geven deze figuren geen inzicht in de betekenis van deze sectorale effecten voor de Europese en Nederlandse economie als geheel. In de EU28 en Nederland valt circa 70 procent van de totale werkgelegenheid binnen de dienstensector en wordt circa 75 procent van de toegevoegde waarde in deze sector gegenereerd. Relatief kleine veranderingen in deze sector zullen dus een veel grotere impact hebben op de totale economie dan relatief gezien grote veranderingen in de energie-intensieve industrie en de elektriciteitssector, die samen voor iets meer dan 10 procent bijdragen aan de totale werkgelegenheid en toegevoegde waarde.

In de figuren 4.4 en 4.5 worden de veranderingen in de toegevoegde waarde en werkgelegenheid in sectoren vergeleken met de totale toegevoegde waarde en werkgelegenheid voor de Europese Unie en Nederland in REF. Zo wordt duidelijk welke bijdrage verschillende sectoren leveren aan de veranderingen voor de Europese en Nederlandse economie als geheel.<sup>3</sup>

Figuur 4.2  
Effecten voor productie bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie, 2030



In figuur 4.5 staat tegenover een afname in de werkgelegenheid in sommige sectoren per definitie een even zo grote toename in de werkgelegenheid in andere sectoren. Dat komt doordat het totale aanbod van arbeid in alle varianten gelijk is en de modeluitkomsten voor de varianten een evenwichtssituatie beschrijven waarin de vraag naar arbeid gelijk is aan het totale aanbod (zie bijlage 2). Deze verschuivingen gaan gepaard met aanpassingskosten. Op de korte termijn zullen werknemers werkloos raken en op zoek moeten naar een

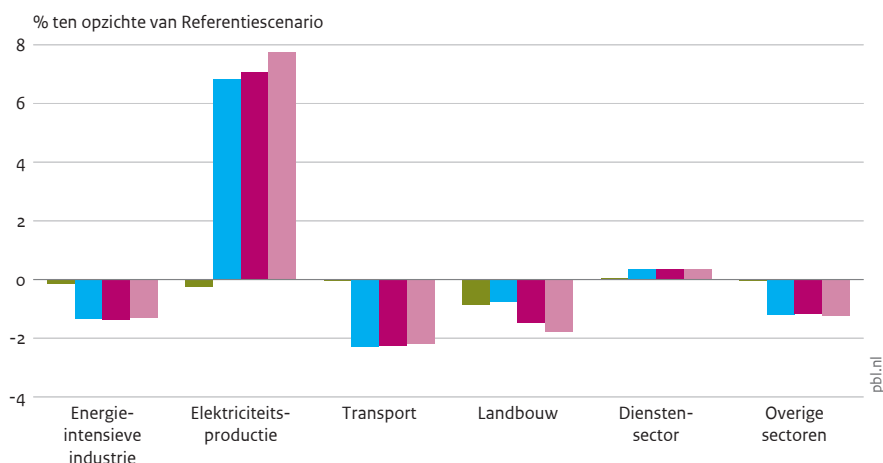
andere baan. Ook zullen werknemers moeten worden omgeschoold om op andere plekken in de economie te kunnen worden ingezet.

**Conclusies:**

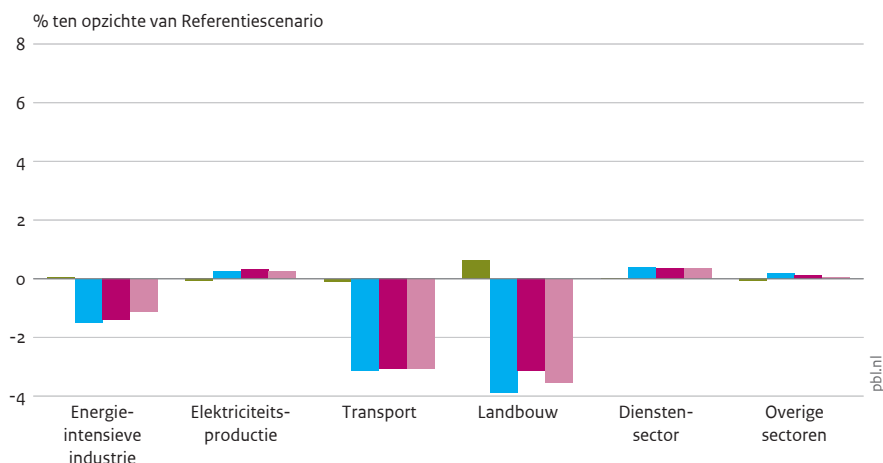
- Als gevolg van het Europese luchtbeleid 2030 in combinatie met het klimaat- en energiebeleid 2030 neemt de totale economische activiteit in de EU28 en in Nederland af. Niet alle sectoren gaan er echter op achteruit. De productie in de meest vervuilende sectoren

**Figuur 4.3**  
**Effecten voor werkgelegenheid bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie, 2030**

EU28



Nederland



Varianten

- AIR (Luchtbeleid)
- C&E (Klimaat- en energiebeleid)
- AIR\_C&E (Luchtbeleid + klimaat- en energiebeleid)
- AIR\_C&E\_NDC (Luchtbeleid + klimaat- en energiebeleid + broeikasgasreducties buiten EU28)

Bron: PBL model WorldScan

daalt met enkele procenten. De dienstensector gaat daarentegen juist meer produceren. Diensten worden aantrekkelijker omdat de dienstensector relatief schoon produceert en de prijs van diensten minder stijgt door de beleidsmaatregelen dan de prijzen van veel andere producten.

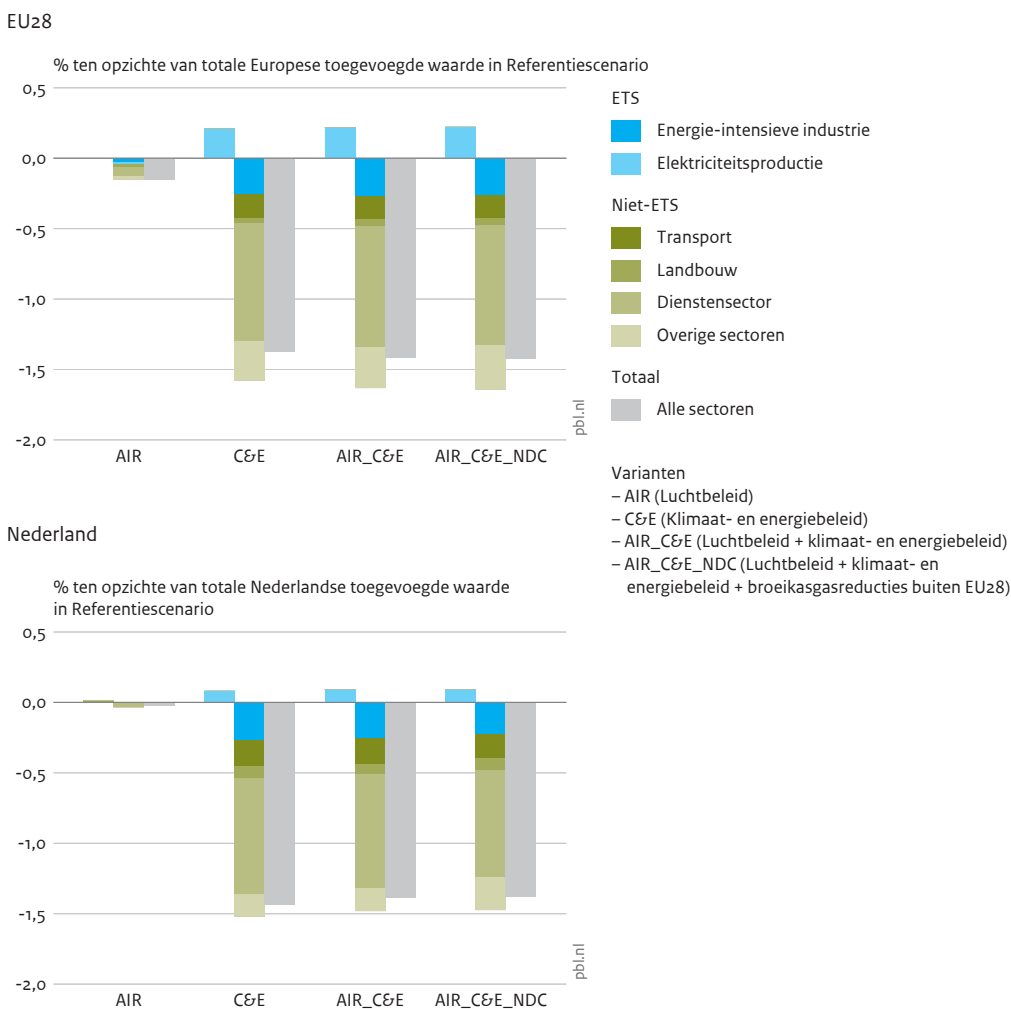
- Nederland hoeft nauwelijks een extra inspanning te leveren om aan de emissiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen in 2030 te voldoen,

terwijl andere landen wel extra maatregelen moeten nemen. Dit leidt tot een concurrentievoordeel voor Nederlandse bedrijven. Vooral de landbouwsector profiteert hiervan.

- Door het beleid verschuiven banen van de industrie, de transportsector en de landbouw naar de dienstensector en de elektriciteitssector. Hoewel de totale productie van elektriciteit afneemt, neemt het aantal banen in de elektriciteitssector in de Europese Unie toe. Dat komt



Figuur 4.4  
**Effecten voor verdeling van toegevoegde waarde bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie, 2030**



Bron: PBL model WorldScan

doordat de opwekking van hernieuwbare elektriciteit arbeidsintensiever is dan de opwekking in kolen- en gascentrales.

- De verschuivingen in werkgelegenheid hebben betrekking op 0,1-0,2 procent van de totale werkgelegenheid in de economie. Op een totaal van 215 miljoen voltijdsbanen in de EU28 gaat het dus om verschuivingen van enkele honderdduizenden banen. In Nederland gaat het om verschuivingen van enkele tienduizenden banen op een totaal van 8 miljoen voltijdsbanen.

**AIR**

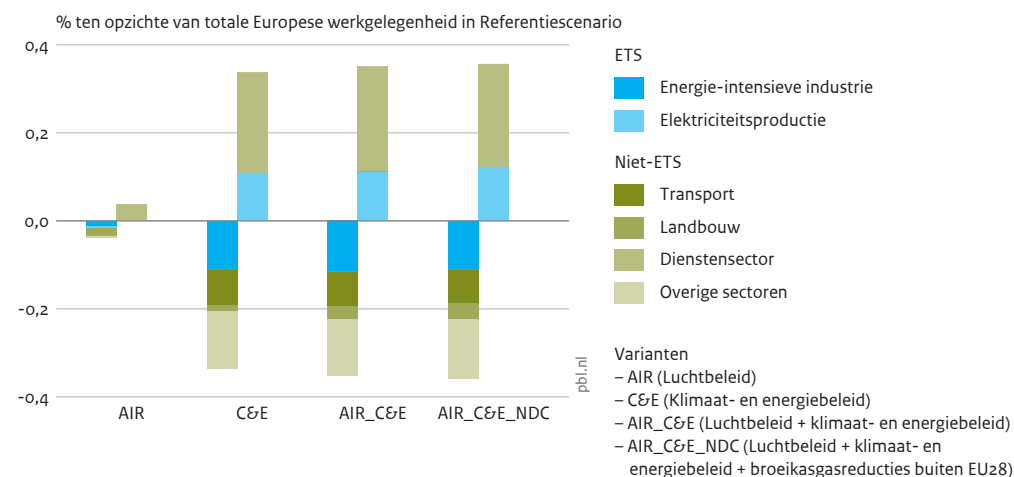
De totale verandering in toegevoegde waarde en werkgelegenheid in kernvariant AIR is beperkt (figuur 4.4 en 4.5). Uit figuur 4.2 blijkt dat in AIR de afname van de productie in de Europese Unie het grootst is in de

landbouwsector (1,1 procent). In veel lidstaten moet de landbouw, als belangrijkste bron van ammoniak (NH<sub>3</sub>), maatregelen nemen om deze uitstoot onder de nationale plafonds te brengen. Daarnaast zien we een afname van de productie bij de elektriciteitssector (0,6 procent), de energie-intensieve industrie (0,3 procent) en de transportsector (0,2 procent). De werkgelegenheid in deze sectoren volgt de veranderingen in productie (figuur 4.3). Alleen in de dienstensector nemen de productie en de werkgelegenheid in AIR toe.

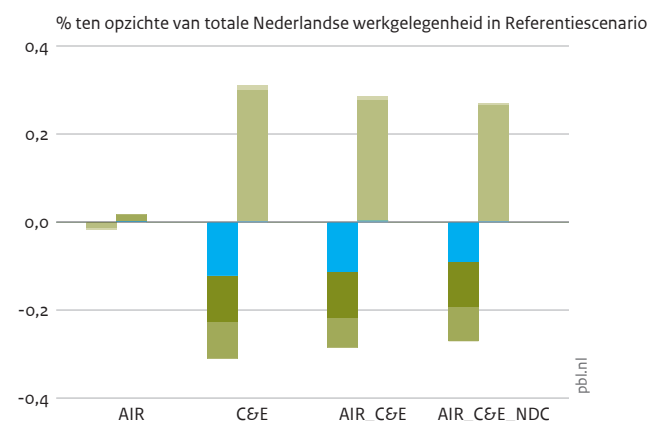
Voor Nederland ziet het beeld er anders uit. Daar neemt de landbouwproductie zelfs toe met 0,6 procent, omdat er onder het voorgestelde Nederlandse emissieplafond voor NH<sub>3</sub> nog ruimte is om de uitstoot te laten toenemen. Andere landen moeten de prijzen verhogen vanwege verdergaande ammoniakmaatregelen, waarbij deze

**Figuur 4.5**  
**Effecten voor verdeling van werkgelegenheid bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie, 2030**

EU28



Nederland



Bron: PBL model WorldScan

landen wat meer opschuiven naar de in Nederland gangbare NH<sub>3</sub>-uitstootnormen. Hierdoor ondervindt de Nederlandse landbouw een competitief voordeel van de Europese aanscherping van het luchtbeleid.

Ook voor de elektriciteitssector in Nederland neemt de productie in AIR toe (0,2 procent). De omvang van de productie door de energie-intensieve industrie is in AIR gelijk aan die in REF, terwijl ze elders in de Europese Unie afneemt. Omdat de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen in Nederland in REF al grotendeels onder de nieuwe emissieplafonds ligt, hoeven bedrijven in Nederland in AIR minder extra kosten te maken dan hun concurrenten elders in de Europese Unie. Daardoor neemt de export naar andere EU-lidstaten toe en verwerven deze bedrijven een groter marktaandeel binnen de Europese Unie.

**C&E**

Figuur 4.2 laat zien dat in C&E de transportsector en de elektriciteitssector in de EU28 de grootste gevolgen ondervinden voor hun productie. Hoewel het aandeel van elektriciteit in het totale energieverbruik toeneemt, leidt de energiebesparingsdoelstelling tot een daling van de vraag naar elektriciteit. De bestudeerde klimaat- en energiedoelen leiden niet tot een grootschalige elektrificatie van de transportsector en de gebouwde omgeving in 2030. De berekende productiedalingen (5 procent) in deze sectoren zijn aanzienlijk hoger dan in de AIR-variant.

De productie door de dienstensector neemt in C&E toe met 0,1 procent. Omdat de dienstensector relatief schoon produceert, hebben de aangescherpte doelen voor de uitstoot in C&E nauwelijks invloed op de productiekosten

van diensten. Bovendien profiteert de arbeidsintensieve dienstensector er meer dan andere sectoren van dat de lonen in de variant *C&E* lager liggen dan in *REF*. Dit komt omdat er minder vraag is naar arbeid vanuit andere sectoren, die als gevolg van het beleid minder gaan produceren. Omdat de prijs van diensten daalt terwijl de prijs van veel andere producten toeneemt, neemt de vraag naar diensten door huishoudens en bedrijven toe, neemt de export van diensten naar landen buiten de Europese Unie toe en daalt de import van diensten vanuit landen buiten de Europese Unie. Ook de werkgelegenheid neemt in de dienstensector toe (0,3 procent), net als in de elektriciteitssector. In de andere sectoren neemt de werkgelegenheid af.

Voor de elektriciteitssector zien we dat de werkgelegenheid toeneemt bij een afnemende (elektriciteits)productie. Dat is het gevolg van de stimulering van hernieuwbare energie. De opwekking van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen is arbeidsintensiever dan de opwekking in kolen- en gascentrales. Door een groter aandeel van wind en zon in de totale elektriciteitsproductie gaat een vermindering van de totale elektriciteitsproductie gepaard met een toename van de werkgelegenheid in deze sector. Ook de toegevoegde waarde van de elektriciteitssector neemt toe (zie figuur 4.4).

Voor nagenoeg alle sectoren geldt dat de werkgelegenheidseffecten wat kleiner zijn dan de effecten op de productie. Het gebruik van energie wordt namelijk duurder ten opzichte van de productiefactor arbeid. Dat leidt tot veranderingen in het productieproces waardoor de arbeidsintensiteit van de productie wat zal toenemen. Dat is ook de reden waarom de procentuele toename van werkgelegenheid in de dienstensector groter is dan de procentuele toename van de productie.

In de berekeningen voor *C&E* worden de uitstoot en het energiegebruik in Nederland even zwaar belast als in andere lidstaten. Hierdoor zijn de effecten op de productie in Nederland voor veel sectoren vergelijkbaar met de effecten in de Europese Unie. In de Nederlandse landbouw verandert de productie sterker (-5 procent) dan gemiddeld in de EU28 (-2 procent), terwijl voor de overige sectoren het omgekeerde geldt. Voor de chemische sector in Nederland (onderdeel van de sector energie-intensieve industrie) daalt de productie meer dan twee keer zo sterk als gemiddeld in de Europese Unie (zie tabel B3.1 in bijlage 3). Dit kan worden verklaard doordat deze sector in Nederland sterk exportgeoriënteerd en relatief energie-intensief is (Wilting & Hanemaaijer 2014).

De totale toegevoegde waarde in de EU28 neemt met 1,4 procent af (figuur 4.4). De dienstensector draagt hier

voor meer dan de helft aan bij, terwijl de productie en de werkgelegenheid in deze sector wel toenemen (figuren 4.2 en 4.3). Dit wordt verklaard doordat de beloning van arbeid en kapitaal in *C&E* lager ligt dan in *REF*, zoals eerder is toegelicht. Dit effect op de prijs van arbeid en kapitaal domineert het effect op de vraag naar arbeid en kapitaal. Daarnaast zien we een omgekeerd effect bij de elektriciteitssector. De toegevoegde waarde van de elektriciteitssector neemt hier toe bij een dalende productie. Dit wordt verklaard doordat deze sector weliswaar minder elektriciteit produceert, maar dat doet op een manier die een grotere inzet van arbeid en kapitaal vraagt (hernieuwbare energie).

De grotere inzet van arbeid in de elektriciteitssector leidt in de EU28 tot een verschuiving van circa 0,1 procent van de totale werkgelegenheid naar de elektriciteitssector. In Nederland is het netto-effect op de werkgelegenheid in de elektriciteitssector nul. Het aandeel van hernieuwbare energie in de totale elektriciteitsproductie in Nederland neemt minder sterk toe dan gemiddeld in de EU28. Hierdoor is de toename van werkgelegenheid bij de productie van hernieuwbare energie ongeveer gelijk aan de afname in werkgelegenheid die het gevolg is van de geringere elektriciteitsproductie uit fossiele energie.

Door het klimaat- en energiebeleid verschuift in *C&E* bovendien 0,2 procent van de totale werkgelegenheid van sectoren die minder gaan produceren (zoals de energie-intensieve industrie en transport), naar de dienstensector. De verschuivingen zoals die uit de modelsimulaties volgen, hebben dus een ordegrrootte van tienden van procenten. Op een totale werkgelegenheid van circa 215 miljoen voltijds banen in de EU28 en 8 miljoen in Nederland gaat het dus om verschuivingen van in totaal honderdduizenden respectievelijk enkele tienduizenden voltijds banen.

