

Energie

- Energie-efficiëntieverbetering en verdienstelijking van de economie zullen het energiegebruik niet absoluut ontkoppelen van consumptie en productie. Zonder (internationaal) klimaatbeleid stijgen de CO₂-emissies bij voortgaande groei van bevolking en economie.
- Een hoge olieprijs leidt tot meer besparing bij eindgebruikers maar heeft een gering effect op CO₂-emissies.
- De Nederlandse aardgasreserves raken op. Dit vergroot de noodzaak om meer aandacht te geven aan voorzieningszekerheid. Energievoorzieningszekerheid vraagt om een goed functionerende energiemarkt voor olie en gas of inzet van meer kolen of kernenergie. Tot 2040 voorzien windenergie, biomassa en zonne-energie in nauwelijks meer dan 10 procent van de Nederlandse energiebehoefte.
- Hernieuwbare energie blijft relatief duur. De ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen vraagt daardoor nog lange tijd om overheidsbemoedienis.

Historie en beleid

Het binnenlandse gebruik van energie is tussen 1990 en 2002 met circa 17 procent toegenomen. De toename bij de huishoudens was relatief beperkt; de relatief grootste toename kwam voor rekening van de dienstensector. De emissie van broeikasgassen was in 2002 iets hoger dan in het basisjaar 1990.

In het afgelopen decennium zijn de gas- en elektriciteitsmarkt in Nederland geliberaliseerd en is er concurrentie ontstaan tussen de energiebedrijven. Afnemers kunnen nu zelf kiezen bij welk energiebedrijf ze hun gas en elektriciteit inkopen.

Klimaatbeleid

Het beleid in deze studie komt grotendeels overeen met het beleid dat is opgenomen in de *Referentieramingen energie en emissies 2005-2020* (ECN/MNP, 2005). Alleen het mobiliteitsbeleid, de veronderstellingen voor het subsidiebeleid voor hernieuwbare energiebronnen en de sluitingsdatum van kerncentrale Borssele zijn aangepast.

In het *Strong Europe*-scenario wordt internationale overeenstemming bereikt over klimaatbeleid dat erop gericht is de mondiale temperatuurstijging te beperken tot maximaal 2°C. Het systeem van emissiehandel dat bij dat klimaatbeleid wordt verondersteld (Bollen et al., 2004), leidt tot een CO₂-prijs van ongeveer 10 euro per ton CO₂ in 2020, oplopend tot meer dan 80 euro per ton CO₂ in 2040.

In de scenario's *Global Economy* en *Transatlantic Market* loopt het systeem van Europese emissiehandel af in 2020, omdat dan duidelijk is dat er geen internationaal klimaatbeleid van de grond komt. In *Regional Communities* komt er weliswaar ook geen mondiaal klimaatbeleid, maar bestaan er wel afspraken met de Europese buurlanden. Die afspraken resulteren in een CO₂-prijs van 20 euro per ton vanaf 2030.

Hernieuwbare energie

De huidige subsidies voor hernieuwbare elektriciteitsopwekking en warmtekrachtkoppeling (WKK), volgens de Wet milieukwaliteit elektriciteitsproductie (MEP), blijven in alle scenario's bestaan tot 2020. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* worden de subsidies beëindigd in 2020, in *Strong Europe* en *Regional Communities* loopt de regeling door tot 2040. Door de MEP is er subsidie voor de onrendabele top van elektriciteit die met hernieuwbare bronnen is opgewekt. In de scenario's neemt deze onrendabele top in de tijd af door leereffecten en doordat de CO₂-prijzen stijgen. De maximale MEP-subsidies voor windenergie op zee worden zodanig vastgesteld dat dit vermogen gefaseerd wordt opgebouwd; een eerdergenoemd doel van 6000 megawatt (MW) in 2020 wordt daarmee niet bereikt. De fasering van de MEP-subsidie voor wind op zee is ingegeven door recente beleidswijzingen en wijkt af van het beleid in de Referentieramingen.

