

Aan De Minister van Economische Zaken  
Mevrouw M.J.A. van der Hoeven  
Postbus 20101  
2500 EC Den Haag

Datum 2 September 2008

Onderwerp Waterstof uit kolen

Kenmerk 08/567

Geachte Mevrouw van der Hoeven,

Gezien de huidige energieproblematiek wil de Energieraad een dringend beroep op u doen om te bewerkstelligen dat er in Nederland een demonstratie kolenvergasser wordt gerealiseerd waarmee zonder CO<sub>2</sub>-uitstoot (onzuivere) waterstof uit steenkool kan worden geproduceerd.

Met een dergelijke demonstratiefabriek kan Nederland een belangrijke bijdrage leveren aan de technologische kennis die nodig is voor de transitie naar een duurzame energievoorziening die aansluit bij Nederlandse kennis en kunde en de locatievoordelen van Nederland binnen Europa. Een geslaagde demonstratie van deze technologie zou voorts van groot belang kunnen zijn voor het realiseren van de door het kabinet gestelde CO<sub>2</sub>-ambities op middellange termijn.

In dit briefadvies lichten wij de achtergronden van dit pleidooi toe door kort in te gaan op de volgende vragen:

- Waarom steenkool in de Nederlandse energievoorziening?
- Waarom is kolenvergassing daarin een te prefereren route?
- Wat maakt Nederland voor die ontwikkeling zo geschikt?
- Wat kan de overheid doen?

In de bijlage van dit briefadvies vindt u een schets van de kolenvergassingstechnologie en de mogelijkheden die zij biedt voor flexibilisering van de Nederlandse energievoorziening.

### **Waarom steenkool in de Nederlandse energievoorziening?**

De Nederlandse energievoorziening is zeer sterk afhankelijk van gas en olie en daardoor op termijn kwetsbaar. Zowel in het advies *Brandstofmix in beweging* van de Energieraad als in het *Energierapport 2008* wordt geconstateerd dat diversificatie naar andere energiedragers zowel om redenen van betrouwbaarheid als betaalbaarheid gewenst is. Vergroten van het aandeel kolen kan - naast andere opties - een belangrijke bijdrage aan de betrouwbaarheid leveren en in mindere mate aan de betaalbaarheid.

Een en ander geldt zeker voor Nederland omdat ons land een goede locatie is voor kolengebruik: logistiek gunstig gelegen (diepzeehavens, infrastructuur), met voldoende koelwatercapaciteit door de vele kustlocaties, mogelijkheden voor CO<sub>2</sub>-opslag en goede verbindingen voor afvoer

van geproduceerde elektriciteit. Het is dan ook niet verrassend dat er plannen zijn voor de bouw van een aantal nieuwe kolencentrales.

### **Waarom is kolenvergassing beter dan directe verbranding van kolen**

Ondanks de genoemde voordelen van een diversificatiestrategie op basis van steenkool, kleven er aan het gebruik van deze energiebron ook nadelen. Dit maakt het naar de mening van de Energieraad zo belangrijk om voor de nieuw te bouwen kolencentrales te kiezen voor de juiste kolentechnologie. De Raad is van mening dat *kolenvergassing* veruit de voorkeur verdient boven directe verbranding in conventionele kolencentrales. Deze voorkeur hangt enerzijds samen met het reduceren van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de energievoorziening maar ook met het vergroten van de flexibiliteit van het gebruik van kolen.