#### **AIR\_C&E**

Bij een combinatie van gelijktijdig aangescherpte doelen in het klimaat- en energiebeleid en voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen neemt de productie in de Europese Unie in de energie-intensieve sectoren en de landbouw in de variant *AIR\_C&E* meer af dan in *C&E*. Die afname is echter minder groot dan de optelsom van de effecten onder *AIR* en *C&E*. Dit geeft aan dat het klimaat- en energiebeleid alleen onvoldoende is om de luchtdoelen te halen, maar dat zich wel synergie-effecten voordoen.

In Nederland zien we een ander beeld. Hier neemt de productie in *AIR\_C&E* minder af dan in *C&E*. Dat komt doordat de doelen voor luchtverontreiniging (*AIR*) voor Nederland een verbetering van de concurrentiepositie opleveren.

### AIR\_C&E\_NDC

Omdat in de kernvariant AIR\_C&E\_NDC ook bedrijven buiten de Europese Unie met extra kosten voor het klimaatbeleid te maken hebben, wordt het concurrentienadeel dat Europese bedrijven hebben ten opzichte van bedrijven buiten de Europese Unie minder groot. Daardoor zijn met name voor de energie-intensieve industrie de effecten op de productie minder groot dan in AIR\_C&E. In de modeluitkomsten is het effect van klimaatbeleid buiten Europa relatief beperkt van omvang. Voor de Europese energie-intensieve industrie neemt de productie in AIR\_C&E af met 2,9 procent en in AIR\_C&E\_NDC met 2,8 procent (figuur 4.2). Voor Nederland, met een sterk exportgeoriënteerde industrie, is het effect van het klimaatbeleid buiten de Europese Unie overigens groter dan gemiddeld binnen de Unie. Waar de productie door de Nederlandse energie-intensieve industrie in AIR\_C&E met 3,4 procent afneemt, is dat in AIR\_C&E\_NDC 2,8 procent (figuur 4.2). Het meest opvallend is dit effect voor de chemische industrie (deelsector van de energie-intensieve industrie) in Nederland. Zo neemt de productie in de Nederlandse chemiesector af met 6,6 procent in AIR\_C&E en met 3,9 procent in AIR\_C&E\_NDC (zie bijlage 3, tabel B3.1).

#### 4.1.2 Effecten op emissies

Zoals eerder beschreven, kan de uitstoot van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen op verschillende manieren worden gerealiseerd. Daarbij worden twee categorieën onderscheiden. Aan de ene kant zijn er *technische maatregelen*, zoals filters, de afvang en opslag van CO<sub>2</sub> (*carbon capture and storage, CCS*) en katalysatoren die worden toegevoegd aan een productieproces. Deze maatregelen zijn vaak gericht op het terugbrengen van de uitstoot van een specifieke stof terwijl productie en consumptie niet wezenlijk hoeven te veranderen. De maatregelen zorgen wel voor extra kosten. Aan de andere kant zijn er *structurele veranderingen*, waarbij de uitstoot afneemt door veranderingen in productieprocessen of consumptiepatronen. Voorbeelden zijn de vervanging van vervuilende energiebronnen door schonere, energiebesparing door gedragsaanpassingen of door investeringen in efficiëntere processen, en een verschuiving naar minder vervuilende productie en consumptie. Omdat luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen gemeenschappelijke bronnen hebben, zullen structurele veranderingen veelal de uitstoot van meerdere stoffen tegelijkertijd verminderen.

In deze paragraaf bespreken we voor de kernvarianten AIR, C&E en AIR\_C&E de effecten op emissies. De emissiereducties worden gepresenteerd als een relatieve emissievermindering ten opzichte van de uitstoot volgens het Referentiescenario in 2030.

De resultaten geven inzicht in de wisselwerking tussen de beleidsdossiers luchtkwaliteit en klimaat & energie. Eerst gaan we in op de effecten voor de emissies in de Europese Unie als geheel, vervolgens beschrijven we de resultaten voor Nederland. Ten slotte gaan we in op de prijs van emissiereductie in de Europese Unie, dat wil zeggen de belasting op de emissie van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen die in de modelberekeningen wordt opgelegd om de reductiedoelstelling te realiseren (zie bijlage 1 voor een beschrijving van de implementatie van de beleidsdoelen in het model WorldScan).

#### Effecten op emissies Europese Unie

Figuur 4.6 toont voor de kernvarianten de reductie in de emissies voor luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen voor de Europese Unie als geheel.

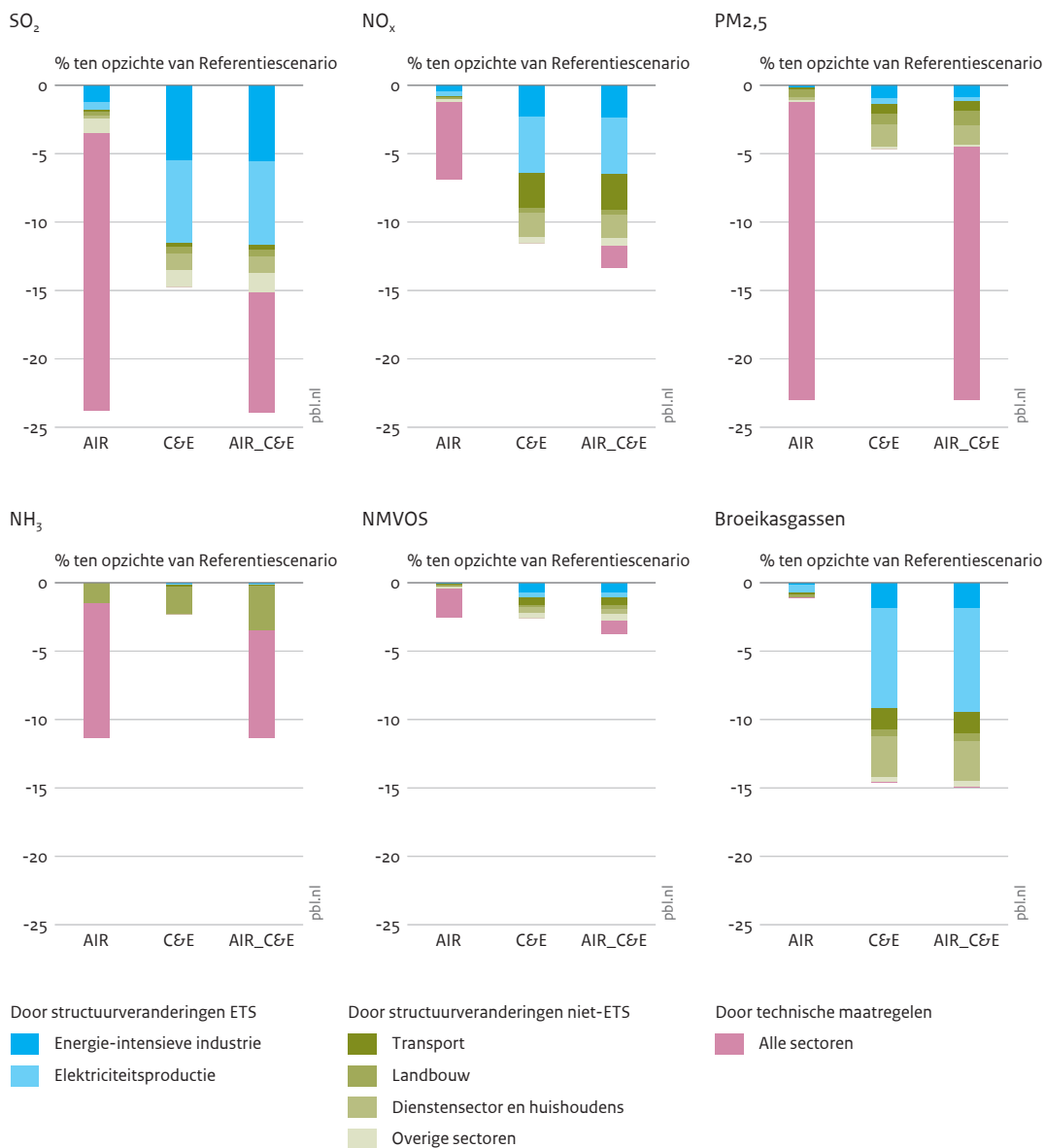
#### Conclusies:

- De uitvoering van het Europese luchtbeleid zorgt voor een reductie van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen in de Europese Unie in 2030. De emissiereductie in 2030 ten opzichte van REF is 24 procent voor SO<sub>2</sub>, 7 procent voor NO<sub>x</sub>, 23 procent voor PM<sub>2,5</sub>, 11 procent voor NH<sub>3</sub> en 3 procent voor NMVOS.
- De afgesproken emissiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen kunnen grotendeels worden gerealiseerd met relatief goedkope technische maatregelen, zoals de toepassing van katalysatoren en emissiearme aanwendingstechnieken voor mest. Luchtbeleid heeft beperkte gevolgen voor het energiegebruik, waardoor de uitstoot van broeikasgassen in de EU28 ten opzichte van REF met 1 procent afneemt.
- Het klimaat- en energiebeleid zorgt in de EU28 voor een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met 15 procent ten opzichte van het Referentiescenario. De emissiereductie is vooral het gevolg van een grotere inzet van hernieuwbare energie en energiebesparing.
- Als gevolg van het klimaat- en energiebeleid daalt de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en is minder luchtbeleid nodig om de afgesproken emissiedoelen daarvoor te halen. In bijna alle lidstaten wordt het emissiedoel voor NO<sub>x</sub> gerealiseerd. Voor SO<sub>2</sub> en NMVOS wordt de beleidsopgave gemiddeld met circa 60 procent gedicht en voor PM<sub>2,5</sub> en NH<sub>3</sub> met circa 20 procent.

#### AIR

De kernvariant AIR is erop gericht de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen in de afzonderlijke lidstaten op een kosteneffectieve manier te verminderen, volgens de in de Europese Unie afgesproken nationale reductieverplichtingen voor 2030. De vermindering van de uitstoot in de Europese Unie wordt voor 82 tot 95

**Figuur 4.6**  
**Verandering van emissie in EU28 bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie, 2030**



**Varianten**  
 – AIR (Luchtbeleid)  
 – C&E (Klimaat- en energiebeleid)  
 – AIR\_C&E (Luchtbeleid + klimaat- en energiebeleid)

Bron: PBL model WorldScan

procent gerealiseerd door technische maatregelen in te zetten. De overige reductie komt door structurele veranderingen in de Europese economie die het gevolg zijn van de gestegen kosten van het luchtbeleid, zoals een verschuiving naar schonere brandstoffen en energiebesparing. Deze structurele veranderingen hebben ook gevolgen voor de uitstoot van broeikasgassen. Deze neemt in AIR af met 1 procent, als neveneffect van de aanscherping van de reductiedoelen

voor luchtverontreinigende stoffen. Zo draagt het Europese luchtbeleid indirect, via structurele veranderingen in de elektriciteitssector, bij aan een lagere uitstoot van broeikasgassen in deze sector.

**C&E**

C&E stuurt op een kosteneffectieve vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, een groter aandeel hernieuwbare energie en een vermindering van het finale

energieverbruik, in lijn met de voorgestelde Europese doelen voor klimaat en energie voor 2030. Deze doelen worden in C&E helemaal gerealiseerd door structurele veranderingen. Deze veranderingen zijn een grotere inzet van hernieuwbare energie (41 procent), energiebesparing (35 procent, waarvan de helft bij huishoudens en de dienstensector plaats vindt), een verandering in de sectorstructuur (16 procent) en een lagere economische groei (6 procent). Technische maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, zoals relatief goedkope maatregelen voor de reductie van de overige broeikasgassen methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O), worden in de C&E-variant niet ingezet. De doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing zorgen al voor een zodanige vermindering van de uitstoot van broeikasgassen dat deze verdergaande technische maatregelen niet meer nodig zijn. Ook de relatief dure technische maatregel CCS wordt in de C&E-variant niet ingezet.

De structurele veranderingen in C&E worden vooral gedreven door de doelen voor hernieuwbare energie (Renewable Energy Directive, RED) en energiebesparing (Energy Efficiency Directive, EED) en veel minder door de emissiereductiedoelen voor broeikasgassen (Europese emissiehandelssysteem, ETS, en Effort Sharing Regulation, ESR). Een analyse van de verschillende bouwstenen van het klimaat- en energiebeleid is te vinden in paragraaf 4.2.

De structurele veranderingen in C&E leiden ook tot een lagere uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. In C&E daalt de uitstoot van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> in de Europese Unie met 15 respectievelijk 12 procent ten opzichte van het Referentiescenario. Deze lagere uitstoot wordt vooral veroorzaakt door veranderingen in het energiegebruik bij de opwekking van elektriciteit en door de energie-intensieve industrie. De uitstoot van PM<sub>2,5</sub>, NH<sub>3</sub> en NMVOS daalt met 5 respectievelijk 2 en 3 procent. De verandering van de totale uitstoot van de luchtverontreinigende stoffen in de Europese Unie, zoals weergegeven in figuur 4.6, geeft een indicatie van de bijdrage die het klimaat- en energiebeleid in C&E kan leveren aan de realisatie van doelen voor luchtverontreinigende stoffen. Ze geeft echter geen inzicht in de gevolgen voor de beleidsopgave voor luchtverontreinigende stoffen in de afzonderlijke lidstaten. Modeluitkomsten voor afzonderlijke lidstaten (die wel zijn berekend maar niet gepresenteerd) laten zien dat de beleidsopgave voor NO<sub>x</sub> in de meeste landen volledig wordt gedicht door het klimaat- en energiepakket. De beleidsopgave voor SO<sub>2</sub> en NMVOS neemt gemiddeld genomen af met circa 60 procent, en die voor PM<sub>2,5</sub> en NH<sub>3</sub> met circa 20 procent.

#### AIR\_C&E

De variant AIR\_C&E combineert aangescherpt luchtbeleid met strengere doelen voor het klimaat- en energiebeleid. Wat opvalt, is dat de totale uitstootreductie van luchtverontreinigende stoffen in deze variant bijna gelijk is aan die in AIR, terwijl de bijdrage van technische maatregelen aan de reductie in AIR\_C&E minder groot is dan in AIR. Zo wordt de vermindering van de uitstoot voor SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> in AIR\_C&E voor nog maar 37 respectievelijk 12 procent gerealiseerd met technische maatregelen. Overige reducties in AIR\_C&E komen door structurele veranderingen die vooral in gang worden gezet door het klimaat- en energiepakket. Ook voor PM<sub>2,5</sub> en NMVOS zijn de structurele veranderingen in AIR\_C&E, vooral toe te schrijven aan het klimaat- en energiepakket. NH<sub>3</sub> is een uitzondering. De vergelijking van AIR, C&E en AIR\_C&E, laat zien dat zowel het klimaat- en energiepakket als het luchtbeleid voor deze stof bijdragen aan de voor deze stof relevante structurele veranderingen.

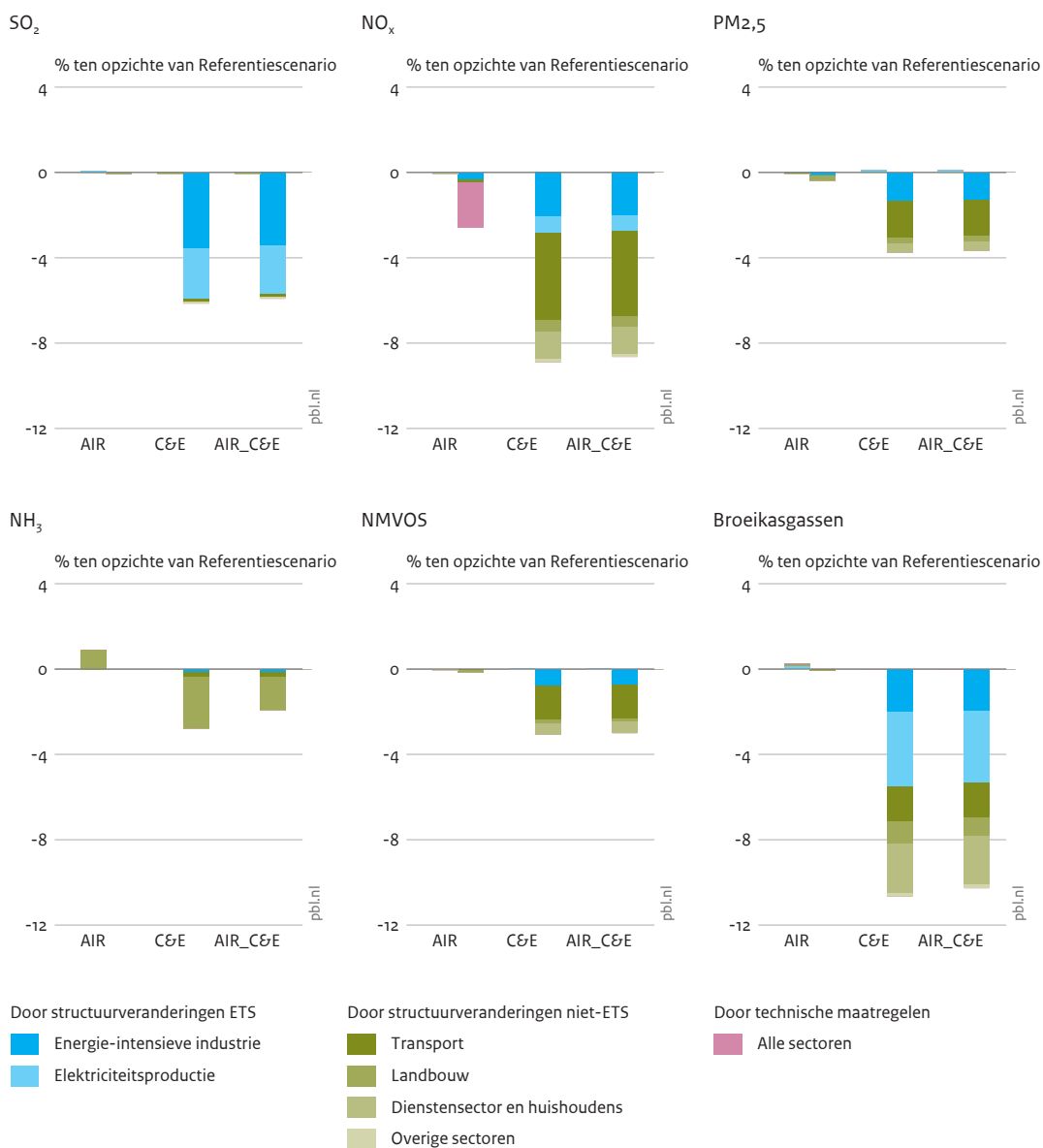
Hoewel vooral het klimaat- en energiepakket bijdraagt aan de structurele veranderingen in AIR\_C&E, leidt de verdere vermindering van luchtverontreinigende stoffen wel tot additionele kosten en daarmee tot structurele veranderingen in de elektriciteitssector en de landbouw. De kosten van het luchtbeleid zorgen er in AIR\_C&E dus voor dat de uitstoot van broeikasgassen extra afneemt ten opzichte van C&E.

De totale emissiereductie van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en NMVOS in de Europese Unie als geheel is in AIR\_C&E wat groter dan in AIR. Dit wordt verklaard, als neveneffect van het klimaat- en energiebeleid, doordat in sommige lidstaten de uitstoot verder wordt gereduceerd dan onder de aangescherpte emissieplafonds nodig is. Omdat het luchtbeleid bestaat uit emissieplafonds voor afzonderlijke landen en er geen uitruil in emissieruimte mogelijk is, kan een groter dan benodigde vermindering van de uitstoot in de ene lidstaat niet worden gecompenseerd door een overschrijding van een emissieplafond in een andere lidstaat. Dit werkt daarmee anders door dan bij het klimaatbeleid, waarbij een uitruil wel mogelijk is en via emissiehandel zelfs in het instrument is ingebouwd. Bij het luchtbeleid is dus ook geen sprake van een zogenoemd waterbedeffect, waarbij extra reductie in de ene lidstaat wordt gecompenseerd door minder reductie in de andere lidstaat.

