

Energie

Jacco Farla (MNP), Machiel Mulder (CPB), Annemiek Verrips (CPB), Hugo Gordijn (RPB), en Marijke Menkveld, Ton van Dril, Cees Volkers, Jeroen de Joode, Ad Seebregts, Bert Daniëls, Yvonne Boerakker, Gerard Stienstra, Luuk Beurskens en Pieter Kroon (allen ECN)

Inleiding

Afbakening en opzet

Energie houdt de maatschappij draaiende. Er is energie nodig om huizen te verwarmen, voor mobiliteit, voor dienstverlening en om producten te maken. Onze maatschappij is daarbij grotendeels afhankelijk van fossiele energiebronnen: kolen, olie en aardgas. Deels worden deze energiebronnen direct gebruikt om warmte of kracht op te wekken, deels worden fossiele brandstoffen gebruikt om elektriciteit op te wekken voor vele toepassingen in de maatschappij.

Het thema 'Energie' gaat over het energiegebruik in Nederland, zowel over de energievraag als de wijze waarop in die vraag wordt voorzien. De energievraag heeft directe relaties met de andere thema's in de WLO-studie. De energievraag van de verkeerssector is bepaald binnen het thema Mobiliteit. Het sloop- en nieuwbouwtempo van woningen komt vanuit het thema Wonen en heeft effect op het gasgebruik van huishoudens. Het areaal glastuinbouw is input vanuit het thema Landbouw en is bepalend voor de energievraag van de sector landbouw. De uitkomsten van het thema Energie zijn gebruikt om binnen het thema Milieu de aan energiegebruik gerelateerde emissies te bepalen.

In dit hoofdstuk worden de ontwikkelingen in het energiegebruik voor de vier WLO-scenario's beschreven. Daarbij wordt het energieaanbod afgestemd op de energievraag van de eindgebruiksectoren. Die energievraag wordt daarbij enerzijds bepaald door volumeontwikkelingen per sector en anderzijds door de beschikbaarheid en prijzen van energie. Ontwikkelingen in de energiesector sluiten aan op de energievraagontwikkeling en bepalen ten dele de energieprijzen voor de eindgebruikers. Het wordt hiermee duidelijk dat het bepalen van de energievraag en het energieaanbod een iteratief proces is. In de navolgende beschrijvingen wordt – noodzakelijkerwijs – een volgorde gekozen waarin het iteratieve proces niet wordt meegenomen. Daarbij worden eerst de ontwikkelingen in de energievraag beschreven. Vervolgens wordt beschreven hoe het energieaanbod daarop aansluit.

De energiescenario's zijn ontwikkeld en berekend door ECN, in samenspraak met, en op verzoek van de gezamenlijke planbureaus en met financiële steun van het Ministerie van Economische Zaken.

Relevante ontwikkelingen

De vraag naar energie in de toekomst is, globaal gesteld, afhankelijk van de hoeveelheid mensen (demografie), de economische en technologische ontwikkeling en van

sociaal-culturele trends. Er kunnen diverse drijvende krachten worden benoemd die de vraag naar energie en het energieaanbod bepalen.

De vraag naar energie ontstaat doordat er behoefte is aan bepaalde 'energiefuncties' zoals verwarming, licht of kracht (voor bijvoorbeeld processen of voortbeweging). In de gewenste energiefunctie wordt voorzien middels de omzetting van brandstoffen of elektriciteit in diverse apparaten en processen. Zo zet een gloeilamp elektriciteit om in de gewenste functie licht, en zorgt een verwarmingsketel via de verbranding van aardgas voor warmte.

De vraag naar energie kan toenemen als de vraag naar energiefuncties toeneemt. Daarentegen kan ook de efficiëntie van de omzetting van energie in de gewenste functie verbeteren, waardoor in eenzelfde vraag naar energiefuncties kan worden voorzien met minder energie. Energie-efficiëntieverbetering treedt op als apparaten worden vervangen door nieuwe, efficiëntere apparaten. In de afgelopen decennia is de vraag naar energiefuncties harder gestegen dan de gemiddelde energie-efficiëntieverbetering van de apparaten, met als nettoresultaat dat het energiegebruik is toegenomen.

Bij de vertaling van het finaal energiegebruik naar broeikasgasemissies is het van belang veronderstellingen te maken over de inzet van primaire energiebronnen. Bij de inzet van fossiele energiedragers als primaire energiebron zal de emissie van broeikasgasemissies in enige mate kunnen afnemen indien meer aardgas wordt ingezet ter vervanging van kolen en olie. Door de inzet van klimaatneutrale energiedragers (hernieuwbare bronnen of middels CO₂-verwijdering 'ontkoolde' energiedragers) is het mogelijk bij een gelijkblijvende of toenemende finale energievraag een dalende trend in de broeikasgasemissies te bewerkstelligen.

Aandachtsvelden

De huidige samenleving kan niet functioneren zonder fossiele brandstoffen als energiebron. Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft twee nadelen. Ten eerste zijn de voorraden eindig en ten tweede gaat het gebruik gepaard met schadelijke emissies, waaronder de uitstoot van broeikasgassen.

Al lang wordt het energiebeleid gedomineerd door de doelstellingen 'schoon', 'betrouwbaar' en 'betaalbaar'. Hiermee wordt verwezen naar de doelstellingen op het gebied van ecologie, voorzieningszekerheid en de kosten van energie. Vanwege het grote belang van energie voor de economie ziet de overheid het als haar taak om (mede) te zorgen voor een continue beschikbaarheid van energie tegen redelijke prijzen. Daarbij hoort voor Nederland ook het verstandig omgaan met de eigen olie- en aardgasvoorraden en het mogelijk maken van import van de benodigde energie. Het

verbeteren van de marktwerking middels de liberalisering van de energiemarkten (elektriciteit en gas) is bedoeld om energie beschikbaar te maken tegen lage prijzen. De ecologische aspecten spelen vooral bij omzetting en gebruik van energie. Het gaat daarbij om het voorkomen of terugdringen van emissies van verzurende stoffen, van broeikasgassen en van (fijn) stof.

Vragen, die binnen het kader van de scenario's, aan de orde komen, zijn: Hoe ontwikkelt het energiegebruik zich? Welke ontwikkelingen zijn er ten aanzien van voorzieningszekerheid te verwachten? Wat zijn de gevolgen van het wel of niet veronderstellen van klimaatbeleid? Wat zijn de kansen voor hernieuwbare vormen van energie? Welke rol zou kernenergie in de toekomstige energievoorziening kunnen spelen? Hoe ziet de langetermijnproductie van de binnenlandse gaswinning eruit? Wat zijn de effecten van hoge olieprijsen?

Indicatoren om knelpunten te verkennen

Vanuit de geschetste aandachtsvelden wordt over een aantal indicatoren gerapporteerd. Het betreft:

- Ontwikkeling van de energievraag
 - Ontwikkeling van de vraag naar verschillende energiedragers
 - Ontwikkeling van de energievraag per sector
- Ontwikkeling van het energieaanbod
 - Ontwikkelingen in de productie van elektriciteit
 - Ontwikkelingen op het gebied van hernieuwbare¹ energieopwekking
 - Ontwikkelingen in winning, transport en opslag van aardgas
- Overkoepelende ontwikkelingen van het energiesysteem
 - Ontwikkeling van het energiebesparingstempo
 - Ontwikkeling van de CO₂-emissie
 - Ruimtegebruik voor energie

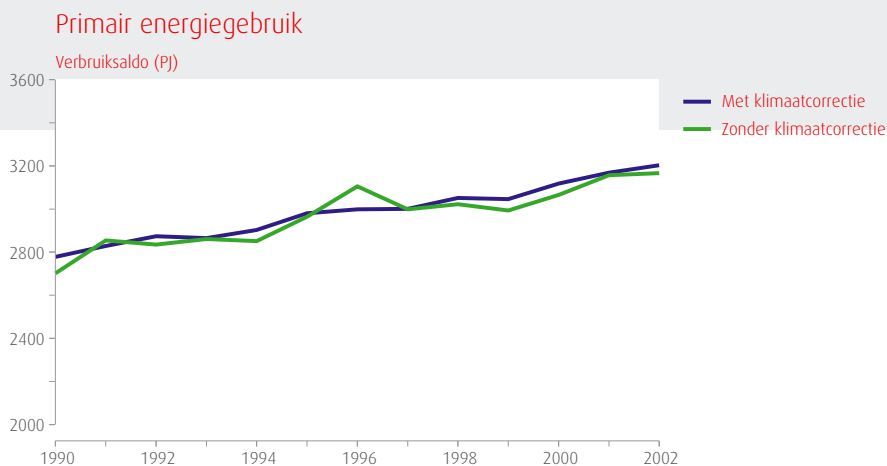
Voor het steeds meer in de aandacht komende onderwerp voorzieningszekerheid bestaan nog geen eenduidige en breed gedragen indicatoren. Hierover kunnen daarom slechts kwalitatieve uitspraken worden gedaan in het kader van deze scenariostudie.

¹ In dit hoofdstuk wordt de term *hernieuwbare energie* gebruikt voor energie opgewekt uit hernieuwbare bronnen zoals wind, zon, waterkracht en biomassa. In diverse beleidsdocumenten wordt hiervoor de term *duurzame energie* gebruikt. De WLO gebruikt de term *hernieuwbaar* om geen verwarring te krijgen met het begrip 'duurzame energievoorziening' en omdat hernieuwbare energiebronnen ook diverse 'niet-duurzame' eigenschappen kunnen hebben.

Historische ontwikkeling

Energiegebruik

Het totale temperatuurgecorrigeerde primaire energiegebruik² stijgt in de periode 1990-2002 van 2.778 PJ naar 3.204 PJ, ofwel een stijging van 1,2% per jaar (figuur 6.1). Vanaf 1995 bedraagt de stijging iets minder, namelijk 1,0% per jaar. Het statistische gebruik (= niet-temperatuurgecorrigeerd) stijgt iets harder, namelijk 17% over de gehele periode.



Figuur 6.1 Primair energiegebruik in Nederland.

² Bij temperatuurcorrectie wordt het energiegebruik gecorrigeerd voor de jaarlijkse variatie in dagelijkse temperaturen op basis van 'graaddagen'. De correctie werkt twee kanten op. In relatief koude jaren wordt extra gestookt voor verwarming; het temperatuurgecorrigeerde energiegebruik is dan lager dan het feitelijke/gemeten gebruik. In jaren met relatief hoge zomertemperaturen wordt minder gekoeld; het temperatuurgecorrigeerde elektriciteitsgebruik voor koeling wordt dan hoger dan het feitelijke/gemeten gebruik. Voor deze WLO-studie is ook een temperatuurcorrectie toegepast op het energiegebruik in de toekomst, waarbij rekening wordt gehouden met relatief hogere temperaturen als gevolg van klimaatverandering. De wijze waarop deze 'klimaatcorrectie' is toegepast is gelijk aan de correctie in de Referentieramingen (ECN/MNP, 2005), waarin een uitgebreide beschrijving van de methodiek wordt gegeven. De klimaatcorrectie in de WLO verschilt getalsmatig wel iets van de Referentieramingen vanwege de langere zichtperiode en nieuwe informatie van het KNMI over trends in het aantal graaddagen per jaar.

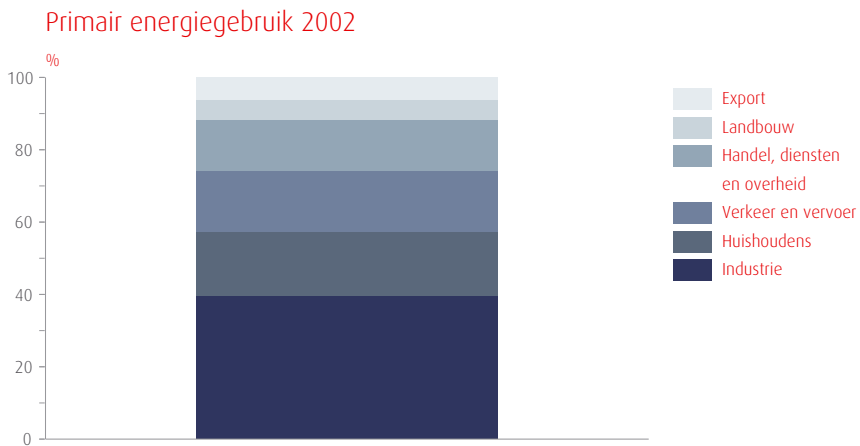
Met een aandeel van 40% van het primair energiegebruik³ is de industrie de grootste energiegebruikende sector (figuur 6.2). De industrie kent naast energetische toepassingen van energiedragers ook belangrijke niet-energetische toepassingen, waarbij de energiedrager grondstof of reactiemiddel is. Dit is onder andere het geval bij de productie van kunststoffen, kunstmest en ijzer. Binnen de industrie wordt het energiegebruik gedomineerd door de chemie (meer dan 50%).

Met een aandeel van 17% van het primair energiegebruik in 2002 is de sector verkeer en vervoer een belangrijke energiegebruikende sector. Het wegverkeer heeft verreweg het grootste aandeel in de energievraag (87%) in deze sector. Het personenauto-gebruik neemt circa 52% voor haar rekening, het vrachtvervoer 32%.

Van het totale primaire energiegebruik komt 17% voor rekening van de sector huishoudens. Deze sector neemt vooral aardgas en elektriciteit af en – in veel mindere mate – warmte en huisbrandolie. Aardgas wordt met name ingezet voor verwarming van woningen en de bereiding van warm tapwater. Het temperatuurgecorrigeerde aardgasgebruik daalde van 362 PJ in 1990 naar 340 PJ in 2002. Het effect van de toename van het aantal woningen op het totale gasgebruik was in deze periode kleiner dan de invloed van de verbetering van de gemiddelde isolatiegraad en de toepassing van efficiëntere CV-ketels. Het elektriciteitsgebruik vertoont in de periode 1990-2002 een continue stijging (van 59 PJ_e tot circa 82 PJ_e). De toename van het aantal apparaten en de verandering van de gemiddelde gebruiksduur, hadden in deze periode een grotere invloed op het elektriciteitsgebruik dan de rendementsverbetering van de apparaten.

De tertiaire sector, bestaande uit handel, diensten en overheid (HDO), komt ondanks haar grote economische belang op de vierde plaats qua energiegebruik. Het grootste deel van het energiegebruik is bestemd voor ruimteverwarming en elektrische apparatuur. De sector neemt dan ook voornamelijk aardgas en elektriciteit af, met daarnaast nog een klein deel olieproducten. Het temperatuurgecorrigeerde aardgasgebruik bedroeg in 1990 129 PJ en steeg naar 183 PJ in 2002. De toename van het totale vloeroppervlak heeft in deze periode een grotere invloed gehad op het totale gasgebruik dan de verbetering van de gemiddelde isolatiegraad en de toepassing van efficiëntere CV-ketels. Het finale elektriciteitsgebruik vertoont in de periode 1990-2002 een continue stijging (van 68 PJ_e tot circa 99 PJ_e). De toename van het aantal apparaten en de verandering in de gemiddelde gebruiksduur hadden in deze periode een groter effect op het elektriciteitsgebruik dan de rendementsverbetering van de apparaten.

³ Het 'primair energiegebruik' is een energiegrootte waarbij de omzettingsverliezen in de energiesector aan de eindgebruiker van energie worden toegerekend. Het betreft met name de aanzienlijke omzettingsverliezen in de elektriciteitopwekking.



Figuur 6.2 Verdeling van het primair energiegebruik naar sector in 2002.

De landbouw heeft een aandeel van 5% in het primaire energiegebruik. De glastuinbouw is daarbij dominant en verantwoordelijk voor ruim 4% van het nationaal energiegebruik. Een deel van het primair energiegebruik in Nederland is niet toe te schrijven aan de finale energievraag van eindgebruikers in Nederland. Dit wordt in figuur 6.2 weergegeven als 'export'. Het gaat vooral om het energiegebruik van raffinaderijen ten behoeve van finaal energiegebruik buiten Nederland.

Besparingstempo

Het energiebesparingstempo bedroeg in de periode 1995-2002 gemiddeld 1,0% per jaar. Het energiebesparingstempo neemt af, in de periode tot 2000 was het nog gemiddeld 1,2% (Boonekamp et al., 2004a).

Redenen voor het lage besparingstempo zijn lage energieprijzen en de relatief lage economische groei na 1999, wat mogelijk tot minder investeringen en een minder gunstig klimaat voor energiebesparing heeft geleid (Boonekamp et al., 2006). Daarnaast is de in de Energiebesparingsnota van 1999 aangekondigde intensivering van het beleid slechts gedeeltelijk gerealiseerd (Harmsen en Menkveld, 2005). Bij centrales en distributiebedrijven is er in genoemde periode zelfs sprake van ontsparing. Dit komt onder andere door de decentralisatie van de inzet van energieproductie-eenheden als gevolg van de liberalisering van de energiemarkt, waardoor deze niet meer via een landelijk systeem wordt geoptimaliseerd. Het gevolg is dat de eenheden vaker in deellast draaien en het aantal stops en starts hoger is, waardoor het gemiddeld gerealiseerde opwekkingsrendement afneemt (Seebregts en Volkers, 2005).

In het Energierapport 2005 (EZ, 2005) wordt een besparingdoel van 1,5% per jaar vanaf 2012 gesteld. De Tweede Kamer heeft via de motie Van der Ham/Spies aangegeven een besparingstempo van 2% per jaar te willen nastreven vanaf 2010.

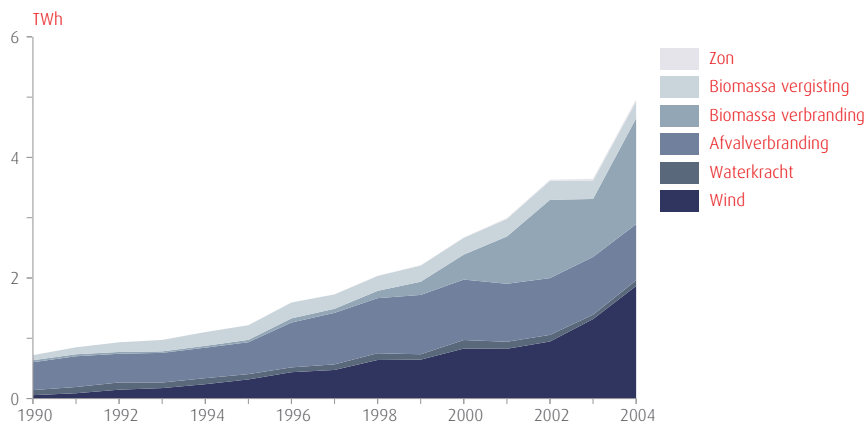
Aandeel hernieuwbare energie

Het aandeel energie uit hernieuwbare bronnen in de totale energievoorziening is gestegen van 0,7% in 1990 naar 1,5% in 2002 (Joosen et al., 2004). In 2004 en 2005 was het aandeel hernieuwbare energie in het energiegebruik 1,8% respectievelijk 2,4% (CBS, 2006). Doelstelling is om 10% energie uit hernieuwbare bronnen in 2020 te realiseren.

