

Milieu-onderzoek en duurzame ontwikkeling

**Het milieu-onderzoek van TNO, nu en in de toekomst,
in relatie tot de thema's van het NMP**



Voorwoord

Een hoofdelement in de strategie van TNO vormt het bijdragen door middel van onderzoek aan de duurzame ontwikkeling van de samenleving. Deze nota presenteert het milieu-onderzoek van TNO, nu en in de toekomst, in relatie tot de thema's van het Nationaal Milieubeleidsplan (hoofdstuk 3). Voorafgaand daaraan wordt de samenhang van deze thema's aangegeven via vier centrale invalshoeken (hoofdstuk 2). Het slothoofdstuk beschrijft de rol die TNO zelf wil spelen bij onderzoek gericht op een duurzame ontwikkeling.

Hoewel het milieu-onderzoek zich voor een groot deel concentreert rond de hoofdgroep TNO-Milieu en Energie, zijn ook andere hoofdgroepen op dit terrein actief. Hun bijdragen zijn opgenomen in deze nota, die is opgesteld door een commissie onder voorzitterschap van prof.dr.ir. F.B. de Walle. De overige leden van de commissie waren ir. B.A. Heide (secretaris), ir. B. Boesmans, dr.ir. J.A. Don, dr. R. Guicherit en dr. J.G. Noltes. Ook veel andere TNO-medewerkers hebben een bijdrage aan de nota geleverd.

Namens de Beleidscommissie Milieu (BCM) en de Werkcommissie Milieu (WCM), waarin de meest betrokken hoofdgroepen van TNO zitting hebben,

Ir. C.W. van der Wal, Voorzitter BCM
Hoofddirecteur TNO-Milieu en Energie

Delft, juni 1991

Inhoud

Voorwoord	1
1 Inleiding	3
2 Kerngebieden bij duurzame ontwikkeling	5
2.1 Technologische ontwikkelingen	6
2.2 Normstelling	10
2.3 Milieu en economie	12
2.4 Gedrag/individuele betrokkenheid	14
3 Betrokkenheid van TNO bij thema's van NMP	18
3.1 Verandering van het klimaat	18
3.2 Verzuring	21
3.3 Vermesting	24
3.4 Verspreiding	26
3.5 Verwijdering	31
3.6 Verstoring	34
3.7 Verdroging	38
3.8 Verspilling	41
3.9 Energiebesparing	43
4 Rol en positionering van TNO	46

1. Inleiding

TNO wil door middel van onderzoek en advisering bijdragen aan een goed milieubeheer en een verantwoord energiegebruik. De noodzaak van een duurzame ontwikkeling van de maatschappij staat hierbij centraal. Reeds tientallen jaren ontplooit TNO activiteiten op terreinen die voor duurzame ontwikkeling van belang zijn. De TNO-terreinen van onderzoek zijn:

- emissies, verspreiding en omzetting van milieubelastende factoren;
- effecten op de omgeving;
- preventie en bestrijding;
- integratie en beleidsgericht onderzoek;
- verantwoord energiegebruik.

Kennis over emissies, verspreiding en omzetting van milieubelastende factoren staat aan de basis van milieu-onderzoek. Dat onderzoek moet gegevens opleveren voor de beoordeling van de draagkracht van het milieu, zodat duidelijk wordt welke preventieve en curatieve maatregelen nodig zijn. Die maatregelen vergen ook kennis van milieuvriendelijke producten, apparaten en processen en verwerking van afvalstoffen. De taak van het beleidsgericht onderzoek bestaat uit het vertalen van deze kennis naar beleid dat gericht is op duurzame ontwikkeling. Bij dat beleid moeten, naast bestuurlijk-juridische en sociaal-economische aspecten, milieurisico-evaluaties en industriële veiligheid een rol spelen. De totale inspanning van TNO op deze terreinen bedraagt ongeveer 400 persoonsjaren. De activiteiten van TNO worden in detail beschreven in interne jaarwerkplannen, middellange termijnplannen, doelsubsidieprogramma's en dergelijke. Opties voor een milieustrategie worden beschreven in de recente (interne) nota 'Naar een beter milieu: delen of helen'.

Waarom deze nota?

De doelstelling van duurzame ontwikkeling is in de behoeften van de huidige generatie te voorzien, zonder daarmee voor toekomstige generaties deze mogelijkheden in gevaar te brengen. Duurzame ontwikkeling omvat meer dan alleen de zorg voor het milieu. Mede in het kader van TNO-60 jaar (1992) ontwikkelt TNO thans een 'Duurzame Ontwikkeling' strategie. De uitkomsten van deze activiteiten, o.a. verkenningen naar nieuwe produkt/markt-combinaties, zullen aan het einde van 1992 resulteren in een duidelijke positionering van het TNO-onderzoek met het oog op de noodzakelijke integratie van de technologische, economische en ecologische ontwikkeling in Nederland en Europa.

Duurzame ontwikkeling is ook het hoofdelement in TNO's milieu-onderzoek. Deze nota behandelt TNO's huidige betrokkenheid bij dit onderwerp in relatie tot de thema's van het NMP en is derhalve vooral gericht op daarin geïnteresseerde ministeries (VROM, V&W, EZ en LNV). Bij de interne reorganisatie is per 1 januari 1991 de hoofdgroep TNO-Milieu en Energie geformeerd. Deze neemt een groot deel van het milieu-onderzoek voor haar rekening. De milieuprogramma's van de hoofdgroepen TNO-Milieu en Energie, TNO-Industrie, TNO-Gezondheidsonderzoek, TNO-Bouw, TNO-Defensieonderzoek, en TNO-Beleidsstudies worden gecoördineerd door de Beleidscommissie Milieu en de Werkcommissie Milieu. Deze opzet garandeert doelmatige inzet van TNO-expertise op het gehele milieugebied, ten behoeve van overheid en bedrijfsleven. De nota presenteert en analyseert kenmerkende elementen uit het TNO-milieuprogramma. Hierbij wordt de door de overheid (Nationaal Milieubeleids Plan, [NMP]) gehanteerde thematische indeling aangehouden. De

voorliggende nota is met name geschikt voor het overleg met de centrale overheid over meerjarenonderzoekprogramma's.

Opzet van de nota

Figuur 1 schetst de ontwikkeling naar een duurzame samenleving. De overheid onderscheidt acht thema's bij beleidsontwikkeling op korte en middellange termijn, te weten:

- verandering van het klimaat;
- verzuring;
- vermesting;
- verspreiding;
- verwijdering;
- verstoring;
- verdroging;
- verspilling.

Bij duurzame ontwikkeling onderscheidt TNO vier overkoepelende kerngebieden:

- technologische ontwikkelingen;
- normstelling;
- milieu-economie;
- gedrag/individuele betrokkenheid.

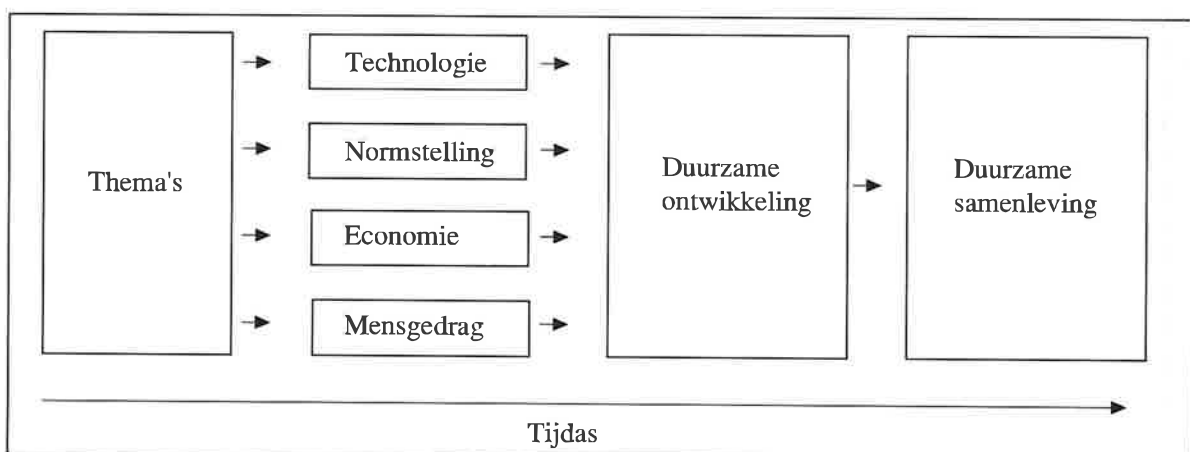
Deze kerngebieden zijn onderling verbonden.

Zij zijn van toepassing op de acht bovengenoemde thema's en spelen met name op de langere termijn. Realisatie van milieudoelstellingen op langere termijn, gebaseerd op een breed maatschappelijk draagvlak, vereist evenwichtige aandacht voor deze kerngebieden.

In hoofdstuk 2 worden de kerngebieden beknopt uitgewerkt. In hoofdstuk 3 ligt het accent op korte en middellange termijn activiteiten op de TNO-terreinen van onderzoek met betrekking tot de beleidsthema's van het NMP.

De eerder genoemde indeling in acht thema's wordt daar uitgebreid met het onderwerp energiebesparing. Een alternatieve presentatie van TNO-activiteiten, met een indeling naar doelgroepen van het milieubeleid (landbouw, verkeer en vervoer, industrie etc.), zou in principe dezelfde informatie hebben opgeleverd. Voor de profilering naar het bedrijfsleven is een nadere uitwerking van deze presentatie in een later stadium gewenst.

Tenslotte wordt de rol en positionering van TNO als leverancier van kennis met betrekking tot het onderwerp duurzame samenleving nader beschouwd.



Figuur 1: Van thema's naar duurzame samenleving

2. Kerngebieden bij duurzame ontwikkeling

Mensen, dieren en planten zijn als levende wezens onlosmakelijk verbonden met de natuur. Zoals industriële activiteit een voorwaarde is voor welvaart, zo vormt de samenhang tussen lucht, water en bodem een bestaansvoorwaarde voor het leven. Door menselijk handelen gaat het leefmilieu snel achteruit en is de gezondheid van onze en komende generaties in gevaar. Dit besef heeft aanleiding gegeven tot een sterk toegenomen milieubewustzijn.

In brede kring is het inzicht ontstaan dat de maatschappij zich in de komende decennia moet transformeren tot een duurzame samenleving. Een samenleving die ruimschoots in de behoeften van de huidige generatie voorziet, zonder daarmee de mogelijkheden van toekomstige generaties in gevaar te brengen om ook in hun behoeften en aspiraties te voorzien. Duurzame ontwikkeling betekent een milieuverantwoorde behoeftebevrediging van de mens. Het draagvermogen van de biosfeer moet duurzaam hersteld worden. Hierbij wordt gedacht aan natuurlijke processen die verontreiniging door productie- en consumptieprocessen opvangen, neutraliseren en transformeren.

Een duurzaam milieu vereist een nieuwe aanpak. Het verbeteren van subsystemen is niet voldoende. Bij realisatie van een duurzame samenleving gaat het om nieuwe doelen, prioriteiten en limieten. Het objectief vaststellen daarvan is gecompliceerd zo niet onmogelijk. In een maatschappij moeten niet alleen veel verschillende doeleinden, waarden en belangen met elkaar verenigd worden, ook de wereld daarbuiten vraagt aandacht. Alles hangt met alles samen.

Door publikaties als 'Zorgen voor morgen', 'Preventie en hergebruik van afvalstoffen', het

'Nationaal Milieubeleidsplan', 'Nationaal Milieubeleidsplan Plus' en de energiebesparingsnota's laat de Nederlandse overheid duidelijk zien dat het de hoogste tijd is om tot actie over te gaan.

Duurzame ontwikkeling krijgt volgens het NMP gestalte door terugkoppeling naar de bron, en is gericht op een combinatie van:

- sluiten van stofkringlopen in de keten van grondstof - productieproces - produkt - afval en de erbij behorende emissies;
- besparen van energie in combinatie met efficiëncyverhoging en het inzetten van duurzame energiebronnen;
- bevordering van kwaliteit (boven kwantiteit) van: produkten, productieprocessen, grondstoffen, afval en milieu; langduriger benutting van stoffen in de economische kringloop.

De overheid onderscheidt acht thema's bij de ontwikkeling van haar korte en middellange termijn-beleid: verandering van het klimaat, verzuring, vermesting, verspreiding, verwijdering, verstoring, verdroging en verspilling. Door organisatorische en technische maatregelen wil de overheid de bestaande nadelige milieu-effecten tegengaan en de kansen op negatieve gevolgen (risico's) verminderen. Dat vergt milieunormen voor het in stand houden van een goede volksgezondheid, aanvaardbare milieufuncties en natuurwaarden.

TNO onderscheidt de volgende kerngebieden bij duurzame ontwikkeling:

- technologische ontwikkelingen;
- normstelling;
- milieu-economie;
- gedrag/individuele betrokkenheid.

Deze kerngebieden zijn onderling verbonden. Het belang van technologische kennis en kunde voor duurzame ontwikkeling is duidelijk. Kennis over de draagkracht van het milieu zal leiden tot een eco(toxico)logische normstelling, waaruit concrete eisen voor produkten of emissies van processen voortvloeien alsmede voor te nemen acties om het milieu te herstellen. Dit heeft directe economische en maatschappelijke consequenties. Economische prikkels tot milieuvriendelijker produceren en consumeren zouden wel eens een grotere rol kunnen krijgen. De mens speelt een centrale rol bij duurzame ontwikkeling. Hij veroorzaakt milieuproblemen, maar heeft ook de potentie om deze op te lossen c.q. te voorkomen. Een gemotiveerd milieuvriendelijke houding lijkt dan ook belangrijker dan afdgedwongen milieuvriendelijk gedrag. Realisatie van milieudoelstellingen op langere termijn, gebaseerd op een breed maatschappelijk draagvlak, vraagt dat beleidsontwikkelaars evenwichtig aandacht schenken aan deze vier kerngebieden. De samenhang tussen kerngebieden onderling en tussen kerngebieden en thema's, moet geanalyseerd, gekarakteriseerd en zo mogelijk gemodelleerd worden.

2.1 Technologische ontwikkelingen

Dit voorjaar presenteerde de overheid (EZ en VROM) de beleidsnotitie 'Technologie en Milieu'. De bijdrage van technologie aan de duurzame ontwikkeling staat hierin centraal. Het ministerie van VROM gaat een programma Milieu en Technologie ontwikkelen als aanvulling op lopende programma's en regelingen op dit gebied. Hierbij wordt ingegaan op de vraag in welke richting de

technologie zich moet ontwikkelen om op lang termijn een duurzame samenleving te kunnen realiseren, rekening houdend met de factoren die op deze tijdschaal in de samenleving spelen

Milieuverantwoorde technologie-ontwikkeling

Technologische ontwikkeling is een cumulatief zoekproces. Er wordt voortdurend voortgebouwd op eerder opgedane ervaringen. Wanneer eenmaal is geïnvesteerd in een bepaald technologietraject, kan niet snel worden overgestapt op een ander traject. Hierdoor kan de ontwikkeling van bijvoorbeeld alternatieve, schonere trajecten sterk geremd worden. De introductie van nieuwe, schone technologieën houdt echter meer in dan technologische veranderingen alleen. Toepassing van andere grondstoffen en ontwikkeling van nieuwe produkten leidt bijvoorbeeld tot andere concurrentieverhoudingen, en veranderingen in consumptiepatronen. Onderzoek naar de sociale economische en culturele gevolgen van duurzame ontwikkeling moet samengaan met de technologische ontwikkelingen. Het huidige verontreinigings- en verspillingsniveau moet drastisch worden teruggebracht. Het gedragspatroon van producent en consument dient te veranderen om de versnelde aantasting van het milieu tegen te gaan. Zie het rapport van de Commissie Lange Termijn Milieubeleid (CLTM) 'Het milieu: denkbeelden voor de 21ste eeuw'. De noodzakelijke acties moeten zo goed mogelijk worden gecoördineerd.