#### Effecten op emissies Nederland

Figuur 4.7 toont voor de kernvarianten de verandering in de emissies voor Nederland in 2030.

**Figuur 4.7**  
**Verandering van emissie in Nederland bij Europese beleidsdoelen lucht, klimaat en energie, 2030**



**Varianten**  
 – AIR (Luchtbeleid)  
 – C&E (Klimaat- en energiebeleid)  
 – AIR\_C&E (Luchtbeleid + klimaat- en energiebeleid)

Bron: PBL model WorldScan

**Conclusies:**

– In Nederland worden bijna alle emissiedoelen voor 2030 voor luchtverontreinigende stoffen gehaald met het vastgestelde nationale beleid. Het klimaat- en energiebeleid zorgt ervoor dat de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen verder wordt gereduceerd dan volgens de afgesproken doelen. Dit draagt bij aan een verdere vermindering van de gezondheidsschade in Nederland, omdat de

gezondheidsschade door luchtverontreiniging ook bij emissieniveaus onder de afgesproken plafonds optreedt.  
 – Niet alle klimaat- en energiemaatregelen dragen bij aan een vermindering van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Zo zal het vervangen van aardgas door biomassa in kleinere stookinstallaties en in de gebouwde omgeving juist tot meer luchtverontreiniging leiden. De gezondheidsbaten van het klimaat- en energiebeleid kunnen verder worden

vergroot wanneer rekening wordt gehouden met de baten van een schonere lucht.

### AIR

De kernvariant AIR is erop gericht de doelen voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen in 2030 te realiseren. De reductiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen resulteren voor Nederland alleen in een beleidsopgave voor  $\text{NO}_x$  (zie paragraaf 3.2.2). Deze beleidsopgave wordt in AIR voor 85 procent gerealiseerd met technische maatregelen (figuur 4.7). Voor  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{NH}_3$  en NMVOS komen de reductiedoelen met alleen vastgesteld beleid in het Referentiescenario al binnen bereik. Voor  $\text{SO}_2$  en NMVOS geldt dat de uitstoot in REF precies uitkomt op het niveau van de emissieplafonds. Voor  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{NH}_3$  ligt de uitstoot in REF ruim onder de plafonds. Er is dus geen extra inspanning nodig om de uitstoot van deze vier stoffen onder de emissieplafonds te brengen. Toch verandert de uitstoot van deze stoffen in AIR wel iets (zie figuur 4.7), doordat de kosten voor de emissiereductie in Nederland (alleen  $\text{NO}_x$ ) en in andere EU-landen (meerdere stoffen) leiden tot indirecte effecten. Zo neemt de uitstoot van  $\text{NH}_3$  in Nederland met bijna 1 procent toe ten opzichte van REF. Omdat de Nederlandse landbouw geen extra kosten hoeft te maken voor het verminderen van de  $\text{NH}_3$ -uitstoot terwijl de landbouwsector in andere lidstaten dat wel moet doen, verbetert de concurrentiepositie van de Nederlandse landbouw in AIR in vergelijking met REF.

De toename van de productie door de landbouw leidt in AIR tot een wat grotere uitstoot van  $\text{NH}_3$  in Nederland (zie ook paragraaf 4.1.1). De uitstoot van  $\text{NH}_3$  blijft in AIR wel onder het emissieplafond. De veranderingen in de landbouw en de elektriciteitssector leiden in Nederland tot een lichte toename van de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van REF.

Door toenemende productie in de landbouw en de elektriciteitssector neemt ook de uitstoot van broeikasgassen in Nederland in AIR licht toe ten opzichte van REF (0,1 procent).

### C&E

In de variant C&E neemt de uitstoot van broeikasgassen in Nederland minder af dan in de Europese Unie als geheel: 11 respectievelijk 15 procent. De emissiereductie in Nederland behoort zelfs tot de laagste van Europa. Dit kan worden verklaard doordat de stimulering van hernieuwbare energie in Nederland leidt tot een minder sterke toename van elektriciteit uit wind, zon en biomassa dan gemiddeld in de EU28. In de modelsimulaties is verondersteld dat het Europese doel van 27 procent hernieuwbare energie in 2030 in Europa op kosten-effectieve wijze wordt gerealiseerd (zie bijlage 1).

In de berekeningen zorgt stimulering van hernieuwbare energie vooral in Centraal-Europese lidstaten voor een grote toename van hernieuwbare energie, en daarmee voor een sterke afname van de uitstoot van broeikasgassen. Omdat in deze landen in REF het aandeel hernieuwbare energie in 2030 nog relatief beperkt is, kost uitbreiding van de elektriciteitsopwekking uit wind en zon daar minder dan in West-Europese lidstaten, waar het aandeel in 2030 van wind- en zonne-energie in REF groter is. In Nederland is de emissiereductie als gevolg van de extra inzet van hernieuwbare energie minder groot dan in de meeste andere EU-lidstaten. Het aandeel van wind en zon in de totale elektriciteitsopwekking in REF is hier relatief groot.

Ook de uitstoot van  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  en  $\text{PM}_{2,5}$  neemt in C&E in Nederland minder sterk af (respectievelijk 9, 6 en 4 procent) dan gemiddeld in de Europese Unie (respectievelijk 12, 15 en 5 procent). Dat de toename van hernieuwbare energie in Nederland in vergelijking met het EU-gemiddelde minder groot is, draagt bij aan dit verschil. Een andere belangrijke verklaring is het relatief grote aandeel van aardgas in de energiemix van de Nederlandse industrie, waar in andere landen meer kolen worden ingezet. Bij verbranding van aardgas komt nagenoeg geen  $\text{SO}_2$  en  $\text{PM}_{2,5}$  vrij en de emissie van  $\text{NO}_x$  is lager dan bij kolen.

Figuur 4.7 laat zien dat door het klimaat- en energiebeleid de uitstoot van  $\text{PM}_{2,5}$  in de elektriciteitssector in Nederland iets toeneemt (0,1 procent). Dat komt door een grotere inzet van biomassa in de elektriciteitsopwekking, als gevolg van de doelen voor hernieuwbare energie.

### AIR\_C&E

De emissiereducties in kernvariant AIR\_C&E zijn in Nederland vergelijkbaar met die in C&E, zij het dat ze iets minder groot zijn. Wat opvalt aan de analyseresultaten voor Nederland, is dat de emissiereducties voor alle luchtverontreinigende stoffen in AIR\_C&E groter zijn dan in AIR (zie figuur 4.7), terwijl de emissieplafonds in beide varianten gelijk zijn. Het klimaat- en energiebeleid zorgt er in Nederland dus voor dat de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen meer afneemt dan de aanscherping van de doelen vraagt. Daarmee zijn in AIR\_C&E verdergaande technische luchtmaatregelen in Nederland niet nodig om de doelen te halen. De uitstoot van  $\text{NO}_x$  neemt in AIR\_C&E met 9 procent af ten opzichte van REF, terwijl de beleidsopgave in REF 4 procent is. Daarmee komt de uitstoot van  $\text{NO}_x$  in AIR\_C&E in Nederland 5 procent onder het emissieplafond. De uitstoot van  $\text{SO}_2$  en NMVOS komt 6 respectievelijk 3 procent lager uit dan de plafonds. Voor de stoffen  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{NH}_3$  geldt dat de afgesproken emissieplafonds voor 2030 in Nederland bij vastgesteld beleid in het Referentiescenario al werden overschreden met 4 en



Tabel 4.1

**Emissieprijs voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen, subsidie op hernieuwbare energie en energiebelasting ten behoeve van energiebesparing per variant in de EU28 in 2030<sup>1</sup>**

		REF	AIR <sup>2</sup>	C&E	AIR_C&E <sup>2</sup>
<b>Luchtverontreinigende stoffen</b>					
SO <sub>2</sub>	€/kg SO <sub>2</sub>	n.v.t.	0,1 - 9,3	n.v.t.	0,0 - 3,1
NO <sub>x</sub>	€/kg NO <sub>x</sub>	n.v.t.	0,0 - 3,0	n.v.t.	0,0 - 1,2
PM <sub>2,5</sub>	€/kg PM <sub>2,5</sub>	n.v.t.	0,0 - 14,6	n.v.t.	0,0 - 10,1
NH <sub>3</sub>	€/kg NH <sub>3</sub>	n.v.t.	0,0 - 1,8	n.v.t.	0,0 - 1,7
NMVOS	€/kg NMVOS	n.v.t.	0,0 - 3,2	n.v.t.	0,0 - 1,6
<b>Broeikasgassen</b>					
ETS	€/ton CO <sub>2</sub> -eq.	20,3	20,0	22,8	22,7
Niet-ETS <sup>3</sup>	€/ton CO <sub>2</sub> -eq.	n.v.t.	n.v.t.	0,0	0,0
<b>Subsidie hernieuwbare energie<sup>4</sup></b>					
	€/ton CO <sub>2</sub>	n.v.t.	n.v.t.	153 - 202	153 - 203
<b>Energiebelasting voor energiebesparing<sup>5</sup></b>					
	€/ton CO <sub>2</sub>	n.v.t.	n.v.t.	103 - 110	101 - 107

- 1 De emissieprijs is gelijk aan nul wanneer geen extra kosten worden gemaakt om de emissiereductiedoelstelling te realiseren. De emissieprijs komt bovenop bestaande belastingen en kosten van maatregelen in het Referentiescenario.
- 2 Reikwijdte van emissieprijsen in afzonderlijke lidstaten.
- 3 De modelsimulaties veronderstellen binnen niet-ETS-sectoren een efficiënte inzet van de mogelijkheden die de het voorstel voor de Effort Sharing Regulation biedt voor flexibiliteit in de tijd en tussen lidstaten, zodat de emissieprijs in alle lidstaten gelijk is.
- 4 Subsidie op hernieuwbare energie uitgedrukt in een bedrag per ton CO<sub>2</sub> door te veronderstellen dat de CO<sub>2</sub>-reductie van een kilowattuur elektriciteit opgewekt uit wind, zon of biomassa gelijk is aan de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van een kilowattuur elektriciteit die is opgewekt uit fossiele energie (reikwijdte geeft verschillen tussen lidstaten).
- 5 Generieke belasting op energie uitgedrukt in een bedrag per ton CO<sub>2</sub> op basis van de gemiddelde CO<sub>2</sub>-reductie van energiebesparing in de dienstensector en bij huishoudens (reikwijdte geeft verschillen tussen lidstaten).

7 procent. Het klimaat- en energiebeleid in AIR\_C&E zorgt voor een verdere daling van de uitstoot van deze stoffen tot 8 procent onder de desbetreffende emissieplafonds.

**Emissieprijsen**

Tabel 4.1 laat voor de verschillende varianten de emissieprijsen zien, dat wil zeggen de belasting op de emissie van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen die in de modelberekeningen moet worden opgelegd om de doelstelling te halen (zie bijlage 1). Deze emissieprijs komt bovenop bestaande energiebelastingen en -subsidies en bovenop de kosten van maatregelen die onder het vastgestelde beleid in het Referentiescenario al worden genomen, bijvoorbeeld als gevolg van bestaande regelgeving voor gebouwen en installaties.

De emissieprijs die nodig is om de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen onder de emissieplafonds in AIR en AIR\_C&E te brengen, varieert tussen lidstaten. Elke lidstaat heeft immers zijn eigen reductiedoel en dus zijn eigen emissieplafond. Tabel 4.1 geeft voor elke stof de laagste en de hoogste emissieprijs zoals die uit de berekeningen met WorldScan volgen. De emissieprijs is nul als de uitstoot, autonoom of als gevolg van de

doorwerking van ander beleid, onder het emissieplafond ligt.

In het Referentiescenario is geen emissieprijs opgenomen voor luchtverontreinigende stoffen en voor broeikasgassen in niet-ETS-sectoren, omdat de bestaande doelen worden gehaald als gevolg van bestaand beleid, zoals emissienormering. Voor emissierechten in het EU ETS is in het Referentiescenario wel een prijs opgenomen (zie paragraaf 3.1.2). Deze CO<sub>2</sub>-prijs is in lijn met de CO<sub>2</sub>-prijstraming volgens de Nationale Energieverkenning 2015 (NEV2015) en verandert wanneer de verschillende beleidsdoelen in de varianten worden gerealiseerd. Emissiehandel zorgt ervoor dat de ETS-prijs voor alle bedrijven die onder het EU ETS vallen, gelijk is. Ook voor niet-ETS-sectoren is de emissieprijs voor broeikasgassen overal gelijk, omdat in de modelberekeningen wordt verondersteld dat lidstaten optimaal gebruik maken van de mogelijkheid om onderling emissieruimte te verhandelen (zie bijlage 1).

De doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing in het klimaat- en energiepakket worden in de modelberekeningen bereikt door een subsidie op hernieuwbare energie respectievelijk een belasting op

finaal energiegebruik (zie bijlage 1). Door aannames te doen over de CO<sub>2</sub>-reductie die gepaard gaat met de uitbreiding van hernieuwbare energie en energiebesparing, kunnen deze worden uitgedrukt in een subsidie dan wel belasting per ton CO<sub>2</sub>. Zo kunnen de kosten van maatregelen voor de realisatie van deze energiedoelen worden vergeleken met de kosten van maatregelen die primair zijn gericht op de reductie van broeikasgassen. Zo wordt de subsidie op hernieuwbare energie in tabel 4.1 uitgedrukt in een subsidiebedrag per ton CO<sub>2</sub> door te veronderstellen dat elke extra kilowattuur elektriciteit uit wind, zon of biomassa in een land een CO<sub>2</sub>-reductie oplevert die gelijk is aan de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van een kilowattuur elektriciteit die is opgewekt uit fossiele energie in dat land. De generieke energiebelasting die in de modelberekeningen wordt opgelegd om het energiebesparingsdoel te realiseren, wordt in tabel 4.1 uitgedrukt in een bedrag per ton CO<sub>2</sub> op basis van de CO<sub>2</sub>-reductie door energiebesparing in de gebouwde omgeving.

#### Conclusies:

- Bij het gelijktijdig aanscherpen van de lucht- en de klimaat- en energiedoelen hoeven minder technische maatregelen te worden ingezet om de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen te verminderen. De daarmee gepaard gaande kosten nemen zo af.
- In vergelijking met een variant waarin alleen de emissiedoelen voor luchtverontreiniging worden aangescherpt, halveren de totale kosten van technische maatregelen om de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen te verminderen wanneer de lucht- en de klimaat- en energiedoelen tegelijkertijd worden aangescherpt.

#### AIR

In onze modelsimulaties hoeft Nederland als een van de weinige landen nagenoeg geen extra inspanningen te leveren om in 2030 aan het SO<sub>2</sub>-emissieplafond te voldoen. Andere landen zullen wel een extra inspanning moeten leveren. Emissieprijsen zijn minder dan 2 euro/kilogram met uitzondering van Duitsland, waar de emissieprijs uitkomt op 9 euro/kilogram. Voor NO<sub>x</sub> is het beeld divers. In een aantal landen is er helemaal geen beleidsopgave. In overige landen, waaronder Nederland, blijft de emissieprijs onder de 2 euro/kilogram, met uitzondering opnieuw van Duitsland (met een emissieprijs van 3 euro/kilogram). Voor PM<sub>2,5</sub> heeft Nederland geen beleidsopgave. De emissieprijs van PM<sub>2,5</sub>-reductie ligt voor de meeste landen onder de 4 euro/kilogram. In een aantal landen is de emissieprijs hoger, waaronder Duitsland met 13 euro/kilogram en Frankrijk met 15 euro/kilogram. Voor NH<sub>3</sub> hebben alle landen een beleidsopgave, met uitzondering van Nederland. De emissieprijs ligt in alle landen onder de 2 euro/kilogram.

Opvallend zijn de hoge emissieprijsen voor Duitsland in de variant AIR. Deze zijn niet alleen het gevolg van een relatief grote beleidsopgave voor luchtverontreinigende stoffen in Duitsland (bijvoorbeeld 31 en 21 procent vermindering van de uitstoot van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> ten opzichte van REF), maar hangen ook samen met een klein resterend potentieel van goedkope technische maatregelen om de uitstoot te verminderen. Het is ons niet bekend in hoeverre de Duitse inzichten over de toekomstige ontwikkeling van emissies bij vastgesteld beleid overeenstemmen met het hier gebruikte Referentiescenario. Mocht de beleidsopgave voor Duitsland kleiner uitpakken, dan zullen de berekende economische effecten in paragraaf 4.1.1 voor Europa lager uitvallen.

#### C&E

In C&E worden tegelijkertijd de doelen voor broeikasgasemissies, hernieuwbare energie en energiebesparing aangescherpt. Om de emissiereductiedoelen te halen moet de emissieprijs van broeikasgassen omhoog. Omdat de C&E-variant tegelijkertijd ook stuurt op doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing en zo de broeikasgasemissies via andere wegen verlaagt, wordt deze toename echter grotendeels (ETS) of geheel (niet-ETS) teniet gedaan (zie voor een uitgebreide beschrijving paragraaf 4.2, waarin de effecten van de afzonderlijke onderdelen van het klimaat- en energiepakket worden besproken). De prijs voor de uitstoot van broeikasgassen door bedrijven onder het ETS (22,8 euro/kilogram) is 12 procent hoger dan onder REF (20,3 euro/kilogram). De emissieprijs voor niet-ETS in C&E is nul, omdat de benodigde emissiereducties volledig worden gerealiseerd door maatregelen die nodig zijn om te voldoen aan de doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing.

#### AIR\_C&E

Zoals eerder in deze paragraaf al werd beschreven, draagt het klimaat- en energiepakket bij aan een vermindering van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Als gevolg daarvan hoeven minder technische luchtmaatregelen te worden genomen wanneer de doelen van AIR en C&E worden gecombineerd. Daardoor zijn de emissieprijsen voor luchtverontreinigende stoffen in AIR\_C&E lager. De totale kosten van technische maatregelen zijn in AIR\_C&E bijna 50 procent lager dan in AIR. Dit is vooral het gevolg van lagere kosten voor maatregelen om de uitstoot van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> te verminderen. De emissieprijs in het EU ETS neemt in AIR\_C&E af met 0,5 procent ten opzichte van C&E. Dit heeft te maken met structurele veranderingen als gevolg van het luchtbeleid.

#### Emissieprijsen in Nederland

Door emissiehandel en het gebruik van de flexibiliteitsmechanismen onder de Effort Sharing Regulation zijn de emissieprijsen voor broeikasgassen

in Nederland in *C&E* en *AIR\_C&E* hetzelfde als elders in de Europese Unie (zie tabel 4.1). In *AIR* bedragen de emissieprijzen voor luchtverontreinigende stoffen 1,7 euro per kilogram voor  $\text{NO}_x$  en 0,4 euro per kilogram voor  $\text{SO}_2$ . Voor de overige stoffen zijn de emissieprijzen nul, omdat de uitstoot in *REF* al op of onder de afgesproken emissieplafonds ligt. Onder *C&E* en *AIR\_C&E* geldt voor alle luchtverontreinigende stoffen dat de emissieprijzen in Nederland nul zijn omdat, zoals hiervoor beschreven, de beleidsopgave voor  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_2$  wordt gedicht als neveneffect van het klimaat- en energiebeleid.

