

# De chemische industrie en het milieu

Wanneer we ingaan op het milieu-probleem en de chemische industrie, moeten beide begrippen eerst gedefinieerd worden. Noch het milieu-probleem noch de chemische industrie zijn statische concepten.

De afbakening van de chemische industrie is in de loop der tijd aanzienlijk veranderd. Zo had het begrip chemische industrie in het zestiende-eeuwse Nederland ook betrekking op wat we nu de metaalindustrie noemen, met name op de primaire produktie van ijzer en non-ferro-metalen uit ertsen<sup>1</sup>. Er is veel te zeggen voor zo'n definitie omdat de primaire metaalproduktie op chemische veranderingen is gebaseerd. Thans wordt de primaire produktie van metalen echter buiten gangbare definities van de chemische industrie gehouden.

Gewoonlijk worden de volgende takken van nijverheid tot de chemische industrie gerekend: de olieraffinage, de produktie van organische chemicaliën op basis van aardolie, aardgas of steenkool, de produktie van plastics en synthetische vezels en de aanmaak van geneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen, enzymen, voedseladditieven, verven, lakken, detergenten, cosmetica en katalysatoren<sup>2</sup>. Ook de raffinage en synthese van anorganische chemicaliën, zoals kunstmest, metaalzouten, chloor en broom worden tot de chemie gerekend. In deze bijdrage zullen zowel de milieueffecten van de produktie als de produkten van de aldus gedefinieerde chemische industrie aan de orde komen.

Het milieuprobleem bestaat thans naar mijn mening uit drie elkaar gedeeltelijk overlappende groepen problemen. De eerste groep van problemen vindt zijn oorsprong in de begrensde beschikbaarheid van natuurlijke hulpbronnen. De kern van deze problemen wordt gevormd door de overmatige exploitatie van vernieuwbare hulpbronnen en de verspilling van met name geochemisch schaarse niet vernieuwbare hulpbronnen, zoals fossiele koolstofverbindingen, fosfaten en vele metaalertsen. Bij handhaving van het huidige verbruikstempo zullen de vermoedelijk winbare voorraden van de meeste geochemisch schaarse stoffen in de komende eeuwen uitgeput raken, en zullen de tekorten aan agrarisch land en hout steeds nijpender worden<sup>3</sup>.

De tweede groep problemen betreft de relatie tussen mens en natuur. Thans sterft jaarlijks wereldwijd naar

schatting 0,5 tot 1 procent van de nog aanwezige soorten uit<sup>4</sup>.

De derde groep problemen betreft de vervuiling. Vervuiling is er in diverse soorten. Een belangrijk onderscheid is dat naar stroming of stapeling. Thans staan vooral langzaam bewegende vormen van vervuiling zoals grondwatervervuiling en 'smog' en stapelende vervuiling in de belangstelling. Tot de door stapelende vervuiling veroorzaakte problemen behoren onder meer de opwarming van het klimaat door de vergrote uitstoot van 'broeikasgassen', de aftakeling van de ozonlaag, de verzuuring en vergiftiging van de bodem en de belading van zeeën met diverse niet en slecht afbreekbare verbindingen. Karakteristiek voor stapelende vervuiling in en door industrielanden is als regel dat een verergering van het probleem slechts kan worden voorkomen door de toevoeging van de betrokken stoffen aan het milieu sterk te verminderen. Zo kunnen een verdere opwarming van de atmosfeer en een verdere aftakeling van de ozonlaag slechts worden voorkomen indien de uitworp van de daarvoor verantwoordelijke gassen met respectievelijk 90 en 85 procent wordt verminderd.

## Chemie en milieu

De chemische industrie is slechts één van de vele veroorzakers van de toemende milieuproblematiek. Niettemin is de bijdrage van de chemische industrie en zijn produkten aanmerkelijk. Produktiemethoden en produkten van 'de chemie' geven aanleiding tot de uitputting van hulpbronnen en tot vervuiling. Van de primaire petrochemische produkten wordt bij voorbeeld slechts twee procent gebruikt als grondstof voor secundaire produktie (hergebruik). Uiteindelijk leidt dit tot een snelle uitputting van de geochemisch schaarse voorraden aardolie en tot een aanzienlijke vervuiling van lucht, bodem en water. Soortgelijke conclusies kunnen worden getrokken voor andere hulpbronnen die worden gebruikt door de chemische industrie. In West-Europa ligt het recyclingspercentage voor fosfaat, dat wordt gebruikt als meststof, voedseladditief en wasmiddelbestanddeel, waarschijnlijk onder de 10 procent. Het hergebruik van metalen die

in chemische produkten als metaalzouten en organometaalverbindingen worden toegepast, is praktisch te verwaarlozen.

