

# advies

08  
02

Kernenergie en een duurzame  
energievoorziening

**SER**

Sociaal-  
Economische  
Raad

# advies

## Kernenergie en een duurzame energievoorziening

Uitgebracht aan de Ministers van Economische Zaken en van  
Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Publicatienummer 2, 14 maart 2008

## Sociaal-Economische Raad

De Sociaal-Economische Raad (SER) adviseert de regering en het parlement over de hoofdlijnen van het te voeren sociale en economische beleid en over belangrijke wetgeving op sociaal-economisch terrein. Daarnaast is de SER belast met bestuurlijke en toezichthoudende taken met betrekking tot de publiekrechtelijke bedrijfsorganisatie (productschappen en bedrijfsschappen). De raad is voorts betrokken bij de uitvoering van enkele wetten.

De SER is in 1950 ingesteld bij de Wet op de bedrijfsorganisatie. Zitting in de SER hebben vertegenwoordigers van ondernemers en van werknemers alsmede onafhankelijke deskundigen. De raad is een onafhankelijk orgaan dat door het gezamenlijke Nederlandse bedrijfsleven wordt gefinancierd.

De SER wordt bij de uitvoering van zijn functies bijgestaan door een aantal vaste en tijdelijke commissies. Enkele vaste commissies zijn onder bepaalde voorwaarden ook zelfstandig werkzaam.

De belangrijkste adviezen die de SER uitbrengt, worden in boekvorm uitgegeven. Zij zijn tegen kostprijs verkrijgbaar. Een overzicht van recente publicaties vindt u achterin. Een uitgebreider overzicht wordt op aanvraag gratis toegezonden. Het maandblad SER-bulletin geeft uitgebreid nieuws en informatie over de SER. De SER beschikt ook over een eigen site op internet, met onder meer de samenstelling van de raad en zijn commissies, persberichten en het laatste nieuws.

© 2008, Sociaal-Economische Raad

Alle rechten voorbehouden.

Overname van teksten is toegestaan onder bronvermelding.

Sociaal-Economische Raad

Bezuidenhoutseweg 60

Postbus 90405

2509 LK Den Haag

Telefoon: 070 - 3 499 499

Telefax: 070 - 3 832 535

E-mail: [ser.info@ser.nl](mailto:ser.info@ser.nl)

Internet: [www.ser.nl](http://www.ser.nl)

ISBN 90-6587-968-4 / CIP

# Inhoudsopgave

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Kernpunten van het advies</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Samenvatting</b>   | <b>11</b> |
| <b>1 Inleiding</b>  | <b>21</b> |
| 1.1 Achtergrond   | 21        |
| 1.2 Probleem- en vraagstelling  | 24        |
| 1.3 Opbouw  | 27        |
| <b>2 Voor- en nadelen van kernenergie, kolen en aardgas</b>   | <b>29</b> |
| 2.1 Afwegingskader  | 29        |
| 2.2 Betrouwbare elektriciteitsvoorziening   | 32        |
| 2.2.1 Voorraden   | 32        |
| 2.2.2 Productiecapaciteit   | 36        |
| 2.2.3 Infrastructuur  | 38        |
| 2.3 Veilige energievoorziening  | 39        |
| 2.3.1 Kolen en gas  | 39        |
| 2.3.2 Kernenergie   | 41        |
| 2.4 Schone energievoorziening   | 46        |
| 2.4.1 Algemeen  | 46        |
| 2.4.2 Milieuaspecten van uraniumwinning   | 46        |
| 2.4.3 CO <sub>2</sub> -uitstoot gedurende de levenscyclus van de elektriciteitsproductie                                      | 47        |
| 2.5 Betaalbare energievoorziening   | 49        |
| 2.5.1 Kosten van grootschalige energiecentrales   | 49        |
| 2.5.2 Betaalbaarheid  | 52        |
| 2.6 Andere sociaal-economische aspecten   | 54        |
| 2.6.1 Algemeen  | 54        |
| 2.6.2 Industriële en exportkansen van nieuwe energietechnologieën   | 55        |
| 2.6.3 Verdringing tussen kernenergie en hernieuwbare energie?   | 56        |
| 2.6.4 Macro-economische effecten  | 58        |
| 2.7 Belangrijkste conclusies  | 58        |
| <b>3 Oordeel van de raad</b>  | <b>61</b> |
| 3.1 Kernenergie tegen de achtergrond van het energietransitiebeleid   | 61        |
| 3.2 Fossiele brandstoffen en kernenergie in de transitiefase  | 64        |
| 3.2.1 Elektriciteitsopwekking door basislastcentrales   | 64        |
| 3.2.2 Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een betrouwbare energievoorziening? | 65        |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.2.3 | Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een schone en veilige energievoorziening?           | 67 |
| 3.2.4 | Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een betaalbare en toegankelijke energievoorziening? | 70 |
| 3.3   | Tot slot: de rol van kernenergie in de ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening  | 72 |

## Bijlagen

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| <b>1.</b> | <b>Trends en beleidsmatige ontwikkelingen</b>                                   | <b>83</b>  |
| 1         | Energie- en klimaatproblematiek in brede context                                | 83         |
| 1.1       | Mondiaal energiesysteem onder druk  | 83         |
| 1.2       | Gevolgen voor klimaatverandering  | 84         |
| 1.3       | Onzekerheden  | 84         |
| 1.4       | Alternatieve scenario's   | 85         |
| 2         | Nationale en internationale ontwikkelingen op elektriciteitsgebied              | 86         |
| 2.1       | Liberalisering en beleidsruimte overheden                                       | 86         |
| 2.2       | Elektriciteitsproductievermogen   | 87         |
| 3         | Kabinetsbeleid  | 89         |
| 3.1       | Doelstellingen  | 89         |
| 3.2       | Geraamde effecten   | 92         |
| 3.3       | Beoordeling door ECN en MNP   | 94         |
| 4         | EU-energie- en klimaatbeleid  | 96         |
| 4.1       | Hoofddoelstellingen   | 96         |
| 4.2       | Terugdringing emissies broeikasgassen   | 96         |
| 4.3       | Energie-efficiëntie, hernieuwbare energie en biobrandstoffen                    | 97         |
| 4.4       | Fossiele brandstoffen en kernenergie  | 97         |
| 4.5       | Instrumentarium   | 98         |
| 5         | Conclusies  | 99         |
| <b>2.</b> | <b>Samenstelling van de ad hoc-Commissie Toekomstige<br/>Energievoorziening</b> | <b>101</b> |



## KERNPUNTEN



## Kernpunten van het advies

- 1 De SER streeft naar een duurzame energievoorziening en hanteert daarbij vier criteria: betrouwbaarheid, milieubelasting, veiligheid en betaalbaarheid. In dit licht onderschrijft de raad de kabinetsdoelstelling uit het Coalitieakkoord van 2007 dat Nederland in deze kabinetsperiode grote stappen zet in de transitie naar één van de duurzaamste en efficiëntste energievoorzieningen in Europa in 2020.
- 2 Om de klimaatdoelstellingen te halen, moeten de inspanningen op het gebied van energiebesparing en hernieuwbare energie aanzienlijk worden opgevoerd. Verder moet in experimenten worden geïnvesteerd gericht op verduurzaming van geavanceerde vormen van kolen- en gasgestookte elektriciteitsopwekking ('schoon fossiel').
- 3 Ook als het de komende decennia lukt op grote schaal energiebesparing door te voeren en meer hernieuwbare energie in te zetten, dan nog zal een groot deel van de elektriciteit door fossiele brandstoffen worden opgewekt. De centrale vraag voor de commissie Toekomstige Energievoorziening was of er in het proces van verduurzaming van de energievoorziening ook een rol is weggelegd voor meer kernenergie.
- 4 In opdracht van de SER heeft ECN een factfinding-studie uitgevoerd. Dit rapport heeft geleid tot een gezamenlijk inzicht in de stand van zaken rondom kernenergie en de achterliggende technologie. In de reactie op het ECN-rapport is duidelijk geworden dat hierover binnen de SER verschillend wordt gedacht. Sommige partijen hebben aangegeven dat kernenergie op dit moment niet voldoet aan de door hen gewenste randvoorwaarden. Het debat over de toekomstige rol van kernenergie moet echter naar aller opvatting worden gezien in het licht van het bredere ontwikkelingsperspectief van een duurzame elektriciteitsopwekking. Hierbij staan vraagstukken over klimaatverandering, voorzieningszekerheid, veiligheid en betaalbaarheid centraal. Tegen deze achtergrond zijn de partijen in de SER bereid dit debat op een zakelijke en open wijze te voeren.
- 5 Marktpartijen moeten in grote onzekerheid beslissen over omvangrijke investeringen in nieuwe elektriciteitscentrales. Bovendien leiden investeringen pas na vele jaren tot daadwerkelijke elektriciteitsproductie. Bij een investeringsbeslissing spelen naast de verwachte elektriciteitsvraag en een rendementsinschatting onder meer de veronderstelde effecten van het Nederlandse en Europese energie- en klimaatbeleid (ontwikkeling van de CO<sub>2</sub>-prijs) en de ingeschatte prijsontwikkeling van hernieuwbare energie. Voor het energie-intensieve bedrijfsleven is een betaalbare, betrouwbare en CO<sub>2</sub>-arme stroomleverantie van groot belang voor de internationale concurrentiepositie.
- 6 Een eerste verkenning van de plussen en minnen van de inzet van kolen, gas en kernenergie voor (grootschalige) elektriciteitsopwekking leert dat op dit moment geen van deze energiedragers gelijktijdig aan alle criteria van duurzaamheid voldoet.
- 7 De SER heeft er kennis van genomen dat het kabinet in 2010 een evaluatie van het klimaat- en energiebeleid wil uitvoeren om te bezien hoe de kabinetsdoelstellingen voor 2020 kunnen worden gerealiseerd. De raad vindt 2010 een logisch moment voor



een brede herijking van het klimaat- en energiebeleid. Bij die herijking moet het kabinet een inschatting maken van mogelijkheden, risico's en randvoorwaarden van de verschillende energiedragers in het licht van zowel de voortschrijdende technologische ontwikkelingen als de doelstellingen en het instrumentarium van het klimaat- en energiebeleid.

- 8 Tegen deze achtergrond beveelt de SER het kabinet aan om:
- bij de herijking van het klimaat- en energiebeleid in 2010 alle opties voor elektriciteitsopwekking serieus en op een gelijkwaardige manier op basis van de vier duurzaamheidscriteria op hun wenselijkheid te laten onderzoeken, met inbegrip van de mogelijkheden, specifieke risico's en randvoorwaarden van de verschillende energiedragers<sup>1</sup>.
  - maatschappelijke organisaties in de gelegenheid te stellen vanuit hun kennis en inzichten opvattingen rondom de herijking kenbaar te maken, zodat in 2010 inzicht bestaat in het maatschappelijk draagvlak voor de verschillende opties in de brede politieke afweging.
  - rondom de eventuele uitbreiding van kernenergie in het bijzonder de volgende randvoorwaarden in de beschouwing te betrekken: de uraniumwinning, de afvalproblematiek, de veiligheid, de nucleaire proliferatie en de wijze van kostendoorrekening. De exacte invulling en de weging hiervan is uiteraard de uitkomst van politieke besluitvorming.
  - de door de SER bepleite analyse onderdeel te laten uitmaken van de besluitvorming van het kabinet en de uitkomsten hiervan te vertalen in transparante en consistente randvoorwaarden en vergunningseisen die aan alle energieopties gesteld zullen worden. Dat geldt voor de eventuele bouw van een kerncentrale net zo goed als voor nieuwe kolen- of gasgestookte elektriciteitscentrales of een windpark op zee.

---

1 De milieuorganisaties merken hierbij het volgende op: zij constateren dat sommige partijen in reactie op de feitenstudie van ECN hebben aangegeven dat kernenergie op dit moment niet voldoet aan de door hen gestelde randvoorwaarden (zie kaderteksten, op de pagina's 16-17 en 78-79). Voor de milieuorganisaties heeft dit ertoe geleid dat zij het standpunt betrekken dat op basis van de verwachte technologische ontwikkelingen, zoals ook blijkt uit feitenstudie van ECN, zij geen aanleiding zien om de uitbreiding van kernenergie over twee jaar te heroverwegen. Een hernieuwde afweging van de rol van kernenergie is voor deze organisaties pas aan de orde indien de ontwikkelingen in de technologie daar aanleiding toe geven en duurzame alternatieven zijn benut.



SAMENVATTING



# Samenvatting

## *Achtergrond*

De ontwikkelingen op het gebied van energie en klimaat hebben nationaal en internationaal geleid tot discussies over de toekomstige rol van kernenergie in de elektriciteitsvoorziening. Belangrijke overwegingen hierbij zijn de voorzieningszekerheid, de beperkte uitstoot van broeikasgassen en de kostprijs. Onder meer door veiligheidsrisico's, de afvalproblematiek en proliferatierisico's is kernenergie op dit moment echter net zo min als kolen en gas een duurzame bron van elektriciteitsopwekking; dat geldt ook voor diverse manieren om hernieuwbare energiebronnen te gebruiken.

Het vierde kabinet-Balkenende heeft bij zijn aantreden aangegeven de bouw van nieuwe kerncentrales in deze kabinetsperiode uit te sluiten. Het kabinet heeft tevens aangekondigd zich mede op basis van het voorliggende SER-advies te beraden op de gewenste brandstofmix en de rol van kernenergie daarin.

## *Centrale uitgangspunten*

Startpunt van de redenering ligt bij het advies *Naar een duurzame en kansrijke energievoorziening* (06/10). De SER streeft naar een duurzame energievoorziening. Dat is een maatschappelijk ontwikkelingsproces waarin steeds opnieuw een optimale balans moet worden gevonden tussen de verschillende elementen van duurzaamheid: leverings- en voorzieningszekerheid (betrouwbaarheid), minimale milieubelasting (schoon en veilig) en betaalbaarheid (voor burger en bedrijf). Dat betekent volgens de SER:

- Een maximale en kosteneffectieve inzet van energie-efficiencyverbetering en energiebesparingsmogelijkheden. In het licht van het huidige niveau van energiebesparing (0,7 procent per jaar) zijn aanzienlijke extra financiële en technologische inspanningen en nieuwe beleidsmaatregelen nodig om de beoogde besparingsdoelstelling (2 procent per jaar) in het vizier te krijgen.
- Substantiële investeringen in verdere ontwikkeling, opschaling en uitrol van hernieuwbare energie. Het vereist een langjarig zeer stevig pakket van maatregelen om het huidige aandeel (2,4 procent in 2005) fors te verhogen.
- Een geavanceerd gebruik van fossiele bronnen (kolen en gas) met het oog op de terugdringing van de uitstoot van broeikasgassen ('schoon fossiel').

De SER onderschrijft de doelstelling uit het Coalitieakkoord van 7 februari 2007 dat "Nederland de komende kabinetsperiode grote stappen neemt in de transitie naar één van de duurzaamste en efficiëntste energievoorzieningen in Europa in 2020". Dit beleid past binnen de uitspraak van de Europese Unie in Bali dat ten opzichte van 1990 de gezamenlijke emissiereducties van broeikasgassen in ontwikkelde landen zouden moeten liggen tussen 25 en 40 procent in 2020 en tussen 60 en 80 procent in 2050. Verder heeft de Europese Raad voorgesteld in de lidstaten een breed debat te voeren tussen alle belang-

hebbende partijen over de mogelijkheden en risico's van kernenergie. Dit advies beoogt hier mede invulling aan te geven.

#### *Afwegingen op weg naar een duurzame energievoorziening*

De omvorming van het elektriciteitsproductiepark, met veel grootschalige centrales, in duurzame richting is een proces dat vele decennia in beslag zal nemen. Ook als het de komende decennia lukt op grote schaal energiebesparing door te voeren en meer hernieuwbare energie in te zetten, dan nog zal een groot deel van de elektriciteit door fossiele brandstoffen worden opgewekt. De CO<sub>2</sub>-uitstoot zal echter drastisch teruggedrongen moeten worden, anders wordt de EU-doelstelling om de temperatuurstijging te beperken tot maximaal 2 graden Celsius onhaalbaar. Om de capaciteit van de elektriciteitsproductie op de middellange termijn op peil te houden, moet op korte termijn naast een grotere inzet van hernieuwbare bronnen (vooral wind en duurzame biomassa) ook in verduurzaming van kolen- en gasgestookte energieopwekking ('schoon fossiel') worden geïnvesteerd. De centrale vraag voor de commissie Toekomstige Energievoorziening was of, gegeven het belang van een betrouwbare, CO<sub>2</sub>-arme, veilige en betaalbare elektriciteitsvoorziening, ook de inzet van meer kernenergie nodig zou zijn.

In de afweging tussen betrouwbaar, schoon en veilig, en betaalbaar scoort vooralsnog geen enkele energiebron op alle onderdelen positief. Toegespitst op de vergelijking tussen kolen, gas en kernenergie is het algemene beeld van de plussen en minnen als volgt.

- Bij *kolen* zijn de enorme winbare voorraden in grote delen van de wereld het belangrijkste pluspunt. In de mijnbouw vallen jaarlijks echter vele duizenden doden. Daarnaast is de grote CO<sub>2</sub>-uitstoot een belangrijk knelpunt, zij het dat bijstook van duurzame biomassa (indien voldoende beschikbaar) tot emissiereducties leidt. Een stijgende CO<sub>2</sub>-prijs maakt elektriciteit uit kolen- (en gas)gestookte centrales duurder. Grootschalige toepassing van de technologie om de uitstoot van CO<sub>2</sub> uit kolencentrales af te vangen en op te slaan (CCS) bevindt zich voorlopig nog in de fase van proefprojecten, kent specifieke veiligheidsrisico's en juridische vragen. CCS is bovendien prijsverhogend en heeft een negatief effect op het energetisch rendement van centrales.
- Bij *aardgas* speelt de CO<sub>2</sub>-problematiek eveneens, zij het dat gasgestookte elektriciteitscentrales veel minder CO<sub>2</sub> uitstoten (ongeveer de helft) dan kolengestookte centrales. Ook gascentrales lenen zich voor CCS-toepassing. Met het geleidelijk opraken van de Nederlandse gasvoorraad, wordt Nederland (en zijn buurlanden) de komende decennia afhankelijker van importen deels uit politiek instabiele landen. Bij gaswinning in verre buitenland (zoals Rusland) gaat veel aardgas verloren door gaslekken bij exploratie en transport, hetgeen in een toename van het broeikas effect resulteert. Ook zijn er bij aanlanding van vloeibaar aardgas veiligheidsrisico's. Het risico van grotere afhankelijkheid van instabiele regio's kan deels worden gemitigeerd door een groeiende inzet van meer vloeibaar en, zij het vooralsnog prijzig, 'groen' gas. Een voordeel van gasgestookte centrales is de grote flexibiliteit. Dit is belangrijk als de

betekenis van weersafhankelijke energiedragers (vooral wind) toeneemt. Een nadeel is de relatief hoge en volatiele prijs.

- Bij kernenergie is de relatief geringe CO<sub>2</sub>-uitstoot gedurende de levenscyclus een belangrijk milieuvoordeel. Er zijn de eerstkomende decennia geen leveringsproblemen met betrekking tot uranium. De productie van kernstroom wordt gekenmerkt door grote initiële investeringen en lage variabele kosten. Door de ongevallen met kerncentrales in Harrisburg (1979) en Tsjernobyl (1986) richt de maatschappelijke aandacht zich in eerste instantie vooral op de veiligheidsrisico's van kernreactoren. De laatste jaren is er ook de angst voor misbruik door nucleaire proliferatie. Bij de afvalproblematiek speelt het ontstaan van radioactief afval gedurende de mijnbouw en ook de opslag en eindberging van hoogradioactief afval. De kerncentrale van Borssele produceert jaarlijks 1,4 m<sup>3</sup> hoogradioactief afval en 2 m<sup>3</sup> samengeperste hoogradioactieve metaaldelen die onder gecontroleerd toezicht voor maximaal 100 jaar in een speciaal hiertoe ontworpen en ingerichte opslagbunker (HABOG) worden opgeslagen. Vervolgens zal dit afval opgeslagen worden in een ondergrondse berging. De ondergrondse berging moet naar verwachting zeker 1000 jaar intact blijven om de grootste negatieve effecten te voorkomen. Uiteindelijk duurt het zo'n 100.000 jaar voordat het hoog-radioactieve afval het radioactiviteitsniveau bereikt van natuurlijk uranium. In Europa is nog nergens een ondergrondse eindberging in bedrijf; wel is er in Finland een in aanbouw.

Hoewel de kans op een ongeluk in een kerncentrale zeer klein is, kunnen de effecten enorm zijn, zowel in termen van aantallen slachtoffers als door langdurige radioactieve straling van grote gebieden. De veiligheidsrisico's van kernenergie zijn wezenlijk, maar tijdens de bedrijfsvoering van kerncentrales de afgelopen decennia sterk verminderd. Bij de kernreactoren die nu op de markt zijn, streeft men ernaar de reactorveiligheid te waarborgen via principes van actieve en passieve veiligheid. Actieve systemen staan onder normaal bedrijf *stand-by* en worden pas geactiveerd als dit voor de veiligheid nodig is. Nieuwe reactoren die thans op de markt komen, maken meer van passieve veiligheidssystemen gebruik. Passieve systemen maken gebruik van altijd aanwezige krachten, zoals de zwaartekracht, die ervoor zorgen dat veiligheidssystemen – zonder tussenkomst van mensen – ingrijpen als dat nodig is. Deze systematiek vermindert de kans op ongelukken als gevolg van een eventuele terroristische aanslag.

Marktpartijen moeten in grote onzekerheid beslissen over omvangrijke investeringen in nieuwe elektriciteitscentrales. Bovendien leiden investeringen pas na vele jaren tot daadwerkelijke elektriciteitsproductie. Bij een investeringsbeslissing spelen, naast de verwachte elektriciteitsvraag en een rendementsinschatting, onder meer de veronderstelde effecten van het Nederlandse en Europese energie- en klimaatbeleid (ontwikkeling van de CO<sub>2</sub>-prijs) en de technologische ontwikkelingen in verband met de marktrijpheid van hernieuwbare energie.

Bij het energie-intensieve bedrijfsleven bestaat de wens stroom te kunnen betrekken van kerncentrales, aangezien dan prijzen kunnen worden gerealiseerd die minder gevoelig zijn voor prijsfluctuaties van fossiele brandstoffen. Daarmee verwacht de energie-intensieve industrie een betere concurrentiepositie te verwerven ten opzichte van vergelijkbare industrieën in omliggende landen.

#### *Herijking klimaat- en energiebeleid in 2010*

De SER heeft er kennis van genomen dat het kabinet in 2010 een evaluatie van het klimaat- en energiebeleid wil uitvoeren om te bezien hoe de kabinetsdoelstellingen voor 2020 kunnen worden gerealiseerd. De raad vindt 2010 een logisch moment voor een brede herijking van het klimaat- en energiebeleid. Bij die herijking moet het kabinet een inschatting maken van mogelijkheden, risico's en randvoorwaarden van de verschillende energiedragers in het licht van zowel de voortschrijdende technologische ontwikkelingen als de doelstellingen en het instrumentarium van het klimaat- en energiebeleid.

De SER beveelt het kabinet aan, nu het kabinet voornemens is de herijking uit te voeren, daarbij alle opties serieus en op een gelijkwaardige manier op hun maatschappelijke wenselijkheid te laten onderzoeken op basis van de toetsingscriteria betrouwbaarheid, milieubelasting, veiligheid en betaalbaarheid, met inbegrip van de mogelijkheden, specifieke risico's en randvoorwaarden van de verschillende energiedragers<sup>1</sup>. Maatschappelijke organisaties moeten in de gelegenheid worden gesteld vanuit hun kennis en inzichten opvattingen rondom de herijking kenbaar te maken, zodat in 2010 inzicht bestaat in het maatschappelijk draagvlak voor de verschillende opties in de brede politieke afweging.

De door de SER bepleite analyse moet onderdeel uitmaken van de besluitvorming van het kabinet en zich vertalen in transparante en consistente randvoorwaarden en vergunnings-eisen die aan verschillende energieopties gesteld zullen worden. Potentiële investeerders zullen op basis hiervan beslissingen kunnen nemen. Specifieke voorwaarden gelden behalve voor kernenergie ook voor andere energiedragers, bijvoorbeeld ten aanzien van CCS, waarbij onder meer vraagstukken spelen rondom de verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden van de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub>. Deze opslag zal eeuwigdurend moeten zijn, mede afhankelijk van de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die mineraliseert, oplost in water, of zich bindt aan de ondergrond. Bij de inzet van meer biomassa in kolengestookte centrales is volop in discussie welke vormen van biomassa wenselijk zijn. Rekening houdend

---

1 De milieuorganisaties merken hierbij het volgende op: zij constateren dat sommige partijen in reactie op de feitenstudie van ECN hebben aangegeven dat kernenergie op dit moment niet voldoet aan de door hen gestelde randvoorwaarden (zie kaderteksten, op de pagina's 16-17 en 78-79). Voor de milieuorganisaties heeft dit ertoe geleid dat zij het standpunt betrekken dat op basis van de verwachte technologische ontwikkelingen, zoals ook blijkt uit feitenstudie van ECN, zij geen aanleiding zien om de uitbreiding van kernenergie over twee jaar te heroverwegen. Een hernieuwde afweging van de rol van kernenergie is voor deze organisaties pas aan de orde indien de ontwikkelingen in de technologie daar aanleiding toe geven en duurzame alternatieven zijn benut.

met de hele levenscyclus blijkt immers dat lang niet alle vormen van biomassa bijdragen aan de beoogde verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening.

Een zorgvuldige formulering van specifieke randvoorwaarden voor kernenergie is van belang voor de maatschappelijke acceptatie van een eventuele uitbreiding hiervan. Bij de inzet van kernenergie hebben de randvoorwaarden vooral betrekking op de uraniumwinning, de afvalproblematiek, de veiligheid, nucleaire proliferatie en de wijze van kosten-doorrekening. Voor sommige partijen in de commissie van voorbereiding voldoet de huidige technologische stand van kernenergie niet aan de door hen gestelde uitgangspunten en randvoorwaarden, zoals in hun commentaar op het ECN-rapport *Fact Finding Kernenergie* is gebleken (zie de kadertekst).

Van belang voor de politieke en maatschappelijke discussie over de verduurzaming van de elektriciteitsopwekking is niet een geïsoleerd standpunt over kernenergie, maar het bredere ontwikkelingsperspectief van elektriciteitsopwekking waarbinnen een eventuele uitbreiding van kernenergie in Nederland moet worden geplaatst. Dat perspectief loopt zeker tot de periode 2020-2030. Tussen nu en deze periode hebben energiebesparing en hernieuwbare energie de hoogste prioriteit, zullen potentiële knelpunten in CCS-toepassing moeten worden aangepakt, zullen door leercurves de kosten van hernieuwbare energie dalen en zal in een aantal landen de ontwikkeling en bouw van een derde generatie kerncentrales zijn beslag krijgen.

De politieke en maatschappelijke discussie gaat over de randvoorwaarden en vergunningseisen die de overheid stelt bij elektriciteitsopwekking. Dat geldt voor de bouw van een kerncentrale, maar ook voor kolen- of gasgestookte centrales of een windpark op zee. Uiteindelijk zijn de marktpartijen aan zet. Mocht uitbreiding van kernenergie mogelijk worden, dan zullen investeerders op basis van hun eigen 'business case' besluiten over al dan niet investeren in meer Nederlands kernvermogen.

### Opvattingen naar aanleiding van het ECN-rapport *Fact Finding Kernenergie*

#### *Opvattingen van de ondernemersorganisaties*

De ondernemersorganisaties VNO-NCW, MKB-Nederland en LTO nemen als vertrekpunt van hun analyse de sterk uiteenlopende groeiscenario's van het elektriciteitsverbruik in samenhang met het maximaal haalbare ten aanzien van duurzame energie en energiebesparing. Dit leidt tot de conclusie dat het aandeel fossiele brandstoffen zeker tot 2050 een belangrijk aandeel houdt in de energievoorziening. Het is van maatschappelijk en economisch groot belang dat bij de energievoorziening een optimale balans tussen betrouwbaarheid, voorzieningszekerheid, CO<sub>2</sub>-reductie en betaalbaarheid gevonden wordt. Het is daarom noodzakelijk dat kernenergie deel uitmaakt van de toekomstige energievoorziening.



*Opvattingen van FNV en CNV*

FNV en CNV constateren dat kernenergie risico's kent met betrekking tot de mijnbouw, de extreem lange duur van radioactief kernafval, het probleem van de eindberging, de ernst van de risico's van mogelijke reactorongelukken, de mogelijkheid van terroristische aanslagen, terwijl anderzijds de effecten met betrekking tot de werkgelegenheid en prijzen geen directe aanleiding geven om het gebruik van kernenergie te stimuleren. Tegelijkertijd zijn er ontwikkelingen die aanvullend gebruik van kernenergie in een nieuw daglicht stellen: de CO<sub>2</sub>-uitstoot, het opraken van aardgas in Nederland, de lagere voorzieningszekerheid en de stijgende en sterk fluctuerende prijzen van fossiele brandstoffen.

Voor beide vakcentrales is uitbreiding van kernenergie alleen mogelijk als voorrang wordt gegeven aan hernieuwbare bronnen en als aan de volgende randvoorwaarden wordt voldaan: het verhogen van de efficiëntie van uraniumgebruik, publieke acceptatie van kernenergie (publieksvoorlichting en breed maatschappelijk debat), toepassing van inherente veiligheid, het terugbrengen van de levensduur van hoogradioactief nucleair afval door partitioning en transmutatie als verwijderingsmethode voor gebruikte splijtstof, een besluit over eindberging van radioactief afval voor het in gebruik nemen van een nieuwe kerncentrale, verkleining van het profileringsrisico door minder gebruik van splijtstof en versterken van internationaal toezicht; en het verdisconteren van externe kosten in kostprijs. Het is onzeker of en op welke termijn aan deze voorwaarden kan worden voldaan. Beide vakcentrales pleiten voor verdere ontwikkeling van de nucleaire technologie die een meer duurzame toepassing in de toekomst mogelijk maakt.

*Opvattingen van de MHP*

Volgens de MHP bestaat zowel onzekerheid over de omvang van de toekomstige Nederlandse energiebehoefte als over de wijze waarop de energieproductie in de toekomst georganiseerd zal zijn. Bij gebruik van bijvoorbeeld wind- en/of zonne-energie zou dat wel eens kleinschaliger/decentraler kunnen zijn dan momenteel het geval is. Voor de keuze van de energiemix in de genoemde transitieperiode betekent dit dat een te maken keuze dit soort ontwikkelingen niet mag blokkeren dan wel bemoeilijken. In dit opzicht hoeft in de MHP-visie het gebruik van kernenergie in de transitieperiode niet op voorhand te worden uitgesloten. Maar dit kan alleen onder de randvoorwaarde dat het gebruik daarvan als voldoende veilig voor mens en milieu wordt gekwalificeerd. Naar de huidige inzichten is dat het geval voor wat de (toekomstige) productie betreft. Over de veilige opslag van het radioactieve afval bestaat nog geen volledige zekerheid.

*Opvattingen van Stichting Natuur en Milieu en Vereniging Milieudefensie*

Tegen de tijd dat een extra kerncentrale in Nederland operationeel kan zijn (volgens Kema op zijn vroegst in 2023) zijn zonne-energie (achter de

meter) en wind op zee rendabel zonder subsidies. Volgens het ECN-rapport *Fact Finding Kernenergie* zijn er geen economische redenen voor uitbreiding van kernenergie in Nederland, omdat dit nauwelijks effect heeft op de elektriciteitsprijs. Ook het werkgelegenheidseffect is onzeker.

Kernenergie kan volgens de milieuorganisaties geen rol spelen in de overgang naar een duurzame energievoorziening zolang niet aan de volgende randvoorwaarden is voldaan:

- Duurzame opties zoals energiebesparing en hernieuwbare energie moeten maximaal zijn benut.
- Er mag geen kans bestaan dat radioactieve stoffen zich bij een ongeluk buiten het reactorgebouw verspreiden (inherente veiligheid) en een kerncentrale moet bestand zijn tegen terroristische aanslagen zoals een inslaand verkeersvliegtuig.
- De levensduur van gevaarlijk radioactief afval moet zijn teruggebracht van thans 100.000 jaar naar minder dan 300 jaar. De eindberging dient vooraf geregeld te zijn.
- Er moet technologie worden ingezet waarbij geen splijtstof ontstaat die geschikt is voor het maken van kernwapens.
- In de prijs van kernstroom dienen de (externe) kosten van non-proliferatie, beheer van opslagplaatsen, veiligheid, ontmanteling, verzekeringpremies voor ongelukken en eindberging te worden verdisconteerd en voor 100 procent gedekt te zijn.



A large, 3D, light-colored 'START' sign is mounted on a textured, greyish wall. The letters are thick and blocky, casting soft shadows. Overlaid on the right side of the sign is the word 'ADVIES' in a teal, sans-serif font. The background is a close-up of the wall's texture.

ADVIES



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

### *Een duurzame energievoorziening en de rol van kernenergie*

De toekomstige energievoorziening en de klimaatproblematiek staan sinds enige tijd wereldwijd bovenaan de politieke en maatschappelijke agenda. Het snel groeiende verbruik van fossiele brandstoffen, de hiermee gepaard gaande uitstoot van broeikasgassen en de toenemende afhankelijkheid van energie-invoer uit politiek instabiele regio's illustreren de noodzaak om de toekomstige energievoorziening in een duurzame richting om te buigen.

In de overgang naar een duurzame energievoorziening is behalve aandacht voor milieugerelateerde aspecten (uitstoot van broeikasgassen en andere milieuverontreinigende stoffen, uitputting van fossiele brandstofvoorraden, natuurschade) ook aandacht nodig voor de beschikbaarheid van energiebronnen op lange termijn (voorzieningszekerheid) en de betaalbaarheid hiervan voor burgers en bedrijfsleven.

De ontwikkelingen op het gebied van energie en klimaat hebben nationaal en internationaal onder meer geleid tot discussies over de toekomstige rol van kernenergie in de elektriciteitsvoorziening. Hierbij zijn vooral de voorzieningszekerheid, de beperkte uitstoot van broeikasgassen en de kostprijs belangrijke overwegingen. Tegen deze achtergrond stelt de Europese Raad van maart 2007 voor in de lidstaten een breed debat te voeren tussen alle belanghebbende partijen over de mogelijkheden en risico's van kernenergie. Ook het Internationale Energie Agentschap (IEA) doet in zijn *World Energy Outlook 2007* een dergelijke oproep.