## 4.2 Deelvarianten klimaat en energie

In de voorgaande paragrafen is het klimaat- en energiepakket voor 2030 in de varianten *C&E*, *AIR\_C&E* en *AIR\_C&E\_NDC* in zijn geheel beschouwd. Dit beleidspakket bestaat uit verschillende onderdelen, die elk hun eigen doelen hebben (zie paragraaf 2.1 en 3.2.1). In deze paragraaf gaan we nader in op de effecten van de afzonderlijke onderdelen door het klimaat- en energiepakket in stappen op te bouwen. We beschrijven de macro-economische effecten en de gevolgen voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen eerst voor een variant waarin alleen de 2030-doelen voor de uitstoot van broeikasgassen worden gerealiseerd (*ETS\_ESR*). Vervolgens voegen we daar het doel van 27 procent hernieuwbare energie in 2030 aan toe (*ETS\_ESR\_RED*). Ten slotte wordt één van de EU-doelen voor energiebesparing uit de voorgestelde wijziging van de Energy Efficiency Directive (EED) toegevoegd, namelijk een vermindering van het finaal energiegebruik in de Europese Unie van 30 procent in 2030 (*ETS\_ESR\_RED\_EED*). Deze variant is gelijk aan de kernvariant *C&E*.

### 4.2.1 Economische gevolgen

Figuur 4.8 toont de macro-economische gevolgen van de klimaat- en energievarianten voor de EU28 en voor Nederland in 2030.

#### Conclusies:

- De kosten van het klimaat- en energiepakket worden vooral veroorzaakt door de EU-doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing en veel minder door de EU-doelen voor broeikasgasreductie.
- Het inkomensverlies van alle Europese beleidsdoelen voor klimaat en energie samen bedraagt in Nederland de helft van het EU-gemiddelde. Doordat de Nederlandse economie relatief sterk exportgeoriënteerd is, kunnen de kosten van energiebesparing meer dan elders in de Europese Unie op het buitenland worden afgewenteld. Bovendien draagt Nederland minder bij aan een kosteneffectieve invulling van het aangescherpte doel

voor hernieuwbare energie in de Unie dan andere lidstaten.

#### ETS\_ESR

De aanscherping van de doelen voor broeikasgasemissies voor ETS en niet-ETS (*ETS\_ESR*) leidt tot extra kosten, omdat de uitstoot verder moet worden teruggebracht. De extra kosten in *ETS\_ESR* leiden voor de EU28 tot een berekend inkomensverlies van circa 0,05 procent van het nationaal inkomen in *REF*. De economie groeit minder hard waardoor het bbp voor de EU28 in 2030 0,1 procent lager is dan in *REF*. Voor Nederland vinden we vergelijkbare effecten.

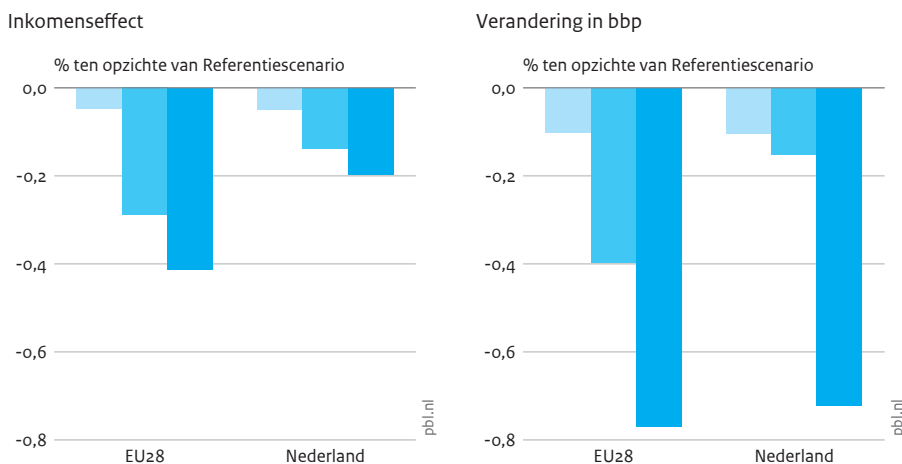
#### ETS\_ESR\_RED

Wanneer in aanvulling op de EU-doelen voor broeikasgasemissies ook een EU-doel wordt opgelegd voor het aandeel hernieuwbare energie, lopen de macro-economische kosten verder op. Elektriciteit uit hernieuwbare bronnen is duurder dan elektriciteit uit fossiele energie. Zo zijn voor wind- en zonne-energie per eenheid opgewekte elektriciteit meer arbeid, kapitaal en diensten nodig en ook elektriciteit uit biomassa is duurder dan conventionele opwekking. Zoals beschreven in bijlage 1, wordt een grotere inzet van hernieuwbare energie in de modelsimulaties gerealiseerd door een extra subsidie op elektriciteit die is opgewekt uit zon, wind en biomassa. De bijdrage van elke lidstaat aan het EU-brede doel is zodanig ingevuld dat de totale EU-doelstelling op kosteneffectieve wijze wordt gerealiseerd. De inzet van hernieuwbare energie buiten de elektriciteitssector (bijvoorbeeld voor warmte en transport) is in het model exogeen. De hernieuwbare energie buiten de elektriciteitssector, zoals die is opgenomen in het Referentiescenario, wordt wel meegeteld om het aandeel hernieuwbare energie te bepalen, maar in de modelanalyses is aangenomen dat de beleidsdoelen niet tot extra inzet van hernieuwbare energie buiten de elektriciteitssector zullen leiden.

Een toename van hernieuwbare elektriciteitsopwekking onder *ETS\_ESR\_RED* leidt tot een inkomensverlies voor de EU28 in 2030 van 0,3 procent van het inkomen in *REF*. Het bbp is 0,4 procent lager dan in *REF*. Het effect in 2030 op inkomen en bbp is daarmee aanzienlijk groter dan bij *ETS\_ESR*, waar alleen de doelen voor broeikasgasemissies zijn aangescherpt. Het effect op inkomen in de Europese Unie verzesvoudigt ten opzichte van *ETS\_ESR*.

Ook in *REF* wordt hernieuwbare energie al gestimuleerd met subsidies. Gemiddeld bedragen de subsidies in de Europese Unie in 2030 in *REF* 0,4 procent van het bbp, variërend tussen lidstaten van 0,2 tot 0,5 procent. Met deze subsidies wordt een totaal aandeel hernieuwbaar in *REF* behaald van 22,4 procent in 2030.

**Figuur 4.8**  
**Macro-economische effecten bij Europese beleidsdoelen klimaat en energie, 2030**



Deelvarianten klimaat en energie

- ETS\_ESR (Emissie broeikasgassen)
- ETS\_ESR\_RED (Hernieuwbare energie + emissie broeikasgassen)
- C&E (Energiebesparing + hernieuwbare energie + emissie broeikasgassen)

Bron: PBL model WorldScan

Om de doelstelling van 27 procent in 2030 te realiseren moet in ETS\_ESR\_RED meer subsidie op hernieuwbare energie worden gegeven en verdrievoudigt de totale omvang van de subsidie in de Europese Unie in 2030 ten opzichte van REF. De toename in subsidie in ETS\_ESR\_RED ten opzichte van REF varieert tussen lidstaten van een factor twee tot een factor negen, afhankelijk van het kosteneffectieve potentieel voor hernieuwbare energie. De totale omvang van de subsidies in 2030 in ETS\_ESR\_RED komt uit op 0,7 tot 2,0 procent van het bbp.

Een toename van het aandeel hernieuwbaar tot 27 procent leidt ook in Nederland tot een extra kostenstijging ten opzichte van ETS\_ESR. Het totale verlies aan inkomen en bbp in Nederland in ETS\_ESR\_RED komt uit op 0,15 procent van het inkomen respectievelijk het bbp in het Referentiescenario. De toename in inkomensverlies in ETS\_ESR\_RED ten opzichte van ETS\_ESR is in Nederland minder groot dan voor de Europese Unie als geheel. Door toevoeging van de RED-doelstelling aan ETS\_ESR verdrievoudigt het inkomensverlies en Nederland, tegenover een verzesvoudiging op EU-niveau. In Nederland is het aandeel hernieuwbare energie in het bruto-eindverbruik van energie in REF in 2030 kleiner dan gemiddeld in de Europese Unie (tabel 3.4). Wel is in REF het aandeel hernieuwbare energie in de elektriciteitsproductie in Nederland relatief groot. Doordat de kostencurve van hernieuwbare elektriciteit oploopt bij een toenemend aandeel van hernieuwbare

energiebronnen, is uitbreiding van de elektriciteitsopwekking uit zon, wind en biomassa in Nederland relatief duur. Daarom draagt Nederland in ETS\_ESR\_RED minder bij aan een kosteneffectieve invulling van het aangescherpte doel voor hernieuwbare energie in de Europese Unie dan andere lidstaten. Zo neemt in ETS\_ESR\_RED de omvang van de subsidies voor hernieuwbare energie ten opzichte van REF in Nederland minder sterk toe (150 procent) dan gemiddeld in de EU28 (230 procent).

**ETS\_ESR\_RED\_EED<sup>4</sup>**

In variant ETS\_ESR\_RED\_EED wordt, bovenop de doelen voor broeikasgasemissies en hernieuwbare energie, een doelstelling opgelegd voor het totale finaal energieverbruik van de Europese Unie in 2030. Om dit doel te bereiken wordt in de Europese Unie een uniforme energiebelasting geïntroduceerd van 6,2 euro per gigajoule (GJ). Deze energiebelasting maakt alle energieverbruik met een vast bedrag duurder en zorgt voor extra investeringen in energiebesparing. De relatieve prijsstijging van energie bepaalt de economische effecten. Door het beleid om de doelen voor broeikasgasemissies en hernieuwbare energie te realiseren is het finaal energieverbruik in variant ETS\_ESR\_RED al wel wat afgenomen, maar om het doel van de Energy Efficiency Directive van 987 Mtoe te realiseren moet het energieverbruik in 2030 ten opzichte van ETS\_ESR\_RED met 10 procent naar beneden. Het

complete pakket aan doelen in *ETS\_ESR\_RED\_EED* brengt kosten met zich mee die leiden tot een inkomensverlies voor de Europese Unie van 0,4 procent van het inkomen in REF. Dit is een toename van 43 procent ten opzichte van *ETS\_ESR\_RED*. Het bbp neemt met bijna 0,8 procent af ten opzichte van REF. Dit is bijna een verdubbeling ten opzichte van het bbp-effect in *ETS\_ESR\_RED*.

Vooraf energie-intensieve sectoren zoals de aardolie-industrie, basismetaleen, transport en elektriciteitsproductie gaan minder produceren (5 tot 6 procent minder dan in REF, zie ook bijlage 3, tabel B3.1).

De economische effecten in landen hangen af van tal van factoren. Zo is niet de absolute maar de relatieve stijging van de energieprijzen van belang voor de economische gevolgen van de energiebelasting. In lidstaten met relatief hoge bestaande belastingen op energie, zoals Nederland, is de economische impact van de uniforme EU-energiebelasting minder groot dan in lidstaten waar de bestaande energiebelastingen minder hoog zijn. Ook verschilt de doorwerking van de energiebelasting in de prijzen van producten, afhankelijk van de energie-intensiteit van de productie. Voor Nederland, met een relatief energie-intensieve industrie, zou dit een groter effect kunnen hebben dan in andere landen. Maar omdat de industrie in Nederland sterk op de export is georiënteerd, kan Nederland meer dan andere EU-lidstaten de hogere kosten doorberekenen aan afnemers buiten de Europese Unie (ruilvoeteffect, zie ook paragraaf 4.1). De verschillen in economische effecten tussen landen in de modelsimulaties worden verklaard door een samenspel van al deze factoren.

Waar het toevoegen van het energiebesparingsdoel ertoe leidt dat het bbp-effect in *ETS\_ESR\_RED\_EED* bijna het dubbele is van het bbp-effect in *ETS\_ESR\_RED*, neemt het inkomenseffect met circa 40 procent toe. Dit heeft erme te maken dat de energiebelasting in *ETS\_ESR\_RED\_EED* direct doorwerkt in de kostprijs van producten. Via internationale handel kan deze kostprijsverhoging ook worden doorberekend aan afnemers buiten de Europese Unie, zodat een deel van de toegenomen kosten kunnen worden afgewenteld op het buitenland. Stimulering van hernieuwbare energie gebeurt via een subsidie uit de algemene middelen van nationale overheden en gaat ten koste van andere overheidsuitgaven die bijdragen aan de welvaart. In *ETS\_ESR\_RED* zijn de lagere overheidsuitgaven dan ook een belangrijke oorzaak van het inkomensverlies. Via indirecte effecten leidt de subsidiëring van hernieuwbare energie in *ETS\_ESR\_RED* wel tot een kostprijsverhoging van exportproducten, maar die is veel geringer dan de kostprijsverhoging door de energiebelasting in *ETS\_ESR\_RED\_EED*. Het ruilvoeteffect is dan ook minder groot in *ETS\_ESR\_RED* dan in *ETS\_ESR\_RED\_EED*.

Bovendien zorgt de energiebelasting in *ETS\_ESR\_RED\_EED* ervoor dat het totale finaal energieverbruik afneemt, waardoor de doelstelling voor hernieuwbare energie met minder subsidiëring van hernieuwbare energie wordt gerealiseerd. Minder subsidie in *ETS\_ESR\_RED\_EED* betekent ook dat lagere overheidsuitgaven minder bijdragen aan het totale inkomensverlies.

Net als in andere EU-lidstaten leidt de energiebelasting tot een afname van economische activiteiten in Nederland. Het inkomensverlies in *ETS\_ESR\_RED\_EED* is in Nederland, met 0,2 procent ten opzichte van REF, de helft van het EU-gemiddelde. Een verklaring voor dit geringere effect is dat Nederland in het Referentiescenario al relatief hoge energiebelastingen kent, waardoor de uniforme EU-brede energiebelasting hier een minder grote impact heeft dan in andere lidstaten. Bovendien is de Nederlandse economie sterk op export georiënteerd. Daardoor kunnen Nederlandse consumenten er meer dan consumenten in andere EU-lidstaten van profiteren dat door het ruilvoeteffect een deel van de extra kosten kunnen worden afgewenteld op het buitenland, ook al neemt de export naar landen buiten de Europese Unie zowel in Nederland als in de EU28 met 3 procent af ten opzichte van REF.

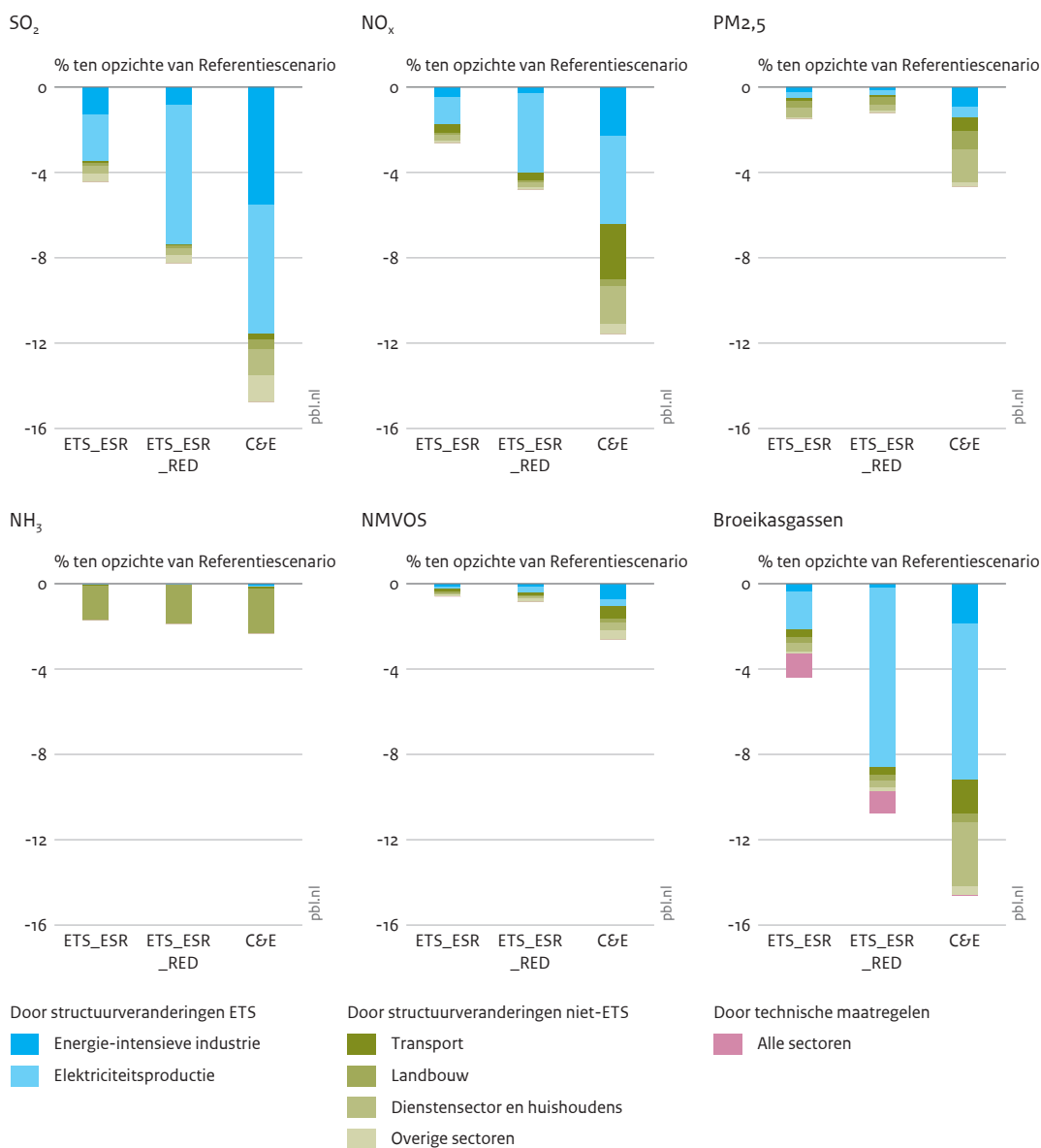
#### 4.2.2 Effecten op emissies

Figuur 4.9 geeft de verandering in de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen in de klimaat- en energievarianten weer ten opzichte van REF. Tabel 4.2 geeft voor broeikasgassen in de ETS- en de niet-ETS-sectoren de emissieprijs die in de modelberekeningen worden opgelegd om de reductiedoelstelling te realiseren. Deze emissieprijs komt bovenop bestaande energiebelastingen en -subsidies en bovenop de kosten van maatregelen die onder het vastgesteld beleid in het Referentiescenario worden genomen (zie ook paragraaf 4.1.2). Tabel 4.2 geeft ook de subsidie op hernieuwbare energie en de energiebelasting die wordt opgelegd om het energiebesparingsdoel te realiseren, uitgedrukt in een bedrag per ton CO<sub>2</sub>.

#### Conclusies:

- Bij een stapeling van de afzonderlijke doelen voor broeikasgasreductie, hernieuwbare energie en energiebesparing binnen het Europese klimaat- en energiepakket voor 2030 leidt elk van de beleidsdoelen tot een verdere reductie van de broeikasgasemissie. Elk doel draagt voor ongeveer een derde bij aan de totale emissiereductie in de EU28 van 15 procent ten opzichte van het Referentiescenario.

Figuur 4.9  
Verandering van emissie in EU28 bij Europese beleidsdoelen klimaat en energie, 2030



Bron: PBL model WorldScan

- De Europese doelen voor broeikasgasreductie leggen niet de uitstoot in een specifiek jaar vast, maar begrenzen de emissieruimte voor een budgetperiode. Wanneer de emissieruimte in een jaar niet volledig wordt benut, kan die in een later jaar worden gebruikt. Deze flexibiliteit in de tijd wordt benut wanneer alleen doelen voor broeikasgasreductie worden aangescherpt. Daardoor is de reductie in 2030 met 36 procent ten opzichte van 1990 minder groot dan het afgesproken reductiedoel voor 2030 van 40 procent.
- De doelen voor hernieuwbare energie en energiebesparing, bovenop de doelen voor broeikasgasemissies, zorgen voor extra emissiereducties in 2030. Daardoor komt de totale reductie in de EU28 in 2030 uit op 43 procent ten opzichte van 1990.