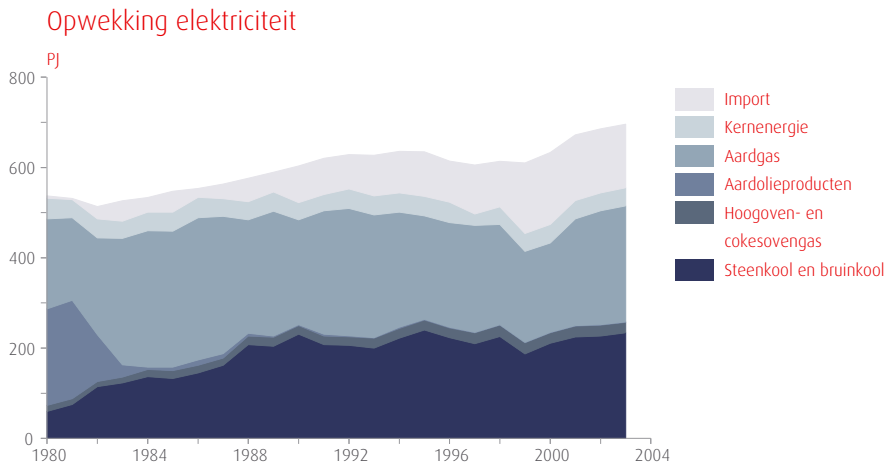
Binnen de EU is overeenstemming bereikt over doelstellingen voor elke EU-lidstaat met betrekking tot het aandeel elektriciteit dat in 2010 uit hernieuwbare bronnen afkomstig moet zijn. Voor Nederland is een aandeel van 9% hernieuwbare elektriciteit afgesproken voor 2010. In 2002 was het aandeel uit hernieuwbare bronnen opgewekte elektriciteit ruim 3%. In 2005 was dit percentage toegenomen tot meer dan 6% (CBS, 2006).

In 2002 werd het grootste deel van de elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen geleverd door de afvalverbrandingsinstallaties (971 GWh). Voor deze installaties geldt volgens het Protocol Monitoring Duurzame Energie dat slechts iets minder dan de helft van de elektriciteitsproductie als hernieuwbaar mag worden aangemerkt. Door windturbines is 910 GWh geleverd in 2002. De import van elektriciteit uit hernieuwbaar was in 2002 circa driemaal zo groot als de eigen productie uit hernieuwbare bronnen. In figuur 6.3 wordt de ontwikkeling weergegeven van de binnenlandse elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen (ECN, 2006).

Productie hernieuwbare elektriciteit



Figuur 6.3 Elektriciteitsproductie uit hernieuwbare bronnen.



Figuur 6.4 De inzet van energiedragers voor elektriciteitsopwekking en import van elektriciteit.

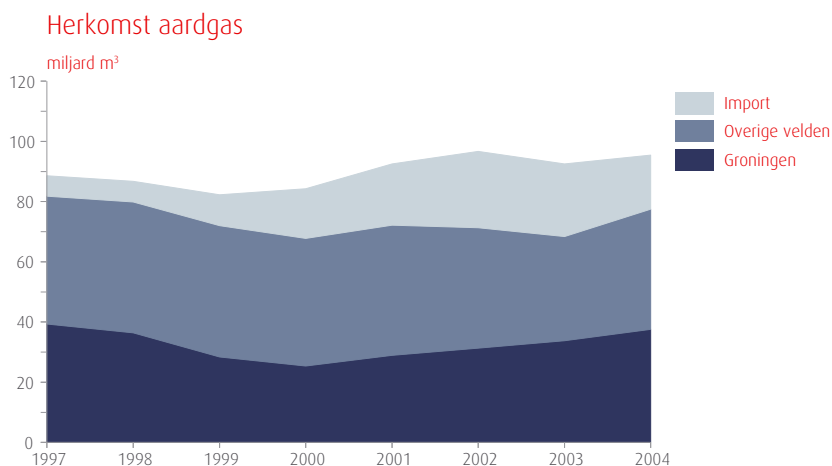
Opwekking en import elektriciteit

De elektriciteitsvraag op de Nederlandse elektriciteitsmarkt wordt voor het grootste gedeelte gedekt met grootschalige elektriciteitscentrales. De import van elektriciteit is toegenomen van ruim 11% in 1998 tot 17% in 2000, maar was in 2002 bijna 15%.

De meeste centrales worden gestookt met aardgas of steenkool, alleen voor de centrales in Velsen wordt een mengsel van hoogovengas en cokesovengas (zodanig verrijkt met aardgas) als brandstof gebruikt, terwijl in de centrale van Borssele naast aardgas ook fosforovengas wordt ingezet. In bijna alle kolencentrales wordt biomassa bijgestookt. In 2003 werd hierdoor 7,2 PJ aan fossiele brandstof bespaard. De inzet van brandstoffen voor elektriciteitsopwekking en import wordt weergegeven in figuur 6.4 (ECN, 2006). In deze figuur is geïmporteerde elektriciteit omgerekend naar het beslag op primaire energiedragers ('import als primair').

Productie, export en gebruik aardgas

Aardgas op de Nederlandse markt is afkomstig uit het Groningengasveld, uit andere kleine gasvelden (op land en op de Noordzee) en uit import uit het buitenland. De import van gas in 2003 beslaat 25% van de totale herkomst van gas op de Nederlandse markt. De trend van de binnenlandse productie wordt sterk bepaald door het kleine veldenbeleid. Dit beleid is erop gericht om de overige on-shore en off-shore velden met voorrang te winnen. Zo blijft het Groningse gasveld Slochteren zolang mogelijk gespaard. In de figuur 6.5 (ECN, 2006) kan de productie van het Groningse



Figuur 6.5 Herkomst van aardgas op de Nederlandse gasmarkt.

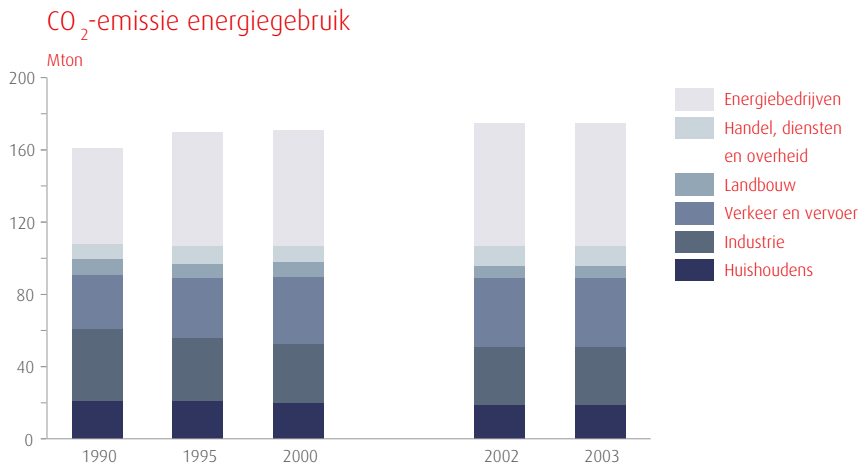
Slochteren worden vergeleken met de gasproductie uit de overige velden en de gasimport.

Zoals uit de figuur blijkt is de import van aardgas in de laatste jaren toegenomen van circa 6 miljard m³ in 1997 tot ruim 20 miljard m³ in de laatste twee jaar. Tot en met 2002 waren Noorwegen en Engeland de belangrijkste leveranciers. Per 2001 is de import uit Rusland op gang gekomen. Gedurende een periode van 20 jaar zal in totaal 80 miljard m³ aardgas uit dit land aan de Gasunie worden geleverd.

Emissie CO₂-energiegebruik

De klimaatdoelstelling voor Kyoto in de periode 2008-2012 betekent voor Nederland een reductie van de broeikasgasemissies van 6% ten opzichte van 1990. De laatste jaren blijven de totale broeikasgasemissies ongeveer stabiel: afnemende niet-CO₂-emissies compenseren een toename van de CO₂-emissies.

De toename van de CO₂-emissie sinds 1990 komt vooral door de toegenomen productie en gebruik van elektriciteit bij huishoudens, kantoren en industrie. Bij de huishoudens en kantoren is de elektriciteitsvraag toegenomen met ruim 40%. Ook de CO₂-emissie bij verkeer vertoont een doorgaande stijgende trend. De ontwikkeling van de energiegerelateerde CO₂-emissie wordt weergegeven in figuur 6.6 (ECN, 2006).



Figuur 6.6 CO₂-emissie door energiegebruik.

Scenario's

Invulling energiestenario's

De energiestenario's zijn opgesteld in samenhang met andere scenariostudies waarin de mondiale, Europese en nationale ontwikkelingen tot 2040 worden geschetst. De Europese economische groeiscenario's zijn beschreven in *Four Futures of Europe* (De Mooij en Tang, 2003). De daarvan afgeleide economische groeipaden voor Nederland zijn beschreven in *Vier Vergezichten op Nederland* (Huizinga en Smid, 2004). Een vertaling van de Europese groeiscenario's naar fysieke ontwikkelingen in het mondiale energiegebruik en de daarvan afgeleide ontwikkeling van emissies is beschreven in *Four Futures for Energy Markets and Climate Change* (Bollen et al., 2004).

Eerder zijn de Referentieramingen 2005-2020 (ECN/MNP, 2005) opgesteld, als Nederlandse energie-invulling van de genoemde scenariostudies. Hierin worden de ontwikkelingen van energiegebruik en emissies in Nederland tot 2020 weergegeven voor twee scenario's: het *Global Economy*-scenario en het *Strong Europe*-scenario.

Met deze WLO-studie wordt de serie van nieuwe scenariostudies gecompleteerd. In de WLO worden de fysieke en ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland voor vier scenario's tot 2040 geschetst. Het veronderstelde beleid in deze WLO-energiestenario's komt grotendeels overeen met het beleid dat is opgenomen in de Referentieramingen energie en emissies 2005-2020 (ECN/MNP, 2005). De belangrijkste verschillen tussen de Referentieramingen en deze WLO-scenario's zijn de volgende:

- In de Referentieramingen werden oude ramingen voor mobiliteit gebruikt. In de WLO zijn de nieuwe WLO-mobiliteitscijfers gebruikt voor de energiescenario's.
- In de WLO zijn beleidswijzigingen van eind 2005 op het gebied van hernieuwbare elektriciteit meegenomen. Het betreft de voorgenomen wijziging van de subsidies volgens de wet Milieukwaliteit elektriciteitproductie (MEP) waarbij het open-einde karakter van deze regeling wordt opgeheven. Dit heeft tot gevolg dat het veronderstelde opgestelde vermogen van offshore wind in 2020 lager is dan de 6.000 MW_e waarvan in de Referentieramingen werd uitgegaan. In de WLO-scenario's wordt nu uitgegaan van 2.200 MW_e opgesteld vermogen in 2020.
- In de Referentieramingen werd voor het *Strong Europe*-scenario uitgegaan van sluiting van de kerncentrale in Borssele in 2013. Op basis van recente besluiten over Borssele wordt nu in alle WLO-scenario's uitgegaan van sluiting in 2033.

Andere recente besluiten en beleidsvoornemens, zoals bijvoorbeeld weergegeven in het Energierapport 2005 (EZ, 2005) en de Evaluatienota Klimaatbeleid 2005 (VROM, 2005) zijn niet meegenomen bij het berekenen van deze energiescenario's. Een overzicht van het veronderstelde beleid wordt in de volgende paragraaf gegeven.

Een schematische karakterisering van de energiescenario's is in onderstaand overzicht opgenomen.

Strong Europe

- Hoge bevolkingsgroei
- Matige economische groei
- Mondiale handel met milieurestricties
- Effectief internationaal klimaatbeleid

Global Economy

- Hoge bevolkingsgroei
- Hoge economische groei
- Mondiale vrijhandel
- Geen klimaatbeleid

Regional Communities

- Lage bevolkingsgroei
- Lage economische groei
- Handelsblokken blijven gehandhaafd
- Effectief nationaal milieubeleid

Transatlantic Market

- Gematigde bevolkingsgroei
- Hoge economische groei
- Handelsblokken blijven gehandhaafd
- Geen sterk milieubeleid

Invulling trendmatig beleid

In de WLO-scenario's wordt het overheidsbeleid 'minimaal gedifferentieerd en trendmatig ingevuld'. Met minimaal gedifferentieerd wordt bedoeld dat het beleid tussen scenario's alleen dan verschilt wanneer er anders onwaarschijnlijke uitkomsten zouden ontstaan. Het streven is echter het beleid tussen de scenario's zo min mogelijk

Tabel 6.1 Overzicht van verondersteld beleid in de WLO-scenario's.

	Strong Europe (SE)	Regional Communities	Global Economy en Transatlantic Market
Emissiehandel voor 2020	Europees 2 €/ton in 2005 7 €/ton in 2010 11 €/ton in 2020	idem SE	idem SE
Emissiehandel na 2020	internationaal 58 €/ton in 2030 84 €/ton in 2040	Europees 20 €/ton vanaf 2030	systeem vervalt
Energiebelasting	bij gas voor niet-deelnemers minimaal gelijk aan tarieven deelnemers plus CO ₂ -prijs, bij elektriciteit tarieven constant	idem Strong Europe (minder stijging door lagere CO ₂ -prijs)	tarieven constant vanaf 2007
Gebouwde omgeving	EPN woningbouw in 2006 naar 0,8 EPN Ubouw huidig niveau EPBD ingevoerd in 2008	idem SE	idem SE, maar na 2020 vervalt EPN en EPBD
Elektrische apparaten	aanscherping energielabels ook convenanten met minimum eisen	ook labeling, maar minder aanscherping dan in SE	geen aanscherping labels, na 2020 geen labels geen eisen
Industrie	gehandhaafd blijft EIA, Wet milieubeheer en MJA-2	idem SE	idem SE, na 2020 vervalt beleid
Glastuinbouw	AMvB eindigt in 2010 daarna egaliseren met Wet Milieubeheer naar 15% IRV	idem SE	idem SE, na 2020 vervalt beleid
MEP duurzaam	continuering huidig beleid, MEP tarieven dalen door dalende kosten, gematigd implementatie tempo off shore wind tot 2020	idem SE	idem SE, na 2020 vervalt beleid
MEP WKK	continuering huidig beleid	idem SE	idem SE, na 2020 vervalt beleid
Kolenconvenant	na 2012 geen verlenging	idem SE	idem SE
Kernenergie	Borssele open tot 2033 geen nieuwe centrales	idem SE	Borssele open tot 2033, bouw nieuwe centrales mogelijk

te variëren, om zodoende zo goed mogelijk zicht te krijgen op het effect van exogene ontwikkelingen op bijvoorbeeld het energiegebruik. Het beleid wordt verder zo veel als mogelijk trendmatig ingevuld, wat wil zeggen dat het beleid moet aansluiten bij het huidige beleid. Deze beide uitgangspunten gelden in het bijzonder voor de periode tot 2020. Voor de periode daarna is het problematischer om het beleid nog steeds constant te houden. Om die reden wordt voor de tweede helft van de scenarioperiode het beleid meer gedifferentieerd, waarbij de verhaallijnen van de scenario's sturend zijn.

Tabel 6.1 geeft aan hoe deze uitgangspunten voor het onderdeel energiebeleid zijn uitgewerkt. Het algemene uitgangspunt voor energiebesparings- en klimaatbeleid is dat het gelijk blijft in alle scenario's tot 2020 en daarna vervalt in *Global Economy* en *Transatlantic Market*, met uitzondering van de belastingen.

Klimaatbeleid

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 11 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 warmte-kracht-koppeling (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 6.000 megawatt (MW_e) 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.

Besparingsbeleid

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

In de WLO wordt de Europese richtlijn Energieprestaties Gebouwen (EPBD) voor Nederland ingevuld via de instrumenten Energieprestatienormering (EPN) en Energieprestatieadvies (EPA). De EPN wordt per 1 januari 2006 aangescherpt tot 0,8 waarna geen verdere aanscherpingen worden verondersteld.

De Energie-investeringsaftrek (EIA) is een generiek subsidie-instrument voor bedrijven. Bij investeringen in energiebesparing en in hernieuwbare energieopwekking kan tot 44% van de investeringen extra fiscaal worden afgeschreven; de effectieve subsidie op deze investeringen komt daarmee op (maximaal) 13-14%. In de WLO is verondersteld dat de EIA van kracht blijft in *Strong Europe* en *Regional Communities*. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* blijft de EIA van kracht tot 2020, waarna zij vervalt.

Ontwikkeling olieprijs

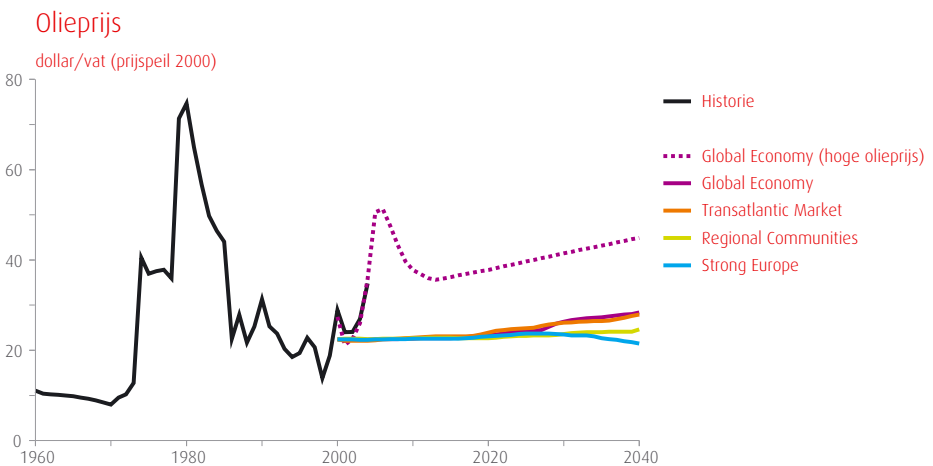
Een belangrijke aanname voor de energiescenario's is de ontwikkeling van de olieprijs. Die olieprijs wordt onder andere bepaald door de omvang van bewezen en mogelijke oliereserves, inclusief niet-conventionele bronnen zoals teerzanden. De olievoorraden zijn daarbij geen vast gegeven: de bewezen voorraden worden enerzijds kleiner door exploitatie, anderzijds wordt de bewezen olievoorraad aangevuld door exploratie van nieuwe olievoorkomens. 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 (figuur 6.7).