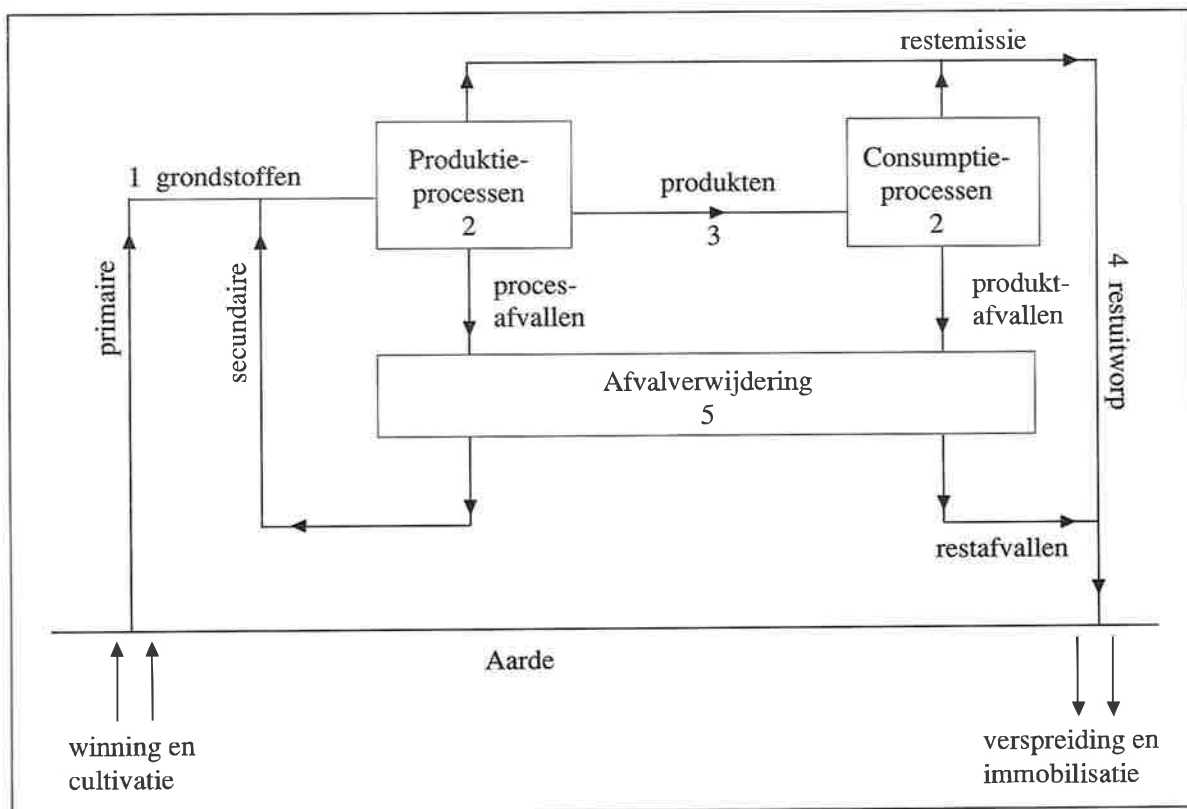
Stofkringloop

Deze plannen kunnen het best worden uitgevoerd als ze aansluiten bij de stofkringloop, c.q. de produktlevenscyclus. De aarde levert de vele primaire grond- en

hulpstoffen die voor de behoeftebevrediging van de mens nodig zijn. Stoffen, goederen en materialen die hun waarde hebben verloren, worden in het milieu gedumpt. De mens onttrekt dus materie aan de aarde en retourneert het vervolgens in de vorm van uitstoot, lozing of storting. De oorspronkelijke samenstelling van de materie wordt tijdens dit proces sterk gewijzigd. Op den duur wordt het afval verspreid in bodem, lucht en water.

aan milieuverontreinigende stoffen het productieproces in. Door een rationele procesvoering krijgen de consumentengroepen schone produkten aangeboden. De ook in de duurzame stofkringloop onvermijdelijke, onverwerkbare restuitwerp wordt geminimaliseerd. Deze (procesgeïntegreerde) immobilisatie maakt deel uit van het ketenbeheer. Afvalverwijdering omvat enerzijds hergebruik, terugwinning, nuttige toepassing, afbraak -waaronder verbranding-, alsmede het aanleveren van secundaire grondstoffen en anderzijds immobilisatie en deponie van reststoffen.

Figuur 2 schetst de gesloten stofkringloop, het ideaal van de duurzame samenleving. Primaire en secundaire grond- en hulpstoffen gaan arm



Figuur 2: Gesloten stofkringloop binnen duurzame samenleving

De duurzame stofkringloop combineert drie belangrijke milieubeleidsthema's van de overheid: verspreiding, verspilling en verwijdering. Hierin zijn vijf (nauw samenhangende) centrale aandachtspunten aan te wijzen (zie Figuur 2), van waaruit stap voor stap naar een duurzame stofkringloop toegewerkt kan worden:

- 1 grondstofzuivering;
- 2 schone en spaarzame productie- en consumptie processen;
- 3 schone, scheidbare, stille en vernieuwbare producten;
- 4 terugneembaar en immobiliseerbaar restafval;
- 5 secundaire grond- en hulpstoffen door recycling.

Andere overheidsthema's -zoals verzuring, verandering van klimaat, energiebesparing en vermesting- kunnen in bovenstaand model worden verwerkt.

Kwalitatieve en kwantitatieve wijzigingen in verontreinigende stoffen en/of stof- en materiaalgebruik, zijn in principe meetbaar. Met fysische beoordelingscriteria (milieuverdiensten zoals de verwijderings- en besparingsgraad) kunnen verbeteringen en verslechtingen op de verschillende werkniveaus (onder andere unit operation, het proces, de productie en de produktlevensketen) worden gemeten. Het hangt vooral van de (bedrijfs)economische randvoorwaarden af in hoeverre deze milieuverdiensten in de praktijk toegepast zullen worden. Er zal pas sprake zijn van een operationeel milieurendement, als ook de kosten tot een aanvaardbaar peil zijn teruggebracht.

Er moet onderzocht worden voor welke milieuverontreinigende stoffen het begrip verwijderingsgraad praktisch toepasbaar is. Vooralsnog heeft het betrekking op de algemeen

aanvaarde prioritaire stoffen. Deze zijn immers meetbaar en kunnen op hun effect beoordeeld worden. Op grond van nieuw verworven kennis en inzichten, kunnen nieuwe stoffen aan de lijst worden toegevoegd.

Milieukwaliteit van produkt

Duurzame vermindering/vermijding van verontreiniging en grondstofverspilling kan het best beginnen met 'produktdenken'. Centraal daarin staat milieuverantwoorde behoeftebevrediging, op basis van intrinsiek schone, energie- en materiaalzuinige, scheidbare, vernieuwbare en stille eindprodukten. Het 'produktdenken' biedt een referentiekader voor de bepaling van de milieuverdienste van allerlei produkt- en procesmaatregelen. De intrinsieke milieukwaliteit van een produkt is de belangrijkste parameter voor een duurzame kringloopsamenleving.

De gewenste of vereiste milieukwaliteit van een produkt bepaalt welke inspanning noodzakelijk is voor een verminderde belasting van het milieu. 'Produktdenken' moet toewerken naar een integraal schoon milieu. Dit kan bereikt worden door steeds hogere eisen te stellen aan de milieukwaliteit van produkten.

Milieuverantwoorde behoeftebevrediging heeft ook een kwantitatief aspect. Als de maatschappij tot een verminderde goederenproduktie wil komen -de 'economie van het genoeg'- moet ook de verdienste van een produktieketen verhoogd worden. Uitvoering van dergelijke brongerichte maatregelen krijgt steeds meer aandacht. Toch zullen duidelijke resultaten pas op lange termijn zichtbaar zijn. Het vereist een breed maatschappelijk draagvlak van politieke wil en publieke acceptatie, terwijl de mate van

bereidheid tot mentaliteitsverandering nog onbekend is.

Energiebesparing

Energiebesparing heeft extra aandacht gekregen door de betekenis van het energieverbruik voor milieu en klimaat. Nieuwe ontwikkelingen op energiegebied zullen vooral de (technische) voorwaarden moeten scheppen voor een duurzame maatschappelijke ontwikkeling op langere termijn. Een verdergaande energiebesparing in de orde van 70 à 80% wordt noodzakelijk geacht. Centraal hierbij staat de ontwikkeling van nieuwe besparings-technologieën (voor eindverbruiksectoren en energieopwekking/conversie) en versterkte toepassing van duurzame energiebronnen. Daarnaast is speciale aandacht nodig voor de marktintroductie van nieuwe technologieën. Ook praktische gedragsaspecten spelen bij energiebesparing een rol.

Rol van technologie

Voor een concrete aanpak van de vijf aandachtspunten uit Figuur 2, zijn procestechnologische maatregelen van groot belang. Momenteel worden voor vermindering van vervuiling en verspilling vooral nageschakelde zuiverings- en reinigings-technieken (detectie, onderhoud, eindzuivering) toegepast. Deze extrinsieke maatregelen hebben vaak hun diensten al bewezen. Zij kunnen een redelijk tot goed milieurendement opleveren en zullen dan ook nog lang worden gebruikt. Nieuwe technische milieumaatregelen moeten meer gericht zijn op vermindering van vervuiling en verspilling: procesgeïntegreerde bestrijding, toepassing van hergebruikscascaden voor afvalstoffen, milieuvriendelijk ontwerpen. Het produkt is het verbindende element tussen produktie en consumptie. Milieuverantwoorde

behoeftebevrediging in de duurzame samenleving wordt voor een zeer groot deel bepaald door de kwaliteit van produkten.

Conclusies

- * Aanpassen van de huidige technologieën aan de eisen van een duurzame ontwikkeling vergt grote inspanningen. Zowel processen als produkten zullen drastisch veranderd moeten worden. Realisatie lijkt pas op langere termijn mogelijk.
- * Sociale, economische en culturele gevolgen van duurzame ontwikkeling moeten in samenhang met de technologische ontwikkelingen worden gezien.
- * De toekomstige milieuverantwoorde behoefte bevrediging wordt vooral gekenmerkt door drastische verlaging van de huidige verontreiniging- en verspillingniveaus (gesloten stofkringlopen).
- * Naast het ontwikkelen van geavanceerde afvalverwerkingsprocessen (waaronder end-of-pipe technologieën en recycling-processen) zal veel aandacht geschonken moeten worden aan procesgeïntegreerde bestrijding en preventie van milieuverontreiniging bij de bron.
- * Er is grote behoefte aan objectieve karakterisering van de milieu-aspecten van processen, ofwel het beoordelen van milieu-implicaties van technologisch handelen. Bij de beoordeling van processen moet de hele bedrijfsketen grondstofproductie-en-proces- produktverwerking/consumptie-afvalverwerking worden bekeken.
- * De milieukwaliteit van produkten (inclusief de ontwikkeling) is een essentiële, richtinggevende

parameter voor een duurzame kringloop-samenleving. De ontwikkeling van methoden om milieu-aspecten van produkten onderling te vergelijken, is gewenst.

- * Het opvoeren van inspanningen die tot verlaging van het energieverbruik, en verhoging van de effectiviteit van energie-conversie leiden, is dringend gewenst.

2.2 Normstelling

Het is duidelijk dat technologische kennis en kunde een belangrijke rol speelt bij duurzame ontwikkeling. Vaak zal gelden dat de hoogte van de normstelling bepaalt welke (milieu-) technologie vereist is. De kennis over de draagkracht van het milieu behoort te leiden tot eco(toxico-)logische normstelling. Daaruit kunnen concrete eisen worden ontleend die toepasbaar zijn op produkten of procesemissies. Normstelling vereist zorgvuldige afweging van meerdere factoren. Bij normstelling behoren overwegingen gericht op de lokale situatie, maar ook op grotere schaal. Het tijdsaspect is eveneens van belang. Men moet zich bijvoorbeeld realiseren dat bevolkingsgroei bij gelijke welvaart (en gelijke milieubelasting per inwoner) automatisch leidt tot een grotere milieubelasting.

Met betrekking tot normstelling zijn tenminste de volgende punten van belang:

- normstelling voor stoffen;
- normstelling van produkten/processen (certificatie).

Ecologische risico's van stoffen

Waarnemingen betreffende de toxiciteit van stoffen, beperken zich meestal tot effecten op individuele organismen. De vertaalslag van deze

effectparameters naar het functioneren van (interacterende) populaties, zoals in de veld-situatie, verdient veel aandacht. Er is dan ook behoefte aan een methodiek voor een algemeen ecologische risicobeoordeling van stoffen op basis van ecotoxicologische gegevens over de gevoeligheid van individuen van kensoorten. De toxiciteit van diverse stoffen is nauw verbonden met de ecologische schade die ze aanrichten. Er kunnen grofweg twee vormen onderscheiden worden:

- Schade, veroorzaakt door blootstelling aan stoffen die direct biologisch beschikbaar en toxisch effectief zijn als zij in het milieu vrijkomen.
Het betreft hier vooral de vergiftiging van individuele organismen. Afhankelijk van populatie-eigenschappen als selectiviteit en reproductiviteit, vindt herstel van de afzonderlijke populaties plaats. Bij een min of meer permanente bron worden individuele organismen doorlopend aan biologisch beschikbare stoffen blootgesteld. Hierdoor lopen de populaties als geheel uiteindelijk gevaar.
- Schade, veroorzaakt door blootstelling aan stoffen die in sedimenten en/of voedselketens accumuleren, en pas op termijn biologisch beschikbaar en toxisch effectief zijn. Het betreft hier voornamelijk persistente en/of lipofiele stoffen die de populatiedynamiek van bodemdieren en predatoren ernstig kunnen verstoren. Dit komt doordat zij de conditie (weerstand) en het voortplantingssucces doen verminderen.

Ecologische risicobeoordeling moet - afhankelijk van de situatie - met beide effecten rekening houden.

Bij een algemene waterkwaliteitsbeoordeling (basisnormering) of emissiebeoordeling is het

voldoende om directe toxiciteit als uitgangspunt te nemen. Voor een beoordeling van beschermde gebieden of soorten (met name predatoren) moet rekening worden gehouden met de potentiële effecten van accumulerende stoffen op lange termijn.

Een ander aspect is de selectie van ecotoxicologische gegevens, ofwel de keuze van indicatororganismen en effectparameters. Belangrijk is dat de organismen een evenwichtige doorsnede vormen van het ecosysteem dat bekeken wordt. Aandacht daarbij verdient de overeenstemming of analogie met kensoorten in de Nederlandse veldsituatie, zoals voor aquatische ecosystemen. Een ecologische risicobeoordeling van stoffen (op basis van relevante ecotoxicologische gegevens van kensoorten) is vooral geschikt voor een ecologisch onderbouwde normering van de water/bodemkwaliteit. Ook moet er een integrale risicobeoordeling van activiteiten (waaronder die, welke stofbelasting veroorzaken) komen. Dit met name ten behoeve van een ecologische onderbouwing van het watersysteembeheer. Daarbij wordt rekening gehouden met kwetsbare gebieden en ecologische beleidsdoelstellingen.

Verder is het van belang dat evenwichtigheid in de normstelling voor de compartimenten water, bodem en lucht wordt gerealiseerd. Dit aspect komt onder meer naar voren bij de problematiek van verontreinigde waterbodems.