Toekomstige ontwikkelingen

In de scenario's waarin de bevolking en het inkomen per hoofd blijven toenemen, blijft ook de vraag naar energie groeien. Ook het elektriciteitsgebruik blijft toenemen, maar de groei van het elektriciteitsgebruik per hoofd neemt af. Dat komt onder andere door enige verzadiging in de vraag naar nieuwe apparaten. Er is sprake van een relatieve ontkoppeling tussen productie en consumptie en het energiegebruik, doordat het energiegebruik efficiënter is geworden en er in de Nederlandse economie meer gebruik wordt gemaakt van diensten die minder energie kosten. Er is geen sprake van absolute ontkoppeling tussen consumptie, productie en energiegebruik. In een toekomstsituatie met een stabiliserende bevolking en lage economische groei daalt de vraag naar energie enigszins; in een toekomstsituatie met een hoge bevolkingsgroei en economische groei stijgt de vraag naar energie met meer dan 50 procent. We voorzien in de komende tientallen jaren geen wereldwijde uitputting van fossiele energiedragers, maar de beschikbaarheid van fossiele energie kan per wereldregio wel sterk verschillen.

Olieprijs

Een belangrijke aanname voor de energiescenario's is de ontwikkeling van de olieprijs. Die prijs wordt onder andere bepaald door de omvang van bewezen en mogelijke oliereserves, inclusief niet-conventionele bronnen zoals teerzanden. De olievoorraden zijn daarbij geen vast gegeven: de bewezen voorraden worden enerzijds kleiner door exploitatie, anderzijds wordt de bewezen olievoorraad aangevuld door exploratie van nieuwe olievoorraden. In dit dynamische proces wordt de exploratie gestuurd door de verwachtingen over de olieprijs. Voor deze studie zijn de olieprijsontwikkelingen vastgelegd in een CPB/RIVM-studie (Bollen et al., 2004). Daarbij hebben de onderzoekers rekening gehouden met bovengenoemde kenmerken. Daarnaast hebben zij rekening gehouden met de mogelijke ontwikkeling van de olievraag in de wereld,

inclusief de snel groeiende economieën zoals India en China. In het *Global Economy*-scenario verdubbelt het oliegebruik. De groei van het wereldwijde oliegebruik is daarmee groter dan in de afgelopen twintig jaar. Vanuit deze hoge groei berekent de genoemde CPB/RIVM-studie voor *Global Economy* een ontwikkeling van de olieprijs op de lange termijn tot 28 dollar per vat in 2040.

Is de gebruikte olieprijs te laag?