### *Rol van kernenergie in de Nederlandse context*

Het besef dat het energiebeleid in duurzame richting moet worden omgebogen, heeft in Nederland geresulteerd in het energietransitiebeleid, dat in 2001 is gestart. De SER heeft eind 2006 over het energietransitiebeleid geadviseerd (zie kader). De raad onderschrijft de hoofdlijnen van dit beleid. Hij benadrukt dat een betrouwbare, schone, betaalbare en toegankelijke energievoorziening cruciaal is voor een moderne samenleving. Dat geldt zeker ook voor Nederland met zijn energie-intensieve economische structuur en open karakter. Ook kondigt de raad het voorliggende vervolgadvies over de rol van kernenergie in de toekomstige energievoorziening aan.

## SER-advies over het energietransitiebeleid

De realisatie van het energietransitiebeleid vraagt volgens de SER om een versterkte inzet van R&D en een versnelde toepassing van geavanceerde energie-technologieën en -systemen. Afhankelijk van de instrumentkeuze en externe ontwikkelingen (intensiteit van de beleidsinspanningen in de Europese Unie en andere landen, ontwikkeling van de energieprijs en de prijs van CO<sub>2</sub>-emissies) kan een serieuze aanpak van de energietransitie een fors beslag leggen op publieke middelen om de uitrol van nog niet rendabele technologieën en systemen te versnellen. Daarnaast moeten de beleidsinspanningen de traditionele departementale kokers doorsnijden. Niet in de laatste plaats vereist een succesvol energietransitiebeleid de gezamenlijke inbreng van alle betrokken partijen. Behalve de overheid moeten ook het bedrijfsleven (waaronder ook financiële instellingen), sociale partners, ondernemers- en brancheorganisaties, milieu-organisaties en consumenten(organisaties) ieder vanuit hun eigen verantwoordelijkheid hun steentje bijdragen.

De SER vindt dat een maximale en kosteneffectieve benutting van *energiebesparing* de hoogste prioriteit heeft op weg naar een duurzame energievoorziening. De raad bepleit daarom een besparingsdoelstelling van 2 procent per jaar. Aangezien op de lange en zeer lange termijn *hernieuwbare energie* de dominante energiedragers moet leveren, is het daarnaast cruciaal de komende jaren volop te investeren in de verdere ontwikkeling, opschaling en uitrol van hernieuwbare energie. In het licht van de verwachte energiebehoefte (nationaal en in Noordwest-Europa) op de korte en middellange termijn en de geplande vernieuwing van het bestaande vermogen van de elektriciteitsproductie blijft voorlopig echter ook nog de inzet van fossiele brandstoffen nodig. Gelet op de energie- en klimaatdoelstellingen is het noodzakelijk dit zo met zo min mogelijk milieuschade te doen (*schoon fossiel*).

Voor de toekomstige Nederlandse energievoorziening spelen de *ontwikkelingen in de Europese Unie* een belangrijke rol. In de eerste plaats gaat het hierbij om de inbedding van de Nederlandse energievoorziening in de Europese markt. De eerste stap bestaat uit de integratie van de Noordwest-Europese energiemarkt. In de tweede plaats is de relatie met het Europese energie- en klimaatbeleid van groot belang. De EU-doelstellingen en -afspraken bepalen voor een belangrijk deel de nationale beleidsruimte en de effectiviteit van het nationale beleidsinstrumentarium.

- Bron: SER (2006) *Advies Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid*, publicatienr. 06/10, Den Haag.

Het vierde kabinet-Balkenende heeft bij zijn aantreden aangegeven de bouw van nieuwe kerncentrales in deze kabinetsperiode uit te sluiten. Het kabinet wil zich over de gewenste brandstofmix – en de rol van kernenergie daarin – beraden na ommekomst van het advies

van de Algemene Energieraad (AER) over de toekomstige energiemix<sup>1</sup> en het voorliggende SER-advies over de toekomstige rol van kernenergie in de toekomstige elektriciteitsvoorziening<sup>2</sup>.

#### *Klimaat- en energiebeleid*

Het Nederlandse energie- en klimaatbeleid vindt plaats in een bredere Europese context. De Europese Unie hanteert de strategische klimaatdoelstelling van een gemiddelde mondiale temperatuurstijging tot maximaal 2 graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële niveau<sup>3</sup>. Ten opzichte van 1990 zouden de gezamenlijke emissiereducties van broeikasgassen in ontwikkelde landen moeten liggen in de orde van grootte van respectievelijk 25 à 40 procent in 2020 en 60 à 80 procent in 2050<sup>4</sup>. In afwachting van een wereldwijde klimaatovereenkomst voor de periode na 2012 gaat de EU de verplichting aan om de broeikasgasemissies in 2020 in ieder geval met ten minste 20 procent ten opzichte van 1990 te verminderen; het reductiepercentage wordt verhoogd tot 30 als andere rijke landen zich ook aan vergelijkbare reducties commiteren. Op 23 januari 2008 heeft de Europese Commissie een pakket van maatregelen voorgesteld om deze doelstellingen te realiseren. Ook stelt zij wettelijk afdwingbare doelstellingen per lidstaat voor.

Met het *Werkprogramma Schoon en Zuinig* geeft het huidige kabinet invulling aan het Nederlandse energie- en klimaatbeleid. Daarbij zijn de volgende doelstellingen voor het jaar 2020 geformuleerd:

- een energiebesparing van 2 procent per jaar;
- een verhoging van het aandeel duurzame energie tot 20 procent in 2020;
- een reductie van de uitstoot van broeikasgassen, bij voorkeur in Europees verband, van 30 procent in 2020 ten opzichte van 1990.

In aansluiting op zijn advies over het energietransitiebeleid onderschrijft de SER de doelstelling uit het Coalitieakkoord van 7 februari 2007 dat “Nederland de komende kabinetsperiode grote stappen neemt in de transitie naar één van de duurzaamste en efficiëntste energievoorzieningen in Europa in 2020.” De raad ondersteunt daarom voluit de kabinetsambitie om via maximale inspanningen op het terrein van energiebesparing en hernieuwbare bronnen (wind, zon, biomassa) de overgang naar een duurzame energievoorziening in te zetten.

---

1 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging: Op zoek naar een goede balans*, Den Haag, Algemene Energieraad, januari 2008.

2 Dit staat vermeld in het zogenaamde Duurzaamheidsakkoord tussen het kabinet en de werkgeversorganisaties VNO-NCW, MKB-Nederland en LTO Nederland (zie verder paragraaf 3.1 van bijlage 1).

3 Zie: Europese Raad (2007) *Conclusies van het Voorzitterschap*, 7224/1/07REV 1, Brussel, Raad van de Europese Unie, 8/9 maart. Zie in het bijzonder bijlage 1: Actieplan: Een energiebeleid voor Europa.

4 Dit heeft de Europese Unie verklaard op de Bali-conferentie over het toekomstige klimaatbeleid van december 2007.



## 1.2 Probleem- en vraagstelling

### *Naar een duurzame energievoorziening*

In een ideale situatie ontstaat een duurzame energievoorziening als: de gebruikte energiebronnen in voldoende mate beschikbaar zijn en dat ook nog voor zeer lange tijd blijven, de effecten van energiegebruik voor mens en natuur beperkt zijn, de levering betrouwbaar en veilig is, en afnemers (huishoudens en bedrijven) tegen een redelijke prijs toegang tot energie hebben en houden.

Zelfs in scenario's waarin maximaal wordt ingezet op energiebesparing en hernieuwbare energie zal het aandeel hernieuwbaar in het Nederlandse energieverbruik rond 2020/2030 nog steeds relatief beperkt zijn en maximaal 16 procent bedragen<sup>5</sup>. Wel is het denkbaar dat door continue energie-efficiency het totale energieverbruik min of meer zal stabiliseren of mogelijk zelfs licht zal dalen. Volgens een scenario met een zeer stringent pakket van nationale maatregelen en een voortvarend Europees energie- en klimaatbeleid zou rond 2030 een halvering van de emissie van broeikasgassen ten opzichte van 1990 mogelijk zijn<sup>6</sup>.

### *Kernenergie en elektriciteitsopwekking*

De discussie over de rol van kernenergie in de toekomstige energievoorziening spitst zich toe op de bijdrage die kernenergie kan leveren aan de elektriciteitsopwekking<sup>7</sup>. Een kerncentrale produceert zowel in de dal- als de piekuren elektriciteit (basislastcentrale). Kernenergie concurreert in Nederland met andere basislastcentrales, vooral elektriciteitscentrales die werken op basis van gas of kolen (deels met bijstook van biomassa). Daarnaast wordt stroom uit het buitenlandse basislastcentrales geïmporteerd, voornamelijk afkomstig van kolencentrales en kerncentrales. Voor de toekomst zijn er plannen voor een toenemende rol van windenergie. De vraag of uitbreiding van kernenergie in de toekomstige elektriciteitsvoorziening noodzakelijk en wenselijk is, laat zich tegen deze achtergrond toetsen op een aantal duurzaamheidscriteria: betrouwbaarheid, milieubelasting, veiligheid en betaalbaarheid.

In Nederland wordt op dit moment ruim 60 procent van de elektriciteit via gascentrales opgewekt; 24 procent is afkomstig van kolencentrales. Vooral nog bedroeg de nationale productie van hernieuwbare elektriciteit in 2007 slechts 6 procent tegen 6,5 procent

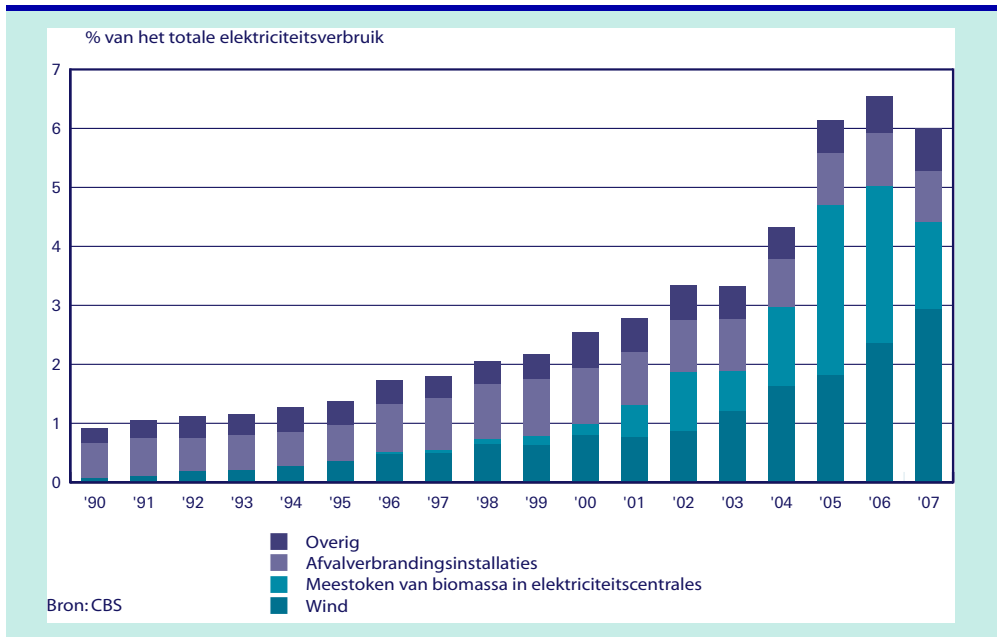
5 In de ECN/MNP-doorrekening van het werkprogramma Schoon en Zuinig is 16 procent hernieuwbare energie in 2020 het maximaal haalbare (zie verder paragraaf 3.2 van bijlage 2). In het groene energieplan van onder meer de FNV en enkele milieuorganisaties wordt 16 procent hernieuwbaar in 2030 gerealiseerd bij een lichte daling van het totale nationale energieverbruik. Zie: Rooijers, F.J. [et al.] (2007) *Green4sure: Het Groene Energieplan*, Hoofdrapport, Delft, CE Delft.

6 Rooijers, F.J. [et al.] (2007) *Green4sure*, op.cit.

7 Ongeveer een derde van het primaire energieverbruik in Nederland heeft betrekking op elektriciteit. Zie AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit., p. 39.

in 2006 (zie figuur 1.1)<sup>8</sup>. Dit betekent dat welk beleid er ook wordt gevoerd, er de eerstkomende decennia nog een enorm verschil zal blijven bestaan tussen de elektriciteitsvraag en een ecologisch duurzaam elektriciteitsaanbod.

figuur 1.1 Productie van hernieuwbare energie in Nederland, 1990-2007



Gegeven de verwachte groeiende elektriciteitsbehoefte (nationaal en in Noordwest-Europa) en de geplande vernieuwing van het bestaande vermogen van de elektriciteitsproductie zullen fossiele brandstoffen (gas en kolen) voornamelijk de dominante energiedragers blijven. De mate waarin dit gebeurt, is afhankelijk van de realisatie van de nieuwbouwplannen in de elektriciteitssector, van het tempo van energiebesparing en van de inzet van hernieuwbare energie.

De energiegerelateerde investeringen moeten zich de komende jaren behalve op energiebesparing en hernieuwbare bronnen daarom ook richten op een geavanceerd gebruik van kolen en gas ('schoon fossiel') met afvang en opslag van CO<sub>2</sub> (CCS). Hierbij wordt de milieuschade van het gebruik van fossiele brandstoffen voor energieopwekking geminimaliseerd. Het gaat in Nederland in het bijzonder om grootschalige CCS-toepassing in kolen- en gascentrales. CCS wordt op dit moment vrijwel alleen experimenteel toegepast; grootschalige toepassing zal waarschijnlijk pas na 2015 aan de orde zijn. Bij die experimenten gaat de aandacht uit naar technische, juridische, financiële en maatschappelijke aspecten van CCS. Proefprojecten vinden op diverse plaatsen in de wereld, waaronder Nederland, plaats. 'Schoon fossiel' wordt in dit verband als een overgangstechnologie gezien.

8 CBS (2008) Productie duurzame elektriciteit gedaald in 2007, *Webmagazine*, 20 februari 2008. Zie: [www.CBS.nl](http://www.CBS.nl).

Het verschil tussen de nationale elektriciteitsvraag en het ecologisch duurzame elektriciteitsaanbod zou verder (deels) kunnen worden gevuld door meer kernenergie. Bij de productie van kernenergie komen vrijwel geen broeikasgassen vrij; bovendien is stroomprijs van de huidige kerncentrales minder afhankelijk van de grondstofprijs en daardoor minder onvoorspelbaar dan de – gedurende de laatste jaren – volatiele prijs van kolen en gas. Belangrijke problemen van kernenergie vormen het afvalbeheer van hoogradioactief afval en de veiligheids- en proliferatierisico's. De weging van voor- en nadelen van kernenergie is bepalend voor de rol die deze energiedrager kan spelen in de overgangsfase naar een duurzame energievoorziening<sup>9</sup>. De afweging die bij uitbreiding van kernenergie aan de orde is, betreft een beoordeling van economische, sociale en milieurisico's van kernenergie ten opzichte van dergelijke risico's bij andere grootschalige vormen van elektriciteitsopwekking waarin kan worden geïnvesteerd.

#### Vraagstelling

Tegen deze achtergrond staat in dit advies beantwoording van de vraag centraal wat volgens de SER de rol van kernenergie in de toekomstige Nederlandse elektriciteitsvoorziening is. In lijn met het advies *Naar een kansrijke en duurzame energievoorziening* ondersteunt de SER voluit de kabinetsambitie om via het energietransitiebeleid een maximale inspanning op het terrein van energiebesparing en hernieuwbare bronnen (wind, zon, biomassa) te leveren. Dit beleid staat hier dan ook niet ter discussie. Uitgaande van het streven naar een duurzame energievoorziening zijn in het verlengde hiervan de volgende deelvragen aan de orde:

- Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een betrouwbare energievoorziening? Hierbij speelt onder meer de inpasbaarheid van meer kernenergie in de totale energie-infrastructuur.
- Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een schone en veilige energievoorziening? Hierbij is ook de vraag aan de orde of uitbreiding van kernenergie nodig is in het licht van de Nederlandse klimaatdoelstelling.
- Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een betaalbare en toegankelijke energievoorziening? Hier zijn onder meer de energiekosten voor de consument en het concurrentievermogen van het (energie-intensieve) bedrijfsleven in het geding.

Aangezien er veel onduidelijkheden en misverstanden bestaan over kernenergie heeft de SER het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) opdracht gegeven een factfinding-studie over kernenergie uit te voeren<sup>10</sup>. De studie gaat op basis van bestaande inzichten en literatuur onder meer in op de technische, milieukundige, sociaal-economische, politieke en maatschappelijke aspecten van kernenergie, nu en in de toekomst. De inzichten

9 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie: t.b.v. de SER-commissie Toekomstige Energievoorziening*, Petten, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)/ Nuclear Research & Consultancy Group (NRG), pp. 85-88.

10 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit.

uit het ECN-rapport spelen in dit advies een belangrijke rol bij de beantwoording van bovengenoemde vragen. Daarnaast heeft de raad volop gebruik gemaakt van de analyses in het AER-advies over de toekomstige brandstofmix<sup>11</sup>.

### 1.3 Opbouw

Het advies is als volgt opgebouwd.

In hoofdstuk 2 staan de voor- en nadelen van kernenergie centraal, uitgaande van het streven naar een duurzame elektriciteitsvoorziening. Dat gebeurt in een vergelijking tussen kernenergie en de twee concurrerende fossiele bronnen voor grootschalige elektriciteitsopwekking: kolen en gas. De criteria die bij deze beoordeling worden gehanteerd zijn betrouwbaarheid (voorzieningszekerheid), veiligheid, milieubelasting en betaalbaarheid. Daarnaast wordt ook aandacht besteed aan enkele sociaal-economische aspecten.

In hoofdstuk 3 spreekt de SER zijn oordeel uit over de hoofdvraag van dit advies: wat is de toekomstige rol van kernenergie in de ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening?

Bijlage 1 beschrijft relevante trends en het nationale en Europese energie- en klimaatbeleid.

Het advies is voorbereid door de ad hoc-Commissie Toekomstige Energievoorziening, waarvan de samenstelling is vermeld in bijlage 2. Het advies is vastgesteld in de openbare raadsvergadering van 14 maart 2008. Het verslag van deze vergadering is verkrijgbaar bij het SER-secretariaat en tevens te raadplegen op de website van de raad: [www.SER.nl](http://www.SER.nl).

---

11 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit.



## 2 Voor- en nadelen van kernenergie, kolen en aardgas

### 2.1 Afwegingskader

*Duurzame energievoorziening is dynamisch concept*

In het vorige hoofdstuk is aangegeven dat van een duurzame energievoorziening sprake is als: de gebruikte energiebronnen in voldoende mate beschikbaar zijn en dat ook nog voor zeer lange tijd blijven, de effecten van energiegebruik voor mens en natuur beperkt zijn, de levering betrouwbaar en veilig is, en afnemers (huishoudens en bedrijven) tegen een redelijke prijs toegang tot energie hebben en houden.

In de praktijk zal waarschijnlijk nooit gelijktijdig aan alle duurzaamheidsaspecten volledig te voldoen zijn. Een geheel duurzame energievoorziening is dan ook vooralsnog een utopie, hoe noodzakelijk deze transitie vanuit de klimaatproblematiek bezien ook is. Er zal moeten worden gekozen, bijvoorbeeld tussen de mate van milieuschade die aanvaardbaar wordt geacht en de prijs die de samenleving bereid is hiervoor te betalen (ecologische versus economische duurzaamheid). Naarmate hernieuwbare energiebronnen technologisch verder ontwikkeld zijn en tegen concurrerende marktprijzen kunnen worden geleverd, zal deze spanning afnemen. Maar ook dan zullen er conflicterende belangen zijn die tot keuzes dwingen bij de dan geldende duurzaamheidsopvattingen in brede zin. In zijn advies *Nationale strategie voor duurzame ontwikkeling* stelt de raad in dit verband dat in het streven naar een duurzame ontwikkeling niet kan worden toegewerkt naar één vastomlijnd einddoel<sup>1</sup>:

*Aan de evenwichtsoefening naar duurzaamheid komt nooit een eind. Dat komt niet alleen doordat de verschillende dimensies van duurzaamheid, mede door de technologische ontwikkeling, elk aan een eigen dynamiek onderhevig zijn. Het is ook een gevolg van het feit dat wat wel en niet duurzaam genoemd wordt, uiteindelijk afhankelijk is van maatschappelijke oordeelsvorming. Het gaat immers om de kwaliteit van de samenleving. Conflicterende waarden en belangen moeten tegen elkaar worden afgewogen. Uiteindelijk gaat het om de waarden die mensen (individueel en collectief) hechten aan verschillende soorten risico's. Nieuwe kennis, een toenemend technisch vernuft en een beter inzicht in de werking van complexe economische, sociale en ecologische systemen zullen dat afweegproces beïnvloeden.*

*In de kern is het streven naar duurzame ontwikkeling dus een maatschappelijk proces van zoeken, leren, afwegen en zich binden.*

Deze dynamische benadering van duurzaamheid sluit aan bij opvattingen over de ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening, die in het factfinding-rapport van ECN zijn weergegeven<sup>2</sup>. Zo geven Bruggink en Van der Zwaan aan dat er in de ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening niet één maat voor duurzaamheid valt aan

---

1 SER (2002) *Advies Nationale strategie voor duurzame ontwikkeling*, publicatienr. 02/07, Den Haag, p. 16.  
2 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., pp. 83-86.

te geven<sup>3</sup>. Duurzaamheid kent immers meerdere dimensies (economisch, sociaal en milieu) en richt zich bovendien op de lange termijn, waardoor er grote onzekerheden zijn. De auteurs concluderen dat een afweging of kernenergie een rol kan spelen in een duurzaam energiepad alleen mogelijk is op basis van een beoordeling van de economische, sociale en milieurisico's van kernenergie ten opzichte van dergelijke risico's van andere energiebronnen in het transitiepad. Zo'n afweging vereist een politiek oordeel.

#### *Hernieuwbare elektriciteit in Nederlandse scenario's*

Uit de langetermijnverkenningen blijkt dat een ecologisch duurzame energiehuishouding pas ver na het midden van deze eeuw in zicht komt, zelfs bij een maximale beleidsinzet in een internationaal kader<sup>4</sup>. Ook voor een ecologisch duurzame elektriciteitsopwekking is nog een lange weg te gaan. In 2007 was immers slechts 6 procent van de Nederlandse elektriciteitsproductie afkomstig uit hernieuwbare bronnen.

Uit het *Green4sure*-scenario, waarin maximaal wordt ingezet op energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie, komt naar voren dat door de jaarlijkse energie-efficiency van 2,1 procent het totale elektriciteitsgebruik in dit scenario in 2030 iets onder het niveau van 2005 ligt en dat het mogelijk is het aandeel hernieuwbaar in het Nederlandse elektriciteitsgebruik op te voeren tot 41 procent<sup>5</sup>. Dit leidt tot een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 50 procent in 2030 ten opzichte van 1990, zonder uitbreiding van kernenergie.

De ECN/MNP-effectrapportage van het werkprogramma *Schoon en Zuinig* van het vierde kabinet-Balkenende geeft aan dat in 2020 30 procent hernieuwbare elektriciteit nodig is om op een kosteneffectieve wijze de kabinetsdoelstelling van 20 procent hernieuwbare energie te halen<sup>6</sup>. Bij een CO<sub>2</sub>-prijs van 50 €/ton kan het aandeel hernieuwbare elektriciteit volgens de ECN/MNP-ramingen naar maximaal 35 procent in 2020 stijgen, onder voorwaarde dat het budget van aflopende MEP-verplichtingen opnieuw binnen de SDE (subsidieregeling duurzame energie) wordt besteed. Bij een CO<sub>2</sub>-prijs in 2020 van rond de 20 €/ton kan er bij dezelfde veronderstellingen niet meer dan 22 procent hernieuwbare elektriciteit worden opgewekt.

In de *Energievisie 2050* van ECN/NRG, dat een pad naar een duurzame Europese energiehuishouding schetst, bestaat de Europese energiemix rond het midden van deze eeuw

- 
- 3 Bruggink, J.J.C. en B.C.C. van der Zwaan (2002) The role of nuclear energy in establishing sustainable energy paths, *Global Energy Issues*, vol. 18 – nr. 2/3/4, pp. 151-180.
  - 4 Zie bijvoorbeeld het overzicht van een groot aantal energiescenario's in: Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., hoofdstuk 9.
  - 5 Zie: Rooijers, F.J. [et al.] (2007) *Green4sure: Het Groene Energieplan*, op.cit.
  - 6 Menkveld, M. (ed.) (2007) *Beoordeling werkprogramma Schoon en Zuinig: Effecten op energiebesparing, hernieuwbare energie en uitstoot van broeikasgassen*, Petten/Bilthoven, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)/ Nuclear Research & Consultancy Group (NRG), p. 25. De MEP-regeling betreft de ministeriële regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie met als doel de bevordering van duurzame energieproductie. Deze regeling wordt afgebouwd en is inmiddels vervangen door de Subsidieregeling Duurzame Energie (SDE).

voor ruim 35 procent van de totale energievoorziening uit hernieuwbare bronnen (biomassa, wind en zon)<sup>7</sup>. De Europese elektriciteit wordt in deze visie rond 2050 voor 40 procent opgewekt door fossiele brandstoffen (vooral kolen met CCS); eenzelfde percentage komt tot stand door hernieuwbare energie, terwijl 20 procent afkomstig is van kernenergie (nu ruim 30 procent).

De AER is in zijn advies over de toekomstige brandstofmix nagegaan wat de mogelijkheden zijn om in 2020 respectievelijk 20 en 40 procent van de elektriciteit via hernieuwbare energie (vooral wind en biomassa) op te wekken<sup>8</sup>. De AER concludeert onder meer dat voor substantieel meer *windvermogen* (op zee) het nodig is een opslagfaciliteit (energie-eiland op zee) aan te leggen. Dit vereist grote aanvullende investeringen; de jaarlijkse kosten hiervan bedragen naar schatting € 1 mrd. (20 procent-scenario) à € 2 mrd. (40 procent-scenario). De grootschalige inzet van *biomassa* wordt volgens de AER bemoeilijkt door aanbodbeperkingen van duurzame biomassa. Voor het 20 procent-scenario is een forse inzet van biomassa in 2020 wellicht nog wel haalbaar, maar dat geldt zeker niet voor het 40 procent-scenario.

#### *Vergelijkende analyse op basis van vijf aspecten*

Hoe het ook zij, het voorgaande maakt duidelijk dat ook als het de komende decennia zou lukken op grote schaal energiebesparing door te voeren en meer hernieuwbare energie in te zetten, dan nog een zeer groot deel van de elektriciteitsproductie door fossiele brandstoffen zou worden opgewekt. De vraag is dan aan de orde welk deel van de fossiele productie om te zetten is in schoon fossiel, en waar mogelijk een rol ligt voor een kerncentrale als bijdrage aan het basislastvermogen van de elektriciteitsproductie. Om deze reden beperkt de vergelijking zich in het vervolg van dit hoofdstuk tot deze drie energiedragers: kolen, gas en kernenergie. In die vergelijking zijn de volgende factoren aan de orde:

- *Betrouwbaarheid*. Bij een betrouwbare energievoorziening staan de voorzienings- en leveringszekerheid centraal. Het is van groot maatschappelijk belang dat het risico dat de stroom uitvalt tot een minimum beperkt blijft. Een mogelijke uitbreiding van kernenergie moet mede in dit licht worden beoordeeld. Uiteraard is in dit verband ook de ontwikkeling van het energieaanbod van buurlanden aan de orde. Daarnaast moet nieuw elektriciteitsproductievermogen inpasbaar zijn in de infrastructuur.
- *Veiligheid*. Bij een veilige energievoorziening is de kans op (ernstige) ongevallen tot een minimum beperkt en lopen werknemers en omwonenden geen gezondheidsrisico's. Veiligheidsrisico's zijn vooral aan de orde bij de winning van kolen (mijnbouwongelukken) en aardgas (omvangrijke gaslekkages, risico's bij aanlanding van vloeibaar aardgas), kernenergie (afvalbeheer, proliferatierisico's) en bij CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag van kolen- en gasgestookte elektriciteitscentrales.

7 Uyterlinde, M.A., J.R. Ybema, R.W. van den Brink (2007) *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding: Energievisie van ECN en NRG*, Petten/Bilthoven, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)/ Nuclear Research and Consultancy Group (NRG), p. 13.

8 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit., p. 93.



- *Milieubelasting.* Een uitbreiding van kernenergie moet passen in het milieu- en klimaatbeleid voor de lange termijn. Hierbij is de klimaatdoelstelling (30 procent emissiereductie in 2020) in het geding, maar ook de invloed van een uitbreiding van kernenergie op andere kabinetsdoelen (energiebesparing, de inzet van meer hernieuwbare bronnen, emissiereductiedoelstellingen anders dan broeikasgassen).
- *Betaalbaarheid.* Een vierde element in de maatschappelijke oordeelsvorming betreft de kosten en betaalbaarheid. Deze aspecten spelen voor mogelijke investeerders in een nieuwe kerncentrale alsook voor het bedrijfsleven en de consument.
- *Andere economische aspecten.* Uiteraard zijn ook andere economische factoren aan de orde, zoals de industriële ontwikkeling (onder meer *spin-offs* en werkgelegenheid) en *lock-in*-effecten (effect op ontwikkeling niet-kernenergieopties).

In de volgende paragrafen volgt op de vijf hierboven genoemde factoren voor ieder van de drie energiebronnen – kolen, gas en kernenergie – een schets van de ‘plussen en minnen’. De analyses uit dit hoofdstuk vormen de basis van het oordeel dat de raad in hoofdstuk 3 uitsprekt.

## 2.2 Betrouwbare elektriciteitsvoorziening

### 2.2.1 Voorraden

#### *Mondiale voorraden*

De betrouwbaarheid van het toekomstige elektriciteitsaanbod is gediend met een breed aanbod van energiebronnen (diversificatie). De beoordeling wanneer de voorraden kolen, gas en uranium uitgeput raken, is afhankelijk van veronderstellingen en inschattingen. In de literatuur lopen de meningen hierover daardoor uiteen. Het gaat hierbij vooral om de inschatting van de mate waarin de potentiële en onconventionele voorraden ooit commercieel kunnen worden aangeboord. Volgens het MNP zijn de winbare mondiale voorraden aan fossiele brandstoffen groot genoeg om ook in de komende decennia aan onze energiebehoefte te voldoen (zie kader).

#### Mondiale voorraden fossiele brandstoffen

Bij het huidige wereldwijde verbruikstempo is *het totaal van winbare, potentiële en onconventionele voorraden* naar schatting nog goed is voor 150 jaar olie, 360 jaar aardgas en 1300 jaar kolen. De geografische verdeling is echter scheef. Goedkope, conventionele voorraden aardgas en olie worden wel schaarser. De niet-conventionele voorraden zijn vele malen groter dan de conventionele voorraden. In welke mate deze niet-conventionele voorraden zullen worden geëxploiteerd, hangt af van de wereldmarktprijs van energiedragers. Een andere bepalende factor is de beperkende invloed van het klimaatbeleid en andere milieumaatregelen op het gebruik van deze energiedragers.

Overigens bestaat er een belangrijke controverse over de voorraden fossiele brandstoffen. Een groep geologen is van mening dat beschikbare en gemakkelijk winbare voorraden olie en gas zeer beperkt zijn, dat de maximale productieniveaus al bereikt zijn en de productie zal gaan afnemen. Volgens deze zogenaamde Peak-Oil-hypothese moet de wereld zich voorbereiden op een wereld met aanhoudende hoge olieprijsen.

- Bron: Hanemaaijer, A. en W. de Ridder [et al.] (2007) *Nederland en een duurzame wereld: Armoede, klimaat en biodiversiteit: Tweede Duurzaamheidsverkenning*, Bilthoven, Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), p. 41.

### Kolen

Voor kolen worden tot het midden van deze eeuw veelal geen voorraadproblemen voorzien<sup>9</sup>. Wel zal de sterke stijging van de vraag – zoals bijvoorbeeld uit *World Energy Outlook 2007* blijkt – waarschijnlijk tot hogere prijzen leiden. Voor een betrouwbare levering is het gunstig dat de kolenvoorraden gelijkmatig over de wereld verspreid zijn. Door de bijstook van biomassa in kolencentrales kan elektriciteit met minder kolen worden opgewekt (zie verder paragraaf 2.4.3). Daar staat tegenover dat bij toepassing van CCS het rendement van een kolencentrale op dit moment met zo'n 10 procentpunt afneemt<sup>10</sup>.

### Aardgas

Voor aardgas is de verwachting dat in de loop van deze eeuw het einde van de winbare voorraden in zicht komt<sup>11</sup>. Er zijn overigens nog wel grote onconventionele voorraden, vooral in Noord-Amerika, Rusland, China en Japan<sup>12</sup>.

Voor de komende decennia is van belang dat de winbare gas- (en olie)voorraden zich voor een belangrijk deel in landen in het Midden-Oosten, Noord-Afrika en de voormalige Sovjet-Unie bevinden. De levering uit deze politiek instabiele regio's wordt door velen als onzeker beschouwd. De gasvoorraden in Europa zijn relatief beperkt. Het Europese continent zal dus steeds afhankelijker worden van gasimporten uit de andere continenten.

Naar verwachting zullen de Nederlandse aardgasvoorraden en -productie de komende decennia een dalend verloop laten zien. Dat hoeft echter niet te betekenen dat gas in de Nederlandse langetermijnenergievoorziening in betekenis afneemt. Integendeel.

Volgens de AER zal de Nederlandse energievoorziening ook in de periode tot 2040 in belangrijke mate van gas afhankelijk blijven<sup>13</sup>. Dit heeft deels een historische reden: de Nederlandse elektriciteitsvoorziening is door gas gedomineerd; de beschikbaarheid

9 Zie Uyterlinde, M.A. [et al.] (2007) *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding: Energievisie van ECN en NRC*, op.cit., p. 18.

10 Uyterlinde, M.A. [et al.] (2007) *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding*, op.cit., p. 37.

11 Uyterlinde, M.A. [et al.] (2007) *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding*, op.cit., p. 18.

12 Hanemaaijer, A. en W. de Ridder [et al.] (2007) *Nederland en een duurzame wereld*, op.cit., p. 41.

13 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit.

van eigen gas en een goede gasinfrastructuur ondersteunen deze dominante positie. Daarnaast is gas in Nederland de preferente energiedrager voor warmteopwekking. Verder is gasvermogen flexibel. Dit is een groot pluspunt bij realisering van de beoogde toenemende hoeveelheid windenergie. Immers, in periodes dat de wind toe- of afneemt zal dit opgevangen moeten worden met elektriciteitsopwekkingcapaciteit die snel op deze fluctuaties kan reageren.

Tegen deze achtergrond is het streven dat Nederland zich verder ontwikkelt tot 'gasrotonde van Noordwest-Europa' (zie kader). In dit verband investeert de Gasunie in de periode tot 2010 € 1,1 miljard in de uitbreiding van het gastransportnet in Nederland met 500 kilometer leiding en vier compressorstations<sup>14</sup>. De Gasunie is ook in overleg met gastransportmaatschappijen in de buurlanden België en Duitsland over uitbreiding van de grensoverschrijdende gasleidingen.