Normstelling van producten/processen (certificering)

Normstelling of certificering van producten (milieukeur) krijgt op nationaal en EG niveau veel aandacht. Regelmatig blijkt dat de mate waarin een produkt het milieu belast, moeilijk is

te beoordelen. Het onderzoek hiernaar staat nog in de kinderschoenen en leidt tot conflicterende uitkomsten. Standaardisering van de beoordelingsmethodiek voor milieubelasting moet met voorrang worden ontwikkeld. Consumenten willen reclameslogans kunnen wegen (produktinformatie - milieulabelling). Tegelijkertijd willen steeds meer producenten de milieuvriendelijkheid van hun produkten aantoonbaar bewijzen om de consument te overtuigen. Een andere reden van producenten de milieu-aspecten van hun produkten te kwantificeren, is de dreiging van aansprakelijkheidswetgeving op dit gebied. Ook voor industriegrondstoffen groeit de behoefte aan objectieve karakterisering van de milieu-aspecten. Beoordeling van de mate van geschiktheid voor grondstofgebruik van afvalstoffen (c.q. produkten uit afval) vormt hier een specifiek toepassingsgebied. Objectieve karakterisering van milieu-aspecten en toegepaste milieumaatregelen kan van belang zijn voor processen. Dat geldt vooral bij het nemen van beslissingen over aanvragen voor vergunningen en subsidies bij milieu-investeringen.

Conclusies

- * Technologische ontwikkelingen zullen meer en meer gestuurd worden door normstelling/certificering, gebaseerd op milieukwaliteitsdoeleinden. Kennis over milieudraagkracht, c.q. het effect van de belasting van het milieu op de milieukwaliteit, zal steeds toenemen. Dit houdt in dat de normstelling niet statisch is, maar de kennisopbouw volgt.
- * De ecologische risicobeoordeling van stoffen moet gebaseerd zijn op de schade die veroorzaakt wordt door:
 - stoffen die direct biologisch beschikbaar en

- toxisch effectief zijn bij vrijkomen in het milieu;
 - stoffen die in sedimenten of voedselketens accumuleren en pas op termijn toxisch effectief zijn.
- * Standaardisering van de beoordelingsmethodiek van milieubelasting door produkten en processen is vereist, en moet leiden tot certificatie. Alternatieve produkten en processen kunnen dan met elkaar vergeleken worden. Op dit gebied is dringend verdere kennisopbouw noodzakelijk.

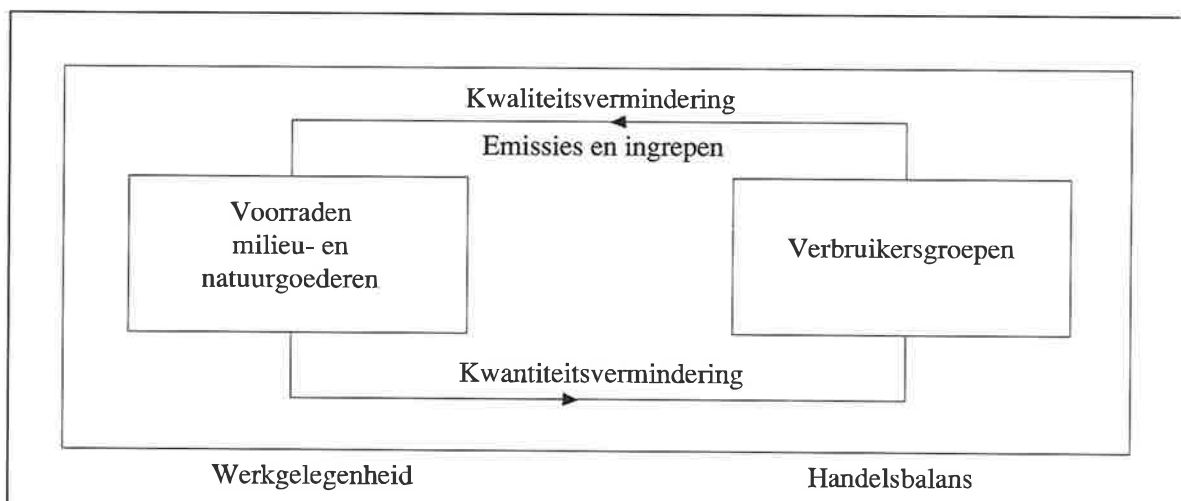
2.3 Milieu en economie

Wat normstelling betreft, ligt de nadruk in het huidige milieubeleid op technologische oplossingen. Het oplossen en analyseren van milieuvraagstukken vanuit een economisch perspectief zal echter steeds meer aandacht vragen. Aan veel lozingen hangt nog geen prijskaartje dat overeenkomt met de schade en invloed op het milieu. In relatie tot milieu en

duurzame ontwikkeling wordt ook wel gesteld dat het nationale inkomen ten onrechte als indicator van de welvaart wordt beschouwd. Milieuverliezen blijven buiten beeld (Huetting). Er is ook nog weinig inzicht in kosten en effectiviteit van maatregelen. Dit geldt zowel voor de emissievermindering als voor de kwaliteitsverbetering van het milieu. Door economische studies ontstaat er beter inzicht in de verdeling van lasten en lusten. Dit leidt tevens tot betere sturing van technologische ontwikkelingen. Verder te ontwikkelen economische inzichten kunnen een grote rol spelen bij gedragsbeïnvloeding via beloningen en heffingen.

Resource accounting/economische waardering van voorraden

Met resource accounting kunnen milieu- en natuurvoorraden exact worden vastgesteld. Ook kan verband worden gelegd tussen de mate waarin verbruikersgroepen milieu- en natuurvoorraden gebruiken of de kwaliteit ervan aantasten.



Figuur 3: Samenhang van milieu en economie

Inzicht in de mate waarin verbruikersgroepen voorraden milieu- en natuurgoederen (functies) gebruiken, of de kwaliteit ervan aantasten, kan als uitgangspunt dienen voor het toerekenen van de herstelkosten.

De ontwikkeling van meetlatten voor het vaststellen van de mate van milieubelasting kan als uitgangspunt dienen voor het berekenen van een 'milieu-aanslag' voor de diverse verbruikersgroepen.

Bepalen van het milieurendement

De schade die aan milieu en natuur wordt toegebracht, valt moeilijk in geld uit te drukken. Hierdoor is het vaak onmogelijk of problematisch om een afweging te maken tussen kosten/baten van preventieve maatregelen en herstel van de milieukwaliteit.

Om het milieurendement van maatregelen vast te stellen, kan gekozen worden voor de volgende opties:

- Kosten-effectiviteit
Voor het bepalen van de (kosten-)effectiviteit van maatregelen is het noodzakelijk om (milieu)doelstellingen te formuleren. Hierbij kan worden aangesloten bij de algemene en bijzondere milieukwaliteitsdoelstellingen. Op basis daarvan zou kunnen worden beoordeeld (geselecteerd) in hoeverre bepaalde maatregelen die doelstellingen binnen bereik brengen.
- Reductie van risico's
Dit staat nog in de kinderschoenen. Er kan een relatie worden gelegd tussen milieukwaliteit en risico's. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen risico's voor mens, ecosystemen, materialen en gebouwen.
- Economische waardering van milieu- en natuurfuncties
Milieu- en natuurwaarden hebben voor de mens economische waarde. Kwantificering hiervan

vindt alleen plaats voor zover het gaat om grondstoffen. De vaststelling van de economische waarde van meerdere functies van milieu en natuur maakt het enerzijds mogelijk om een verband te leggen tussen afname (gebruik door maatschappelijke activiteiten) van deze functies, en de mate waarin maatregelen die afname/gebruik reduceren. Dit houdt een vorm van kosten/baten analyse in. Anderzijds kunnen prioriteiten worden gesteld. Maatregelen kunnen immers gericht worden op bescherming/herstel van milieu- en natuurfuncties met de hoogste economische waarde.

Groter gebruik marktprikkels

Hierbij wordt vooral gedacht aan het betalen voor lozingsvergunningen of marktprikkels op basis van het prijsmechanisme. Er zijn ook andere mogelijkheden zoals milieu-auditing en certificering van bedrijven. Bedrijven die audits laten uitvoeren en een bepaald voorzieningenniveau realiseren op het gebied van milieuveiligheid (minimaliseren van milieurisico's) zouden recht kunnen hebben op belastingaftrek. Zo kunnen milieu-investeringen worden terugverdiend. Ook kan worden overwogen om verbruikersgroepen met grote milieurisico's zich verplicht te laten verzekeren. Deze bedrijven kunnen audits laten uitvoeren. Als ze een bepaald voorzieningenniveau op het gebied van milieuveiligheid hebben bereikt, krijgen ze recht op premiereductie. Hoe hoger het niveau, des te groter de premie-aftrek. Eventueel wordt een bonus-malus systeem toegepast. Dit kan met name interessant zijn voor de verbruikersgroepen industrie en landbouw. Bij de doelgroep huishoudens kan worden gedacht aan het aanbieden door nutsbedrijven van een pakket concrete maatregelen/

voorzieningen, gericht op vermindering van energie- en waterverbruik. Hier kan een bepaalde premie tegenover staan (belonen!).

Berekening economische gevolgen voor verbruikersgroepen

Dit veronderstelt kennis van de milieurisico's die de diverse verbruikersgroepen met zich meebrengen. De volgende punten verdienen aandacht:

- Inventarisatie van de maatregelen (milieutechnologie, milieuzorgsystemen) die nodig zijn om risico's terug te dringen.
- Berekening van de kosten per branche/sector.
- Ontwikkeling van de milieu-investeringen gedurende een reeks van jaren.
- Berekening van de macro-economische gevolgen van deze investeringen, inclusief werkgelegenheid en handelsbalans.

Conclusies

- * Om milieudoelstellingen te bereiken, zal in de toekomst meer gebruik worden gemaakt van economische prikkels.
- * Milieu-economische kennisopbouw is gewenst. De gevolgen van technologische ontwikkelingen, in relatie tot milieukwaliteitsdoelstellingen, kunnen dan beter worden ingeschat.
- * Door beter inzicht in de waardering van milieuvorraden, is het mogelijk om tot een verdere internalisering, gericht op het voorkomen van potentiële milieuschade, te komen (m.a.w. versterking van de innerlijke bereidheid tot het zelf oplossen c.q. voorkomen van milieuproblemen).

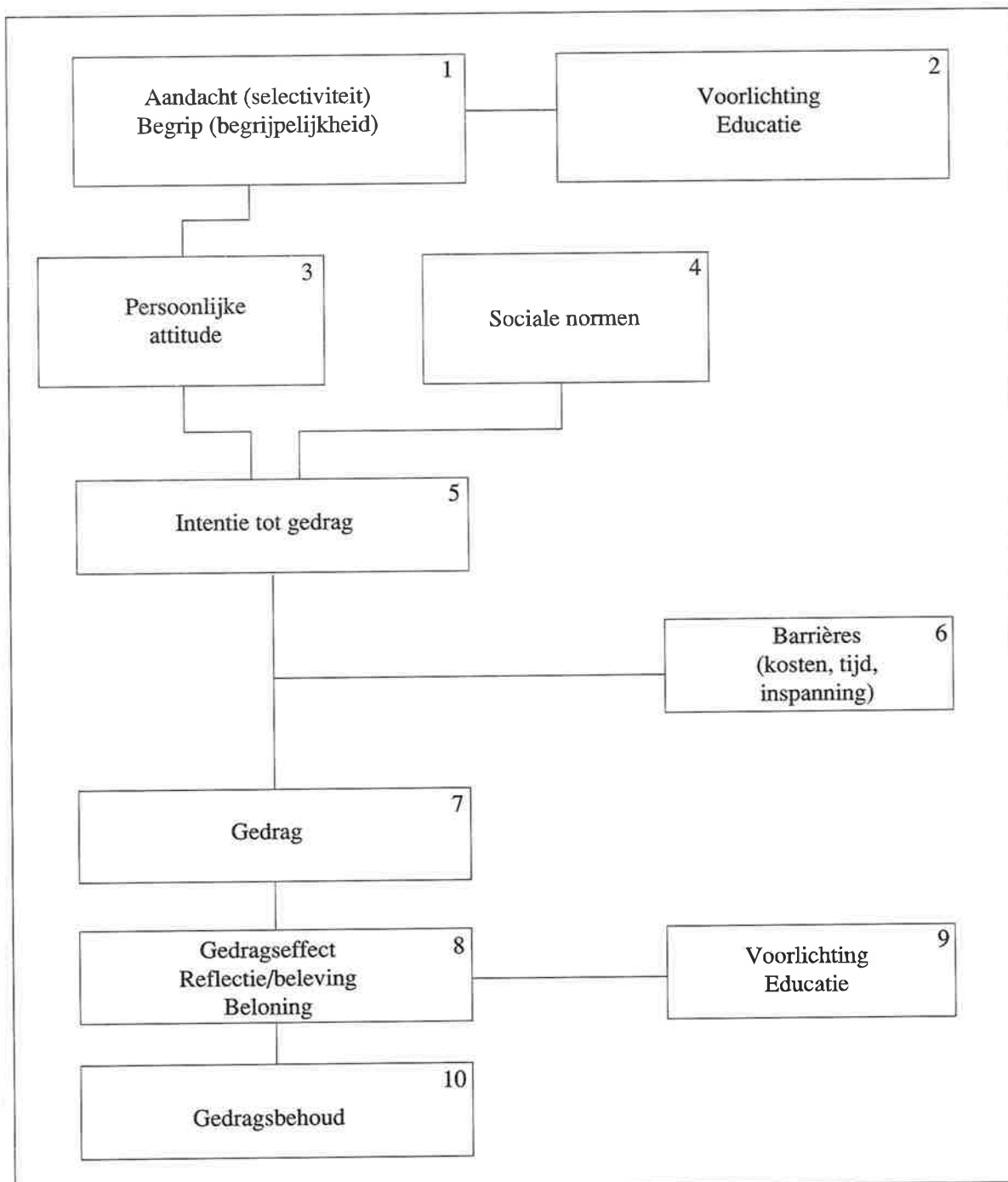
2.4 Gedrag/individuele betrokkenheid

Lange tijd is milieuproblematiek vanuit specialistische invalshoeken (chemie, biologie, technologie etc.) benaderd. Tegenwoordig wordt de problematiek steeds meer als maatschappelijk vraagstuk erkend, juist ook in de politiek. Het gaat daarbij om de perceptie van het milieuvraagstuk, consumentengedrag, en het functioneren van overheden. Het is van belang hoe lasten en lusten over bepaalde bevolkingsgroepen verdeeld zullen worden. De lasten kunnen zich in korte, directe of juist lange, indirecte oorzaak-gevolg ketens uiten. Sociaal wetenschappelijk onderzoek richt zich op milieubeleving, de relatie tussen houding en gedrag (t.o.v. recreatie, consumptie, energiegebruik, afvalhergebruik etc.) en beïnvloedbaarheid (reactie op prikkels, overheidsdoelstellingen etc.).

Milieugedrag

Milieugedrag definiëren we als gedrag dat invloed heeft op milieu en energie. Er kan sprake zijn van direct milieugedrag, waarbij een handeling bewust gericht is op verbetering van het milieu (b.v. recycling oud papier, lager zetten van thermostaat), of indirect milieugedrag (b.v. niet harder rijden dan 100 km/uur). Daarbij vormen andere dan milieu-overwegingen de belangrijkste gedragsfactoren. Figuur 4 is ontleend aan de voorlichtingskunde en illustreert een model van gedragsverandering.

Een belangrijke factor is de uitvoerbaarheid van het gedrag (inspanning, afstand, kosten etc.). De gedragsintentie wordt op haar beurt weer beïnvloed door persoonlijke attitudes en sociale normen. Vaak stemmen normen overeen met attitudes, maar soms is er verschil tussen eigenbelang (vaak korte termijn) en algemeen belang (vaak lange termijn). Voorlichting en educatie moeten met beide aspecten rekening



Figuur 4: Model van gedragsverandering

houden. De attitude beïnvloedt de afweging van voor- en nadelen ten opzichte van bepaald gedrag. Milieu-aspecten spelen vaak nog een kleine rol bij de afweging.