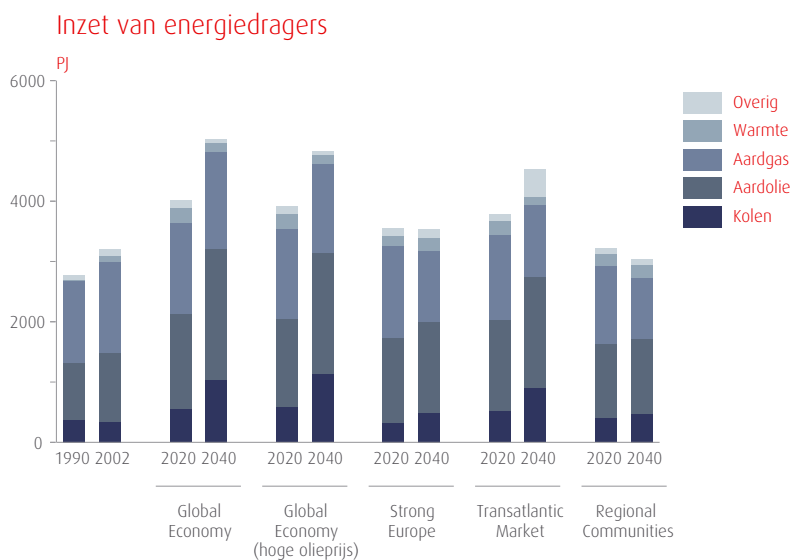
De planbureaus rekenen in deze studie met olieprijsen op lange termijn van 21 tot 28 dollar per vat, gebaseerd op een één-op-éénverhouding van dollar en euro (conform de koers van 2000). Omgerekend naar de huidige zwakke dollar zouden deze prijzen 25 procent hoger liggen. De huidige olieprijs ligt hier ver boven. Rekenen we in deze studie met te lage olieprijsen? Om deze vraag te beantwoorden moeten we onderscheid maken tussen olieprijsen op korte en lange termijn. Op korte termijn kunnen vraag en aanbod zich onvoldoende aanpassen en zullen een sterke toename van de olievraag (bijvoorbeeld vanuit China) of aanbodproblemen (bijvoorbeeld door oorlogen of orkanen) direct leiden tot prijsstijgingen. In het verleden heeft de olieprijs ook sterk geschommeld. In 1980 lag die relatief gezien ver boven het huidige niveau. Er waren ook langere perioden waarin de olieprijs ver beneden de geraamde langetermijnprijs lag. Op lange termijn passen vraag en aanbod zich aan. Nieuwe oliebronnen worden aangetroffen en de winningkosten daarvan liggen ver beneden de huidige olieprijs. Het kan nog geruime tijd duren voor deze bronnen operationeel zijn, maar het verleden geeft aan dat dit een aannemelijke reactie is.

Om de belangrijkste invloeden van een hoge olieprijs in beeld te brengen, hebben wij voor deze studie ook een hogeolieprijsvariant voor het *Global Economy*-scenario doorberekend. Deze doorrekening is partieel uitgevoerd; het betreft alleen het energiesysteem en de keuzes die daarin worden gemaakt bij structureel hogere prijzen, niet de eventuele terugkoppelingen naar de economie. Een beschrijving van deze hogeolieprijsvariant staat in het tekstkader aan het einde van deze paragraaf. Voor deze hogeolieprijsvariant gaan we ervan uit dat de partijen aan zowel de aanbods- als de vraagzijde reageren op de huidige hoge prijzen. Op basis van de prijselasticiteit op lange termijn leidt dit tot een nieuwe evenwichtsprijs van circa 40 dollar per vat (met de dollarkoers van 2000) op een termijn van circa tien jaar. Deze veronderstelde 40 dollar per vat als gemiddelde olieprijs over de periode van 2015 tot 2040 past goed in de context van bestaande scenario's, zowel qua prijsniveau en prijsontwikkeling als qua achterliggende ontwikkelingen. De World Energy Outlook van het Internationaal Energie Agentschap (IEA, 2005) ondersteunt de hoge olieprijs die in het *Global Economy*-scenario genoemd wordt: het IEA-referentiescenario ligt er circa 5 dollar per vat onder, het *deferred investment*-scenario (met uitgestelde investeringen) zit er circa 5 dollar per vat boven. 'Global Economy-hoge olieprijs' bevindt zich daarmee in de bovenste regionen van de bandbreedte die door bestaande scenario's wordt gegeven,

maar is zeker geen extreem scenario. Bij het construeren van 'Global Economy-hoge olieprijs' hebben we rekening gehouden met de geleidelijke teruggang van het huidige olieprijsniveau naar het langetermijnpad, op basis van historische olieprijsontwikkelingen en kennis over de technisch/economische parameters voor aanpassing van vraag en aanbod.