### Visie op de gasmarkt

In zijn visie op de gasmarkt van maart 2006 constateerde de toenmalige minister van Economische Zaken, Brinkhorst, dat de mondiale vraag naar gas fors toeneemt, terwijl de gasreserves in de westerse landen (aangesloten bij OESO en EU) afnemen. De gasreserves zijn vooral geconcentreerd in geopolitiek gevoelige landen en regio's: Rusland, Noord-Afrika en het Midden-Oosten. Door een groeiende rol van vloeibaar gas (LNG, Liquefied Natural Gas), raken de regionale gasmarkten langzamerhand met elkaar verweven.

Om risico's van toenemende afhankelijkheid te beperken, betekent dit volgens Brinkhorst de noodzaak van een grotere diversificatie (LNG-initiatieven passen hierin), een betere werking van de Europese gasmarkt (betere spreiding van aanvoerrisico's; meer ruimte voor sterke ondernemingen) en politieke krachtenbundeling op Europese schaal om geopolitieke uitdagingen het hoofd te bieden (goede relaties met producentenlanden; medebepaling van spelregels op gasmarkt).

Voor Nederland is, aldus Brinkhorst, van belang dat de rol van de Gasunie en het Groningerveld fundamenteel verandert. Er moet worden uitgegaan van een dalende productie, meer import en een grotere behoefte aan flexibiliteit. Daar staat tegenover dat Nederland een goede uitgangspositie op de gasmarkt heeft en houdt door zijn geologie, winning, infrastructuur en kennis.

De visie van Brinkhorst houdt in dat de goede Nederlandse uitgangspositie kan worden uitgebouwd door meer gasgerelateerde investeringen en een betere integratie van Nederland in de Noordwest-Europese gasmarkt. Nieuwe gasstromen,

14 Persbericht Gasunie, 21 juli 2007.

waaraan door specifiek Nederlandse omstandigheden waarde kan worden toegevoegd, leiden op deze wijze tot meer economische activiteit in gastransport, gashandel en aanverwante activiteiten als gasopslag. Met het aantrekken en verde-len van nieuwe gasstromen wordt ook een degelijk basis gelegd voor leverings-en voorzieningszekerheid op lange termijn. Zo kan Nederland zich verder ont-wikkelen tot de ‘gasrotonde’ van Europa. Dit betekent onder meer dat een goed Nederlands investeringsklimaat van belang is voor gastransport (pijpleidingen), gasopslag (de Nederlandse ondergrond is bij uitstek geschikt voor de opslag van gas; de Europese markt voor seizoenopslag zal naar verwachting sterk groeien) en LNG-aanlandterminals.

• Bron: *Visie op de gasmarkt*, brief van minister Brinkhorst aan de Tweede Kamer, 17 maart 2006.

Voor de internationale positie van Nederland als gasland wordt een belangrijke rol toege-dicht aan vloeibaar gas (LNG) dat over grote afstanden per schip kan worden aangevoerd. Op 26 september 2007 heeft de minister van Economische Zaken het groene licht gegeven voor de bouw van drie LNG-terminals, twee in de Rijnmond en een in de Eemshaven<sup>15</sup>. Hierdoor kunnen ondernemingen investeren in LNG-projecten, waardoor contracten voor de levering van LNG gedurende twintig jaar kunnen worden afgesproken.

De toekomstige positie van gas in de Nederlandse energievoorziening wordt verder mede beïnvloed door de ontwikkeling van ‘groen’ gas (gas uit biomassa)<sup>16</sup>. Het platform Groene Grondstoffen heeft zelfs de ambitie uitgesproken om in 2030 25 procent van de elektrici-teitsvraag uit groene grondstoffen te laten bestaan<sup>17</sup>. Daarbij zou 20 procent van het aardgas door groen gas moeten worden vervangen.

#### *Kernenergie: uraniumvoorraden*

Voor de productie van kernenergie worden tot aan het eind van deze eeuw geen substan-tiële voorraadproblemen verwacht, zo blijkt uit de factfinding-studie<sup>18</sup>. Bij het huidige uraniumverbruik voor de circa 440 kerncentrales in de wereld (circa 67.000 ton per jaar) is er genoeg voor circa 70 jaar. Naast deze voorraden zijn er schattingen die wijzen op moeilijker te winnen uraniumvoorraden met een omvang van 10 miljoen ton. Bij oplo-pende uraniumprijzen wordt winning hiervan in toenemende mate economisch rendabel. Onconventionele voorraden van uranium zijn voorts aanwezig in fosfaatafzettingen

15 Persbericht ministerie van Economische Zaken, 26 september 2007.

16 Groen gas wordt gemaakt door gas uit biomassa op te werken tot aardgaskwaliteit. Momenteel is het mogelijk groen gas te produceren via vergisting van natuurlijke (rest)stromen. Grootschalige vergassing van biomassa (SNG: *Synthetic Naturel Gas*) is op zijn vroegst over vijf jaar operationeel. Op korte termijn kunnen eerste stappen worden gezet door de biologische vergisting van biomassa (mest, GFT, slachtafval, etc.). Door dit op gang te brengen, wordt de weg bereid voor grootschaliger groengasproductie in de toekomst. Bron: Ministerie van LNV (2007) *De keten sluiten: Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie*, Den Haag.

17 Platform Groene Grondstoffen (2007) *Groenboek energietransitie*, Sittard.

18 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., pp. 28-29.

(22 miljoen ton) en in zeewater (4000 miljoen ton). Met de op dit moment in ontwikkeling zijnde vierde generatie kernreactoren wordt ernaar gestreefd het uraniumgebruik circa 100 maal efficiënter te maken, waardoor substantieel minder brandstof nodig is. Net als kolen kan uraniumerts op voorraad worden gehouden. Voor het maken van splijtstof kan naast uranium ook thorium worden gebruikt. De omvang van de natuurlijke voorraden van thorium is ten minste vergelijkbaar met die van uranium.

De grootste uraniumvoorraden liggen in Australië, Kazakstan en Canada. Kleinere uraniumreserves zijn verspreid over de wereld – deels in politiek instabiele regio's – te vinden: Zuid-Afrika, Namibië, Brazilië, Niger, Rusland, Uzbekistan en China.

### 2.2.2 Productiecapaciteit

*Het Nederlandse productievermogen*<sup>19</sup>

Zoals eerder vermeld, wordt in Nederland op dit moment ruim 60 procent van de elektriciteit via gascentrales opgewekt; 24 procent is afkomstig van kolencentrales<sup>20</sup>. Verder is Nederland in vergelijking met de buurlanden in sterke mate afhankelijk van stroomimporten: 21 procent; daarnaast wordt 5 procent geëxporteerd.

Een belangrijke determinant voor de leveringszekerheid in de komende decennia is de investeringsbereidheid van de energiebedrijven en de betrokken overheden. De afgelopen jaren is een groot aantal nieuwbouwplannen gepresenteerd. Deze omvatten voor de periode 2007-2013 een totale omvang van ongeveer 9500 MW, bij een opgesteld productievermogen van 22.100 MW in 2006<sup>21</sup>. Het gaat hierbij om 5000 MW kolengestookt vermogen (met bijstook van biomassa), om 4500 MW gasgestookt vermogen en om 180 MW windvermogen.

TenneT concludeerde onlangs dat Nederland tot en met 2008 voor de leveringszekerheid afhankelijk blijft van buitenlands aanbod<sup>22</sup>. Bij volledige realisatie van alle nieuwbouwprojecten voor elektriciteitscentrales zou er daarna sprake van een omslag zijn en zou er meer elektriciteit dan de nationale behoefte worden opgewekt<sup>23</sup>. Om enig inzicht in de bandbreedte van de ontwikkeling op middellange termijn te krijgen heeft TenneT ook een scenario doorgerekend waarin maar een kwart van de voorgenomen nieuwbouwprojecten wordt gerealiseerd. In zo'n scenario blijft de leveringszekerheid in 2014 op het niveau van de afgelopen jaren steken, dat wil zeggen dat sprake blijft van een flink aan-

19 Zie ook paragraaf 2.2 van bijlage 1.

20 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit.

21 Zie voor details: AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op. cit, inz. par. 4.2.2.

22 TenneT (2007) *Rapport Monitoring Leveringszekerheid 2006-2014*, Arnhem.

23 De AER baseert zich in zijn advies over de toekomstige brandstofmix op deze gegevens.

deel stroomimport<sup>24</sup>. De leveringszekerheid blijft in zo'n situatie sterk afhankelijk van de productieontwikkeling in de buurlanden.

Het is onzeker of de geplande toename van grootschalig nieuw nationaal productievermogen ook daadwerkelijk geëffectueerd zal worden. Bij de mate van realisatie van de nieuwbouwplannen speelt naast kosten- en rendementsaspecten in de besluitvorming onder meer de vraag of voldoende menskracht en specialistische kennis aanwezig zijn om min of meer gelijktijdig meerdere nieuwbouwprojecten uit te voeren<sup>25</sup>. Verder zouden langdurige vergunningprocedures en tekorten in transportcapaciteit tot (forse) vertragingen en wellicht afstel kunnen leiden. 'Timing' van investeringen is namelijk een van de relevante factoren voor de beslissing van een investeerder om het bouwvoornemen tot uitvoering te brengen, zo stelt de AER<sup>26</sup>. Geen investeerder is bereid bewust een overcapaciteit te creëren. Als de concurrentie – bij een verwachte vraag – al voldoende heeft weten te bouwen, zal de (noodgedwongen) laatkomer afzien van zijn bouwvoornemen.

KEMA geeft aan dat door de *leadtime* tussen beslissingen over en realisatie van nieuwe centrales er verschillende tijdspaden zijn<sup>27</sup>. Voor kolencentrales (inclusief biomassa) moet rekening worden gehouden met een periode van 7 à 8 jaar; voor gasgestookte centrales moet met circa 5 jaar worden gerekend. Om in 2017 over extra grootschalig windvermogen te beschikken zou echter nu met de voorbereiding moeten worden begonnen. Voor kernenergie is de *leadtime* nog groter: als in 2008 tot uitbreiding zou worden besloten dan zou een nieuwe kerncentrale pas rond 2023 operationeel zijn.

#### *De Noordwest-Europese elektriciteitsvoorziening*

De UCTE (Unie voor de Coördinatie van het Elektriciteitstransport) geeft in haar *System Adequacy Forecast 2007-2020* aan dat de leveringszekerheid in de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt na 2014-2015 in het geding kan komen als niet tijdig tot investeringen wordt overgegaan in nieuwe productiecapaciteit. Niet alleen Nederland, maar ook België, Frankrijk en Duitsland zullen dan afhankelijk worden van importen van buiten zodra er meer dan gemiddelde productie-uitval is door storingen, revisies of gebrek aan wind- en waterkracht. Interne knelpunten in het Duitse en Belgische net vormen dan een reëel risico voor Nederlandse importen van elektriciteit. Daarnaast is het essentieel dat in de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt de verschillende transportnetten met hun onderlinge verbindingen voldoende capaciteit hebben om de vereiste nationale en grensoverschrijdende transporten mogelijk te maken.

- 
- 24 Ook energiemogelijkheden van KEMA duiden op een mogelijke discrepantie tussen nationale vraag en aanbod na 2015. Beekes, M. en W. van der Veen (2007) *Energiescenario's*, Arnhem, KEMA.
- 25 Dit knelpunt speelt ook in internationaal verband. Zo wijst de Duitse energiemaatschappij RWE er in haar *Electricity Generation Capacity Factbook* op dat vanwege de vergrijzing steeds minder personeel beschikbaar zal zijn. Ook wijzen zij erop dat de productie van essentiële onderdelen van een elektriciteitscentrale niet gemakkelijk is op te schalen doordat het om specifieke ingewikkelde technologie gaat.
- 26 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit, inz. pp. 52-53.
- 27 Beekes, M. en W. van der Veen (2007) *Energiescenario's*, op.cit.

### 2.2.3 Infrastructuur

#### *Betrouwbaarheid en het transportnet*

Aangezien de uitbreiding van de elektriciteitsproductie grotendeels in de Rijnmond/ Maasvlakte en Eemshaven is gepland, zal op deze trajecten eerst de transportcapaciteit moeten worden uitgebreid, alvorens TenneT voor alle projecten de benodigde capaciteit kan garanderen<sup>28</sup>. Deze problematiek speelt overigens niet alleen bij de nieuwbouw van grote elektriciteitscentrales, maar ook bij meerdere kleinschalige nieuwbouwplannen<sup>29</sup>. Door de langdurige procedures zijn deze knelpunten veelal niet op korte termijn op te lossen. Ook de combinatie van nieuwe elektriciteitscentrales en een groeiend offshore windvermogen moet door netverzwaring en nieuwe netverbindingen worden opgelost<sup>30</sup>. Dit betekent dat het moment van de aansluiting van een nieuwe kerncentrale, mocht daar de komende jaren het initiatief toe worden genomen, afhankelijk is van het tempo waarin TenneT voor voldoende netcapaciteit kan zorgen.

#### *Betrouwbaarheid en inpasbaarheid*

In het factfinding-rapport wijst ECN erop dat een eventuele extra (kern)centrale met een vermogen van 1000 MW of meer vereist dat de markt voor regel- en reservevermogen moet worden uitgebreid om stroomtekorten op te vangen<sup>31</sup>. Dit geldt overigens ook voor gas- en kolencentrales met grote vermogens, die bovendien qua beschikbaarheid over het algemeen lager scoren dan kerncentrales. Dat noodzaakt tot forse investeringen, die naar verwachting van ECN door marktpartijen zal worden gedragen. De AER wijst in dit verband ook nog op de totstandkoming van interconnectie met Noorwegen<sup>32</sup>. Door deze connectie kan waterkracht een rol spelen bij het opvangen van netproblemen als gevolg van een fluctuerende productie van windenergie. In de huidige situatie zorgt aardgas voor de opvang van fluctuaties in de energieopwekking. De mate waarin opslagcapaciteit bij een groeiend aandeel *off shore* windvermogen nodig is, is op voorhand niet goed in te schatten en bijvoorbeeld mede afhankelijk van de exportmogelijkheden.

#### *Betrouwbaarheid in de context van de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt*

In een Noord-Europese elektriciteitsmarkt is voor een betrouwbare energievoorziening ten slotte ook de aansluiting van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening op de internationale infrastructuur van belang. Importafhankelijkheid is een risico als het totale productievermogen (inclusief reservecapaciteit) van de gezamenlijke elektriciteitsmarkt onvoldoende dreigt te worden. Zoals in paragraaf 2.2.2 al is aangegeven, is er enige reden tot zorg over de realisatie van voldoende nieuwe productiecapaciteit in de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt. De voortgang van de nieuwbouw is met veel onzekerheden

28 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., pp. 68-69.

29 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit., par. 4.2.2.

30 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 69.

31 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 69.

32 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit., par. 4.2.5.

omgeven, onder meer vanwege maatschappelijke oppositie tegen kolencentrales, onzekerheden over de CO<sub>2</sub>-prijs en rondom grootschalige CCS-toepassing, alsook door beperkte beschikbaarheid en hoge kosten van engineering, ketels, turbines, installatiewerk en dergelijke.

## 2.3 Veilige energievoorziening

### 2.3.1 Kolen en gas

Veiligheidsrisico's doen zich in diverse fasen van de energieketen voor. Bij kolen betreft het vooral ernstige ongevallen in de winningsfase. Alleen al in China komen jaarlijks duizenden mijnwerkers om bij ongelukken in mijnen door explosies, branden, instortingen en overstromingen<sup>33</sup>. Ook is bekend dat werken in de mijnbouw zeer schadelijk is voor de gezondheid. Veilige en gezondheidbeschermende arbeidsomstandigheden in de mijnbouw vormen daarom een van de belangrijke voorwaarden voor een meer duurzame kolenproductie. Voor Nederlandse kolencentrales gelden risico- en veiligheidsanalyses. Hiervoor worden schattingen gemaakt van de kans dat een bepaalde gebeurtenis optreedt. De analyses slaan neer in risiconormen waaraan de centrales zich moeten houden.

Vooraf bij de winning van aardgas en het transport hiervan doen zich in landen als Rusland veiligheids- en milieuproblemen voor vanwege grote gaslekkages waarbij veel methaan – een broeikasgas dat vijf maal sterker is dan CO<sub>2</sub> – vrijkomt<sup>34</sup>. Meer in het algemeen is explosiegevaar een veiligheidsrisico voor de inzet van vloeibaar gas (LNG) en aardgas.

In Nederland gelden voor gascentrales, net als voor kolencentrales, risiconormen op het gebied van externe veiligheid. Bijzondere aandacht vragen transport en overslag van LNG. In de afgelopen 50 jaar dat LNG per schip wordt vervoerd, hebben zich nog nooit ernstige ongelukken voorgedaan als gevolg van grote lekkages<sup>35</sup>. Mede om redenen van veiligheid meren LNG-schepen op de Maasvlakte af in een aparte haven. Op de afmeerplaats is lekkage van LNG door een aanvaring vrijwel uitgesloten (kop-kopaanvaringen en oploopaanvaringen zijn in de LNG-haven hoogst onwaarschijnlijk)<sup>36</sup>.

Voor de toekomstige bouw van kolen- en gascentrales is de mogelijkheid van CCS een belangrijk aandachtspunt (zie kader). Bij CCS spelen veiligheidsrisico's tijdens het trans-

33 Zie bijvoorbeeld Novum/AP (2006) China sluit duizenden kolenmijnen, *Trouw* – 5 januari 2006.

34 De omvang van de Russische aardgaslekken zijn enorm. Hetzelfde geldt voor olielekkages. Uit schattingen komt naar voren dat voorkoming van dergelijke gas- en olielekkages tot een energiebesparing zou leiden die gelijk is aan anderhalf maal de elektriciteitsproductie van de totale nucleaire industrie. Hirsch, H. en O. Targulian (2000) *Cutting Losses: A win/win-scenario for Russia*, Moskou, Greenpeace Rusland.

35 Zie: [www.gate.nl/nl/1/7/40/default.aspx](http://www.gate.nl/nl/1/7/40/default.aspx).

36 Bovenstaande bron geeft aan dat de kans op vrijkomen van LNG in de nabijheid van industrie en woonbebouwing 1 op 4 miljard jaar bedraagt. Er is niet vermeld wat het effect van een mogelijke calamiteit is.



port en bij de opslag van CO<sub>2</sub><sup>37</sup>. Als een grote wolk CO<sub>2</sub> snel vrijkomt, is er een risico voor mens en dier. Bij windstil weer kan zo'n wolk tot verstikking leiden.

Na het afvangen in de elektriciteitscentrale zal CO<sub>2</sub> via pijpleidingen naar de opslaglocatie worden getransporteerd. In het dichtbevolkte Nederland lopen deze leidingen dan onvermijdelijk door dichtbevolkte gebieden. Het plotseling vrijkomen van een grote CO<sub>2</sub>-wolk is een risico dat tegen te gaan is door in de leiding kleppen te plaatsen die kunnen worden afgesloten zodra CO<sub>2</sub> dreigt te ontsnappen. Goede detectieapparatuur moet een lekkage snel kunnen opsporen, waardoor de veiligheidsrisico's tot een minimum worden beperkt.

### CCS: de afvang en opslag van CO<sub>2</sub>

CCS gaat over het afvangen, transporteren en opslaan van kooldioxidegas afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen in de bodem. Afvang gebeurt door CO<sub>2</sub> van de rookgassen te scheiden. Dat kan op verschillende manieren: voor verbranding (pre-combustion; vergassing van onder meer aardgas en steenkool), gevolgd door een water-gas-shift-reactie en afscheiding van CO<sub>2</sub> na verbranding (post-combustion; afvang van CO<sub>2</sub> uit de rookgassen, bijvoorbeeld met amines) of bij verbranding met zuivere zuurstof (oxyfuel combustion). Na afvang kan transport en opslag plaatsvinden. Ook voor opslag zijn er verschillende opties. Olie- en aardgasvelden komen in aanmerking, maar ook watervoerende lagen (aquifers) en soms ook kolenlagen. Daarnaast kan CO<sub>2</sub> worden vastgelegd door biofixatie, mineralisatie en via bepaalde industriële toepassingen. Afhankelijk van de technologie moet het mogelijk zijn om CO<sub>2</sub> in verschillende fases van het proces voor 85 à 95 procent af te scheiden.

Door CCS-toepassing kan de aanwezige kolen- en gasvoorraad als energiebron worden ingezet zonder de nadelen van een omvangrijke CO<sub>2</sub>-uitstoot. Naast dit voordeel zijn er echter ook nadelen. Zo is CCS nog geen volledig uitontwikkelde technologie, die mede daardoor duur is. De grootste kostenpost is in de afvangfase. De totale kosten van afvang, transport en opslag hangen af van de gebruikte technologieën en de mogelijke kostendalingen door technologische verbeteringen, leereffecten en opschaling (schaalvoordelen). Verder spelen de energie- en CO<sub>2</sub>-prijzen in de totale CCS-kosten een rol, aangezien CO<sub>2</sub>-afvang op zich resulteert in een hoger energieverbruik (minstens 10 procent extra brandstofinzet) en daarmee meer CO<sub>2</sub>-productie. De AER gaat ervan uit dat CCS in kolencentrales circa €50 per ton CO<sub>2</sub> zal gaan kosten; dat komt neer op €35 per MWh. De kosten zouden kunnen worden gedrukt door in het ETS voor CCS CO<sub>2</sub>-emissierechten te verlenen.

Een ander nadeel is dat CO<sub>2</sub> in beginsel voor altijd ondergronds opgeslagen moet blijven met als risico dat CO<sub>2</sub> in ontoelaatbare hoeveelheden weglekt.

37 Zie bijvoorbeeld Uyterlinde, M.A. [et al.] (2007) *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding: Energievisie van ECN en NRG*, op.cit., p.38.

Mede in dit licht is een juridisch raamwerk nodig waarin de (korte- en langetermijn)verantwoordelijkheden voor risico's van ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag worden vastgelegd.

CO<sub>2</sub>-opslag wordt op dit moment vrijwel alleen experimenteel toegepast; grootschalige toepassing zal waarschijnlijk pas na 2015 aan de orde zijn. Proefprojecten vinden op diverse plaatsen in de wereld plaats. In Nederland bestaan er ook concrete plannen. De werkgroep Schoon Fossiel maakt melding van vier projecten, die samen de Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissie met ten minste 1 tot 1,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar zouden kunnen doen verminderen. Het technische potentieel in Nederland is echter veel groter: circa 60 Mton per jaar, ongeveer een derde van de totale Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissies. Inmiddels heeft EZ-minister Van der Hoeven middelen geoormd voor de realisatie van drie van deze projecten.

- Bronnen: IEA (2007) *Legal aspects of storing CO<sub>2</sub>: Update and recommendations*, Paris, International Energy Agency, inz. hoofdstuk 1: Overview of carbon capture and storage. AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit. Zie ook: Platform Nieuw Gas (2007) *Beleidsrapportage Schoon Fossiel: Advies van de Werkgroep Schoon Fossiel*, Den Haag; ook: [www.nl.wikipedia.org/wiki/co2-afvang\\_en\\_opslag](http://www.nl.wikipedia.org/wiki/co2-afvang_en_opslag).

De afgevangen CO<sub>2</sub> moet voor eeuwig worden opgeslagen in ondergrondse reservoirs. Hierbij bestaat het veiligheidsrisico uit het langzaam weglekken van CO<sub>2</sub> uit het opslagreservoir. Hiervoor bestaat nog geen eis. Door sommigen wordt een norm van maximaal 0,01 procent per jaar voorgesteld. Volgens de IPCC zijn er waarschijnlijk voldoende opslagreservoirs die voor CO<sub>2</sub>-opslag geschikt zijn. Uitgebreid onderzoek naar de geschiktheid van een opslaglocatie is een absoluut vereiste. Plotseling vrijkomen van een wolk CO<sub>2</sub> uit een reservoir bestaand uit poreus gesteente is onmogelijk. Lege gasvelden zijn in principe dicht, aangezien ze al miljoenen jaren lang aardgas hebben vastgehouden. Toch zou via boorgaten alsnog lekkage kunnen optreden. Er zijn evenwel technologieën beschikbaar om dit soort lekken snel te detecteren en te dichten. Om ongelukken snel te ontdekken is goede monitoring van met CO<sub>2</sub>-gevulde reservoirs noodzakelijk.

### 2.3.2 Kernenergie

Veiligheidsrisico's worden tot de belangrijkste nadelen van het gebruik van kernenergie gerekend. Hoewel de kans op een ongeluk zeer klein is, kunnen de effecten enorm zijn<sup>38</sup>. Er kunnen bij een ongeluk met een kerncentrale niet alleen direct dodelijke slachtoffers vallen, maar daarnaast dreigt ook zeer langdurige radioactieve besmetting van een

38 In hun reactie op het commentaar van reviewer prof. Turkenburg hebben de opstellers van de factfinding-studie een kadertekst in het rapport overgenomen over overlijdensrisico's voor kerncentrales (Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 148). Daarin staat vermeld dat de maximale overlijdensrisico's voor de kerncentrale van Borssele kleiner is dan eens in de 100 miljoen jaar, een ruimschoots kleiner individueel risico dan het wettelijk criterium van eens in de 1 miljoen jaar.

omvangrijk gebied<sup>39</sup>. De veiligheidsrisico's hebben zowel betrekking op de technische veiligheid (transport van nucleair materiaal, kernreactorongelukken, verwerking en beheer van radioactief afval) als op de risico's van proliferatie en terrorisme<sup>40</sup>. Het verkleinen van veiligheidsrisico's is dan ook een belangrijk punt van zorg<sup>41</sup>.

Voor het personeel dat betrokken is bij de splijtstofcyclus, is het individuele overlijdensrisico van mijnwerkers bij de uraniummijnen het hoogst, volgens het factfinding-rapport vergelijkbaar met hetzelfde soort ongevallen in de mijnbouw van andere delfstoffen. Bij andere onderdelen van de splijtstofcyclus zijn de risico's voor het personeel vergelijkbaar of kleiner dan die voor het personeel in de lichte industrie.

Als er sprake is van vervanging van een kolencentrale kan uitbreiding van kernenergie leiden tot minder uitstoot van verzurende stoffen en fijn stof. Dit heeft een gunstig effect op de volksgezondheid<sup>42</sup>.

Daarnaast kunnen er in de splijtstofcyclus straling en radioactieve stoffen vrijkomen. Van het personeel dat betrokken is bij de splijtstofcyclus, is het individuele overlijdensrisico van mijnwerkers bij de uraniummijnen het grootst<sup>43</sup>. Bij de andere onderdelen van de splijtstofcyclus zijn de risico's voor het personeel vergelijkbaar of kleiner dan die bij de lichte industrie. De risico's voor de bevolking door ongevallen bij de verschillende processen van de splijtstofcyclus zijn klein in vergelijking tot andere gevaren waaraan de bevolking blootstaat. Bij een zeer ernstig ongeval kan er daarnaast sprake zijn van een ernstige maatschappelijke ontwrichting, bijvoorbeeld als een gebied voor langere tijd niet meer toegankelijk is.

De ongevallen in Harrisburg (1979) en in Tsjernobyl (1986) hebben geleid tot een verbetering van de veiligheid van kerncentrales (ook bij de bestaande centrales) en meer internationale samenwerking. Gebruikmakend van ervaringen met de bestaande reactoren is een nieuwe generatie reactoren ontwikkeld (generatie III en III+), waarvan de technische veiligheid verder is verbeterd (zie kader). Meer geavanceerde reactoren van de generatie IV, met verdere verbeteringen op het gebied van duurzaamheid, veiligheid, betrouwbaarheid en economie, bevinden zich nog in de ontwikkelingsfase en worden omstreeks 2030 op de markt verwacht.

39 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., par. 10.5.

40 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., paragrafen 2.6 en 2.7.

41 Het terugdringen van veiligheidsrisico's is een belangrijk onderdeel van de brief *Randvoorwaarden voor nieuwe kerncentrales* van de vorige staatssecretaris van VROM, Van Geel (ECN-rapport, pp. 88-89). Tot die randvoorwaarden behoren de technische eisen (beproefd type, technische veiligheidseisen), eisen ten aanzien van radioactief afval en opwerking, het ontmantelingsbeleid, de locatiekeuze, de uraniumwinning, non-proliferatie-eisen, beveiligings- en antiterreurmaatregelen.

42 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 130. Zie ook: Bollen, J. en H. Eerens (2007) *Effect van een nucleaire uitbreiding in Europa op de gezondheidsschade door luchtverontreiniging*, Bilthoven, Milieu- en Natuurplanbureau (MNP).

43 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 13.

## Veiligheidsfilosofieën in kerncentrales

Bij de nieuwe generatie-III-reactortypen worden verschillende veiligheidsfilosofieën gevolgd. Reactortypen van de generatie III gaan uit van dezelfde *defense-in-depth*-veiligheidsfilosofie als bestaande kerncentrales waarbij aanvullende veiligheidssystemen zijn aangebracht. De veiligheidsfilosofie is gebaseerd op *actieve of passieve veiligheidssystemen*. Actieve systemen staan onder normaal bedrijf *stand-by* en worden pas aangezet (geactiveerd) als dit voor de veiligheid nodig is. Dit systeem wordt toegepast in de reactortypen EPR en ABWR. De kans op het smelten van de reactorkern ligt bij de EPR in de orde van grootte van 1 op de miljoen jaar. Passieve systemen maken gebruik van altijd aanwezige krachten, zoals de zwaartekracht, die ervoor zorgen dat veiligheidssystemen ingrijpen als dat nodig is. De reactortypen AP1000 en ESBWR worden ontworpen volgens de passieve veiligheidsfilosofie. Dit principe reduceert de kans op het smelten van de kernreactor tot zeer kleine waarden, in de orde van grootte van 1 op de 2,5 miljoen jaar (AP1000) tot 1 op de 33 miljoen jaar (ESBWR).

Bij reactortypen PBMR en HTR-PM van generatie-III+-centrales wordt de filosofie van de inherente veiligheid gehanteerd. Deze reactoren en de toegepaste splijtstof zijn zodanig ontworpen dat een ongecontroleerde toename van de reactiviteit, waarbij de reactorkern beschadigd wordt, onmogelijk is, en de reactor zichzelf veilig uitschakelt bij het uitvallen van de koeling. Bij wegvallen van de koeling blijft de reactorkern intact en is het smelten van de kern fysiek onmogelijk gemaakt. In het laatste geval maakt het veiligheidssysteem gebruik van altijd aanwezige krachten en natuurlijke processen zonder interventie van mensen of systemen. De PBMR-centrales kunnen naar verwachting vanaf 2016 op commerciële gebouwd worden.

- Bron: Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., pp. 34-36 en pp. 41-43.

Wellicht het belangrijkste knelpunt in de kernenergieketen is het *beheer van hoogradioactief afval*. In Nederland is ervoor gekozen de gebruikte hoogradioactieve splijtstof uit de kerncentrale Borssele eerst in Frankrijk op te laten werken<sup>44</sup>. Hierdoor wordt 95 procent van het hoogradioactief afvalmateriaal teruggewonnen als uranium (*recycling*); een restfractie van 4 procent wordt verglaasd en tijdelijk (tot maximaal 100 jaar) in een speciaal hiertoe ontworpen en ingerichte opslagbunker (HABOG: Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw) bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) in Vlissingen opgeborgen. Jaarlijks gaat het om circa 1,4 m<sup>3</sup>. Dit wordt in glas gegoten waardoor P&T<sup>45</sup> (dat eventueel in de toekomst beschikbaar zal komen) voor dit afval niet mogelijk zal zijn.

44 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 10.

45 P&T (partitioning and transmutation) maakt het mogelijk de levensduur van gebruikte hoogradioactieve splijtstof te verkorten.

Daarnaast ontstaat er jaarlijks 2 m<sup>3</sup> samengeperste hoogradioactieve metaaldelen (splijtstofbuizen en dergelijke) en 30 à 40 m<sup>3</sup> licht radioactief afval per jaar<sup>46</sup>.

Hoogradioactief afval zal, volgens de huidige plannen, na de bovengrondse opslagperiode in de diepe ondergrond worden opgeborgen. Het duurt meer dan 100.000 jaar voordat langlevende radioactieve elementen in gebruikte splijtstof het niveau van natuurlijk uranium hebben bereikt. De ondergrondse berging moet zeker 1000 jaar intact blijven; verval en verdunning zorgen er dan voor dat het restant aan radioactiviteit naar verwachting geen negatief effect meer kan hebben, mocht het bovengronds komen<sup>47</sup>. In Europa is op dit moment nog nergens een ondergrondse eindberging in bedrijf voor hoogradioactief afval. Wel is in Finland een eindberging in aanbouw<sup>48</sup>.

De resterende 1 procent van de gebruikte splijtingstof is plutonium. Dit wordt vrijwel geheel teruggewonnen en hergebruikt. Door de opwerking van het splijtstofafval en het (her)gebruik van uranium en plutonium neemt de levensduur van het hoogradioactief afval af tot 10.000 jaar. Door geavanceerdere vormen van opwerking en recycling (P&T: partitioning en transmutatie) kan de levensduur van gebruikte hoogradioactieve splijtstof over twee à drie decennia worden verkort tot iets meer dan 2000 jaar en wellicht nog korter. Bovendien wordt de restfractie plutonium, inzetbaar voor de productie van kernwapens, zeer vergaand gereduceerd. De vierde generatie kernreactoren, die naar verwachting rond 2030 op de markt komt, is er onder meer op gericht dat het resterende afval een kortere levensduur heeft.

Belangrijke veiligheidsrisico's van kernenergie bestaan uit *terroristische bedreigingen* en *proliferatierisico's*. Het is daarbij een discussiepunt of *uitbreiding* van kernenergie in Nederland tot wezenlijk grotere veiligheidsrisico's leidt dan in de huidige situatie met een kerncentrale.

Er kunnen drie soorten *terroristische bedreigingen* worden onderscheiden<sup>49</sup>:

- 1 Het gebruik van een explosief waarbij radioactief materiaal wordt verspreid, ook wel 'vuile bom' genoemd. Voor de constructie van een 'vuile bom' is geen materiaal uit de splijtstofcyclus nodig. Radioactief materiaal is ook buiten de kernenergiesector aanwezig, bijvoorbeeld in ziekenhuizen. Beveiliging van de splijtstofcyclus moet ervoor zorgen dat dit materiaal niet in handen van terroristen terechtkomt.
- 2 Het verkrijgen van een kernwapen door een terroristische organisatie. Vanwege de grootte en complexiteit van de benodigde installaties is het voor terroristische organisaties niet eenvoudig een kernwapen te ontwikkelen en te bouwen. Beveiliging van

46 Zie: [www.epz.nl/navigatie/frameset.asp?knop\\_id=10000061&mainurl=10000213](http://www.epz.nl/navigatie/frameset.asp?knop_id=10000061&mainurl=10000213).