De aftakeling van de ozonlaag, die het leven beschermt tegen overmatige ultraviolette bestraling, wordt in laatste instantie vrijwel geheel veroorzaakt door de lozing van chemische verbindingen als chloorfluorkoolwaterstoffen, halons, methylchloroform en tetrachloorkoolstof. De vluchtige organische verbindingen die een essentieel bestanddeel vormen van oxyderende of 'Los-Angeles'-smog zijn grotendeels afkomstig van de chemische industrie en haar produkten. De chemische industrie en de produkten daarvan zijn ook in belangrijke mate verantwoordelijk voor het ontstaan van gifbelten. In Nederland zijn inmiddels meer dan 8000 gifbelten gevonden, terwijl het totale aantal vermoedelijk zal oplopen tot 25.000, zo niet tot 100.000<sup>5</sup>. Voorts draagt de chemische produktie belangrijk bij tot problemen als de diffuse vervuiling van bodem en grondwater, de eutrofiëring (overvoeding) van water, het vitaliteitsverlies van bossen door verzuring (zie tabel 1) en de vergiftiging van zoete en zoute wateren.

## Kosten

De kosten die verbonden zijn aan de onbedoelde negatieve effecten van 'de chemie' zijn zeer omvangrijk. Er zijn geen precieze berekeningen voorhanden over de financiële gevolgen van het verlies van hulpbronnen die de chemische industrie thans verbruikt. Gordon e.a. hebben echter nagegaan wat in de Verenigde Staten de kosten zouden zijn van een veronderstelde uitputting van kopererts gedurende de toekomstige periode van 180 jaar<sup>6</sup>. Onder de veronderstelling dat na 180 jaar geen winbaar koper meer voorhanden is, en dat alle door koper verrichte diensten moeten worden opgevangen door vervangende

1. Simon Andriessen, Schoon Tractaat, 1549, geciteerd in: E. Homberg, *Chemisch Weekblad*, mei 1988, blz. 311.

2. Deze definitie wijkt af van die van het Centraal Bureau voor de Statistiek, dat olieraffinage niet tot de chemische industrie rekent.

3. F. Langeweg e.a., *Zorgen voor morgen*, RIVM, Bilthoven, 1988; L. Reijnders, *Naar een nieuwe ijzertijd*, Van Gennep, Amsterdam, 1989.

4. R.M. May, *Science*, nr. 241, 1988, blz. 1441-1449; Council on Environmental Quality, *The Global 2000 Report to the President*, US Government Printing Office, Washington DC, 1980.

5. Zie F. Langeweg e.a., op. cit.

6. R.B. Gordon, T.C. Koopmans, W.D. Nordhaus en B.J. Skinner, *Towards a new iron age*, Harvard University Press, Cambridge Mass., 1987.

Tabel 1. Top-tien verzuurders in Nederland

Rang	Bedrijf	Geschatte emissies in 10 <sup>9</sup> eq. H <sup>+</sup>	
		A	B
1	Shell (Pernis)	2,0	0,5
2	Amercentrale	1,0	0,5
3-5	British Petroleum	0,9	0,25
	DSM (Beek)	0,9	0,25
	Maascentrale	0,9	0,25
6-8	Exxon	0,5	0,25
	Hoogovens	0,5	0,1
	Kuwait Petroleum	0,5	0,1
9-10	DOW Chemical (Z.VI.)	0,25	0,1
	Centrale Nijmegen	0,25	0,2

A. Emissie in 1989.

B. Emissie bij toepassing van de beste technieken.

materialen, berekenen zij dat de kosten van de uitputting 22 procent zouden belopen van het gediscoonterde netto nationaal produkt in de Verenigde Staten over 180 jaar.