Energievoorziening

Hoe we in de toekomst aan de energievraag gaan voldoen, verschilt sterk per scenario (figuur 5.6.1). Bij een goed functionerende internationale energiemarkt voor olie en gas zoals in *Global Economy*, blijft aardgas de komende decennia een belangrijke rol spelen. De belangrijkste verschillen ontstaan in de elektriciteitsopwekking. Daarbij krijgen nieuwe technologieën een kans, maar de keuze wordt vooral bepaald door de kosten. In *Global Economy* betekent dit dat poederkoolcentrales in belangrijke mate voorzien in de nieuwe capaciteit. In *Transatlantic Market* gaat naast kolenvermogen ook nieuw kernvermogen een rol spelen. Dat komt doordat het accent komt te liggen op energiezelfvoorziening, als gevolg van blokkades in energiemarkten. In *Strong Europe* bestaat nieuwe capaciteit aanvankelijk uit gasgestookte centrales. Op lange termijn wordt in *Strong Europe* ook kolenvergassing met CO₂-afvang en -opslag toegepast. Hierdoor zal het gebruik van kolen in alle scenario's duidelijk toenemen. Door klimaatbeleid gaan in *Strong Europe* op de langere termijn ook windenergie, zon en biomassa een belangrijkere rol spelen in de elektriciteitsopwekking. Dit leidt uiteindelijk voor 2040 tot een aandeel elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare bronnen (hernieuwbare elektriciteit) van ruim 30 procent.

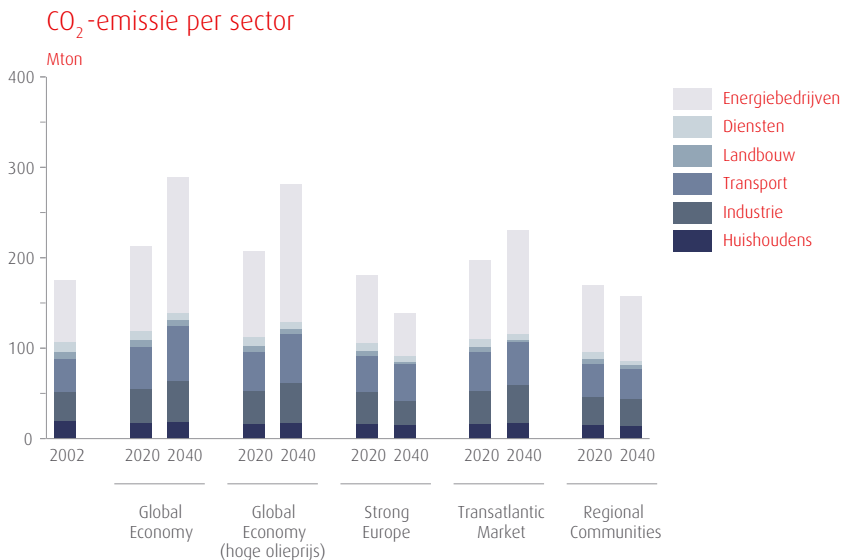


Figuur 5.6.1 Inzet van energiedragers 1990 en 2040.

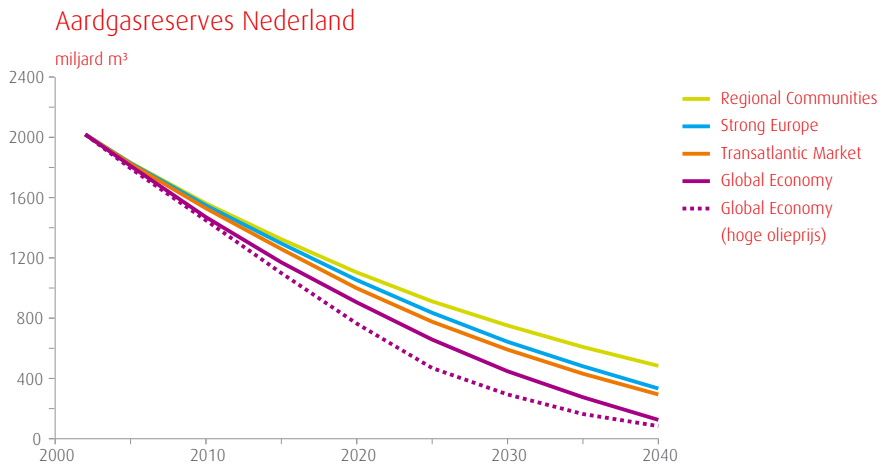
De CO₂-emissies van de energievoorziening laten een wisselend beeld zien. Het *Strong Europe*-scenario met internationaal klimaatbeleid laat uiteindelijk een dalende emissie zien door energiebesparing, CO₂-opslag en opwekking van energie uit hernieuwbare bronnen. In *Regional Communities* daalt de CO₂-emissie als gevolg van een dalende bevolking en lage economische groei. Figuur 5.6.2 geeft de CO₂-emissie per sector weer. De bijdrage aan directe emissies door huishoudens, landbouw en diensten is beperkt. De emissies in de sectoren Industrie en Transport weerspiegelen de verschillen in economische groei en mobiliteit (paragraaf mobiliteit). Het verschil in CO₂-emissie per sector hangt vooral af van de wijze waarop de elektriciteit geproduceerd wordt. De volgende aspecten spelen hierbij een rol:

- CO₂-afvang en -opslag;
- Opwekking uit hernieuwbare bronnen zoals wind en zonne-energie;
- het type centrale en brandstofkeuze, zoals gas, kolen of biomassa.

Voor alle scenario's geldt dat de Nederlandse aardgasvoorraden opraken, waardoor we afhankelijker worden van importen (figuur 5.6.3). Zo zal rond 2040 nog circa een kwart tot minder dan 10 procent van de huidige Nederlandse voorraad resterende. Doordat de productie van het Groningenveld daalt, ontstaat steeds meer behoefte aan nieuwe opslagcapaciteit om vraag en aanbod in balans te kunnen houden.



Figuur 5.6.2 CO₂-emissie energievoorziening per sector in 2002, 2020 en 2040.



Figuur 5.6.3 Verloop van de Nederlandse aardgasreserves.

Ruimtelijke verdeling

Er is slechts een beperkte relatie tussen energiegebruik en ruimte in Nederland. Wel vereist een toekomstige aanvoer van vloeibaar aardgas (LNG) een ruimtelijke reservering voor veiligheidscontouren rondom de haveninfrastructuur en transportleidingen. Ook faciliteiten voor aardgasopslag vragen een beperkte ruimtelijke reservering.

Windturbines hebben invloed op het ruimtegebruik. De visuele impact en geluidhinder kunnen gebruiksbependingen opleveren voor de omgeving. Daarom worden ze op land vooral ingepast in agrarische gebieden en langs lijnvormige infrastructuur. Dit geldt in beperkte mate ook voor hoogspanningsleidingen. De ruimtelijke allocatie van fabrieken en tuinbouwkassen ten opzichte van woningen is van belang als die fabrieken en kassen warmte leveren aan die woningen. In de vier toekomstscenario's speelt dit geen belangrijke rol.

In Groningen moet plaatselijk worden gereageerd op bodemdaling als gevolg van aardgaswinning. Voor *offshore* windvermogen is ruimte op de Noordzee nodig. Een punt apart is de teelt van landbouwproducten voor biobrandstoffen. In *Energie is ruimte* (RPB, 2003, blz. 78/80) is becijferd dat Nederland veel te klein is om de benodigde biobrandstof voor transport te produceren. De binnenlandse productie is bovendien niet rendabel zonder hoge subsidies. We mogen dus verwachten dat biobrandstof en biomassa zullen worden geïmporteerd. Dit leidt in de exporterende landen tot een toenemende ruimtevrage (paragraaf milieu).

Tabel 5.6.2 Scenario's in het kort.