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 de planbureaus in de WLO met te lage olieprijsen? Om deze vraag te beantwoorden moet onderscheid worden gemaakt 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 aangeboord 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.

Hoge olieprijsvariant Global Economy

Om de belangrijkste invloeden van een hoge olieprijs in beeld te brengen, is voor deze studie ook een hoge-olieprijsvariant voor het *Global Economy*-scenario doorgerekend (figuur 6.7). 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. Voor deze hogeolieprijsvariant wordt ervan uitgegaan dat de partijen aan zowel de aanbod- als de vraagzijde reageren op



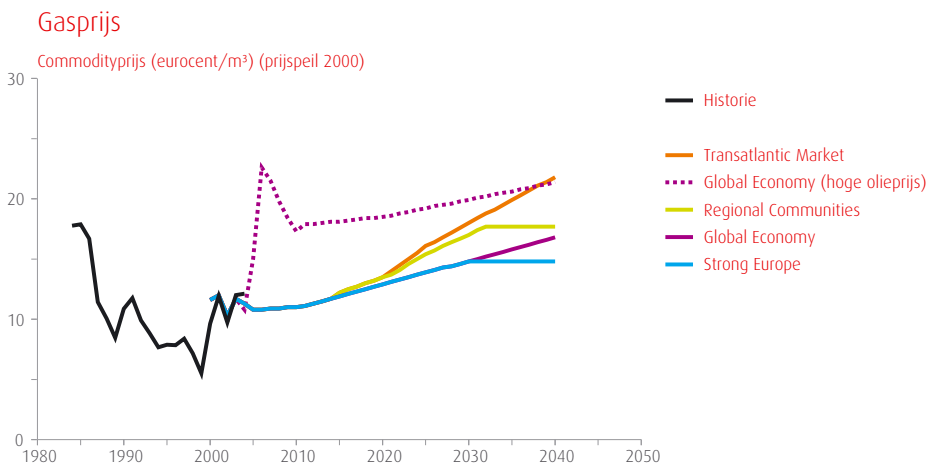
Figuur 6.7 Olieprijs in de WLO-scenario's.

de huidige hoge prijzen. 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. 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' is 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.

Gasrijzen

De *commodity*prijs op de Nederlandse gasmarkt wordt verondersteld zich als volgt te ontwikkelen. Voor 2000-2003 gelden de realisaties van de *commodity*prijs van Gasunie

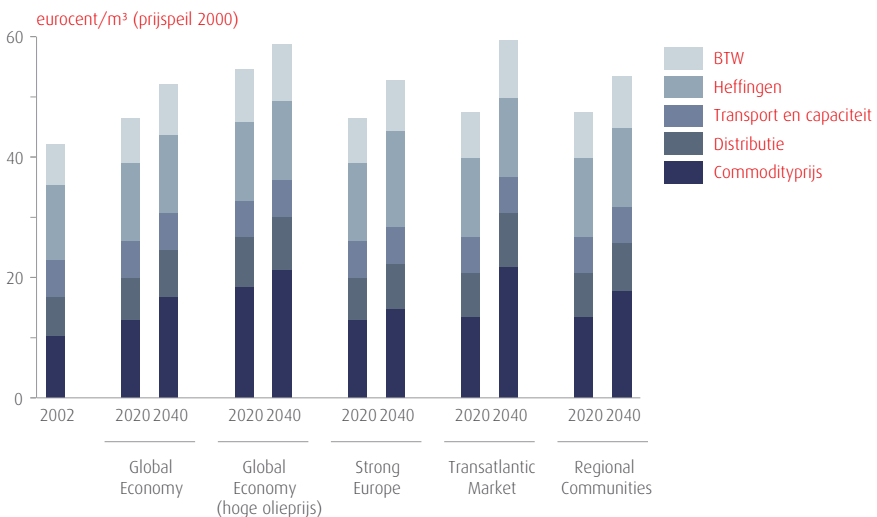


Figuur 6.8 De gasprijs in de scenario's.

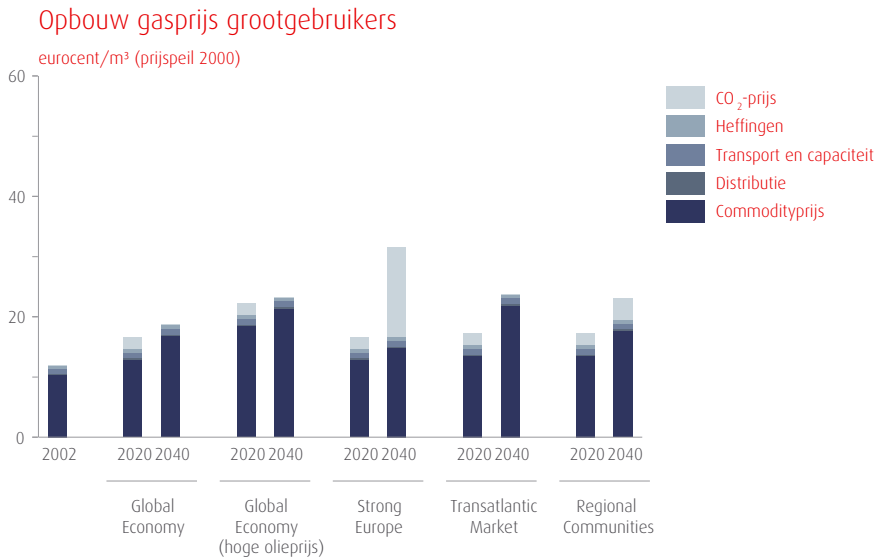
als maatgevend. Voor 2004-2010 is uitgegaan van een gewogen gemiddelde tussen de gasprijs van Gasunie (op basis van olieprijs; EIA-DOE scenario) en de iets lagere importprijs (op basis van IEA (IEA, 2002) scenario). Dit levert een vrijwel constante gasprijs op. Over 2011-2030 worden de importprijzen hoger dan de op olieprijs gebaseerde binnenlandse prijzen vanwege hogere buitenlandse productiekosten en lange-afstand transportkosten. Daardoor is de importprijs bepalend voor de commodityprijs op de Nederlandse gasmarkt. In *Transatlantic Market* en *Regional Communities* stijgt de gasprijs naar een hoger niveau door het ontbreken van goede handelsrelaties. In *Strong Europe* treedt stabilisatie van de commodityprijs op onder invloed van dalende gasvraag (klimaatbeleid). In *Global Economy* groeit de prijs uiteindelijk door de grote vraag en het fluctuerende aanbod (figuur 6.8).

De gasprijs gehanteerd in de hoge olieprijsvariant van het *Global Economy*-scenario is deels gebaseerd op bekende gasprijsformules opgesteld door Gasunie (voor de periode tot 2010), en deels op gemiddelde importprijzen van gas voor Europa (voornamelijk in de periode 2010-2040). De gasprijs in de hoge olieprijsvariant gaat uit van realisaties tot en met het eerste kwartaal van 2005. Duidelijk zichtbaar is een piek in aardgasprijs in 2006 als gevolg van de huidige olieprijspiek. Evenals de olieprijs in hoge olieprijsvariant zal ook de gasprijs zich rond 2010 normaliseren. De gasprijs zal zich dan rond de € 0,17 per m³ bevinden (prijspeil 2000). Vandaaruit zal de prijs in de periode 2010-2020 trendmatig toenemen met ongeveer 0,4% per jaar en in de periode 2020-2040 met 0,7% à 0,8% per jaar. De gasprijs in het hoge olieprijsscenario is gelijk aan de

Opbouw gasprijs huishoudens



Figuur 6.9. Ontwikkeling gasprijzen huishoudens.



Figuur 6.10 De gasprijen voor grootgebruikers.

gemiddelde importprijs geprojecteerd in het IEA-referentiescenario en ligt over de hele periode gezien 4-6 eurocent hoger dan het *Global Economy*-prijspad.

De gasprijs voor eindgebruikers wordt naast de commodityprijs bepaald door de kosten voor distributie, transport en capaciteit en door heffingen (energiebelasting en BTW). De tarieven voor transport zijn gebaseerd op de meest actuele systematiek van Gasunie Transport en Services. Figuur 6.9 geeft de gasprijen voor huishoudens in de verschillende scenario's. Figuur 6.10 toont de ontwikkeling van de gasprijs voor grootgebruikers.

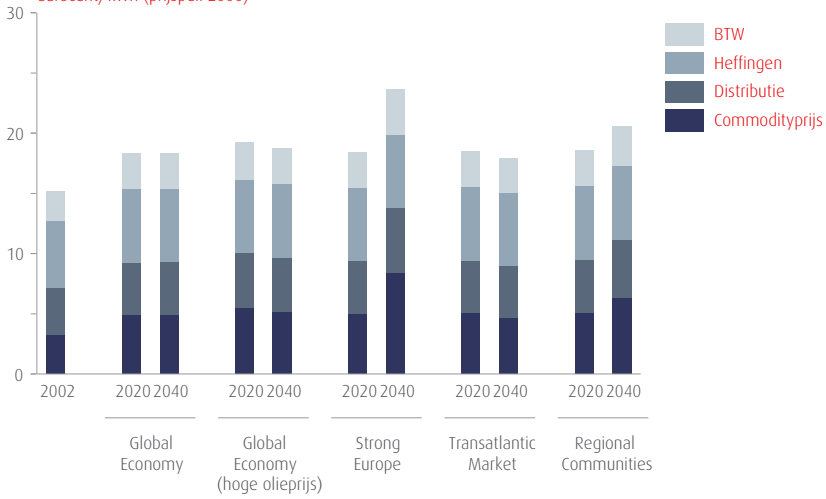
Elektriciteitsprijzen

De elektriciteitsprijzen zoals gehanteerd voor de diverse sectoren in Nederland zijn afgeleid via simulatie van de elektriciteitsmarkt met het POWERS-model. De prijzen voor een CO₂-emissierecht zijn exogeen verondersteld. In de periode tot 2020 is de werking van het CO₂-handelssysteem imperfect, de allocatie van rechten is grotendeels gratis en volgt nog sterk de wensen van lobbygroepen. Emissiehandel heeft effect op de elektriciteitsproductieprijzen. In theorie wordt de CO₂-prijs volledig doorberekend in de productiekosten en in de elektriciteitsprijs. Er zijn twee redenen waarom dit in het nu gestarte handelssysteem niet volledig zal plaatsvinden:

- Concurrentie met producenten van buiten het handelssysteem, met name van wereldwijd verhandelde goederen als aluminium, staal en basischemicaliën. In het

Opbouw elektriciteitsprijs huishoudens

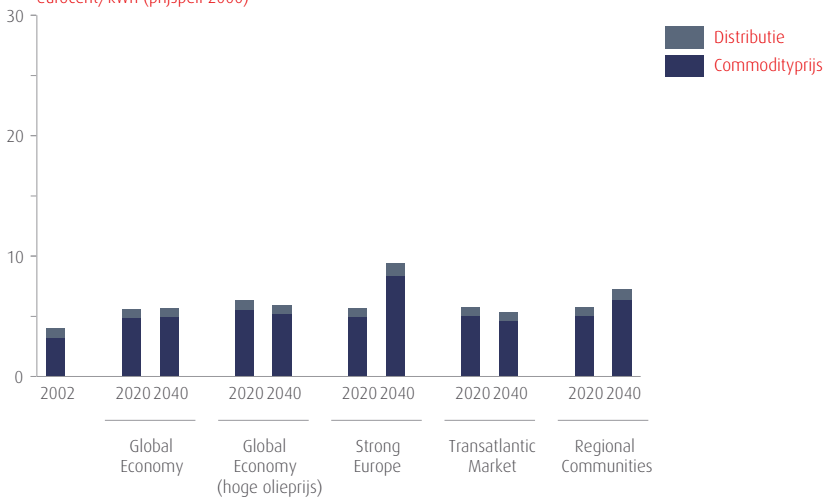
eurocent/kWh (prijsspeil 2000)



Figuur 6.11 De elektriciteitsprijzen voor huishoudens.

Opbouw elektriciteitsprijs grootgebruikers

eurocent/kWh (prijsspeil 2000)



Figuur 6.12 De elektriciteitsprijzen voor grootgebruikers.

Strong Europe-scenario is weliswaar op termijn wereldwijd een CO₂-emissieprijs verondersteld, echter in de aanloopperiode tot en met 2012 is dit nog niet aan de orde. Voorts blijft er concurrentie van bijvoorbeeld aluminium geproduceerd met waterkracht, en bijvoorbeeld van kleinschalige glastuinbouw.

- Concurrentie met producenten binnen het handelssysteem. Mogelijk wordt nieuwe capaciteit in de toekomst ook grotendeels gratis voorzien van emissierechten. Daardoor remt de capaciteits- en productiegroei niet af en blijft de productprijs te laag. Omvangrijke gratis allocatie van emissierechten handhaaft de mogelijkheden om te blijven concurreren op marktaandelen in plaats van rendement.

Verondersteld wordt een doorwerking in de elektriciteitsprijs van 60% tot en met 2012 en van 80% van 2013 tot 2020. Na 2020 vervalt het handelssysteem in *Transatlantic Market* en *Global Economy*. In *Regional Communities* blijft het een Europees CO₂-handelssysteem bestaan met een relatief bescheiden prijs van 20 euro/ton CO₂. Alleen in *Strong Europe* ontwikkelt zich uiteindelijk een wereldwijd handelssysteem voor CO₂ met prijzen die na 2020 stijgen tot 84 euro/ton CO₂.

De elektriciteitsprijs voor eindgebruikers wordt naast de commodityprijs bepaald door de kosten voor distributie en heffingen (energiebelasting en BTW). Figuur 6.11 en figuur 6.12 geven de elektriciteitsprijzen voor huishoudens en voor grootgebruikers in de verschillende scenario's.

Berekening energievraag

Berekeningen en gebruikte modellen

De drijvende krachten achter ontwikkelingen in energievraag en -aanbod zijn economische groei, geopolitieke factoren en energie- en klimaatbeleid. Economische groei zorgt voor investeringen in nieuwe installaties, wat bijdraagt aan energie-efficiëntieverbetering. Daarnaast zijn structuurveranderingen in de economie bepalend voor de energievraag zoals de snelle groei van de dienstensector. Verbeteringen in energietechnologie is ook een belangrijke factor voor de energievraag. In de WLO-scenario's zijn geen technologische doorbraken verondersteld. De inzet van waterstof en brandstofcellen blijft buiten beschouwing. De kosten van hernieuwbare energietechnologie dalen in de scenario's en hernieuwbaar wordt meer concurrerend. Energie- en klimaatbeleid vormen een stimulans voor de toepassing van energiebesparende maatregelen, hernieuwbare energie en opties voor CO₂-reductie.

Kernenergie speelt in de meeste scenario's een beperkte rol. In *Strong Europe* en *Regional Communities* staan de veronderstelde risico's de bouw van nieuwe kerncentrales in de weg. In *Global Economy* zorgen de goede internationale betrekkingen

ervoor dat er voldoende alternatieven zijn voor schaarsere conventionele olie. In *Global Economy* is er geen noodzaak voor een grotere rol van kernenergie. Alleen in *Transatlantic Market* is de geopolitieke situatie, de problematische aanvoer van olie en gas, een reden voor een toenemende rol van kernenergie.

ECN heeft in opdracht van de planbureaus de WLO-scenario's doorgerekend met het NEV-rekensysteem. Het NEV-rekensysteem is een set van modellen voor verschillende sectoren in de energievraag en het energieaanbod.

- De doorrekening start met een vertaling van de economische groeicijfers van geaggregeerde bedrijfstakken uit het ATHENA-model van het CPB naar tijdpaden voor de economische ontwikkeling van door ECN te onderscheiden subsectoren van de economie. Het bepalen van de prijspaden voor olie en gas is van belang om de gas- en elektriciteitsstarieven voor verschillende eindgebruikers vast te stellen. Voor de elektriciteitsstarieven wordt een eerste inschatting gemaakt van de elektriciteitsproductie met het POWERS-model (zie hierna).
- Samen met het veronderstelde energie- en klimaatbeleid vormen de economische en fysieke groei en de prijspaden de input voor verschillende modellen die de ontwikkeling van de energievraag van specifieke sectoren simuleren. SAVE-productie doet dat voor industrie en landbouw, SERUM voor de raffinaderijen en SAVE-Utiliteit voor de dienstensector. Het gasgebruik en elektriciteitsgebruik van huishoudens zijn met separate modellen doorgerekend. De energievraag van de sector verkeer is aangeleverd vanuit de WLO-werkgroep Mobiliteit.
- Invulling van de elektriciteitsvraag gebeurt in het POWERS-model waarin investeringen in nieuwe elektriciteitscentrales en de inzet van het centrale elektriciteitsproductievermogen wordt gesimuleerd. De inzet van decentrale WKK wordt bepaald in SAVE-productie. Het opgesteld vermogen en draaiuren van hernieuwbare elektriciteitsproductie zijn dan al bepaald en als input aan POWERS aangeleverd.
- Hernieuwbare warmte wordt in de vraagmodellen van verschillende sectoren meegenomen of apart beschouwd.
- Invulling van de gasvraag gebeurt door een inschatting te maken van binnenlandse gaswinning, import en export van gas.
- In het SELPE-model wordt alle output van de verschillende modellen verzameld en de energiebalans gecheckt. De output van SELPE wordt vervolgens weer gebruikt om de ontwikkelingen in energievraag en -aanbod in de verschillende scenario's te relateren aan de historische ontwikkeling in MONIT. Uit MONIT komen de gegevens voor de figuren die in dit hoofdstuk worden getoond. In MONIT worden de referentierendementen berekend om het aandeel hernieuwbare energie te bepalen. Met behulp van emissiefactoren wordt in MONIT de CO₂-emissie bepaald. Een separaat model wordt gebruikt voor decompositie van de ontwikkeling van het energiegebruik in volume, structuur en besparingseffecten.