De Raad heeft u eerder aangegeven dat naar haar mening de CO<sub>2</sub>-doelstellingen niet haalbaar zijn met alleen energiebesparing en inzet van duurzame energie, hoe belangrijk die ook zijn. Voor een emissiereductie van 20-30 % in 2020, zoals Nederland en Europa die voor ogen hebben, is toepassing van CO<sub>2</sub>-afvang en opslag (CCS) onontbeerlijk. Dit geldt met name voor de toepassing van kolen waarbij zonder afvang en opslag sprake is van een relatief hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot. Het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> (de Carbon Capture & Storage - CCS) is bij kolenvergassing eenvoudiger en goedkoper te realiseren dan bij conventionele verbranding. Zowel technisch als bedrijfseconomisch moet er echter aan CCS nog veel worden ontwikkeld en verbeterd. Daarom is in het EU-klimaatbeleid een belangrijke plaats ingeruimd voor grootschalige proefnemingen met deze techniek: binnenkort moet een besluit vallen over 12 'pilots' in de EU. Om de hiervoor aangegeven reden zou het zeer wenselijk zijn om voor één of meerdere van deze 'pilots' te kiezen voor de combinatie van vergassing en CCS.

Een ander nadeel van conventionele kolencentrales is dat ze om technische en economische redenen maar een beperkte bijdrage (kunnen) leveren aan het opvangen van wisselende vraag en aanbod van elektriciteit en de flexibiliteit van de elektriciteitsvoorziening. Nederland en de EU hebben binnen het klimaatbeleid een grote plaats ingeruimd voor duurzame energie, met name wind. Een stijgend aandeel duurzame energie resulteert in een meer variabel aanbod en doet daarmee een toenemend beroep op de flexibiliteit van het elektriciteitssysteem. Die flexibiliteit zou juist afnemen door grotere inzet van conventionele kolencentrales. Bovendien bestaat het risico dat ander, efficiënt basislastvermogen (bijvoorbeeld industriële WKK) dan wordt weggedrukt.

Bij toepassing van kolenvergassing in plaats van directe verbranding van kolen in conventionele centrales zou meer inzet van kolen daarentegen de flexibiliteit van de elektriciteitsvoorziening kunnen vergroten. Bij een hoge vraag naar elektriciteit kan met kolengas elektriciteit worden gemaakt, bij een lage vraag naar elektriciteit of een hoog aanbod van elektriciteit uit duurzame bronnen (bijvoorbeeld wind offshore) kan het geproduceerde gas aan het gassysteem worden geleverd. De vergassingseenheid kan daarmee op vollast blijven functioneren.

Kortom: De Raad is van mening dat door inzet van *kolenvergassing* niet alleen de voordelen van een groter aandeel kolen voor de betrouwbaarheid van de energiehuishouding wordt gerealiseerd maar dat tevens wordt bijgedragen aan de Nederlandse klimaatambities:

- CCS zal bij kolenvergassing eenvoudiger en goedkoper te realiseren zijn dan bij conventionele kolencentrales. Deze lagere kosten compenseren de hogere kosten van kolenvergassing.
- Met kolenvergassing wordt extra flexibiliteit in het energiesysteem gebracht die zo noodzakelijk is voor het vergroten van het aandeel duurzaam in de energiehuishouding

In de bijlage bij dit advies worden de bedrijfsmogelijkheden van een (semi-commerciële) demonstratiefabriek uiteengezet.

### **Waarom kolenvergassing in Nederland?**

Binnen Europa is Nederland een uitstekende locatie voor kolenvergassing.

- Nederland heeft locatievoordelen voor kolengebruik: diepe zeehavens, goede logistieke infrastructuur, voldoende koelwater aan kustlocaties.
- Nederland heeft een uitstekende uitgangspositie voor CO<sub>2</sub>-opslag: uitgeputte aardgasvelden en aquifers. Bij kolenvergassing kunnen CO<sub>2</sub>-stromen geconcentreerd en daardoor relatief eenvoudig en relatief goedkoop worden afgevangen.
- Nederland heeft een unieke kennispositie op het gebied van kolenvergassing. Niet alleen is de technologie in Nederland ontwikkeld maar ook is en wordt met de kolenvergassingseenheden in Buggenum en Geertruidenberg veel praktische ervaring opgedaan.