Strong Europe

Mondiale handel met milieurestricties
Effectief internationaal klimaatbeleid

Inwoners 2040 18,9 miljoen
BBP/hoofd (2001 = 100) 156

Ontwikkeling 2002 - 2040

Energiegebruik Nederland	+10%
Energiegebruik/hoofd	-5%
Gebruik kolen	+40%
Gebruik aardolie	+35%
Gebruik aardgas	-25%
Aardgasvoorraden	-85%
CO ₂ -emissie	-20%

Vermogen kernenergie (MW) 0
Aandeel hernieuwbare elektriciteit 34%

Global Economy

Mondiale vrijhandel
Geen grensoverschrijdend klimaatbeleid

Inwoners 2040 19,7 miljoen
BBP/hoofd (2001 = 100) 221

Ontwikkeling 2002 - 2040

Energiegebruik Nederland	+55%
Energiegebruik/hoofd	+30%
Gebruik kolen	+195%
Gebruik aardolie	+90%
Gebruik aardgas	+5%
Aardgasvoorraden	-95%
CO ₂ -emissie	+65%

Vermogen kernenergie (MW) 0
Aandeel hernieuwbare elektriciteit 1%

Regional Communities

Handelsblokken blijven gehandhaafd
Effectief nationaal milieubeleid

Inwoners 2040 15,8 miljoen
BBP/hoofd (2001 = 100) 133

Ontwikkeling 2002 - 2040

Energiegebruik Nederland	-5%
Energiegebruik/hoofd	-5%
Gebruik kolen	+35%
Gebruik aardolie	+10%
Gebruik aardgas	-35%
Aardgasvoorraden	-75%
CO ₂ -emissie	-10%

Vermogen kernenergie (MW) 0
Aandeel hernieuwbare elektriciteit 24%

Transatlantic Market

Handelsblokken blijven gehandhaafd
Geen sterk milieubeleid

Inwoners 2040 17,1 miljoen
BBP/hoofd (2001 = 100) 195

Ontwikkeling 2002 - 2040

Energiegebruik Nederland	+40%
Energiegebruik/hoofd	+35%
Gebruik kolen	+155%
Gebruik aardolie	+65%
Gebruik aardgas	-25%
Aardgasvoorraden	-85%
CO ₂ -emissie	+30%

Vermogen kernenergie (MW) 6000
Aandeel hernieuwbare elektriciteit 2%

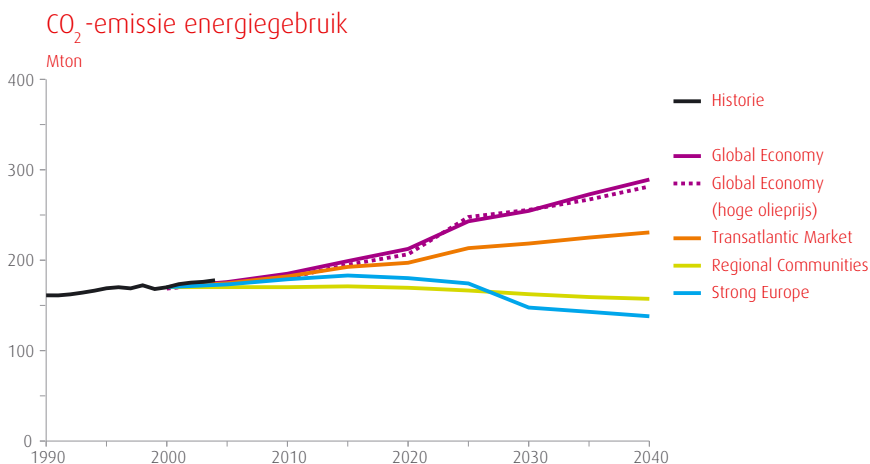
Conclusies en signalen

In de komende decennia zullen de economische groei en broeikasgasemissies niet sterk ontkoppelen. Alleen in een scenario met internationaal klimaatbeleid (*Strong Europe*) kunnen de CO₂-emissies over enkele decennia afnemen ondanks een grote bevolkingsgroei en een doorgaande economische groei. De CO₂-emissie stabiliseert in het scenario met lage bevolkingsgroei, lagere economische groei en voortgaande besparing (*Regional Communities*). De ontwikkeling van de CO₂-emissies is weer-gegeven in figuur 5.6.4.