Input: sectorale groei

Het model ATHENA levert tijdpaden voor de economische ontwikkeling van geaggregeerde bedrijfstakken. In aanvulling daarop is het nodig uitgangspunten te formuleren voor specifieke ontwikkelingen van energie-intensieve takken. Die worden in deze paragraaf behandeld (tabel 6.2).

De ontwikkeling in de glastuinbouw is gebaseerd op de areaalcijfers uit het hoofdstuk landbouw van WLO. Voor wat betreft de intensivering van de teelten gelden de inzichten uit de recente streefwaardendiscussie voor de korte termijn. De landbouw heeft een relatief lage groei in alle scenario's. De glastuinbouw ontwikkelt zich evenwel sterk en innovatief in *Global Economy* en wordt energie-intensiever. Er komen veel nieuwe producten, een groot aantal gewassen wordt kunstmatig belicht en verder geconditioneerd. In *Transatlantic Market* is deze ontwikkeling vergelijkbaar maar minder sterk. Door hogere gasprijzen wordt meer energie bespaard. In *Strong Europe* blijft het areaal stabiel en treedt nog beperkte groei op van belichte teelten. Er is veel procesinnovatie gericht op besparing, bijvoorbeeld gesloten kassystemen. In *Regional Communities* loopt de glastuinbouw terug en beperkt zich grotendeels tot milieubewuste extensieve teelten.

Ook voor de ontwikkeling van de energie-intensieve industrie zijn de groeicijfers uit ATHENA, het uitgangspunt waarbij voor specifieke subsectoren wordt uitgegaan van recente inzichten verkregen in het kader van de streefwaardenstudie (Boonekamp et al., 2004b).

De productiecapaciteit van de basischemie en basismetaal wordt relatief weinig beïnvloed door de verschillende scenario-omgevingen. Deze industrie is relatief efficiënt en heeft een gunstige ligging, en behoudt haar comparatieve voordelen in *Global Economy*, *Strong Europe* en *Transatlantic Market*. De chemie maakt in *Strong Europe* een begin met nieuwe procesroutes, zoals omschakeling op biomassa als grondstof. Alleen in *Regional Communities* zijn de omstandigheden wat minder gunstig voor de energie-intensieve industrie en verliest met name de basismetaal concurrentiekracht op de wereldmarkt. Relatief streng milieubeleid in West-Europa leidt hier uiteindelijk echter toch niet tot substantiële inkrimping van de Nederlandse capaciteit.

Ook de raffinagesector in Nederland heeft een relatief sterke positie door de goede ligging en infrastructuur in zuidwest Nederland. In *Global Economy* is ruimte voor een capaciteitsgroei tussen 2020 en 2025 met 25%. In *Strong Europe* wordt na 2020 een wereldwijde afname van fossiele brandstoffen voor transport verondersteld tengevolge van het klimaatbeleid en de inzet van biobrandstoffen. Dit heeft ook zijn weerslag op de Nederlandse raffinagecapaciteit die met 1/3 vermindert. In *Regional Communities* en *Transatlantic Market* vinden geen grote veranderingen in de raffinagecapaciteit

Tabel 6.2 Fysieke grootheden in 2040.

	Global Economy	Strong Europe	Transatlantic Market	Regional Communities
Groei BBP 2002-2040 (% per jaar)	2,6	1,6	1,9	0,7
Inwoners 2040 (mln)	19,7	18,9	17,1	15,8
Glastuinbouw areaal (x1.000 ha)	16,8	8,8	11,1	5,7
waarvan belicht	10,7	3,4	5,7	1,2
Basischemie groei (%/jaar)	2,5	2,2	2,5	1,2
Basimetaal groei (%/jaar)	1,4	1,8	1,3	0,9
Olieraffinage doorzet (mln ton)	92,8	43,8	70,4	55,7
Handel diensten en overheid (fte in mln arbeidsjaren)	6,3	5,5	5,3	4,4
Huishoudens (aantal mln)	10,0	8,6	8,5	6,9

plaats. In *Regional Communities* vermindert de raffinagedoorzet, mede door de stagnerende economische ontwikkeling. Het hoge olieprijsscenario voor raffinaderijen verschilt van het *Global Economy*-scenario door een hogere besparing en een lagere toename van de capaciteitsgroei.

De overige verwerkende industrie wordt sterker beïnvloed door de economische ontwikkeling. Veel bedrijven in de metaal- en elektrotechnische industrie groeien buiten Nederland. Deze sectoren hebben een terugvallende groei in alle scenario's. Een relatieve uitzondering is de voedingsmiddelenindustrie die zich in Nederland voldoende sterk kan blijven ontwikkelen, door een sterke verwevenheid met zowel de landbouw als de chemische industrie.

Voor de dienstensectoren en overheid wordt uitgegaan van de ATHENA-groEICijfers, en de daaruit door ECN afgeleide werkgelegenheid in deelsectoren. Tevens is op basis van de demografische cijfers (De Jong en Hilderink, 2004) voor de non-profit-sectoren in zorg en onderwijs de fysieke productie bepaald. De werkgelegenheid en de fysieke productie bepalen de gebouwomvang en de daarop gebaseerde energievraag.

Uitgangspunt voor huishoudens is de demografische ontwikkeling in de scenario's, nieuwbouw en sloop tempo zijn gebaseerd op de cijfers van de werkgroep Wonen van de WLO. Voor de woninggrootte en het apparatenbezit en -gebruik speelt de particuliere consumptie op basis van ATHENA een belangrijke rol.

Energievraag per sector

Industrie

Tot 2020 is tussen het *Strong Europe*, *Global Economy* en *Transatlantic Market*-scenario relatief weinig verschil te zien wat betreft de ontwikkeling van de warmte- en elektriciteitsvraag in de industrie (warmtevraag in 2002 440 PJ_{th} in 2020 rond 540 PJ_{th} en elektriciteitsvraag in 2002 145 PJ_e en in 2020 rond de 165 PJ_e). Pas na 2020 worden de verschillen groter door de verschillen in energie- en klimaatbeleid en groeit de elektriciteitsvraag in de industrie in *Global Economy* en *Transatlantic Market* duidelijk harder dan in *Strong Europe*. Na 2020 stijgt de vraag naar warmte in *Global Economy* en *Transatlantic Market* (naar 580 à 680 PJ_{th}), terwijl de vraag naar warmte in *Strong Europe* daalt naar net boven het niveau van 2002. In *Regional Communities* groeit de vraag naar elektriciteit in de industrie tussen 2002 en 2040 nauwelijks en daalt de vraag naar warmte licht (in 2040 is de warmtevraag 388 PJ_{th} en de elektriciteitsvraag 182 PJ_e). De economische groeicijfers voor de industrie verschillen niet erg in *Strong Europe*, *Global Economy* en *Transatlantic Market*: respectievelijk 1.3%, 1.7%, 1.4% tot 2020 (in 1990-2002 gemiddeld 1,8%). In alle scenario's is een relatief hoge groei verondersteld bij de (basis)chemie; alleen in *Regional Communities* presteert de chemie duidelijk slechter. Economisch gezien is de basischemie niet zo belangrijk, maar energetisch wel. Verder is de basismetaleel in alle scenario's vrijwel hetzelfde. Dit heeft te maken met het feit dat het energiegebruik van deze sector gedomineerd wordt door slechts een paar bedrijven (binnen de ferro zelfs slechts één bedrijf). In geen van de vier scenario's wordt uitgegaan van nieuwe locaties of bedrijfsssluitingen, en dat betekent dat er verder maar heel weinig ruimte is voor krimp of forse groei. De basischemie en de basismetaleel bepalen de helft van de elektriciteitsvraag. De verschillen tussen de scenario's moeten dus voornamelijk uit de overige sectoren van de industrie komen, maar deze sectoren zijn veel minder energie-intensief.

Raffinaderijen

De ontwikkelingen bij raffinaderijen worden bepaald door de vraag naar aardolieproducten. Deze is niet afhankelijk van de binnenlandse vraag, maar van de vraag in de EU zoals deze voor de WLO's-scenario's zijn geschetst (Bollen et al., 2004) Milieu- en kwaliteitseisen zijn bepalend voor de bewerking van ruwe olie tot olieproducten in raffinaderijen en daarmee voor het eigen energetisch gebruik van raffinaderijen.

Landbouw

De elektriciteitsvraag in de land- en tuinbouw volgt de ontwikkeling van het areaal belichte teelt en stijgt in *Global Economy* het meest, van circa 20 PJ_e in 2002 naar circa 40 PJ_e in 2040. In *Transatlantic Market* stijgt de elektriciteitsvraag minder. In het *Strong Europe*-scenario blijft de elektriciteitsvraag min of meer constant. In *Regional Communities* daalt de elektriciteitsvraag. De warmtevraag van de land- en tuinbouw neemt in alle scenario's af, door de hoge gasprijzen zijn besparingen aantrekkelijk.

De daling van de warmtevraag is het grootst in *Strong Europe* en het laagst in *Global Economy* door de groei van de sector. Het gasgebruik is in het *Transatlantic Market* en *Global Economy*-scenario stabiel (door inzet van WKK) en daalt in *Strong Europe* fors van 130 PJ in 2002 naar 40 PJ in 2040 door gesloten kassystemen en in *Regional Communities* door krimp van de sector.

Diensten

In de dienstensector is het elektriciteitsgebruik voor een groot deel afhankelijk van het aantal werknemers. Het aantal werknemers in de dienstensector groeit nauwelijks, in de periode 2002-2005 door economische stagnatie en na 2020 door krapte op de arbeidsmarkt. In *Global Economy* groeit het aantal arbeidsjaren in de dienstensector nog van 4,7 naar 6,3 miljoen, *Strong Europe* en in *Transatlantic Market* slechts naar 5,5 en 5,3 miljoen. In *Regional Communities* daalt het aantal arbeidsjaren naar 4,4 miljoen. Het elektriciteitsgebruik in de dienstensector groeit van 100 PJ_e in 2002 naar ruim 200 PJ_e in *Global Economy*, 150 PJ_e in *Regional Communities* en 175 PJ_e in *Strong Europe* en *Transatlantic Market* in 2040.

Het aardgasgebruik van de dienstensector daalt in *Strong Europe* door sloop en nieuwbouw en verbetering van het ketelrendement van 183 PJ in 2002 naar 114 PJ gas in 2040. In *Regional Communities* daalt het aardgasgebruik nog meer (90 PJ in 2040) door krimp van de sector. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* daalt het aardgasgebruik in 2040 minder naar 120 en 145 PJ gas in 2040 door een grotere groei van de sector (*Global Economy*) en doordat na 2020 de EPN-norm verdwijnt.

Huishoudens

Het aardgasgebruik bij huishoudens daalt in alle scenario's tot 2020, van 340 PJ in 2002 naar 280 PJ (in *Regional Communities*) tot 305 PJ (in *Global Economy*). Daling van de gemiddelde warmtevraag per woning (door nieuwbouw en sloop en door na-isolatie van bestaande woningen) en verbetering van het ketelrendement compenseren de stijging van het aantal woningen. Na 2020 stijgt het gasgebruik weer licht in *Global Economy* en *Transatlantic Market* (in *Global Economy* 320 PJ in 2040) doordat nieuwbouwwoningen niet langer aan de EPN hoeven te voldoen. In *Strong Europe* en *Regional Communities* daalt het gasgebruik verder naar 230 à 240 PJ in 2040.

In alle scenario's groeit de vraag naar elektriciteit bij huishoudens, van 82 PJ_e in 2002 naar 183 PJ_e in 2040 in *Global Economy* (in *Strong Europe* 130 PJ_e en in *Transatlantic Market* 145 PJ_e). In het *Regional Communities* scenario stijgt de elektriciteitsvraag naar circa 95 PJ_e in 2020 en blijft daarna ongeveer constant. De groei van de elektriciteitsvraag van huishoudens is toe te schrijven aan twee effecten: de groei van het aantal huishoudens en een groei van het elektriciteitsgebruik per huishouden (Hilderink et al., 2004). De elektriciteitsvraag per huishouden groeit in de scenario's van 3.300 kWh in

2000 naar 5.300 kWh in 2040 in *Global Economy* (3.700 kWh in *Regional Communities*, 4.300 kWh in *Strong Europe* en 5.000 kWh in *Transatlantic Market*).

In de periode 2000-2010 is de groei van het elektriciteitsgebruik per huishouden in *Global Economy* hoger dan historisch en in *Strong Europe* lager. De groei vlakkt in de verschillende scenario's af door verzadigingsverschijnselen.

In de periode 1990-2000 is het gemiddelde gebruik per huishouden relatief sterk toegenomen door de introductie van een aantal apparaten met een hoog specifiek gebruik zoals de wasdroger en de vaatwasser. Naast het energiegebruik voor reiniging is sinds 1990 het gebruik voor de meeste toepassingen licht gestegen door een toename van de capaciteit (inhoud van koel- en vrieskasten) of performance (breedbeeld TV, 100 Hz TV) alsook de gebruiksduur voor een aantal apparaten (meer TV kijken, meervoudig apparaatbezit). De apparaten die de laatste 10 jaar hebben gezorgd voor een flinke gebruikstoename zullen echter niet de belangrijkste gebruiksoptrijvers zijn op de lange termijn, dit omdat verzadigingseffecten (zowel met betrekking tot het bezit als ook op het gebied van gebruiksduur) tot 2010 maar zeker daarna een belangrijke rol zullen spelen.

De groei van de elektriciteitsvraag bij huishoudens is afhankelijk van een aantal scenariokenmerken zoals besteedbaar inkomen, technologische ontwikkeling, (gevoelde) noodzaak voor tijdsbesparende mechanisatie (aantal banen per huishouden) en de voorliefde voor het bezitten van *gadgets*. Relatieve robuuste trends zijn woningbeveiliging (met koppeling naar andere toepassing zoals verwarming en verlichting, aanwezigheidsdetectie), het *upgraden* van keuken (toename aandeel elektrisch koken) en badkamer (stoomcabine's, pulserende wanddouches en jacuzi, elektrische vloerverwarming). Met name in een omgeving waar energiegebruik slechts een bijrol speelt kan het doorzetten van het gebruik voor woningbeveiliging voor een forse gebruikstoename zorgen (veel sensoren met nadruk op performance en kosten, hoog stand-by gebruik). Een aantal andere toepassingen die mogelijk een sterk energieopdrijvend effect kunnen hebben zijn de sauna en het solarium. Hierbij is het echter allesbehalve zeker of deze toepassingen ook daadwerkelijk een aanzienlijk marktaandeel zullen bereiken.

Verkeer en vervoer

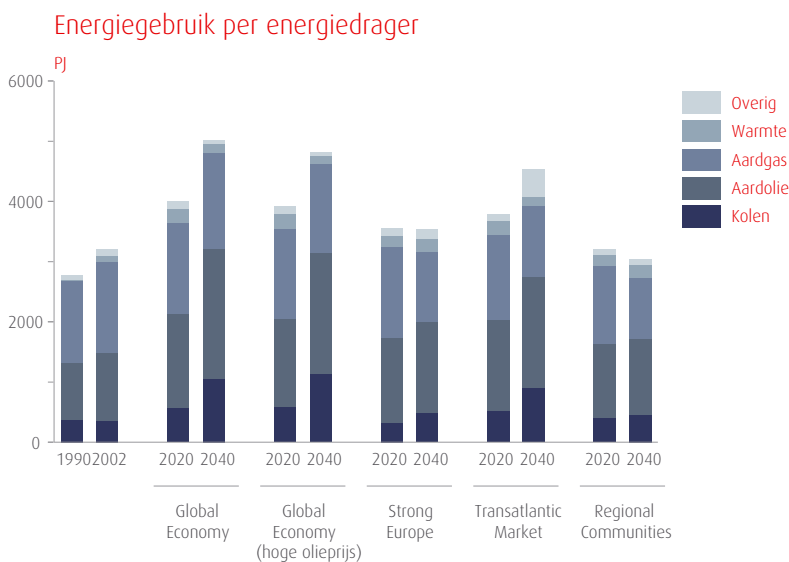
De energievraag van de sector verkeer en vervoer wordt bepaald door de ontwikkeling van het aantal voertuigkilometers van personenauto's en de tonkilometers in het goederenvervoer. In *Global Economy*, *Strong Europe* en *Transatlantic Market* stijgen de personenvoertuigkm's. (van 98 mld in 2000 naar 144 in *Transatlantic Market*, 151 in *Strong Europe* en 161 in *Global Economy* in 2040) en de goederentonnkm's (van 95 mld in 2000 naar 141 in *Strong Europe*, 161 in *Transatlantic Market* en 215 in *Global Economy*). In *Regional Communities* stijgt de mobiliteitsvraag niet of nauwelijks (109 mld personenvoertuigkm's en 94 mld goederentonnkm's in 2040). Het gebruik van fossiele brandstoffen stijgt in de transportsector (exclusief mobiele werktuigen en

defensie) in *Global Economy*, *Strong Europe* en *Transatlantic Market* van 463 PJ in 2002 naar 518 PJ in *Strong Europe*, 611 PJ in *Transatlantic Market* en 778 PJ in *Global Economy* in 2040. Het gebruik van biobrandstoffen is in 2040 in *Regional Communities* rond de 8 PJ, in *Global Economy* en *Transatlantic Market* circa 15 PJ en in *Strong Europe* 30 PJ.

Het energiegebruik in *Global Economy* stijgt harder dan op grond van het aantal personenvoertuigkm's verwacht mag worden, verondersteld is dat het wagenpark uit steeds zwaardere auto's bestaat (meer SUV's) en het energiegebruik per kilometer blijft stijgen in de periode 2010-2040.