Die voordelen paart Nederland aan zijn positie als gasland en aan de ambitie om de gasronde van Europa te worden. Grootschalige inzet van gasvormige energiedragers uit kolen draagt daaraan bij:

- De inzet van gas uit kolen vervangt het gebruik van aardgas. Niet alleen wordt de brandstofdiversificatie hiermee gediend maar aardgas zou daardoor bovendien langer beschikbaar kunnen blijven en langer worden ingezet als flexibele 'back up' van onze energievoorziening indien het depletiebeleid wordt aangepast.
- De inzet van gas uit kolen en de daardoor vrijkomende extra gascapaciteit kunnen eraan bijdragen dat Nederland zich in de West-Europese elektriciteitsmarkt profileert als leverancier van flexibiliteitsdiensten.
- 'Nederland gasland' kan met waterstofproductie uit kolenvergassing voorsorteren op een toekomstige waterstof- economie.

### **Wat kan de overheid doen?**

Kolenvergassing met CCS ondersteunt het maatschappelijke doel van een betrouwbare, betaalbare en schone energievoorziening beter dan directe verbranding van kolen in conventionele centrales met CCS.

Alhoewel er de nodige ervaring in Nederland en elders is opgedaan met kolenvergassing is er nog onvoldoende vertrouwen in de (energie)markt dat vergassing een betrouwbare en concurrerende technologie is. Met de voorgestelde demonstratie-installatie kan worden aangetoond dat een vergasser die continu in bedrijf kan zijn de bedrijfszekerheid heeft die in de energievoorziening wordt verlangd en dat de meerkosten van de vergassing kunnen worden terugverdiend door de

efficiëntere CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag en de marktwaarde van de flexibiliteit die de installatie kan leveren.

De kabinetsdoelen op klimaat- en energiegebied zijn niet haalbaar zonder afvang en opslag van CO<sub>2</sub> bij het gebruik van fossiele energie. Demonstratieprojecten van welke aard dan ook om de CCS-technologie op grote schaal te testen komen niet van de grond zonder financiële steun van de overheid zolang de CO<sub>2</sub>-prijs op een te laag niveau blijft om de technologie te laten renderen.

De Energieraad adviseert u de volgende stappen te ondernemen:

- Geef de markt het vertrouwen dat het beleid, gericht op de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies, blijvend is en waar nodig door de overheid ondersteund zal worden.
- Nodig geïnteresseerde bedrijven en andere partijen uit om te komen met concrete investeringsvoorstellen voor kolenvergassing.
- Laat de Europese Commissie weten dat Nederland in aanmerking wil komen voor (tenminste) één van de 12 aangekondigde Europese CCS-pilotprojecten en dat Nederland daarbij (om redenen die in dit advies zijn aangereikt) kiest voor CCS bij kolenvergassing.

#### **Samenvattend:**

1. wanneer Nederland op termijn de afhankelijkheid van importen uit geopolitiek minder stabiele gebieden wil verminderen en tegelijkertijd de CO<sub>2</sub>-uitstoot significant wil reduceren is het gebruik van kolen met CCS een aantrekkelijke optie,

2. bij een stijgende productie van duurzame elektriciteit, met name uit wind, wordt het aanbod meer variabel en neemt de behoefte aan basislastproductie af en de behoefte aan flexibiliteit toe,

3. de productie van onzuivere waterstof uit kolen is om beide redenen een interessante technologie omdat hiermee elektriciteit of gas kan worden geproduceerd naar behoefte. Kiezen voor deze technologie sluit tevens aan op de unieke kennispositie die Nederland heeft op dit gebied en op termijn op de rol die Nederland wil spelen als gasrotunde van Noordwest Europa,

4. de Energieraad bepleit daarom dat de regering zich ervoor inzet dat er in Nederland een demonstratie kolenvergasser met CCS wordt gerealiseerd onder andere door:

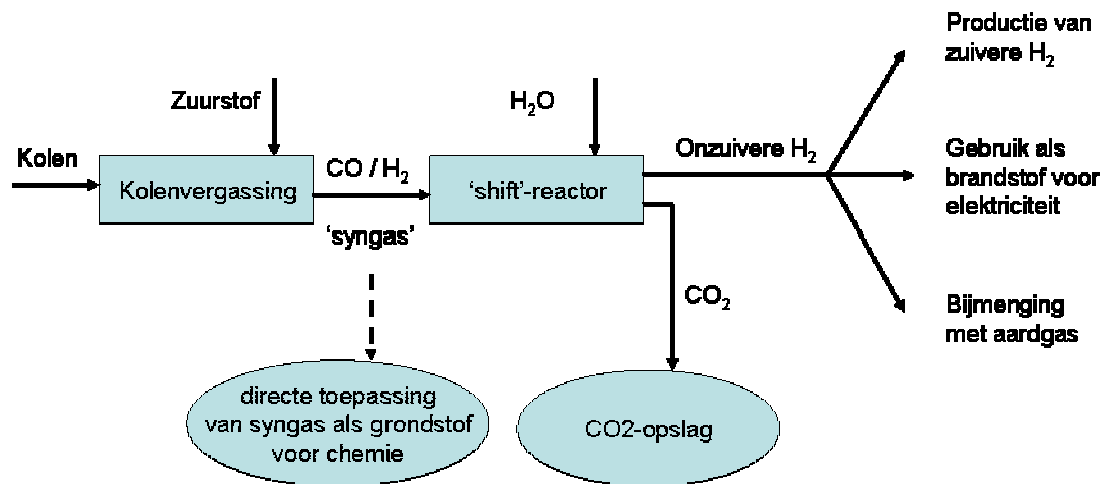
- een redelijk deel van de risico's en meerkosten af te dekken die de bouw van een dergelijke installatie voor marktpartijen met zich meebrengt,
- haar invloed aan te wenden opdat tenminste één van de 12 EU CCS-demonstratieprojecten een kolenvergassingsproject met CO<sub>2</sub>-opslag in Nederland wordt met een capaciteit die representatief is voor toekomstige toepassingen.

Wij zijn graag bereid bovengenoemd advies in meer detail toe te lichten.

Ir. P.H. Vogtländer  
(Voorzitter)

## Bijlage: De kolenvergassingstechnologie.

In deze bijlage wordt de geoptimaliseerde kolenvergassing beschreven: de kolenvergassing met CO<sub>2</sub>-opslag en de verschillende producten die elk bij kunnen dragen aan een vergroting van de flexibiliteit.



Figuur 1: schematische weergave van de vergassing en 'shift' in de geoptimaliseerde kolenvergassing

## Vergassingstechnologie.

Bij kolenvergassing worden de kolen tezamen met zuurstof, onder hoge temperatuur en druk, vergast tot een mengsel van koolmonoxide en waterstof. Dit mengsel van CO en H<sub>2</sub>, ook wel 'syngas' of synthese gas genoemd, is de basis van een scala aan chemische processen maar kan ook rechtstreeks als brandstof dienen. Vooraf aan verdere verwerking wordt het 'syngas' gekoeld met water dat als stoom in een turbine stroom kan opwekken.

Het is eenvoudiger om het synthese gas te reinigen, dan de afgasen die bij klassieke (poeder-) kolenverbranding vrijkomen. Dit maakt niet alleen afvang van CO<sub>2</sub> goedkoper, maar ook de afvang van schadelijke stoffen als SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en metalen.

Het syngas kan vervolgens in de 'shift-reactor', onder toevoeging van stoom, worden omgezet in (onzuivere) waterstof en CO<sub>2</sub>. Dit gebeurt overigens in twee stappen, maar is in de figuur als een enkel blok weergegeven. De waterstof kan verder verwerkt worden, of rechtstreeks verbrand. De CO<sub>2</sub> wordt er met een fysisch of chemisch proces uit de gasstroom gewassen en in geconcentreerde vorm afgevoerd om opgeslagen te worden.