47 Informatie verstrekt door prof. T.H.J.J. van der Hagen, directeur van het Reactor Instituut Delft.

48 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 38.

49 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 38.

- nucleaire installaties moet zorgen voor het verkleinen van het risico van terroristische aanslagen.
- 3 Een aanslag op een nucleaire installatie, opslagplaats of transport van radioactief materiaal, met als doel radioactieve stoffen te laten ontsnappen en daarmee de omgeving te besmetten. De veiligheidssystemen die ervoor zorgen dat bij verkeerde acties van de operator de reactor automatisch afschakelt, beperken de potentiële dreiging die uitgaat van een eventuele terroristische overname van de centrale. Daarnaast wordt bij het ontwerp van nucleaire installaties en transportcontainers rekening gehouden met terroristische aanslagen. Voor nieuw te bouwen centrales heeft de Amerikaanse regelgever NRC voorgesteld expliciete ontwerp-eisen te stellen aan de bestendigheid tegen een aanslag met een verkeersvliegtuig<sup>50</sup>. Deze eis was ook opgenomen in de zogenaamde Randvoorwaardenbrief van de toenmalige staatssecretaris Van Geel<sup>51</sup>.

Ten slotte is er nog het *proliferatierisico*. Proliferatie is het verspreiden van nucleaire technologie en materiaal voor militaire en niet-vreedzame toepassingen<sup>52</sup>. De benodigde grondstoffen voor een kernwapen zijn hoogverrijkt uranium of plutonium. De verrijkingstechnologie kan worden gebruikt om hoogverrijkt uranium te produceren. Het opwerkingsproces zou – zeker wanneer splijtstof wordt verwerkt die slechts kort in de reactor is gebruikt – kunnen worden gebruikt om plutonium af te scheiden dat voor kernwapens geschikt is.

Er zijn internationale afspraken gemaakt (Non-proliferatieverdrag en het Additioneel protocol) om handel in nucleair materiaal en technologie, en de verspreiding van kennis om een nucleaire installatie te kunnen bouwen, te onderwerpen aan internationaal toezicht. Dit houdt controle in op het vreedzame gebruik van de kernenergie-technologie en bewaking van de splijtstof. Het Internationaal Atoomagentschap van de Verenigde Naties (IAEA) ontwikkelt initiatieven die erop zijn gericht op de lange termijn alle verrijking- en opwerkingsinstallaties onder internationaal toezicht te plaatsen. Op dit moment is de situatie nog niet adequaat.

Ervan uitgaande dat Nederland zich aan de internationale afspraken zal houden, mag worden verwacht dat uitbreiding van kernenergie in ons land niet tot een groter proliferatierisico zal leiden dan in de huidige situatie met een kerncentrale. In de gehele keten van de kernenergieproductie zijn proliferatierisico's echter nooit geheel uit te sluiten. Een illustratie hiervan is de ervaring uit de jaren zeventig van de vorige eeuw met de ontvreemding van kennis over de verrijkingstechnologie bij Urenco<sup>53</sup>.

50 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 47.

51 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 89.

52 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., pp. 44-46.

53 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 44.

## 2.4 Schone energievoorziening

### 2.4.1 Algemeen

Winning, transport en verbruik van fossiele energiedragers, alsook de productie van elektriciteit veroorzaken een aanzienlijke milieudruk<sup>54</sup>:

- bij winning, transport en distributie van aardgas en aardolie ontstaan emissies naar de lucht, vooral methaan<sup>55</sup>;
- elektriciteitscentrales gebruiken grote hoeveelheden koelwater;
- bij de productie van elektriciteit ontstaan belangrijke luchtmissies (onder andere kooldioxide en stikstofoxiden), en vaste afvalstoffen;
- het verbruik van aardgas, aardolie en steenkool veroorzaakt belangrijke emissies van stoffen naar de lucht.

In het milieu- en klimaatbeleid krijgt vooral de uitstoot van broeikasgassen veel aandacht. Dat zal ook in deze paragraaf het geval zijn. Een koolstofarme energiehuishouding is zowel gunstig in de mondiale strijd tegen de klimaatverandering als belangrijk voor de lokale luchtkwaliteit en de daarmee gepaard gaande gezondheidswinst<sup>56</sup>. Van belang hierbij is dat andere vormen van energieopwekkinggerelateerde milieubelasting – NO<sub>x</sub>-emissies, thermische verontreiniging en stofuitstoot – op betaalbare wijze tot aanvaardbare niveaus zijn terug te dringen<sup>57</sup>.

Alvorens op de CO<sub>2</sub>-uitstoot gedurende de levenscyclus van elektriciteitsopwekking in te gaan, wordt eerst kort ingegaan op de milieuaspecten van uraniumwinning, de brandstof van kerncentrales.

### 2.4.2 Milieuaspecten van uraniumwinning

Uraniumerts kan worden gewonnen door dagbouw uit ‘open pit’-mijnen (30 procent van de wereldproductie), uit ondergrondse mijnbouw (40 procent) en uit oplossingsmijnbouw (*in situ leaching*; 30 procent); in het laatste geval wordt uranium in de ertslaag opgelost en daarna naar de oppervlakte gepompt<sup>58</sup>. Qua milieuaspecten van open uraniumwinning – dagbouw of ondergronds – spelen dezelfde problemen als bij andere open ertswinning, maar daarnaast ontstaan grote hoeveelheden radioactief erts.

54 Ontleend aan informatie van het MNP; zie [www.milieuennatuurcompendium.nl](http://www.milieuennatuurcompendium.nl).

55 In paragraaf 2.3.1 is al gewezen op de grote milieu- en veiligheidsrisico's die bij winning en transport van aardgas in landen als Rusland optreden.

56 Zie bijvoorbeeld Bollen, J. en H. Eerens (2007) *Effect van een nucleaire uitbreiding in Europa op de gezondheidsschade door luchtverontreiniging*, op.cit.

57 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit., par. 2.1.3.

58 Gebaseerd op: Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., par. 3.1.1.

De feitelijke milieubelasting bij winning en verwerking van uranium is afhankelijk van het beheer van de mijn, zowel tijdens exploitatie als na sluiting ervan, en van het restproduct van de ertsverwerking (*tailings*). De belasting van het milieu houdt voornamelijk verband met de radonemissies naar de lucht en emissies van zware metalen naar water en bodem. In principe is het mogelijk door een goede afdichting van de *tailing*-reservoirs deze milieubelasting te minimaliseren tot een niveau van natuurlijke emissies van radon uit de bodem<sup>59</sup>. De milieubelasting door zware metalen en radon is bij oplossingsmijnbouw lager dan bij open mijnbouw, omdat er geen erts naar het oppervlak wordt gebracht. Het op grote schaal in de bodem brengen van oplosmiddelen (zuur of basisch, afhankelijk van het gesteente) beïnvloedt echter de kwaliteit van de bodem en het grondwater. Na sluiting van zulke mijnen zijn dan ook saneringsprojecten noodzakelijk om de grondwaterkwaliteit weer zoveel mogelijk te herstellen.

Er is steeds meer aandacht voor het verantwoord omgaan met de winning van uranium, zo stelt het factfinding-rapport<sup>60</sup>. Veel grote bedrijven die uraniummijnen exploiteren in Australië, Canada en Kazakstan (de drie grootste producenten) beschikken tegenwoordig over een ISO 14001-certificaat, dat aangeeft dat zij een controlebaar milieuzorgsysteem bezitten dat gekoppeld is aan een vergunning. Certificering biedt echter geen absolute garanties voor een verantwoorde uraniumwinning. Wel is er in het kader van dit milieuzorgsysteem een monitorprogramma waarmee frequent concentraties zware metalen en chemische verbindingen in grondwater worden bepaald, zodat indien nodig tijdig aanvullende maatregelen te treffen zijn. Toepassing van het milieuzorgsysteem wordt regelmatig gecontroleerd.

Nederland betreft het voor de kerncentrale Borssele gebruikte uranium uit Kazakstan. Voormalig staatssecretaris Van Geel heeft aangegeven dat de drie grootste mijnbouwbedrijven in Kazakstan over een ISO 14001-certificaat beschikken, maar dat hem niet bekend is of alle mijnbouwactiviteiten in dit land ISO-gecertificeerd zijn<sup>61</sup>. Ook meldt Van Geel dat de uraniumwinning in Kazakstan voornamelijk ondergronds (*in situ leaching*) gewonnen wordt, hetgeen uit milieuoogpunt de voorkeur verdient.

### 2.4.3 CO<sub>2</sub>-uitstoot gedurende de levenscyclus van de elektriciteitsproductie

Voor CO<sub>2</sub>-emissies gedurende de levenscyclus van *kolencentrales* zonder CCS worden waarden gerapporteerd tussen 815 en 1153 gram per kWh. De CO<sub>2</sub>-emissie van een kolengestookte centrale valt te beperken door bij- of meestook van biomassa (zie kader)<sup>62</sup>.

59 In Afrikaanse mijnen worden de *tailings* vaak niet afgedicht met als gevolg dat omwonenden aan radioactiviteit worden blootgesteld.

60 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p.51.

61 Brief *Antwoorden op vragen over de randvoorwaarden voor nieuwe kerncentrales* van staatssecretaris Van Geel van 13 oktober 2006.

62 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., par. 3.2.



Ook kunnen door nieuwe technieken nog forse rendementsverbeteringen met minder CO<sub>2</sub>-, SO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies worden behaald, terwijl bij voldoende bij- of meestook van biomassa door CCS toe te passen CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer wordt onttrokken<sup>63</sup>. Zoals eerder werd geconstateerd, heeft het gebruik van de huidige CCS-technologie als nadeel dat het rendement van een kolencentrale met circa tien procentpunt daalt.

Bij *gasgestookte centrales* is de CO<sub>2</sub>-uitstoot gedurende de levenscyclus ongeveer de helft van de uitstoot van kolengestookte centrales: tussen 362 en 622 gram per kWh<sup>64</sup>. Ook voor dit type centrales gelden mogelijkheden voor flinke emissiereducties door rendementsverbeteringen en CCS<sup>65</sup>.

### CO<sub>2</sub>-emissies van kolencentrales met en zonder bijstook van biomassa

Het ministerie van Economische Zaken heeft medio 2006 de CO<sub>2</sub>-emissies van bestaande kolen- en gascentrales met een zelfde omvang vergeleken met kolencentrales – poederkool en kolenvergasser – zoals die in de nieuwbouwplannen zijn opgenomen. In de plannen van nieuwbouwcentrales is het steeds de bedoeling ook veel biomassa bij te stoken. Uit onderstaande tabel komt naar voren dat een moderne kolencentrale met 50 procent bijstook van biomassa ongeveer evenveel CO<sub>2</sub> uitstoot als een moderne gasgestookte centrale.

In de vergelijking is geen aandacht besteed aan de toepassing van CCS. Tegenover het voordeel van de reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie en andere schadelijke stoffen staan de nadelen van rendementsverlies (in de orde van grootte van zo'n 10 procentpunt) en extra kosten.

| Type centrale                       | Elektrisch rendement (%) | CO <sub>2</sub> -emissie (kt/j) |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Poederkoolcentrale, 100% kolen      | 46                       | 5200                            |
| Idem, 50% biomassa                  | 46                       | 2600                            |
| Kolenvergasser, 100% kolen          | 42,5                     | 5600                            |
| Idem, 50% biomassa                  | 42,5                     | 2800                            |
| Bestaande kolencentrale, 100% kolen | 41                       | 5800                            |
| Idem, 25% biomassa                  | 41                       | 4400                            |
| Gasgestookte centrale (STEG)        | 59                       | 2400                            |

- Bron: Brief van minister Brinkhorst aan Tweede Kamer van 21 juni 2006 over uitbetaling tegemoetkoming MEP.

63 Zie: Menkveld, M. (red.) (2004) *Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid*, Petten, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), p. 21.

64 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., par. 3.2.

65 Menkveld, M. (red.) (2004) *Energietechnologieën in relatie tot transitiebeleid*, op.cit., pp. 14-15.

In het ECN-rapport wordt een beeld geschetst van de CO<sub>2</sub>-uitstoot gedurende de levenscyclus van *kernenergie* in vergelijking met andere energiebronnen<sup>66</sup>. De conclusie is dat de omvang van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van kernenergie grofweg gelijk is aan de uitstoot die gepaard gaat met de productie van *wind- en zonne-energie*: (ruim) beneden 100 gram per kWh<sup>67</sup>. Als grotere inzet van kernenergie in de plaats zou komen van kolencentrales zonder CCS, dan kan daarmee tevens voor een verbeterde luchtkwaliteit worden gezorgd; dit levert een aanzienlijke gezondheidswinst op<sup>68</sup>.

Tegenover het voordeel van de geringe uitstoot van broeikasgassen heeft elektriciteitsopwekking door kernenergie het nadeel van langdurig radioactief afval<sup>69</sup>. In zekere zin is deze afvalproblematiek vergelijkbaar met de CSS-problematiek bij kolen- en gasgestookte elektriciteitscentrales (zie paragraaf 2.3.1). Een verschil is wel dat de hoeveelheid radioactief afval veel geringer is dan de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die moet worden opgeslagen. Anderzijds is CO<sub>2</sub> niet giftig of radioactief en kan het in de ondergrond worden gebonden.

## 2.5 Betaalbare energievoorziening

Belangrijke elementen in de maatschappelijke oordeelsvorming over de inzet van meer kernenergie betreffen de kostenkant en de betaalbaarheid<sup>70</sup>.

### 2.5.1 Kosten van grootschalige energiecentrales

Nederland heeft belangrijke vestigingsplaatsvoordelen voor grootschalige elektriciteitsproductie: uitstekende aanvoermogelijkheden via het water, grote koelwatercapaciteit aan de zee, relatief grote gasvoorraden, een verfijnd gasleidingnet en een goed elektriciteitshoogspanningsnet. Op dit moment is Nederland ook een aantrekkelijke plaats om te investeren in nieuw productievermogen, aangezien de elektriciteitsprijzen voor basislastcentrales relatief hoog zijn<sup>71</sup>.

66 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p.13.

67 Naarmate het winnen van uranium moeilijker wordt, neemt de uitstoot van CO<sub>2</sub> door de extra winningsinspanningen in deze fase van de levenscyclus waarschijnlijk toe. Dit zal overigens ook voor de winning van kolen en gas gelden.

68 Bollen, J. en H. Eerens (2007) *Effect van een nucleaire uitbreiding in Europa op de gezondheidsschade door luchtverontreiniging*, op.cit.

69 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., par. 2.4.2.

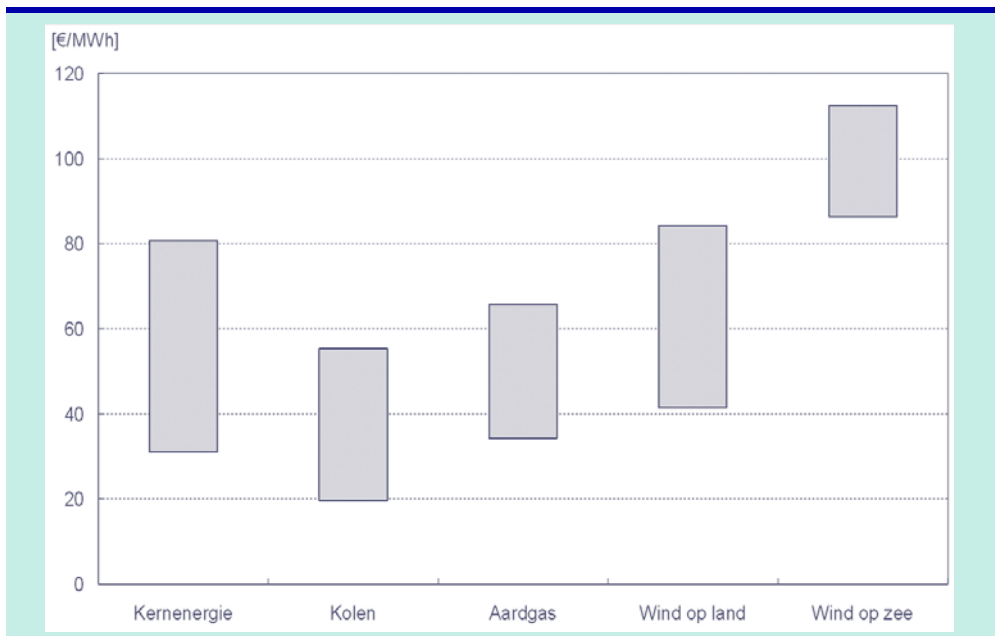
70 In het ECN-rapport wordt uitvoerig ingegaan op de kostenkant en economische aspecten van kernenergie. Dit gebeurt in de hoofdstukken 4 en 5 van het rapport. Hier wordt volstaan met een beperkt aantal elementen.

71 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p.15. Kerncentrales concurreren vooral met andere basislastcentrales. In de huidige Nederlandse markt gaat het dan om kolencentrales, afvalverbrandingsinstallaties (AVI's), industriële warmtekrachtinstallaties en gascentrales die warmte leveren voor stadsverwarming (STEG SV). Een kerncentrale in Nederland concurreert ook met buitenlandse basislastcentrales. Dit zijn op dit moment kolencentrales en kerncentrales. De elektriciteitspieken worden in Nederland overwegend door gascentrales opgevangen.

Het kostenaspect speelt uiteraard in het bijzonder voor mogelijke investeerders in een nieuwe elektriciteitscentrale. Van belang is hierbij dat de kostenopbouw van kolen- en gascentrales enerzijds en kerncentrales anderzijds sterk verschilt. Bij kerncentrales vormen de kapitaalkosten verreweg de grootste kostenpost; de brandstofkosten vormen maar een beperkt deel van de totale kosten. Bij kolen- en gascentrales is het aandeel van de brandstofkosten veel groter. Een stijging van de kolen- en gasprijzen werkt daardoor relatief sterk door in de kosten van elektriciteitsopwekking via deze energiedragers. Een stijging van de uraniumprijs heeft daarentegen maar een beperkte invloed op de kosten van kernstroom.

Het ECN-rapport geeft een vergelijkend overzicht van de kostprijs van diverse elektriciteitsproductietechnologieën wereldwijd, uitgaande van de huidige situatie (zie figuur 2.1)<sup>72</sup>. Door uiteenlopende regionale omstandigheden en leeftijdverschillen tussen centrales kunnen de kosten sterk uiteenlopen; ook zijn er verschillen in de gehanteerde kostenmethodieken. Het blijkt dan ook moeilijk een scherp beeld van de kosten per energiedrager te krijgen. Het overzicht laat daardoor grote marges per technologie zien. Behalve de feitelijke kosten moet bovendien nog rekening worden gehouden met de externe kosten van energieopwekking (zie kader). Uiteraard zijn de kosten relevant op het moment dat de investeringsbeslissing feitelijk wordt genomen.

figuur 2.1 Vergelijking kostprijs van diverse elektriciteitsproductietechnologieën op basis van recente literatuur (in euro's per MWh)



Bron: Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 78.

72 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., pp. 77-78.

## Externe kosten

Ook de berekeningen van de externe kosten van milieuschade zijn verre van eenduidig en lopen daardoor per bron flink uiteen. Globaal is het beeld dat de externe milieukosten van kernenergie beneden 1 cent per kilowattuur liggen, min of meer vergelijkbaar met de externe kosten voor windenergie en die van elektriciteit geproduceerd met zonnepanelen. Voor elektriciteit geproduceerd uit kolen en gas (zonder CO<sub>2</sub>-opslag) liggen de externe kosten een factor tien hoger.

Voor kernenergie gelden daarnaast wel specifieke externe kosten, bijvoorbeeld kosten die de overheid moet maken voor publieksvoorlichting over kernenergie, voor beveiliging van afvaltransporten en voor beveiliging tegen terroristische acties. Ook moet kosten worden gemaakt om proliferatie tegen te gaan. Een bijzonder punt van aandacht vormen de externe kosten van een nucleair ongeval. De kans hierop wordt zeer klein geacht, maar het effect hiervan is daarentegen erg groot. De exploitant van een kerncentrale is op grond van de Wet aansprakelijkheid kernongevallen aansprakelijk voor de schade die door een kernongeval wordt veroorzaakt. Deze aansprakelijkheid is beperkt tot € 340 miljoen (wordt verhoogd tot € 700 miljoen). Mocht de schade hoger zijn dan stelt de overheid middelen voor schadevergoeding beschikbaar tot een bedrag van € 2.269 miljoen.

- Bron: M.J.J. Scheepers [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., pp. 81 en 91.

De huidige brandstofmix in Nederland is vooral ongunstig voor de energie-intensieve industrie<sup>73</sup>. Het Nederlandse productiepark is sterk afhankelijk van aardgas als brandstof. Dit is een relatief dure energiebron om elektriciteit op te wekken, mede vanwege de koppeling van de prijs van aardgas aan de olieprijs. In ons omringende landen zoals Duitsland, België en Frankrijk is het productiepark heel anders ingericht. In deze landen zijn verhoudingsgewijs veel meer kolengestookte of nucleaire centrales te vinden, waardoor de elektriciteitsprijs zich onafhankelijker beweegt van de olieprijs.

### *Toekomstige kostenontwikkeling*

Voor de toekomstige energiekosten zijn diverse factoren van belang.

Zo waarschuwt de *World Energy Outlook 2007* voor fors oplopende kolen- en gasprijzen door de *sterk groeiende energiebehoefte* in landen als China en India.

Daarnaast is de *hoogte van de CO<sub>2</sub>-prijs* van groot belang. Bij een effectief emissiehandels-systeem zorgt de CO<sub>2</sub>-prijs voor een kostennadeel voor kolencentrales en – in mindere mate – voor gascentrales. In de voorstellen van de Europese Commissie zullen elektrici-

73 SER (2006) *Advies Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid*, publicatienr. 06/10, Den Haag, p. 81. Zie ook: AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit.

teitproducenten onder het nieuwe ETS-systeem vanaf 2013 hun emissierechten op de veiling moeten kopen.

Verder is de *technologische vooruitgang* een belangrijke bepalende factor voor de toekomstige prijsontwikkelingen van en de prijsverhouding tussen energiedragers. Zo zijn leereffecten vooral van betekenis voor nog niet uitontwikkelde technologieën. Door R&D-inspanningen en schaaleffecten zijn voor tal van energietechnologieën nog forse kostenreducties mogelijk. Daar kunnen overigens ook kostenverhogende investeringen tegenover staan, bijvoorbeeld voor opslagcapaciteit van weersafhankelijke energiedragers. Ten aanzien van de kerncentrales van de derde generatie zijn er waarschijnlijk nog technologische kinderziektes te overwinnen. Kerncentrales van deze nieuwe generatie zijn nog maar weinig gebouwd. Hierdoor zijn er onzekerheden die doorwerken in de bouwtijd en de bouwkosten en mogelijk leiden tot kostenoverschrijdingen. Dit risico zal afnemen wanneer meerdere kerncentrales van hetzelfde type zijn gebouwd.

Voor Nederland en de andere EU-lidstaten is niet in de laatste plaats de voortgang van de *geïntegreerde elektriciteitsmarkt* een belangrijke factor voor het functioneren van de markt en de daaruit voortvloeiende prijsontwikkeling.

### 2.5.2 *Betaalbaarheid*

Een goede werking van de elektriciteitsmarkt heeft via de kostenontwikkeling uiteraard ook een doorwerking op de betaalbaarheid van elektriciteit. De effecten van de liberalisering en internationalisering zijn in dit verband cruciaal. In een geliberaliseerde markt heeft de inzet van meer kernenergie volgens het factfinding-rapport (p. 15) in Nederland nauwelijks effect op de elektriciteitsmarktprijs:

*Een kerncentrale is een ‘price taker’. Een kerncentrale ontvangt de prijs die in de markt door andere typen elektriciteitsproductie wordt bepaald. Dit zijn in Nederland in de daluren voornamelijk kolencentrales en in de piekuren voornamelijk gascentrales. In Duitsland draaien in de piekuren minder vaak gascentrales, waardoor de gemiddelde Duitse elektriciteitsmarktprijs onder die van Nederland ligt. (...) Eventuele prijsvoordelen die door de exploitant van een kerncentrale worden genoten, worden niet automatisch doorgegeven aan afnemers. Met lange termijn contracten, die (industriële) afnemers met een kernenergie-exploitant kunnen afsluiten, ontstaat in principe geen andere situatie.*

Eerder heeft de SER erop gewezen dat de elektriciteitsmarkt voor grootgebruikers ondoorzichtig is<sup>74</sup>. Deze partijen kopen voornamelijk energie in op de groothandelsmarkten die een eigen prijsvorming kennen. De prijzen op deze markten zijn voor een belangrijk deel ondoorzichtig omdat ze berusten op bilaterale onderhandelingen en con-

74 Deze passage is overgenomen uit het SER-advies *Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid*, op.cit., inz. par. 4.4.2.

tracten (zie kader). Daarbij speelt ook dat de Noordwest-Europese markt voor elektriciteit en gas nog in ontwikkeling is.

### Structuur van de groothandelsmarkten voor energie

De ondoorzichtigheid van de prijsvorming op de groothandelsmarkten voor energie wordt veroorzaakt door de marktstructuur. Belangrijkste probleem is dat de groothandelsmarkt voor energie bestaat uit een groot aantal marktplaatsen. Voor de levering van elektriciteit kunnen producenten en leveranciers onderling contracten overeenkomen. We spreken dan van een bilaterale markt. Contractpartijen spreken in dit geval onderling de specificaties van het contract af. In de tweede plaats is het mogelijk gestandaardiseerde contracten af te sluiten. Dit is de ‘over the counter’ (OTC) markt waar contracten worden verhandeld voor standaardhoeveelheden elektriciteit met verschillende looptijden. Op deze markt brengen makelaars vraag en aanbod van elektriciteit bij elkaar. Dan zijn er in de derde plaats nog twee elektronische handelsplatforms waar partijen zonder tussenkomst van makelaars handelen in termijncontracten (Endex) en spotcontracten (APX).

De groothandelsmarkt voor aardgas bestaat uit drie soorten handelsplaatsen. Het overgrote deel van de Nederlandse gasconsumptie (ongeveer 95 procent) wordt via bilaterale contracten op de verschillende gasontvangststations verkocht. Het Nederlandse net kent ongeveer 1100 van dit soort fysieke marktplaatsen. Daarnaast is er een Title Transfer Facility (TTF), een virtuele marktplaats waar bilateraal kan worden gehandeld of via de gasbeurs APX Gas NL. Op het TTF wordt ongeveer 5 procent van de Nederlandse gasconsumptie verhandeld. De derde marktplaats is de Eurohub, een gasbeurs in de regio Bunde-Emden waar echter weinig op gehandeld wordt.

Grootgebruikers maken relatief veel gebruik van bilaterale contracten op de groothandelsmarkt. Dit soort contracten is niet gestandaardiseerd waardoor prijzen vaak onbekend en, indien wel bekend, moeilijk vergelijkbaar zijn. Uit recente onderzoeken in opdracht voor het ministerie van Economische Zaken blijkt dan ook dat er voor grootgebruikers geen betrouwbare tijdreeks kan worden opgesteld van de prijsontwikkeling. Er is, kortom, een gebrek aan inzicht in wat grootgebruikers daadwerkelijk aan leveringscontracten met hun toeleveranciers zijn overeengekomen.

- Bronnen: DTe (2005) *Onderzoek marktwerking groothandelsmarkt gas*, Den Haag; DTe (2006) *Marktmonitor: Ontwikkeling van de groothandelsmarkt voor elektriciteit 2005*, Den Haag, Nederlandse Mededingingsautoriteit, Directie Toezicht Energie.

De energie-intensieve industrie is belangrijk voor de Nederlandse industrie en de industriële werkgelegenheid (zie kader). Langetermijncontracten voorkomen grote prijsfluctuaties. Dit is van belang voor de concurrentiepositie van energie-intensieve bedrijven.

Langetermijncontracten met energieleveranciers kunnen alleen met nationale elektriciteitsproducenten omdat het op dit moment onmogelijk is om voor de lange termijn grensoverschrijdende interconnectiecapaciteit te reserveren. *Cross border*-contracten voor de lange termijn zijn in de praktijk zeer moeilijk te sluiten aangezien de interconnectiecapaciteit jaarlijks moet worden geveild. Dit betekent dat voor grote internationaal opererende energie-intensieve ondernemingen in Nederland voldoende basislastvermogen tegen concurrerende prijzen voorhanden moet zijn om de langetermijncontinuïteit zeker te stellen.

### De economische betekenis van de energie-intensieve industrie

De energie-intensieve industrie vormt een belangrijk onderdeel van de Nederlandse industrie.

Afgezet tegen de *totale industrie* zorgt deze sector voor ongeveer een kwart van de toegevoegde waarde, voor 15 procent van de werkgelegenheid en voor 38 procent van de export. De energie-intensieve industrie is ook kennisintensief; een aantal grote ondernemingen behoort tot de top 25 van bedrijven met de hoogste O&O-uitgaven. Zij hebben hierdoor nauwe contacten met kennisinstellingen; ook hebben ze hiermee een belangrijke positie in kennisnetwerken.

Afhankelijk van de inschatting van de toekomstige ontwikkelingen op de energiemarkten kan vanuit de industriële optiek een uitbreiding van kernenergie in Nederland kostenvoordelen opleveren. De afhankelijkheid van prijzen die in hoge mate worden gedreven door olie of gas neemt dan af. In zo'n situatie is een constructie denkbaar waarin een consortium van energie-intensieve bedrijven het voortouw neemt om uitbreiding van het kernvermogen tot stand te brengen. Een dergelijke constructie is vergelijkbaar met de wijze waarop de in aanbouw zijnde Finse EPR-centrale van de derde generatie tot stand is gekomen.

## 2.6 Andere sociaal-economische aspecten

### 2.6.1 Algemeen

Voor een beoordeling van de maatschappelijke effecten van een uitbreiding van kernenergie zijn naast de betaalbaarheid en de kosten ook andere (sociaal-)economische effecten van belang. Het factfinding-rapport besteedt hier door middel van een maatschappelijke impact analyse aandacht aan<sup>75</sup>. Uit het rapport komt naar voren dat de effecten moeilijk zijn in te schatten.

In aanvulling op het ECN-rapport komt in deze paragraaf een aantal relevante sociaal-economische aspecten aan bod. Hier wordt niet nader ingegaan op de economische en

75 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., hoofdstuk 10.

werkgelegenheidsbelangen van de energie-intensieve industrie in relatie tot een mogelijke uitbreiding van kernenergie; dit aspect is in de vorige paragraaf al behandeld.

Achtereenvolgens komen de drie volgende aspecten aan de orde:

- industriële en exportkansen van nieuwe energietechnologieën;
- mogelijke verdringing van hernieuwbare energie door meer kernenergie;
- macro-economische effecten.

## 2.6.2 Industriële en exportkansen van nieuwe energietechnologieën

In het algemeen kan worden gesteld dat specialisatie in een van de nog niet uitontwikkelde energietechnologieën de mogelijkheid geeft tot nieuwe industriële bedrijvigheid. Zo bieden de snel groeiende mondiale energiemarkten en markten voor milieugoederen en milieudiensten interessante exportkansen voor het Nederlandse bedrijfsleven<sup>76</sup>.

Op voorhand is moeilijk in te schatten of die kansen vooral liggen in energiebesparing, hernieuwbare energie, schoon fossiel (vooral de CCS-technologie) of geavanceerde nucleaire technologieën. Het is aan bedrijven zelf om hierin keuzes te maken. Van de overheid mag worden verwacht dat zij maatschappelijk wenselijke opties faciliteert en dat zij een voor- en consistent beleid voert, waardoor onzekerheden bij marktpartijen worden beperkt. Van belang hierbij is lering te trekken uit eerdere ervaringen (zie kader).

### Succes- en faalfactoren bij stimulering van windturbine-industrie

Uit vergelijkend onderzoek naar de ontwikkeling van de Nederlandse en Deense windturbine-industrie komen de volgende factoren naar voren, die het Nederlandse falen en het Deense succes verklaren:

- In Denemarken was sprake van een betere kennisuitwisseling over windturbines.
- Nederlandse bedrijven hielden lang vast aan een tweebladig design en toepassing van relatief zware generatoren, mede door de subsidie op capaciteit in plaats van op prestatie.
- In Nederland was sprake van 'technology push' en veel minder van de ontwikkeling van een markt, onder meer vanwege problemen met vergunningen en gebrek aan coördinatie.
- Nederlandse bedrijven profiteerden in tegenstelling tot de Denen niet van de internationale markt voor windturbines, omdat ze zich (te) lang op de eigen, onderontwikkelde markt bleven richten. Zo verloren ze de concurrentiestrijd.
- Het Nederlandse beleid voor windenergie kende veel veranderingen, wat leidde tot een gebrek aan continuïteit en onvoldoende zekerheid voor marktpartijen.

• MNP (2005) *Milieubalans 2005*, Bilthoven, Milieu- en Natuurplanbureau, p. 32.

76 Zie ook: SER (2005) *Advies Milieu als kans*, publicatienr. 05/13, Den Haag.



### 2.6.3 Verdringing tussen kernenergie en hernieuwbare energie?

Tegen deze achtergrond is het de vraag of uitbreiding van kernenergie ten koste gaat van investeringen en O&O-inspanningen in maatschappelijk wenselijke alternatieven zoals hernieuwbare energie. Volgens het factfinding-rapport van ECN wordt er bij uitbreiding van kernenergie mogelijk minder geïnvesteerd in nieuwe energietechnologieën en wordt niet geprofiteerd van eventuele positieve economische effecten die met de ontwikkeling en toepassing van innovatieve technologie samenhangen<sup>77</sup>.

Op empirische gronden is het niet eenvoudig op de verdringingsvraag een eenduidig antwoord te geven. Te constateren valt dat in de periode dat kernenergie sterk in opkomst was, er ook veel in O&O geïnvesteerd is (zie kader). In de meer recente geschiedenis is de rol van kernenergie in Europa, Frankrijk uitgezonderd, echter in betekenis teruggelopen. In de meeste landen is de afgelopen jaren meer in hernieuwbare energie geïnvesteerd.

#### O&O-uitgaven in energie

Op basis van IEA-statistieken komt ECN tot de conclusie dat in de periode 1993-2004 verreweg de grootste publieke budgetten naar kernenergie zijn gegaan (zie tabel). Dat neemt niet weg dat de jaarlijkse totale O&O-uitgaven aan kernenergie in reële termen zijn teruggelopen van \$<sub>2004</sub> 4,8 mrd. in 1993 naar \$ 3,8 mrd. in 2004. De nucleaire grootgebruikers doen grosso modo ook de grootste O&O-uitgaven; Japan steekt ver boven de rest uit. Opvallend is dat België – voor 55 procent afhankelijk van kernstroom – veel minder aan publiek gefinancierde nucleaire O&O doet dan Nederland (4 procent kernstroom). Het jaarlijkse Nederlandse budget voor nucleaire O&O is overigens ruimschoots gehalveerd ten opzichte van en decennium geleden: € 54,6 mln. in 1993 versus € 22,3 mln. in 2004.