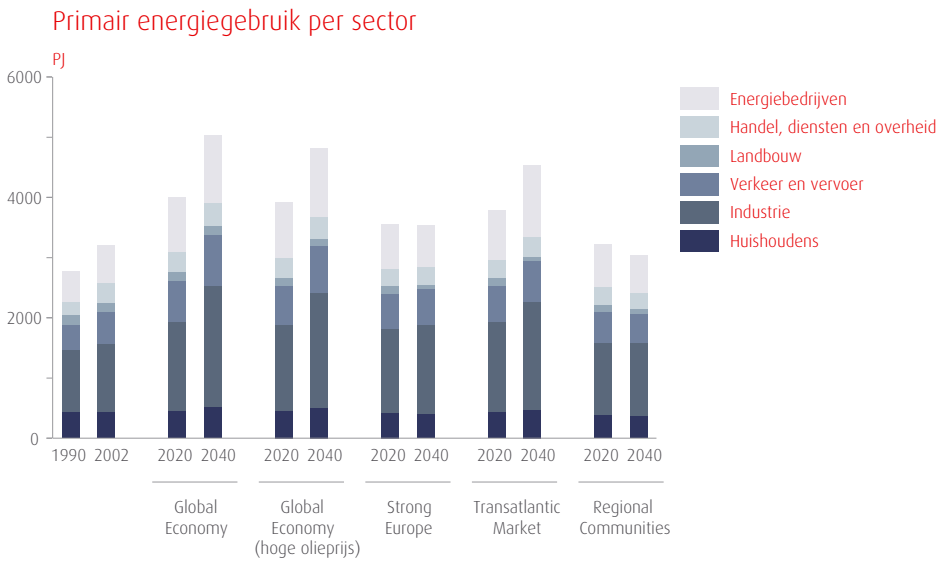
Ontwikkeling totaal energiegebruik

De ontwikkeling van het totale binnenlandse energiegebruik verdeeld naar verschillende energiedragers is afgebeeld in figuur 6.13. De ontwikkeling van het totale binnenlandse energiegebruik, maar dan verdeeld naar sectoren, is afgebeeld in figuur 6.14. Het energiegebruik stijgt fors in *Global Economy* en *Transatlantic Market*. In



Figuur 6.13 Het brandstofgebruik naar energiedrager¹.

¹ Warmte is 'winning van warmte' dat betreft voornamelijk hernieuwbare warmteproductie uit biomassa, vuilverbranding, houtkachels in elektriciteitsproductiesector of bij huishoudens. Overig omvat kernenergie, maar ook fermentatiegas (is vergisting van biomassa, zoals gas uit mestvergisting, stortgas en afval of rioolwaterzuivering, plus winning van elektriciteit (hernieuwbare elektriciteitsproductie) plus het importsaldo elektriciteit (import minus export).



Figuur 6.14 Primaire energiegebruik per sector.

Regional Communities stabiliseert het energiegebruik ten opzichte van het niveau van 2002. In *Strong Europe* stijgt het energiegebruik licht.

Opvallend is dat het energiegebruik in *Strong Europe* met een sterk klimaatbeleid hoger is dan in *Regional Communities*, en niet afneemt ten opzichte van het huidige peil. Enerzijds komt dat omdat in de huishoudens en dienstensectoren al een relatief hoge energiebelasting bestaat die niet substantieel meer stijgt. Daarnaast is in *Strong Europe* voor de energie-intensieve industrie een hoge CO₂-prijs geen schrikbeeld meer omdat de concurrenten er wereldwijd mee te maken hebben. Daardoor blijft de positie van de Nederlandse chemie en basismetaal in *Strong Europe* sterk. De hogere prijzen

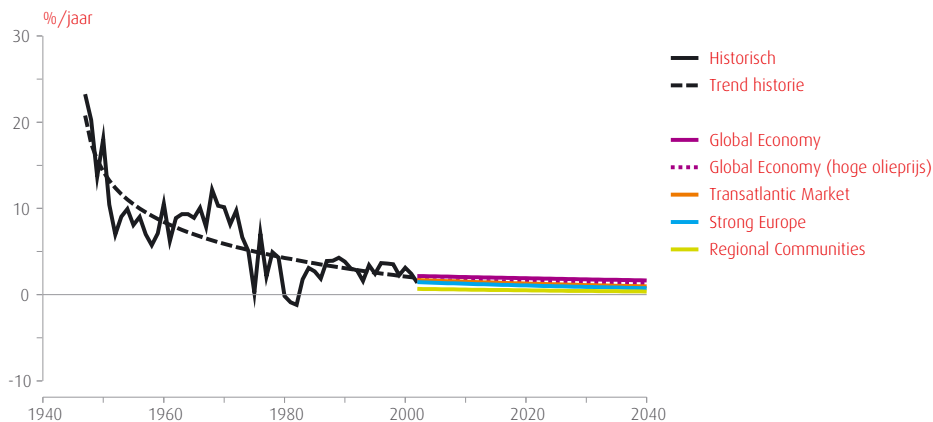
Tabel 6.3 Finaal energiegebruik.

Finaal energiegebruik (PJ)

	2002		2020					2040				
			GE	GE	SE	TM	RC	GE	GE	SE	TM	RC
			hoge olieprijs					hoge olieprijs				
Elektrisch	390	565	563	496	517	443	768	766	582	627	483	
Thermisch	1.701	1.933	1.835	1.721	1.792	1.556	2.294	2.114	1.540	1.856	1.377	
Grondstof	470	673	668	650	701	549	939	897	726	898	594	

GE: Global Economy, SE: Strong Europe, TM: Transatlantic Market, RC: Regional Communities

Groei elektriciteitsgebruik



Figuur 6.15 De groei van het elektriciteitsgebruik, historisch en in de scenario's.

van de basisproducten uit deze sectoren hebben slechts een beperkt effect op de afzet. In *Regional Communities* heeft de lagere CO₂-prijs een groter effect op de industrie, omdat deze alleen in West-Europa geldt. Bovendien leidt een lagere economische en demografische groei in *Regional Communities* tot een lager energiegebruik in de gebouwde omgeving en de transportsector.

In alle scenario's stijgt de inzet van kolen, terwijl de inzet van aardgas daalt. Het gebruik van olie neemt ook in alle scenario's toe. Het overige gebruik in *Transatlantic Market* betreft de inzet van kernenergie. Deze opwekkingsvorm wordt in *Transatlantic Market* niet zozeer ingezet uit kosten oogpunt, maar vanwege voorzieningszekerheid. Daartegenover staat een lagere inzet en daardoor minder afhankelijkheid van aardgas.

Tabel 6.3 geeft de ontwikkeling van het finaal energiegebruik in de scenario's weer.

De finale vraag naar elektriciteit blijft toenemen in alle scenario's, het sterkst in *Global Economy* (figuur 6.15). Elektriciteit is gekoppeld aan veel activiteiten in productie- en consumptieprocessen en heeft een lage prijselasticiteit. Hoewel er substantieel bespaard wordt op elektriciteit ontstaan ook steeds nieuwe toepassingen voor elektriciteit die de consumptie verhogen.

Er is geen simpele relatie tussen elektriciteitsvraag en economische groei verondersteld op basis van realisaties in het verleden. Voor huishoudens en diensten is de relatie gebaseerd op expliciet apparatenbezit en -gebruik, en verzadiging daarvan. Voor de industrie is een aantal elektriciteitsintensieve technieken ook expliciet gemodelleerd.

Voor de overige elektriciteitsvraag en nieuwe toepassingen is uitgegaan van sector-specifieke trends uit het verleden.

Opvallend is ook de lagere groei van het elektriciteitsgebruik ten opzichte van de periode 1990-2002. Dit is gebaseerd op een bescheidener ontwikkeling van nieuwe toepassingen van elektriciteit dan in het verleden. De belangrijkste groei ten gevolge van invoering van huishoudelijke wasmachines en koelapparatuur, televisie en de computer is achter de rug. Koeling van gebouwen lijkt ook geen sterkere groei door te gaan maken dan nu het geval is. Er zijn verder veel nieuwe industriële toepassingen, maar geen omvangrijke qua elektriciteitsgebruik.

De finale vraag naar warmte blijft in *Global Economy* en *Transatlantic Market* toenemen, maar neemt in *Strong Europe* en *Regional Communities* af. Dat hangt samen met de ontwikkeling in de fysieke productie van industrie en landbouw en de besparingen op warmte en afname van de warmtevraag in de gebouwde omgeving door sloop en nieuwbouw en besparingen in de bestaande bouw.

De finale vraag naar grondstoffen hangt samen met de fysieke productie van de chemische industrie, de basismetale, overige metaal en de bouw.

Ontwikkelingen energiehuishouding tot 2040

Elektriciteitsopwekking

De elektriciteitsproductiesector bestaat uit centrale productie-eenheden, grootschalige stadsverwarming en industriële bedrijven met WKK-installaties, en het overige decentrale vermogen. Onder het overig decentraal vermogen vallen de kleinere WKK-installaties, AVI's en het kleinschalig hernieuwbaar opwekkingsvermogen (wind, waterkracht, etc.). Het decentraal vermogen is in Nederland relatief omvangrijk, met name door WKK.

Door de groeiende elektriciteitsvraag zal in alle scenario's behoefte zijn aan nieuwe productiecapaciteit. In tabel 6.4 is de ontwikkeling van de elektriciteitsvoorziening in de verschillende scenario's weergegeven. Centrale productie-eenheden worden in het POWERS-model bijgebouwd op basis van *imperfect foresight* en integrale kosten. De inzet van het vermogen gebeurt vervolgens op basis van marginale kosten. Investerings- en inzet van WKK wordt in een afzonderlijk model bepaald, op dezelfde wijze als in het POWERS-model.

Investerings- en inzet van WKK vinden in alle vier scenario's plaats omdat knelpunten in piekperiodes leiden tot aantrekkelijke verkoopmarges. De keuzes voor

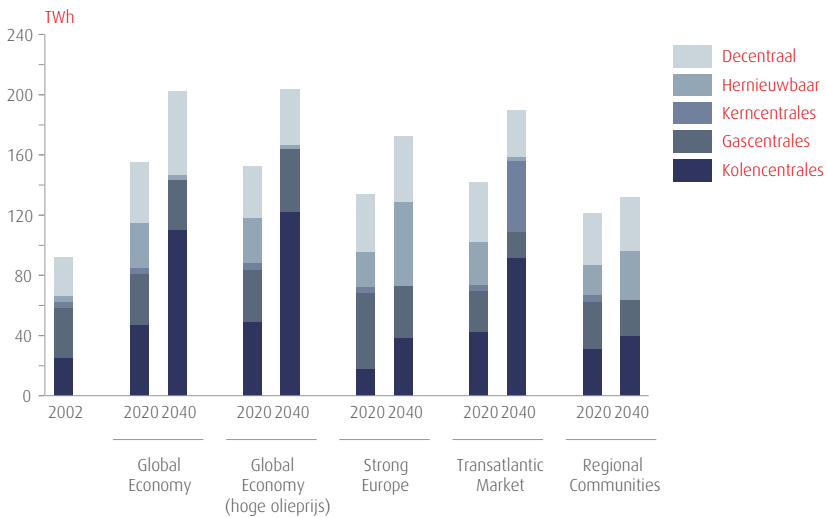
Tabel 6.4 Elektriciteitsaanbod.

Elektriciteitsaanbod (TWh)

	2002	2020					2040					
		GE	GE	SE	TM	RC	GE	GE	SE	TM	RC	
			<i>hoge olieprijs</i>					<i>hoge olieprijs</i>				
Productie												
• Kolencentrales	25	47	49	18	42	31	110	122	39	92	40	
• Gascentrales	34	34	35	50	28	31	33	42	34	17	24	
• Kerncentrales	4	4	4	4	4	4	0	0	0	47	0	
• Duurzaam	4	30	30	23	29	20	3	3	56	3	33	
• Decentraal (WKK)	26	40	34	38	39	34	56	37	44	31	36	
Invoer	21	16	24	18	14	15	28	31	13	13	18	
Uitvoer	4	15	21	14	13	13	17	22	24	28	16	
<u>Finale vraag</u>	108	157	156	138	144	123	213	213	162	174	134	

GE: Global Economy, SE: Strong Europe, TM: Transatlantic Market, RC: Regional Communities

Binnenlandse elektriciteitsproductie



Figuur 6.16 Het elektriciteitsaanbod.

Tabel 6.5 Elektriciteitsproductie op basis van warmtekrachtkoppeling.

Elektriciteitsaanbod uit WKK (TWh)

	2000	2020					2040				
		GE	GE	SE	TM	RC	GE	GE	SE	TM	RC
		<i>hoge olieprijs</i>					<i>hoge olieprijs</i>				
Centraal	9	16	16	13	14	12	11	14	10	7	9
Joint-ventures	13	26	24	26	28	23	43	29	33	24	25
Industrie	7	4	2	5	4	2	3	2	5	2	4
Raffinaderijen	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Land- en tuinbouw	3	5	4	3	3	3	6	4	2	1	2
Overig	2	3	2	3	3	3	1	1	2	1	2
TOTAAL	37	55	49	50	52	45	65	49	52	36	43

GE: Global Economy, SE: Strong Europe, TM: Transatlantic Market, RC: Regional Communities

een bepaalde opwekkingsmethode is scenario afhankelijk ingevuld. De mogelijkheid voor CO₂-afvang en -opslag wordt verondersteld in *Strong Europe* na 2020, uitgangspunt voor de elektriciteitssector is een voorzichtige raming op basis van een recente studie voor de AER (Menkveld et al., 2004).

Met name bij de belangrijkste opwekkingsvormen treden de grootste verschillen tussen de scenario's op, hetgeen ook in de CO₂-emissie tot uitdrukking zal komen. Figuur 6.16 laat de verschillen tussen de scenario's zien. Hoewel nieuwe technologie beschikbaar is en kansen krijgt wordt de keuze toch vooral bepaald door de kosten. In *Global Economy* betekent dit dat poederkoolcentrales in belangrijke mate voorzien in de nieuwe capaciteit. In *Transatlantic Market* wordt uit hoofde van voorzieningszekerheid ook kernvermogen geplaatst. In *Strong Europe* wordt de capaciteit aanvankelijk ingevuld door gasgestookte STEG's. Daarna worden in 2025 ook STEG's met kolenvergassing aantrekkelijk waarbij CO₂-afvang en -opslag wordt toegepast. In *Regional Communities* is kolenvergassing zonder CO₂-afvang aantrekkelijk, mede vanuit de behoefte aan voorzieningszekerheid en het is relatief schoon. In figuur 6.16 is het verloop van de samenstelling van het elektriciteitsaanbod weergegeven voor de verschillende scenario's. *Global Economy* laat het hoogste aanbod zien, waarbij kolencentrales en WKK op gas een relatief belangrijke plaats innemen. In *Strong Europe* en *Regional Communities* vormt het hernieuwbaar vermogen uiteindelijk een substantieel deel van de elektriciteitsvoorziening. *Transatlantic Market* kenmerkt zich door een sterke dominantie van kolenvermogen, naast nieuwe kerncentrales met een capaciteit van in totaal 6.000 MW_e¹ in 2040.

¹ De hoeveelheid energie die per tijdseenheid wordt geproduceerd is MW. De hoeveelheid elektriciteit die per tijdseenheid wordt geproduceerd is MW_e. Hierin is het omzettingsverlies van primaire energie naar elektriciteit verwerkt.

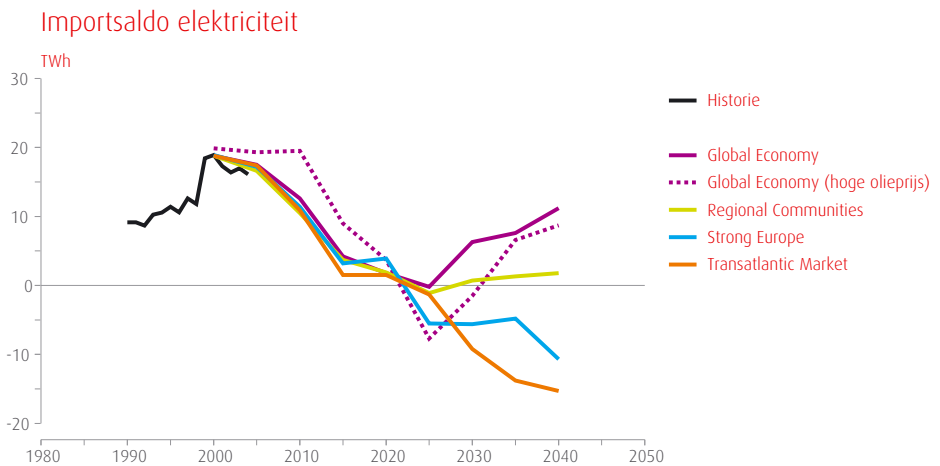
Warmtekrachtkoppeling

De ontwikkeling van warmtekrachtkoppeling (WKK) wordt bepaald door de ontwikkeling van de warmtevraag in de vraagsectoren en de elektriciteits- en gasprijzen. De MEP speelt geen rol van betekenis voor nieuw vermogen. Tabel 6.5 geeft de ontwikkeling van de elektriciteitsproductie uit WKK in de verschillende scenario's.

In alle scenario's stijgt de elektriciteitsproductie uit WKK tot 2020. De verschillen tussen de scenario's zijn toe te schrijven aan verschillen in energieprijzen en groei van sectoren. Na 2020 laat alleen het *Global Economy* scenario nog een stijging zien. Na 2020 daalt de elektriciteitsproductie met WKK in *Transatlantic Market* fors door ongunstige energieprijzontwikkelingen: een sterke stijging van de gasprijs en lichte daling van de elektriciteitsprijs. In *Regional Communities* is dat ook het geval en neemt de groei van de belangrijkste toepassingssectoren sterk af, waardoor het potentieel beperkt is. Na 2030 zal conventionele WKK in *Strong Europe* in steeds mindere mate een CO₂-reductie betekenen, dit komt door de toename van hernieuwbaar en CO₂-afvang in de gescheiden opwekking, in combinatie met de sterk gestegen rendementen van centrale capaciteit. Biomassa WKK en WKK met CO₂-verwijdering (9 TWh in 2040) krijgen daarentegen door de hoge CO₂-prijs een sterke impuls en verdringen deels conventionele WKK. De dominante factor voor de ontwikkeling van WKK in *Strong Europe* is echter de dalende warmtevraag in de industrie en landbouw, onder invloed van de hoge CO₂-prijzen. Het potentieel voor WKK neemt hierdoor af. Ondanks een stijgende dekkingsgraad van de warmtevraag weet WKK hierdoor in absolute zin geen groei meer te realiseren.