Gedragsverandering

Gedragsverandering kan plaats vinden door opgedane ervaringen, leren, imitatie en communicatie. Verandering vereist selectieve aandacht van de betrokkenen, aankweken van begrip en een attitudeverandering. Hierdoor ontstaat een groter besef ten opzichte van de nieuwe situatie. Naast attitude verandering kan verschuiving in de sociale normen plaatsvinden. Voorlichting en educatie kan allereerst op attitudes en sociale normen worden gericht. Dit vindt plaats via een selectieve, op de doelgroep afgestemde aanpak. Een ander aanknopingspunt is het bevorderen van gedragsbehoud door de voordelen van het nieuwe gedrag te belichten. Als iemand merkt dat zijn/haar gedrag een positief effect heeft, zal hij/zij eerder tot gedragsbehoud komen. De verspreiding van het gedrag kan plaatsvinden via diffuse processen of bewust georganiseerde acties. Milieugedrag dat door de samenleving in het geheel niet gewenst wordt, kan middels straffen en sancties worden afgedwongen. De straffen kunnen gericht zijn op organisaties, personen in organisaties en individuele burgers. Straffen kunnen een financieel of vrijheidsberovend karakter hebben.

Relatie technologie en gedrag

Bij technologische oplossingen van milieuproblemen zijn de menselijke aspecten in het verleden soms onderbelicht gebleven. De implementatie verliep daarom minder succesvol. Technologische voorzieningen kunnen ook zo ontworpen worden dat ze juist gebruik maken van bepaalde normen/attitudes

en een sterk dienstverlenend karakter hebben. Infrastructurele voorzieningen (zoals vrije baan voor carpools) kunnen eveneens zodanig worden ontworpen, dat de voordelen van het gewenste gedrag direct zichtbaar worden. TNO onderkent het belang van de 'human factor', en ziet deze als één van de vier hoofdelementen voor onderzoek in het kader van de vermindering van de milieubelasting.

In het NMP wordt onderkend dat technologische vernieuwingen en regulerende maatregelen alleen, op termijn onvoldoende zijn om duurzame ontwikkeling te bewerkstelligen: er is ook een mentaliteitsverandering nodig, als basis voor milieubewust gedrag. Niet alleen bij consumenten van goederen en diensten, maar ook bij producenten en leveranciers, beleidsvoorbereidende en -uitvoerende instanties, enz. Kortom, bij een breed scala aan doelgroepen.

Voor de doelgroep 'consumenten' bijvoorbeeld, zijn de volgende doelstellingen geformuleerd:

- reductie van het aantal reizigerskilometers per particulier vervoer;
- reductie van de huishoudelijke afvalstroom;
- reductie aardgasverbruik voor verwarming;
- reductie elektriciteitsverbruik;
- meer aandacht voor milieu-aspecten van diensten of producten;
- een grotere bijdrage aan de scheiding van huishoudelijk afval aan de bron.

Deze doelstellingen kunnen slechts gedeeltelijk door technologische vernieuwing en normstelling gerealiseerd worden. Gedragsverandering door een toenemend milieubewustzijn speelt een belangrijke rol. TNO's kracht bij de aanpak van de milieuproblematiek, is de aanwezigheid van technische/ technologische expertise en sociaal-wetenschappelijke kennis en kunde. Die is nodig om attitude- en gedragsveranderingen tot

stand te brengen. Dit maakt een integrale benadering van de milieuproblematiek mogelijk - zowel preventief als curatief - zowel vanuit een technische als vanuit een mensgerichte invalshoek.

Conclusies

- * Om het milieu-bewustzijn te bevorderen, is een aanpak die gericht is op motivatie (innerlijke overtuiging) belangrijker dan afgedwongen milieuvriendelijk gedrag.
- * De technologische oplossingen zullen moeten starten bij bestaande attitudes en normen met name wanneer ingrijpende technologische veranderingen nodig zijn zal aan een aanpassing van attitudes en normen niet kunnen worden ontkomen. Ook zullen de positieve aspecten en het waarom direct zichtbaar moeten zijn.
- * De relatie tussen technische oplossing en 'human factor' is nog onvoldoende onderzocht. Toch zal deze van doorslaggevend belang zijn voor de realisatie van milieudoelstellingen, en het creëren van het vereiste politieke draagvlak.

3. Betrokkenheid van TNO bij thema's van NMP

3.1 Verandering van het klimaat

Inleiding

De concentraties van zogenaamde broeikasgassen in de atmosfeer stijgen al gedurende tientallen jaren.

Modelberekeningen tonen aan dat dit in principe een toename van de temperatuur op aarde tot gevolg heeft. Naast deze mogelijke mondiale verandering van het klimaat, is de laatste jaren duidelijk geworden dat de stratosferische ozonlaag wordt bedreigd of aangetast, zoals boven de Zuidpool.

In Nederland wordt onderzoek verricht naar deze verschijnselen en de bestrijding ervan. Als lid van de internationale gemeenschap is Nederland mede verantwoordelijk voor:

- de formulering van internationaal beleid;
- ondersteunend technologisch en constaterend onderzoek inzake klimaatproblematiek.

De stand van zaken bij het internationale onderzoek is goed weergegeven in het rapport 'Climate Change' (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC-rapport), september 1990). Voor de ozonproblematiek wordt verwezen naar het rapport 'Present state of knowledge of the upper atmosphere 1990' (An assessment report, NASA ref. Publication 1242, September 1990).

In het rapport 'Climate Change' wordt geconcludeerd dat in de komende 30 jaar de gemiddelde temperatuur op aarde naar verwachting met 0.3 °C per 10 jaar toeneemt. De temperatuurmarge bedraagt 0.2 °C - 0.5 °C. Bij klimaatveranderingen van 0.1 °C per 10 jaar, zoals die zich naar alle waarschijnlijkheid in het verleden op natuurlijke wijze hebben voorgedaan, is het ecosysteem nog net in staat om zich aan te passen. Bij grotere veranderingen is dat niet meer het geval. In het ozonrapport wordt vastgesteld dat

aantasting van de ozonlaag zal optreden bij stratosferische chloorconcentraties boven 2 ppb. De huidige concentratie bedraagt ca. 3 ppb, met een sterk stijgende trend. Beide rapporten zijn zeer gezaghebbend. Honderden wetenschappers hebben eraan gewerkt. Het ontbreken van informatie omtrent de rol van troposferisch ozon in de klimaatproblematiek, kan als grootste leemte worden aangemerkt.

Het Nederlandse beleid sluit aan, of loopt voorop bij internationale onderhandelingen. Het internationale beleid betreffende de ozonlaag krijgt gestalte in het Montréal protocol, en de aanscherpingen hierop.

Een klimaatprotocol lijkt zich aan te dienen. Het Nederlandse beleid betreffende CFK's is vastgelegd. Het klimaatbeleid in het NMP Plus was nog uitsluitend op CO₂ gericht, maar medio 1991 worden de andere broeikasgassen erbij betrokken.

Het beleid is duidelijk brongericht. In het geval van CFK's wordt ook vervangingsbeleid gevoerd.

De vraagkant van de overheid richt zich op de twee eerder genoemde, samenhangende aspecten, te weten beleidsondersteunend technologisch en constaterend onderzoek. Dit ten behoeve van het nationale, maar vooral ook het internationale beleid.

Huidige TNO-activiteiten

Het nationale onderzoek krijgt vorm in het Nederlandse Onderzoek Programma 'Mondiale luchtverontreiniging en klimaat'.

Technologische aspecten ontbreken in dit NOP. Ook aan het begrip ecologische normstelling wordt tot nu toe niet expliciet aandacht besteed. In het onderzoek worden de volgende beleids-ondersteunende hoofddoelen gesteld:

- het zo scherp en concreet mogelijk formuleren

- van de milieudoelstellingen in kwantitatieve zin;
- het vinden van technologische oplossingen, zowel op het gebied van bestrijding als preventie van ongewenste emissies;
- het bijdragen aan bestuurlijke en politieke oplossingen en de daarbij behorende instrumenten.

Bij de ozonlaag ligt het accent op de laatste twee doelen. Bij de klimaatproblematiek is er nog grote onzekerheid over de mate waarin het broeikas effect zal optreden, zodat vooral het eerste doel aandacht verdient. Aan het specifieke klimaatonderzoek dat daarvoor nodig is, wordt in Nederland niet gewerkt. Dat gebeurt slechts op een paar plaatsen in de wereld. Wel kan Nederlands onderzoek in internationale samenwerking bijdragen aan de input die nodig is voor grote klimaatmodellen.

Nederlands technologisch en constaterend onderzoek vergt een nationale aanpak. TNO zal meewerken aan een integratie van dit onderzoek, tezamen met het RIVM (met het accent op directe beleidsondersteuning en coördinatie), het KNMI (met het accent op meteorologische en klimatologische aspecten), het ECN (met het accent op de energieproblemen) en diverse andere instellingen, met name de universiteiten.

In algemene termen richt het TNO-onderzoek zich op:

- emissies;
- de verspreiding en het fysisch en chemisch gedrag;
- het voorkomen en verminderen van emissies van de relevante componenten;
- de relatie met andere grootschalige milieu-verstoringen.

Het betreft in dit geval de componenten CO₂, CH₄ en O₃ (in de vrije troposfeer) als

broeikasgassen, de componenten N₂O, CFC-11, CFC-12, HCFC-22, en enkele andere organische chloorfluorverbindingen als broeikasgassen en verdachte aantasters van de ozonlaag. Aërosolen en precursors zoals DMS zijn op zich geen broeikasgas. Ze spelen wel een grote rol in klimaatprocessen en vallen dus binnen het onderzoekgebied.

Centraal thema is hierbij het onderscheid tussen antropogene, d.w.z. door de mens veroorzaakte en dus beïnvloedbare emissies, en natuurlijke emissies, die leiden tot de samenstelling van de natuurlijke atmosfeer.

TNO is, voornamelijk in opdracht van de overheid, op de navolgende beleidsrelevante gebieden actief:

- Emissiebepalingen.

Er worden projecten uitgevoerd op het gebied van antropogene emissiemetingen van CH₄, N₂O en CFC's (bijvoorbeeld metingen van stortgasemissies).

Onderzoek wordt gestart naar de rol van natuurlijke emissie door mariene organismen (DMS) in relatie tot aërosolen op mondiale schaal, als mogelijk regulerend klimaat-mechanisme (de S-cyclus). Onderzoek is ook gestart naar de natuurlijke emissie van terpenen en de natuurlijke en antropogene bodem-emissie van NO_x.

- Chemisch en fysisch gedrag.

Projectvoorstellen staan vermeld in het NOP 'Mondiale luchtverontreiniging en klimaat'. Dit onderzoek gaat vooral over de ozonbalans in de troposfeer, juist omdat dit aspect ontbreekt in het recente Climate Change rapport. De rol van CH₄, NO_x, CO en vluchtige koolwaterstoffen wordt ook behandeld.

Er wordt gewerkt aan een position paper over de rol van ozon als broeikasgas.

- Voorkomen en verminderen, d.w.z. brongerichte technologie betreffende de relevante componenten.
In principe vallen hieronder alle activiteiten op het gebied van energiebesparing en verkeer/vervoer beheersing. In het NMP-Plus wordt al aangegeven hoe essentieel deze onderwerpen zijn in de CO₂-doelstellingen. Ook het onderzoek naar mogelijke reductie van N₂O-emissies bij kolenstook valt hieronder.

Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar de vervanging van CFK's in de koelindustrie, en de opwerking van CFK's als verdachte veroorzakers voor de aantasting van de ozonlaag.

Komende TNO-activiteiten

- Emissies.
TNO is met het RIVM in internationaal verband betrokken bij de opzet van een mondiale emissie-database voor antropogene en natuurlijke emissies.
Deze vormen een essentieel onderdeel van klimaatatmosferische chemiemodellen.
Bij de opzet van een mondiale emissie-database, wordt slechts in heel beperkte mate gebruik gemaakt van de TNO-expertise op het gebied van emissie.
Emissiemetingen aan N₂O, CH₄ - zoals aardgaslekmetingen - blijven relevant voor de bepaling van het antropogene deel.
Naast het onderzoek naar DMS zou een meer algemeen onderzoek naar aerosol-emissies en -vorming overwogen kunnen worden.
Ook waterdamp als het belangrijkste broeikasgas zou, in nauwe samenwerking met het KNMI, in het onderzoek kunnen worden betrokken.

- Chemisch en Fysisch gedrag.
In de vorige paragraaf stond vermeld dat in het NOP diverse onderzoeksvoorstellen zijn ingediend en in behandeling genomen.
Er worden onderzoeksvoorstellen voorbereid die zich richten op de toepassing van mondiale satellietwaarnemingen, de interpretatie daarvan, en de ontwikkeling van meetapparatuur.
De ecologische normstelling voor de ozonlaag (in principe een concentratieniveau van gewogen CFK's van maximaal 2 ppb) en het broeikaseffect (maximale temperatuurstijging van 0.1 °C per 10 jaar) ligt globaal vast. Het valt te overwegen om na te gaan of een algemene ecologische normstelling mogelijk is. Daarbij kan worden uitgegaan van het concept dat stoffen die van nature niet in de atmosfeer voorkomen (en ook een relatief lange verblijftijd hebben), een potentiële bedreiging vormen voor mondiale luchtverontreiniging en klimaat.
Een dergelijke aanpak voor normstelling kan mogelijk ook op andere milieuterreinen van belang zijn, maar is zeker van invloed op de beoordeling van de toelaatbaarheid van vervangers.
- Duurzame ontwikkeling/technologie (voorkomen van emissies).
Door zijn vele contacten in het bedrijfsleven, heeft TNO de mogelijkheid om de benadering van duurzame productie, en daarbij passende producten, uit te dragen. Binnen TNO is een ontwikkeling gaande om deze functie verder te versterken. Door stimulering kan deze ontwikkeling worden versneld.
TNO's kracht op dit gebied ligt in een geïntegreerde aanpak van diverse disciplines. In het Nederlands onderzoekkader is TNO het enige instituut dat geïntegreerd technologisch onderzoek kan uitvoeren. Constateerend

onderzoek wordt alleen uitgevoerd in samenhang en geïntegreerd met de zusterinstituten.

Samengevat zal het TNO-onderzoekbeleid binnen dit thema in de komende jaren met name gericht zijn op:

- Het voorkomen van emissies, dat wil zeggen technologisch onderzoek;
- Het onderzoek naar de rol van ozon als broeikasgas in de troposfeer;
- De mogelijkheid voor een aanpak van ecologische normstelling, gebaseerd op het principe van al dan niet in de natuur voorkomende stoffen.

In het kader van de thans gestarte verkenningen van TNO gericht op een 'Duurzame Ontwikkeling' strategie (Inleiding, blz. 3) zal ook het voorkomen van emissies sterk de aandacht krijgen.

3.2 Verzuring

Inleiding

Het overheidsbeleid op het gebied van verzuring is gericht op terugdringing van de uitstoot van SO₂, NO_x en NH₃. Gestreefd wordt naar 70 à 80% emissiereductie van verzurende stoffen in het jaar 2000. Ook wordt aandacht besteed aan het tot stand komen van piekwaarden van ozonconcentraties tijdens smogperiodes, en aan lange termijn- gemiddelden van ozon (door TNO onder dit thema vermeld).

Bij SO₂ en NO_x richt de aandacht zich primair op raffinaderijen en elektriciteitscentrales. Maar ook de procesindustrie, verkeer en vervoer en huishoudelijk energiegebruik krijgen aandacht. Daarnaast is de bestrijding van ammoniakemissie van de intensieve veeteelt van groot belang, omdat dit een specifiek Nederlands probleem is. Daarbij gaat het onder

andere om de aanpassing van stalsystemen en mestinjectie in de bodem. Ook het streven naar beperking van het nitraatgehalte in grondwater speelt daarbij een belangrijke rol.