Deze berekening heeft enige betekenis voor de chemische industrie, gezien de produktie door deze industrie van koperzouten en organokoperverbindingen. Veel belangrijker is echter de uitputting van de voorraden fossiele koolstof (aardolie, steenkool en aardgas). Deze staan thans centraal in de meeste in de industrie uitgevoerde syntheses en zorgen voor nagenoeg alle procesenergie. Helaas is er geen studie voorhanden die de kosten van uitputting van deze hulpbron berekent. Het gecompliceerde karakter van deze berekening verhindert een precieze schatting van de vervangingskosten voor op basis van fossiele koolstof vervaardigde stoffen. Een redelijke gissing lijkt mij echter dat de gemiddelde vervangingskosten bij volledige uitputting van fossiele koolstof zeer wel in de orde van twee tot zes maal de huidige produktiewaarde van de daaruit gemaakte stoffen zouden kunnen liggen. Vanuit het oogpunt van toekomstige generaties zou dit inhouden dat de chemische industrie zwaar rood staat. Uitgaande van een produktiewaarde van in Nederland op basis van fossiele koolstof vervaardigde verbindingen ter grootte van 10 procent van het bruto nationaal inkomen, zouden de vervangingskosten bij uitputting van fossiele koolstof 20 tot

60 procent van het huidige bruto nationaal inkomen kunnen bedragen. Naar analogie redenerend lijkt het zeer wel mogelijk dat ook de vervangingskosten voor andere produkten die de chemische industrie thans vervaardigt op basis van geochemisch schaarse hulpbronnen zeer hoog zijn.

Over de kosten die zijn veroorzaakt door van de chemische industrie afkomstige vervuiling zijn beperkte gegevens voorhanden. Ook deze kosten kunnen zeer hoog liggen. Daarvan zou ik twee voorbeelden willen geven. Het eerste voorbeeld betreft de afbraak van de ozonlaag. Buiten de poolgebieden belooft deze thans naar schatting 0,7 tot 2 procent, gemeten over de gehele luchtkolom<sup>7</sup>. Laat ons veronderstellen dat de vermindering van de hoeveelheid ozon in feite 1,5 procent is. Tabel 2 laat zien wat daarvan de geschatte effecten en de in geld uitgedrukte gevolgen zijn. De geschatte kosten van de aantasting van de ozonlaag liggen wereldwijd gezien belangrijk hoger dan de jaarlijkse marktwaarde van de voornaamste boosdoeners in kwestie, de volledige gehalogeneerde chloorfluorkoolwaterstoffen. Bovendien geldt dat handhaving van het huidige produktie- en verbruiksniveau van ozonlaagaantastende stoffen zal leiden tot een sterk toenemende aftakeling van de ozonlaag. Deze kan bij gelijkblijvend verbruik over de jaren oplopen tot ten minste het twintigvoudige van de afbraak tot nu toe. Voortgaand gebruik van aanzienlijke hoeveelheden volledig gehalogeneerde chloorfluorkoolwaterstoffen lijkt derhalve in geldtermen een netto negatieve bijdrage te leveren aan de werelddeconomie.

Een negatieve bijdrage geldt ook voor het tweede voorbeeld, de verwijdering van chemisch afval. Dit heeft in Nederland geleid tot het ontstaan van een groot aantal gifbelten. De kosten voor het saneren van deze gifbelten kunnen thans worden geraamd op f 50 tot 100 mrd. De nodige extra saneringskosten die jaarlijks worden opgelopen door het weglekken van chemicaliën uit bestaande gifbelten kunnen worden geschat op f 700 mln. gulden. De feitelijke uitgaven voor bodemsanering zijn thans ongeveer f 300 mln. gulden per jaar.

Voor een aantal gifbelten zijn de saneringskosten en de kosten van preventie

berekend<sup>8</sup>. Deze laatste hebben betrekking op de kosten voor milieuveilige veranderingen in produktie en verwerking die nodig zijn om gifbelten te voorkomen. De kosten van preventie bleken 0,01 tot 1 procent te belopen van de saneringskosten. De elementaire milieules, dat voorkomen van afval op den duur goedkoper is dan opruimen achteraf, is echter door de Nederlandse chemische industrie nog altijd niet geleerd. Er wordt door de Nederlandse chemische industrie nog steeds legaal veel chemisch afval gestort, met name in Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk en de DDR. En dit ondanks dat de storten in kwestie op den duur aanleiding zullen geven tot milieuproblemen en kosten die in dezelfde orde liggen als die wij nu in Nederland hebben bij de bodemsanering.