Import en export van elektriciteit

Verondersteld is dat in 2011 een verbinding met Engeland tot stand komt van ruim 1.300 MW_e. Medio 2008 komt een verbinding met Noorwegen tot stand van 700 MW_e. De laatste verbinding zal met name worden gebruikt om in piekuren goedkope elektriciteit te importeren uit waterkracht en in daluren elektriciteit te exporteren. Het netto importsaldo voor deze NorNed verbinding is nagenoeg nul, en varieert van -0,3 tot 0,4 TWh. Dankzij lagere gasprijzen op het continent is er sprake van netto-export naar het Verenigd Koninkrijk. Nederland heeft op België ook zo'n voordeel waardoor er ook netto-export resteert. Uit Duitsland wordt netto geïmporteerd dankzij goedkope bruinkool- en kerncentrales, behalve in *Strong Europe* na 2025. Ook uit Frankrijk blijft elektriciteitsimport komen vanwege goedkope kernstroom. Met de totale interconnectie capaciteit van bijna 5.500 MW_e kan maximaal circa 48 TWh (ruim 170 PJ) worden geïmporteerd en/of worden geëxporteerd. In het *Global Economy*-scenario is verder verondersteld dat tussen 2020 en 2030 de interconnectie met Frankrijk met 1.000 MW_e wordt uitgebreid, hetgeen een grotere import van kernstroom uit Frankrijk tot gevolg heeft.



Figuur 6.17 Het importsaldo van elektriciteit.

In alle scenario's is de langetermijntrend voor het importsaldo dalend vergeleken met de hoge importsaldo cijfers van 1998-2003. Vanaf 2008 gaan de Nederlandse producenten weer grootschalig investeren in nieuw productievermogen, efficiënt en relatief goedkoop in vergelijking met het buitenland. In *Strong Europe* en *Transatlantic Market* is er uiteindelijk sprake van een structureel netto-exportsaldo. In de *Regional Communities* en *Global Economy*-scenario's is er slechts af en toe een bescheiden export. Stijgingen in het importsaldo die tegen de dalende trend in gaan, zijn in het algemeen een 'symptoom' van een toenemend 'gebrek' aan Nederlandse opwekkingscapaciteit (vraag neemt toe, prijzen nemen toe, reservefactor neemt af).

Indien in Nederland op de lange termijn de reservecapaciteit terugloopt is dat dus merkbaar aan een stijgend importsaldo. Indien vervolgens in nieuwe capaciteit wordt geïnvesteerd, neemt dat saldo weer af, of ontstaat er netto-export, met name in *Strong Europe* en *Transatlantic Market*. In *Strong Europe* wordt dat na 2030 met name verklaard door kolen- en gasgestookte centrales met CO₂-afvang, in *Transatlantic Market* zijn relatief goedkope poederkoolcentrales en kerncentrales de belangrijkste reden. Tevens speelt een toenemend efficiënt WKK-vermogen een belangrijke rol. Ter illustratie staan in figuur 6.17 de importsaldi voor de scenario's naast elkaar weergegeven. Het vrijwel gelijke verloop van de importen in de scenario's tot 2020 is het gevolg van relatief gelijkvormige veronderstellingen over de elektriciteitsmarkt. Dit neemt niet weg dat de omvang van het importsaldo met grote onzekerheden omgeven is, en sterk afhankelijk van specifieke ontwikkelingen van de capaciteit langs de landsgrenzen.

Hernieuwbare energie

Windenergie en biomassa vormen de belangrijkste opwekkingsmethoden van hernieuwbare elektriciteit in de scenario's. Vooral wind op zee heeft een groot potentieel. Hernieuwbare elektriciteitsproductie is in Nederland voorlopig niet mogelijk zonder financiële ondersteuning. De ontwikkeling van hernieuwbaar vermogen wordt bepaald aan de hand van de beschikbare mogelijkheden voor investeringen en de onrendabele top. De onrendabele top wordt bepaald op basis van de productiekosten, inkomsten uit verkoop van elektriciteit inclusief kosten van onbalans, subsidies en fiscale voordelen. Er wordt slechts vermogen bijgeplaatst als de onrendabele top 0 of negatief is. Zolang de MEP-subsidie de onrendabele top dekt, wordt het bij te plaatsen vermogen gelimiteerd op basis van maximale groei per jaar. Dit is vooral afhankelijk van de plaatsingsmogelijkheden van windturbines, de beschikbaarheid van afval, de mogelijkheden voor meestook in kolencentrales en de aanvoer van geïmporteerde biomassa.

In het *Global Economy*-scenario wordt ervan uitgegaan dat er een overvloed aan energie is en er nauwelijks sprake is van crisissituaties. Er is weinig aandacht voor het milieu, maar tevens zal er weinig weerstand zijn tegen windenergie. In principe is 'alles te koop' en zo kan ook een stuk weerstand tegen windenergie afgekocht worden. Er is dus geen sprake van grote problemen of vertragingen in het vergunningstraject en ook is in dit scenario het maximaal te plaatsen vermogen (voor wind op land en wind op zee) het grootst (samen met het *Transatlantic Market*-scenario). De technologische ontwikkeling is hoger dan in het *Transatlantic Market*- of *Regional Communities*-scenario, maar minder hoog dan in het *Strong Europe*-scenario. Door een combinatie van een snelle groei van het cumulatieve opgestelde hernieuwbare vermogen in combinatie met een relatief lage progress ratio (een steile 'leercurve' of snelle technologische ontwikkeling) dalen de investeringskosten in dit scenario sneller dan in het *Transatlantic Market*- of *Regional Communities*-scenario, maar minder snel dan in het *Strong Europe*-scenario. De MEP loopt door tot 2020, maar wordt daarna afgeschaft, evenals de Energie-investeringsaftrek (EIA) en de regeling voor Groen Beleggen. De prijzen voor de *baseload commodity* elektriciteit zijn in dit scenario het laagst.

Het *Transatlantic Market*-scenario lijkt in veel opzichten op het *Global Economy*-scenario. Er is wel wat meer drive voor hernieuwbare energie in verband met de onzekerheid over de oliepijzen vanwege geo-politieke ontwikkelingen. Dit vertaalt zich in een hogere prijs voor de *baseload commodity*, die echter vanwege het afwezige klimaatbeleid (CO₂-heffing) altijd nog veel lager is dan in het *Strong Europe* en *Regional Communities*-scenario. De technologische ontwikkeling in termen van groei van het cumulatieve opgestelde hernieuwbare vermogen in combinatie met een hoge progress ratio zorgt ervoor dat de investeringskosten in dit scenario het hoogst zijn. Ook in dit

Tabel 6.6 Hernieuwbare elektriciteitsproductie.

Duurzame productie van elektriciteit (TWh)

	2002	2020					2040					
		GE	GE	SE	TM	RC	GE	GE	SE	TM	RC	
		<i>hoge olieprijs</i>					<i>hoge olieprijs</i>					
Windenergie												
op land	0,9	6,4	6,4	4,2	6,4	5,1	0,0	0,0	4,4	0,0	5,5	
op zee	0,0	7,7	7,7	10,5	7,7	3,5	0,0	0,0	35,2	0,0	12,3	
Biomassa												
mee/bijstook in centrales	1,1	11,7	12,4	4,6	10,7	7,9	0,0	0,0	9,7	0,0	10,0	
afvalverbrandingsinstallaties	0,9	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
overig	0,5	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	1,1	1,1	2,6	1,1	2,5	
Zon-fotovoltaïsch	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	2,4	0,3	0,8	
Waterkracht	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
TOTAAL	3,6	29,8	30,5	23,2	28,6	20,4	3,0	3,0	55,8	3,0	32,8	
Finale vraag	108	157	156	138	144	123	213	213	162	174	134	
Aandeel duurzame elektriciteit	3%	19%	19%	17%	20%	17%	1%	1%	34%	2%	24%	

GE: Global Economy, SE: Strong Europe, TM: Transatlantic Market, RC: Regional Communities

scenario geldt dat er geen grote problemen in het vergunningstraject te verwachten zijn en dat het maximaal te plaatsen opgestelde vermogen (voor wind op land en wind op zee) het grootst is. Overeenkomstig het *Global Economy*-scenario wordt er van uitgegaan dat de MEP na 2020 afgeschaft wordt, evenals de EIA en de regeling voor Groen Beleggen.

Het *Strong Europe*-scenario kent een hoge economische groei in combinatie met een sterk klimaatbeleid. Mensen stellen prijs op een hoogwaardige leefomgeving en hebben ook het geld om dat te concretiseren. Er zal nogal wat weerstand tegen windenergie bestaan, waardoor het vergunningstraject lastig is. Ook is de maximaal te plaatsen hoeveelheid vermogen voor wind op land lager dan in de andere scenario's. Voor wind op zee is de maximaal te plaatsen hoeveelheid vermogen wat groter vanwege het belang dat gehecht wordt aan de klimaatproblematiek. De MEP blijft ook na 2020 bestaan, maar zal al snel afgebouwd worden voor vrijwel alle opties vanwege de stijgende CO₂-prijzen. Ook de EIA en de regeling voor Groen Beleggen wordt in dit scenario na 2020 in stand gehouden. De technologische ontwikkeling is in dit scenario het sterkst (sterke groei van het opgestelde cumulatieve hernieuwbare vermogen in combinatie met een lage progress ratio).

Het *Regional Communities*-scenario lijkt op het *Strong Europe*-scenario, maar er is wat minder aandacht voor hernieuwbare energie, mede ook omdat het overheidsbudget beperkt is. Het vergunningstraject is iets minder stroperig en het maximaal op te stellen vermogen voor wind op land iets hoger dan in het *Strong Europe*-scenario (maar lager dan in het *Transatlantic Market*- en *Global Economy*-scenario). De MEP blijft een belangrijke plaats innemen (ook na 2020). Ook de EIA en de regeling voor Groen Beleggen wordt in dit scenario na 2020 in stand gehouden.

Tabel 6.6 geeft een overzicht van de hernieuwbare elektriciteitsproductie. Het aandeel hernieuwbare elektriciteit stijgt in alle scenario's tot 2020: van 3,3% in 2002 naar ruim 16% in *Regional Communities* en *Strong Europe* tot bijna 20% in *Transatlantic Market* en *Global Economy*. Na 2020 neemt het aandeel in *Global Economy* en *Transatlantic Market* weer af door het wegvallen van de MEP-vergoeding en daalt tot 1% à 2% in 2040. In het *Strong Europe*- en *Regional Communities*-scenario stijgt het aandeel door naar 24% (*Regional Communities*) en 34% (*Strong Europe*) in 2040.

Wind op land

Het opgesteld vermogen aan wind op land stijgt in de scenario's van 670 MW_e in 2002 (1.073 MW_e in 2004) naar maximaal 2.900 MW_e in 2020 in *Global Economy* en *Transatlantic Market* (*Regional Communities* 2.300 MW_e en *Strong Europe* 1.900 MWe). De verschillen tussen de scenario's in 2020 hebben te maken met weerstand tegen windenergie en de problemen en vertragingen in het vergunningstraject. Daarom is in 2020 het gerealiseerd vermogen wind op land in *Strong Europe* het laagst, en ook in 2040 lager dan in *Regional Communities*. In 2040 is het opgesteld vermogen 2.500 MWe in *Regional Communities* en 2.000 MW_e in *Strong Europe*. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* vervalt na 2020 de MEP-vergoeding, en omdat wind op land nog niet concurrerend wordt gedurende de verdere periode wordt er niet meer bijgebouwd, alleen maar afgebouwd. Alleen in het *Strong Europe*-scenario wordt wind op land concurrerend vanaf 2030.

Wind op zee

De realisaties van wind op zee zoals die in de Referentieramingen 2005-2020 (ECN/MNP, 2005) zijn gerapporteerd (6.000 MW_e in *Global Economy* in 2020) zijn niet meer actueel. De Minister van Economische Zaken heeft in mei 2005 aangekondigd om wind op zee niet onbeperkt te laten groeien, vanwege de hoge druk op het MEP-budget (TK, 2005). Het beleid anno 2005 is erop gericht om slechts een beperkt aantal parken per jaar toe te staan zich te ontwikkelen. Op die manier is het te besteden budget te controleren. Er is op dit moment echter moeilijk iets te zeggen over de hoogte van dat budget. Het opgesteld vermogen is daarom via expert judgement ingeschat. Voor het jaar 2010 is het onwaarschijnlijk dat de realisatie hoger is dan 700 MW_e. Dit volgt uit meerdere aanwijzingen. De vroegst mogelijke realisatie van de twee parken die nu gepland zijn (OWEZ/NSW en Q7, samen 228 MW_e) is aan het eind van

het jaar 2006 voor het OWEZ/NSW. De realisatiedatum van park Q7 van E-connection is momenteel onbekend. De bandbreedte die redelijk lijkt bedraagt 400 tot 700 MW_e in 2010. De minister gaat uit van 700 MW_e in het jaar 2010 om de 9% doelstelling te halen (aandeel hernieuwbare elektriciteit). Het lijkt redelijk te veronderstellen dat in *Global Economy* in 2020 ongeveer drie keer zoveel gerealiseerd kan zijn dan in 2010. Het opgesteld vermogen aan wind op zee in *Global Economy* (en *Transatlantic Market*) is in 2020 ingeschat op 2.200 MW_e.

Strong Europe profiteert van de snelle kostendaling maar realiseert in het jaar 2020 minder dan in de Referentieramingen (3.000 MW_e). In *Regional Communities* is de realisatie vanwege overheidsbudget beperkt (1.000 MW_e in 2020). Omdat er in het *Regional Communities*-scenario wel een fikse kostenreductie voor wind op zee optreedt en de MEP bovendien blijft bestaan vindt er na 2020 een flinke groei plaats, naar 3.500 MW_e in 2040. Maar minder dan in *Strong Europe* doordat wind op zee nog niet concurrerend is. Vanwege de sterke technologieontwikkeling in *Strong Europe* wordt wind op zee concurrerend in de periode 2020-2025. In dat scenario groeit wind op zee dan ook stevig door naar 10.000 MW_e in 2040. Hierbij is de maatschappelijke weerstand dan ook geen belemmering meer. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* vervalt na 2020 de MEP-vergoeding, en omdat wind op zee nog niet concurrerend wordt gedurende de verdere periode wordt er niets meer bijgebouwd, alleen maar afgebouwd.

Meestook biomassa in kolencentrales

Uit oogpunt van kosten heeft meestook van biomassa in kolencentrales de voorkeur boven vergassing van biomassa voor bijstook of stand-alone vermogen. Het maximum voor biomassa-meestook in een kolencentrale is 20% van het elektrisch vermogen. In alle scenario's is vanaf 2015 20% meestook verondersteld, de elektriciteitsproductie uit biomassa is daarmee afhankelijk van het beschikbare kolenvermogen in een scenario. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* vervalt na 2020 de MEP-vergoeding, en wordt niet langer biomassa mee gestookt in kolencentrales.

Zon-PV

PV⁴ maakt een grote technologische ontwikkeling door die er uiteindelijk toe leidt dat in *Strong Europe* na 2030 (en in *Regional Communities* na 2035) PV concurrerend wordt inclusief MEP-vergoeding voor grootschalige projecten in eigendom van elektriciteitsleveranciers (dus in vergelijking met commodityprijs elektriciteit en niet ten opzichte van de elektriciteitsprijs voor huishoudens bij productie voor eigen gebruik). PV kent in alle scenario's een autonome groei, onafhankelijk van de kostprijs ervan. Zo neemt de penetratie ook toe in *Global Economy* en *Transatlantic Market*, van 26 MW_e

⁴ PV staat voor het engelse woord 'Photovoltaic'. Met PV worden zonnecellen aangeduid die licht direct omzetten in elektriciteit.

Tabel 6.7 Vermeden primaire energie door hernieuwbaar.

Vermeden primaire energie (PJ)

	2002	2020					2040				
		GE	GE	SE	TM	RC	GE	GE	SE	TM	RC
		<i>hoge olieprijs</i>					<i>hoge olieprijs</i>				
Waterkracht	0,9	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,3	1,1
Windenergie	8,0	113,3	114,3	111,6	113,5	67,7	0,0	0,0	299,8	0,0	129,4
Zon-fotovoltaïsch	0,1	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	2,1	2,2	18,7	2,4	6,1
Zon-thermisch	0,6	4,2	4,2	3,1	3,1	1,7	4,6	4,6	6,6	3,3	3,2
Warmtepompen	0,5	4,1	4,0	4,0	3,6	3,2	7,4	7,3	7,7	5,5	6,9
Warmte-koudeopslag	0,6	2,1	2,2	2,0	2,2	2,1	3,9	3,9	3,9	4,3	3,8
Biomassa thermisch	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Biomassa overig	30,0	140,0	146,9	78,4	131,9	102,6	28,0	28,3	122,7	30,3	111,6
Biobrandstoffen	0,0	11,9	11,0	10,0	10,6	8,8	15,3	13,7	30,2	12,0	8,0
Vermeden primair	48	286	293	219	275	196	70	68	498	66	278
Totaal verbruik binnenland	3.167	4.005	3.916	3.555	3.792	3.215	5.025	4.820	3.540	4.535	3.032
Aandeel duurzame energie	2%	7%	7%	6%	7%	6%	1%	1%	14%	1%	9%

GE: Global Economy, SE: Strong Europe, TM: Transatlantic Market, RC: Regional Communities

in 2002 (49 MW_e in 2004) naar 200 MW_e in 2020 en 350 MW_e in 2040, hoewel het financieel niet dekkend is. Pas wanneer PV concurrerend is neemt de penetratie van PV een vlucht: 1.000 MW_e in *Regional Communities* en 3.000 MW_e in *Strong Europe* in 2040.

Het overige hernieuwbaar vermogen betreft waterkracht en afvalverbrandingsinstallaties en overige biomassa (riool- en afvalwaterzuivering, vergisting van mest, GFT en stortgas) Dit vermogen blijft relatief beperkt en stabiel in alle scenario's.

Tabel 6.7 geeft een overzicht van de vermeden primaire energie door hernieuwbaar. Naast hernieuwbare elektriciteitsproductie worden hierin ook hernieuwbare warmteproductie en biobrandstoffen weergegeven. Realisatie van hernieuwbare warmteopties als zon-thermisch (zonneboilers) en warmtepompen zijn afhankelijk van het nieuwbouwtempo van woningen en het EPN-beleid in de verschillende scenario's. Biomassa thermisch omvat houtkachels en is in alle scenario's gelijk en constant verondersteld. Biomassa overig omvat alle biomassaopties genoemd bij hernieuwbare elektriciteitsproductie (meestook in kolencentrales, afvalverbrandingsinstallaties, riool- en afvalwaterzuivering, vergisting van mest, GFT en stortgas). In alle scenario's is het aandeel biobrandstoffen op het binnenlands gebruik gelijk aan 2% verondersteld. Alleen in het *Strong Europe*-scenario is dit bijna 6% in 2040.