De energie-efficiëntie (conform het Protocol Monitoring Energiebesparing) verbetert tot 2020 met circa 1 procent per jaar. Daarna daalt dit tempo iets.

Hernieuwbare energie

Hernieuwbare energie blijft relatief duur. De doelstelling van 10 procent hernieuwbaar in de totale energievoorziening in 2020 wordt in geen van de scenario's gehaald. De introductie van niet-fossiele hernieuwbare energiebronnen vraagt, ook in de toekomst, om overheidsstimulering. Pas na 2030 kunnen windenergie op land en zonne-energie gaan concurreren met fossiele elektriciteitsopwekking – en dan nog alleen bij voldoende technologische ontwikkeling en oplopende CO₂-prijzen (in het scenario *Strong Europe*). Wind op zee kan bij stringent internationaal klimaatbeleid vanaf 2025 concurreren met fossiele elektriciteitsopwekking; bij blijvend hoge olieprijsen kan dit moment eerder optreden. Met overheidsstimulering en internationaal klimaatbeleid (in het scenario *Strong Europe*) en met stimulering van besparing en een afnemende energievraag (in het scenario *Regional Communities*) is het aandeel



Figuur 5.6.4 Ontwikkeling CO₂-emissies door energiegebruik tot 2040.

hernieuwbare energie in de energievoorziening in 2040 iets hoger dan 10 procent. Vanwege de hogere kosten blijft hernieuwbare energie de eerste decennia een beleidskeuze waarbij subsidiering of regulering, zoals normstelling of emissieplafonds met emissiehandel, een rol speelt.

Voorzieningszekerheid van energie

De Nederlandse gasreserves raken op en de afhankelijkheid van importen neemt toe. Hiermee lijkt de voorzieningszekerheid af te nemen ten opzichte van het huidige niveau. Dit is een probleem dat ook op Europese schaal speelt.

Energievoorzieningszekerheid vraagt een goed functionerende mondiale en Europese markt voor olie en gas of een hogere inzet van kolen en kernenergie voor de opwekking van elektriciteit. Kolen leidt echter tot toenemende emissie van CO₂ (bij inzet van kolen zonder CO₂-afvang), kernenergie leidt tot meer hoogradioactief afval. Extra inzet van Nederlands aardgas kan bijdragen aan de Europese voorzieningszekerheid, maar leidt ook tot snellere uitputting van de nationale gasvoorraad.

Op Europese schaal kan aandacht worden gegeven aan voorzieningszekerheid door te investeren in flexibiliteit, netwerken en infrastructuur voor aardgas en door te werken aan een gediversifieerde brandstofsamenstelling. Dit vraagt ook om investeringen in gasopslag en LNG-aanlanding. Het is onduidelijk of marktpartijen dergelijke investeringen autonoom op zich zullen nemen, of dat hiervoor een stimulans van de overheid nodig zal zijn.

Hoge olieprijs leidt tot meer besparing bij eindgebruikers, maar het effect op CO₂-emissies is gering

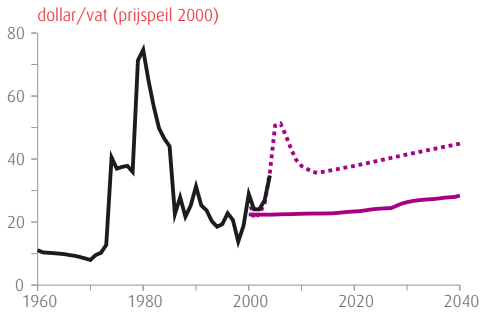
In deze studie hebben wij voor de energiescenario's gerekend met relatief lage internationale olieprijsen tot 2040. Om de invloed van de huidige hogere olieprijsen te analyseren, hebben we voor het *Global Economy*-scenario ook een variant met een structureel hogere olieprijs doorgerekend. In deze hogeolieprijsvariant zijn we uitgegaan van een olieprijs van 40 dollar per vat bij het prijspeil van 2000, gemiddeld over de periode van 2015 tot 2040 (figuur 5.6.5). In de periode tot 2015 daalt de olieprijs vanaf de huidige prijs doordat wereldwijd raffinagecapaciteit wordt bijgebouwd en door de normalisatie van de productieomstandigheden in het Midden-Oosten.