Op het gebied van verzuring bezitten grote bedrijven, zoals raffinaderijen, elektriciteitscentrales en grootschalige procesindustrie, meestal zelf de kennis en ervaring om deze problemen aan te pakken. TNO richt zich daarom vooral op de middelgrote en kleine (proces)industrie, op landbouw en op verkeer en vervoer. Als gevolg hiervan ligt het accent eerder op de N- dan op de S-problematiek. Kernprobleem is daarbij steeds om, per situatie, een technologie te selecteren die per bestede gulden zoveel mogelijk bijdraagt aan de bestrijding van verzuring. Daarbij verdienen procesgeïntegreerde maatregelen de voorkeur boven toegevoegde technologie. TNO bezit op beide gebieden een goede, multidisciplinair georiënteerde kennis van zaken. Bestrijding van de verzuring werkt q.q. kostenverhogend. In het algemeen is de verhouding tussen die kosten en de marktprijs van het betreffende produkt echter acceptabel. Niettemin kunnen deze kosten problemen veroorzaken, bijvoorbeeld bij export van produkten. Internationale afspraken op dit gebied zijn dan ook noodzakelijk.

Huidige TNO-activiteiten

Het verzuringonderzoek bij TNO heeft zowel een effectgericht ('wat gebeurt er?') als een brongericht ('wat doe je er tegen?') karakter. De integratie van deze beide kennisgebieden leidt tot een unieke synergie op dit onderzoeksterrein.

- Metingen, ontwikkeling meetmethoden. In samenwerking met het effectonderzoek van het RIN (Rijksinstituut voor Natuurbehoud)

- meet TNO de depositie van verzurende componenten op heidegebieden. Voor de bepaling van emissiefactoren en emissiebeperkend beleid worden op verschillende ruimteschalen (stallen, mestsilos, weidegebieden) NH₃-emissies gemeten. Dit gebeurt veelal in samenwerking met landbouwinstituten. Bij dit onderzoek wordt samengewerkt met het RIVM, het ECN en de LUW.
- Lage NO_x-verbranding.
Verder voert TNO onderzoek uit op het gebied van lage NO_x-verbranding van ammoniakhoudende afvalstromen. Samen met het Gasinstituut is onderzoek verricht naar katalytische (no-NO_x) verbranding van aardgas bij 600°C.
 - S-emissies.
Ten behoeve van de industrie geeft TNO adviezen (zonodig gebaseerd op metingen) over emissievermindering (o.a. Hoogovens, SO₂ en H₂S-emissies).
 - Smogpreventie.
Met behulp van modellen worden de atmosferische vormingsprocessen bestudeerd die betrekking hebben op smogproblematiek en de troposferische ozonconcentraties. Daarnaast geeft TNO adviezen op het gebied van bestrijding en preventie, ook in EG-verband. Ook de relatie tussen troposferische ozon en de stressfactor van plantenschade en bossterfte krijgt aandacht, in combinatie met andere stressfactoren.
 - Afvalverbranding.
Bij TNO speelt onderzoek naar meer milieuvriendelijke methoden van afvalverbranding een belangrijke rol. De overheidsplannen op dit gebied maken dit onderwerp heel relevant. De overheid streeft namelijk naar verhoging van het percentage te verbranden afval. In 1986 bedroeg dit circa 10%, terwijl voor het jaar 2000 wordt gestreefd naar een percentage van 25%. Daarbij speelt mede een rol dat energie uit afval voor circa 5% in de nationale behoefte zou kunnen voorzien.
 - Accu's en brandstofcellen.
Bij TNO wordt onderzoek uitgevoerd naar optimalisering van conventionele lood-zwavelzuuraccu's voor stationair gebruik. Ook worden studies verricht naar de toepassingsmogelijkheden van de Na-S batterij in verkeer en vervoer en daarnaast aan de ontwikkeling van (vast electrolyt) membraan brandstofcellen. Op het gebied van solid oxyde fuel cells vindt modelvorming plaats.
- Komende TNO-activiteiten***
- Metingen, ontwikkeling meetmethoden.
Er zijn advieswaarden geformuleerd voor maximaal toegestane zure deposities op natuurgebieden en daarnaast met betrekking tot grondwaterkwaliteit. Voor toepassing van die doelstellingen is de ontwikkeling van meetmethoden en -strategieën voor depositie nodig. Daarin kan TNO, samen met het RIVM, een belangrijke rol spelen. De uitkomsten daarvan vormen een basis voor concrete beleidsmaatregelen.
 - Verzuringonderzoek, algemeen.
Voor de derde fase van het additionele verzuringsonderzoek zijn studies gepland naar de aantasting van de (gevoelige) duingebieden, naar de rol van organische stikstofverbindingen in de bodem en naar een verdere uitbouw van het systeemonderzoek verzuring. Onder andere om te komen tot een betere relatie tussen de positie en effecten (Dutch Acidification System, RIVM).

- Lage NO_x-verbranding.
Voor verbrandingsprocessen in het algemeen wordt vlam- en brandonderzoek gestart, vooral vanwege de NO_x-problematiek. Hierbij wordt ook aandacht besteed aan de N₂O-beheersing (bij lage temperaturen neemt de NO_x-vorming af, maar ontstaat juist N₂O). Er staat ook een onderzoek naar NO_x-minimalisering bij (kippen)mestverbranding gepland. Met de modellering van afvalverbranding in relatie tot emissievermindering is een begin gemaakt. In de komende jaren zal dit worden uitgebouwd in relatie met het verdere verbrandingsonderzoek.
- S-emissies.
TNO is samen met RUG en NIOZ een onderzoek gestart naar de rol van het mariene milieu in de mondiale zwavelcyclus. Dit in het kader van het NOP 'Mondiale luchtverontreiniging en klimaatverandering'.
- NH₃-bestrijding.
Bij de NH₃-bestrijding zal de samenwerking met de landbouwinstellingen worden geïntensiveerd. Aandacht zal onder andere worden geschonken aan mestverwerking en emissiepreventie. Met betrekking tot de ammoniakproblematiek is voortzetting van het onderzoek naar ammoniakemissies uit stallen, landbouwgrond en weidegebieden gewenst.
- Smogpreventie.
Enkele geplande studies zijn van belang met betrekking tot de lange termijn gemiddelde ozonconcentraties. Het gaat daarbij om de omzetting en verwijdering van stikstofverbindingen in de landen rond de Noordzee, en met name om de emissie van terpenen uit naaldbomen (beide in EG-verband). Ook zullen metingen plaatsvinden naar achtergrond-

concentraties van koolwaterstoffen, NO_x en PAN⁽¹⁾, en vindt modelmatige interpretatie van deze gegevens plaats (internationale samenwerking, TOR⁽²⁾).

Aan de hand van deze achtergrondgegevens kan de betekenis van antropogene emissies worden ingeschat. Studie en onderzoek op het gebied van koolwaterstoffen zal in sterkere mate per branche worden uitgevoerd, en loopt parallel met overheidsopdrachten.

- Verbrandingsonderzoek.
In aansluiting op het lopende onderzoek, zal TNO nieuwe activiteiten gaan ontplooiën op het gebied van verbrandingsonderzoek. Deze hebben betrekking op geavanceerde methoden van emissiepreventie, -bestrijding en modellering. Voorbeelden hiervan zijn: niet-katalytische wervelbedverbranding van aardgas, procesbeheersing door O₂-injectie en verdergaande branderontwikkeling met als doel lage NO_x-emissies. In dit verband speelt ook de benutting van afvalsynergie. Zo zijn sommige afvalstoffen basisch en kunnen zij in principe de afvangst van verzurende componenten vergroten, bijvoorbeeld bij verbrandingsprocessen.
- Accu's, brandstofcellen.
Ten behoeve van milieuvriendelijker verkeer en vervoer, zal TNO onderzoek starten naar de Na-S batterij en naar brandstofcellen. Het onderzoek zal zich vooral richten op de eerder genoemde membraancellen.

1) Peroxyacetylnitrat

2) Troposferische Ozon Research

3.3 Vermesting

Inleiding, aanpak van de overheid

Er komt teveel fosfor (P) en stikstof (N) in het milieu, in verschillende verschijningsvormen. Dit veroorzaakt een vermistingsprobleem. De kwaliteit van grondwater, oppervlaktewater en bodem wordt hierdoor aangetast.

Het NMP geeft aan dat de emissie van vermistende stoffen met 70 à 90 % gereduceerd moet worden. In dit verband worden onder andere de volgende belangrijke aangrijpingspunten genoemd:

- Vermindering van emissie van rioolwaterzuiverings-installaties.
- Vermindering van overbemesting in de landbouw. Dit wordt ondermeer veroorzaakt door intensieve veehouderij.

Door een gefaseerde aanscherping van de mestregelgeving, wordt de overbemesting stapsgewijs teruggedrongen. Het resterende mestoverschot is verwerkbaar.

Door overheid en landbouwbedrijfsleven wordt vorm gegeven aan een driesporenbeleid.

Doelstelling hierbij is oplossing van de vermistingsproblematiek, met behoud van een duurzame, perspectiefvolle veehouderij.

Het eerste spoor zoekt naar een oplossing via de veevoedersamenstelling: de preventieve weg.

Het tweede spoor is de distributie van de mest.

Het derde spoor is centrale verwerking van resterende mestoverschotten tot nuttige toepasbare producten.

Op de relatie tussen de intensieve veehouderij en de verzuringsproblematiek wordt niet nader ingegaan.

Huidige TNO-activiteiten

- Afvalwateronderzoek.

Er wordt onderzoek verricht naar de biologische zuivering van afvalwater. Doel is verbetering

van de verwijdering van P en N uit het afvalwater. Dit om aan de laatste, strengere effluenteisen te kunnen voldoen. De nadruk ligt op de verwijdering van N.

- Onderzoek naar de mestproblematiek. Het onderzoek met betrekking tot de mestproblematiek heeft de volgende zwaartepunten:
 - onderzoek naar een verbeterde veevoersamenstelling;
 - onderzoek naar mestverwerkingsprocessen en -produkten;
 - beleidsondersteunend onderzoek.

- Onderzoek naar een verbeterde veevoersamenstelling.

Bij de mestoverschotproblematiek (en verzuringsproblematiek) speelt stikstof (N) een belangrijke rol.

Reductie van N-uitscheiding kan onder andere worden bereikt door:

- verbetering van de verteerbaarheid van grondstoffen;
- verhoging van de benutting van de stikstof.

TNO besteedt aan beide aspecten ruim aandacht. Het onderzoek naar verbetering van de verteerbaarheid richt zich op eliminatie van anti-nutritionele factoren, en op toepassing van enzymen.

Bij de verhoging van de stikstofbenutting, richt het onderzoek zich op verbeterde afstemming van het aminozuurgehalte (eiwit) op de behoefte van het dier. In dit verband wordt ook het gebruik van synthetische aminozuren bestudeerd.

- Onderzoek naar mestverwerkingsprocessen. Eerste generatie mestverwerkingsprocessen staan op het punt gerealiseerd te worden. Het betreft processen waarvan de technologie min of meer bekend is, en leveren als eindproduct

gedroogde mest in korrelvorm op. Deze mestkorrels moeten als meststof in het buitenland worden afgezet.

Door TNO is de afgelopen jaren intensief samengewerkt met de belangrijkste initiatiefnemers voor verwerkingsinstallaties.

De basiskennis voor de bouw van grootschalige mestverwerkingsinstallaties is nu op enkele plaatsen aanwezig. Bij de realisatie moeten overigens nog veel problemen worden overwonnen.

Onderzoek naar tweede generatie mestverwerking moet nu met kracht ter hand worden genomen. Met name om in de toekomst de kosten van mestverwerking te verminderen. Het gaat hierbij om de toepassing van kostenbesparende technieken, en het produceren van producten met hoge toegevoegde waarde. TNO voert al onderzoek uit naar enkele van deze processen. Als voorbeeld dient de biotechnologische productie van hoogwaardige aminozuren uit mest.

Binnenkort start een studie naar de verdere perspectieven van tweede generatie mestverwerking. TNO werkt mee aan deze studie.

- **Beleidsondersteunende studies.**

Bij complexe beleidsvraagstukken -zoals overbemestingproblematiek-, zijn beleidsondersteunende studies van groot belang. TNO heeft in deze tak van onderzoek expertise opgebouwd. Haar brede technologische kennis en ervaring kan daarbij in een maatschappelijk, organisatorisch en financieel-economisch kader worden geplaatst.

Een voorbeeld is de Op mest-studie die is verricht in opdracht van de Noordbrabantse Christelijke Boerenbond. Deze strategische studie onderzoekt de mogelijkheden die aan de varkenshouderij worden geboden ter beheersing van het mestprobleem. Ook wordt ingegaan op

de organisatorische, technische of financiële problemen die hierbij nog moeten worden opgelost.

Een andere studie onderzoekt de sociaal-economische consequenties voor de toeleverende en verwerkende industrie in Noord-Brabant, in geval van inkrimping van de Brabantse veestapel. Hiermee worden de mogelijke gevolgen van een gevoerd milieubeleid aangegeven.

Komende TNO-activiteiten

Intensivering en uitbreiding van het lopende onderzoek is van belang. Er moeten biologische zuiveringssystemen worden ontwikkeld die aan de zwaarste effluenteisen kunnen voldoen, zonder grote kostenstijging. Als voorbeeld dient de ontwikkeling van de 3-fase airliftreaktor voor N-verwijdering.

Er moet nog een moeilijk ontwikkelingstraject worden afgelegd, voordat van een duurzame oplossing van de mestproblematiek sprake kan zijn. Dit blijkt uit TNO-beleidsstudies. Binnen het huidige niveau van de intensieve veehouderij is er echter perspectief: de mestproblematiek is oplosbaar. Het rijksoverheidsbeleid biedt de landbouw echter maar beperkte tijd voor oplossingen. Een zware onderzoeksinspanning is de komende jaren dan ook noodzakelijk.

Dit onderzoek moet zich richten op duurzame oplossingen. Hierbij zijn van belang:

- verbetering aan de veevoederkant (preventief);
- winning van producten met hoge toegevoegde waarde uit mest (tweede generatie mestverwerking);
- technologie-ontwikkeling;

De samenhang in het beleid moet ondersteund worden door goede informatie-en beslissystemen, ook wat de verzuringsproblematiek betreft.

Bij de realisatie van de eerste generatie verwerkings-installaties voor varkensdrijfmest, moeten aanloopproblemen worden opgelost. Dit maakt het wenselijk eerst één of twee installaties te bouwen op praktijkschaal, zodat daar ervaring mee kan worden opgedaan. In een later stadium kan de verwerkingscapaciteit worden uitgebreid. De installaties moeten het karakter van ontwikkelingsprojecten krijgen. Eenvoudiger is de realisering van installaties voor verwerking van pluimveemest. Deze moeten het tekort aan verwerkingscapaciteit opvangen. Er kan daardoor wel enige vertraging in de uitvoering van het vermestingsbeleid optreden.

Het voor de toekomst noodzakelijke onderzoek valt onder te verdelen in (zie boven):

- technologieontwikkeling ten behoeve van mestverwerking;
- onderzoek ten behoeve van verbeterde voedersystemen;
- beleidsondersteunend onderzoek;
- aminozuren uit mest;

Biotechnologische productie van aminozuren uit mest sluit aan bij het gebruik van aminozuren in veevoer, en heeft tot doel om de benutting ervan te verbeteren. Het onderzoek naar de productie van verschillende aminozuren verdient daarom een krachtige stimulans. TNO voert dit onderzoek te zamen met het bedrijfsleven uit.