Het aandeel hernieuwbare energie stijgt in alle scenario's tot 2020: van 1,5% in 2002 naar 6% à 7% in 2020. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* daalt het aandeel hernieuwbaar na 2020 door het wegvallen van de MEP-vergoeding naar 1,4% in 2040. In het *Strong Europe*- en *Regional Communities*-scenario stijgt het aandeel door naar 9% (*Regional Communities*) en 14% (*Strong Europe*) in 2040.

MEP-subsidies voor hernieuwbare energieopwekking

Het noodzakelijk budget voor MEP-subsidies voor hernieuwbare elektriciteitsproductie zal in alle scenario's verder stijgen. Het budget stijgt van circa 200 miljoen per jaar in 2004 en een verdubbeling (circa 400 miljoen per jaar) in 2005 naar 750 tot 900 miljoen per jaar rond 2015. Na 2015 zal het MEP-budget dalen doordat de onrendabele top afneemt. In *Strong Europe* daalt het budget tot circa 200 miljoen per jaar vanaf 2030 tot en met 2040. In *Regional Communities* daalt het budget tot circa 500 miljoen per jaar vanaf 2030 tot en met 2040. Het budget in *Strong Europe* is lager dan in *Regional Communities* door de hogere CO₂-prijs. In *Global Economy* en *Transatlantic Market* daalt de MEP-subsidie na 2020 langzaam naar nul, omdat voor nieuwe projecten geen subsidie meer wordt verleend. Pas in 2030 zal geen MEP-budget meer nodig zijn, omdat tot die tijd bestaande projecten MEP blijven ontvangen.

Winning, transport en opslag van gas

Gaswinning

De binnenlandse aardgasproductie bedroeg in 2002 71,2 miljard m³, waarbij het Groningenveld goed was voor ruim 40% en de kleine velden (onshore en offshore) voor de resterende 60%. Het totale gasaanbod (bijna 80 miljard m³ exclusief doorvoer en 96,6 miljard m³ inclusief doorvoer) wordt gecompenseerd door import. De

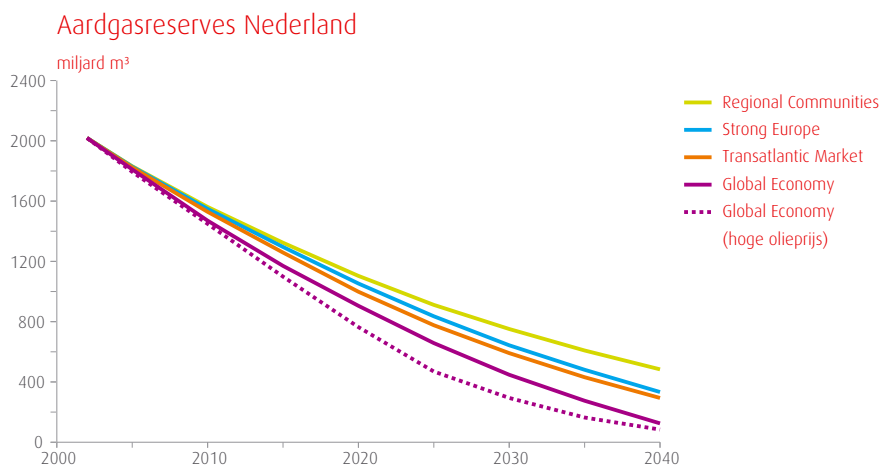
Tabel 6.8 Gaswinning, -invoer, -uitvoer en -gebruik.

Gaswinning, -invoer, -uitvoer en -verbruik (miljard m³)

	2002*		2020				2040				
	GE	GE	SE	TM	RC	GE	GE	SE	TM	RC	
		<i>hoge olieprijs</i>					<i>hoge olieprijs</i>				
Gaswinning											
Groningen	31	39	42	20	25	15	8	8	19	15	
kleine velden	40	14	25	29	27	29	23	8	11	13	
Invoer	25	52	39	50	51	42	50	56	38	50	
Binnenlandse gasvraag	47	48	47	48	45	41	51	47	37	37	
Uitvoer	50	58	59	50	58	45	30	26	30	41	

* Cijfers gaswinning 2002 uit EZ (2003); Overige cijfers 2002 uit CBS (2003)

GE: Global Economy, SE: Strong Europe, TM: Transatlantic Market, RC: Regional Communities



Figuur 6.18 De aardgasreserves van Nederland.

hoeveelheid importgas is vanaf 1999 sterk toegenomen en ging gepaard met de toetreding van nieuwe aanbieders op de binnenlandse markt. Om het verlies van binnenlandse afzet te compenseren is eveneens meer Nederlands gas geëxporteerd.

Binnen de aardgassector zullen in de periode 2002-2040 een aantal grote verschuivingen plaats gaan vinden. De *swing* van het Groningenveld wordt steeds kleiner waardoor de mogelijkheid tot balanceren van vraag en aanbod met het veld afneemt. Direct gevolg hiervan is dat er in toenemende mate behoefte zal ontstaan aan nieuwe opslagcapaciteit om pieken in de vraag op te vangen. Ontwikkeling van de gasvraag en afname van de Nederlandse voorraden zullen tot gevolg hebben dat het relatieve aandeel van importgas zal groeien. Afname van de Nederlandse voorraden zal er op termijn bovendien toe leiden dat de export van gas vermindert. Naar verwachting zal Nederland na 2020 netto-importeur van gas worden. Omdat importgas veelal een hogere calorische waarde heeft dan Groningengas, zal de behoefte aan kwaliteitsconversie (bijmenging met bijvoorbeeld stikstof of biogas) toenemen. Op het moment dat het Groningengas daadwerkelijk uitgeput raakt, lijkt het aannemelijk dat in plaats van bijmenging gasgebruikende apparaten zoals CV-ketels en fornuizen geschikt gemaakt worden voor het stoken van hoogcalorisch gas.

In tabel 6.8 zijn de ontwikkelingen in de gassector voor de vier scenario's getalsmatig samengevat. De cijfers in de tabel hebben niet alleen betrekking op de Nederlandse situatie. Doorvoer van gas door Nederland is hier meegenomen. Met als achtergrondbeeld dat Nederland in de toekomst mogelijk handelsknooppunt wordt (*Strong Europe* en *Global Economy*), is de ontwikkeling van de gasdoorvoer van belang in verband met een toenemende behoefte aan opslagcapaciteit.

Alle scenario's worden gekenmerkt door een afname van de binnenlandse productie en een forse toename van de import die vooral plaatsvindt in de periode tot 2020. Na 2020 groeit de import niet of nauwelijks (*Global Economy, Transatlantic Market*) of daalt zelfs iets (*Strong Europe, Regional Communities*). De verklaring hiervoor ligt zowel in de ontwikkeling van de gasvraag (dalend in *Transatlantic Market, Strong Europe* en *Regional Communities*) als ook in een relatief grote afname van de export van gas. Dit laatste is weer het gevolg van het steeds kleiner worden van de Nederlandse gasvoorraden (figuur 6.18). Hoewel ook in *Global Economy* na 2040 nog Nederlands gas beschikbaar is, komt de bodem in dit scenario als eerste in zicht. Debet hieraan is de versnelde exploitatie van het Groningenveld, een direct gevolg van het loslaten van het kleine velden beleid, het op peil houden van de export en de groei van de binnenlandse gasvraag. Meer dan in de andere scenario's is een goede marktwerking de belangrijkste drijvende kracht achter de ontwikkelingen. In het *Regional Communities* scenario blijven de vaderlandse reserves het langst bewaard. Belangrijkste verklaring is de relatief lage gasvraag en de aandacht voor voorzieningszekerheid.

Voor alle scenario's geldt dat de Nederlandse aardgasvoorraden opraken, waardoor we afhankelijker worden van importen. Zo zal rond 2040 nog circa een kwart tot minder dan 10% van de huidige Nederlandse voorraad resterend. Doordat de productie van het Groningenveld daalt, zal in toenemende mate behoefte ontstaan aan nieuwe opslagcapaciteit om vraag en aanbod in balans te kunnen houden.

Gastransport

Investerings in gasinfrastructuur (transport en opslag) worden onder meer bepaald door marktomstandigheden, overheidsbeleid ten aanzien van marktwerking en overheidsbeleid ten aanzien van voorzieningszekerheid. Belangrijk hierbij is het onderscheid tussen investeringen in infrastructuur binnen de EU en investeringen in infrastructuur buiten de EU.

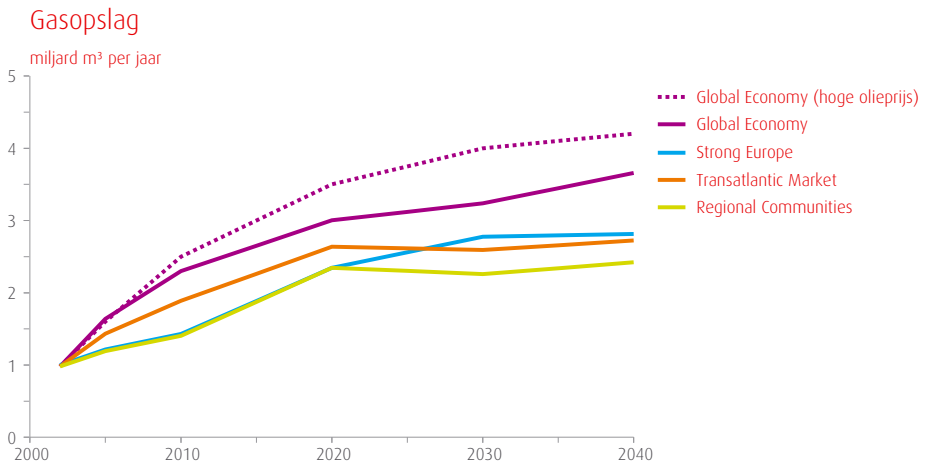
In *Regional Communities* en *Strong Europe* is er meer overheidsinvloed met een stabiel prijspad op een gemiddeld tot hoog niveau. Dit heeft een positieve invloed op de investeringen in infrastructuur in tegenstelling tot de op korte termijn sterk wisselende (meer volatiele) prijspaden in *Global Economy* en *Transatlantic Market*.

Effectieve *unbundling*⁵, zoals verondersteld in *Global Economy* en *Transatlantic Market*, geeft een verdere prikkel voor de ontwikkeling van een competitieve gasinfrastructuurmarkt, terwijl zich in *Strong Europe* en *Regional Communities* marktmacht voordoet als gevolg van slechts een juridische unbundling. Alle scenario's kennen een *third-party*-

⁵ Ontkoppeling van levering en transport van gas.

access (TPA) regeling voor gasinfrastructuur, hetgeen in principe bevorderlijk is voor de concurrentie op de markt. Deze wordt in *Strong Europe* en *Regional Communities* ingevuld met een onderhandelbare TPA, en in *Global Economy* en *Transatlantic Market* met een gereguleerde TPA. Het gereguleerde TPA-regime is wat betreft concurrentieverhoudingen te prefereren boven een onderhandelbaar TPA-regime omdat het laatstgenoemde een zekere mate van marktmacht toelaat.

In alle scenario's krijgt de ontwikkeling van de infrastructuur verder een positieve impuls door een actief voorzieningszekerheidsbeleid, al is dit in *Transatlantic Market* en *Regional Communities* sterker dan in *Strong Europe* en *Global Economy*. Maatregelen waarin dit beleid tot uitdrukking komt zijn bijvoorbeeld een fiscale stimulering van investeringen in infrastructuur of een verplichting tot het aanhouden van overcapaciteit. Het binnenlandse gasnetwerk, zowel het hoge- als lagedruknetwerk is al zeer uitgebreid. Verdere uitbreiding van de transportinfrastructuur valt alleen te verwachten waar het gaat om nieuwe woon- en industriegebieden. Op het gebied van internationale connecties is meer te verwachten. Een pijplijn naar Engeland, de Bacton-Balgzand Interconnector, is reeds in aanbouw. Verdere uitbreidingen in de interconnecties met het buitenland zijn te verwachten in alle scenario's vanwege de toename in de doorvoer van Russisch gas naar België/Frankrijk en Noors gas naar het Verenigd Koninkrijk. Door de betere internationale verhoudingen in *Strong Europe* en *Global Economy* krijgt Nederland meer kansen zich te ontwikkelen als gashub.⁶



Figuur 6.19 Gebruik gasopslag in Nederland.

⁶ Onder een hub wordt een geografisch punt verstaan waar verschillende aanvoerlijnen van gas (pijp en LNG) samenkomen en waar extra services voor de handel worden geboden zoals nominering van contracten, facilitering van spot- en forward markten en opslag.

In het *Transatlantic Market*-scenario bestaat er een zodanige krapte in combinatie met hoge prijzen dat LNG-importen uit Afrika en Zuid-Amerika kunnen concurreren met pijpleidinggas uit Rusland. Binnen het kader van het Energy Valley project is onder meer Delfzijl als mogelijke aanlandingsplaats genoemd. In de overige scenario's zal LNG-aanlanding geen structurele rol spelen in de gasvoorziening. Niettemin krijgt gezien de toenemende betekenis van het wereldwijde LNG-transport Nederland ook in andere scenario's mogelijk een aanlandingspunt.

Gasopslag

Nederland beschikt tot op heden over drie aardgasopslagsystemen in oude gasvelden, namelijk Norg, Grijpskerk en Alkmaar. Daarnaast bestaat er de mogelijkheid om gas op te slaan in de LNG-tank op de Maasvlakte (0,075 miljard m³). Drie aardgasvelden bij Waalwijk zullen, zodra ze zijn uitgeput, ook worden bestemd voor aardgasopslag. Aardgasopslag in zoutcavernen wordt momenteel ontwikkeld bij Zuidwending en bij het Duitse Epe. Verder bestaan er diverse plannen om aanlanding van LNG mogelijk te maken in Nederland. Bij daadwerkelijke realisering van deze plannen zal de opslagcapaciteit van LNG in Nederland toenemen.

De steeds lager wordende productiecapaciteit van het Groningenveld betekent dat Nederland nieuwe opslagfaciliteiten gericht op dagelijkse wisselingen in gasvraag moet hebben om zeker te blijven van gaslevering. De Nederlandse markt voor de opslag van gas zal daarom in omvang toenemen. Ook de hogere importafhankelijkheid zorgt voor een grotere vraag naar opslagcapaciteit gericht op seizoensarbitrage. Dat wil zeggen dat steeds meer Russisch en Noors gas in de zomer naar Nederland wordt getransporteerd, hier wordt opgeslagen in diverse opslagfaciliteiten, om vervolgens te worden geconsumeerd in Nederland of omliggende landen. Figuur 6.19 laat de totale jaarlijkse aanwending van gasopslagcapaciteit zien in elk van de scenario's.

Alle scenario's laten een sterke stijging van totaal werkvolume zien in de periode tot 2020. *Strong Europe* en *Regional Communities* blijven aanvankelijk wat achter vanwege het langer in productie blijven van het Groningenveld, maar maken een inhaalslag tussen 2010 en 2020 waarin het verlies aan flexibiliteit alsnog gecompenseerd moet worden. Na 2020 stabiliseert de benodigde hoeveelheid opslagcapaciteit in drie van de vijf scenario's onder invloed van afnemende dan wel stabiele gasvraag. Alleen in *Global Economy* (en de hoge olieprijsvariant daarvan) stijgt de benodigde capaciteit ook in de laatste twee decennia vanwege de hogere groei in gasvraag.

Ontwikkeling besparingstempo

In tabel 6.9 wordt de ontwikkeling van het energiegebruik opgesplitst in volume-, structuur- en besparingseffecten. Het 'volume-effect economie' is de groei van het BBP. Het 'structureffect economie' geeft het effect op het energiegebruik weer van

Tabel 6.9 Decompositie van de ontwikkeling van het nationale energiegebruik in primaire termen (conform Protocol Monitoring Energiebesparing).

	1995- 2002	2002-2020					2021-2040				
		GE	GE	SE	TM	RC	GE	GE	SE	TM	RC
		<i>hoge olieprijs</i>					<i>hoge olieprijs</i>				
<i>% mutaties per jaar gemiddeld</i>											
Binnenlands gebruik in primaire termen	1,0	1,2	1,1	0,6	1,0	0,1	1,1	1,0	0,1	0,9	-0,3
Besparingseffect	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,5	-0,6	-0,6	-0,4	-0,5
Conversie	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	0,0	-0,1	-0,1
Finaal	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,4	-0,6	-0,3	-0,3
Structuureffect economie	-1,3	-0,3	-0,3	0,0	0,0	0,1	-0,3	-0,3	-0,4	-0,1	-0,3
Dematerialisatie-effect	*	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0,2
Volume-effect economie	3,3	2,7	2,7	1,8	2,2	1,1	2,2	2,2	1,4	1,6	0,4

GE: Global Economy, SE: Strong Europe, TM: Transatlantic Market, RC: Regional Communities

* Structuureffect economie en dematerialisatie-effect zijn niet verder uitgesplitst

de verschillen in economische groei tussen verschillende sectoren van de economie met een verschillende energie-intensiteit. Het belangrijkste is de sterkere groei van de dienstensector dan de industrie, waardoor de energie-intensiteit van de economie daalt. Het dematerialisatie-effect geeft het effect op het energiegebruik weer door verschillen tussen economische groei en fysieke groei van sectoren (bijvoorbeeld verhoging van de arbeidsproductiviteit). Het besparingseffect is berekend conform het protocol Monitoring Energiebesparing, en geeft aan dat dezelfde activiteiten met minder energiegebruik gepaard gaan. Het besparingseffect is opgesplitst in besparingen bij conversie en besparingen op finale vraag.

Met name in *Global Economy* trekt de transportsector met slechts 0,24% besparing per jaar het nationaal gemiddelde omlaag. De 1% besparing uit de Referentieramingen (ECN/MNP, 2005) in de periode tot en met 2020 wordt hierdoor niet gehaald⁷. In *Strong Europe* bespaart de transportsector circa 0,5% per jaar. Vanuit het verschillende karakter van de scenario's is deze verdubbeling ten opzichte van *Global Economy* wel te begrijpen, maar vanuit het veronderstelde beleid volgt dit niet direct. De hoge olieprijsvariant heeft tot 2020 over de hele linie bijna hetzelfde besparingstempo als in *Global Economy* (het verschil is zo klein: 0,94%/jaar tegenover 0,88%/jaar dat het op 1 decimaal niet eens zichtbaar is).