Tabel – Publieke O&O-uitgaven naar energiedragers  
(gecumuleerd voor de periode 1993-2004, in mln. US\$)

|            | biomassa | zon  | wind | nucleair |
|------------|----------|------|------|----------|
| Nederland  | 127      | 170  | 82   | 335      |
| België     | 5        | 10   | 3    | 166      |
| Duitsland  | 71       | 440  | 212  | 2093     |
| Denemarken | 63       | 14   | 73   | 32       |
| Frankrijk  | 21       | 41   | 12   | 5631     |
| VK         | 48       | 30   | 38   | 10596    |
| VS         | 853      | 712  | 318  | 4132     |
| Japan      | 146      | 1001 | 55   | 32886    |
| Totaal IEA | 1852     | 2826 | 1167 | 51210    |

77 Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., p. 20.

In absolute termen zijn relatief bescheiden bedragen beschikbaar voor hernieuwbare energie. Nederland maakt hier verhoudingsgewijs veel publieke middelen voor vrij. Van alle IEA-landen stond ons land in 2004 op de plaatsen 3 (biomassa), 4 (zonne-energie) en 4 (windenergie). De afgelopen jaren zijn in ons land steeds meer publieke middelen vrijgemaakt voor biomassa (\$1,4 mln. in 1993; \$19,9 mln. in 2004), zonne-energie (\$7,5 mln. in 1993; \$17,4 in 2004) en windenergie (\$6,4 mln. in 1993; \$13,0 mln. in 2004). De ECN-onderzoekers concluderen dat er een zekere samenhang bestaat tussen de omvang van de publieke budgetten voor hernieuwbare energiebronnen en het hierop gerichte marktbevorderende beleid.

ECN heeft ook de *totale energierelateerde O&O-stromen* voor de Benelux in kaart proberen te brengen. Hieruit blijkt dat de private O&O-bedragen aanzienlijk hoger liggen dan de publieke. Zo werd op basis van de WBSO-subsidies<sup>a</sup> berekend dat het Nederlandse bedrijfsleven in de jaren 2003, 2004 en 2005 jaarlijks circa € 220 mln. in energierelateerde O&O geïnvesteerd heeft. Daarvan ging verreweg het grootste deel naar energiebesparing (circa € 120 mln.); zowel aan hernieuwbare als nucleaire energie werd jaarlijks zo'n € 25 mln. uitgegeven. Het totale bedrag aan private energierelateerde O&O-investeringen was echter aanzienlijk hoger (€ 534 mln. in 2005), vooral doordat grote bedragen werden vrijgemaakt voor (verhoogde) productie en raffinage van olie en gas.

- a De WBSO (Wet Bevordering Speur- en Ontwikkelingswerk) is een fiscale stimuleringsregeling waarmee de Nederlandse overheid een deel van de loonkosten voor speur- en ontwikkelingswerk, vergelijkbaar met Onderzoek en Ontwikkeling, compenseert.
- Bronnen: Lako, P. en M.E. Ros (2006) *R&D expenditure for H2 and FC as indicator for political will*, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN); Lako, P. en M.E. Ros (2007) *Public and private energy RTD expenditures in Belgium, Luxembourg and the Netherlands*, Petten, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN).

Een belangrijke notie voor de vergelijking tussen kernenergie en de andere energiedragers is dat kernenergie vooral concurreert met andere grootschalige centrales op basis van kolen en gas en in de toekomst ook met wind op zee. Zo bezien zal een uitbreiding van kernenergie vooral leiden tot verdringing van kolen- of gasgestookte centrales en in de toekomst mogelijk ook van windenergie.

De ontwikkeling van hernieuwbare energie is vooral gedreven door kabinetsbeleid. Zolang de kabinetsambities op dit terrein hoog blijven, zal de overheid instrumenten blijven inzetten die het aantrekkelijk maken om in hernieuwbare energie te investeren.

Tot slot geldt voor energieproducenten die onder het emissiehandelssysteem vallen, dat emissiereducties tegen zo laag mogelijke kosten moeten plaatsvinden. In die situatie zal een producent minder in hernieuwbare energie investeren als flankerend overheidsbeleid gericht op de bevordering hiervan onvoldoende is. Meer kernenergie wordt dan aantrekkelijker. Daar staat tegenover dat de plannen van de Europese Commissie beogen de

opbrengsten van het ETS grotendeels naar de lidstaten terug te sluizen ter bevordering van duurzame energie, CCS en R&D-inspanningen.

#### 2.6.4 *Macro-economische effecten*

In een scenario met streng klimaatbeleid en hoge CO<sub>2</sub>-prijzen, zoals het kabinet met het werkprogramma *Schoon en zuinig* beoogt, kan een kerncentrale ten opzichte van fossiele alternatieven (bijvoorbeeld kolen- of gascentrales met CCS) een macro-economisch voordeel opleveren. Ook wanneer dezelfde elektriciteit uit hernieuwbare bronnen (zonder CO<sub>2</sub>-emissies) wordt geproduceerd, ontstaat met uitbreiding van kernenergie een voordeel, zolang de kosten van kernenergie relatief laag en die van hernieuwbare energie relatief hoog blijven. Aangezien een eventuele uitbreiding van kernenergie door de lange voorbereidings- en bouwtijd pas over vele jaren geëffectueerd zal kunnen worden, is het overigens waarschijnlijk dat tegen die tijd de duurzame technologieën verder zijn uitontwikkeld en opgeschaald, waardoor prijsdalingen hebben plaatsgevonden. De prijsverschillen tussen kernstroom en elektriciteit uit hernieuwbare energie kunnen hierdoor afnemen.

Uit het factfinding-rapport (pp. 128-129) komt naar voren dat het effect op het bruto nationaal inkomen van uitbreiding van kernenergie afhangt van de rentabiliteit van kernenergie ten opzichte van de andere elektriciteitsproductieopties en marktverhoudingen; in het laatste geval bijvoorbeeld of er sprake is van import of export. Onder de condities van een scenario met streng klimaatbeleid en hoge CO<sub>2</sub>-prijzen kan een kerncentrale ten opzichte van het fossiele alternatieven een macro-economisch voordeel opleveren als de kosten voor de elektriciteitsproductie met een toegenomen aandeel kernenergie lager zijn dan als dezelfde elektriciteit met kolen- of gascentrales wordt geproduceerd. Ook wanneer dezelfde elektriciteit uit hernieuwbare bronnen (zonder CO<sub>2</sub>-emissies) wordt geproduceerd, ontstaat met uitbreiding van kernenergie een voordeel, vanwege de aanvankelijk hogere kosten van duurzame energietechnologie. Daartegenover staat dat er bij uitbreiding van kernenergie mogelijk minder geïnvesteerd wordt in nieuwe energietechnologieën en niet geprofiteerd kan worden van eventuele positieve economische effecten die met de ontwikkeling en toepassing van innovatieve technologie samenhangen.

## 2.7 **Belangrijkste conclusies**

De omvorming van het elektriciteitsproductiepark in duurzame richting is een dynamisch proces van vele decennia. In de praktijk zal waarschijnlijk moeilijk gelijktijdig aan alle duurzaamheidsaspecten volledig te voldoen zijn. Een volledig duurzame energievoorziening is dan ook vooralsnog een utopie. Er zal dan moeten worden gekozen, bijvoorbeeld tussen de mate van milieuschade die aanvaardbaar wordt geacht en de prijs die de samenleving bereid is hiervoor te betalen (ecologische versus economische duurzaamheid).

In de afweging tussen betrouwbaar, schoon en veilig, en betaalbaar scoort vooralsnog geen enkele energiedrager op alle onderdelen positief. Toegespitst op de vergelijking tussen kolen, gas en kernenergie is het algemene beeld van de plussen en minnen als volgt.

- Bij *kolen* zijn de enorme winbare voorraden in grote delen van de wereld het belangrijkste pluspunt. In de mijnbouw vallen jaarlijks echter vele duizenden doden. Daarnaast is de grote CO<sub>2</sub>-uitstoot een belangrijk knelpunt, zij het dat bijstook van duurzame biomassa (indien voldoende beschikbaar) tot emissiereducties leidt. Een stijgende CO<sub>2</sub>-prijs maakt elektriciteit uit kolen- (en gas)gestookte centrales duurder. Grootschalige toepassing van de technologie om de uitstoot van CO<sub>2</sub> uit kolencentrales af te vangen en op te slaan (CCS) bevindt zich voorlopig nog in de fase van proefprojecten, kent specifieke veiligheidsrisico's en juridische vragen. CCS is bovendien prijsverhogend en heeft een negatief effect op het energetisch rendement van centrales.
- Bij *aardgas* speelt ook de CO<sub>2</sub>-problematiek, zij het dat gasgestookte elektriciteitscentrales veel minder CO<sub>2</sub> uitstoten (ongeveer de helft) dan kolengestookte centrales. Ook gascentrales lenen zich voor CCS-toepassing. Met het geleidelijk opraken van de Nederlandse gasvoorraad, wordt Nederland (en zijn buurlanden) de komende decennia afhankelijker van importen deels uit politiek instabiele landen. Bij gaswinning in verre buitenland (zoals Rusland) gaat veel aardgas verloren door gaslekken bij exploratie en transport, hetgeen in een toename van het broeikas effect resulteert. Het risico van grotere afhankelijkheid van instabiele regio's kan deels worden gemitigeerd door een groeiende inzet van meer vloeibaar en, zij het vooralsnog prijzig, 'groen' gas. Een voordeel van gasgestookte centrales is de grote flexibiliteit. Dit is belangrijk als de betekenis van weersafhankelijke energiedragers (vooral wind) toeneemt. Een nadeel is de relatief hoge en volatiele prijs.
- Bij *kernenergie* is de relatief geringe CO<sub>2</sub>-uitstoot gedurende de levenscyclus een belangrijk milieuvoordeel. Er zijn de eerstkomende decennia geen leveringsproblemen met betrekking tot uranium. De productie van kernstroom wordt gekenmerkt door grote initiële investeringen en lage variabele kosten. Door de ongevallen met kerncentrales in Harrisburg (1979) en Tsjernobyl (1986) richt de maatschappelijke aandacht zich in eerste instantie vooral op de veiligheidsrisico's van kernreactoren. De laatste jaren is er ook de angst voor misbruik door nucleaire proliferatie. Bij de afvalproblematiek speelt het ontstaan van radioactief afval gedurende de mijnbouw en ook de opslag en eindberging van hoogradioactief afval. De kerncentrale van Borssele produceert jaarlijks 1,4 m<sup>3</sup> hoogradioactief afval en 2 m<sup>3</sup> samengeperste hoogradioactieve metaaldelen die onder gecontroleerd toezicht voor maximaal 100 jaar in speciaal hiertoe ontworpen en ingerichte opslagbunker (HABOG) worden opgeslagen. Vervolgens zal dit afval opgeslagen worden in een ondergrondse berging. De ondergrondse berging moet naar verwachting zeker 1000 jaar intact blijven om de grootste negatieve effecten te voorkomen. Uiteindelijk duurt het zo'n 100.000 jaar voordat het hoogradioactieve afval het radioactiviteitsniveau bereikt van natuurlijk uranium. In Europa is nog nergens een ondergrondse eindberging in bedrijf; wel is er in Finland een in aanbouw.

Hoewel de kans op een ongeluk in een kerncentrale zeer klein is, kunnen de effecten enorm zijn, zowel in termen van aantallen slachtoffers als door langdurige radioactieve straling van grote gebieden. De veiligheidsrisico's van kernenergie zijn wezenlijk, maar ze zijn tijdens de bedrijfsvoering van kerncentrales de afgelopen decennia sterk verminderd. Bij de kernreactoren die nu op de markt zijn, streeft men ernaar de reactorveiligheid te waarborgen via principes van actieve en passieve veiligheid.

Actieve systemen staan onder normaal bedrijf *stand-by* en worden pas geactiveerd als dit voor de veiligheid nodig is. Nieuwe reactoren die thans op de markt komen, maken meer van passieve veiligheidssystemen gebruik. Passieve systemen maken gebruik van altijd aanwezige krachten, zoals de zwaartekracht, die ervoor zorgen dat veiligheidssystemen – zonder tussenkomst van mensen – ingrijpen als dat nodig is. Deze systematiek vermindert de kans op ongelukken als gevolg van een eventuele terroristische aanslag.

In de afweging tussen de inzet van diverse vormen van energie zijn ook de kansen voor nieuwe industriële bedrijvigheid aan de orde. Op voorhand is niet aan te geven op welke deelterreinen Nederlandse bedrijven de grootste commerciële kansen hebben. De overheid moet zich in het algemeen beperken tot het faciliteren van maatschappelijk wenselijke opties.

Tot slot is er een reëel risico dat een eventuele uitbreiding van kernenergie in Nederland ten koste zou gaan van O&O-inspanningen op het terrein van hernieuwbare energie. Dat hangt mede af van de kabinetsinzet om de ambitieuze kabinetsdoelstellingen ter zake te realiseren.

## 3 Oordeel van de raad

### 3.1 Kernenergie tegen de achtergrond van het energietransitiebeleid

#### *Uitgangspunten*

De basis voor dit vervolgadvis is gelegd in het SER-advies *Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid* van 15 december 2006. De SER ondersteunt de strategische doelstelling van de EU van een gemiddelde mondiale temperatuurstijging tot maximaal twee graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële niveau.

Uitgangspunt van de raad is het streven naar een duurzame energievoorziening die tegelijkertijd betrouwbaar, schoon, veilig, toegankelijk en betaalbaar is. Deze energietransitie is een dynamisch proces dat vele decennia zal duren. In de praktijk zal waarschijnlijk nooit gelijktijdig geheel aan alle duurzaamheidsaspecten kunnen worden voldaan. Een volledig duurzame energievoorziening zal voorsnog een utopie blijken, hoe noodzakelijk deze transitie vanuit de klimaatproblematiek bezien ook is. Een grotere temperatuurstijging zou tot zeer riskante gevolgen kunnen leiden in de vorm van toename van stormen, stijging van de zeespiegel en verstoringen van de voedselvoorziening.

Waar het om gaat is dat een maatschappelijk ontwikkelingsproces in gang gezet en volgehouden wordt waarbij de energiehuishouding met grote stappen duurzamer wordt en waarbij steeds het realiseren van de optimale balans tussen de verschillende elementen van een duurzame energiehuishouding centraal staat.

#### *Energiebesparing*

Op de korte en middellange termijn blijven een kosteneffectieve benutting van energie-efficiencyverbetering en energiebesparingsmogelijkheden het belangrijkste middel om het energietransitiepad te verkorten. De raad constateert met instemming dat het kabinet een energiebesparingsdoelstelling nastreeft van 2 procent per jaar. Dit komt overeen met een van de aanbevelingen uit het hierboven genoemde SER-advies. Uitgaande van een economische groei van gemiddeld 2 procent per jaar zal het energieverbruik bij realisatie van dit doel in ons land *grosso modo* stabiliseren. In het licht van het huidige niveau van energiebesparing (0,7 procent per jaar) zijn aanzienlijke extra financiële en technologische inspanningen en nieuwe beleidsmaatregelen nodig om de 2 procentdoelstelling in het vizier te krijgen<sup>1</sup>. Het Duurzaamheidsakkoord tussen het kabinet en de centrale ondernemersorganisaties en de sectorale deelakkoorden tussen het kabinet en specifieke sectoren vormen hiervoor belangrijke instrumenten.

---

1 Zie ook de beoordeling van ECN/MNP van het werkprogramma *Schoon en zuinig*, zoals in par. 3.3 van de bijlage is opgenomen.

### *Hernieuwbare energie*

Het kabinet heeft verder grote ambities op het terrein van hernieuwbare energie (wind, zon en biomassa). Ook dat spoort met het streven van de SER om, binnen de grenzen van het technisch en economisch haalbare, maximaal op hernieuwbare energie in te zetten. Het zal bijzonder veel inspanningen vragen om het beoogde aandeel van 20 procent in 2020 te verwezenlijken. Uit de ramingen van ECN/MNP komt naar voren dat het al een hele prestatie zal zijn om van het huidige niveau (2,4 procent in 2005) door te groeien naar 12 à 16 procent in 2020. Dit correspondeert grofweg met het aandeel hernieuwbare energie dat Nederland volgens recente voorstellen van de Europese Commissie moet realiseren: 14 in 2020.

Voor het *aandeel hernieuwbaar in de elektriciteitsvoorziening* hangt in eerste instantie vooral veel af van de mogelijkheden om windenergie en duurzame biomassa – voor de bijstook in kolencentrales en voor vergassing ten behoeve van ‘groen’ gas – effectief in te passen in de elektriciteitsinfrastructuur.

Naast het Duurzaamheidsakkoord speelt ook de inzet en vormgeving van de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE), de opvolger van de MEP-regeling, een belangrijke rol bij de slaagkans om het aandeel hernieuwbare energie fors te verhogen. Dit type regelingen is belangrijk om ‘groen’ investeren aantrekkelijk te maken. De effectiviteit van de SDE zal onder meer worden bepaald door de mate van het vertrouwen dat de regeling een bestendig karakter heeft. De raad geeft het kabinet hier nogmaals in overweging te onderzoeken of het zinvol is – naar het voorbeeld van het Engelse *Carbon Trust Fund* – in Nederland een vergelijkbaar fonds op te richten, gericht op hernieuwbare energie<sup>2</sup>.

### *Schoon fossiel*

De raad heeft in *Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid* geconstateerd dat ook nog volop in conventionele, fossiele energiebronnen zal moeten worden geïnvesteerd, in het bijzonder in het verduurzamen hiervan. De feitelijke ontwikkeling op de energiemarkten en de meest recente langetermijnramingen versterken het inzicht dat geavanceerd gebruik van fossiele brandstoffen ‘schoon fossiel’ (vooral kolencentrales met afvang en ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub>: CCS) een onmisbare schakel vormt in het kabinetsstreven de emissie van broeikasgassen substantieel (in 2020 30 procent ten opzichte van 1990) te reduceren in de strijd tegen klimaatverandering. De omvangrijke Nederlandse nieuwbouwplannen voor grootschalige elektriciteitsopwekking, die voor de periode tot 2013 op stapel staan, zijn vrijwel geheel gebaseerd op kolen- en gasstook. Het is tegen deze achtergrond dat het Nederlandse kabinet in het kader van het desbetreffende EU-programma

2 Zo'n fonds richt zich op energieopties (uitvindingen, concepten, startende bedrijfjes) met een hoog risico, maar met een potentieel aantrekkelijke business case. Het fonds zou naast de financiering ook in de professionele begeleiding gedurende de verschillende innovatiefasen kunnen voorzien, totdat de reguliere markt in beeld komt. Het fonds zou op afstand van de overheid moeten staan; na een startsubsidie zou het fonds zichzelf moeten kunnen bedruipen. Zie SER (2006) *Advies Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid*, op.cit., par. 3.5.

twee CCS-demonstratieprojecten voorbereidt. Grootschalige CCS-toepassing bevindt zich echter nog in de proefprojectenfase. CCS wordt als een prioritaire technologie beschouwd, maar er kleven nog veel technische, juridische, financiële en maatschappelijke onzekerheden aan deze technologie.

Een belangrijke opdracht aan het kabinet is verder om zich in de EU actief in te zetten voor een effectief ETS en om in mondiaal verband mee te werken aan de totstandkoming van een wereldwijd CO<sub>2</sub>-emissiehandelssysteem, zoals de SER eerder heeft bepleit<sup>3</sup>.

#### *Kernenergie*

De mondiaal sterk stijgende energiebehoefte en het toenemende bewustzijn van het klimaatprobleem hebben ook in een hernieuwde aandacht voor kernenergie geresulteerd. Door het beperkte aantal aanbieders van kerncentrales resulteert dit in wachtlijsten voor de bouw van nieuwe centrales. Buiten Europa worden nieuwe kerncentrales gebouwd (China, Verenigde Staten, Japan, India) en zijn er nieuwbouwplannen. Binnen Europa is het beeld divers. Naast landen die eerder voor uitfasering van kernenergie hebben besloten (Italië en Oostenrijk hebben geen reactoren meer; België, Duitsland en Zweden hebben nog wel kerncentrales), zijn er ook landen die nooit kerncentrales hebben gebouwd (Noorwegen, Portugal, Denemarken, Ierland, Griekenland, Polen en Luxemburg) en landen waar juist nieuwe kerncentrales (zullen) worden gebouwd (Finland, Frankrijk) of plannen in die richting bestaan (het Verenigd Koninkrijk).

#### *Breed debat over mogelijkheden en risico's van kernenergie*

De grote uitdagingen op het terrein van energie en klimaat hebben de Europese Raad van maart 2007 tot het voorstel gebracht in de lidstaten een breed debat te voeren over de mogelijkheden en risico's van kernenergie. De in opdracht van de SER uitgevoerde ECN-studie *Fact Finding Kernenergie* en het voorliggend SER-advies zijn mede bedoeld om hieraan een bijdrage te leveren.

De deelnemers aan de adviesvoorbereiding zijn vanuit het gezamenlijke vertrekpunt van het advies *Naar een kansrijke en duurzame energievoorziening* de discussie gestart over de rol van kernenergie in de toekomstige energievoorziening. Vanuit hun eigen uitgangspunten heeft een aantal organisaties een oordeel over de factfinding-studie van ECN uitgesproken (zie hiervoor par. 3.3). Het gaat daarbij vooral om de vraag of kernenergie nodig is om aan de klimaatdoelstellingen te voldoen en om een beoordeling van de voorwaarden waaraan uitbreiding van kernenergie in Nederland zou moeten voldoen in de overgangsfase naar een duurzame energievoorziening (zie ook kader).

---

3 SER (2006) *Advies Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid*, op.cit.



## Kernenergie in een overgangsfase naar een duurzame energievoorziening

In de samenvatting van het factfinding-rapport (pp. 17-18) formuleren de ECN-onderzoekers de volgende vraag: aan welke voorwaarden moet kernenergie voldoen om te kunnen worden gekwalificeerd als een geschikte optie om op duurzame wijze te voorzien in de huidige en toekomstige energievraag? Vervolgens concluderen ze dat in ieder geval de volgende aspecten een rol spelen:

- publieke acceptatie van kernenergie en de splijtstofcyclus;
- veiligheidsrisico's van kerncentrales en andere onderdelen van de splijtstofcyclus;
- levensduur en beheer van nucleair afval, vooral het hoogradioactieve afval;
- verspreiding (proliferatie) van nucleair materiaal en kernwapens;
- accumulatie van radioactieve stoffen in de biosfeer;
- schaarste van natuurlijke voorraden voor het vervaardigen van splijtstof;
- kosten van kernenergie;
- industriële ontwikkeling (lokale kennisinfrastructuur, belangstelling afnemers, spin-offs, werkgelegenheid);
- lock-in-effecten (effect op ontwikkeling niet-kernenergieopties).

Op grond van deze aspecten kan kernenergie volgens de ECN-onderzoekers in zijn huidige vorm niet als duurzame technologie worden aangemerkt. Hiervoor dient de technologie op een aantal aspecten te worden verbeterd (onder meer ten aanzien van veiligheid, levensduur nucleair afval en proliferatie). Of kernenergie in een overgangperiode naar een duurzame energievoorziening een rol kan spelen, hangt af van de beoordeling van de economische, sociale en milieuaspecten van kernenergie ten opzichte van deze aspecten van andere energiebronnen, die in dezelfde overgangperiode een rol spelen. De hierbij te hanteren randvoorwaarden hebben betrekking op toepassing van nieuwe kerncentrales, radioactief afval en opwerking, ontmanteling, locatiekeuze, uraniumwinning, non-proliferatie en beveiliging en antiterreurmaatregelen.

## 3.2 Fossiele brandstoffen en kernenergie in de transitiefase

### 3.2.1 *Elektriciteitsopwekking door basislastcentrales*

Uitgaande van het streven naar een duurzame energievoorziening moet de rol van kernenergie in de toekomstige elektriciteitsvoorziening net als andere energieopties worden beoordeeld op de criteria: betrouwbaar, schoon, veilig en betaalbaar. Daarbij is ook de inpasbaarheid van de verschillende vormen van elektriciteitsopwekking in de infrastructuur aan de orde.

Een kerncentrale wordt ingezet als basislastcentrale die zowel in de dal- als de piekuren elektriciteit produceert. Kernenergie concurreert met andere basislastcentrales, momen-

teel vooral elektriciteitscentrales op basis van gas of kolen (deels met bijstook van biomassa). Voor de toekomst zijn er plannen voor een toenemende rol van windenergie.

De ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening moet volgens de SER, binnen de grenzen van het technisch en economisch haalbare, maximaal worden gestimuleerd. Dat betekent dat extra energiebesparing, meer hernieuwbare energie en schoon fossiel vooropstaan. Dat neemt niet weg dat de eerstkomende decennia fossiele brandstoffen nog dominant zullen blijven in de energie- en elektriciteitsvoorziening. Toegespitst op elektriciteit hanteert de AER een scenario van 20 procent hernieuwbare elektriciteit in 2020, komen de ECN/MNP-ramingen met betrekking tot het werkprogramma Schoon en Zuinig uit op 22 à 35 procent in 2020, terwijl het *Green4sure*-scenario resulteert in 41 procent in 2030<sup>4</sup>. Voor het overige is de vraag aan de orde welk deel van de fossiele elektriciteitsproductie om te zetten valt in schoon fossiel, en waar mogelijk een rol ligt voor meer kernenergie als bijdrage aan het basislastvermogen van de elektriciteitsproductie.

Tegen deze achtergrond beperkt de vergelijking in dit advies zich voornamelijk tot drie energiedragers: kolen, gas en kernenergie. In deze paragraaf geeft de SER aan de hand van de drie vragen uit paragraaf 1.2 een oordeel over de rol van kernenergie in de toekomstige Nederlandse elektriciteitsvoorziening. Hoofdstuk 2 van dit advies vormt hiervoor de basis.

### 3.2.2 *Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een betrouwbare energievoorziening?*

De uiteenlopende ontwikkelingen op de energiemarkten leiden tot onzekerheid over de voorzieningszekerheid van elektriciteit op de middellange en lange termijn. De mondiaal winbare voorraden aardgas, kolen en uranium zijn volgens de meeste deskundigen hoogstwaarschijnlijk groot genoeg om ook in de komende decennia ruimschoots aan onze energiebehoefte te voldoen. De gasvoorraden in Europa zijn in mondiaal perspectief echter relatief beperkt. Europa zal dus steeds afhankelijker worden van gasimporten uit de andere continenten. Vanuit Europees perspectief is van belang dat de grootste winbare gas- (en olie)voorraden in landen in het Midden-Oosten, Noord-Afrika en de voormalige Sovjet-Unie liggen. Geopolitieke, regionale en binnenlandse problemen gaan een grotere rol spelen bij de veranderingen in de internationale energiemarkten. Dit leidt ook tot een grotere terughoudendheid ten aanzien van vrije energiemarkten.

Van kolen en uranium bevinden zich daarentegen grote voorraden in politiek stabiele regio's.

4 Het betreft het '20 procent'-scenario van de AER (*Advies Brandstofmix in beweging*) en Rooijers, F.J. [et al.] (2007) *Green4sure: Het Groene Energieplan*, Delft, CE Delft.

Naar verwachting zullen de Nederlandse aardgasvoorraden en -productie de komende decennia een dalend verloop laten zien. Dat is van groot belang, aangezien op dit moment 60 procent van de Nederlandse elektriciteitsopwekking gasgestookt is. Toch kan gas ook in de verdere toekomst een belangrijke rol blijven spelen, doordat ons land zich wil ontwikkelen tot de gasrotonde van Noordwest-Europa. Naast de aanvoer van aardgas via pijpleidingen zijn er groeiende mogelijkheden voor vloeibaar gas en op termijn, vooralsnog prijzig, groen gas (gas uit biomassa). Mits voldoende duurzame biomassa beschikbaar is, kan een deel van het aardgas door groen gas worden vervangen voor de elektriciteitsbehoefte.

Voor de betrouwbaarheid van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening is onder meer de mate waarin de nieuwbouwplannen in de elektriciteitssector worden gerealiseerd van invloed op de noodzaak van meer Nederlandse kernstroom. Daarbij is van belang dat de *leadtime* tussen beslissingen over en realisatie van nieuwe centrales lang is en per type elektriciteitsopwekking sterk uiteenloopt. Om in 2017 over extra windvermogen te beschikken, zou daar volgens KEMA in 2008 over moeten worden beslist. Voor kernenergie is de *leadtime* nog groter: als dit jaar tot uitbreiding zou worden besloten dan zou een nieuwe kerncentrale pas rond 2023 operationeel zijn.

Uit diverse ramingen komt naar voren dat bij volledige en tijdige realisatie van de huidige nieuwbouwplannen Nederland binnenkort van elektriciteitsimporteur (op dit moment importeert ons land een vijfde van de nationale elektriciteitsvraag) verandert in elektriciteitsexporteur. Dit beeld verandert als de voorziene nieuwbouwplannen maar gedeeltelijk worden gerealiseerd. Na een aanvankelijke toename loopt het productievermogen in de tweede helft van het volgende decennium dan mogelijk iets terug. Een scenario waarin slechts een gedeeltelijke realisatie van de nieuwbouwplannen plaatsvindt, is niet ondenkbaar, aangezien de uitvoering van de nieuwbouwprojecten met veel onzekerheden is omgeven: veranderende kosten- en rendementsvooruitzichten, onzekerheden rondom grootschalige CCS-toepassing en beperkte aanwezigheid van menskracht en specialistische kennis om min of meer gelijktijdig meerdere nieuwbouwprojecten uit te voeren.

Er zullen vooral knelpunten in de Nederlandse elektriciteitsvoorziening ontstaan als er onvoldoende wordt ingezet op terugdringing van het energieverbruik en ook in buurlanden investeringen in nieuwe productiecapaciteit achterblijven bij de elektriciteitsbehoefte. Er is immers in toenemende mate sprake van een Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt. Die zorg is gebaseerd op ramingen voor de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkten die rond het midden van het volgende decennium op mogelijke capaciteitsproblemen uitkomen. België, Frankrijk en Duitsland zullen dan afhankelijk worden van importen van elders zodra er meer dan gemiddelde productie-uitval is door storingen, revisies of gebrek aan wind- of waterkracht. Behalve investeringen in productievermogen zijn ook aanzienlijke investeringen in de nationale en grensoverschrijdende transportnetten noodzakelijk.

Bij een uitbreiding van productievermogen, en dus ook van kernenergie, vraagt de inpasbaarheid in de totale elektriciteitsinfrastructuur aandacht. Vooral de afstemming tussen basislastvermogen en flexibel productievermogen vormt een belangrijk aandachtspunt, zeker naarmate wind- en zonne-energie aan belang winnen. Gasgestookte centrales zijn tot die tijd in het voordeel door hun grote flexibiliteit. Op het moment dat de interconnectie met Noorwegen tot stand komt, kan via deze connectie ook waterkracht flexibel worden ingezet. Een ander probleem betreft de inpasbaarheid in het nationale transportnet waarvoor TenneT verantwoordelijk is.

#### *Conclusies*

Er zijn wereldwijd hoogstwaarschijnlijk voldoende winbare voorraden aardgas, kolen en uranium om in de komende decennia aan de groeiende energiebehoefte in de wereld te voldoen. De gasvoorraden in Europa zijn echter relatief beperkt, waardoor dit continent steeds afhankelijker wordt van aardgasleveranties uit politiek instabiele regio's. Door de aanvoer van aardgas via pijpleidingen en groeiende mogelijkheden van vloeibaar en 'groen' blijft gas voor Nederland toch belangrijk en kan ons land zich ontwikkelen tot gasrotonde van Noordwest-Europa.

Een belangrijke determinant voor de leveringszekerheid in de komende decennia is de investeringsbereidheid van de energiebedrijven in de exploratie en exploitatie van energiebronnen en de bouw van nieuw productievermogen. Bij een uitbreiding van het elektriciteitsvermogen vraagt ook de inpasbaarheid in de totale elektriciteitsinfrastructuur aandacht. Dit betreft zowel de flexibiliteit van het systeem als de capaciteit van het nationale en grensoverschrijdende transportnet.

### **3.2.3 *Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een schone en veilige energievoorziening?***

#### *Milieubelasting*

Winning, transport en verbruik van fossiele energiedragers alsook de productie van elektriciteit veroorzaken een aanzienlijke milieubelasting. Zo komt bij winning en transport van aardgas in landen als Rusland door lekkages veel methaan vrij. Bij de elektriciteitsopwekking zijn kolencentrales en – in mindere mate – gascentrales zonder CCS milieubelastend door de hoge uitstoot van CO<sub>2</sub> en andere stoffen (NO<sub>x</sub> en fijn stof) naar de lucht. Door de bijstook van biomassa bij kolencentrales en door mogelijke CCS-toepassing bij kolen- en gasgestookte centrales is het mogelijk de milieubelasting te reduceren. Het totale milieueffect van de bijstook van biomassa is echter afhankelijk van de wijze waarop biomassa tot stand is gekomen. Nadeel van CCS is dat het afvangen van CO<sub>2</sub> de inzet van extra energie vergt; de afgevangen CO<sub>2</sub> moet vervolgens voor eeuwig vrijwel lek-vrij in opvangreservoirs opgeslagen blijven.

De inzet van kernenergie voor elektriciteitsopwekking leidt tot een veel geringere uitstoot van CO<sub>2</sub>-emissies dan bij conventionele elektriciteitscentrales, grofweg vergelijk-

baar met het niveau van hernieuwbare energie. Wel is van belang dat bij uraniumwinning – dagbouw of ondergronds – naast zware metalen ook radon vrijkomt. De feitelijke milieubelasting bij winning en verwerking van uranium is afhankelijk van het beheer van de mijn, zowel tijdens exploitatie als na sluiting ervan, en van het restproduct van de ertsverwerking. Dit restproduct (*tailings*) moet verwerkt worden en voor honderden jaren opgeslagen, zodat werknemers en omwonenden beschermd zijn tegen radioactiviteit. De milieubelasting is bij oplossingsmijnbouw lager dan bij open mijnbouw. Het op grote schaal in de bodem brengen van oplosmiddelen (zuur of basisch, afhankelijk van het gesteente) beïnvloedt echter de kwaliteit van de bodem en het grondwater. Veel grote bedrijven die uraniummijnen exploiteren, beschikken tegenwoordig over een ISO 14001-certificaat, dat aangeeft dat zij een controleerbaar milieuzorgsysteem bezitten dat gekoppeld is aan de vergunning. Dat is echter geen absolute garantie voor verantwoord handelen.