- veevoedingsonderzoek;

Dit dient met name gericht te zijn op de toepassingsmogelijkheden van produkten in voeders die de omzetting van ureum tot ammoniak remmen. Daarnaast is onderzoek gewenst naar het effect van phytofarmaca op de verteerbaarheid van het voedereiwit.

- beoordeling mestverwerkingsystemen;

Het is noodzakelijk dat een systeem wordt

opgezet om mestverwerkingsprocessen (initiatieven) te beoordelen, ondermeer op punten als betrouwbaarheid en doelmatigheid. De mestverwerking mag niet belast worden met missers die voorkomen hadden kunnen worden. Ook niet-technologische aspecten spelen hierbij een belangrijke rol.

Om mestverwerking in de praktijk te laten slagen, is een waarborg voor betrouwbare produkten van belang. TNO beschikt over de ervaring voor het opzetten van een certificeringssysteem.

- nieuwe verwerkingsprocessen;

De huidige mestverwerkingsprocessen zijn economisch niet rendabel. De ontwikkeling van een tweede generatie produkten en processen is belangrijk. De rentabiliteit van mestverwerking moet immers verbeterd worden. Het onderzoek staat nog in de kinderschoenen en heeft een krachtige stimulans nodig.

- beslissystematiek;

TNO wil haar expertise inzetten voor de ontwikkeling van een beslissystematiek. Dit ten behoeve van een algemeen toetsingskader voor de voortgang van het mestbeleid, en integratie met het verzuringsbeleid met name in een sociaal-economisch perspectief. De systematiek kan ook worden ingezet als hulpmiddel bij:

- optimalisatie van meststromen naar tekortgebieden;
- optimalisatie van verwerkers;
- optimalisatie van het regionale ammoniakbeleid.

3.4 Verspreiding

Inleiding

Milieudoelstelling van het thema verspreiding is de reductie van risico's van individuele of groepen van stoffen voor mens en milieu.

Gestreefd wordt naar een aanvaardbaar of zelfs verwaarloosbaar niveau. Integrale milieu-hygiënische beoordeling van individuele stoffen of groepen van stoffen vereist grote inzet op de volgende gebieden:

- risicobeoordeling;
- milieutoestandbeschrijving;
- milieutoekomstverkenning;
- normalisatie en coördinatie van milieumetingen.

Een effectief brongericht beleid kan alleen plaatsvinden als men beschikt over goede milieukwaliteitsdoelstellingen. Ook is kennis vereist over het voorkomen van stoffen, en prognoses hierover. Daar kan de inzet, in de sfeer van maatregelen ten behoeve van het brongerichte beleid, aan worden afgemeten.

Elementen van het verspreidingsonderzoek omvatten:

- emissies;
- verspreiding in het milieu;
- verandering van milieukwaliteit;
- de gezondheid van mensen, dieren, planten en ecosystemen, aantasting van materialen en gebouwen.

Kennis over de dynamiek van stofkringlopen (in relatie tot emissie, verspreiding, omzetting milieukwaliteit, effecten en milieurisico's) is immers essentieel voor integraal beheer van een causale keten.

De noodzaak om deze keten te beschouwen, leidt enerzijds tot de erkenning dat intercompartmentaal verspreidings- en effectonderzoek noodzakelijk is. Anderzijds leidt het tot de conclusie, dat het complex van genoemde kennisvelden integraal moet kunnen worden overzien.

Huidige TNO-activiteiten

- Emissies.

In het kader van de doelfinanciering en overheidsopdrachten wordt onderzoek uitgevoerd met betrekking tot:

- het in kaart brengen (nationaal & internationaal) van emissies naar water, bodem en lucht;
- het ontwikkelen van emissie meetmethoden;
- het kwantificeren van emissies (o.a. van immissie-methodieken);
- het uitwerken en ontwikkelen van bestrijdingstechnieken en mogelijkheden tot preventie van emissies;
- het ontwikkelen van bestrijdingstechnieken van emissies van microverontreinigingen naar water en lucht. Het accent ligt hierbij meer op het vernietigen van de verontreiniging, dan op het absorberen van de verontreiniging. Daardoor is er geen sprake van een reststof die als afval verder verwerkt moet worden.

- Verspreiding en milieukwaliteit.

Door middel van metingen en modelsimulaties wordt onderzoek verricht. Dit ten aanzien van verspreiding van verontreinigingen in het milieu, en de daarmee samenhangende milieukwaliteit. Onderzoek wordt verricht naar:

- het ontwikkelen van analysetechnieken;
- het ontwikkelen van verspreidingsmodellen voor lucht en bodem. Er wordt onder andere gekeken naar de lange termijn invloed van stortplaatsen op grondwaterkwaliteit, en naar modellering van de organische bodem - lucht interactie;
- voorkomen, verspreiding en verwijdering van verzurende verbindingen in het milieu;
- voorkomen, vorming en verspreiding van foto-oxidanten;
- gedrag en verspreiding van (micro)-verontreinigingen in het zoute, aquatische

Noordzee-milieu;

- het ontwikkelen van veldmethoden om de bodemkwaliteit vast te stellen;
- gedrag en verspreiding van vluchtige organische stoffen in de onverzadigde zone van de bodem;
- bedreigingen voor de grondwaterkwaliteit.

- Milieurisico-evaluatie.

Op het gebied van de milieurisico-evaluatie wordt onderzoek verricht naar:

- ecotoxicologische (sublethale) effecten van langdurige belasting van het milieu met kleine hoeveelheden verontreinigende stoffen;
- het ontwikkelen van een systeem voor een integrale milieurisico-evaluatie;
- het richting geven aan ecologisch herstel en effectgerichte maatregelen;
- milieu-informatiemanagement.

Komende TNO-activiteiten

Het zal duidelijk zijn dat emissie- en milieukwaliteitsonderzoek de basis vormt voor inzichtsverwerving. Inzicht in de kern van de problemen, zoals verwoord in het NMP. Het spreekt vanzelf dat de beslissingen op basis van betrouwbare meetgegevens moeten worden genomen. De ontwikkeling van nieuwe meettechnieken heeft een risicodragend karakter, en vergt grote ontwikkelingsinspanning.

Omdat TNO niet de functie van 'produktielaboratorium' nastreeft, is het vrijwel onmogelijk de ontwikkelingskosten terug te verdienen. Wat de financiering betreft, blijft TNO dan ook aangewezen op overheidsfinanciering en -opdrachten.

- Emissies.

De toekomstige activiteiten van TNO met betrekking tot emissies, zijn gericht op de

volgende aandachtspunten:

- verdere ontwikkeling van kwaliteitsborgingstechnieken voor monstername, meting en behandeling, c.q. verwerking van meetresultaten. Selectie, validatie en implementatie van technieken zullen hierbij een belangrijke rol spelen;
- ontwikkelen van methoden voor onbemande metingen van emissies, over langere tijd;
- ontwikkelen van goedkope, simpele meetmethoden om de ruimtelijke variabiliteit van parameters te bepalen;
- complexe metingen van microverontreinigingen in afgassen, en het meten van emissies uit complexe en diffuse bronnen;
- het leveren van een bijdrage aan beleidsonderbouwende activiteiten, zoals:
 - het opstellen van Nederlandse Emissie Richtlijnen;
 - het opstellen van emissie data-bases;
 - het vaststellen van de nauwkeurigheid van emissiegegevens;
 - het uitwerken en verbeteren van emissiefactoren;
 - het opzetten van mogelijkheden voor prioriteitsstelling ten aanzien van emissiebestrijding.
- profilering van een procesgeïntegreerde benadering in bestrijding en preventie van emissies, ten behoeve van het bedrijfsleven. Hierbij zal niet alleen op bedrijfsniveau worden gewerkt, maar ook op branche-niveau en/of bedrijfskolommen of onderdelen daarvan;
- ontwikkeling van oxidatietechnieken voor het vernietigen van organische microverontreinigingen in waterig milieu;
- ontwikkeling van op preventie gerichte maatregelen in de industrie, in een samenwerkingsverband tussen het Instituut

voor Milieu- en Energietechnologie TNO (IMET) en branche-instituten TNO. Hierbij staan twee elementen centraal:

- aanpassing van het productieproces (branche-instituut);
- integratie van milieutechnologie in het productieproces (IMET).

- Verspreiding en milieukwaliteit.

De toekomstige activiteiten van TNO met betrekking tot het vaststellen van de milieukwaliteit, zullen gericht zijn op de volgende aandachtspunten:

- ontwikkeling van ecologische effectparameters, en toepassing daarvan in actieve, biologische monitoring programma's.
- ontwikkeling van methodieken om de herkomst van verontreiniging (biogeen/ anthropogeen) te kunnen kwantificeren.
- onderzoeken of AMvB's kunnen worden onderbouwd, in het kader van een handhavingsbeleid. Dit kan door middel van meetstrategische studies en een vorm van immissieregistratie.
- ontwikkeling van optimale meetstrategieën om de bodemkwaliteit vast te stellen ((co-) kriging). Ontwikkeling van meetstrategieën om deterministische en statistische methoden te combineren ('Guess-field methodology').
- ontwikkeling van veldscreeningsmethoden, om de bodemkwaliteit (ruimtelijke spreiding in de bodemkwaliteit) met grotere betrouwbaarheid te kunnen vaststellen (toepassing on-site mobiele massaspectrometrie, röntgen-fluorescentie spectrometrie e.d.).
- ontwikkeling van methoden om de interactie van chemische stoffen met de bodemmatrix te kunnen vaststellen (ter onderbouwing en aanvulling van stromingsmodellen. Verspreiding van verontreinigingen via het

grondwater kan zodoende beter worden begrepen).

- verdere ontwikkeling modellering dynamische interactie bodem - lucht.

- Grondwater.

Er dreigen grote hoeveelheden verontreinigende stoffen, afkomstig uit depositie van diffuse bronnen en puntbronnen, in het grondwater terecht te komen. Dit is een ernstig probleem. Het is onmogelijk om in de toekomst substantiële volumes van de ondergrond te reinigen. Bovendien wordt in toenemende mate beroep gedaan op deze natuurlijke bron van de grondstof water.

De meeste verontreinigingsfronten zijn nog niet onherstelbaar ver langs de stroombanen van het grondwater doorgedrongen. Er moet nu bescherming van deze resource plaatsvinden, of herstel (waar mogelijk). De verontreiniging kan dan nog tot een overzichtelijk volume van de ondergrond beperkt blijven. Door verdunning, afbraak en vastlegging van contaminanten kan de situatie zich dan mettertijd herstellen.

Er zal ook meer aandacht worden besteed aan de chemische processen die zich afspelen terwijl het (verontreinigde) water door de ondergrond stroomt. Als voorbeeld dienen adsorptie-verschijnselen, en geleidelijke afbraak van het bufferend vermogen van het gesteente, bijvoorbeeld tegen verzuring.

In samenwerking met de Vrije Universiteit van Amsterdam heeft TNO een geohydrologische systeemanalyse ontwikkeld. Deze ligt in het verlengde van geohydrologische verkenning, en is een systematische benadering. Op geïntegreerde wijze kan met alle beschikbare gegevens en technieken duidelijk inzicht worden verworven in:

- de stroming van het grondwater;

- de chemische samenstelling;
- de interactie met het gesteente;
- het oppervlaktewater;
- het grondgebruik.

Inhoudelijk kan de methode een grote bijdrage leveren aan:

- afwegingsprocessen betreffende bescherming en reiniging van grondwater;
- prioriteitsstelling ten aanzien van bodemsanering en reiniging van waterbodems.

Voorts kan de methode een hulpmiddel zijn voor de integratie en afstemming van het beleidsvoorbereidend onderzoek voor natuur, milieu en ruimtelijke ordening.

Er zal ook onderzoek worden gedaan naar de isolatie van grondwaterbedreigende saneringslocaties. Mogelijkheden in de sfeer van actieve isolatie -hydraulisch, chemisch, elektrisch of op gecombineerde wijze - zijn nog lang niet uitputtend geëxploreerd.

- Verspreiding.

De NMP-doelstellingen rechtvaardigen een groei van effectgericht onderzoek in het algemeen, en milieukwaliteitsonderzoek in het bijzonder. De volgende speerpunten zijn voor de komende jaren geselecteerd:

- onderzoek naar de mechanismen en parameters van transport- en omzettingsprocessen op laboratorium-, semiveld- en veldschaal.
- modellering van bilaterale relaties (binnenlucht/buitenlucht, water/bodem, bodem/lucht etc.), en de relaties tussen verspreiding en effecten.
- het beschrijven van de milieukwaliteit; de invloed daarop van verwijderingsprocessen; het beoordelen van gecombineerde milieubelastingen; het optimaliseren van meetstrategieën etc.
- verspreiding van verontreinigende stoffen via

de waterbodem naar het oppervlaktewater. Er moeten methoden ontwikkeld worden die dit bestrijden (afgraving van de waterbodem wordt hierbij buiten beschouwing gelaten).

- Effectgericht onderzoek.

Op dit gebied zal meer aandacht worden geschonken aan onderwaterbodems en bodems. Het is ook belangrijk om ecologische relevantie sterker te benadrukken als uitgangspunt voor toetsontwikkeling. Dit betekent veel aandacht voor:

- combinatie-toxiciteit;
- reproductie, als sleutelparameter op populatieniveau;
- voedselketen-interrelaties op gemeenschapsniveau.

Ook moeten er meer specifieke en gemakkelijk te bepalen criteria worden ontwikkeld voor feitelijke blootstelling van organen en organismen. Bijvoorbeeld door middel van specifieke DNA schade en de inductie van stresswitten. Het spreekt vanzelf dat de uitkomsten van experimenteel ecotoxicologisch-laboratorium en -veldonderzoek in sterke wisselwerking behoren te staan met theoretisch en modelmatig onderzoek. Dit onderzoek en de ontwikkeling van toetsen behoren inpasbaar te zijn in ecologisch risico-onderzoek als onderdeel van milieurisico-evaluatie studies.

- Milieurisico-evaluatie.

Belangrijke aandachtspunten binnen milieurisico-evaluatiestudies zijn;

- onderzoek naar ecotoxicologische (sublethale) effecten van langdurige blootstelling aan lage concentraties;
- het ontwikkelen van een systeem voor een integrale milieurisico-evaluatie;
- het richting geven aan ecologisch herstel.

Ook zal worden gewerkt aan de ontwikkeling en

toepassing van ecologisch inpasbare bestrijdingsmethodieken op basis van biologische agentia als feromonen en andere signaalstoffen.

- Informatiemanagement.

Tenslotte kan vermeld worden dat blijvend aandacht zal worden besteed aan informatiemanagement ter ondersteuning van beleid en industrie. Onder andere door op inzichtelijke wijze toegang te geven tot een veelheid van (vaak ongeordende) gegevens. Dit is met name van belang voor lagere overheden die op dit gebied zelf beperkte expertise bezitten. In het algemeen zal informatiemanagement gericht zijn op het opzetten, beheren van, en het toegang verlenen tot:

- een milieu-informatiesysteem.
- een milieu-kennissysteem waarvoor data-input wordt toegeleverd met een ondersteunende functie bij het uitwerken van opdrachten, waaraan speurwerk-uitkomsten kunnen worden getoetst.
- milieu-beheerssysteem.