⁷ In de Referentieramingen 2005-2020 is het besparingstempo in de verkeerssector gelijk verondersteld aan het gemiddelde besparingstempo van de andere sectoren samen.

Na 2020 ligt in alle scenario's het besparingstempo lager dan voor 2020. In het *Global Economy*- en *Transatlantic Market*-scenario wordt na 2020 geen beleid meer gevoerd, waardoor besparingen op de finale vraag afnemen. De besparingen bij conversie blijven gelijk door investeringen in nieuwe installaties met een hoger rendement. In het *Strong Europe*-scenario blijven de besparingen op de finale vraag gelijk aan het tempo voor 2020 door de stijgende CO₂-prijs. De besparing op conversie wordt in het *Strong Europe*-scenario na 2020 gelijk aan nul. Besparingen worden gecompenseerd door negatieve effecten van CO₂-afvang op de efficiëntie. Het is een keuze deze effecten in het besparingstempo mee te nemen: het protocol geeft geen richtlijn voor het omgaan met de efficiëntie-effecten van CO₂-afvang.

CO₂-emissie

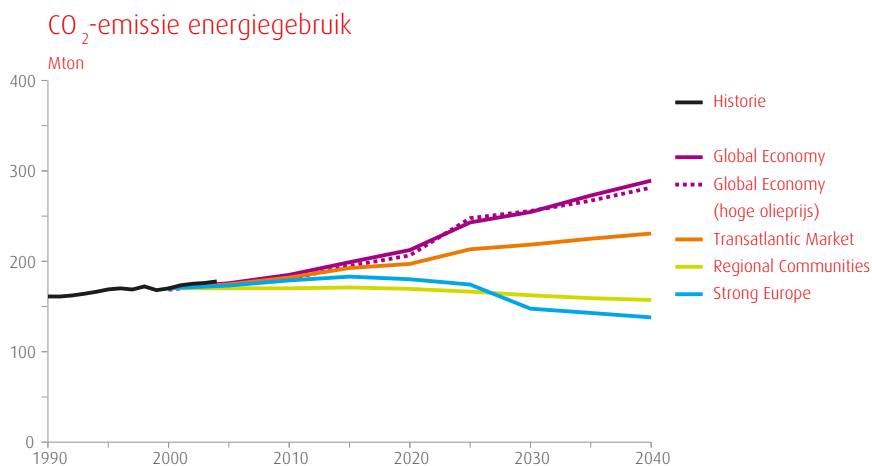
De in de voorgaande paragrafen geschetste ontwikkelingen in energievraag en energieaanbod leiden tot de ontwikkeling van energiegerelateerde CO₂-emissies zoals geschetst in figuur 6.20.

In *Global Economy* en *Transatlantic Market* stijgen de CO₂-emissies van 175 Mton in 2002 naar 289 Mton in 2040 in het *Global Economy*-scenario (*Transatlantic Market*: 230 Mton)⁸. De CO₂-emissie daalt in *Regional Communities* naar 157 Mton in 2040. In het *Strong Europe* scenario stijgen de CO₂-emissies tot 183 Mton in 2015 om vervolgens te dalen naar 138 Mton in 2040, vooral door toepassing van CO₂-afvang en opslag. Het totale brandstofgebruik is in *Strong Europe* in 2040 wel hoger dan in *Regional Communities* (figuur 6.13)⁹.

De effecten van een hoge olieprijs op de CO₂-emissies zijn bestudeerd door middel van de hoge-olieprijsvariant op het *Global Economy* scenario. In Nederland zorgt een dergelijke hoge olieprijs, met de daaraan nog lange tijd gekoppelde gasprijs en een

⁸ De CO₂-emissie van de scenario's is exclusief de niet-energetische procesemissies: de CO₂-emissie bij kalksteengebruik, cementproductie, rookgasontzwaveling en het anodegebruik in de aluminiumproductie. In de historische cijfers zitten deze niet-energetische procesemissies wel, in 2000 ging het om circa 2,5 Mton.

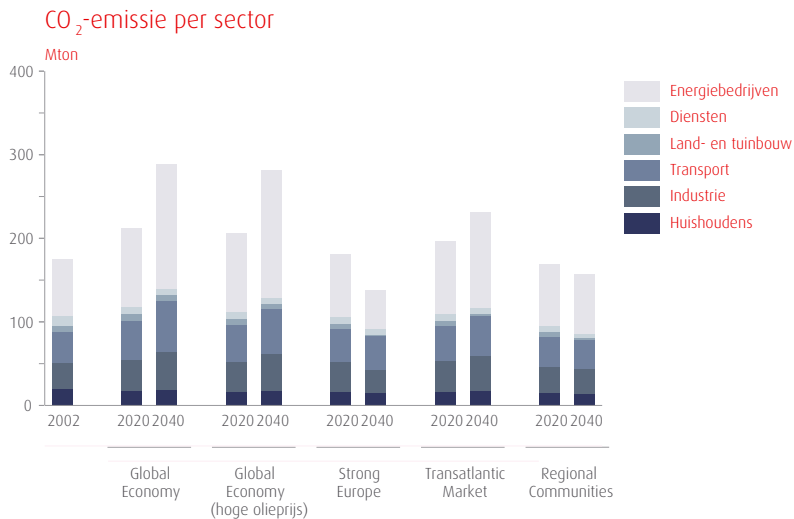
⁹ In de energieberekeningen voor *Regional Communities* en *Transatlantic Market* is abusievelijk uitgegaan van hetzelfde (belichte) areaal glastuinbouw als in het *Strong Europe*-scenario 8.800 (34.000) ha. De arealen glastuinbouw (belichte glastuinbouw) voor *Regional Communities* en *Transatlantic Market* zijn respectievelijk 5.700 (1.200) en 11.100 (5.700) ha. Met de juiste arealen zou het energiegebruik voor *Regional Communities* 35% lager uitkomen dan in de huidige resultaten; bij *Transatlantic Market* 25% hoger. In termen van CO₂-emissies in 2040 gaat het om 1,2 tot 2 Mton over- c.q. onderschatting.



Figuur 6.20 CO₂-emissies door energiegebruik tot 2040.

stabiële 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 energiebedrijven 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-krancht koppeling (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.



Figuur 6.21 CO₂-emissie door energiegebruik naar sector.

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. Er is niet uitgegaan van een verhoogde hernieuwbare energieopwekking.

Ruimtegebruik voor energie

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 gebruiksbepalingen 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) 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. Het valt dus te verwachten dat biobrandstof en biomassa zullen worden geïmporteerd. Dit leidt in de exporterende landen tot een toenemende ruimtevraag; zie ook het hoofdstuk 'Milieu'.

Tot slot kunnen de effecten van klimaatverandering leiden tot ruimtelijke beperkingen of de noodzaak voor ruimtelijke aanpassingen.

Analyse: ontwikkelingen, conclusies en trade-offs

In de tabel 6.10 wordt een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste ontwikkelingen in de vier WLO-scenario's.

Ontwikkeling energiegebruik en energiebesparing

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.

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.

In de komende decennia zullen de economische groei en broeikasgasemissies niet sterk ontkoppelen. Het energiegebruik en de CO₂-emissie stabiliseert zich alleen in het scenario met lage bevolkingsgroei, lage economische groei en voortgaande besparing (*Regional Communities*). 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. Het energiegebruik neemt in dit scenario nog wel beperkt toe, maar CO₂-afvang en opslag zorgt op termijn van 2040 voor dalende CO₂-emissies.

Het energiebesparingstempo ligt in de scenario's tot 2020 op 0,8 a 0,9% per jaar. De lage efficiëntieverbetering in de verkeerssector drukt het gemiddelde nationale besparingstempo onder de 1%. Na 2020 zakt het besparingstempo naar 0,4 tot 0,6% per jaar, door het wegvallen van energie en klimaatbeleid (*Global Economy en Transatlantic Market*), het inzakken van de economische groei (*Regional Communities*) of door het negatieve effect van CO₂-afvang en opslag op de energie-efficiëntie (*Strong Europe*).

Tabel 6.10 Scenario's in het kort.

Strong Europe

Mondiale handel met milieurestricties
Effectief internationaal klimaatbeleid

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

Ontwikkeling 2040 t.o.v. 2002

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

Vermogen kernenergie (MW)	0
Aandeel hernieuwbare energie	14%
Aandeel hernieuwbare elektriciteit	34%

Global Economy

Mondiale vrijhandel
Geen grensoverschrijdend klimaatbeleid

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

Ontwikkeling 2040 t.o.v. 2002

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

Vermogen kernenergie (MW)	0
Aandeel hernieuwbare energie	1%
Aandeel hernieuwbare elektriciteit	1%

Regional Communities

Handelsblokken blijven gehandhaafd
Effectief nationaal milieubeleid

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

Ontwikkeling 2040 t.o.v. 2002

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

Vermogen kernenergie (MW)	0
Aandeel hernieuwbare energie	9%
Aandeel hernieuwbare elektriciteit	24%

Transatlantic Market

Handelsblokken blijven gehandhaafd
Geen sterk milieubeleid

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

Ontwikkeling 2040 t.o.v. 2002

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

Vermogen kernenergie (MW)	6000
Aandeel hernieuwbare energie	1%
Aandeel hernieuwbare elektriciteit	2%

Invloed van de olieprijs op besparing en emissies

Een hoge olieprijs leidt tot meer besparing bij eindgebruikers maar heeft een gering effect op CO₂-emissies.

Vanwege de huidige zeer hoge olieprijsen ontstaat de vraag of de in de WLO gehanteerde lange termijn olieprijsontwikkeling niet te laag is. Om deze reden is er ten behoeve van de WLO ook een hoge olieprijsvariant voor het *Global Economy*-scenario doorgerekend. Een hogere olieprijs leidt weliswaar tot hogere gasprijzen en daarmee tot meer besparing bij eindgebruikers. Maar een hoge gasprijs en stabiele kolenprijs zal elektriciteitsopwekking met kolencentrales stimuleren. De elektriciteitsprijzen zullen op termijn daardoor niet stijgen en de concurrentiepositie van WKK komt door de hoge gasprijzen onder druk te staan. Meer inzet van kolen en minder besparing door WKK compenseren de CO₂-reductie van energiebesparing bij eindgebruikers voor een deel. De CO₂-emissies van een hoge olieprijsvariant liggen maar een paar procent onder die van het *Global Economy*-scenario.

Voorzieningszekerheid

De Nederlandse aardgasreserves raken op. Dit vraagt om meer energie-import en vergroot de noodzaak om meer aandacht te geven aan voorzieningszekerheid. Energievoorzieningszekerheid vraagt om een goed functionerende internationale 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.

De Nederlandse gasreserves raken op en de afhankelijkheid van importen neemt toe. Zo zal rond 2040 nog circa een kwart tot minder dan 10 procent van de huidige Nederlandse voorraad resteren. 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/of 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 (en Nederlandse) 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.

Hernieuwbare energie

Hernieuwbare energie blijft relatief duur. De ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen vraagt daardoor nog lange tijd om overheidsbemoedienis.

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 hernieuwbare energie in de energievoorziening in 2040 rond de 10 procent. Het aandeel hernieuwbare elektriciteit groeit in die twee scenario's wel fors, een kwart tot een derde van de finale elektriciteitsvraag wordt via hernieuwbare elektriciteitsproductie voorzien. Hernieuwbare warmteproductie, biofeedstocks en biobrandstoffen leveren echter een zeer beperkte bijdrage aan de energievoorziening. Vanwege de hogere kosten kan hernieuwbare energie de eerste decennia alleen een rol van betekenis spelen indien het beleid daarvoor kiest.

Trade-offs

Uit de analyse komt een aantal *trade-offs* naar voren; dit zijn bij uitstek de elementen waarmee het beleid de komende decennia rekening moet houden. Onderstaand worden deze *trade-offs* benoemd.

Een bekende *trade-off* is die tussen klimaatbeleid en de energieprijzen. Uit de figuren met gas- en elektriciteitsprijzen voor huishoudens en grootgebruikers wordt duidelijk dat de CO₂-prijs in het *Strong Europe*-scenario zorgt voor hogere energieprijzen dan in de scenario's zonder (internationaal) klimaatbeleid.

Uit de analyse blijkt dat stringent internationaal klimaatbeleid niet automatisch leidt tot een sterke energie-efficiëntieverbetering en/of een hoog aandeel hernieuwbare energie. Dit komt omdat een deel van de emissiereductie goedkoper kan worden gerealiseerd met CO₂-opslag (waarvan eveneens een negatief effect op energie-efficiëntieverbetering uitgaat). Energie-efficiëntieverbetering en hernieuwbare energie worden in het huidige beleid vaak beschouwd als 'subdoelen' tegen de achtergrond van het 'hoofddoel' reductie van broeikasemissies. Er wordt echter ook wel gesteld dat een hoog tempo van energie-efficiëntieverbetering en een groeiend aandeel hernieuwbare

energie noodzakelijk zouden zijn voor een 'duurzame energievoorziening' op de lange termijn. Er wordt dus een trade-off gesignaleerd tussen een kosteneffectieve invulling van klimaatbeleid en mogelijk eigenstandige doelstellingen voor energie-efficiëntieverbetering en hernieuwbare energie.

Vanuit het aspect voorzieningszekerheid kunnen diverse trade-offs worden benoemd. Meer diversificatie, bijvoorbeeld door een hoger aandeel kolen en/of kernenergie lijkt de voorzieningszekerheid ten goede te komen. Bij inzet van kolen zonder CO₂-afvang zal dit leiden tot een relatieve stijging van de CO₂-emissies. Kernenergie kent de trade-off van (een toenemende hoeveelheid) hoogradioactief afval. Daarnaast is er nog de trade-off tussen voorzieningszekerheid vanuit Nederlands perspectief en vanuit een Europees perspectief. Extra inzet van Nederlands aardgas kan gunstig uitwerken voor Europese energievoorzieningszekerheid, maar leidt in Nederland tot een snellere uitputting van de eigen aardgasreserves.

Maar er zijn, naast beperking van de risico's van klimaatverandering, ook verschillende baten verbonden met klimaatbeleid. Zo is bijvoorbeeld de reductie van emissies van verschillende luchtverontreinigende stoffen door klimaatmaatregelen een belangrijk nevenvoordeel van klimaatbeleid.

Referenties

- Bollen, J.C., A.J.G. Manders en M. Mulder (2004) Four Futures for Energy Markets and Climate Change. CPB/RIVM, Den Haag/Bilthoven.
- Boonekamp, P.G.M., A. Gijzen en H.H.J. Vreuls (2004a) Gerealiseerde energiebesparing 1995-2002. ECN-C--04-016; RIVM-rapport nr. 773001027, ECN/MNP/SenterNovem, Petten/Bilthoven/Utrecht.
- Boonekamp, P.G.M., B.W. Daniels, A.W.N. van Dril, P. Kroon, J.R. Ybema en R.A. van den Wijngaart (2004b) Sectoral CO2 Emissions in the Netherlands up to 2010. Update of the Reference Projection for Policy-making on Indicative Targets. ECN/RIVM, Petten/Bilthoven.
- Boonekamp, P.G.M., A. Gijzen en H.H.J. Vreuls (2006) Gerealiseerde energiebesparing 1995-2004. Conform Protocol Monitoring Energiebesparing. Rapport in voorbereiding, ECN/MNP/SenterNovem, Petten/Bilthoven/Utrecht.
- CBS (2003) De Nederlandse Energiehuishouding: Jaarcijfers 2002. CBS, Den Haag.
- CBS (2006) Productie duurzame energie stijgt flink. Webmagazine 20 februari 2006, CBS, <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bedrijfsleven/energie-water/publicaties/artikelen/2006-1887-wm.htm>.
- ECN/MNP (2005) Referentieramingen energie en emissies 2005-2020. ECN-C--05-018, RIVM-rapport nr. 773001031, ECN/MNP, Petten/Bilthoven.
- ECN (2006) Energie in Nederland. www.energie.nl, informatie geraadpleegd op 21 juni 2006. ECN, Petten.
- EZ (2003) Olie en Gas in Nederland: Jaarverslag 2002. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- EZ (2005) Nu voor Later. Energierapport 2005. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Harmsen, H. en M. Menkveld (2005) Het EZ-beleid ter bevordering van een duurzame energiehuishouding. Publicatie BS: ECN-C--05-068, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
- Hilderink, H.B.M., H. den Otter en A.H. de Jong (2004) Scenario's voor huishoudensontwikkelingen in Nederland. MNP-rapport nr. 550012005, CBS, MNP, ABF, RPB en CPB, Bilthoven.
- Huizinga, F. en B. Smid (2004) Vier vergezichten op Nederland, productie, arbeid en sectorstructuur in vier scenario's tot 2040. Bijzondere Publicatie 55, Centraal Planbureau, Den Haag.
- IEA (2002) World Energy Outlook 2002. International Energy Agency OECD, Parijs.
- IEA (2005) World Energy Outlook 2005. International Energy Agency OECD, Parijs.
- Jong, A.H. de en H.B.M. Hilderink (2004) Lange-termijn bevolkingsscenario's voor Nederland. CBS, MNP, RPB, CPB en NiDi, Den Haag.
- Joosen, S., D. de Jager, W. Graus en W.J.A. Ruijgrok (2004) Duurzame energie in Nederland 2002. Bijdrage aan de energievoorziening 1990-2002. Rapport nr. EEP-2011, Ecofys/KEMA, Utrecht/Arnhem.

- Menkveld, M., B.C. van der Zwaan, E. van Thuijl, G.H. Martinus, H. Jeeninga, H.C. de Coninck, L.W.M. Beurskens, P. Lako en T.J. de Lange (2004) Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid, Factsheets. ECN, Petten, ECN-C-04-020.
- Mooij, R. de en P. Tang (2003) Four Futures of Europe. Bijzondere Publicatie 49, Centraal Planbureau, Den Haag.
- RPB (2003) Energie is ruimte. Ruimtelijk Planbureau, Den Haag.
- Seebregts, A.J. en C.H.Volkers (2005) Monitoring Nederlandse elektriciteitscentrales 2000-2004. Publicatie BS: ECN-C--05-090, ECN, Petten.
- TK (2005) Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 ten behoeve van de stimulering van de milieukwaliteit van de elektriciteitsproductie. Vergaderjaar 2004-2005, 28665 nr. 56, Tweede Kamer, Den Haag.
- VROM (2005) Evaluatienota Klimaatbeleid 2005. Onderweg naar Kyoto. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.