Kolenvergassing is een technologie die ontwikkeld is in Duitsland (ten tijde van de Tweede Wereldoorlog) en door Shell in Amsterdam sinds de jaren '70. De Shell-technologie is op commerciële schaal toegepast in de centrale van Buggenum (momenteel eigendom van NUON), waar ook het bijstoken van biomassa (tot 30%) is aangetoond. Deze technologie is vooraanstaand

in de wereld en hiermee zijn een aantal fabrieken gerealiseerd onder andere in China. Daar wordt de technologie ook gebruikt voor de productie van waterstof, van methanol en voor de vervaardiging van ammoniak (kunstmest). Daarnaast is in Nederland ervaring opgedaan met vergassing in een installatie in Geertruidenberg.

Geen van de bestaande installaties is echter uitgerust met CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag. Belangrijke reden om een grootschalige demonstratiefabriek inclusief opvang en opslag te bouwen is de gecombineerde technologie te demonstreren en hiermee ervaring op te doen. Daarnaast kan worden aangetoond dat een gecombineerde installatie die continu in bedrijf kan zijn de bedrijfszekerheid biedt die in de energievoorziening vereist is.

Ook bij ECN wordt onderzoek gedaan aan vergassingstechnologie, met name voor de vergassing van biomassa. Op termijn is ook dat een flexibele optie voor het produceren van gas.

## **Producten**

### *Elektriciteit*

Elektriciteit wordt gemaakt door verbranding van onzuivere waterstof in een geavanceerde stoom- en gasturbine. Deze elektriciteit wordt bij voldoende vraag gevoed aan het hoogspanningsnet en is daarmee een van de hoofdproducten van deze opzet. Een kolenvergassingstrein die 2000 ton kolen per dag verwerkt levert ongeveer 250 MW. Een grote centrale zou kunnen bestaan uit drie van deze treinen.

Op momenten dat er in Nederland voldoende invoeding van elektriciteit plaatsvindt, bijvoorbeeld als de wind-op-zee-parken maximaal elektriciteit produceren in de daluren, kan het gas ingezet worden in het gassysteem.

### *Synthesegas of chemische en olieproducten.*

Synthesegas kan worden gebruikt als grondstof voor de chemische industrie.

Ook kan van synthesegas synthetisch aardgas worden gemaakt of olieproducten zoals benzine of diesel. Tenslotte kan het worden omgezet tot methanol, een product dat ook als motorbrandstof kan worden gebruikt. Het nadeel van deze op synthesegas gebaseerde routes is echter dat de koolstof niet uit de eindproducten is gehaald zodat bij verbranding weer CO<sub>2</sub> vrijkomt.

Synthesegas kan ook direct als brandstof voor de elektriciteitsopwekking worden ingezet maar als voor CCS wordt gekozen heeft dit niet de voorkeur en is het beter (onzuivere) waterstof te produceren dat zonder CO<sub>2</sub>-uitstoot kan worden verbrand.

### *Waterstof*

In het schema is te zien dat via een 'shift'-reactie (onzuivere) waterstof wordt gemaakt uit het synthesegas. De waterstof kan worden gezuiverd en worden gebruikt voor een aantal toepassingen in bijvoorbeeld de raffinage-industrie. Deze toepassingen hebben de hoogste toegevoegde waarde. Het moet dan concurreren met de klassieke (dure) waterstofproductie uit aardgas. Deze heeft een hoge betrouwbaarheid en leveringszekerheid. Aangevoerd zal moeten worden dat kolenvergassers een vergelijkbare betrouwbaarheid en leveringszekerheid hebben om in die markt succesvol te kunnen zijn.

