

Milieukosten van olieraffinaderijen

Om de verzuring van het milieu, die voornamelijk het gevolg is van de uitworp van stikstofoxiden, zwaveloxiden en ammoniak, tegen te gaan, is in de jaren tachtig in binnen- en buitenland een groot aantal initiatieven ontplooid. In internationaal verband vond in maart 1984 een bijeenkomst van milieuministers in Ottawa plaats. Daar namen negen Westeuropese landen en Canada op zich om in 1993 de uitworp van zwaveloxiden met 30% te beperken en bovendien maatregelen te treffen ter beperking van de uitworp van stikstofoxiden. Soortgelijke beloften kwamen van de Sovjetunie en een aantal Oosteuropese landen op de milieuconferentie tussen Oost en West in juni 1984 in München.

In eigen land werd in mei 1984 een Kamerdebat gewijd aan de verzuringsproblematiek. Vervolgens werd in het *Indicatief meerjarenprogramma lucht 1985-1989*¹ het bestrijdingsbeleid van de overheid ontvouwd. Als doelstelling van het beleid werd uitgegaan van een halvering van de emissie van verzurende stoffen, welke omstreeks de eeuwwisseling zou moeten zijn gerealiseerd. Om dat doel te bereiken werd een groot aantal emissiebeperkende maatregelen in het vooruitzicht gesteld. Daarbij werd zoveel mogelijk aangesloten bij het Duitse anti-verzuringbeleid, dat is

neergelegd in de zogenaamde 'Grossfeuerungsanlageverordnung' (GFAV). Met betrekking tot de normstelling ten aanzien van raffinaderijen wijkt het Nederlandse beleid echter in belangrijke mate af van het Duitse beleid. Toepassing van de Duitse regeling ten aanzien van de emissies van raffinaderijen zou betekenen, dat in 1993 de emissie van zwaveloxiden van raffinaderijen met 85% of wel met ca. 100.000 ton zou moeten zijn gereduceerd. Het Nederlandse beleid ten aanzien van de beperking van SO₂-emissie van raffinaderijen blijft zowel in tempo als in de stringentheid van de emissie-eisen achter bij het Duitse beleid. Vanaf 1987 geldt een eis tot emissiereductie van 60%, die in 1991 en 1996 wordt verhoogd tot respectievelijk 70 en 77%².

Als argument voor dit minder restrictieve beleid wordt gehanteerd dat de positie van raffinaderijen in ons land met meer op de export gerichte productie 'gevoeliger' is dan die in West-Duitsland. Kostenverhogende milieumaatregelen ten aanzien van raffinaderijen zouden in sterkere mate in de export-

1. *Indicatief meerjarenprogramma lucht 1985-1989*, Tweede Kamer, 1984-1985, 18605, nrs. 1-2.

2. Besluit emissie-eisen stookinstallaties Wet inzake luchtverontreiniging, *Staatsblad*, 1987, nr. 164.

prijzen kunnen doorwerken dan dat in andere landen het geval is. De concurrentiepositie van raffinaderijen in de Rijnmond ten opzichte van een raffinaderij in het buitenland zou bovendien kunnen worden aangetast waardoor verplaatsing van de productie naar het buitenland zou kunnen worden overwogen.

Door Van der Vlies en Van der Vlist³ is onlangs onderzocht in welke mate de concurrentiepositie van een hypothetische raffinaderij in Rijnmond ten opzichte van vergelijkbare raffinaderijen in het buitenland door milieukosten zou kunnen worden aangetast. In deze studie zijn door middel van een comparatieve-kostenmodel de integrale kostenverschillen (inclusief transportkosten) tussen de raffinaderij in de Rijnmond en het buitenland doorgerekend bij verschillende milieuscenario's. De voornaamste conclusies van de analyse zijn dat met een verplaatsing van de raffinage-activiteiten naar België (Antwerpen) rekening moet worden gehouden wanneer in Nederland een streng milieubeleid wordt gevolgd of een middelstreng milieubeleid gecombineerd met een mild beleid in België. Het zal duidelijk zijn dat deze conclusie vooral afhankelijk is van de hoogte van de transportkostenbarrière in relatie tot het milieukostenverschil.

De milieukosten variëren in de analyse van Van der Vlies en Van der Vlist van f 22,3 mln. per jaar bij een mild beleid tot f 53 mln. per jaar voor een streng milieubeleid. Het grootste deel van deze kosten heeft betrekking op de bestrijding van SO₂-emissie. Gegeven de weergegeven capaciteit van de raffinaderij en de reductievormen bij een mild en streng beleid (respectievelijk een reductie van 60% en 92%) variëren de SO₂-bestrijdingskosten in deze analyse van f 2270 tot f 3380 per ton gereduceerde SO₂. Deze bedragen doen vermoeden dat geen rekening is gehouden met de invloed van veranderingen in de oliemarkt op het raffinageproces en de effecten die daarvan uitgaan op de bestrijdingsmogelijkheden van SO₂-emissie. Het doel van dit artikel is de gevolgen van de vernieuwing van het raffinageproces voor de bestrijding van SO₂-emissie door raffinaderijen nader te belichten. Dit artikel is gebaseerd op en vormt een actualisering van een eerder verrichte studie⁴.