Tabel 4.2

**Emissieprijs voor de uitstoot van broeikasgassen door ETS- en niet-ETS-sectoren, subsidie op hernieuwbare energie en energiebelasting ten behoeve van energiebesparing per variant in de EU28 in 2030**

		REF	ETS_ESR	ETS_ESR_RED	ETS_ESR_RED_EED
ETS	€/ton CO <sub>2</sub> -eq.	20,4	29,7	24,6	22,8
Niet-ETS <sup>1</sup>	€/ton CO <sub>2</sub> -eq.	n.v.t.	10,4	10,9	0,0
<b>Subsidie hernieuwbare energie<sup>2</sup></b>					
	€/ton CO <sub>2</sub>	n.v.t.	n.v.t.	240-317	153-203
<b>Energiebelasting voor energiebesparing<sup>3</sup></b>					
	€/ton CO <sub>2</sub>	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	103-110

- 1 De modelsimulaties veronderstellen binnen niet-ETS-sectoren een efficiënte inzet van de mogelijkheden die het voorstel voor de Effort Sharing Regulation biedt voor flexibiliteit in de tijd en tussen lidstaten, zodat de emissieprijs in alle lidstaten gelijk is.
- 2 Subsidie op hernieuwbare energie uitgedrukt in een bedrag per ton CO<sub>2</sub> door te veronderstellen dat de CO<sub>2</sub>-reductie van een kilowattuur elektriciteit die is opgewekt uit wind, zon of biomassa gelijk is aan de gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot van een kilowattuur elektriciteit die is opgewekt uit fossiele energie (reikwijdte geeft verschillen tussen lidstaten).
- 3 Generieke belasting op energie uitgedrukt in een bedrag per ton CO<sub>2</sub> op basis van de gemiddelde CO<sub>2</sub>-reductie van energiebesparing in de dienstensector en bij huishoudens (reikwijdte geeft verschillen tussen lidstaten).

- Beleid om het aandeel hernieuwbare energie in de EU28 te vergroten naar 27 procent in 2030 zorgt voor extra emissiereductie onder het EU ETS. Daardoor neemt de vraag naar ETS-emissierechten af, wat zorgt voor een lagere CO<sub>2</sub>-prijs.
- Beleid om in de EU28 30 procent energiebesparing te realiseren zorgt voor een extra broeikasgasreductie in niet-ETS-sectoren die verder gaat dan de Europese reductiedoelstelling voor deze sectoren.

**ETS\_ESR**

In ETS\_ESR zijn alleen strengere reductiedoelen voor de uitstoot van broeikasgassen voor ETS en niet-ETS opgelegd. De totale uitstoot van broeikasgassen in 2030 is 4 procent lager dan in het Referentiescenario (zie figuur 4.9); voor ETS is dit 5 procent en voor niet-ETS 4 procent.

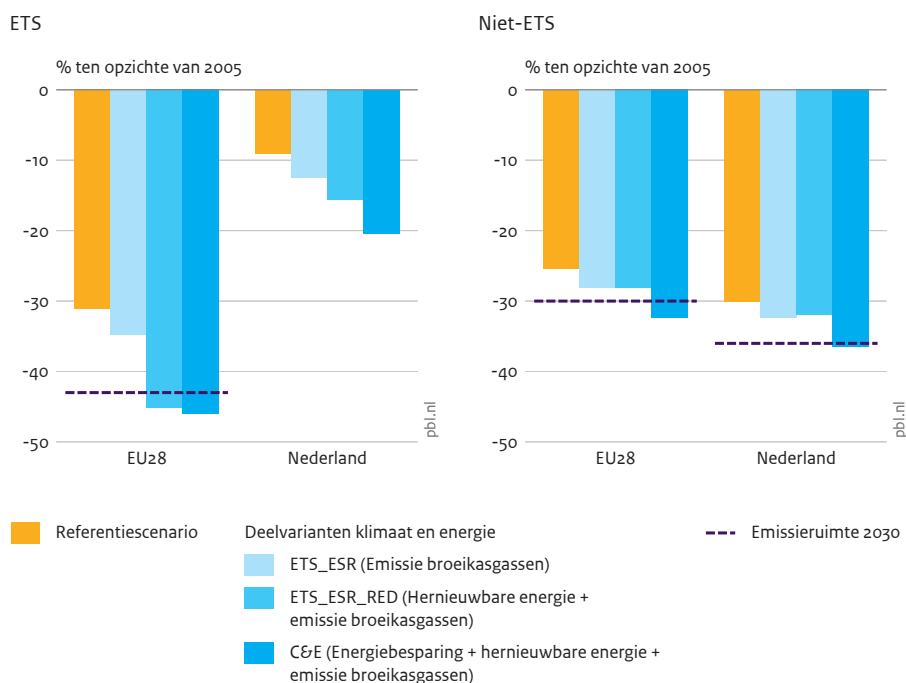
De doelen voor broeikasgasreductie voor ETS-bronnen en niet-ETS-bronnen zijn geformuleerd als een reductie ten opzichte van de uitstoot in 2005. Om die reden brengt figuur 4.10 de reductiepercentages ten opzichte van 2005 in beeld. Voor ETS neemt de reductie ten opzichte van 2005 toe van 31 procent in REF naar 35 procent in ETS\_ESR. Voor niet-ETS neemt de reductie ten opzichte van 2005 toe van 25 procent in REF naar 28 procent in ETS\_ESR. Deze reductiepercentages zijn minder dan de vastgestelde reductiedoelen voor 2030 voor de EU28 van 43 procent voor ETS en 30 procent voor niet-ETS. Ook in Nederland is de reductie in niet-ETS-sectoren in 2030 ten opzichte van 2005 in ETS\_ESR met 32 procent minder groot dan het vastgestelde doel van 36 procent. Het verschil tussen uitstoot in 2030 en doelen voor 2030 wordt verklaard doordat het Europese beleid niet de

emissie in een jaar vastlegt maar de emissieruimte voor een budgetperiode begrenst. Voor niet-ETS is dit de periode 2021-2030, voor ETS wordt het totale budget sinds 2008 bepaald door de totale hoeveelheid emissierechten die beschikbaar komt (zie paragraaf 2.1.1 en figuur 2.1). Het is mogelijk om emissierechten tussen jaren uit te wisselen. De doelen voor 2030 die in de voorstellen van de Europese Commissie worden genoemd hebben betrekking op de emissieruimte die in 2030 beschikbaar komt. Voor ETS is deze emissieruimte (dat wil zeggen de uitgifte van rechten) in 2030 volgens opgave van de Commissie 1.434 Mton in REF en 1.363 Mton in ETS\_ESR. Door de voorgestelde wijzigingen voor aanpassing van het ETS worden in ETS\_ESR in 2030 dus 5 procent minder ETS-rechten uitgegeven dan in REF. Dat vertaalt zich in de modelberekening in een vergelijkbare vermindering in uitstoot in dat jaar.

Tot en met 2016 was de uitstoot binnen het EU ETS bijna 1,7 miljard ton CO<sub>2</sub> lager dan het aantal uitgegeven rechten in deze periode (EC 2017). Deze ongebruikte rechten kunnen in latere jaren worden gebruikt, wat het mogelijk maakt om de uitstoot in deze jaren groter te laten zijn dan de emissieruimte die in dat jaar beschikbaar komt. In de modelberekeningen ligt ook in 2017 en 2018 de uitstoot van broeikasgassen door ETS-sectoren onder de hoeveelheid emissierechten die in deze jaren beschikbaar komen, waardoor het overschot aan rechten verder toeneemt. Ook voor niet-ETS-sectoren ligt in de berekeningen de uitstoot in de eerste jaren van de periode 2021-2030 onder de doelen. Daardoor is er in de jaren daarna ruimte om de uitstoot groter te laten zijn dan de doelen.



Figuur 4.10  
Verandering van emissie broeikasgassen bij Europese beleidsdoelen klimaat en energie, 2005 – 2030



Bron: PBL model WorldScan

De reductiedoelen voor ETS (43 procent) en niet-ETS (30 procent) dienen dus op de juiste manier te worden geïnterpreteerd; ze geven de emissieruimte die in dat jaar beschikbaar komt, maar kunnen niet één op één worden vertaald naar de uitstoot voor het jaar 2030. Terwijl de doelstelling voor de totale uitstoot van broeikasgassen in de Europese Unie (ETS en niet-ETS) in 2030 ligt op -40 procent ten opzichte van 1990, is de werkelijke emissiereductie in ETS\_ESR in 2030 36 procent ten opzichte van 1990.

De reductie van de uitstoot van broeikasgassen in de Europese Unie komt in ETS\_ESR voor de helft uit ETS-sectoren. Het grootste deel daarvan (ruim 80 procent) is het gevolg van veranderingen in de elektriciteitssector, zoals een verschuiving van kolen naar gas. De andere helft komt uit niet-ETS-sectoren. Daarvan komt ongeveer de helft door de inzet van technische maatregelen voor reductie van niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen. Emissiereducties bij huishoudens en de dienstensector en bij transport dragen, vooral via energiebesparing, 9 respectievelijk 8 procent bij aan de totale emissiereductie.

De structurele veranderingen in ETS\_ESR leiden ook tot een lagere uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. De uitstoot van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> daalt met 4 respectievelijk 3 procent, ongeveer voor de helft als gevolg van structurele veranderingen in de elektriciteitssector.

De neveneffecten van de reductie van broeikasgasemissies zijn minder groot voor NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub> en NMVOS. De uitstoot van deze stoffen neemt in ETS\_ESR af met 2 respectievelijk 1 en 1 procent.

Als gevolg van de aanscherping van de lineaire reductiefactor neemt de prijs van EU ETS- emissierechten toe van 20 euro per ton CO<sub>2</sub> in het Referentiescenario naar 30 euro per ton CO<sub>2</sub> in 2030 (tabel 4.2). De emissieprijs voor broeikasgassen in niet-ETS-sectoren bedraagt in ETS\_ESR 10 euro per ton CO<sub>2</sub> in 2030; deze komt in de modelberekening bovenop de bestaande energiebelastingen en bovenop de kosten van maatregelen onder het vastgesteld beleid in REF.

#### ETS\_ESR\_RED

Het EU-doel van 27 procent hernieuwbare energie in 2030 in ETS\_ESR\_RED wordt in de modelberekening gerealiseerd via een extra subsidie op de opwekking van hernieuwbare elektriciteit. Deze stimulering leidt ertoe dat de opwekking van elektriciteit verschuift van fossiele brandstoffen naar wind, zon en biomassa. Deze verschuiving zorgt voor een reductie in de uitstoot van broeikasgassen door de elektriciteitssector. Het aandeel van de elektriciteitssector in de totale broeikasgasreductie in de Europese Unie neemt daardoor toe van ruim 40 procent in ETS\_ESR tot bijna 80 procent in ETS\_ESR\_RED.



Hoewel in variant *ETS\_ESR\_RED* de reductiedoelstellingen voor de uitstoot van broeikasgassen niet veranderen ten opzichte van *ETS\_ESR*, is de uitstootreductie in 2030 in variant *ETS\_ESR\_RED* 11 procent ten opzichte van *REF* (figuur 4.9). Dat is meer dan twee keer zo veel als de reductie in *ETS\_ESR*. Dit betekent dat toevoeging van het doel voor hernieuwbare energie niet alleen zorgt voor een andere invulling van de broeikasreductiedoelen tot 2030, maar ook zorgt voor een grotere emissiereductie in 2030. De aanvullende reductie ten opzichte van variant *ETS\_ESR* komt geheel uit de ETS-sectoren, waar de broeikasgasemissie in *ETS\_ESR\_RED* 20 procent lager is dan in *REF*. Het reductiepercentage ten opzichte van 2005 is 45 procent. Daarmee gaat de uitstoot onder het EU ETS in 2030 in deze variant verder dan het reductiedoel van 43 procent in 2030. Doordat de reductie in 2030 verder gaat dan in *ETS\_ESR*, blijven er in *ETS\_ESR\_RED* meer ETS-emissierechten over voor de periode na 2030. Daardoor hoeft er in latere jaren dus minder te worden gereduceerd. De aanvullende doelstelling voor hernieuwbare energie zorgt er daarmee voor dat de voor het EU ETS afgesproken emissiereductie van broeikasgassen naar voren wordt gehaald in de tijd. De totale reductie in de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van 1990 komt in 2030 precies uit op de doelstelling van 40 procent.

Door de lagere uitstoot heeft de elektriciteitssector minder emissierechten nodig. Voor bedrijven in andere ETS-sectoren (de energie-intensieve industrie) zijn er dan meer emissierechten beschikbaar. Deze bedrijven hoeven hun uitstoot daardoor minder terug te dringen dan in *ETS\_ESR*. Door de afgenomen vraag naar rechten daalt de prijs van emissierechten van 30 euro per ton CO<sub>2</sub> in *ETS\_ESR* naar 25 euro per ton CO<sub>2</sub> in *ETS\_ESR\_RED* (tabel 4.2). Daar staat tegenover dat hernieuwbare energie een veel duurdere manier is om de CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren dan bijvoorbeeld een verschuiving van kolen naar gas. Tabel 4.2 presenteert de subsidie die in de modelberekeningen nodig is om het aandeel hernieuwbare energie op 27 procent te brengen, uitgedrukt als subsidiebedrag per ton CO<sub>2</sub>. Gemiddeld in de EU28 bedraagt die in *ETS\_ESR\_RED* circa 260 euro per ton CO<sub>2</sub> in 2030.

De stimulering van hernieuwbare energie werkt door op andere markten, ook buiten het EU ETS en heeft daarmee ook gevolgen voor de uitstoot van broeikasgassen in niet-ETS-sectoren. Uit de analyse blijkt dat deze effecten klein zijn. Doordat de elektriciteitssector minder fossiele brandstoffen nodig heeft, dalen de prijzen van fossiele energie. Door de lagere prijzen is in onze berekeningen een hogere emissieprijs nodig om het reductiedoel in niet-ETS-sectoren te realiseren. De emissieprijs neemt toe van 10 euro per ton CO<sub>2</sub> in *ETS\_ESR* naar 11 euro per ton CO<sub>2</sub> in *ETS\_ESR\_RED*.

Door de geringere inzet van fossiele brandstoffen in de elektriciteitsopwekking in *ETS\_ESR\_RED* in vergelijking met *ETS\_ESR* neemt de uitstoot van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> in de elektriciteitssector ook verder af. De totale reductie van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> is in *ETS\_ESR\_RED* groter dan in *ETS\_ESR* en bedraagt 8 respectievelijk 5 procent. Opvallend is dat de uitstoot van PM<sub>2,5</sub> in *ETS\_ESR\_RED* minder wordt gereduceerd dan in *ETS\_ESR*. Dat is het gevolg van een grotere inzet van biomassa bij de opwekking van elektriciteit. Biomassa leidt weliswaar tot een afname van broeikasgassen, maar gaat wel gepaard met de uitstoot van PM<sub>2,5</sub>. In Nederland leidt de extra inzet van biomassa in de elektriciteitssector zelfs tot een toename van de totale PM<sub>2,5</sub>-uitstoot. De energie-intensieve industrie draagt, zoals hiervoor vermeld, in *ETS\_ESR\_RED* minder bij aan de vermindering van de broeikasgasuitstoot dan in *ETS\_ESR*. Hierdoor is de reductie van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> door deze sector ook minder groot dan in *ETS\_ESR*.

#### **ETS\_ESR\_RED\_EED<sup>5</sup>**

In variant *ETS\_ESR\_RED\_EED* wordt niet alleen gestuurd op de reductiedoelen voor emissies van broeikasgassen en de stimulering van hernieuwbare energie, maar ook op een vermindering van het finaal energieverbruik in 2030. Dit laatste gebeurt door middel van een uniforme energiebelasting. De reductie in de uitstoot van broeikasgassen in *ETS\_ESR\_RED\_EED* is 15 procent (figuur 4.9): 4 procentpunten meer dan de reductie in *ETS\_ESR\_RED*. Dit betekent dat de toevoeging van een doel voor energiebesparing zorgt voor een extra reductie in de uitstoot van broeikasgassen in 2030. Het reductiepercentage ten opzichte van 2005 neemt in *ETS\_ESR\_RED\_EED* voor ETS-sectoren toe tot 46 procent en voor niet-ETS-sectoren tot 32 procent. De broeikasgasuitstoot komt daarmee in 2030 zowel voor ETS als voor niet-ETS lager uit dan de reductiedoelen (emissieruimte) in 2030 van 43 procent voor ETS en 30 procent voor niet-ETS. De totale reductie in de uitstoot van broeikasgassen (ETS en niet-ETS) ten opzichte van 1990 is met 43 procent groter dan de doelstelling van 40 procent.

Een vermindering van het eindverbruik van fossiele brandstoffen zorgt direct voor een lagere uitstoot van broeikasgassen. Een vermindering van het elektriciteitsverbruik, dat ook wordt belast, draagt indirect bij aan een lagere uitstoot van broeikasgassen. Naast de elektriciteitssector (50 procent van de totale broeikasgasreductie) leveren in *ETS\_ESR\_RED\_EED* ook de huishoudens en de dienstensector een belangrijke bijdrage (20 procent) aan de emissiereductie (figuur 4.9), namelijk door energiebesparing (gebouwde omgeving). De energie-intensieve industrie en transport dragen 13 respectievelijk 11 procent bij aan de totale reductie van broeikasgasemissies.

In *ETS\_ESR\_RED\_EED* worden in de niet-ETS-sectoren geen technische maatregelen meer ingezet voor de reductie van broeikasgassen. De emissiereductie die het gevolg is van het energiebesparingsbeleid is namelijk groot genoeg om de uitstoot door niet-ETS-sectoren binnen de vastgestelde emissieruimte te houden. De prijs voor de emissie van broeikasgassen door niet-ETS-sectoren gaat in *ETS\_ESR\_RED\_EED* dan ook naar nul. Dat wil zeggen dat er, gegeven de emissiereductie als gevolg van de energiebesparing die in deze variant plaatsvindt, geen prijs nodig is om het niet-ETS-doel in deze variant met besparingsbeleid te halen. De emissiereductie in niet-ETS-sectoren wordt dus helemaal gedreven door het doel voor finaal energieverbruik. Omdat voor het EU ETS de budgetperiode niet in 2030 eindigt, wordt de prijs van emissierechten bepaald door schaarste op de langere termijn (na 2030). Wel daalt de prijs van emissierechten in 2030 verder naar 23 euro per ton CO<sub>2</sub>, omdat de totale vraag naar emissierechten afneemt.

Ook de subsidie op hernieuwbare energie is in *ETS\_ESR\_RED\_EED* lager dan in *ETS\_ESR\_RED*. Gemiddeld in de EU28 bedraagt de subsidie op hernieuwbare energie, uitgedrukt als subsidiebedrag per ton CO<sub>2</sub>, in *ETS\_ESR\_RED\_EED* circa 165 euro per ton CO<sub>2</sub> in 2030. Omdat door de energiebesparing het doel van 27 procent hernieuwbare energie makkelijker kan worden gerealiseerd, wordt er in *ETS\_ESR\_RED\_EED* minder geïnvesteerd in hernieuwbare energie dan in *ETS\_ESR\_RED*. De totale broeikasgasreductie in de elektriciteitssector is in *ETS\_ESR\_RED\_EED* daardoor minder groot dan in *ETS\_ESR\_RED*.

Het lagere energieverbruik in *ETS\_ESR\_RED\_EED* draagt in vergelijking met de *ETS\_ESR\_RED*-variant sterk bij aan een vermindering van de uitstoot van SO<sub>2</sub> (15 procent), NO<sub>x</sub> (12 procent), PM<sub>2,5</sub> (5 procent) en NMVOS (3 procent). Ook de emissiereductie van NH<sub>3</sub> is in *ETS\_ESR\_RED\_EED* groter dan in *ETS\_ESR\_RED*. Dat is niet zozeer een direct gevolg van de energiebelasting, maar veel meer indirect het gevolg van de verminderde economische activiteit en de veranderingen in de sectorstructuur in de Europese Unie in *ETS\_ESR\_RED\_EED*.