## Duurzame chemische industrie

Een en ander leidt tot de vraag hoe een milieuvriendelijke chemische industrie zich zou moeten gedragen. Het ligt voor de hand om bij de beantwoording van deze vraag aansluiting te zoeken bij het concept duurzame ontwikkeling. Bij zo'n ontwikkeling zouden milieu en industrie in een dynamisch evenwicht moeten verkeren. Als we ervan uitgaan dat een duurzame ontwikkeling betrekking moet hebben op zeer veel generaties, en dat er op den duur geen substitutie mogelijk is van fysieke hulpbronnen door niet fysieke factoren zoals kapitaal en kennis, kan de volgende operationele definitie worden gegeven van een duurzame ontwikkeling:

- het verbruik van vernieuwbare hulpbronnen moet (per eenheid van tijd en plaats) maximaal op het niveau van bijvorming liggen;
- het verbruik van schaarse niet vernieuwbare hulpbronnen, zoals fossiele koolstof, schaarse metalen en fosfaat dient tot nul te naderen, tenzij bij wijze van compensatie aan toekomstige generaties een equivalente vervangende voorziening op basis van vernieuwbare hulpbronnen beschikbaar wordt gesteld. Zulks betekent bij voorbeeld dat schaars metaal dat wordt gebruikt in beginsel volledig moet worden hergebruikt. Verbruik van een fossiele brandstof zou alleen acceptabel zijn indien voor toekomstig gebruik een equivalente hoeveelheid biomassa of apparatuur voor de winning van stromingsenergie (zoals waterkracht, zonlicht en

Tabel 2. Jaarlijkse gevolgen van een vermindering van de hoeveelheid ozon in de totale luchtkolom met 1,5 procent.

Effect	Kosten in mrd. \$ (ruwe schatting)
> 300.000 gevallen van huidkanker	0,3 - 1,5 (behandeling)
> 70.000 gevallen van staar	0,1 - 0,3 (behandeling)
? gevallen van huidinfecties en versnelde huidveroudering	?
32.000.000 ton verlies aan voedselproduktie	3 - 6
versnelde veroudering van plastics	0,6
Totaal	>4,0 - 8,4

7. Executive summary ozone trends panel, NASA, Washington DC, 1988.

8. A. de Borst en L. Reijnders, *Milieubusiness, chemisch afval, opslag, sanering, recycling*, Nederlands Studiecentrum, Vlaardingen, 1985.

- wind) opzij wordt gezet. Daarnaast moeten toekomstige generaties worden gecompenseerd voor het feit dat zij zullen zijn aangewezen op voorraden die moeilijker te winnen zijn. Daarvoor is de reservering nodig van energie en andere hulpmiddelen;
- naar verhouding rijkelijk voorhanden zijnde, niet vernieuwbare hulpbronnen zoals ijzer en aluminium mogen tot op zekere hoogte verbruikt worden. Toekomstige generaties moeten echter wel gecompenseerd worden voor het feit dat zij daardoor zijn aangewezen op moeilijk winbare voorraden;
  - vervuiling die in een of meer milieuc compartimenten leidt tot stijgende concentraties is in de regel onaanvaardbaar; zo ook een langzame stroomvervuiling waarvan de veiligheid niet vaststaat. Blootstelling aan door de mens in het milieu gebrachte mutagenen, die het DNA in voortplantingscellen kunnen veranderen, moet tot nul naderen. Op deze regels mag een uitzondering worden gemaakt bij de gegarandeerde compensatie van het effect op volgende generaties.

Toepassing van deze operationele definitie van duurzaamheid noopt tot ingrijpende veranderingen in produktie en consumptie. Het zal niet het einde van de chemische industrie betekenen. Integendeel, een moderne procesindustrie heeft in beginsel potentiële voordelen boven ambachtelijke produktie, vooral op het vlak van een op lage inputs gebaseerde produktie en afvalbeperking. Gegeven een hoge bevolkingsdruk is een procesindustrie vermoedelijk zelfs essentieel voor duurzaamheid. De logica van de chemische produktie moet echter drastisch veranderen. De benodigde veranderingen betreffen onder meer:

- een verbeterde energie-efficiency bij de produktie;
- beperking van de inzet van niet vernieuwbare hulpbronnen tot produkten die met een hoge efficiency kunnen en zullen worden hergebruikt;
- het gebruik van vernieuwbare grondstoffen voor produkten die over het milieu worden verspreid en niet kunnen worden hergebruikt, en een dussdanig produktontwerp dat de gebruikte stoffen werkelijk volledig afbreekbaar en niet mutageen zijn;
- beëindiging van de stapeling van niet en slecht afbreekbare verbindingen in het milieu. Dit betekent onder meer drastische verminderingen in de produktie van organo-halogeenvbindingen, de uitstoot van zwavel-, stikstof- en koolstofoxyden en de beëindiging van storten die langdurige, zo niet eeuwigdurende nazorg behoeven.

**L. Reijnders**

De auteur is hoogleraar milieukunde aan de Universiteit van Amsterdam