Eerst wordt aandacht besteed aan de veranderende vraag naar olieproducten en de mate waarin de raffinagesector op deze veranderingen heeft ingespeeld. Daarna worden de gevolgen van de herstructurering van het raffinageproces voor de bestrijdingsmogelijkheden van SO₂-emissie besproken aan de hand van een fictieve raffinaderij. Tot slot wordt een aantal conclusies getrokken.

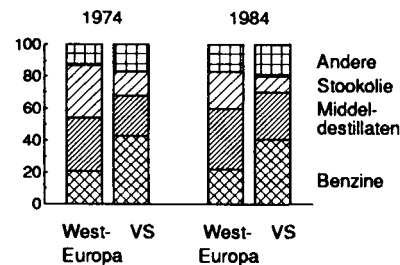
Veranderingen in de vraag naar olieproducten

De ontwikkeling van de raffinagesector in de afgelopen tien jaar wordt gekenmerkt door een structurele overcapaciteit. Een belangrijke oorzaak daarvan was de teruggelopen vraag naar olieproducten onder invloed van de oliecrises in 1973 en 1979. Onder invloed daarvan werd een afslankingsproces op gang gebracht waarbij aanwezige raffinagecapaciteit werd afgevoerd of stilgelegd en de bezettingsgraad van de Nederlandse en andere Westeuropese raffinaderijen daalde van 85% in 1973 tot 56% in 1983. In Nederland werd de raffinaderij van Mobil bij Amsterdam gesloten en werd de Gulf-raffinaderij in Europoort verkocht aan de staatsoliemaatschappij van Koeweit.

Naast de dalende vraag naar olieproducten vond bovendien een vraagverschuiving plaats naar lichtere producten zoals benzine en gasolie ten nadele van zware olieproducten als stookolie. In de figuur wordt dit geïllustreerd. Uit deze figuur blijkt tevens dat deze verschuiving in de Verenigde Staten reeds veel eerder heeft plaatsgevonden. Daar is de vraag naar benzine en middendistillaten veel hoger dan in West-Europa. Dit wordt veroorzaakt door de samenstelling van het autopark (grote motoren, weinig dieseltractie) en de beschikbaarheid van kolen voor de grote energie-installaties. De vraagverschuiving in Europa kan mede worden verklaard uit de overschakeling van grote vuurhaarden, zoals in de elektriciteitscentrales, op andere brandstoffen dan olie, namelijk op aardgas, steenkool en uranium.

Deze vraagverschuiving heeft ertoe geleid dat de raffinagesector de investeringen is gaan richten op het opvoeren van de zogenaamde secundaire capaciteit, waarbij zwaardere oliefracties die uit het primaire raffinageproces resulteren, verder kunnen worden omgezet in lichtere producten⁵. In 1978 had Nederland ten opzichte van andere landen nog een achterstand in secundaire capaciteit⁶. In de jaren daarna werd echter ook in ons land de secundaire raffinagecapaciteit fors uitgebreid. De investeringen die daarmee zijn gemoed waren aanzienlijk. Zo moderniseerde Esso de raffinaderij in Rijnmond voor f 2,5 mrd. met de bouw van een Flexicoker. Total investeerde f 1 mrd. in de bouw van een hydrocracker en Shell heeft een nieuwe secundaire raffinagefabriek gebouwd (Hycon-project, zie noot 5). De raffinaderij van BP was al eerder uitgebreid met secundaire raffinageprocessen. Wat de mogelijke consequenties zouden kunnen zijn van het vernieuwen van het Nederlandse raffi-

Figuur. Verschuiving in de vraag naar olieproducten in enkele gebieden



Bron: BP, Statistical review of the world oil industry, Londen, 1979, 1981

nagepark voor de bestrijding van zure regen, wordt hierna weergegeven.

Efficiëntere bestrijding van SO₂-emissie

De gevolgen van het installeren van secundaire raffinagecapaciteit voor de bestrijdingsmogelijkheden van SO₂-emissie van raffinaderijen, kunnen worden geschat met behulp van een fictieve raffinaderij, met een vrij uitgebreide en flexibele productie, die vergelijkbaar is met de grote raffinaderijen in het Rijnmondgebied.