## Noten

- 1 De gebruikte maatstaf is de 'Hicksiaanse equivalent variatie'. Deze geeft aan hoeveel inkomen een huishouden bereid is op te geven of te ontvangen om – in termen van nut – na de beleidsaanpassing niet slechter of beter af te zijn dan ervoor, gemeten ten opzichte van het nationaal inkomen in het Referentiescenario (voor een verdere toelichting, zie bijlage 2).
- 2 Meer gedetailleerde resultaten voor sectoren staan in bijlage 3.
- 3 Merk op dat in figuur 4.4 de toegevoegde waarde tegen basisprijzen wordt gepresenteerd terwijl figuur 4.1 het effect op het bbb tegen marktprijzen weergeeft. Het verschil tussen de verandering in bbb in figuur 4.1 en de verandering in de som van de toegevoegde waarde wordt verklaard door de verandering in het saldo van productgebonden belastingen en subsidies.
- 4 Deze variant is gelijk aan kernvariant C&E.
- 5 Deze variant is gelijk aan kernvariant C&E.



# Literatuur

- Amann, M, Bertok, I, Borken-Kleefeld, J, Cofala, J, Hettelingh, J-P, Heyes, C, Holland, M, Kieseewetter, G, Klimont, Z, Rafaj, P, Paasonen, P, Posch, M, Sander, R, Schöpp, W, Wagner, F, Winiwarter, W (2013). Policy Scenarios for the Revision of the Thematic Strategy on air Pollution. TSAP Report #10. IIASA, Laxenburg, Austria.
- Amann, M, Wagner, F (2014). A flexibility mechanism for complying with National Emission Ceilings for air pollutants. TSAP Report #15. IIASA.
- Amann, M, Bertok, I, Borken-Kleefeld, J, Cofala, J, Heyes, C, Höglund-Isaksson, L, Kieseewetter, G, Klimont, Z, Schöpp, W, Vellinga, N, Winiwarter, W (2015). Adjusted historic emission data, projections, and optimized emission reduction targets for 2030 – A comparison with COM data 2013 TSAP Report #16. IIASA, Laxenburg, Austria.
- Bollen, J, Brink, C (2014). Air pollution policy in Europe: Quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies. *Energy Economics* 46, 202-215.
- Brink, C, Hof, A, Vollebergh, H (2013). Cost of greenhouse gas mitigation - comparison between TIMER and WorldScan. PBL Working Paper 15 15. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- Brink, C, Beurskens, S, van Andel, E (2014). Marktstabiliteitsreserve in het EU ETS. Nadere analyse. Nederlandse Emissieautoriteit (NEa)/Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag.
- Brink, C (2015). CO<sub>2</sub>-prijs en veilingopbrengsten in de Nationale Energieverkenning 2015. Achtergronden bij de projecties. PBL-notitie 1900. PBL (Planbureau voor de Leefomgeving), Den Haag.
- Brink, C, Vollebergh, HRJ, van der Werf, E (2016). Carbon pricing in the EU: Evaluation of different EU ETS reform options. *Energy Policy* 97, 603-617.
- Capros, P, De Vita, A, Tasios, N, Papadopoulos, D, Siskos, P, Apostolaki, E, Zampara, M, Paroussos, L, Fragiadakis, K, Kouvaritakis, N (2013). EU energy, transport and GHG emissions trends to 2050. Reference Scenario 2013. European Commission - Directorate-General for Energy, Directorate-General for Climate Action and Directorate-General for Mobility and Transport.
- Daniëls, B, Koelemeijer, R, Dalla Longa, F, Geilenkirchen, G, Van der Meulen, J, Smekens, K, Van Stralen, J (2014). EU-doelen klimaat en energie 2030: Impact op Nederland. PBL rapport 1394. ECN/PBL, Petten.
- Daniëls, B, Hekkenberg, M, Koelemeijer, R (2016). Effort sharing regulation; gevolgen voor Nederland. PBL rapport 2795. ECN/PBL, Petten.
- Daniëls, BW, Gerdes, J, Boonekamp, PGM, Kroon, P, Stutvoet-Mulder, K, Tigchelaar, C, Wetzels, W (2013). Energie Efficiency Directive Artikel 7. Nederlandse invulling. ECN rapport ECN-E--13-061. ECN, Petten.
- Davidson, M, Korteland, M, Schroten, A, Smokers, R, De Bruyn, S (2007). Kostenmethodieken klimaatbeleid. Een analyse van verschillende methoden voor de transportsector. Report 07.7480.48. CE Delft, Delft.
- EC (2013). Impact assessment accompanying a revised EU Strategy on Air Pollution, a proposal for amending Directive 2001/81 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants, and a proposal for a Directive regulating air emissions from Medium Combustion Plants. Commission Staff Working Document SWD(2013) 531. European Commission, Brussels.
- EC (2014a). A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM(2014) 15 final. European Commission, Brussels.
- EC (2014b). Impact Assessment accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030. Commission Staff Working Document SWD(2014) 15 final. European Commission, Brussels.
- EC (2015). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC to enhance cost-effective emission reductions and low-carbon investments COM(2015) 337 final - 2015/148 (COD). European Commission, Brussels.
- EC (2016a). Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council 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 final - 2016/0231 (COD). European Commission, Brussels.
- EC (2016b). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) COM(2016) 767 final - 2016/0382 (COD). European Commission, Brussels.
- EC (2016c). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency COM(2016) 0761 final - 2016/0376 (COD). European Commission, Brussels.
- EC (2016d). Impact Assessment accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2012/27/EU on Energy Efficiency. Commission Staff Working Document SWD(2016) 405 final. European Commission, Brussels.
- EC (2017). Publication of the total number of allowances in circulation for the purposes of the Market Stability Reserve under the EU Emissions Trading System established by Directive 2003/87/EC. Communication from the Commission C(2017) 3228 final. European Commission, Brussels.
- EU (2001). Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. European Commission, Brussels.
- EU (2009a). Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community. European Commission, Brussels.
- EU (2009b). Decision No 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020, Brussels.
- EU (2009c). Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. European Commission, Brussels.
- EU (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. European Commission, Brussels.
- EU (2014). Regulation (EU) 2016/1628 of the European Parliament and of the Council of 14 September 2016 on requirements relating to gaseous and particulate pollutant emission limits and type-approval for internal combustion engines for non-road mobile machinery, amending Regulations (EU) No 1024/2012 and (EU) No 167/2013, and amending and repealing Directive 97/68/EC, Brussels.
- EU (2015a). Decision (EU) 2015/1814 of the European Parliament and of the Council of 6 October 2015 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading scheme and amending Directive 2003/87/EC. Official Journal of the European Union, Volume 58, L 264 (9 October 2015), pp. 1-5.
- EU (2015b). Directive (EU) 2015/2193 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants. European Commission, Brussels.
- EU (2016). Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC. European Commission, Brussels.
- European Commission (2015a). Commission Regulation (EU) 2015/1189 of 28 April 2015 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for solid fuel boilers. European Commission, Brussels.
- European Commission (2015b). Commission Regulation (EU) 2015/1185 of 24 April 2015 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for solid fuel local space heaters. European Commission, Brussels.
- European Council (2014). European Council (23 and 24 October 2014). Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy Framework SN 79/14, Brussels.
- Hekkenberg, M, Tigchelaar, C, Daniëls, B, Volkers, C (2017). Herziening EED - gevolgen voor Nederland. ECN-rapport ECN-E--17-003. ECN, Petten.
- IEA (2015). World Energy Outlook 2015. OECD/IEA, Paris.
- IRENA (2016). Renewable energy benefits: measuring the economics. IRENA, Abu Dhabi.
- Koelemeijer, R, Koutstaal, P, Daniëls, B, Boot, P (2017). Nationale kosten energietransitie in 2030. PBL Notitie 2888. PBL, Den Haag.
- Lejour, A, Veenendaal, PJJ, Verweij, G, van Leeuwen, N (2006). WorldScan: a Model for International Economic Policy Analysis. CPB Document 111. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, Den Haag.
- Paltsev, S, Capros, P (2013). Cost concepts for climate change mitigation. Climate Change Economics 04.
- PBL (2013). Vergroenen en verdienen. Op zoek naar kansen voor de Nederlandse economie 1061. PBL, Den Haag.
- PBL (2017). Analyse Leefomgevingseffecten Verkiezingsprogramma's 2017-2021. PBL, Den Haag.

- Pollitt, H, Alexandri, E, Chewpreecha, U, Klaassen, G (2015). Macroeconomic analysis of the employment impacts of future EU climate policies. *Climate Policy* 15, 604-625.
- Romijn, G, Renes, G (2013). Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse. CPB/PBL, Den Haag.
- Schoots, K, Hammingh, P (2015). Nationale Energieverkenning 2015. Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Smeets, W, Hammingh, P, Aben, J (2015). De kosten en baten voor Nederland van het Commissievoorstel ter vermindering van de nationale emissies van luchtverontreinigende stoffen. Analyse van het voorstel van 18 december 2013. PBL Beleidsstudie 1465. PBL, Den Haag.
- Smeets, W, Ten Broeke, H, Drissen, E, Geilenkirchen, G, Hammingh, P, Nijdam, D, Van Schijndel, M, Van der Sluis, S, Smeekens, K, Plomp, A, Kraan, C, Peek, K (2016). Luchtverontreinigende stoffen in de Nationale Energieverkenning 2015. Achtergronden van de NEV-raming luchtverontreinigende stoffen. PBL-Notitie 2442. PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Smeets, W, Geilenkirchen, G, Hammingh, P, Nijdam, D, Van der Sluis, S, Peek, K, Jimmink, B (2017). Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen Nederland - Rapportage 2017. PBL-notitie 2946. PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Vrontisi, Z, Abrell, J, Neuwahl, F, Saveyn, B, Wagner, F (2016). Economic impacts of EU clean air policies assessed in a CGE framework. *Environmental Science & Policy* 55, Part 1, 54-64.
- Wilting, HC, Hanemaaijer, A (2014). Aandeel grondstofkosten in de totale productiekosten van bedrijven. PBL-Notitie 1283. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

# Bijlagen

## 1 Uitgangspunten en aanpak modelanalyse

In deze studie is het toegepast algemeen-evenwichtsmodel WorldScan gebruikt om in beeld te brengen welke gevolgen de verschillende Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie zouden kunnen hebben voor de Nederlandse en Europese economie en de emissies van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen. In deze appendix zetten we de uitgangspunten uiteen die aan deze modelanalyse ten grondslag liggen en beschrijven we hoe het Referentiescenario en de varianten voor de verschillende Europese beleidsdoelen in het model zijn geïmplementeerd.

### Uitgangspunten algemeen-evenwichtsanalyse WorldScan

Het algemeen-evenwichtsmodel WorldScan is een (vereenvoudigde) weergave van de mondiale economie, waarin energiegebruik en de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen expliciet zijn gemodelleerd (Lejour et al. 2006; Bollen & Brink 2014; Brink et al. 2016). Met dit model kan worden geanalyseerd wat de doorwerking op de economie is van beleid gericht op energiegebruik en emissies in landen en sectoren in een internationale context. Data over de kosten van opties voor hernieuwbare energie en voor emissiereductie door technische maatregelen zijn afgeleid uit zogeheten 'bottom-up'-modellen met gedetailleerde informatie over maatregelen (Brink et al. 2013; Bollen & Brink 2014).

De uitkomsten van een simulatie met een algemeen-evenwichtsmodel als WorldScan beschrijven een situatie waarin alle markten in evenwicht zijn, dat wil zeggen dat voor alle producten en productiefactoren (zoals arbeid en kapitaal) de vraag gelijk is aan het aanbod. Doordat markten onderling zijn verbonden, heeft een verandering op één markt gevolgen voor het evenwicht op andere markten. Door aanpassing van de prijzen komen alle markten na een verandering weer in evenwicht. In de impact assessments door de Europese Commissie worden naast algemeen-evenwichtsmodellen ook andere typen modellen gebruikt, waarin andere uitgangspunten tot andere uitkomsten leiden (zie tekstkader B1.1).

Om de effecten van de Europese beleidsdoelen voor lucht, klimaat en energie met een algemeen-evenwichtsmodel te analyseren wordt eerst met het model bepaald hoe alle markten in evenwicht zijn in het Referentiescenario, zonder de te analyseren beleidswijzigingen. Vervolgens wordt het model gebruikt om te bepalen hoe prijzen, vraag en aanbod op de verschillende markten na een beleidsaanpassing zullen gaan veranderen zodat alle markten opnieuw in een evenwicht zijn. Door dit nieuwe evenwicht voor een variant te vergelijken met het evenwicht van het Referentiescenario worden de gevolgen van de beleidsdoelen, zoals die volgen uit de modelsimulaties, in beeld gebracht.

De modeluitkomsten geven een consistente beschrijving van de structurele effecten van beleidsmaatregelen die op de lange termijn zullen optreden, wanneer alle overige omstandigheden gelijk blijven. Daarbij wordt geen rekening gehouden met de tijd die nodig is om na een beleidsverandering het evenwicht te herstellen en ook niet met de aanpassingskosten die dat met zich mee zal brengen.

Specifiek voor de arbeidsmarkt betekent dit dat in WorldScan het totale aanbod van arbeid in elk land niet verandert. Beleidsveranderingen leiden tot aanpassingen in de vraag naar arbeid vanuit verschillende sectoren. De hoogte van de lonen zal veranderen, zodat de werkgelegenheid tussen sectoren zodanig verschuift dat uiteindelijk alle beschikbare arbeid weer wordt ingezet. Dat neemt niet weg dat veranderingen op korte termijn betekenen dat werknemers in sommige sectoren werkloos raken, terwijl sectoren die meer gaan produceren moeite hebben om geschikte werknemers te vinden. Lonen zullen zich pas na enige tijd aanpassen en er zullen kosten moeten worden gemaakt om werknemers om te scholen. Modelsimulaties met WorldScan geven geen inzicht in dit aanpassingsproces, maar beschrijven de eindsituatie waar de arbeidsmarkt zich naar toe zal bewegen.

WorldScan is als model heel geschikt voor analyses waarbij economische interacties tussen sectoren en landen een belangrijke rol spelen, zoals in deze studie. Het model kent echter ook beperkingen als het gaat om de analyse van het energie- en klimaatbeleid.

### **B1.1 Verschillen tussen typen economische modellen die de Europese Commissie gebruikt bij impact assessments**

In het beleidsproces in de Europese Unie spelen naast algemeen-evenwichtsmodellen ook macro-econometrische modellen een belangrijke rol bij het ex-ante-evalueren van de economische effecten van lucht-, klimaat- en energiebeleid. Dit tekstkader geeft kort de belangrijkste verschillen tussen algemeen-evenwichtsmodellen en macro-econometrische modellen.

Waar in algemeen-evenwichtsmodellen de modellering van gedrag is gebaseerd op de economische theorie en uitgaat van perfect werkende markten en rationeel handelende actoren, zijn gedragsvergelijkingen in macro-econometrische modellen geschat op basis van historische data. Macro-econometrische modellen houden daardoor impliciet rekening met gedragsreacties die afwijken van de economische theorie ('imperfect gedrag').

Een algemeen-evenwichtsmodel dat de Europese Commissie heeft gebruikt bij verschillende impact assessments voor lucht-, klimaat- en energiebeleid, is GEM-E3 (EC 2014b; Vrontisi et al. 2016). Dit model is op hoofdlijnen vergelijkbaar met het in deze studie gebruikte model WorldScan. Een macro-econometrisch model dat de Europese Commissie gebruikt bij verschillende impact assessments voor klimaat- en energiebeleid, is het E3ME-model (Pollitt et al. 2015).

De centrale aanname in een algemeen-evenwichtsmodel is dat alle markten volledig in evenwicht zijn. Dit betekent dat voor alle goederen, diensten en productiefactoren zoals kapitaal en arbeid geldt dat vraag en aanbod aan elkaar gelijk zijn. Er is dan ook geen onbenutte capaciteit van kapitaal en arbeid. Er is geen onvrijwillige werkloosheid en al het inkomen dat als spaargeld opzij wordt gezet, wordt volledig benut voor investeringen. Dat betekent dat veranderingen die leiden tot een extra vraag naar arbeid op één plek in de economie, alleen mogelijk zijn als er ergens anders minder arbeid zal worden ingezet. En wanneer beleid aanzet tot extra investeringen waar kapitaal voor nodig is (bijvoorbeeld voor energiebesparing, hernieuwbare energie of emissiebestrijdingstechnieken voor luchtverontreiniging), dan zal dat ten koste gaan van investeringen elders in de economie ('crowding out').

In macro-econometrische modellen zijn markten niet noodzakelijkerwijs in evenwicht en kan onbenutte capaciteit van arbeid en kapitaal bestaan. Beleid kan er in deze modellen voor zorgen dat deze onbenutte capaciteit worden ingezet, waardoor er geen sprake hoeft te zijn van crowding-outeffecten. Resultaten kunnen daardoor tegengesteld zijn aan die van algemeen-evenwichtsmodellen (EC 2016d; IRENA 2016).

Zo is hiervoor al genoemd dat de modelsimulaties geen rekening houden met de tijd die nodig is voor aanpassingen in productie en consumptie en met de aanpassingskosten die daarmee gemoeid zijn. Verder houdt het model geen rekening met onzekerheid die van invloed is op investeringsbeslissingen. Ook wordt in WorldScan geen rekening gehouden met onzekerheid rond de kosten van hernieuwbare energie en energiebesparing en de ontwikkelingen daarin. Zo zijn kostendalingen van technologieën door leereffecten niet gemodelleerd. De aanname in WorldScan is dat markten perfect werken en dat producenten en consumenten beschikken over volledige informatie over kosten en opbrengsten van maatregelen. Deze aanname betekent dat in een evenwichtssituatie die uit modelberekeningen volgt, alle maatregelen worden genomen die zichzelf terugverdienen. Waar andere studies bijvoorbeeld uitgaan van een onbenut energiebesparingspotentieel dat netto geld oplevert (zie bijvoorbeeld Hekkenberg et al. 2017), brengen in WorldScan per definitie alle

maatregelen kosten met zich mee. Impliciet worden daarmee alle barrières bij huishoudens en bedrijven die maken dat rendabele maatregelen niet worden toegepast, als kosten gemodelleerd.

Voor een macro-economische analyse is het model tamelijk gedetailleerd in het onderscheid van sectoren en landen (de versie die hier is gebruikt, onderscheidt 18 landen/regio's en 18 sectoren). Voor de analyse van specifieke technologische ontwikkelingen binnen sectoren is het model echter niet gedetailleerd genoeg. Vergroening van de economie wordt in de modelsimulaties in deze studie gerealiseerd door de energie-efficiëntie van sectoren te verhogen, door een verschuiving naar schonere energiebronnen en door veranderingen in de sectorstructuur van de economie. Het model mist het detail dat nodig is om rekening te houden met specifieke manieren waarop een vergroening van de economie tot nieuwe bedrijvigheid of werkgelegenheid zou kunnen leiden.



Ten slotte onderscheidt het model binnen de elektriciteitssector wel verschillende opwekkingstechnieken, maar wordt bij de prijsvorming van elektriciteit bijvoorbeeld geen rekening gehouden met specifieke kenmerken van bepaalde technologieën, zoals variabiliteit in het aanbod van hernieuwbare energie.

Bij de interpretatie van de modelresultaten in deze studie gaat het vooral om het in beeld brengen van de richting van de veranderingen, de doorwerkingseffecten in de economie, de uitwerking van beleid op verschillende sectoren en de verschillen tussen de varianten. Deze verschillen geven inzicht in het relatieve belang van verschillende beleidsdoelen voor de economische gevolgen en de emissiereducties. Gegeven de hiervoor genoemde beperkingen van het model is er veel onzekerheid rond de absolute omvang van de modelresultaten. Daarom presenteren we de resultaten voor de EU28 en voor Nederland in 2030 als veranderingen ten opzichte van het Referentiescenario en ligt de nadruk in de analyse op de verschillen tussen de onderzochte varianten.