3.5 Verwijdering

Inleiding

Uitgangspunt bij dit thema is reductie van afvalverwijderingsrisico's voor mens en milieu tot een aanvaardbaar, waar mogelijk verwaarloosbaar niveau. Dit moet enerzijds worden bereikt door toename van het hergebruik van afvalstoffen, en het voorkomen van het ontstaan van afvalstromen. Anderzijds door het opzetten, verbeteren en 'lekvrij' maken van de afvalverwijderingsstructuur. Voor hergebruik en preventie van afval zijn doelstellingen geformuleerd die al voor het jaar 2000 moeten zijn bereikt. Zo moet de

verwijdering van afvalstoffen door hergebruik en nuttige toepassing in de periode tussen 1988 en 2000 bijna worden verdubbeld. De hoeveelheid afval moet in dezelfde periode door preventieve maatregelen met 10% worden teruggedrongen. Bij het realiseren van deze doelstellingen speelt het doorlichten van 29 prioritaire afvalstoffen door interactief overleg tussen alle betrokken partijen (overheden, bedrijfsleven, milieu- en consumentenorganisaties) een cruciale rol. Implementatieplannen voor alle prioritaire afvalstoffen moeten in 1994 zijn geformuleerd, en voor een aantal reeds in werking zijn. Ten aanzien van de verwijderingsstructuur voor afvalstoffen worden acties ondernomen op het gebied van inzameling en verwerking van afvalstoffen, en het opbergen van niet-verwerkbaar afval. De belangrijkste kenmerken zijn daarbij:

- Verwijdering van afvalstoffen behoort in principe in Nederland plaats te vinden.
- Hiertoe dient een structurele verbetering en vergroting van de verwerkingscapaciteit voor afvalstoffen te worden gerealiseerd, onder andere door uitbreiding van het aantal verbrandingsinstallaties. Het betreft met name huishoudelijk en bedrijfsafval, chemisch afval, shredderafval, ziekenhuisafval en zuiveringsslib.
- Stortplaatsen ten behoeve van het opbergen van niet-verwerkbaar afval zullen moeten voldoen aan IBC- en andere criteria (nazorgprogramma's). Voor de verwijdering van C₃-afvalstoffen zal een verwijderingsplan worden opgesteld. Waar nodig wordt interim-opslag gerealiseerd.
- De bestuurlijke en organisatorische vormgeving van de verwijderingsstructuur wordt verder gestroomlijnd (projecten TVCA, LCCA en Afval 2000). Voor diverse deelstromen (o.a.

koelkasten, spaarlampen en batterijen) worden specifieke inzamelstructuren opgezet.

Recent is door de Minister van VROM in een brief aan de Tweede Kamer aangegeven, dat de overheid verdergaande maatregelen moet nemen om de nijpende knelpunten bij de afvalverwijdering het hoofd te bieden. Daarbij wordt onder andere gedacht aan heffingen op produkten, terugnameplicht (door de producent) en herverwerkingsregeling voor goederen in het afvalstadium, en retourpremie- en statiegeldsystemen. Zo kunnen 'lekken' in de kringloop worden beperkt, en kan de gescheiden inzameling van groente-, fruit- en tuin (GFT)-afval versneld worden ingevoerd.

Het beleid ten aanzien van produkten in relatie tot de afvalproblematiek komt bij het thema verwijdering niet of nauwelijks aan de orde. Hiervoor wordt verwezen naar het thema verspilling.

Huidige TNO-activiteiten

Onderzoeksactiviteiten op het gebied van afvalstoffen vinden plaats binnen een aantal TNO-onderdelen, namelijk de hoofdgroepen TNO-Milieu en Energie, TNO-Industrie, TNO-Beleidsstudies en TNO-Bouw. De totale aan afvalstoffen gerelateerde onderzoeksinspanning binnen TNO, wordt geschat op 75 mk.

Hoewel TNO een zeer breed onderzoeksterrein bestrijkt, wordt een aantal onderwerpen van strategisch belang beschouwd. De organisatie beschikt op die terreinen over bijzondere expertise. Deze onderwerpen worden hieronder kort belicht:

- Ontwikkeling van technologieën voor afvalstofverwerking. Deze zijn gericht op hergebruik van de daarin aanwezige materialen, en op nuttige toepassing in bouwmaterialen.

Voorbeelden hiervan zijn:

- Ontwikkeling van nieuwe fysische en mechanische scheidingstechnieken. Het doel hiervan is afscheiding van herbruikbare componenten uit (mengsels van) afvalstoffen zoals kunststofafval, complexe goederen (onder andere elektronische apparatuur) en bouw- en sloopafval.
 - Ontwikkeling van processen voor de verwerking van metaalhoudende, chemische afvalstoffen. Doel: terugwinning van metalen. Voor een aantal afvalstoffen (batterijen, ontzwavelingskatalysator en beitszuur) is TNO er in geslaagd processen te ontwikkelen die zullen leiden tot de bouw van een commerciële verwerkingsinstallatie. Op het gebied van de verwerking van metaalhoudende afvalstoffen is TNO een belangrijk expertisecentrum met internationale bekendheid.
 - Onderzoek naar de nuttige toepassing van al dan niet voorbehandelde afvalstoffen (in het bijzonder verbrandingsresiduen), in bouwmaterialen.
 - Ontwikkeling van technologieën voor de verwerking van 'natte' afvalstoffen, die in grote hoeveelheden vrijkomen (verontreinigde onderwaterbodems, mest, zuiveringsslib).
- Karakterisering van afvalstoffen en afvalprodukten (onder andere fysische eigenschappen, chemische samenstelling, uitlooggedrag). Dit onderzoek wordt vooral uitgevoerd ten behoeve van afvalproducenten en verwerkers. Het kan echter ook een essentiële schakel vormen bij de certificering van afvalstofprodukten. TNO onderzoekt of secundaire materialen, in het bijzonder kunststofregranulaten, gecertificeerd kunnen worden.

- Onderzoek naar de technische, economische en sociaal-organisatorische aspecten van verwijdering van specifieke afvalstoffen. Speciale vermelding verdient de doorlichting van de 29 prioritaire afvalstoffen (onder andere verpakkingen, kunststofafval, bouw- en sloopafval, batterijen, HKW-houdend afval). Verschillende afdelingen van TNO zijn nauw betrokken bij alle stadia van het doorlichtingsproces: het opstellen van informatie-documenten, het deelnemen aan strategische discussies, het leveren van inhoudelijke ondersteuning hieraan, en het opstellen van een implementatieplan.
- Stimulering van afvalpreventie. Bestrijding vindt plaats bij de bron via concrete praktijk-/demonstratieprojecten bij bedrijven en branches. De ontwikkeling van een methodiek voor het opzetten van een bedrijfsafvalstoffenplan valt ook binnen dit kader. Het onderzoek wordt uitgevoerd voor een middelgrote chemische industrie. Op basis van een inventarisatie van vrijkomende afvalstoffen worden de mogelijkheden nagegaan van onder andere afvalpreventie, scheiding aan de bron en intern hergebruik.
- Studies naar knelpunten en barrières bij innovatie en diffusie van schone technologieën, die gericht zijn op afvalpreventie binnen bedrijven.
- Het opzetten van een informatiesysteem voor proces-, produkt-, en bedrijfstakingstudies. In een dergelijk systeem zullen onder andere gegevens worden opgenomen over de emissies (lucht, water, bodem, afval) van (onderdelen van) processen. Deze kunnen worden getoetst aan standaardemissies per produktie-eenheid. Het systeem kan ook een belangrijke functie

vervullen bij het opstellen van ecobalansen ten behoeve van produktvergelijkingen.

- Ontwikkeling van beleidsinstrumenten voor terugdringing en kwalitatieve verbetering van afvalstromen. Hierbij wordt aandacht besteed aan fysieke, logistieke, financieel/economische (inclusief statiegeld en terugbrengpremie) en sociale instrumenten.
- Ontwikkeling van uitvoeringsinstrumenten ten behoeve van handhaving, vergunningplichtigen en vergunningverleners (bijvoorbeeld het opstellen van acceptatieprocedures voor chemisch afval).

Komende TNO-activiteiten

TNO verwacht de komende jaren op nagenoeg alle in de vorige paragraaf genoemde onderwerpen actief te blijven. De afvalstoffenproblematiek komt steeds meer in de belangstelling te staan. Ook adviesbureaus en andere onderzoekinstellingen ontplooiën meer en meer activiteiten op dit terrein. De inspanningen van TNO op de huidige werkgebieden zullen dan ook waarschijnlijk verder worden geïntensiveerd. Daarnaast zullen de activiteiten waar mogelijk worden uitgebreid. Gedacht kan daarbij worden aan:

- Ontwikkeling van nieuwe technologieën voor de verwerking van afvalstoffen. Het onderzoek naar de verwerking van metaalhoudende afvalstoffen en complexe afgedankte goederen kan worden geïntensiveerd. Daarnaast zal de aandacht zich vooral richten op de ontwikkeling van biotechnologische technologieën voor de reiniging van (chemische) afvalstoffen en verontreinigde (onderwater)bodems. Onderzoekrichtingen hierbij zijn verwijdering van metalen door bioleaching, en detoxificatie

door biodegradatie. Omdat volgens TNO niet alle afvalstoffen geschikt zijn voor verwerking, met als doel hergebruik van materialen, zal in toenemende mate aandacht worden geschonken aan de ontwikkeling van geavanceerde immobilisatieprocessen.

- Onderzoek naar de ontwikkeling van afvalverwerkingscentra op regionaal, nationaal en internationaal niveau. Achtergrond hiervan is dat de inzameling en verwerking van afvalstoffen, die gericht is op minimalisering van storten en maximalisering van hergebruik van onderdelen/secundaire grondstoffen, alleen kans van slagen heeft bij een voldoende schaalgrootte. Aan de hand van een aantal afvalstoffen kunnen de voor- en nadelen van afvalverwerkingscentra worden nagegaan. Ook kan worden nagegaan welke instrumenten ontwikkeld moeten worden om de totstandkoming hiervan te realiseren.
- Analyse en evaluatie van de technisch, financieel-economische en sociaal-organisatorische aspecten van afvalstofverwerking (onder andere statiegeld, heffingen, terugnameplicht, onderbrengen van (onderdelen van) afvalverwerking in nuts-, PPP-, of particuliere bedrijven).
- Aandacht voor de toepassing van risico-analytische en besliskundige methodieken bij de afvalverwijderingsproblematiek. Dit om inzicht te krijgen in de gevolgen van beleidskeuzes, of om hieraan ondersteuning te geven. Dit wordt ingegeven door de in het NMP geformuleerde milieudoelstelling bij het thema verwijdering, waarbij de risicobenadering centraal staat (zie ook de inleiding bij dit thema). Geconstateerd moet worden dat bij de formulering van het afvalstoffenbeleid nog nauwelijks rekening

wordt gehouden met het risico-aspect. Gezien de aanwezige expertise moet voor TNO een belangrijke rol zijn weggelegd op dit multidisciplinaire gebied.

- Aanpak van de afvalstoffenproblematiek op middellange termijn (1994-2000). Achtergrond hiervan is dat de overheid momenteel accent legt op de doorlichting van de 29 prioritaire afvalstoffen. Hierbinnen wordt weer prioriteit gegeven aan de concrete uitwerking van een beperkter aantal afvalstoffen. De gekozen aanpak, die uitgaat van de geformuleerde taakstelling voor de prioritaire afvalstoffen, heeft als duidelijk voordeel dat zij op korte termijn tot concrete resultaten kan leiden. Het gevaar bestaat evenwel dat noodzakelijke technologische ontwikkelingen voor de verwerking van niet-prioritaire afvalstoffen, onvoldoende aandacht krijgen. De ontwikkeling van nieuwe technologieën tot en met de implementatiefase neemt vaak enkele jaren in beslag. Daarom is continuïteit in de opbouw en uitbreiding van in Nederland aanwezige technologische kennis, een vereiste. Ook een vroegtijdige evaluatie van de huidige aanpak van de 29 prioritaire afvalstoffen is van belang. Gekeken moet worden of de beoogde resultaten zijn gehaald en welke problemen eventueel zijn opgetreden. Elementen die daarbij in beschouwing kunnen worden genomen zijn onder andere:
 - In hoeverre heeft de aanpak van de 29 prioritaire afvalstoffen een uitstraling gehad naar de afvalstofproblematiek in het algemeen, respectievelijk naar andere (specifieke) afvalstoffen?
 - Welke rol hebben de verschillende maatschappelijke geledingen gespeeld bij de strategische discussies? Welke invloed hebben zij gehad op het uiteindelijke

implementatieplan?

Door een dergelijke evaluatie kan de gevolgde werkwijze eventueel op bepaalde punten worden bijgesteld.

3.6 Verstoring

Inleiding

Verstoring omvat de milieu-aspecten geluid, stank, trillingen, externe veiligheid en lokale luchtverontreiniging. De milieudoelstellingen voor het jaar 2000 zijn duidelijk:

- aantal geluidgehinderden niet meer dan in 1985;
- aantal stankbelaste woningen maximaal 750.000;
- individueel risico maximaal 10-6 per jaar per inrichting.

Het beleid is vooral gericht op geluidreductie. De haalbaarheid hiervan is afhankelijk van de beschikbare, in ontwikkeling zijnde of te ontwikkelen technische kennis, beleidsinstrumenten en mogelijkheden in de sfeer van de ruimtelijke ordening. Het project 'integrale milieuzorg' geeft een goede aanzet tot een integrale aanpak voor complete (industriële) installaties.

In het milieuprogramma 1991-1994 vallen milieurisico's door industriële calamiteiten onder het thema verstoring. De nota 'Omgaan met Risico's' geeft een aanzet tot ecologische milieudoelstellingen. Deze aanzet tot een duurzame ontwikkeling moet zo spoedig mogelijk worden uitgewerkt tot een doelstelling, en kan aan bovengenoemde doelstellingen worden toegevoegd.

- Ten aanzien van geluid.
De beperking van de toename van het aantal geluidgehinderden gebeurt nu vooral door maatregelen die de geluidsoverdracht beperken,

en door planologische maatregelen. De NMP-doelstelling kan alleen gehaald worden als daarnaast veel gedaan wordt aan reductie van de bronsterkte. TNO's onderzoeksinspanningen zijn vooral op dit aspect gericht.

- Ten aanzien van stank.
Bij VROM wordt momenteel gewerkt aan een 'Actieplan Stank'. Het zal in 1991 als notitie aan de Tweede Kamer worden aangeboden, en presenteert een beschrijving van het rijksbeleid tot het jaar 2000. Dit beleid is gericht op de minimalisering van geurhinder. TNO stelt een basisdocument op over toepasbare doelgroepmaatregelen. Er wordt tevens een inventarisatie uitgevoerd. Dit alles ter ondersteuning van de formulering van doelstellingen. Het basisdocument omvat een inventarisatie en evaluatie/synthese van 'geurrelevante' informatie. Ook presenteert het potentiële beleidsroutes, en het daarvoor benodigde onderzoek.
- Ten aanzien van risico's/externe veiligheid.
Bij risicoberekening voor vaste installaties wordt van simulatiemodellen gebruik gemaakt. Deze kunnen leiden tot discutabele resultaten, of resultaten die niet voldoen aan de 10-6 norm voor individueel risico. Er is nog geen beleidsinstrument dat zowel risico-technische als economische belangen afweegt. TNO ontwikkelt een methodiek om risico's langs transportroutes te berekenen. Na validatie moet deze nog verder ontwikkeld worden tot beleidsinstrumentarium.
De ecologische risico's van lokale verontreinigingen door industriële calamiteiten worden voornamelijk ingeschat aan de hand van ecotoxicologische laboratoriumgegevens. Bij de extrapolatie wordt geen rekening gehouden met specifieke verschillen in de draagkracht van diverse ecosystemen.

Huidige TNO-activiteiten

- Geluid.

De ontwikkelingen bij TNO op het gebied van de stille technologie gebeuren in het kader van opdrachten (ca. 70%), doel- en basis-financiering. Het omvat de ontwikkeling van:

- ontwerpmethoden voor stillere vervoermiddelen en machines;
- ontwerpmethoden voor betere geluidwerende middelen (dempers, veren enz.);
- analysemethoden voor onderzoek van prototypen en praktijksystemen;
- normen voor de beschrijving van bronnen en geluidwerende middelen;
- anti-geluid;
- stillere vervoermiddelen en machines;
- betere geluidwerende middelen.