Het gebruik van waterstof is in bijvoorbeeld de Rotterdamse regio echter zo groot dat de ook de afzet van een fluctuerende productie van waterstof uit demo-kolenvergasser geen probleem zou moeten zijn. In Nederland is een vraag naar waterstof van ongeveer 10 miljard Nm<sup>3</sup>/jaar waarvan ongeveer de helft in Rotterdam (de Rotterdamse productie + die in de 'connected area'). De Rotterdamse waterstofvraag alleen al is ongeveer viereneenhalf keer de productie van een enkele kolenvergassingstrein van 2000 ton kolen /dag oftewel 24 kton H<sub>2</sub> / jaar. Dit geldt wellicht ook voor het gebied Delfzijl/Eemshaven waar ook sprake is van een groeiende markt voor waterstof.

De marktkansen voor de afzet van grootschalige productie van zuivere waterstof met kolenvergassing in deze gebieden of elders moeten aan de hand van de resultaten van de demo-installatie nader worden gezien.

Onzuivere waterstof kan ook direct ingezet worden als brandstof. In lagere percentages (tot circa 5%) kan het bijgemengd worden in het aardgasnet. Hogere percentages van bijmenging zijn alleen mogelijk als verbrandingsapparatuur aangepast wordt. Dit is vooralsnog geen optie voor het gehele aardgasnet. Wel kan onzuivere waterstof gebruikt worden als brandstof voor speciaal hiervoor ingerichte industriële WKK-installaties in de omgeving van de kolenvergassing. Voor het demonstratieproject is dit een aantrekkelijke optie.

Voor beide bovenstaande waterstoftoepassingen geldt dat het aardgas verdringt. Aardgas dat dan als flexibele brandstof elders ingezet kan worden.

## **Kosten**

Bij het beoordelen van de kosten van een geavanceerde kolenvergasser is het vooral belangrijk om de relatieve kosten ten opzichte van het alternatief elektriciteitsopwekking via directe verbranding van kolen in te schatten om te kunnen beoordelen of marktpartijen geïnteresseerd kunnen worden. Dat staat los van de maatschappelijke kosten-baten van de twee hier aan de orde zijnde kolenopties die marktpartijen niet gemakkelijk kunnen meenemen in hun investeringsbeslissing. Dit geldt met name voor de vergrote flexibiliteit en diversificatie van brandstoffen.

Een typische vergassereenheid met bijbehorende randapparatuur kan ongeveer 2000 ton kolen per dag verwerken. Hoewel de kosten van de vergasser zelf goed zijn in te schatten, geldt dat minder voor de apparatuur eromheen (voor de gasbehandeling bijvoorbeeld).

Door verschillende partijen zijn kostenberekeningen en vergelijkingen gemaakt. Bij gelijke kosten voor de kolen wordt de nauwkeurigheid van deze schattingen met name beïnvloed door de geschatte investeringskosten welke de laatste tijd zeer sterk zijn gestegen door de grote stijging van de kosten van apparatuur, leidingwerk, staal et cetera. De Raad heeft daarom recente updates laten maken van de vergelijkende schattingen, maar claimt geen grote nauwkeurigheid.

De conclusie is dat bij vollast de kosten van geproduceerde elektriciteit, bij gelijke prijzen voor kolen en CO<sub>2</sub>, voor kolenvergassing met CCS iets lager zijn dan voor een conventionele kolencentrale met CCS. We kunnen ervan uit gaan dat de kosten voor beide technologieën ongeveer dezelfde zijn. Wanneer de vraag/aanbod situatie echter zodanig is dat de elektriciteitsproductie door de centrale moet worden gereduceerd en deze bijvoorbeeld op

middenlast moet gaan draaien, wordt het kostenplaatje voor kolenvergassing aanzienlijk beter dan voor de conventionele kolencentrale. Dit omdat de vergassingscentrale dan op vollast kan blijven draaien en het gasoverschot aan het gasysteem kan leveren. Het is met name deze flexibiliteit waardoor kolenvergassing aantrekkelijk wordt.