#### *Veiligheidsrisico's*

Bij kolenwinning vallen bij mijnongelukken wereldwijd jaarlijks vele duizenden doden; ook lopen mijnwerkers vaak grote gezondheidsschade op. Bij gaswinning en -transport in landen als Rusland vormen gaslekken grote veiligheidsrisico's. Daarnaast is explosiegevaar, vooral bij vloeibaar gas, een belangrijk veiligheidsrisico. Bij toepassing van CCS in toekomstige kolen- en gascentrales doen zich nieuwe veiligheidsrisico's voor: CO<sub>2</sub>-lekage tijdens het transport of bij de opslag. De opgeslagen CO<sub>2</sub> moet in beginsel voor eeuwig in het ondergrondse opslagreservoir blijven. Goede detectieapparatuur kan een lekage snel opsporen; in een transportleiding kunnen afsluitkleppen verdere ontsnapping van CO<sub>2</sub> voorkomen. Grootschalige CCS-toepassing verkeert overigens nog in de fase van proefprojecten. Aandacht is niet alleen nodig voor technologische verbeteringen. Ook moet helderheid ontstaan over het juridische kader: wie is aansprakelijk voor de veiligheidsrisico's? Verder is van groot belang dat grootschalige CCS op voldoende maatschappelijk draagvlak kan rekenen.

Bij de inzet van kernenergie doen zich geheel andere veiligheidsrisico's voor dan bij elektriciteitsopwekking door kolen of gas. De kans op een ernstig ongeval is weliswaar zeer klein, de gevolgen kunnen echter enorm zijn, zowel in termen van aantallen slachtoffers als door langdurige radioactieve straling van grote gebieden.

Voor na de ongevallen in Harrisburg en Tsjernobyl is de technische veiligheid van kerncentrales sterk verbeterd. Deze ontwikkeling zet zich bij de nieuwe generatie kerncentrales voort.

Bij de generatie-III-reactoren wordt de reactorveiligheid meer gewaarborgd via de principes van passieve veiligheid. Bij de zogenaamde generatie-III+-reactoren worden twee typen (PBMR en HTR-PM) ontworpen via het principe van inherente veiligheid, waardoor smelten van de reactorkern onmogelijk is. In de tweede helft van het volgende decen-

nium zullen naar verwachting de eerste commerciële reactoren van het type PBMR worden gebouwd.

De inzet van kernenergie voor elektriciteitsopwekking kent het probleem dat – een beperkte hoeveelheid – radioactief afval voor lange tot zeer lange tijd moet worden opgeslagen. Overigens wordt 95 procent van het Nederlandse radioactieve afval teruggewonnen als uranium; een restfractie van 4 procent wordt verglaasd en tijdelijk (tot maximaal 100 jaar) opgeborgen in een speciaal hiertoe ontworpen en ingerichte opslagbunker bij de COVRA te Vlissingen. De resterende 1 procent plutonium wordt hergebruikt. Hierdoor neemt de levensduur van het splijtstofafval af tot circa 10.000 jaar. Door geavanceerdere vormen van opwerking en recycling (P&T: partitioning en transmutatie) kan de levensduur van gebruikte hoogradioactieve splijtstof over twee à drie decennia worden verkort tot iets meer dan 2000 jaar en wellicht nog korter. Bovendien wordt de restfractie plutonium, inzetbaar voor de productie van kernwapens, zeer vergaand gereduceerd.

In alle gevallen, ook na P&T, blijft er een restfractie hoog radioactief afval voor ondergrondse eindberging over; in Nederland gaat het momenteel jaarlijks om circa 1,4 m<sup>3</sup> plus 2 m<sup>3</sup> samengeperste hoogradioactieve metaaldelen. Over definitieve eindberging is nog geen beslissing genomen. In Europa is op dit moment nog nergens een ondergrondse eindberging in bedrijf voor hoogradioactief afval. Wel is in Finland een eindberging in aanbouw.

Het duurt meer dan 100.000 jaar voordat langlevende radioactieve elementen in gebruikte splijtstof het niveau van natuurlijk uranium hebben bereikt. De ondergrondse berging moet naar verwachting zeker 1000 jaar intact blijven; verval en verdunning zorgen er dan voor dat het restant aan radioactiviteit naar verwachting geen negatief effect meer kan hebben, mocht het bovengronds komen.

Het risico van terroristische aanslagen op kerncentrales wordt door strenge beveiligingsmaatregelen zoveel mogelijk beperkt, bijvoorbeeld door beveiligingssystemen in bestaande centrales te vernieuwen en door ontwerpeisen voor nieuw te bouwen kerncentrales. Om ongewenste verspreiding van nucleaire technologie en materiaal tegen te gaan, zijn internationale afspraken gemaakt (non-prolifatieverdrag). In de gehele keten van kernenergieproductie zijn proliferatierisico's echter nooit geheel uit te sluiten. Een illustratie hiervan is de ervaring uit de jaren zeventig van de vorige eeuw met de ontvreemding van kennis over de verrijkingstechnologie bij Urenco.

#### *Conclusies*

In de mijnbouw vallen bij kolenwinning jaarlijks vele duizenden doden. Bij aardgaswinning en -transport komen in sommige landen omvangrijke hoeveelheden methaan vrij. Bij uraniumwinning komt naast zware metalen ook radon vrij en moeten restproducten van de ertsverwerking langdurig worden opgeslagen.

Grootschalige elektriciteitsopwekking door kolen, gas of kernenergie gaat gepaard met een flinke milieubelasting. Bij kolen en gas is vooral de uitstoot van CO<sub>2</sub> het belangrijkste knelpunt. Door de bijstook van (duurzame) biomassa in kolencentrales en door – op termijn – CCS toe te passen kan de milieubelasting worden gereduceerd. CCS leidt wel tot wezenlijke veiligheidsrisico's in verband met mogelijk ontsnappen van CO<sub>2</sub>.

De inzet van kernenergie voor elektriciteitsopwekking leidt tot een veel geringere uitstoot van CO<sub>2</sub>-emissies gedurende de gehele productieketen dan conventionele elektriciteitscentrales, grofweg vergelijkbaar met het niveau van hernieuwbare energie. De veiligheidsrisico's van kernenergie zijn wezenlijk, maar tijdens de bedrijfsvoering van kerncentrales de afgelopen decennia substantieel verminderd. Bij de generatie-III-reactoren die nu op de markt komen wordt de reactorveiligheid meer gewaarborgd via de principes van passieve veiligheid. Hierdoor reduceert de kans op het smelten van de kernreactor tot zeer kleine waarden. Van de nieuwe generatie-III+-kerncentrales zijn twee types ontworpen volgens de filosofie van inherente veiligheid; een type (de PBMR-centrales) kan naar verwachting vanaf 2016 op commerciële schaal gebouwd worden.

Door geavanceerdere vormen van opwerking en recycling wordt het mogelijk de levensduur van gebruikte hoogradioactieve splijtstof over twee à drie decennia te verkorten van 10.000 jaar tot iets meer dan 2000 jaar en wellicht nog korter. In alle gevallen blijft er een restfractie hoog radioactief afval voor ondergrondse eindberging over. Over definitieve eindberging is nog geen beslissing genomen.

Strengere veiligheidsmaatregelen moeten het risico van terroristische aanslagen op een kerncentrale beperken. Ervan uitgaande dat Nederland zich aan internationale afspraken zal houden, mag worden verwacht dat een eventuele uitbreiding van kernenergie in ons land op zich niet tot een (veel) groter proliferatierisico zal leiden. In de splijtstofcyclus zijn proliferatierisico's echter nooit geheel uit te sluiten.

### 3.2.4 *Hoe verhoudt een uitbreiding van kernenergie in Nederland zich tot het streven naar een betaalbare en toegankelijke energievoorziening?*

Nederland heeft belangrijke vestigingsplaatsvoordelen voor grootschalige elektriciteitsproductie: uitstekende aanvoermogelijkheden via het water, grote koelwatercapaciteit aan de zee, relatief grote gasvoorraden, een verfijnd gasleidingnet en een goed elektriciteitshoogspanningsnet.

Voor de betaalbaarheid is van belang dat de kostenopbouw van kolen- en gascentrales enerzijds en kerncentrales anderzijds sterk verschilt. Bij kerncentrales vormen de kapitaalkosten verreweg de grootste kostenpost; de brandstofkosten vormen maar een beperkt deel van de totale kosten. Bij kolen- en gascentrales is het aandeel van de brandstofkosten veel groter. Een stijging van de kolen- en gasprijzen werkt daardoor relatief sterk door in de kosten van elektriciteitsopwekking via deze energiedragers. Een stijging van de uraniumprijs heeft daarentegen maar een beperkte invloed op de kosten van kernstroom.

De huidige brandstofmix in Nederland is door de dominante positie van duur aardgas ongunstig voor de concurrentiepositie van de energie-intensieve industrie. In de ons omringende landen zijn verhoudingsgewijs veel meer goedkope opties (waterkracht of nucleaire centrales) te vinden, waardoor de elektriciteitsprijs daar structureel lager is en zich onafhankelijker beweegt van de olieprijs.

Het Internationaal Energie Agentschap (IEA) gaat ervan uit dat door de sterk *groeïende energievraag*, vooral uit Azië, de prijs van fossiele energiedragers de komende decennia flink zal stijgen. Mogelijk gaat van de integratie van de Europese elektriciteitsmarkt een zekere dempende werking op de elektriciteitsprijzen uit.

Daarnaast is de *hoogte van de CO<sub>2</sub>-prijs* van groot belang. Bij een effectief emissiehandels-systeem zorgt de CO<sub>2</sub>-prijs voor een kostennadeel voor kolencentrales en – in mindere mate – voor gascentrales.

Verder is de *technologische vooruitgang* een belangrijke bepalende factor voor de toekomstige prijsontwikkelingen van en de prijsverhouding tussen energiedragers. Zo zijn leer-effecten vooral van betekenis voor nog niet uitontwikkelde technologieën. Door R&D-inspanningen en schaafeffecten zijn voor diverse vormen van hernieuwbare energie nog forse kostenreducties mogelijk. Ook ten aanzien van de nieuwe generaties kerncentrales is nog belangrijke technologische vooruitgang noodzakelijk.

Een en ander bemoeilijkt investeerders in het maken van een realistische kosten/baten-afweging voor nieuwe elektriciteitscentrales met een levensduur van vele decennia.

Een extra kerncentrale zal voor de kleinverbruiker waarschijnlijk weinig invloed op zijn stroomprijs hebben. Voor de energie-intensieve industrie kan dit anders liggen. Bedrijven in deze sector hebben een grote voorkeur voor langetermijncontracten met nationale elektriciteitsproducenten. Als de inschatting is dat meer kernenergie in Nederland kostenvoordelen oplevert, dan is het denkbaar dat een consortium van energie-intensieve bedrijven het initiatief neemt voor uitbreiding van het nationale nucleaire vermogen. Op deze wijze kunnen deze ondernemingen zeker stellen dat zij in Nederland over voldoende basislastvermogen tegen concurrerende en stabiele prijzen beschikken. Een dergelijke constructie is vergelijkbaar met de manier waarop de in aanbouw zijnde Finse EPR-kerncentrale van de derde generatie tot stand is gekomen. Uiteraard kunnen ook elektriciteitsproducenten voor een uitbreiding van kernvermogen opteren.

#### *Conclusies*

Bij kerncentrales vormen de brandstofkosten maar een beperkt deel van de totale kosten, zodat een stijging van de uraniumprijs geringe invloed op de kostprijs van kernstroom heeft. Een stijging van de kolen- en gasprijzen werkt daarentegen relatief sterk door in de kosten van kolen- en gasgestookte elektriciteitscentrales. De hoge aardgasprijs is – gegeven de Nederlandse brandstofmix – ongunstig voor de concurrentiepositie van de energie-intensieve industrie.



De ontwikkeling van de toekomstige elektriciteitsprijs is moeilijk in te schatten doordat verschillende factoren hierop inwerken: de groeiende mondiale energievraag, de integratie van de Europese elektriciteitsmarkt, de CO<sub>2</sub>-prijs en de technologische vooruitgang bij nog niet uitontwikkelde energieopties. Dat maakt het voor investeerders moeilijk om een realistische kosten/baten-afweging te maken voor nieuwe elektriciteitscentrales met een levensduur van vele decennia.

Een extra kerncentrale zal voor de kleinverbruiker waarschijnlijk weinig invloed op zijn stroomprijs hebben. Voor grootverbruikers werkt de markt anders. Deze partijen kopen voornamelijk energie in op de groothandelsmarkten die een eigen prijsvorming kennen. De prijzen op deze markten berusten vaak op bilaterale onderhandelingen en contracten. De energie-intensieve industrie maakt mogelijk de inschatting dat meer kernenergie in Nederland kostenvoordelen oplevert. Denkbaar is dan dat – naar Fins voorbeeld – een consortium van energie-intensieve bedrijven geïnteresseerd raakt in uitbreiding van het nationale nucleaire vermogen.

### 3.3 Tot slot: de rol van kernenergie in de ontwikkeling naar een duurzame energievoorziening

De analyse uit de vorige paragraaf leidt tot de conclusie dat belangrijke beslissingen over de toekomstige elektriciteitsvoorziening in grote onzekerheid moeten worden genomen. Op dit moment is nog niet goed in te schatten hoe een aantal relevante ontwikkelingen zal verlopen. Te denken valt vooral aan de realisatie van de nieuwbouwplannen voor elektriciteitscentrales in Nederland en het relevante buitenland en de uitvoering van het nationale en Europese klimaat- en energiebeleid. Ook het tempo van de technologische ontwikkelingen is medebepalend voor het moment waarop nieuwe energietechnologieën commercieel concurrerend zijn. Vooral na 2020 nemen de vrijheidsgraden toe om de samenstelling van het elektriciteitsproductiepark te beïnvloeden.

Daarbij is van belang dat de *leadtime* tussen beslissingen over en realisatie van nieuwe centrales lang is en per type elektriciteitsopwekking sterk uiteenloopt. Om in 2017 over extra windvermogen te beschikken zou daar volgens KEMA al in 2008 over moeten worden beslist. Voor kernenergie is de *leadtime* nog groter: als dit jaar tot uitbreiding zou worden besloten dan zou een nieuwe kerncentrale pas rond 2023 operationeel zijn.

#### *Herijking klimaat- en energiebeleid in 2010*

De SER heeft er kennis van genomen dat het kabinet in 2010 een evaluatie van het klimaat- en energiebeleid wil uitvoeren om te bezien hoe de kabinetsdoelstellingen voor 2020 kunnen worden gerealiseerd. De raad vindt 2010 een logisch moment voor een brede herijking van het klimaat- en energiebeleid. Bij die herijking moet het kabinet een inschatting maken van mogelijkheden, risico's en randvoorwaarden van de verschillende energiedragers in het licht van zowel de voortschrijdende technologische ontwikkelingen als de doelstellingen en het instrumentarium van het klimaat- en energiebeleid.

De SER beveelt het kabinet aan, nu het kabinet voornemens is de herijking uit te voeren, daarbij alle opties serieus en op een gelijkwaardige manier op hun maatschappelijke wenselijkheid te laten onderzoeken op basis van de toetsingscriteria betrouwbaarheid, milieubelasting, veiligheid en betaalbaarheid, met inbegrip van de mogelijkheden, specifieke risico's en randvoorwaarden van de verschillende energiedragers<sup>5</sup>. Maatschappelijke organisaties moeten in de gelegenheid worden gesteld vanuit hun kennis en inzichten opvattingen rondom de herijking kenbaar te maken, zodat in 2010 inzicht bestaat in het maatschappelijk draagvlak voor de verschillende opties in de brede politieke afweging.

Bij de voorgestelde herijking is onder meer de vraag aan de orde of uitbreiding van kernenergie nodig is in het licht van de Nederlandse klimaatdoelstelling. Naast de sectorale uitvoering van het Duurzaamheidsakkoord zijn verder de (voorzien) effecten van het kabinetsbeleid bepalend. Belangrijk is in dit verband of de EU erin slaagt op een redelijke termijn een effectief Europees CO<sub>2</sub>-emissiehandelssysteem in te voeren. Verder speelt de voortgang van de twee beoogde CCS-demonstratieprojecten in Nederland (als onderdeel van de in totaal twaalf demonstratieprojecten in Europa) als opstap naar een verdere ontwikkeling en uitrol van deze technologie.

In de recente periode is het klimaatvraagstuk – nationaal en internationaal – hoog op de politieke agenda gekomen. De risico's van het (versterkte) broeikaseffect worden nu breed onderkend met als gevolg dat veel nieuwe beleidsontwikkelingen in gang worden gezet. Het valt dan ook te verwachten dat de nationale en internationale beleidsinspanningen om broeikasgassen terug te dringen de komende decennia geïntensiveerd zullen worden. De SER gaat er tegen deze achtergrond van uit dat beleidsmakers, bedrijfsleven en andere stakeholders (waaronder de werkgevers- en werknemersorganisaties, brancheorganisaties, milieu- en consumentenorganisaties) zich serieus zullen inzetten voor een open debat over de rol van kernenergie in de transitie naar een meer duurzame elektriciteitsvoorziening. Dit advies beoogt hiertoe een bijdrage te leveren.

#### *Randvoorwaarden*

Bij de beleidsevaluatie van 2010 gaat het om mogelijkheden, risico's en randvoorwaarden van de verschillende energiedragers in het licht van de voortschrijdende technologische ontwikkelingen en de doelstellingen van het klimaat- en energiebeleid. Daarbij is onder

---

5 De milieuorganisaties merken hierbij het volgende op: zij constateren dat sommige partijen in reactie op de feitenstudie van ECN hebben aangegeven dat kernenergie op dit moment niet voldoet aan de door hen gestelde randvoorwaarden (zie kaderteksten, op de pagina's 16-17 en 78-79). Voor de milieuorganisaties heeft dit ertoe geleid dat zij het standpunt betrekken dat op basis van de verwachte technologische ontwikkelingen, zoals ook blijkt uit feitenstudie van ECN, zij geen aanleiding zien om de uitbreiding van kernenergie over twee jaar te heroverwegen. Een hernieuwde afweging van de rol van kernenergie is voor deze organisaties pas aan de orde indien de ontwikkelingen in de technologie daar aanleiding toe geven en duurzame alternatieven zijn benut.

meer de politieke vraag aan de orde onder welke voorwaarden de overheid marktpartijen in staat wil stellen de uiteenlopende vormen van elektriciteitopwekking toe te staan.

De door de SER aanbevolen analyses moet onderdeel uitmaken van de besluitvorming van het kabinet en zich vertalen in transparante en consistente randvoorwaarden en vergunningseisen die aan verschillende energieopties gesteld zullen worden. Potentiële investeerders zullen op basis hiervan beslissingen kunnen nemen. Specifieke voorwaarden gelden behalve voor kernenergie ook voor andere energiedragers. Bijvoorbeeld ten aanzien van CCS, waarbij onder meer vraagstukken spelen rondom de verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden van de (eeuwigdurende) ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub>. Bij de inzet van meer biomassa in kolengestookte centrales is volop in discussie welke vormen van biomassa wenselijk zijn. Rekening houdend met de hele levenscyclus dragen immers lang niet alle vormen van biomassa bij aan de beoogde verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening.

Op vergelijkbare wijze gelden ook voor de toepassing van kernenergie specifieke randvoorwaarden. Een zorgvuldige formulering hiervan is van belang voor de maatschappelijke acceptatie van een eventuele uitbreiding van kernenergie. Zonder volledig te zijn, zijn de belangrijkste categorieën van randvoorwaarden de volgende:

- 1 *Uraniumwinning*. Hierbij moet worden zeker gesteld dat de mijnbouw, extractie en verolopprocessen die benodigd zijn voor het verkrijgen van uranium voor splijtstof, op een voor mens en natuur verantwoorde manier gecontroleerd plaatsvinden. Absolute minimumeisen zijn ISO 14001-certificering met een sterke voorkeur voor winning via oplossingsmijnbouw (*in situ leaching*). Het restproduct van de ertsverwerking (*tailings*) moet verwerkt worden opgeslagen, zodat werknemers en omwonenden beschermd zijn tegen radioactiviteit, net zoals in Europa gebeurt met laagradioactief afval.
- 2 *Afvalproblematiek*. Laag-, middel- en hoogradioactieve afvalstoffen moeten te allen tijde in een stabiele vorm en onder voortdurende controle worden opgeslagen. Technologie voor een substantiële *verkorting van de levensduur* van hoog radioactief afval komt waarschijnlijk pas op een termijn van twee à drie decennia beschikbaar. Een discussiepunt is hierbij welke levensduur – nu 100.000 jaar – tegen welke kosten acceptabel wordt geacht. Wat acceptabel is, is uiteraard subjectief. Binnen de raad lopen de opvattingen uiteen tussen minder dan 2000 jaar en maximaal 300 jaar (zie kadertekst aan het eind van deze paragraaf).  
Verder moet de rijksoverheid over de *eindberging van hoog radioactief afval* een besluit nemen voordat met de bouw van de kerncentrale wordt begonnen. De minimumeis is een stabiele, veilige, terughaalbare en gecontroleerde vorm van opslag.
- 3 *Veiligheid* is een belangrijke randvoorwaarde. Op dit terrein hebben aanzienlijke verbeteringen plaatsgevonden. Gesteld kan worden dat smelten van de reactor kern onmogelijk moet zijn, dat de risico's in de rest van de kernenergieketen geminimaliseerd worden en dat een kerncentrale bestand moet zijn tegen een inslaand verkeersvliegtuig. Binnen de raad stellen sommigen inherente veiligheid als absolute eis, terwijl anderen de veiligheidseisen aanvaardbaar vinden die voor de kerncentrale

- Borssele of de nieuwe EPR-centrales in Finland (en Frankrijk) gelden (zie kadertekst aan het eind van deze paragraaf).
- 4 *Nucleaire proliferatie*. Het risico van misbruik van hoogradioactieve materialen uit de kernenergieketen moet worden geminimaliseerd. Technologie moet worden ontwikkeld waardoor minder of geen splijtstof ontstaat die geschikt is voor het maken van kernwapens. Stringent internationaal toezicht is noodzakelijk op alle verrijkings- en opwerkingsinstallaties.
  - 5 *Kostendoorrekening*. De SER vindt in algemene zin dat voor energiedragers het ‘vervuiler betaalt’-principe moet worden gehanteerd. Daarbij worden negatieve externe effecten zoveel mogelijk in de kostprijs meegenomen. Voor kernenergie gaat het dan om de uraniummijnbouw, langdurig beheer van opslagplaatsen, veiligheid, ontmanteling, verzekeringpremies voor ongelukken en eindberging.

De mogelijkheid en wenselijkheid om de productie van kernenergie in Nederland uit te breiden en van voldoende maatschappelijk draagvlak te voorzien, hangen volgens de SER af van de mate waarin aan bovengenoemde randvoorwaarden wordt voldaan. Zoals gesteld is de exacte invulling van die randvoorwaarden en de wegging daarvan de uitkomst van politieke besluitvorming. Voor sommige partijen in de commissie van voorbereiding voldoet de huidige technologische stand van kernenergie nog niet aan de door hen gestelde uitgangspunten en randvoorwaarden, zoals in hun commentaar op het ECN-rapport *Fact Finding Kernenergie* is gebleken (zie de kadertekst hieronder).

Van belang voor de politieke en maatschappelijke discussie over de verduurzaming van de elektriciteitsopwekking is niet een geïsoleerd standpunt over kernenergie, maar het bredere ontwikkelingsperspectief van elektriciteitsopwekking waarbinnen een eventuele uitbreiding van kernenergie in Nederland moet worden geplaatst. Dat perspectief loopt zeker tot de periode 2020-2030. Tussen nu en dat moment hebben energiebesparing en hernieuwbare energie de hoogste prioriteit, zullen knelpunten in CCS-toepassing moeten worden aangepakt, zullen door leercurves de kosten van hernieuwbare energie dalen en zal in een aantal landen de ontwikkeling en bouw van de derde generatie kerncentrales zijn beslag krijgen.

### Opvattingen naar aanleiding van het ECN-rapport *Fact Finding Kernenergie*

De ECN-feitenstudie over kernenergie is met veel waardering in de voorbereidingscommissie ontvangen. De studie heeft in de volgende opvattingen over de rol van kernenergie geresulteerd.

#### *Opvattingen van de gezamenlijke ondernemersorganisaties*

De ondernemersorganisaties VNO-NCW, MKB-Nederland en LTO nemen als vertrekpunt van hun analyse de sterk uiteenlopende groeiscenario's van het elektriciteitsverbruik in samenhang met het maximaal haalbare ten aanzien van duurzame energie en energiebesparing. Dit leidt tot de volgende conclusies:

- Het aandeel fossiele brandstoffen houdt vooralsnog een belangrijk aandeel in de energievoorziening.
- Gas, kolen (met en zonder CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag; CCS) en kernenergie hebben elk hun eigen specifieke voor- en nadelen. Bij een hogere elektriciteitsvraag zal aanzienlijk meer moeten worden gedaan aan CO<sub>2</sub>-reductie (via het kopen van CO<sub>2</sub>-rechten, CCS of de inzet van kernenergie) om de klimaatdoelstellingen in 2020 te kunnen realiseren. Dit kan leiden tot een hoge CO<sub>2</sub>-prijs en doet de druk op CO<sub>2</sub>-vrije energie toenemen.
- De onzekerheden over de toepassing/realisatie van de verschillende duurzame en minder duurzame energieopties nopen, in het licht van zowel de leveringszekerheid en het klimaatbeleid als de betaalbaarheid, tot risicospreiding in de vorm van een verbreding van de brandstofmix met nucleaire energie.
- Eenzijdige toepassing van alleen gas en kolen maakt de prijs van elektriciteit te afhankelijk van fossiele brandstoffen en CO<sub>2</sub>-emissiekosten en maken van Nederland een duurte-eiland, met onder meer nadelige gevolgen voor de concurrentiekracht van de Nederlandse energie-intensieve industrie en de daarmee samenhangende werkgelegenheid.
- Ook in omliggende landen moeten grote investeringen in elektriciteitsproductievermogen worden gedaan. Niet tijdige beschikbaarheid hiervan vormt, gelet op ons grote importaandeel van ruim 20 procent, een extra risico voor de leveringszekerheid.
- Om de doelstellingen ten aanzien van klimaat, leveringszekerheid en industriële concurrentiekracht te realiseren en toekomstige risico's op het gebied van toepassing en realisatie van energieopties te spreiden, kan geen enkele optie in de brandstofmix worden uitgesloten. Dit pleit ervoor ook in Nederland een brede brandstofmix inclusief nucleair mogelijk te maken.

Uit deze conclusies en de daaruit sprekende urgentie vloeit volgens de ondernemingsorganisaties voort dat de overheid zich proactief opstelt bij het creëren van de voorwaarden voor locatiekeuze en bouw van een kerncentrale in Nederland om daarmee de markt de gelegenheid te bieden voor deze optie te kiezen.

#### *Opvattingen van FNV en CNV*

FNV en CNV constateren dat kernenergie risico's kent met betrekking tot de mijnbouw, de extreem lange duur van radioactief kernafval, het probleem van de eindberging, de ernst van de risico's van mogelijke reactorongelukken, de mogelijkheid van terroristische aanslagen, terwijl anderzijds de effecten met betrekking tot de werkgelegenheid en prijzen geen directe aanleiding geven om het gebruik van kernenergie te stimuleren. Tegelijkertijd zijn er in de afgelopen periode ontwikkelingen geweest die aanvullend gebruik van kernenergie in een nieuw daglicht stellen: de toenemende problematiek van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, het opraken van aardgas in Nederland, de toenemende afhankelijkheid van fossiele brandstoffen uit andere landen (lagere voorzieningszekerheid) en de stijgende en sterk fluctuerende prijzen van fossiele brandstoffen.

Een eventuele uitbreiding van kernenergie moet worden gezien tegen de achtergrond van alle mogelijke alternatieven. Uitbreiding van kernenergie is alleen bespreekbaar als aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- *Duurzaamheid.* Eerst moeten andere bronnen volledig zijn benut, zoals energiebesparing, duurzame energie en meer geavanceerd gebruik van fossiele brandstoffen. Meer kernenergie zou deze opties niet moeten blokkeren, vertragen of beperken. Verder dient de efficiëntie van het uraniumgebruik aanzienlijk te worden verhoogd met het oog op mogelijke uitputting van de voorraden.
- *Publieke acceptatie van kernenergie.* Het publiek moet beter over de voor- en nadelen van kernenergie wordt geïnformeerd. Publieksvoorlichting en een breed maatschappelijk debat zijn nodig voordat kan worden besloten om het aandeel kernenergie uit te breiden.
- *Veiligheid.* Toepassing van het beginsel van inherente veiligheid voor alle onderdelen van het productieproces. Dat wil zeggen dat op basis van het ontwerp van kerncentrales grote ongelukken als gevolg van technisch of organisatorisch falen zijn uitgesloten.
- *Levensduur hoogradioactief nucleair afval.* De bijzonder lange levensduur van hoogradioactief afval wordt als een groot moreel probleem beschouwd ten aanzien van toekomstige generaties. Om de levensduur van kernenergie drastisch terug te brengen, moet worden ingezet op partitioning en transmutatie als verwijderingsmethode voor gebruikte splijtstof.
- *Eindberging.* Al voordat een nieuwe kerncentrale in gebruik wordt genomen, dient de overheid een besluit te nemen over de eindberging van het radioactief afval. De kosten hiervan dienen door de exploitant te worden gefinancierd. Na de beëindiging van de exploitatie dient de kerncentrale direct te worden ontmanteld.
- *Verspreiding (proliferatie) van nucleair materiaal en kernwapens.* Er moet technologie worden ontwikkeld waarbij minder of geen splijtstof ontstaat die geschikt is voor het maken van kernwapens. Internationaal toezicht is noodzakelijk voor alle verrijkings- en opwerkingsinstallaties.
- *Kosten van kernenergie.* Op voorhand lijkt meer kernenergie niet tot kostenvoordeel te leiden in vergelijking tot andere energiebronnen. In de kostprijs dienen ook de externe kosten van maatregelen met betrekking tot nucleaire veiligheid, non-proliferatie, buitengebruikstelling, ontmanteling en radioactief afval (inclusief eindberging) te worden verdisconteerd en voor 100 procent gedekt te zijn.

Voor beide vakcentrales is uitbreiding van kernenergie alleen mogelijk als wordt voldaan aan de voorwaarden voor duurzaamheid. Zij pleiten voor verdere ontwikkeling van de nucleaire technologie totdat een meer duurzame toepassing in de toekomst mogelijk is. Het is onzeker of en op welke termijn aan deze voorwaarden kan worden voldaan. Mede gezien de vergrijzing in de sector nucleair onderzoek is het van belang de bestaande kennis op peil te houden en mogelijk uit te

breiden. Beide vakcentrales geven echter voorrang aan de ontwikkeling van een duurzame vorm van kernenergie boven de inzet van de derde generatie kernreactoren in de transitiefase. Meer investeringen in onderzoek naar duurzame hernieuwbare bronnen is noodzakelijk, zodat minimaal sprake is van een gelijk speelveld. Aanvullend onderzoek kan leiden tot doorbraken die de ontwikkeling van generatie-IV-kernreactoren kunnen versnellen en een meer duurzaam en veilig gebruik van kernenergie in de toekomst mogelijk maakt.

*Opvattingen van MHP*

Volgens de MHP bestaat zowel onzekerheid over de omvang van de toekomstige Nederlandse energiebehoefte als over de wijze waarop de energieproductie in de toekomst georganiseerd zal zijn. Bij gebruik van bijvoorbeeld wind- en/of zonne-energie zou dat wel eens kleinschaliger/decentraler kunnen zijn dan momenteel het geval is. Voor de keuze van de energiemix in de genoemde transitieperiode betekent dit dat een te maken keuze dit soort ontwikkelingen niet mag blokkeren dan wel bemoeilijken. In dit opzicht hoeft in de MHP-visie het gebruik van kernenergie in de transitieperiode niet op voorhand te worden uitgesloten. Maar dit kan alleen onder de randvoorwaarde dat het gebruik daarvan als voldoende veilig voor mens en milieu wordt gekwalificeerd. Naar de huidige inzichten is dat het geval voor de (toekomstige) productie. Over de veilige opslag van het radioactieve afval bestaat nog geen volledige zekerheid.

*Opvattingen van Stichting Natuur en Milieu en Vereniging Milieudefensie*

Mede op basis van het ECN-rapport *Fact Finding Kernenergie* komen Stichting Natuur & Milieu en Milieudefensie tot de volgende conclusies:

- *Schoon*: Kernenergie is in de huidige technologische vorm niet duurzaam volgens ECN. Kernenergie leidt thans tot gevaarlijk afval dat 100.000 jaar hoogradioactief blijft en uiterst schadelijk is voor mens en natuur. Ook bestaat er volgens ECN in Europa nog geen definitieve oplossing voor de eindberging van hoogradioactief afval en het substantieel verkorten van de levensduur van hoogradioactief afval. Uit *Green4Sure* blijkt dat kernenergie niet nodig is om de CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland fors te verminderen. Praktisch gezien kan kernenergie niet bijdragen aan de kabinetsdoelstelling van 30 procent reductie in 2020 omdat volgens KEMA pas in 2023 een extra kerncentrale in Nederland operationeel kan zijn. Op dat moment zijn zonne-energie (achter de meter) en wind op land en zee rendabel zonder subsidies. Ten slotte stelt het ECN-rapport dat door een relatief sterke groei van wind en zonne-energie er meer vraag zal ontstaan naar flexibel productievermogen en minder naar basislastvermogen, zoals een kerncentrale. Meer kernenergie kan daardoor nadelig zijn voor de inpassing van hernieuwbare elektriciteit.
- *Energievoorzieningszekerheid*: Er staat de komende jaren voldoende productiecapaciteit voor elektriciteit in Nederland. Volgens TenneT wordt Nederland vanaf 2009 een netto-exporteur van elektriciteit. Dit komt met name door de vijf tot tien nieuw geplande gas- en kolencentrales. Zelfs als maar 25 procent van de

voorgenomen nieuwbouwprojecten doorgaat, blijft volgens TenneT de leveringszekerheid op het niveau van de afgelopen jaren.

- *Betaalbaarheid:* Kernenergie maakt elektriciteit niet goedkoper voor de (groot-)verbruiker. Het ECN-rapport stelt dat uitbreiding van kernenergie nauwelijks effect heeft op de elektriciteitsprijs. Volgens datzelfde rapport is de kostprijs van wind op land nu al vergelijkbaar met kernenergie. De kosten van kernenergie zijn de afgelopen jaren steeds gestegen en zullen blijven stijgen door toenemende veiligheidseisen, terwijl de kosten van hernieuwbare bronnen blijven dalen door leereffecten. Ook de werkgelegenheidseffecten van meer kernenergie zijn volgens ECN onzeker.