### **Implementatie Referentiescenario in WorldScan**

Het Referentiescenario is in WorldScan ingebouwd door productiviteitsontwikkelingen in het model zodanig te kalibreren dat de groeivoeten uit het Current Policies Scenario van de WEO-2015 voor bruto binnenlands product (bbp), bevolking, energiegebruik per energiedrager en de aandelen van fossiele brandstoffen, nucleaire opwekking, biomassa, wind, zon en waterkracht in de totale elektriciteitsproductie door WorldScan worden gereproduceerd (IEA 2015). Het Current Policies Scenario houdt rekening met bestaand klimaat- en energiebeleid waarvoor midden 2015 concrete implementatiemaatregelen waren vastgesteld. Het scenario houdt geen rekening met de toezeggingen die landen in de aanloop naar de klimaatconferentie in 2015 in Parijs hebben gedaan voor verdergaande reductie van broeikasgassen. In het Current Policies Scenario wordt het EU-doel van 40 procent emissiereductie van broeikasgassen in 2030 ten opzichte van 1990 dan ook niet gerealiseerd.

De World Energy Outlook 2015 (WEO-2015, IEA 2015) geeft ontwikkelingen voor de Europese Unie als geheel. Om in de modelsimulaties veranderingen in afzonderlijke lidstaten te kunnen analyseren zijn de WEO-2015 ontwikkelingen voor de Unie als geheel verdeeld over EU-lidstaten op basis van data over economische ontwikkelingen en over ontwikkelingen in het energieverbruik in het Europese Reference Scenario 2013 dat is ontwikkeld met het PRIMES-model (PRIMES2013, Capros et al. 2013). Het PRIMES2013-scenario beschrijft

ontwikkelingen in de Europese energiehuishouding en is ontwikkeld in opdracht van de Europese Commissie. Dit scenario is onder andere gebruikt voor de impact assessment van de voorstellen voor herziening van de NEC-plafonds (EC 2013). Om te bepalen wat het aandeel van Nederland is in de ontwikkelingen voor de Europese Unie als geheel, zijn in plaats van PRIMES2013 de data uit de variant vastgesteld beleid van de Nationale Energieverkenning 2015 (Schoots & Hammingh 2015) gebruikt.

### **Economische groei en energieverbruik**

De economische groei en de ontwikkeling van het energieverbruik voor de Europese Unie als geheel komen in het Referentiescenario overeen met WEO-2015. De ontwikkelingen voor de Europese Unie als geheel verschillen tussen WEO-2015 en PRIMES2013. In de periode 2020-2030 is de gemiddelde economische groei voor de Europese Unie als geheel in WEO-2015 hoger dan in PRIMES2013 (gemiddeld 1,8 respectievelijk 1,6 procent per jaar). Ook de ontwikkeling in het energieverbruik in de Europese Unie verschilt in deze periode: het verbruik van kolen neemt in WEO-2015 minder sterk af dan in PRIMES2013 (de gemiddelde jaarlijkse afname is 2,1 respectievelijk 3,3 procent), terwijl het verbruik van olie in WEO-2015 sterker afneemt dan in PRIMES2013 (1,2 respectievelijk 0,6 procent). Het verbruik van gas neemt in WEO-2015 gemiddeld met 1,5 procent per jaar toe, terwijl PRIMES2013 voor gas een afname van 0,3 procent per jaar veronderstelt.

### **Emissies**

De ontwikkeling in de uitstoot van CO<sub>2</sub> volgt direct uit het energiegebruik. De energiereleerde uitstoot van niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen is bepaald door sector- en landspecifieke emissiecoëfficiënten uit het WPE2014-CLE-scenario van het GAINS-model te vermenigvuldigen met het energieverbruik uit het Referentiescenario. Het WPE2014-CLE-scenario is gebaseerd op het PRIMES2013-scenario en houdt rekening met vastgesteld beleid (Amann et al. 2015). De Europese Commissie heeft dit scenario gebruikt om de emissieplafonds in de herziening van de NEC-richtlijn vast te stellen. Emissiecoëfficiënten geven aan wat de emissies van onderscheiden luchtverontreinigende stoffen zijn per petajoule (PJ) verbruikte brandstof in een sector. Deze coëfficiënten zijn voor luchtverontreiniging landspecifiek, want afhankelijk van het niveau van emissiebestrijding in een land.

Voor de niet aan energie gerelateerde emissies zijn de emissieniveaus uit het WPE2014-CLE-scenario als uitgangspunt genomen om in het Referentiescenario de uitstoot te bepalen.

De Nederlandse emissie van niet-CO<sub>2</sub>-broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen in het Referentiescenario zijn afgeleid uit de emissieramingen van de NEV2015 (Schoots & Hammingh 2015; Smeets et al. 2016). Het gaat hier om de NEV2015-ramingen met vastgesteld beleid waarbij voor luchtverontreiniging kan worden aangetekend dat deze ramingen, vergelijkbaar met de uitgangspunten voor andere lidstaten, nog geen rekening houden met de in paragraaf 2.2 gegeven nieuwe bronregelgeving.

### Implementatie varianten in WorldScan

De Europese Unie onderscheidt verschillende beleidsdoelen voor het Europese lucht-, klimaat- en energiebeleid: (i) doelen voor de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen, (ii) doelen voor de uitstoot van broeikasgassen door ETS-sectoren, (iii) doelen voor de uitstoot van broeikasgassen door niet-ETS-sectoren, (iv) doelen voor de inzet van hernieuwbare energie en (v) doelen voor energiebesparing (onder andere finaal energieverbruik). Deze studie sluit daarbij aan en implementeert de verschillende doelen in het model WorldScan. De doorwerking van dit beleid gaat in dit model via prijsprikkels van belastingen en subsidies. De hoogte van de belasting op uitstoot wordt endogeen, dus in het model bepaald, en is precies voldoende om de uitstoot op het gewenste doelniveau te brengen. Op een vergelijkbare manier wordt een doelstelling voor vermindering van het finaal energiegebruik geïmplementeerd door een generieke belasting op het eindverbruik van energie. Doelstellingen voor de inzet van hernieuwbare energie worden in de modelsimulaties gerealiseerd door subsidies op de opwekking van elektriciteit uit zon, wind en biomassa.

De opbrengst van belastingen op energie en emissies wordt lumpsum teruggesluisd naar huishoudens, dat wil zeggen als één totaalbedrag, zonder dat dit een verdere invloed heeft op het gedrag van huishoudens en bedrijven. Subsidies op hernieuwbare energie worden gefinancierd uit de algemene middelen. Dat betekent dat de belastingheffing die daarvoor nodig is ook geen verdere invloed heeft op het gedrag van huishoudens en bedrijven.<sup>1</sup>

De economische effecten van bovengenoemde beleidsaanpassingen in landen hangen af van tal van factoren. Zo is de hoogte van bestaande belastingen in een land van belang, omdat niet de absolute maar de relatieve stijging van de prijzen bepalend is voor de economische gevolgen van een belasting. Eenzelfde absolute prijsstijging door een belasting op energie of emissies zal in landen met relatief hoge bestaande belastingen op energie, zoals Nederland, een minder grote impact hebben op de economie dan in landen waar

de bestaande energiebelastingen laag zijn.

De economische gevolgen hangen ook af van de energie-intensiteit en de sectorstructuur van een economie. Een belasting op energie of emissies zal een groter effect hebben op de prijzen van producten uit de energie-intensieve industrie dan op prijzen van bijvoorbeeld energie-extensieve diensten. Een economie die vooral bestaat uit energie-intensieve industrie, zal daarom ook meer worden geraakt door een energieprijshoogte dan een economie die wordt gedomineerd door de dienstverlenende bedrijven. Een andere factor is het belang van internationale handel. Bedrijven die sterk op de export zijn gericht, zullen nadeel ondervinden van een energieprijshoogte wanneer concurrenten in het buitenland die niet hebben. Omdat hun concurrentiepositie daardoor verslechtert, zullen ze hun producten minder goed kunnen afzetten in het buitenland. De mate waarin de export afneemt, is afhankelijk van het concurrentievermogen van de bedrijven. Via de export die blijft bestaan, zullen buitenlandse afnemers meebetalen aan de belasting op energie of emissies. Daardoor wordt een deel van de kosten van het beleid afgewenteld op het buitenland. Een samenspel van al deze factoren verklaart de verschillen tussen landen in economische effecten die uit de modelsimulaties naar voren komen.

### Implementatie van doelen voor luchtverontreinigende stoffen

Zoals hierboven beschreven, worden doelen voor een vermindering van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen in WorldScan geïmplementeerd door middel van een belasting op de uitstoot van deze stoffen. De nationale emissieplafonds voor SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NH<sub>3</sub> en NMVOS in 2030 die volgen uit de afgesproken emissiereductieverplichtingen voor 2030, worden opgelegd als restrictie voor de uitstoot van deze stoffen. Vervolgens wordt door het model bepaald in welke mate de afzonderlijke stoffen in de verschillende lidstaten moeten worden belast om de uitstoot onder de emissieplafonds te brengen. Door de prijs die emissies op deze manier krijgen worden vervuilende activiteiten, zoals het gebruik van fossiele energie en biomassa, duurder. Dat werkt in WorldScan op verschillende manieren door en zorgt op verschillende plaatsen in de economie voor veranderingen die met elkaar de benodigde vermindering van de uitstoot realiseren (zie tekstkader B1.2). De prijs voor de uitstoot van een bepaalde stof in een lidstaat is gelijk aan de zogeheten marginale kosten van reductie, dat wil zeggen de kosten van de laatste kilogram van deze stof die in de desbetreffende lidstaat moet worden verminderd om de uitstoot onder het emissieplafond te brengen. Omdat de prijs voor alle actoren binnen een lidstaat gelijk is, wordt de emissiedoelstelling in de modelsimulaties op

### **B1.2 Illustratie van doorwerking van beleid in WorldScan**

Prijsprikkels werken op verschillende manieren door in de economie. Omdat markten aan elkaar gerelateerd zijn, werken effecten op één markt door op andere markten. Dat worden 'indirecte effecten' genoemd. Dit tekstkader illustreert de doorwerking van beleid aan de hand van een voorbeeld: de gevolgen van een belasting op de uitstoot van SO<sub>2</sub> voor een staalbedrijf in Duitsland.

Een belasting op SO<sub>2</sub> betekent dat voor elke kilogram SO<sub>2</sub> die wordt uitgestoten, een prijs moet worden betaald. Dat maakt de productie van staal duurder. Het staalbedrijf zal deze extra kosten doorberekenen aan de afnemers.

Een Duitse producent van auto's zal in reactie op een hogere staalprijs proberen de hogere kosten te vermijden, bijvoorbeeld door auto's te maken met minder staal, door over te stappen naar alternatieven voor staal – die door de hogere staalprijs aantrekkelijker zijn geworden – zoals aluminium, of door staal te importeren uit Nederland, waar de belasting op SO<sub>2</sub> door de kleinere beleidsopgave veel lager is.

Omdat de staalproducent wil voorkomen dat de vraag naar staal afneemt, kan hij besluiten zijn productieproces aan te passen, zodat de uitstoot van SO<sub>2</sub> afneemt. Dat kan bijvoorbeeld door te investeren in verdergaande reductie of door gebruik te maken van schonere kolen. Dergelijke maatregelen zijn rendabel als de kosten per kilogram SO<sub>2</sub> lager zijn dan de SO<sub>2</sub>-belasting die moet worden betaald. Door deze maatregelen zullen de productiekosten van staal nog steeds toenemen, maar minder dan wanneer deze maatregelen niet zouden zijn genomen en belasting over de niet gereduceerde SO<sub>2</sub> uitstoot zou moeten worden betaald.

Al deze gedragsaanpassingen bij de staalproducent en zijn afnemers hebben ook weer gevolgen op andere markten: leveranciers van kolen (wellicht in het buitenland), staalbedrijven in Nederland, de leveranciers van reductietechnologie en de aluminiumproducenten.

Door de gestegen staalprijs en de inzet van alternatieve grondstoffen zullen de productiekosten van auto's toenemen. Geconfronteerd met duurdere auto's zullen huishoudens hun gedrag aanpassen. Ze zullen de aanschaf van een nieuwe auto uitstellen, kiezen voor een Japanse auto die niet duurder is geworden, of een nieuwe auto kopen maar minder geld uitgeven aan andere goederen en diensten. Dat laatste zal dan weer gevolgen hebben voor de producenten van deze goederen en diensten.

kosteneffectieve wijze gerealiseerd. Huishoudens en bedrijven in een land nemen dus technische maatregelen tot de berekende prijs van emissiereductie. Als de prijs van NO<sub>x</sub>-reductie in een land moet oplopen tot bijvoorbeeld 10 euro per kilogram om het NO<sub>x</sub>-doel te halen, dan zullen in de modelanalyse alle actoren in dat land maatregelen nemen tot die prijs.

#### **Implementatie van doelen voor broeikasgassen**

Doelen voor de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen worden op vergelijkbare wijze gerealiseerd als die voor de vermindering van luchtverontreinigende stoffen, namelijk door een prijs te introduceren op de uitstoot die precies voldoende is om de doelstelling te realiseren. Er zijn echter enkele verschillen waar ook in het model WorldScan rekening mee wordt gehouden.

Ten eerste is de Europese doelstelling voor vermindering van de uitstoot van broeikasgassen opgesplitst in een doelstelling voor de uitstoot door bedrijven die onder het

Europese emissiehandelssysteem (ETS) vallen (dit zijn bedrijven die veel broeikasgassen uitstoten, zoals de energie-intensieve industrie en de elektriciteitsproducenten) en overige bronnen (niet-ETS). In WorldScan wordt ook onderscheid gemaakt tussen ETS en niet-ETS, waarbij de energie-intensieve sectoren (basismetalen, chemie, aardolie-industrie, papierindustrie, bouwmaterialen-industrie, voedings- en genotmiddelenindustrie en de elektriciteitsproductie) geheel binnen het EU ETS vallen en de niet-ETS-doelstelling betrekking heeft op alle overige sectoren (waaronder de overige industrie, de landbouw, transport en overige diensten) en de huishoudens.

Ten tweede kent het Europese klimaatbeleid de mogelijkheid om emissiereductie tussen lidstaten uit te ruilen. Binnen het EU ETS is deze mogelijkheid verankerd in het instrument van emissiehandel: bedrijven kunnen onderling emissierechten verhandelen zodat emissiereductie daar plaatsvindt waar dat op de goedkoopste manier kan. Voor de uitstoot van

broeikasgassen door bronnen buiten het EU ETS heeft elke lidstaat in het klimaat- en energiepakket 2030 een specifieke doelstelling. Het voorstel voor de Effort Sharing Regulation biedt lidstaten de mogelijkheid om emissieruimte te kopen van andere lidstaten om zo een deel van hun doelstelling te realiseren. Dit zorgt er voor dat de marginale kosten van emissiereductie tussen lidstaten meer gelijk kunnen worden getrokken. De totale extra reductie-inspanning om de doelen te halen verschilt daarentegen wel tussen lidstaten. In de modelsimulaties met WorldScan hebben we verondersteld dat lidstaten maximaal gebruik maken van de mogelijkheid tot onderlinge handel in emissieruimte, waardoor de marginale kosten van broeikasgasreductie voor niet-ETS-sectoren in alle lidstaten gelijk zijn. Met deze aanname wordt in deze studie een mogelijk beeld gegeven van de effecten van de niet-ETS-doelen in relatie tot de andere bouwstenen van het 2030 klimaat- en energiepakket. Omdat onduidelijk is in hoeverre lidstaten gebruik zullen maken van de mogelijkheid om emissieruimte onderling te verhandelen, kunnen de werkelijke kosten van het niet-ETS-beleid in de afzonderlijke lidstaten hiervan afwijken.

Ten derde geldt zowel voor ETS- als voor niet-ETS-doelen dat er flexibiliteit in de tijd bestaat. Voor het EU ETS bestaat die flexibiliteit uit de mogelijkheid om emissierechten die in een bepaald jaar beschikbaar zijn maar niet worden gebruikt, in latere jaren te gebruiken en zelfs mee te nemen naar een volgende handelsperiode ('banking'). Hier wordt in de modelsimulaties met WorldScan volledig rekening mee gehouden (zie ook Brink et al. 2016). In de WorldScan-berekeningen wordt ook rekening gehouden met de werking van de Marktstabiliteitsreserve vanaf 2019 (zie paragraaf 2.1.1). Voor de uitstoot door niet-ETS-bronnen hebben lidstaten de mogelijkheid om binnen de periode 2021-2030 emissies tussen jaren uit te wisselen. Dat geldt twee kanten op: een lidstaat mag het overtollige deel van zijn emissieruimte in een bepaald jaar reserveren voor latere jaren, maar mag ook emissieruimte van een volgend jaar lenen om een tekort nu aan te vullen. In de modelsimulaties met WorldScan wordt deze flexibiliteit voor niet-ETS in de tijd benut zodat de emissiereductie optimaal over de tijd wordt verdeeld (dat wil zeggen dat de verdisconteerde kosten over de tijd worden geminimaliseerd).

Ten slotte zijn er meerdere broeikasgassen die bijdragen aan klimaatverandering (onder andere CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) en zijn doelstellingen geformuleerd voor de som van de uitstoot van de verschillende broeikasgassen, gewogen naar hun relatieve bijdrage aan het klimaatprobleem. In de modelsimulaties wordt de uitstoot van de verschillende broeikasgassen omgerekend naar

CO<sub>2</sub>-equivalenten, gebruik makend van de Global Warming Potentials voor een tijdshorizon van 100 jaar uit het vierde IPCC assessment report uit 2007.

### **Implementatie van doelen voor hernieuwbare energie**

Het doel voor hernieuwbare energie in Europa dat de Europese Commissie voorstelt, is een aandeel van hernieuwbare energie van 27 procent in 2030. Het beleid om dit doel te bereiken moeten de lidstaten zelf invullen. De Europese Commissie doet geen concrete voorstellen voor een verdeling over de lidstaten van de bijdrage aan deze gemeenschappelijke doelstelling. In de modelsimulaties met WorldScan wordt daarom verondersteld dat de Europese doelstelling op kosteneffectieve wijze wordt gerealiseerd. Dat wil zeggen dat de inzet van hernieuwbare energie zodanig over de verschillende lidstaten wordt verdeeld dat de Europese doelstelling tegen de laagste totale kosten voor de Europese Unie als geheel wordt gerealiseerd. De subsidies die hiervoor nodig zijn, verlenen de lidstaten zelf vanuit de algemene middelen. Lidstaten met een relatief groot kosteneffectief potentieel voor hernieuwbare energie maken dus meer kosten dan lidstaten met weinig kosteneffectief potentieel.

In de modelsimulaties wordt een grotere inzet van hernieuwbare energie gerealiseerd door de subsidie op elektriciteit opgewekt uit zon, wind en biomassa te verhogen. De inzet van hernieuwbare energie buiten de elektriciteitssector (bijvoorbeeld voor warmte en transport) wordt in WorldScan wel meegeteld om het aandeel hernieuwbare energie te bepalen, maar is exogeen. Dat wil zeggen dat het beleid voor hernieuwbare energie niet zal leiden tot een extra inzet van hernieuwbare energie buiten de elektriciteitssector.

### **Implementatie van doelen voor energiebesparing**

Het voorstel van de Europese Commissie om de energiebesparingsrichtlijn (EED) te herzien bestaat uit verschillende doelen. Niet al deze doelen kunnen goed worden geïmplementeerd in het model WorldScan. Om in de modelsimulaties rekening te houden met de gevolgen van extra inspanningen die lidstaten moeten doen als gevolg van de aanpassing van deze richtlijn, wordt het generieke doel voor finaal energieverbruik in de EU in 2030 van maximaal 987 Mtoe als uitgangspunt genomen (zie ook Hekkenberg et al. 2017). Dit doel wordt in de modelberekeningen gerealiseerd door een generieke belasting op te leggen op het finale energieverbruik (inclusief elektriciteit) die precies voldoende is om het doel te bereiken. Daarbij wordt geen onderscheid gemaakt naar type energie, omdat elke eenheid energie in dezelfde mate bijdraagt aan het realiseren van de doelstelling voor totaal finaal energiegebruik.