De invoer van deze raffinaderij bedraagt 1000 ton ruwe olie/uur (ongeveer 2,5 maal de omvang van de hypothetische raffinaderij van Van der Vlies en Van der Vlist). Verondersteld is dat in totaal 93% van de ruwe olie wordt omgezet in aardoliefracties zoals benzine, dieselolie, nafta, en dergelijke die op de markt kunnen worden verkocht of worden geleverd aan de chemische industrie voor verdere verwerking. De rest (7%) wordt als brandstof ingezet voor de destillatie- en kraakprocessen van het raffinageproces. Deze brandstof is in feite ook een produkt van de raffinaderij. Omdat alle oliefracties brandbaar zijn, zal de raffinaderij dat produkt als brandstof inzetten, dat de laagste waarde op de markt heeft. Dit produkt is het zogenaamde residu, een teerachtige substantie. De toepassingmogelijkheden hiervan zijn uitsluitend die van bitumen (asfalt, teer) of als brandstof. Voor het gebruik als brandstof zijn door de hoge viscositeit specia-

3. J. Van der Vlies en J.A. van der Vlist, Milieumaatregelen en olieraffinaderijen, *ESB*, 27 januari 1988, blz. 110-114.

4. M.P.J. Pulles, en D. Wiersma, *Luchtverontreiniging door olieraffinaderijen in een veranderende markt*, Groningen, IVEM-rapport nr. 9, september 1985.

5. Voorlichting over Hycon, *Shellvenster*, 1985, nr. 6.

6. Ministerie van Economische Zaken, *Bedrijfstakverkenning aardolie-industrie*, Den Haag, 1980.

le voorzieningen nodig, die alleen op de raffinaderijen zelf aanwezig zijn. Deze residuen hebben daardoor een lage waarde op de markt.

Bij het gebruik van de meeste ruwe oliesoorten wordt het gebruik van residuen als brandstof echter beperkt door restricties die de overheid aan het zwavelgehalte stelt. Bij de raffinage blijkt een groot gedeelte van de in de ruwe olie aanwezige zwavel zich in het residu op te hopen. Het zwavelgehalte in het residu kan oplopen tot ruim 5%. De overheid in Nederland stelt een maximum aan het gemiddelde zwavelgehalte van de brandstoffen van een raffinaderij van 2%. Hierdoor wordt de raffinaderij gedwongen naast het zwavelrijke residu nog een zwavelarme brandstof te stoken. Hiervoor wordt de relatief simpel te ontzwellen stroom raffinaderijgas (voornamelijk waterstof, zwavelwaterstof, methaan en ethaan) gebruikt. De kosten voor een dergelijke ontzwellingsproces worden op f 40 à f 400 per ton vermeden uitworpschat, afhankelijk van het zwavelgehalte van de gassen⁴. Om aan de overheidsvoorwaarde te voldoen wordt verondersteld, dat het brandstofpakket van de fictieve raffinaderij voor de helft uit hoogzwavelig residu (4% S) en voor de helft uit laagzwavelig raffinaderijgas (0% S) bestaat. De fictieve raffinaderij zal dan 2800 kg zwaveldioxide per uur emitteren. Naast deze uitworp van zwaveldioxide zal nog enige SO₂-uitworp uit andere processen plaatsvinden. Het betreft hier voornamelijk de restuitworp van binnen het complex reeds opgestelde zwavelterugwinningsinstallaties ('Claus-plants'). Deze restuitworp wordt verwaarloosd.

De mogelijkheden om de SO₂-emissie van deze fictieve raffinaderij te reduceren, zijn door ons in een eerder verschenen rapport geanalyseerd (zie noot 4). Een eerste mogelijkheid betreft de toepassing van rookgasontzwellings. Volgens de literatuur komen de bestrijdingskosten bij deze methode uit op f 2.500 per gereduceerde ton SO₂⁷ bij een emissiereductie tot 280 kg per uur (90%). Een andere mogelijkheid is het omzetten van de zwavelhoudende residuen van het raffinageproces in gasvormige brandstoffen en deze vervolgens te ontzwellen gecombineerd met warmtekrachtkoppeling ten behoeve van elektriciteitsopwekking. Afhankelijk van de prijs die de opgewekte elektrische energie oplevert en het ontwerp voor de installaties zal het gezamenlijk resultaat van de kosten van SO₂-reductie en de opbrengsten van teruggewonnen zwavel en van de elektriciteitsproductie kunnen variëren. In het ongunstigste geval is er per saldo een kostenpost van ongeveer f 2.000 per gereduceerde ton SO₂ en in het gunstigste geval een opbrengst van f 7.700 per ge-

reduceerde ton SO₂. De SO₂-emissie van de raffinaderij wordt bij deze methode gereduceerd tot 200 à 300 kg/uur (met 93 à 90%). Daarbij is geen rekening gehouden met de emissiereductie als gevolg van een geringere elektriciteitsproductie door het openbare net, doordat de raffinaderij zelf elektriciteit produceert.