Kernenergie kan volgens de milieuorganisaties geen rol spelen in de overgang naar een duurzame energievoorziening zolang het niet aan de volgende randvoorwaarden voldoet:

- *Duurzaamheid.* Duurzame opties moeten maximaal te zijn benut, zoals energiebesparing en hernieuwbare energie. Aan deze voorwaarde is niet voldaan, want Nederland is thans met een aandeel van 2,5 procent hernieuwbare energie nagenoeg hekkensluis in Europa. Ook energiebesparing ligt met 0,7 procent per jaar op een historisch dieptepunt.
- *Veiligheid.* Er mag geen kans bestaan dat radioactieve stoffen zich bij een ongeluk buiten het reactorgebouw verspreiden. De reactor moet *inherent* veilig zijn zodat het smelten van de reactorkern fysiek onmogelijk wordt, ook als de koeling uitvalt. Een kerncentrale moet bestand zijn tegen een inslaand verkeersvliegtuig.
- *Radioactief afval.* Radioactief afval dat ontstaat in de gehele kernenergieketen mag maximaal 300 jaar gevaarlijk zijn. Het is naar onze mening niet duurzaam en niet verantwoord om toekomstige generaties op te zadelen met afval dat meer dan 300 jaar hoogradioactief blijft.
- *Eindberging.* Een bouwvergunning te worden verstrekt aan een nieuwe kerncentrale als zeker is dat de eindberging van radioactief afval op het moment van ingebruikname operationeel wordt.
- *Verspreiding (proliferatie) van nucleair materiaal en kernwapens.* Er moet technologie worden ingezet waarbij geen splijtstof ontstaat die geschikt is voor het maken van kernwapens. Internationaal toezicht is noodzakelijk voor alle productie, verrijkings- en opwerkingsinstallaties.
- *Kostendoorberekening.* In de prijs van kernstroom dienen de (externe) kosten van non-proliferatie, beheer van opslagplaatsen, veiligheid, ontmanteling, verzekeringpremies voor ongelukken en eindberging te worden verdisconteerd en voor 100 procent gedekt te zijn.

Eerder is aangegeven dat er voor de realisatie van een nieuwe kerncentrale in Nederland naar schatting circa 15 jaar zit tussen het moment van besluitvorming en het moment van daadwerkelijke elektriciteitsopwekking. Daarbij moet worden bedacht dat er na een eventueel besluit tot een uitbreiding van kernenergie nog maar beperkte ruimte is voor



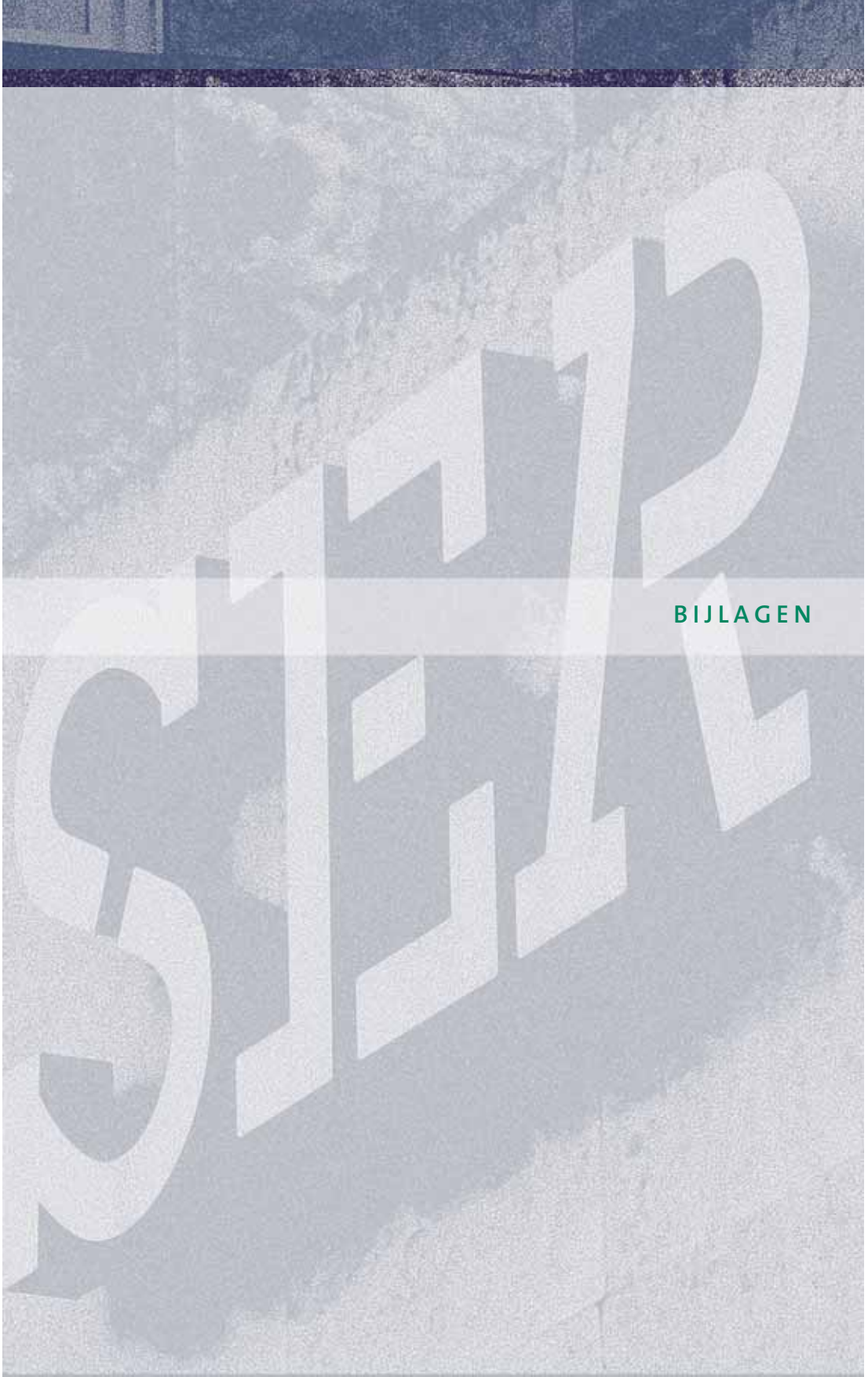
technologische verbetermogelijkheden in de periode tot de bouw van een nieuwe centrale. Tenzij de wetgeving wordt aangepast, is het namelijk onmogelijk dat de vergunningverlener na een eenmaal afgegeven vergunning eist dat nieuwere technologie wordt opgenomen in de te bouwen kerncentrale. Mocht de bouwer na de vergunningverlening zelf nieuwere technologieën willen gebruiken, dan is hij verplicht een nieuwe vergunning aan te vragen.

De politieke en maatschappelijke discussie gaat over de randvoorwaarden en vergunningseisen die de overheid stelt bij elektriciteitsopwekking. Dat geldt voor de bouw van een kerncentrale, maar ook voor kolen- of gasgestookte centrales of een windpark op zee. Uiteindelijk zijn de marktpartijen aan zet. Mocht uitbreiding van kernenergie mogelijk worden, dan zullen investeerders op basis van hun eigen ‘business case’ besluiten over al dan niet investeren in meer Nederlands kernvermogen.

Den Haag, 14 maart 2008

A.H.G. Rinnooy Kan  
Voorzitter

V.C.M. Timmerhuis  
Algemeen secretaris



**BIJLAGEN**



## TRENDS EN BELEIDSMATIGE ONTWIKKELINGEN

### 1. Energie- en klimaatproblematiek in brede context

#### 1.1 *Mondiaal energiesysteem onder druk*

Het mondiale energiesysteem staat onder grote druk. Het gevoel van urgentie is onlangs nog eens benadrukt in de *World Energy Outlook 2007*<sup>1</sup>:

*The staggering pace of Chinese and Indian economic growth in the past few years, outstripping that of all other major countries, has pushed up sharply their energy needs, a growing share of which has to be imported. The momentum of economic development looks set to keep their energy demand growing strongly. As they become richer, the citizens of China and India are using more energy to run their offices and factories, and buying more electrical appliances and cars. These developments are contributing to a big improvement in their quality of life, a legitimate aspiration that needs to be accommodated and supported by the rest of the world.*

*The consequences for China, India, the OECD and the rest of the world of unfettered growth in global energy demand are, however, alarming. If governments around the world stick with current policies – the underlying premise of our Reference Scenario – the world’s energy needs would be well over 50% higher in 2030 than today. China and India together account for 45% of the increase in demand in this scenario. Globally, fossil fuels continue to dominate the fuel mix. These trends lead to continued growth in energy related emissions of carbon-dioxide (CO<sub>2</sub>) and to increased reliance of consuming countries on imports of oil and gas – much of them from the Middle East and Russia. Both developments would heighten concerns about climate change and energy security.*

Uit deze en andere langetermijnverkenningen komt naar voren dat een ecologisch duurzame energievoorziening pas ver na het midden van deze eeuw in zicht komt, zelfs bij een maximale beleidsinzet op energiebesparing en hernieuwbare energiebronnen (wind, zon, biomassa) in een internationaal kader.

Het bovenstaande citaat uit de *World Energy Outlook 2007* illustreert verder dat fossiele bronnen (kolen, olie en gas) hun prominente positie ook op een termijn van vele decennia niet zullen verliezen. De IEA verwacht dat vooral de kolenbehoefte de komende kwart eeuw fors zal stijgen: in het referentiescenario met zo'n 73 procent, waardoor het aandeel van kolen in de totale mondiale energiemix oploopt van 25 procent in 2005 naar 28 procent in 2030<sup>2</sup>. Maar liefst 80 procent van het groeiende kolenverbruik komt voor rekening van China en India. In 2010 passeert China de Verenigde Staten als 's werelds grootste energieverbruiker.

1 IEA (2007) *World Economic Outlook 2007*, Paris, International Energy Agency, p. 41.

2 In het referentiescenario groeit de mondiale primaire energiebehoefte met 1,8 procent per jaar. In dit scenario worden geen belangrijke beleidswijzigingen in het energie- en klimaatbeleid verondersteld.

## 1.2 Gevolgen voor klimaatverandering

De gevolgen voor de klimaatverandering laten zich raden: de uitstoot van broeikasgassen neemt in het referentiescenario van het IEA met maar liefst 57 procent toe; twee derde van deze groei wordt veroorzaakt door de Verenigde Staten, China, Rusland en India. Vanaf 2007 is China de VS in absolute zin gepasseerd als de grootste uitstoter van broeikasgassen. In relatieve zin liggen de verhoudingen echter heel anders. Het verschil tussen de VS en China is per hoofd van de bevolking nog steeds groot: het verschil ligt in de orde grootte van een factor 5.

In een 'hoge groei'-scenario ligt China's energieverbruik in 2030 nog eens 23 procent hoger; de kolenbehoefte van China zou dan met 21 procent ten opzichte van het referentiescenario toenemen<sup>3</sup>.

Daar staat tegenover dat in een 'alternatief beleid'-scenario de groeiramingen fors lager liggen<sup>4</sup>. Als gevolg van een intensivering van het energie- en klimaatbeleid neemt de vraag naar kolen dan zowel in absolute als in relatieve termen af ten opzichte van het referentiescenario. Hierdoor zou de mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot in de jaren twintig stabiliseren en in 2030 19 procent lager liggen dan in het referentiescenario. Dat neemt niet weg dat de mondiale emissies in dat jaar 27 procent hoger liggen dan in 2005. Zelfs in het 'alternatief beleid'-scenario zal de EU-doelstelling van een gemiddelde temperatuurstijging op aarde van maximaal 2 graden ten opzichte van het pre-industriële tijdperk waarschijnlijk moeilijk haalbaar blijken.

## 1.3 Onzekerheden

Zoals alle scenario's zijn ook de IEA-scenario's denkmodellen die uiting geven aan grote onzekerheden. Zeker op een termijn van vele decennia zijn die onzekerheden erg groot. Zo is het maar de vraag of de enorme groei van de wereldeconomie door de opkomst van de grote ontwikkelingslanden, ook op langere termijn houdbaar blijkt. Verder zullen de effecten van de hoge mondiale economische groei sterk doorwerken in de schaarste- en prijsverhoudingen. De prijzen van onder meer grondstoffen (fossiele energiebronnen, metalen, hout) en voedsel (mede in relatie tot biomassa) staan in toenemende mate onder druk. Dit zal de technologische ontwikkeling in de richting sturen van zowel een hogere energie-efficiency (in industrie, elektriciteitssector, gebouwde omgeving en transport) als een grotere inzet van alternatieve (hernieuwbare) energiebronnen.

Het is goed denkbaar dat als gevolg van deze ontwikkelingen technologische doorbraken plaatsvinden die nu nog niet of nauwelijks te voorzien zijn. Op dit moment is er op

3 In het 'hoge groei'-scenario is de veronderstelling dat de jaarlijkse economische groei in China en India 1,5 procentpunt hoger ligt dan in het referentiescenario.

4 In het 'alternatief beleid'-scenario wordt ervan uitgegaan dat beleidsvoorstellen gericht op energiebesparing, hernieuwbare bronnen en beperking van de uitstoot van broeikasgassen tot uitvoering worden gebracht. Hierdoor neemt de jaarlijkse mondiale energievraag met 0,5 procentpunt af ten opzichte van het referentiescenario.

milieu- en energieterrein al een breed scala van veelbelovende technologische mogelijkheden voorhanden, die echter nog niet marktrijp zijn. Een illustratie van deze stand van zaken zijn de vele perspectief biedende initiatieven en activiteiten die bijvoorbeeld in het kader van het Nederlandse energietransitiebeleid – maar ook daarbuiten – plaatsvinden<sup>5</sup>. De toekomstige economische en politieke omstandigheden zullen voor een belangrijk deel bepalend zijn voor de verdere ontwikkeling en commerciële toepassing van nieuwe energietechnologieën<sup>6</sup>.

Onzekerheden zijn er ook op politiek terrein. Zeker in een globaliserende wereld waarin nationale economieën steeds sterker met elkaar verweven zijn, heeft regionale instabiliteit ook elders grote negatieve gevolgen. Omgekeerd kunnen internationale afspraken – bijvoorbeeld over energie- en klimaatbeleid – juist positieve krachten vrijmaken waardoor een vliegwieleffect ontstaat. In veel landen is bijvoorbeeld nog heel veel efficiency-winst op het terrein van energie te boeken. Zo zorgen vooral verouderde technologieën er bijvoorbeeld in China voor dat het energiegebruik per eenheid BBP nu nog zes keer zo hoog ligt als in Europa<sup>7</sup>. Onder druk van de economische en politieke omstandigheden kunnen trends substantieel ten goede worden omgebogen door in snel groeiende economieën de meest kosten- en milieueffectieve technologieën toe te passen bij de opbouw van het nationale productievermogen.

#### 1.4 Alternatieve scenario's

Tegen deze achtergrond zijn diverse 'groene' scenariostudies opgesteld waarin door gericht beleid onder meer de elektriciteitsvraag zich zeer gematigd ontwikkelt en de elektriciteitsproductie in relatief hoog tempo 'vergroent'. Dit vergt wel ingrijpende beleidsmaatregelen en leidt tot hogere kosten en zekere gedragsbeperingen. Dit is bijvoorbeeld het geval in het *Energy Revolution*-scenario van Greenpeace (betreft zowel Europa als Nederland) en in *Green4sure* (Nederland) van enkele milieuorganisaties en de FNV<sup>8</sup>.

Ook de Energievisie *De belofte van een duurzame Europese energiehuishouding* van ECN/NRG en de Tweede Duurzaamheidsverkenning *Nederland en een duurzame wereld* van het MNP geven aan dat met een gericht en consistent beleid op verschillende schaalniveaus (mondiaal, Europees en nationaal) in de loop van de komende decennia een omslag naar een meer duurzame energievoorziening mogelijk wordt.

5 Zie in dit verband ook: Daniëls, B.W. en J.C.M. Farla (2006) *Potentieelverkenning klimaatdoelstellingen en energiebesparing tot 2020*, Petten/Bilthoven, Milieu- en Natuurplanbureau (MNP)/ Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN).

6 Zie ook: SER-advies (2006) *Naar een kansrijk en duurzaam energiebeleid*, op.cit.

7 Hanemaaijer, A. en W. de Ridder [et al.] (2007) *Nederland en een duurzame wereld: Tweede Duurzaamheidsverkenning*, op.cit., pp. 40-41.

8 Zie verder: Scheepers, M.J.J. [et al.] (2007) *Fact Finding Kernenergie*, op.cit., hoofdstuk 9.

## 2. Nationale en internationale ontwikkelingen op elektriciteitsgebied

### 2.1 Liberalisering en beleidsruimte overheden

Door de liberalisering van de energiemarkten is de beleidsruimte van overheden om te sturen op de omvang en samenstelling van het nationale elektriciteitsproductievermogen afgenomen. Hoewel de liberalisering nog lang niet is voltooid, wordt door marktkoppeling met België en Frankrijk (en vanaf 2008 ook met Duitsland) de interconnectiecapaciteit tussen deze landen veel beter benut<sup>9</sup>. De elektriciteitshandel tussen deze drie landen wordt nog maar in beperkte mate belemmerd door fysieke capaciteitsbelemmeringen. Op korte termijn zijn verdere marktkoppelingen voorzien met Noorwegen, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk. Vooral door de uitbreiding van de interconnectiecapaciteit met Noorwegen (2008) en het VK (2009) zal de totale interconnectiecapaciteit in de periode 2002-2009 grofweg verdubbelen: van circa 3200 MW naar 6500 MW<sup>10</sup>.

De recente ervaringen leren dat marktkoppeling substantiële effecten heeft. Zo is op de spotmarkten in zekere mate een convergentie van elektriciteitsprijzen opgetreden. Het is nog te vroeg om te concluderen dat dit ook geldt voor de baseloadprijzen, die voor langere periodes in de toekomst gelden. Een convergerende elektriciteitsprijs werkt door in het al dan niet inzetten van een opwekeenheid in een van de aangesloten landen. De variabele kosten zijn hiervoor bepalend.

Voor de voorzieningszekerheid is het van belang dat elektriciteitsproducenten zich volgens de AER vooral op kortetermijndoelinden en -rendementen richten. Langetermijnaspecten, zoals mogelijke gevolgen van geopolitieke instabiliteit, krijgen daardoor veelal onvoldoende prioriteit in de besluitvorming. Dit vertaalt zich onder meer in een zekere voorkeur voor *kapitaalextensieve* opwekmethoden, zoals gasgestookte centrales. Het is in dit verband veelzeggend dat volgens het IEA twee derde van de in 2007 in aanbouw zijnde Europese elektriciteitscentrales gasgestookt zijn.

Verder schuwen energieproducenten niet-beïnvloedbare risico's, vooral op langere termijn. Dit vormt een belangrijke belemmering voor de toepassing van *kapitaalintensieve* opwekmethoden zoals kernenergie. Bij kernenergie zijn het vooral de risico's van veranderende politieke opvattingen tijdens de bouwfase van een kerncentrale die investeerders zullen afschrikken. Duidelijkheid en langjarige zekerheid door de verantwoordelijke overheden zullen deze risico's tot aanvaardbare proporties moeten terugbrengen als de beleidsinzet is om het voor marktpartijen aantrekkelijk te maken in nieuwe kerncentrales te investeren.

<sup>9</sup> Deze passage is ontleend aan het AER-advies (2008) *Brandstofmix in beweging*, op.cit., inz. par. 2.3.  
<sup>10</sup> AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit., par. 3.4.

## 2.2 Elektriciteitsproductievermogen

In Nederland wordt op dit moment ruim 60 procent van de elektriciteit via gascentrales opgewekt; 24 procent is afkomstig van kolencentrales<sup>11</sup>. In Duitsland is kolen de belangrijkste energiebron voor elektriciteitsopwekking (50 procent), gevolgd door kernenergie (27 procent). In Frankrijk en België is kernenergie dominant: respectievelijk 78 en 55 procent. Verder is van belang dat Nederland in vergelijking met de buurlanden in sterke mate afhankelijk is van stroomimporten: 21 procent; daarnaast wordt 5 procent geëxporteerd.

### *Het Nederlandse productievermogen*

Een belangrijke determinant voor de leveringszekerheid in de komende decennia is de investeringsbereidheid van de energiebedrijven en de betrokken overheden. In de jaren negentig is er te weinig geïnvesteerd in de vervanging en uitbreiding van de productiecapaciteit waardoor er krapte op de markt is ontstaan<sup>12</sup>. Dit verklaart het grote aantal nieuwbouwplannen dat de afgelopen jaren gepresenteerd is. Deze omvatten voor de periode 2007-2013 een totale omvang van ongeveer 9500 MW, bij een opgesteld productievermogen van 22.100 MW in 2006<sup>13</sup>. Het gaat hierbij zowel om vervangings- als uitbreidingscapaciteit. Van de plannen is 5000 MW kolengestookt – met een aanzienlijk deel biomassa bijstook – en 4500 MW gasgestookt. Hoewel er ambitieuze plannen bestaan om het windvermogen op korte termijn fors uit te breiden (in 2012 2000 MW op land en 450 MW op zee), beperken de concrete plannen zich tot slechts 180 MW windvermogen.

In het *Monitoringrapport 2006-2014* concludeert TenneT dat Nederland tot en met 2008 voor de leveringszekerheid afhankelijk blijft van buitenlands aanbod. Bij realisatie van alle nieuwbouwprojecten voor elektriciteitscentrales zou er daarna sprake van een omslag zijn. Het is echter onzeker of zo'n forse toename van grootschalig nieuw productievermogen ook daadwerkelijk geëffectueerd zal worden. Bij realisatie van een kwart van de voorgenomen nieuwbouwprojecten blijft de leveringszekerheid in 2014 op het niveau van de afgelopen jaren steken. Naast kosten- en rendementsaspecten zal in de besluitvorming verder de vraag gaan spelen of voldoende menskracht en specialistische kennis aanwezig zijn om min of meer gelijktijdig meerdere nieuwbouwprojecten uit te voeren. Ook dient rekening te worden gehouden met langdurige vergunningprocedures, die tot forse vertragingen kunnen leiden. Aangezien de uitbreidingen grotendeels in de Rijnmond/Maasvlakte en Eemshaven zijn gepland, zal op deze trajecten eerst de transportcapaciteit moeten worden uitgebreid, alvorens TenneT voor alle projecten de benodigde capaciteit kan garanderen.

Uit KEMA-ramingen komt naar voren dat bij gedeeltelijke uitvoering van de nieuwbouwplannen in Nederland na 2015 een discrepantie kan ontstaan tussen de elektriciteitsbehoefte en de nationale elektriciteitsproductie<sup>14</sup>. KEMA geeft aan dat door de *leadtime*

11 AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op.cit.

12 SER (2006) *Advies Naar een kansrijke en duurzame energievoorziening*, op.cit.

13 Zie voor details: AER (2008) *Advies Brandstofmix in beweging*, op. cit, inz. par. 4.2.2.



tussen beslissingen over en realisatie van nieuwe centrales er verschillende tijdspaden zijn, uitgaande van een 'gat' rond 2015. Voor kolencentrales (inclusief biomassa) zou in 2008 moeten worden beslist; voor gascentrales is nog een paar jaar extra de tijd. Om in 2017 over extra windvermogen te beschikken zou echter nu moeten worden begonnen. Voor kernenergie is de *leadtime* nog groter: als nu tot uitbreiding zou worden besloten dan zou een nieuwe kerncentrale pas rond 2023 operationeel zijn.

#### *De Noordwest-Europese elektriciteitsvoorziening*

De UCTE (Unie voor de Coördinatie van het Elektriciteitstransport) geeft in haar *System Adequacy Forecast 2007-2020* aan dat de leveringszekerheid in de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt na 2014-2015 in het geding kan komen als niet tijdig tot investeringen wordt overgegaan in nieuwe productiecapaciteit. Niet alleen Nederland, maar ook België, Frankrijk en Duitsland zullen dan afhankelijk worden van importen van buiten zodra er meer dan gemiddelde productie-uitval optreedt door storingen, revisies of gebrek aan wind- en waterkracht. Interne knelpunten in het Duitse en Belgische net vormen dan een reëel risico voor Nederlandse importen van elektriciteit. Daarnaast is het essentieel dat in de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt de verschillende transportnetten met hun onderlinge verbindingen voldoende capaciteit hebben om de vereiste nationale en grensoverschrijdende transporten mogelijk te maken.

---

14 Beekes, M. en W. van der Veen (2007) *Energiescenario's*, op.cit.

### 3. Kabinetsbeleid

#### 3.1 Doelstellingen

Het kabinet heeft ambitieuze klimaat- en energiedoelstellingen voor het jaar 2020 geformuleerd:

- een energiebesparing van 2 procent per jaar;
- een verhoging van het aandeel duurzame energie tot 20 procent in 2020;
- een reductie van de uitstoot van broeikasgassen, bij voorkeur in Europees verband, van 30 procent in 2020 uitgaande van een breed internationaal klimaatbeleid ten opzichte van 1990.

Daarnaast heeft het kabinet aangegeven deze kabinetsperiode geen bouw van nieuwe kernenergie te overwegen. In het Werkprogramma Schoon en Zuinig *Nieuwe energie voor het klimaat* (p. 10) motiveren de verantwoordelijke bewindslieden deze opstelling als volgt:

*De huidige generatie kerncentrales levert geen hernieuwbare energie omdat de brandstofvoorraad uranium eindig is. Er blijft bovendien lang levend hoogradioactief afval over. Zoals het er nu naar uitziet is kernenergie ook niet nodig om de doelstellingen voor de reductie van broeikasgassen.*

Het Werkprogramma bevat een groot aantal maatregelen, deels met een generiek karakter en deels gericht op specifieke doelgroepen of sectoren (zie kader). De grootste slag zou volgens de kabinetsplannen moeten worden gemaakt in de industrie- en elektriciteitssector, met 101 Mton in 2005 verreweg de grootste emittent van broeikasgassen (48 procent). De kabinetsambitie voor deze sectoren is een emissiereductie van 56 tot 61 Mton/jaar in 2020 ten opzichte van ongewijzigd beleid. Deze sector zou bij realisatie van deze ambitie dan geen 131 Mton maar 75 Mton uitstoten.

#### Werkprogramma Schoon en Zuinig: enkele maatregelen en instrumenten

##### *Energie en industrie*

De energiesector en de industrie vallen grotendeels onder het Europese emissiehandelssysteem (ETS). In aanvulling op het ETS maakt de overheid via convenanten afspraken met energieproducenten over het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> in de bodem (CCS). Nieuwe kolencentrales moeten nu al *capture ready* gebouwd worden. Verder zetten de exploitanten van kolencentrales in op extra bijstook van biomassa of zelfs het vervroegd sluiten van oude weinig efficiënte kolencentrales die tot het eigen productiepark behoren.

Nederland bepleit binnen de EU het verplicht stellen van CCS voor nieuwe kolencentrales op het moment dat het als stand der techniek kan worden beschouwd. Nederland pleit verder voor maximale financiële ondersteuning

vanuit Brussel. Er moet helderheid zijn over de dekking van de onrendabele top voordat verplichtingen worden aangegaan. Samen met de sector kunnen in Nederland dan twee grote CCS-demonstratieprojecten worden voorbereid, te realiseren vanaf 2013, in het kader van het EU-programma.

De *energie-intensieve* bedrijven die deelnemen aan het ETS zijn verantwoordelijk voor 80 procent van de emissies van de sector. Voor hen is ETS het leidende instrument. De inzet van het Nederlandse kabinet hierbij is dat in 2020 de Europese ETS-doelstellingen voor broeikasgasreductie gelijk zijn aan die van Nederland (-30 procent). Voor de bedrijven die niet deelnemen aan het Europese emissiehandelssysteem geldt de verplichting om alle energiebesparende maatregelen te nemen met een terugverdientijd tot 5 jaar. Daarnaast wordt de gehele industrie, zowel ETS als niet-ETS-bedrijven, gestimuleerd om een extra inspanning te leveren voor een hogere energie-efficiency.

#### *Bebouwde omgeving*

Met innovatie en uitvoering van het plan *Meer met minder* beoogt het kabinet 6 tot 11 Mton CO<sub>2</sub>-reductie in 2020 te realiseren ten opzichte van ongewijzigd beleid.

In de *bestaande bouw* gaat het onder meer om afspraken met woningcorporaties over verbetering van de energieprestaties van huurwoningen, om het verplichte energielabel bij verkoop of huur van woningen en om stimuleringsregelingen gericht op energiebesparing en op duurzame energieopties (zonneboilers, warmtepompen en zon-pv).

Bij *nieuwbouw* moet via een stapsgewijze aanscherping van de EPC (Energie Prestatie Coëfficiënt) in 2020 het doel van een energieneutrale woning worden bereikt. Nieuwe utiliteitsbouw moet, via aanscherpingen, in 2017 50 procent energie-efficiënter zijn dan nu.

#### *Verkeer en vervoer*

Het kabinetsdoel is om in deze sector in 2020 een emissiereductie van 13 tot 17 Mton CO<sub>2</sub> ten opzichte van ongewijzigd beleid te realiseren. Dit gebeurt via vier sporen:

- 1 *alternatieve brandstoffen*: verplichting inzet duurzame biobrandstoffen;
- 2 *beprijzing*: gedifferentieerde kilometerprijs, mogelijk ook voor vrachtauto's;
- 3 *energie-efficiency voertuigen*: verdergaande EU-normering CO<sub>2</sub>-efficiency personenauto's en bestelauto's;
- 4 *gedragsbeïnvloeding*: voorlichting, terugdringen werkgerelateerde mobiliteit.

#### *Land en tuinbouw*

De ambitie voor deze sector is om in 2020 1 tot 2 Mton CO<sub>2</sub> minder uit te stoten ten opzichte van ongewijzigd beleid. De maatregelen richten zich zowel op de landbouw en de glastuinbouw als op de agrarische verwerkende industrie. In de glastuinbouw wordt onder meer een eigen CO<sub>2</sub>-verevenings-

stelsel geïntroduceerd. Ook zijn er plannen om via clustering tussen glastuinbouwbedrijven onderling en via clustering tussen glastuinbouw enerzijds en landbouw, bedrijventerreinen en woningen anderzijds toe te werken naar een energieleverende kas.

Een belangrijk onderdeel van het Werkprogramma vormt het Duurzaamheidsakkoord dat het kabinet op 1 november 2007 afsloot met VNO-NCW, MKB-Nederland en LTO Nederland (zie kader). De drie genoemde organisaties zullen bevorderen dat het bedrijfsleven langdurig investeert in energie-efficiencyverbetering, hernieuwbare energie en andere innovatieve voorzieningen op het gebied van energie- en klimaatinnovatie.

De overheid belooft op haar beurt zich te zullen inspannen dat Nederlandse bedrijven op een Europees en wereldwijd gelijk speelveld kunnen blijven werken. Bij nieuwe (klimaat- en energie)maatregelen zullen de effecten op het *level playing field* van zowel grote als kleinere bedrijven in kaart worden gebracht. Indien noodzakelijk zullen beleidsoplossingen worden gezocht om de nadelige effecten voor de concurrentiepositie te voorkomen, bij voorkeur in Europees verband. Zo nodig is bij onoverkomelijke problemen van maatregelen af te zien.

### Hoofdpijnen van het Duurzaamheidsakkoord

Het Duurzaamheidsakkoord is een convenant dat voortbouwt op het Werkprogramma Schoon en Zuinig. Het convenant beoogt een ambitieuze en voortvarende aanpak van de klimaatverandering tot stand te brengen in het kader van het bredere EU-beleid. Het bedrijfsleven gaat hierbij uit van de Europese doelstellingen, waaronder een CO<sub>2</sub>-emissiereductie van ten minste 20 procent in 2020 ten opzichte van 1990.

Voor het realiseren van de ambities hebben partijen elkaar hard nodig. De overheid kan niet zonder een initiatiefnemend en ondernemend bedrijfsleven, het bedrijfsleven van zijn kant heeft consistent overheidsbeleid en heldere randvoorwaarden nodig om verantwoord te kunnen investeren. Tegen deze achtergrond zal de overheid zich tot het uiterste inspannen dat bedrijven op een Europees en mondiaal gelijk blijvend speelveld kunnen opereren.

In het verlengde van het Duurzaamheidsakkoord zullen partijen zo spoedig mogelijk, maar uiterlijk vóór 1 april 2008, tot concrete invulling komen van hun samenwerking op het vlak van de gebouwde omgeving, de energiesector, de industrie, verkeer en vervoer en de land- en tuinbouw in de vorm van sectorakkoorden. Partijen beogen deze latere afspraken wederzijds bindend te laten zijn. VNO-NCW, MKB-Nederland en LTO Nederland zullen bevorderen dat in de sectorakkoorden vastgelegd wordt dat het bedrijfsleven grote en langdurige investeringen doet in energie-efficiencyverbetering, her-

nieuwbare energie en andere innovatieve voorzieningen en daarmee een koploperspositie inneemt op het gebied van energie- en klimaatinnovatie.

Partijen zullen hun samenwerking op basis van dit convenant in 2010 evalueren. Dan zullen de maatschappelijke kosten en baten zo volledig mogelijk in beeld worden gebracht. Verder zullen hierbij onder andere meegenomen worden: de Europese situatie op dat moment, de mate waarin een mondiale aanpak voor een effectieve oplossing van het klimaatprobleem tot stand is gekomen en de resultaten van het tot dan toe gevoerde beleid. Op basis van de evaluatie zal het kabinet bezien of een herijking van het akkoord wenselijk is. Na overleg met het bedrijfsleven stelt de rijksoverheid vast hoe de kabinetsdoelstellingen voor 2020 zullen worden gerealiseerd.

### 3.2 Geraamde effecten

#### *Veronderstellingen*

ECN en MNP hebben de effecten van het werkprogramma op onder meer de broeikasgasemissies in 2020 doorgerekend<sup>15</sup>. Het betreft een globale ex-ante-evaluatie. Een handicap is daarbij dat op het moment van de rekenexercitie het instrumentarium nog maar beperkt bekend was. Verder zijn de macro-economische effecten en de andere milieugevolgen van het Werkprogramma niet in de berekeningen meegenomen.

De economische ramingen baseren zich op het zogeheten Global Economy-langetermijnscenario (GE-scenario met een hoge olieprijs) van het CPB<sup>16</sup>. Dit scenario gaat onder meer uit van een verdere uitbreiding van de Europese Unie en succesvolle WTO-onderhandelingen. Door de veronderstelde sterke wereldwijde economische integratie vindt een hoge productiviteitsgroei plaats en blijft de bevolking door immigratie groeien. Hierdoor laat dit scenario een (historisch gezien) hoge economische groei zien: gemiddeld 2,9 procent per jaar<sup>17</sup>. Het gevolg van dit mondiale hoge groeiscenario is een hoge milieudruk.