In Nederland zorgt de hoge olieprijs, met de daaraan nog lange tijd gekoppelde gasprijs en een stabiele kolenprijs, voor een aantal ontwikkelingen die deels tegengestelde effecten hebben. Een overzicht van de belangrijkste ontwikkelingen:

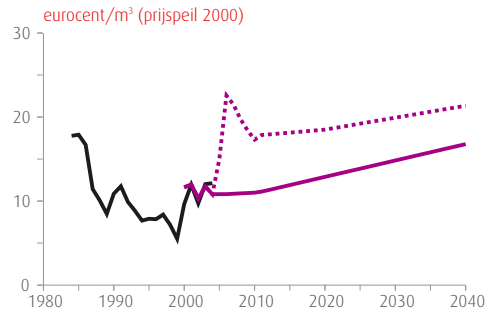
- De hogere olie- en gasprijzen maken besparingsmaatregelen in eindgebruiksectoren aantrekkelijker. In vergelijking met de lageprijsvariant blijft de vraag naar aardgas en autobrandstoffen achter. De CO₂-emissies nemen daardoor af. De invloed van de hoge olieprijs op de prijs van autobrandstoffen is overigens gering, doordat deze prijs slechts voor een derde door de ruwe olieprijs wordt bepaald.
- In de elektriciteitssector wordt het opwekken van elektriciteit met aardgas duurder. Hierdoor wordt het aantrekkelijk nieuwe kolencentrales te bouwen. De energie-

Energieprijzen

Aardolie



Aardgas



Figuur 5.6.5 Ontwikkeling van de olie- en gasprijs in het *Global Economy*-scenario en in de hoge olieprijs-variant.

bedrijven zetten meer kolenvermogen in. Door het lagere rendement van kolencentrales en de hogere koolstofinhoud van kolen leidt dit tot een toename van de CO₂-emissies.

- In de eindgebruiksectoren leiden de hogere elektriciteitsprijzen tot iets hogere besparingen op elektriciteit. Deze ontwikkeling tempert de tendens tot een hoger energiegebruik en hogere emissies in de opwekkingssector iets.
 - De hogere opwekkingskosten veroorzaken een stijging van de elektriciteitsprijzen, maar door de gelijktijdige verschuiving naar kolenvermogen blijft deze stijging relatief achter bij de stijging van de aardgasprijzen. Onder deze omstandigheden verslechtert de marktsituatie voor warmte-krachtkoppeling (WKK). Bij WKK hangt het merendeel van de kosten immers samen met de aardgasconsumptie, en het merendeel van de opbrengsten met de productie van elektriciteit. De relatieve afname van WKK zorgt voor een lagere efficiëntie bij de opwekking van elektriciteit en hogere CO₂-emissies.
- Over de hele linie resulteren deze ontwikkelingen in iets lagere CO₂-emissies dan in het *Global Economy*-scenario met een lage olieprijsontwikkeling en een iets hogere energiebesparing bij de eindgebruikers.

In deze variant dalen wel de subsidie-uitgaven (MEP) voor hernieuwbare energieopwekking. We zijn niet uitgegaan van een verhoogde hernieuwbare energieopwekking. Het rapport *Windenergie op de Noordzee; een maatschappelijke kosten-batenanalyse* (CPB/ECN, 2005, p. 151) concludeert dat windenergie op zee na 2025 alleen bedrijfseconomisch rendabel kan worden als er een stringent internationaal klimaatbeleid wordt gevoerd, en dat dit tijdstip bij structureel hogere olieprijsen wordt vervroegd.