De interessantste mogelijkheid is echter de installatie van secundaire capaciteit door raffinaderijen. Dit betekent dat aan het primaire raffinageproces een nieuwe raffinage-installatie wordt gekoppeld waarmee het residu van het primaire proces verder wordt geraffineerd tot lichte oliefracties. Het nieuwe (secundaire) raffinageproces zal een hogere energiebehoefte hebben dan het gemiddelde voor de hele raffinaderij. We veronderstellen dat het brandstofgebruik 10% van de voeding bedraagt. De producten van het nieuwe conversieproces zullen voor de helft uit raffinagegas en voor de helft uit lichte olieproducten bestaan⁸. We veronderstellen dat de capaciteit van de secundaire raffinageproces 90 ton HS-residu per uur bedraagt.

De oorspronkelijke hoeveelheid residu afkomstig van het primaire raffinageproces (35 ton residu/uur) wordt nu als voeding gebruikt voor de conversie-installatie te zamen met een extra voeding van 55 ton residu/uur. De conversie-installatie produceert hieruit 44 ton raffinaderijgas en 44 ton lichte olieproducten⁸. Om het primaire raffinaderijproces van voldoende brandstof te voorzien wordt het raffinaderijgas in de oorspronkelijke situatie (35 ton/uur) aangevuld met een deel van het raffinaderijgas van het secundaire proces (35 ton/uur). De rest van het raffinaderijgas afkomstig van het secundaire proces wordt als voeding van dit proces gebruikt (9 ton/uur). De brandstof van de totale raffinaderij bestaat nu uitsluitend uit raffinaderijgas. Het voordeel hiervan is dat deze gasvormige brandstoffen relatief goedkoop kunnen worden ontzwellend met behulp van een amine-wasser en een Clausfabriek in serie⁹. De investeringen die nodig zijn voor een dergelijke installatie bedragen f 50 tot 135 mln.⁸. De SO₂-emissie van de raffinaderij kan daarmee worden gereduceerd tot 350 kg SO₂ per uur of met 87,5%. De bestrijdingskosten variëren van f 40 tot f 400 per gereduceerde ton SO₂, wat een fractie is van de door Van der Vlies en Van der Vliest gehanteerde bestrijdingskosten.

Conclusies

Het Nederlandse milieubeleid ten aanzien van de SO₂-emissie van raffinaderijen blijft in tempo en in stringent-

heid van de emissie-eisen achter bij dat van West-Duitsland. Een belangrijke reden bij de discussie in de Tweede Kamer en de daarna geformuleerde relatief soepele emissie-eisen was de overweging van de internationale concurrentiepositie van raffinaderijen. Een eventuele overplaatsing van raffinagecapaciteit naar het buitenland zou een belangrijk negatief effect voor de export betekenen. In welke mate milieumaatregelen tot een dergelijke overplaatsing aanleiding zouden kunnen geven is geanalyseerd door Van der Vlies en Van der Vliest³. Uit deze analyse blijkt dat bij een streng milieubeleid in Nederland de locatie van Antwerpen als een sterke potentiële concurrent naar voren komt. Bij de opstelling van het Nederlandse milieubeleid en in de analyse van Van der Vlies en Van der Vliest wordt echter voorbijgegaan aan de mogelijkheden die de herstructurering van de Nederlandse raffinagesector onder invloed van vraagveranderingen biedt voor de bestrijding van SO₂-emissies. Zoals in dit artikel is uiteengezet heeft de vraagverschuiving naar lichtere olieproducten in de raffinagesector geleid tot het opvoeren van de zogenaamde secundaire capaciteit. Het blijkt dat door het installeren van diepere conversieprocessen de SO₂-bestrijdingskosten aanzienlijk kunnen worden gereduceerd. Hiermee is aangegeven dat raffinaderijen in principe mogelijkheden hebben om op een creatieve wijze aan strenge SO₂-emissie-eisen te voldoen. Daarmee kunnen zij de kosten van bestrijding terugbrengen tot een fractie van die van meer conventionele bestrijdingstechnieken. De economische nadelen van een stringenter milieubeleid ten aanzien van de raffinaderijen zijn als gevolg daarvan aanzienlijk geringer dan aanvankelijk werd aangenomen.

**D. Wiersma
M.P.J. Pulles**

Verbonden aan de economische faculteit resp. de interfacultaire vakgroep Energie en Milieukunde van de Rijksuniversiteit Groningen.

7. F. van Oostvoorn en V.H. Tangena, Verzuring optimaal bestrijden, *Lucht en Omgeving*, maart/april 1985, blz. 40-45.

8. *Refining handbook*, Hydrocarbon processing, september 1976, 1978, 1980, 1982.

9. W. Bruyn e.a., Karakterisering van raffinaderijen, *Publikatiereeks Lucht*, nr. 24, Ministerie VROM, juni 1984.