Daarnaast bevatten de ECN/MNP-ramingen in aanvulling op het GE-scenario twee varianten met betrekking tot het Europese beleid. In de EU-hoog-variant gelden strenge normen voor apparaten en voertuigen en een hoge CO<sub>2</sub>-prijs van € 50 in 2020 (prijspeil 2007). In de EU-laag-variant zijn de veronderstelde normen voor apparaten en voertuigen minder

15 Menkveld, M. (ed.) (2007) *Beoordeling werkprogramma Schoon en Zuinig: Effect op energiebesparing, hernieuwbare energie en uitstoot van broeikasgassen*, op.cit.

16 Zie: Jansen, L.H.J.M., V.R. Okker, J. Schuur (red.) (2006) *Welvaart en leefomgeving: Een scenariostudie voor Nederland in 2040*, Den Haag/Bilthoven, Centraal Planbureau (CPB)/ Milieu- en Natuurplanbureau (MNP)/ Ruimtelijk Planbureau (RPB). Deze studie baseert zich op vier economische scenario's *Global Economy, Strong Europe, Transatlantic Market* en *Regional Communities*. In termen van economische groei, werkgelegenheid en arbeidsproductiviteit scoort *Global Economy* het best.

17 ECN/MNP hebben apart berekend wat de effecten van een gemiddelde jaarlijkse groei van 2 procent zijn. Zie hiervoor paragraaf 2.3.

streng en is de CO<sub>2</sub>-prijs in 2020 € 20 (prijsspeil 2007). In ieder van de varianten is bovendien een bandbreedte (laag en hoog) aangehouden voor alle onzekerheden.

### Effecten

De algemene conclusie van de ECN/MNP-exercitie is dat het bereiken van de gestelde doelen afhankelijk is van het succes van Europees beleid. Vooral de verwachte prijs van CO<sub>2</sub>-rechten is een bepalende factor voor de omvang en de kosten van energiebesparing en hernieuwbare elektriciteit. Alleen bij ambitieus en succesvol EU-beleid komen de doelen binnen bereik: ongeveer 1,8 procent energiebesparing per jaar en een aandeel van circa 16 procent hernieuwbare energie in 2020. Is het EU-beleid minder ambitieus, dan leidt het werkprogramma tot ongeveer 1,5 procent besparing per jaar en een aandeel van hernieuwbare energie van circa 12 procent.

Een flink deel van de beoogde reductie van broeikasgassen kan door het voorgenomen beleid in het binnenland worden gereduceerd, maar tevens zal een aanzienlijk deel van de reductie in het buitenland gerealiseerd moeten worden. Vooral bedrijven die deelnemen aan CO<sub>2</sub>-emissiehandel moeten veel rechten aankopen, wanneer zij een emissieplafond krijgen opgelegd van -30 procent ten opzichte van 1990, zoals het werkprogramma beoogt; het betreft zo'n 40 à 50 Mton per jaar (tabel 3.1). Om het nationale doel van 150 Mton in 2020 te bereiken moet daarnaast nog tussen de 8 en 24 Mton emissiereductie worden gerealiseerd. Dit kan via extra nationaal reductiebeleid of via het buitenland (*Joint Implementation of Clean Development Mechanism*)<sup>18</sup>.

tabel 3.1 Doelbereik klimaatbeleid in 2020 (Mton CO<sub>2</sub>)

|  | EU-laag<br>ondergrens | EU-laag<br>bovengrens | EU-hoog<br>ondergrens | EU-hoog<br>bovengrens |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Binnenlandse emissies                                | 224                   | 219                   | 205                   | 199                   |
| Emissiedoel  | 150                   | 150                   | 150                   | 150                   |
| Benodigde aankopen in buitenland door ETS-deelnemers | 51                    | 54                    | 38                    | 40                    |
| Emissiereductie door overheid                        | 24                    | 15                    | 17                    | 8                     |

Bron: Menkveld, M. (ed.) (2007) *Beoordeling werkprogramma Schoon en Zuinig*, op. cit., p.59.

18 Bedrijven die meedoen aan het ETS kunnen ook CO<sub>2</sub>-emissierechten buiten de EU kopen. Zij kunnen gebruik maken van de *Clean Development Mechanism* (CDM) en *Joint Implementation* (JI). Met CDM kunnen bedrijven duurzame energie en schone technologieën in ontwikkelingslanden stimuleren. Met JI kunnen bedrijven de uitstoot van broeikasgassen in andere industrielanden verminderen. De hoeveelheid CO<sub>2</sub> die door hun investeringen in andere landen wordt verlaagd, kunnen bedrijven aftrekken van de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die ze zelf uitstoten. Voor bedrijven is CDM en JI alleen interessant als het goedkoper is dan emissierechten te kopen op de markt.

### 3.3 Beoordeling door ECN en MNP

In hun beoordeling komen ECN en MNP onder meer tot de volgende conclusies<sup>19</sup>:

- Een succesvolle implementatie van de maatregelen uit het werkprogramma resulteert naar verwachting in een forse reductie van broeikasgassen. De bereikte energiebesparing is aanzienlijk, maar de doelstelling van 20 procent hernieuwbaar wordt niet gehaald, mede gezien de onzekerheden over biomassa.
- De doelbereiking is afhankelijk van de ambities en het succes van Europees beleid; het realiseren van die ambities is onzeker. Zo liggen de energie-efficiencyeisen voor apparaten en verlichting in het kader van de Ecodesign-richtlijn nog niet vast. Naast Europese normering voor apparaten en voertuigen speelt de noodzakelijke verbetering van het CO<sub>2</sub>-emissiehandelssysteem en de verwachte prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten een bepalende factor. Alleen bij succesvolle implementatie van ambitieus EU-beleid worden de doelen benaderd.
- Bij een gematigde intensivering van het Europese beleid (20 procent reductie ten opzichte van 1990 en een CO<sub>2</sub>-prijs van 20 €/ton) wordt het klimaatdoel in 2020 alleen gehaald als 70 procent van de reductieopgave in het buitenland wordt aangekocht, waarvan het grootste deel door de deelnemers aan emissiehandel. Bij gematigd EU-beleid blijft de groei van hernieuwbare energie achter en vindt naar verwachting in Nederland geen CO<sub>2</sub>-opslag van enige omvang plaats.
- ECN/MNP wijzen ook op de grote onzekerheden met betrekking tot de effecten van nationaal beleid. De beoordeling baseert zich op het werkprogramma van dit kabinet voor de komende vier jaar, waarbij is verondersteld dat ook hierna een even intensief beleid nog acht jaar wordt voortgezet. Een nadere uitwerking is bepalend voor de effecten, want:
  - Er zijn twijfels over de acceptatie van het voorgenomen emissieplafond voor de Nederlandse ETS-deelnemers van -30 procent ten opzichte van 1990.
  - Er is een enorme inspanning in de bestaande gebouwde omgeving vereist: de vraag is of woning- en gebouweigenaren daartoe over te halen zijn en of daarbij nog knelpunten in de bouwsector te verwachten zijn.
  - Een hoog aandeel elektriciteit uit hernieuwbare bronnen is alleen realiseerbaar wanneer het budget van aflopende MEP-verplichtingen na 2011 opnieuw binnen de SDE-regeling wordt besteed.
  - De vraag is of 20 procent biobrandstoffen kan worden gerealiseerd binnen de duurzaamheidscriteria voor biomassa.

19 Menkveld, M. (ed.) (2007) *Beoordeling werkprogramma Schoon en Zuinig*, op. cit., p. 10.

*Rol van economische groei*

ECN en MNP vragen zich ook af of bij een lagere economische groei dan de veronderstelde 2,9 procent de doelen gemakkelijker bereikt zullen worden. Wordt bijvoorbeeld uitgegaan van een jaarlijkse groei van 2 procent<sup>20</sup>, dan is minder reductie van broeikasgasemissies nodig voor het realiseren van de klimaat- en energiedoelen. Daartegenover staat dat bij een lagere groei het werkprogramma minder besparing oplevert. Geschat wordt dat per saldo de binnenlandse emissie van broeikasgassen bij lagere groei ongeveer 10 Mton lager uitkomt.

*Effecten op voorzieningszekerheid*

Het beleid in het werkprogramma leidt volgens de ECN/MNP-ramingen tot een afname van de elektriciteitsvraag, tot meer elektriciteitsproductie door zowel warmtekrachtkoppeling (WKK) als door hernieuwbare bronnen en tot meer export van elektriciteit. Dit heeft een gunstig effect op de voorzieningszekerheid. De ontwikkeling in de elektriciteitsproductiesector ten aanzien van de verhouding kolen en gasgestookt vermogen is dynamisch en onzeker<sup>21</sup>. De veronderstelde energie-efficiëncyverbetering van voertuigen vermindert de gevoeligheid van de transportsector voor stijgingen van de olieprijs.

---

20 Het huidige kabinet gaat in deze kabinetsperiode uit van een gemiddelde economische groei van 2 procent. Dit percentage komt overeen met de gemiddelde economische groei van de afgelopen twintig jaar.

21 In de huidige nieuwbouwplannen zit een belangrijke toename van kolengestookt vermogen.



## 4. EU-energie- en klimaatbeleid

In deze paragraaf wordt niet ingegaan op het pakket van voorstellen die de Europese Commissie op 23 januari 2008 heeft gepubliceerd.

### 4.1 Hoofddoelstellingen

De Europese Unie hanteert de strategische doelstelling van een gemiddelde mondiale temperatuurstijging tot maximaal twee graden Celsius ten opzichte van het pre-industriële niveau<sup>22</sup>. De lidstaten zijn soeverein met betrekking tot de keuze van hun energiemix. In het Europese energiebeleid staan drie doelstellingen centraal:

- vergroten van de energievoorzieningszekerheid;
- waarborgen van het concurrentievermogen van de Europese economieën en van de beschikbaarheid van betaalbare energie;
- bevorderen van milieuduurzaamheid en het bestrijden van klimaatverandering.

In het Actieplan *Een energiebeleid voor Europa* formuleert de Europese Raad (ER) een groot aantal prioritaire acties. Voor dit advies zijn vooral de paragrafen over energie-efficiëntie en hernieuwbare energiebronnen en over energietechnologieën van directe betekenis. De paragrafen 4.2 tot en met 4.4 vatten de belangrijkste elementen samen.

### 4.2 Terugdringing emissies broeikasgassen

De ER vindt dat *ontwikkelde landen* in het klimaatbeleid het voortouw moeten blijven nemen door zich vast te leggen op een gezamenlijke reductie van hun broeikasgasemissies. Ten opzichte van 1990 zouden de gezamenlijke emissiereducties van ontwikkelde landen moeten liggen in de orde van grootte van respectievelijk 30 procent in 2020 en 60 à 80 procent in 2050.

Voor de *Europese Unie* streeft de ER daarom naar een reductie van de broeikasgasemissies van 30 procent in 2020 ten opzichte van 1990. Dat streefcijfer is echter conditioneel: andere ontwikkelde landen moeten zich tot vergelijkbare emissiereducties verplichten en ook economisch meer gevorderde ontwikkelingslanden moeten een bijdrage leveren die in verhouding staat tot hun verantwoordelijkheden en mogelijkheden.

In afwachting van de sluiting van een wereldwijde overeenkomst voor de periode na 2012 gaat de EU de verplichting aan om de broeikasgasemissies in 2020 in ieder geval met ten minste 20 procent ten opzichte van 1990 te verminderen.

Om de langetermijndoelen van de EU voor de terugdringing van de uitstoot van broeikasgassen te realiseren, is een centrale rol weggelegd voor het Europese systeem van CO<sub>2</sub>-

22 Zie: Europese Raad (2007) *Conclusies van het Voorzitterschap*, Brussel, Raad van de Europese Unie, 8/9 maart 2007. Zie in het bijzonder bijlage 1: Actieplan: Een energiebeleid voor Europa.

emissiehandel (ETS). ETS moet zich ontwikkelen tot een effectief instrument. Dat wil zeggen: een op de markt gebaseerd, kosteneffectief instrument dat tegen minimale kosten (ook wat energie-intensieve industrieën betreft) zoveel mogelijk CO<sub>2</sub>-emissies terugdringt.

#### 4.3 Energie-efficiëntie, hernieuwbare energie en biobrandstoffen

De *energie-efficiëntie* wil de ER verder verhogen om te komen tot een besparing van 20 procent ten opzichte van de prognoses voor 2020 van de Europese Commissie in haar Groenboek over energie-efficiëntie. Lidstaten moeten daarbij goed gebruik maken van hun nationale energie-efficiëntieplannen.

Voor het *aandeel hernieuwbare energie* hanteert de ER een bindend streefcijfer van 20 procent in het totale EU-energiegebruik, uiterlijk in 2020 te realiseren.

Voor het *aandeel biobrandstoffen* in het totale EU-verbruik van benzine en diesel in de vervoersector moeten alle lidstaten uiterlijk in 2020 een bindend minimumstreefcijfer van 10 procent halen. Dit streefcijfer is bindend als aan drie voorwaarden wordt voldaan: de productie is duurzaam, biobrandstoffen van de tweede generatie komen commercieel beschikbaar en de Richtlijn over brandstofkwaliteit wordt zodanig gewijzigd dat er passende niveaus voor het mengen mogelijk worden.

#### 4.4 Fossiele brandstoffen en kernenergie

##### *Schoon fossiel*

De ER roept de lidstaten en de Europese Commissie op te ijveren voor een versterking van O&O op het gebied van CCS en voor de ontwikkeling van het technische, economische en regelgevende kader dat nodig is om deze technologie effectief in te kunnen zetten bij nieuwe, met fossiele brandstoffen gestookte krachtcentrales. Het verheugt de ER dat de Commissie een mechanisme tot stand wil brengen om de bouw en de werking, uiterlijk in 2015, van een twaalftal demonstratiecentrales van duurzame fossielebrandstoftechnologieën in commerciële stroomopwekking te stimuleren.

##### *Kernenergie*

Iedere lidstaat moet zelf beslissen of al dan niet (meer) kernenergie wordt ingezet. De ER benadrukt dat de nucleaire veiligheid en het beheer van radioactief afval verder moeten worden verbeterd. Om dit te bewerkstelligen:

- steunt de ER O&O-inspanningen op het terrein van afvalbeheer, vooral in het kader van het Zevende Kaderprogramma voor Onderzoek;
- ziet de ER mogelijkheden tot de instelling van een groep op hoog niveau voor nucleaire veiligheid en afvalbeheer;
- stelt de ER voor dat er in de lidstaten een breed debat wordt gevoerd tussen alle belanghebbende partijen over de mogelijkheden en risico's van kernenergie.

## 4.5 Instrumentarium

Met het oog op de grote ambities op de middellange en lange termijn heeft de Europese Commissie een strategisch energietechnologieplan opgesteld<sup>23</sup>. Het plan bevat technologische uitdagingen die het komende decennium in EU-verband moeten worden geadresseerd om een koolstofarme economie dichterbij te brengen. Deels gaat het om technologieën die nog kunnen worden ingezet om de 2020-doelstellingen te realiseren. Een ander deel heeft een langere tijdshorizon en richt zich op de 2050-doelstellingen.

De Europese Commissie constateert in haar strategische plan dat het energie-innovatieproces, vanaf het initiële concept tot de marktpenetratie, kampt met structurele zwakheden. Er bestaat geen natuurlijke markt voor deze technologieën en ze zijn niet meteen winstgevend op korte termijn. Verder zijn de publieke budgetten voor energieonderzoek in de EU-lidstaten sinds de jaren tachtig aanzienlijk teruggeschoefd. Het is voor de EC dan ook duidelijk dat de huidige instrumenten en samenwerkingsverbanden tekortschieten om de technologische uitdagingen waarmee het energiebeleid van de EU wordt geconfronteerd te overwinnen.

De nieuwe aanpak van de Europese Commissie legt daarom de nadruk op gecoördineerde planning, een betere benutting van het potentieel van de Europese ruimte voor onderzoek en innovatie en van de mogelijkheden die ontstaan door de interne markt. In het plan verplicht de EU zich ertoe een aantal nieuwe prioritaire Europese initiatieven op te zetten voor de ontwikkeling van energietechnologieën waarvoor een samenwerking op Europees niveau de grootste meerwaarde biedt. Het plan voorziet in de versterking van het industrieel onderzoek en innovatie door een onderlinge afstemming van de Europese, nationale en industriële activiteiten. Ook wordt voorgesteld een Europese alliantie voor energieonderzoek te creëren om een veel nauwere samenwerking tot stand te brengen tussen de diverse organisaties die actief zijn op het gebied van energieonderzoek. Daarnaast zijn verbeteringen nodig in de Europese planning en afstemming met betrekking tot de energie-infrastructuur en -systemen.

De Commissie onderstreept dat er behoefte is aan extra middelen en zal daarom in 2008 een aantal ideeën voor de financiering van koolstofarme energietechnologieën naar voren brengen. Tevens zal de EC een informatiesysteem ontwikkelen om een duidelijk beeld te geven van energietechnologieën in Europa. Daarnaast zal ze in samenwerking met de lidstaten de coördinatie van energieonderzoek verbeteren. In 2009 zal de voortgang tijdens een Europese energietechnologietop worden geëvalueerd.

---

23 Europese Commissie (2007) *A European Strategic Energy Technology Plan: "Towards a low carbon future"*, COM(2007) 723 final, Brussel.

## 5. Conclusies

De energiemarkten zijn sterk in beweging. Vooral door de snelle *opkomst van China, India en andere ontwikkelingslanden* is er een enorme druk op de energiebronnen ontstaan. Dit betekent dat er structurele veranderingen plaatsvinden. Het gebruik van fossiele brandstoffen neemt hierdoor snel toe en vergroot het probleem van de klimaatverandering. Het tempo van energiebesparing en de ontwikkeling van de hernieuwbare bronnen zijn verre van voldoende om de negatieve effecten van de huidige en voorziene ontwikkelingen te keren.

De *liberalisering van de Europese energiemarkten* komt onder meer tot uitdrukking in de recente marktkoppeling tussen Nederland, België en Frankrijk. Hierdoor is op de spotmarkten enige convergentie van elektriciteitsprijzen opgetreden. Het is nog te vroeg dit te concluderen voor de baseloadcontracten. Op korte termijn zijn verdere marktkoppelingen voorzien met Noorwegen, Denemarken en Engeland. In de elektriciteitmarkt bestaat een voorkeur voor kortetermijndoeleinden en -rendementen. Dit vertaalt zich in een voorkeur voor *kapitaalextensieve* opwekmethoden, zoals gasgestookte centrales. Energieproducenten schuwen niet-beïnvloedbare risico's, vooral op langere termijn. Dit vormt een belangrijke belemmering voor de toepassing van *kapitaalintensieve* opwekmethoden zoals kernenergie.

Er is in de Nederlandse elektriciteitssector een groot aantal (vergunde en nog niet-vergunde) *investeringsplannen* voor de periode 2007-2013 met een totale omvang van ongeveer 9500 MW, bij een opgesteld productievermogen van 22.100 MW in 2006. Volledige realisatie van deze plannen resulteert erin dat Nederland in plaats van importeur exporteur van elektriciteit zou worden. Uit ramingen van TenneT en KEMA komt naar voren dat er vanaf 2015 in Nederland mogelijk een discrepantie tussen de nationale elektriciteitsbehoefte en de elektriciteitsproductie ontstaat als de voorziene nieuwbouwplannen maar gedeeltelijk worden gerealiseerd.

Als ook in de buurlanden niet tijdig tot investeringen wordt overgegaan, dan dreigen er capaciteitsproblemen waardoor de leveringszekerheid in de Noordwest-Europese elektriciteitsmarkt na 2014-2015 in gevaar kan komen. België, Frankrijk en Duitsland zullen dan afhankelijk worden van importen van buiten zodra er meer dan gemiddelde productieuitval is door storingen, revisies of gebrek aan wind- en waterkracht.

Voor het *Nederlandse kabinet* vormt het werkprogramma *Schoon en Zuinig* de invulling van de kabinetsambitie om de energie- en klimaatvraagstukken serieus aan te pakken. Effectramingen geven aan dat er bij de verdere uitwerking van het werkprogramma nog flinke slagen moeten worden gemaakt om de doelstellingen ook daadwerkelijk te realiseren. Een effectief Europees emissiehandelssysteem is hierbij cruciaal, waardoor CO<sub>2</sub> een (flinke) prijs krijgt, energiebesparing extra gaat lonen en energie-innovaties sterk worden gestimuleerd. In zo'n scenario kan het aantrekkelijk worden om CO<sub>2</sub> bij de elektriciteitsproductie af te vangen en ondergronds op te slaan. Voorwaarde is dan wel dat

CCS wordt geïntegreerd in het ETS, zodat de investeringen in deze technologie via het behoud van emissierechten terug te verdienen zijn. In alle ramingsvarianten komt naar voren dat een fors deel van de CO<sub>2</sub>-emissiereductie in het buitenland zal moeten worden aangekocht. Dat is problematisch op het moment dat er onvoldoende buitenlands aanbod tegen aanvaardbare prijzen aanwezig is.

Voor de bevordering van energie-innovaties (vooral het ontwikkelen en breed uitrollen van hernieuwbare energie) is de vormgeving van de fiscale vergroening (vooral de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie; SDE) zeer belangrijk.

De *Europese Unie* heeft in het recente actieplan *Een energiebeleid voor Europa* een aantal ambitieuze energie- en klimaatdoelstellingen vastgelegd. Deze sporen in hoge mate met de Nederlandse doelstellingen. Naast het ETS (zie hierboven) gaat het dan onder meer om de Ecodesign-richtlijn en om de mogelijkheid om op EU-niveau duurzaamheidscriteria voor biobrandstoffen te hanteren. Verder is van belang dat de EU de voorwaarden schept waarbinnen CCS verder kan worden ontwikkeld en toegepast. Het actieplan geeft ook aan dat de EU zich inzet voor de verbetering van nucleaire veiligheid en voor een verantwoord beheer van radioactief afval.

Het *strategisch energietechnologieplan* van de Europese Commissie biedt perspectief voor een versnelde ontwikkeling van koolstofarme energietechnologieën door een betere benutting van het potentieel van de Europese ruimte voor onderzoek en innovatie en van de mogelijkheden die ontstaan door de interne markt. De EU verplicht zich ertoe een aantal nieuwe prioritaire initiatieven op te zetten voor de ontwikkeling van energietechnologieën waarvoor een samenwerking op Europees niveau de grootste meerwaarde biedt.

## Samenstelling Commissie Toekomstige Energievoorziening (TE)

### Leden

### Plaatsvervangende leden

#### Onafhankelijke leden

dr. A.H.G. Rinnooy Kan (voorzitter)  
 drs. J.F. van Duyn  
 prof. dr. C.G.M. Sterks  
 prof. dr. W.C. Turkenburg

#### Ondernemersleden

J.G.M. Alders (VNO-NCW)  
 M. Engels (MKB-Nederland)  
 ing. A.A.J. van Korven (LTO Nederland)  
 drs. C. Schouten (MKB-Nederland)  
 ir. A.H. Spoor (VNO-NCW)  
 drs. P. Wilson (VNO-NCW)

E.W.O. van Vliet

mr. G.J. Wyfker  
 ing. F.J. de Groot

#### Werknemersleden

Mevrouw E.G.M. Bos (FNV)  
 drs. E.R. Haket (MHP)  
 E. van Velsen (CNV)  
 J. Visser (FNV)  
 J.S. Vroon (MHP)  
 mevrouw W. Wind (FNV)

J.W. Eggen  
 T. van Dijk

drs. P.F. Kruining

#### Leden uit de kring van natuur- en milieuorganisaties

drs. K. Kodde (Milieudefensie)  
 drs. R.C.N. de Wit (SNM)

#### Adviserende leden

drs. J.A. Oude Lohuis (MNP)  
 prof. dr. J.J.C. Bruggink (ECN)  
 mevrouw drs. A.S. Verrips (CPB)

#### Waarnemer namens de Algemene Energieraad (AER)

ir. F.W. de Haan

#### Ministeriële vertegenwoordigers

Dr. H. Th. Cahen (EZ)  
 Mevrouw mr. A. van Limborgh (VROM)

**Secretariaat**

Drs. L.A.W. Tieben

Drs. C.A. van der Wijst

# Publicatieoverzicht

## Algemeen

De belangrijkste adviezen en rapporten van de SER komen in boekvorm uit.

Een jaarabonnement op deze publicaties kost € 90,50. Losse exemplaren kosten € 7,50, tenzij anders aangegeven.

Van de meeste adviezen wordt een aparte samenvatting gemaakt. Deze samenvattingen kunt u raadplegen op onze website. Sommige samenvattingen zijn ook beschikbaar in boekvorm. In het publicatieoverzicht is dat aangegeven met een N (Nederlands), E (Engels), D (Duits), F (Frans) en S (Spaans). De bibliografische gegevens vindt u op onze website. De samenvattingen in boekvorm zijn gratis.

Het SER-bulletin, met nieuws en opinies over de SER, de Stichting van de Arbeid en de overlegeconomie, verschijnt maandelijks. Een jaarabonnement is gratis.

Een overzicht van alle SER-uitgaven vindt u op onze website ([www.ser.nl](http://www.ser.nl)).

## Adviezen

Samenvatting

***Kernenergie en een duurzame energievoorziening***

2008, 106 pp., ISBN 90-6587-968-4, bestelnr. 08/02

***Evenwichtig Ondernemingsbestuur***

2008, 100 pp., ISBN 90-6587-966-8, bestelnr. 08/01

***Evenwichtig Ondernemingsbestuur: bijlage met consultatie en onderzoeksrapportages***

2008, 215 pp., ISBN 90-6587-967-6, bestelnr. 08/01A

***Samenstelling Sociaal-Economische Raad 1 april 2008 – 1 april 2010***

2007, 28 pp., ISBN 90-6587-965-X, bestelnr. 07/07

***Meedoen zonder beperkingen***

2007, 212 pp., ISBN 90-6587-958-7, bestelnr. 07/06

***Groenboek Herziening consumentenacquis***

2007, 54 pp., ISBN 90-6587-957-9, bestelnr. 07/05

***Lissabon in de wijk: het grotestedenbeleid in een nieuwe fase***

2007, 58 pp., ISBN 90-6587-953-6, bestelnr. 07/04

***Eenvoudige procedure voor eenvoudige civiele zaken***

2007, 86 pp., ISBN 90-6587-951-x, bestelnr. 07/03

***Arbeidsmigratiebeleid***

2007, 212 pp., ISBN 90-6587-948-x, bestelnr. 07/02

***Niet de afkomst maar de toekomst***

2007, 122 pp., ISBN 90-6587-947-1, bestelnr. 07/01

***Toekomstige energievoorziening***

2006, 120 pp., ISBN 90-6587-943-9, bestelnr. 06/10



**Mobiliteitsmanagement**

2006, 44 pp., ISBN 90-6587-942-0, bestelnr. 06/09

**Welvaartsgroei door en voor iedereen**

2006, 150 pp., ISBN 90-6587-937-4, bestelnr. 06/08

**Welvaartsgroei door en voor iedereen: Themadocument Sociale innovatie**

2006, 66 pp., ISBN 90-6587-938-2, bestelnr. 06/08<sup>I</sup>

**Welvaartsgroei door en voor iedereen: Themadocument Arbeidsverhoudingen**

2006, 90 pp., ISBN 90-6587-939-0, bestelnr. 06/08<sup>II</sup>

E

**Welvaartsgroei door en voor iedereen: Themadocument Arbeidsmarktperspectieven laaggeschoolden en ontwikkeling kwalificatiestructuur beroepsbevolking**

2006, 58 pp., ISBN 90-6587-940-4, bestelnr. 06/08<sup>III</sup>

**Personenkring werknemersverzekeringen**

2006, 154 pp., ISBN 90-6587-926-9, bestelnr. 06/07

**Nederland en EU-milieurichtlijnen**

2006, 86 pp., ISBN 90-6587-925-0, bestelnr. 06/06

**Cofinanciering van het EU-landbouwbeleid**

2006, 70 pp., ISBN 90-6587-924-2, bestelnr. 06/05

E

**Voorkomen arbeidsmarktknelpunten collectieve sector**

2006, 100 pp., ISBN 90-6587-923-4, bestelnr. 06/04

**Wegnemen belemmeringen voor doorwerken na 65 jaar**

2006, 100 pp., ISBN 90-6587-922-6, bestelnr. 06/03

**Herziening concurrentiebeding**

2006, 84 pp., ISBN 90-6587-921-8, bestelnr. 06/02

**De toekomst van de PBO**

2006, 126 pp., ISBN 90-6587-920-X, bestelnr. 06/01

**Milieu als kans**

2005, 60 pp., ISBN 90-6587-911-0, bestelnr. 05/13

**Kansen voor het platteland**

2005, 118 pp., ISBN 90-6587-912-9, bestelnr. 05/12

**Bruikbare Rechtsorde**

2005, 78 pp., ISBN 90-6587-910-2, bestelnr. 05/11

**Invoering premiegroepen wachtgeldfondsen naar duur arbeidscontract**

2005, 60 pp., ISBN 90-6587-906-4, bestelnr. 05/10

**Evaluatie Arbowet 1998**

2005, 140 pp., ISBN 90-6587-903-x, bestelnr. 05/09

E,F,D

**Een nieuw Grenswaardenstelsel**

2005, 82 pp., ISBN 90-6587-904-8, bestelnr. 05/08

E,F

**Dienstenrichtlijn**

2005, 194 pp., ISBN 90-6587-902-1, bestelnr. 05/07

E,F,D

**Adviezen van de Bestuurskamer inzake hergroepering bedrijfslichamen 1998-2003**

2003, ISBN 90-6587-845-9

deel 1 (212 pp.)

deel 2 (219 pp.)

## Rapporten

*CSED-rapport: Met Europa meer groei*

2004, 210 pp., ISBN 90-6587-880-7

N, E, F

*Witte vlekken op pensioengebied, quick scan 2001*

2002, 94 pp., ISBN 90-6587-815-7

*CSED-rapport: Levensloopbanen: gevolgen van veranderende arbeidspatronen*

2001, 140 pp., ISBN 90-6587-797-5

*CSED-rapport Gezondheidszorg in het licht van de toekomstige vergrijzing*

1999, 198 pp., ISBN 90-6587-720-7

## Samenvattingen (gratis; in boekvorm)

*CSED-rapport: Met Europa meer groei*

2004, 46 pp., ISBN 90-6587-879-3

*De rol van de werknemers in de Europese vennootschap*

2003, 26 pp., ISBN 90-6587856-4, bestelnr. 03/08N

*Normering piekblootstelling organische oplosmiddelen*

2003, bestelnummer 02/11N

*Het nieuwe leren*

2002, 20 pp., ISBN 90-6587-819-X, bestelnr. 02/10N

*Sociaal-economisch beleid 2002-2006*

2002, 40 pp., ISBN 90-6587-820-3, bestelnr. 02/08N

*Werken aan arbeidsgeschiktheid*

2002, 32 pp., ISBN 90-6587-819-X, bestelnr. 02/05N

*Het functioneren en de toekomst van de structuurregeling*

2001, 20 pp., ISBN 90-6587778-9, bestelnr. 01/02N

## Vertaalde samenvattingen (gratis; in boekvorm)

*Increasing prosperity by and for everyone*

2006, 38 pp., ISBN 90-6587-955-2, ordeno. 06/08e

*Accroissement de la prospérité par et pour chacun*

2006, 40 pp., ISBN 90-6587-952-8, numéro de commande 06/08f

*Crecimiento del bienestar por y para todo el mundo*

2006, 40 pp., ISBN 90-6587-954-4, número 06/08s

*Gemeinsam Wohlstandswachstum für alle schaffen*

2006, 40 pp., ISBN 90-6587-956-0, Bestellnummer 06/08d

*Co-financing of the Common Agricultural Policy*

2006, 32 pp., ISBN 90-6587-927-7, ordeno. 06/05e

*La directive aux services dans le marché intérieur*

2005, 24 pp., ISBN 90-6587-907-2, numéro de commande 05/07f

*SER-Empfehlungsentwurf zur Dienstleistungsrichtlinie*  
2005, 26 pp., ISBN 90-6587-909-9, Bestellnummer 05/07d

*Employee involvement in the European company*  
2003, 32 pp., ISBN 90-6587-859-9, ordeno. 03/08e

*Generating knowledge, sharing knowledge*  
2003, 26 pp., ISBN 90-6587-858-0, ordeno. 03/04e

*Towards a sustainable economy*  
2003, 24 pp., ISBN 90-6587-855-6, ordeno. 03/02e

*Convention on the Future of Europe*  
2003, 18 pp., ISBN 90-6587-842-4, ordeno. 03/01e

*La Convention sur l'avenir de l'Europe*  
2003, 18 pp., ISBN 90-6587-844-0, numéro de commande 03/01f

*The New Learning – Advisory report on lifelong learning in the knowledge-based economy*  
2002, 20 pp., ISBN 90-6587-825-4, ordeno. 02/10e

*Social and Economic Policy 2002-2006*  
2002, 36 pp., ISBN 90-6587-835-1, ordeno. 02/08e

*Sozial- und Wirtschaftspolitik 2002-2006*  
2002, 40 pp., ISBN 90-6587-832-7, Bestellnummer 02/08d

*Politique économique et sociale de 2002 à 2006*  
2002, 40 pp., ISBN 90-6587-822-X, numéro de commande 02/08f

*Working on occupational disability – policy proposals*  
2002, 38 pp., ISBN 90-6587-829-7, ordeno. 02/05e

*Ouvrer pour l'aptitude à l'emploi*  
2002, 40 pp., ISBN 90-6587-830-0, numéro de commande 02 /05f

*Ageing population and the EU*  
2002, 18 pp., ISBN 90-6587-828-9, ordeno. 02/02e

## Overige publicaties

*Industrial relations and the adaptability of the Dutch economy*  
2007, 88 pp., ISBN 90-6587-961-7

*Verklaring 50 jaar Verdrag van Rome*  
2007, 10 pp., vertalingen in Engels, Duits, Frans en Spaans

*Model Rules of Procedure for Works Councils*  
2003, 127 pp., ISBN 90-6587-861-0

*Voorbeeldreglement ondernemingsraden*  
2004, 164 pp., ISBN 90-6587-860-2

Alle uitgaven zijn te bestellen:

- telefonisch bij de afdeling Verkoop (070 - 3499 505);
- via de website ([www.ser.nl](http://www.ser.nl));
- door overmaking van de vermelde prijs op gironummer 33328 ten name van de SER te Den Haag, onder vermelding van het bestelnummer en de titel.

The logo for the Sociaal-Economische Raad (SER) features the letters 'SER' in a bold, yellow, sans-serif font. The letters are set against a dark blue, textured rectangular background. Above this background, there are three horizontal yellow lines of varying lengths, creating a stylized header element.

Sociaal-  
Economische  
Raad

Bezuidenhoutseweg 60  
Postbus 90405  
2509 LK Den Haag

ISBN 90-6587-968-4 / CIP