## Noot

- 1 Wanneer de subsidies worden gefinancierd uit een specifieke belasting, zoals bijvoorbeeld de Opslag Duurzame Energie (ODE) op aardgas en elektriciteit in Nederland, zal deze belasting het gedrag van huishoudens en bedrijven beïnvloeden en daardoor in de modelsimulaties leiden tot hogere kosten van stimulering van hernieuwbare energie.

## 2 Indicatoren voor economische effecten

Alle veranderingen als gevolg van de verschillende beleidsdoelen brengen kosten met zich mee, in de vorm van investeringen in maatregelen, aanpassingen in het productieproces en gebruik van andere energiebronnen. Hogere productiekosten worden doorberekend in de prijs van producten, waardoor de koopkracht van huishoudens afneemt. Als de concurrentiepositie van een land verslechtert, leidt dat tot een extra verlies aan inkomen voor huishoudens. Ook gedragsaanpassingen betekenen een kostenpost voor huishoudens.<sup>1</sup> Uiteindelijk leiden al deze kosten samen tot verlies aan welvaart die huishoudens ontleen aan de consumptie van goederen en diensten. Tegenover dit welvaartverlies staat de welvaartswinst die voortvloeit uit een verbeterde milieukwaliteit en mogelijke baten door toegenomen energievoorzieningszekerheid en verminderde afhankelijkheid van import van energie. Deze welvaartswinst valt buiten de scope van deze studie en is in deze studie niet geanalyseerd.

Kosten van beleid kunnen met verschillende indicatoren worden beschreven (zie ook Paltsev & Capros 2013). Een veel gebruikte indicator voor kosten van lucht-, klimaat- en energiebeleid zijn de directe kosten van maatregelen die burgers, bedrijven of overheden nemen als gevolg van het gevoerde beleid (bijvoorbeeld Koelemeijer et al. 2017). Directe kosten zijn een aantrekkelijke maatstaf, omdat deze direct kunnen worden afgeleid uit concrete maatregelen waarmee de doelstellingen van het beleid kunnen worden gerealiseerd. Wanneer beleidsdoelen kunnen worden gerealiseerd door relatief goedkope maatregelen, waarbij gedragsveranderingen en de doorwerking op andere markten beperkt zijn, geeft de som van de directe kosten van maatregelen een goede eerste orde-inschatting van de macro-economische kosten van beleid (Davidson et al. 2007).

De beleidsdoelen die in deze studie worden geanalyseerd, zullen in de meeste landen meer inspanning vragen dan de inzet van relatief goedkope technische maatregelen. Wanneer de kosten van beleid oplopen, zullen gedragsveranderingen een grotere bijdrage leveren aan de realisatie van de doelstellingen. Ook zal het belang toenemen van indirecte effecten die leiden tot additionele welvaartseffecten.<sup>2</sup> Daarom hanteren we in deze studie maatstaven voor de macro-economische kosten van beleid, die ook rekening houden met het welvaartsverlies als gevolg van gedragsveranderingen en indirecte effecten.

Een veelgebruikte indicator voor macro-economische kosten van beleid is de verandering in het binnenlands brute product (bbp). Het bbp is een veelgebruikte maatstaf voor de omvang van de economie in een land. Het wordt bepaald door de som van alle toegevoegde waarde (de beloning van kapitaal en arbeid) in een land. Om bij hogere kosten als gevolg van beleidsveranderingen te kunnen blijven produceren zal de beloning van kapitaal en arbeid, en dus het bbp, afnemen. De mate waarin het bbp verandert, is daarmee een indicatie voor de omvang van de kosten van beleid in een land.

Omdat de welvaart in een land niet direct wordt ontleend aan de productie maar aan de consumptie van goederen en diensten, wordt ook de verandering in de totale consumptie gebruikt als indicator voor de macro-economische kosten. Veranderingen in consumptie hangen samen met veranderingen in inkomen uit arbeid en kapitaal (en dus met bbp), maar ook met veranderingen in inkomen uit investeringen in het buitenland en veranderingen in prijzen van verschillende consumptiegoederen. Prijzen veranderen direct door beleid (klimaatbeleid leidt tot hogere prijzen voor energie en energie-intensieve producten), maar ook indirect treden prijsveranderingen op die van invloed zijn op de prijzen van consumptiegoederen en daarmee op de hoeveelheid goederen en diensten die huishoudens kunnen consumeren. Ook veranderingen in de prijzen van import en export zijn van invloed op de consumptie. Zo zal een afnemende vraag naar fossiele brandstoffen in Europa in een nieuw evenwicht leiden tot een lagere wereldwijde olieprijs. Europese bedrijven hoeven daardoor minder te betalen voor de olie die ze importeren. Tegelijkertijd zullen Europese bedrijven door de toegenomen productiekosten een hogere prijs vragen voor goederen die ze exporteren. Daardoor verbetert de ruilvoet voor Europa (een toename van het gemiddelde prijspeil van de export ten opzichte van het gemiddelde prijspeil van de import), wat het verlies aan consumptie deels kan compenseren.<sup>3</sup>

Een in algemeen-evenwichtsanalyses veel gebruikte maatstaf voor welvaartsveranderingen is de 'Hicksiaanse equivalente variatie'. Deze maatstaf vergelijkt het totale nut dat consumenten ontleen aan de consumptie van goederen en diensten in het nieuwe evenwicht dat ontstaat na de veranderingen in beleid, met het nutsniveau in de situatie zonder beleidsverandering (het Referentiescenario). De equivalente variatie drukt de verandering in nut uit als inkomensverandering in het Referentiescenario.<sup>4</sup> Deze welvaartsmaatstaf hanteert een 'smalle' definitie van welvaart en houdt geen rekening met de welvaartseffecten die optreden doordat veranderingen in emissies leiden tot veranderingen in de

milieukwaliteit. De nutsverandering gemeten door de equivalente variatie wordt in het vervolg van deze studie aangeduid als inkomenseffect of inkomensverlies.

Naast de economische gevolgen voor de EU28 en voor Nederland als geheel laat deze studie ook zien hoe deze effecten zijn verdeeld over verschillende sectoren. Daartoe brengen we in beeld wat in de varianten de verandering is in de productie, de werkgelegenheid en de toegevoegde waarde. De gebruikte indicator voor de verandering in de productie in een sector is de verandering in de waarde van de goederen en diensten die bedrijven in die sector produceren, waarbij de prijzen constant zijn gehouden. De verandering in werkgelegenheid in een sector betreft de verandering in het aantal voltijds banen dat in de productieprocessen in de desbetreffende sector wordt ingezet. De toegevoegde waarde in een sector is gelijk aan de waarde van de productie minus de waarde van goederen en diensten die in het productieproces worden aangewend. De toegevoegde waarde vormt de beloning van ingezette arbeid en kapitaal in een sector.

## Noten

- 1 Deze kosten zijn niet zo zichtbaar als bijvoorbeeld de kosten van investeringen, maar zijn wel degelijk een relevante kostenpost. Kosten van gedragsaanpassingen zijn het verlies van nut dat wordt ontleend aan de consumptie van goederen en diensten als gevolg van de veranderingen in consumptie. Als bijvoorbeeld autorijden duurder wordt, zullen mensen hun gedrag aanpassen door minder auto te gaan rijden. Dit leidt tot een welvaartsverlies omdat mensen iets niet doen wat zij wel hadden willen doen.
- 2 In veel gevallen leiden indirecte effecten niet tot additionele welvaartseffecten, maar tot een herverdeling van de initiële welvaartseffecten. Indirecte effecten leiden wel tot een additioneel welvaartseffect wanneer ze er toe leiden dat effecten van beleid deels neerslaan in het buitenland en wanneer bestaande verstoringen in aanpalende markten (bijvoorbeeld belastingen op arbeid) door het beleid worden beïnvloed (Davidson et al. 2007; Romijn & Renes 2013).
- 3 Op deze manier wordt een deel van de kosten van het beleid afgewenteld op olie-exporterende landen, die daardoor een inkomensverlies zullen leiden zonder dat ze zelf hun beleid veranderen.
- 4 Precies geformuleerd geeft de equivalente variatie aan hoeveel inkomen een huishouden bereid is op te geven of te ontvangen om – in termen van nut – na de beleidsaanpassing niet slechter of beter af te zijn dan ervoor.

### 3 Gedetailleerde resultaten

Tabel B3.1

**Gevolgen voor productie in sectoren in 2030 (procentuele verandering ten opzichte van het Referentiescenario)**

EU28	Kernvarianten				Deelvarianten klimaat en energie		
	AIR	C&E	AIR_C&E	AIR_C&E_NDC	ETS_ESR	ETS_ESR_RED	C&E
Totaal ETS-sectoren	-0,3	-3,7	-3,8	-3,6	-0,7	-1,6	-3,7
Basismetalaal	-0,5	-5,9	-6,0	-5,5	-1,5	-0,9	-5,9
Aardolie-industrie	-0,4	-6,2	-6,3	-6,1	-1,2	-1,4	-6,2
Chemie, rubber- en kunststof	-0,2	-2,8	-2,8	-2,6	-0,6	-0,5	-2,8
Papierindustrie	-0,1	-1,3	-1,3	-1,3	-0,2	-0,3	-1,3
Bouwmaterialen	-0,4	-2,8	-2,8	-2,3	-0,7	-0,6	-2,8
Voedings- en genotmiddelenindustrie	-0,2	-1,3	-1,4	-1,6	-0,4	-0,3	-1,3
Elektriciteit	-0,6	-4,8	-4,9	-4,2	-2,4	1,0	-4,8
Totaal niet-ETS-sectoren	0,0	-0,6	-0,6	-0,5	-0,1	-0,2	-0,6
Overige industrie	-0,1	-1,3	-1,3	-1,2	-0,2	-0,4	-1,3
Landbouw	-1,1	-2,1	-3,0	-3,3	-1,4	-1,5	-2,1
Transport	-0,2	-5,3	-5,3	-5,1	-0,4	-0,4	-5,3
Overige diensten	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	-0,3	0,1
<b>Nederland</b>							
Totaal ETS-sectoren	0,0	-3,8	-3,7	-3,1	-0,9	-0,5	-3,8
Basismetalaal	0,0	-5,2	-5,0	-4,2	-1,1	-0,4	-5,2
Aardolie-industrie	0,0	-4,8	-4,7	-4,2	-1,0	-0,6	-4,8
Chemie, rubber- en kunststof	-0,3	-6,7	-6,6	-3,9	-1,7	-0,2	-6,7
Papierindustrie	0,1	-0,5	-0,4	-0,3	-0,1	0,2	-0,5
Bouwmaterialen	0,2	-1,2	-1,0	-0,6	0,0	0,0	-1,2
Voedings- en genotmiddelenindustrie	0,1	-2,5	-2,4	-2,5	-0,9	0,0	-2,5
Elektriciteit	0,2	-5,9	-5,6	-5,3	-1,5	-0,6	-5,9
Totaal niet-ETS-sectoren	0,0	-0,5	-0,5	-0,4	0,0	-0,1	-0,5
Overige industrie	-0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,1
Landbouw	0,6	-5,1	-4,4	-4,7	-1,7	-1,0	-5,1
Transport	-0,2	-6,2	-6,1	-6,0	-0,4	-0,2	-6,2
Overige diensten	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1	-0,2	0,3



Tabel B3.2

**Gevolgen voor werkgelegenheid in sectoren in 2030 (procentuele verandering ten opzichte van het Referentiescenario)**

EU28	Kernvarianten				Deelvarianten klimaat en energie		
	AIR	C&E	AIR_C&E	AIR_C&E_NDC	ETS_ESR	ETS_ESR_RED	C&E
Totaal ETS-sectoren	-0,1	-2,6	-2,7	-2,7	-0,4	-2,2	-2,6
Basismetalaal	-0,3	-4,1	-4,2	-3,7	-1,1	-1,0	-4,1
Aardolie-industrie	0,1	-5,9	-5,7	-6,3	-0,8	-1,5	-5,9
Chemie, rubber- en kunststof	-0,1	-2,0	-2,0	-2,0	-0,4	-0,5	-2,0
Papierindustrie	0,0	-0,3	-0,3	-0,3	0,0	-0,3	-0,3
Bouwmaterialen	-0,2	-1,0	-1,1	-0,6	-0,5	-0,6	-1,0
Voedings- en genotmiddelenindustrie	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,1	-0,2	-0,2
Elektriciteit	-0,3	6,8	7,1	7,7	-1,7	22,2	6,8
Totaal niet-ETS-sectoren	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,2	0,3
Overige industrie	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,1	-0,4	-1,0
Landbouw	-0,8	-0,8	-1,5	-1,8	-1,0	-1,3	-0,8
Transport	0,0	-2,3	-2,3	-2,2	-0,1	-0,2	-2,3
Overige diensten	0,1	0,3	0,4	0,4	0,2	-0,3	0,3
<b>Nederland</b>							
Totaal ETS-sectoren	0,0	-3,8	-3,7	-3,1	-0,9	-0,5	-3,8
Basismetalaal	0,0	-5,2	-5,0	-4,2	-1,1	-0,4	-5,2
Aardolie-industrie	0,0	-4,8	-4,7	-4,2	-1,0	-0,6	-4,8
Chemie, rubber- en kunststof	-0,3	-6,7	-6,6	-3,9	-1,7	-0,2	-6,7
Papierindustrie	0,1	-0,5	-0,4	-0,3	-0,1	0,2	-0,5
Bouwmaterialen	0,2	-1,2	-1,0	-0,6	0,0	0,0	-1,2
Voedings- en genotmiddelenindustrie	0,1	-2,5	-2,4	-2,5	-0,9	0,0	-2,5
Elektriciteit	0,2	-5,9	-5,6	-5,3	-1,5	-0,6	-5,9
Totaal niet-ETS-sectoren	0,0	-0,5	-0,5	-0,4	0,0	-0,1	-0,5
Overige industrie	-0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,1
Landbouw	0,6	-5,1	-4,4	-4,7	-1,7	-1,0	-5,1
Transport	-0,2	-6,2	-6,1	-6,0	-0,4	-0,2	-6,2
Overige diensten	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1	-0,2	0,3

Tabel B3.3

**Gevolgen voor toegevoegde waarde in sectoren in 2030 (procentuele verandering ten opzichte van het Referentiescenario)**

EU28	Kernvarianten				Deelvarianten klimaat en energie		
	AIR	C&E	AIR_C&E	AIR_C&E_NDC	ETS_ESR	ETS_ESR_RED	C&E
Totaal ETS-sectoren	-0,3	-2,9	-3,0	-2,9	-0,7	-0,6	-2,9
Basismetalaal	-0,5	-5,6	-5,7	-5,2	-1,4	-1,0	-5,6
Aardolie-industrie	-0,2	-7,5	-7,4	-7,9	-1,2	-1,5	-7,5
Chemie, rubber- en kunststof	-0,3	-3,3	-3,4	-3,3	-0,7	-0,6	-3,3
Papierindustrie	-0,2	-2,0	-2,0	-2,0	-0,4	-0,4	-2,0
Bouwmaterialen	-0,4	-2,5	-2,6	-2,1	-0,8	-0,7	-2,5
Voedings- en genotmiddelenindustrie	-0,3	-2,0	-2,1	-2,3	-0,5	-0,4	-2,0
Elektriciteit	-0,5	7,2	7,5	7,6	-2,9	33,7	7,2
<b>Totaal niet-ETS-sectoren</b>	-0,1	-1,5	-1,5	-1,6	-0,2	-0,5	-1,5
Overige industrie	-0,2	-2,5	-2,5	-2,5	-0,4	-0,5	-2,5
Landbouw	-1,0	-2,6	-3,4	-3,8	-1,6	-1,6	-2,6
Transport	-0,1	-3,8	-3,8	-3,7	0,1	0,3	-3,8
Overige diensten	-0,1	-1,2	-1,2	-1,2	-0,2	-0,5	-1,2
<b>Nederland</b>							
Totaal ETS-sectoren	0,0	-3,2	-3,0	-2,6	-0,8	-0,1	-3,2
Basismetalaal	0,0	-4,9	-4,8	-3,9	-0,9	-0,4	-4,9
Aardolie-industrie	0,0	-6,3	-6,1	-6,4	-1,0	-0,7	-6,3
Chemie, rubber- en kunststof	-0,3	-6,8	-6,7	-4,5	-1,7	-0,3	-6,8
Papierindustrie	0,1	-1,3	-1,2	-1,1	-0,3	0,1	-1,3
Bouwmaterialen	0,2	-1,1	-1,0	-0,6	0,0	0,0	-1,1
Voedings- en genotmiddelenindustrie	0,1	-2,8	-2,6	-2,7	-0,9	-0,1	-2,8
Elektriciteit	-0,3	2,4	2,6	2,7	-2,9	20,9	2,4
Totaal niet-ETS-sectoren	0,0	-1,4	-1,4	-1,4	-0,2	-0,3	-1,4
Overige industrie	-0,1	-1,3	-1,3	-1,1	-0,2	0,2	-1,3
Landbouw	0,6	-5,3	-4,6	-4,9	-1,5	-0,9	-5,3
Transport	0,0	-4,6	-4,5	-4,4	0,3	0,6	-4,6
Overige diensten	0,0	-1,1	-1,1	-1,0	-0,2	-0,3	-1,1

Tabel B3.4

**Emissiereductie van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen in 2030 (procentuele verandering ten opzichte van het Referentiescenario)**

EU28	Kernvarianten				Deelvarianten klimaat en energie		
	AIR	C&E	AIR_C&E	AIR_C&E_NDC	ETS_ESR	ETS_ESR_RED	C&E
<b>Broeikasgassen (CO<sub>2</sub>-eq.)</b>							
Totaal	1,1	14,6	15,0	14,8	4,4	10,8	14,6
ETS	1,7	21,7	22,2	21,6	5,3	20,4	21,7
niet-ETS	0,7	9,4	9,6	9,8	3,8	3,7	9,4
<b>CO<sub>2</sub></b>							
Totaal	1,2	17,2	17,5	17,2	3,8	11,5	17,2
ETS	1,7	21,8	22,3	21,7	5,3	20,5	21,8
niet-ETS	0,6	12,4	12,3	12,4	2,2	1,9	12,4
SO <sub>2</sub>	23,8	14,8	23,9	24,2	4,5	8,3	14,8
NO <sub>x</sub>	6,9	11,6	13,3	13,1	2,6	4,8	11,6
PM <sub>2,5</sub>	23,0	4,7	23,0	23,0	1,5	1,2	4,7
NH <sub>3</sub>	11,3	2,3	11,4	11,4	1,7	1,9	2,3
NMVOS	2,5	2,6	3,7	3,7	0,6	0,8	2,6
<b>Nederland</b>							
<b>Broeikasgassen (CO<sub>2</sub>-eq.)</b>							
Totaal	-0,1	10,7	10,3	9,8	3,5	4,7	10,7
ETS	-0,2	12,5	12,1	11,1	3,7	7,1	12,5
niet-ETS	0,0	9,3	8,9	8,8	3,4	2,8	9,3
<b>CO<sub>2</sub></b>							
Totaal	0,0	12,0	11,7	11,1	2,8	4,3	12,0
ETS	-0,2	12,6	12,2	11,2	3,7	7,3	12,6
niet-ETS	0,2	11,4	11,1	10,9	1,9	1,2	11,4
SO <sub>2</sub>	0,4	6,2	6,0	5,4	2,3	1,1	6,2
NO <sub>x</sub>	3,7	8,8	8,6	8,2	1,8	0,1	8,8
PM <sub>2,5</sub>	0,5	3,7	3,6	3,3	0,9	-0,5	3,7
NH <sub>3</sub>	-0,8	2,8	1,9	2,1	1,6	0,9	2,8
NMVOS	0,3	3,1	3,0	2,8	0,7	0,0	3,1



**Planbureau voor de Leefomgeving**

Postadres  
Postbus 30314  
2500 GH Den Haag

[www.pbl.nl](http://www.pbl.nl)  
[@leefomgeving](https://twitter.com/leefomgeving)

September 2017