Naast brongericht onderzoek, vindt onderzoek plaats naar de verbetering van berekingsmethoden van geluidsoverdracht bij:

- wegen en spoorwegen met schermen;
- schietgeluid;
- geluid van vliegtuigen en gebouwen.

- Stank.

Optimalisatie/standaardisatie van olfactometrie krijgt in het kader van de doelfinanciering relatief veel aandacht. Dit ter ondersteuning van het huidige geurbeleid (gebaseerd op geurconcentratienormen). Hiermee wordt een bijdrage geleverd in de desbetreffende NNI-normeringswerkgroep. Daarnaast wordt gewerkt aan verbetering van monsternamemethoden (bv. lijzijdebemonstering), geurmeting in binnenmilieu en geuremissiefactoren in verband met zoneringsactiviteiten. In opdracht van derden (veelal bedrijfsleven) worden geuremissies gekwantificeerd, en geurbestrijdings-opties (zoals biofilters en anorganische adsorbentia) uitgewerkt c.q. geoptimaliseerd. Er wordt hierbij steeds meer gestreefd naar proces

geïntegreerde benadering. Emissie-aanpak is daarbij dan ook niet meer specifiek op geur gericht. Geurreductie is meer het (logische) gevolg van totale emissievermindering.

- Risico's.

Doelfinanciering-activiteiten zijn vooral gericht op:

- modelontwikkeling voor effecten, kansen en schade;
- verbetering van de instrumenten die risico's, risico-evaluatie en risicoreductie berekenen.

Hierbij vindt een concentratie plaats op nieuwe of onbekende gebieden met potentiële gevaren, zoals biotechnologie, toxicologie, opslagen en brand van chemicaliën. Ook wordt onderzoek uitgevoerd ter ondersteuning van nationaal en EG-beleid (bijvoorbeeld Benchmark studies). In dit verband wordt steeds nauwer samengewerkt met EG-partners. Voor derden, vooral de petro- en chemische industrie en de offshore-industrie worden veiligheidsstudies en risico-analyses uitgevoerd. Er wordt voor hen tevens een ongevallen-informatiesysteem (FACTS) bijgehouden.

Hierbij is in toenemende mate sprake van een integrale aanpak, uiteenlopend van risico-inventarisatie tot risicoreductie en voorbereiding op calamiteiten. De relatie tussen de kosten en de te verwachten resultaten speelt hierbij een belangrijke rol.

Het ecologisch risico-onderzoek richt zich sterk op een duurzame ontwikkeling. De belangrijkste onderzoeksitems hierbij zijn:

- ontwikkeling van monitoring- en toetsingstechnieken;
- ontwikkeling van eco-gevoeligheidstesten en specifieke ecologische risicomodellen.

- Integrale aanpak.

TNO ontwikkelt een methode voor de integrale

beoordeling van milieukwaliteit. Hierbij worden de relaties onderzocht tussen hinder, activiteitverstoring en gezondheidsklachten enerzijds, en blootstelling aan geluid, geur en stof anderzijds.

Komende TNO-activiteiten

- Geluid.

Verwacht wordt dat de aandacht voor lawaaibestrijding aan de bron verder zal toenemen. TNO wil hier verder op inspelen, o.a. door opdrachten te verwerven van de EG, de Europese automobiellndustrie, de NS, de Koninklijke Landmacht en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

De financiering van nieuwe, voorspellende meet- en rekentechnieken, vormt hierbij een probleem. Deze zijn gericht op het lokaliseren van deelbronnen, en op het kwantificeren van overdrachtspaden.

- Stank.

Bij opdrachten van het bedrijfsleven zal in geval van geurhindersituaties een steeds duidelijker profilering van procesgeïntegreerde geuremissiereductie plaatsvinden. Er zal meer worden gezocht naar alternatieve productie- en fabricagetechnieken, of condities ter voorkoming van het ontstaan van geur.

De inhoud van toekomstig beleids- onderbouwend geuronderzoek, zal afhangen van de door de overheid gekozen beleidsroute(s).

- Bij eventuele hantering van een specifieke geurnorm (effect- dan wel brongericht), moet generering van bruikbare dosis/effect-gegevens een kempunt van onderzoek zijn. TNO heeft op dit gebied veel ervaring.
- Als gekozen wordt voor een combinatie van zonering en toepassing van Best Practical Means bij de bron, moet het onderzoek vooral gericht zijn op het afleiden van

geuremissiefactoren, en het optimaliseren van bestrijdings- en preventietechnologie.

- Als bij luchtverontreinigingsbestrijding het geurbeleid deel gaat uitmaken van een totale componentspecifieke emissienormering, zal onderzoek naar geurdrempelwaarden van componenten en componentgroepen nodig zijn. De ontwikkeling van component-specifieke meetmethoden moet in dat geval worden gestimuleerd.

- Risico's.

Risicobeheersing voor vaste installaties zal voortdurende aandacht vergen, ter voorkoming van grote ongevallen.

Beleidsvorming op de gebieden van menselijk falen en organisatie- en managementstructuren voor bedrijfsveiligheid, is noodzakelijk. Vanuit de doelfinanciering en met ondersteuning van de EG, is in beperkte omvang onderzoek op dit gebied gestart. Over de relatie mens-machine (of -installatie) is nog te weinig bekend om als onderbouwing van het risicobeleid te dienen. TNO bezit kennis op risicotecnisch, ergonomisch en psychologisch terrein, en kan op dit gebied onderzoek formuleren en uitvoeren. De financiële middelen zijn echter ontoereikend om dit beleidsonderbouwende onderzoek uit te voeren.

Als de eerder genoemde methodiek voor transportrisicoberekening gereed is, moet een beslissystematiek ontwikkeld worden. Daarmee kunnen beleidsalternatieven voor transport en decentrale productie van gevaarlijke stoffen worden afgewogen. Het is onzeker of er voldoende middelen voor TNO vrijkomen om dit onderzoek te financieren. Op lange termijn is het onderzoek zowel voor overheid als industrie van belang.

Bij het uitwerken van maatregelen ten aanzien van de risicodoelstelling, dient niet alleen

aandacht te worden besteed aan de technische mogelijkheden van risicoreductie. Beleidsonderzoek is nodig, naar risico-voorlichting en -bewustwording bij het publiek. Ter beoordeling van verontreinigingssituaties, zullen ecologisch relevante effectparameters nodig zijn. Deze worden op basis van histopathologie en reproductiebiologie ontwikkeld. De monitoring en beoordeling van lokaal verontreinigde waterbodems heeft prioriteit. Er is grote behoefte aan ecologische risicomodellen voor lokale verontreinigingssituaties, toegespitst op de lokale ecologische potenties. De draagkracht voor het opnemen van verontreinigingen kan voor de diverse ecosystemen namelijk sterk verschillen. De modellen maken gebruik van beschikbare gegevens, en zijn gebaseerd op geaccepteerde inzichten. De ontwikkeling van deze modellen heeft prioriteit. Er is een concept beschikbaar, genaamd REFEREE (Risk Evaluation Framework for Estimating the Risk of Ecological Effects). Dit moet verder worden ontwikkeld tot een operationeel beleidsinstrument.

- **Integrale aanpak.**

Bij toekomstig onderzoek neemt het hierboven genoemde relatieonderzoek een belangrijke plaats in. Uitbreiding van het onderzoek in de richting van milieuhouding en -gedrag, risicobeleving en de beïnvloeding daarvan, is wenselijk. Op dit gebied moet gestart worden met de ontwikkeling en validering van meetinstrumenten.

3.7 Verdroging

Inleiding

In het NMP is de milieudoelstelling voor het thema 'verdroging' als volgt geformuleerd: 'Het

areaal met tekenen van verdroging in 2000 is niet groter dan in 1985 en het waterverbruik wordt in evenwicht met de draagkracht van de bronnen gebracht'. Tijdens de Kamerbehandeling van de Derde Nota Waterhuishouding is deze doelstelling aangescherpt. Er wordt nu gestreefd naar een reductie van dit areaal met 20%. In het NMP-Plus wordt specifiek beleid aangekondigd, dat gericht is op integratie van milieu-, natuur-, en waterbeleid. Dit kan worden gezien als een nadere invulling van het tweede deel van de milieudoelstelling in het NMP. Een strategische herbezinning op duurzaam watergebruik kan immers juist door integratie van genoemde beleidsvelden gestalte krijgen. Het NMP-Plus kondigt dit aan in samenhang met een herbezinning op ruimtelijk relevante milieuaspecten van gebruiksfuncties in het landelijk gebied, zoals uitgewerkt in de Vierde Nota Extra. In deze nota is de toedeling van gebruiksfuncties in het landelijk gebied in belangrijke mate gekoppeld aan de (geo)hydrologische processen en gebiedseenheden. Het rijksbeleid, dat is gericht op integratie van milieu-, natuur-, waterbeleid en ruimtelijke ordening, wordt inmiddels geoperationaliseerd in gebiedsgerichte projecten. Verwacht wordt dat het onderzoek op dit gebied zich zal concentreren op de geïntegreerde gebiedsuitwerkingen van de beleidsdoelstellingen. Deze staan geformuleerd in de recente beleidsnota's over natuur, milieu, waterhuishouding en ruimtelijke ordening. Aanpak van de verdroging vereist dus inzicht in de grondwaterhuishouding, en kennis over de wisselwerking tussen grondwater en vegetatie. De Interdepartementale groep Verdroging heeft een landelijk onderzoek naar de verdroging in Nederland laten uitvoeren. Het schetst een globaal beeld van de achteruitgang van de

grondwaterafhankelijke natuurwaarden in Nederland. Dit is een gevolg van de daling van het grondwaterpeil. Voor een adequate aanpak van dit probleem is meer inzicht op regionaal schaalniveau nodig.

Door de aanvoer van rivierwater over grote delen van Nederland, verandert de kwaliteit van het oppervlaktewater. Ook dit aspect heeft een directe relatie met verdroging. Voor veenweidegebied, maar met name voor zandgronden, vindt suppletie met vervuild, gebiedsvreemd oppervlaktewater plaats. Dit gebeurt ter compensatie van verdrogingsproblemen voor landbouw en natuur. Door deze maatregel wordt echter een kwantiteitsprobleem vervangen door een kwaliteitsvraagstuk. Effecten van infiltratie van gebiedsvreemd water zijn aangetoond, onder meer in water en moerassen van het Vechtplassengebied en van Noordwest Overijssel. Recente beleidsnota's pleiten voor een beter gebruik van gebiedseigen water en een terughoudend beleid ten aanzien van wateraanvoer. Dit in verband met de gesignaleerde negatieve effecten voor de watergebonden natuurwaarden.

Kernvragen zijn onder andere:

- Wat is per waterhuishoudkundige of ecohydrologische eenheid de omvang van de verdroging gedurende de laatste decennia? Hoe manifesteert de verdroging zich in de ontwikkelingen in de natuur?
- Wat zijn voor de genoemde gebiedseenheden de belangrijkste actoren? Wat is hun relatieve bijdrage aan de verdroging?
- Waar liggen per waterhuishoudkundige c.q. ecohydrologische eenheid de beste mogelijkheden om de watervraag te verminderen en verdrogingseffecten te mitigeren? In de beschouwing moeten

beleidsmatige, bestuurlijk-juridische, economische en technische aspecten worden betrokken.

Huidige TNO-activiteiten.

Het Instituut voor Grondwater en Geo-Energie (IGG), onderdeel van TNO, heeft veel onderzoek verricht naar (oorzaken van) verdroging in Nederland. Reeds voor de Tweede Nota Waterhuishouding is verdrogingsonderzoek uitgevoerd. Het instituut maakte deel uit van het Projectteam Verdroging, dat in 1989 een rapport uitbracht. Ook op regionaal en provinciaal niveau zijn diverse verdrogingsstudies verricht, onder andere ten behoeve van provinciale grondwater- en waterhuishoudingsplannen. TNO maakt gebruik van zelf ontwikkelde hydrologische systeemanalyse. Het rijk kan hiermee alert reageren op trends in grondwaterstanden die wijzen op structurele toename van de verdroging.

De methode is ontwikkeld om een totaalinzicht te krijgen in stroming en transport van (grond)water. De relatie tussen grondwater, oppervlaktewater en vegetatie wordt hierbij aan de orde gesteld. De methode biedt een uitstekende mogelijkheid tot integratie van water-, natuur-, milieu- en ruimtelijk ordeningsbeleid met betrekking tot grondwater.

De voor de verdrogingsproblematiek vereiste ecologische en ecohydrologische expertise is binnen TNO aanwezig bij de sector Ecologie & Beleid. Deze sector maakt met ingang van 1991 onderdeel uit van het Instituut voor Ruimtelijke Organisatie TNO (INRO). Hun onderzoek concentreert zich op de integratie van milieu-, waterhuishoudings-, natuurbeleid en ruimtelijke ordeningsbeleid in verschillende gebiedssituaties. Het accent ligt hierbij op de relatie tussen waterhuishouding, natuurbehoud en natuurontwikkeling. Per gebied worden plannen

ontwikkeld en oplossingsgerichte maatregelen aangegeven. Onderzocht wordt hoe milieu- en waterbeleid ingezet kan worden voor de realisatie van natuurdoelstellingen, zoals geformuleerd in het Natuurbeleidsplan. De expertise van de sector Ecologie & Beleid wordt onder meer ingezet bij onderzoeksprojecten voor VROM-DGM en VROM-RPD. Voorbeelden hiervan zijn respectievelijk het ROM-project Groene Hart, en het voorbeeldplan voor de Kromme Rijn en de stad Utrecht. Voor de RPD is ook onderzoek verricht naar de problematiek van de aanvoer van gebiedsvreemd water en de alternatieven hiervoor. Daarnaast wordt de expertise ingezet bij onderzoeksprojecten en advisering van het rijksbeleid, juist op het gebied van integratie van ruimtelijk beleid, milieu- en natuurbeleid en waterhuishouding. Er is meegewerkt aan de ontwikkeling van de Vierde Nota, de Vierde Nota Extra en de uitwerking van het ROM-beleid. Bij het onderzoek op het gebied van verdroging wordt veel samengewerkt met externe onderzoekinstellingen.

Komende TNO-activiteiten

Op regionaal schaalniveau is de bijdrage vanuit sectoren aan de verdrogingsproblematiek, nog onvoldoende bekend. Dit wordt als een kernprobleem beschouwd. Waterwinning voor drink- en industriewaterproductie onttrekt aanzienlijk veel grondwater, vooral in het hogere deel van Nederland. Tot de grote 'consumenten' van grond- en oppervlaktewater behoort ook de landbouw. Deze beïnvloeding vindt vooral via ontwatering (afvoer van wateroverschotten in de winter) en beregening (ter compensatie van watertekorten in de zomer) plaats. Ook andere ruimtelijke functies, zoals bebouwing en bos, dragen bij aan de problematiek. Er moet verder onderzoek

plaatsvinden naar de regionale bijdragen aan de verdroging, respectievelijk naar de regionale maatregelen hiertegen. Het grote risico bestaat anders dat maatregelen tegen het verdrogingsprobleem niet effectief zijn. Ook ten behoeve van integrale planontwikkeling en het daarbij behorende plan van aanpak op het niveau van stroomgebieden en afwateringseenheden, is verder onderzoek nodig.

Het waterhuishoudkundig beheer moet vooral gericht zijn op zo lang mogelijke benutting van zo schoon mogelijk gebiedseigen water. In een dergelijk regionaal plan moet aandacht worden geschonken aan:

- De mogelijkheden om de natuurlijke differentiatie te herstellen in de (grond)waterhuishouding en de waterhuishoudingskwaliteit. Deze is vrijwel overal in Nederland genivelleerd.
- De mogelijkheden voor gebiedsgerichte watervraagvermindering.
- De mogelijkheden om gebieden met watertekorten van water uit gebieden met wateroverschotten te voorzien (recirculatie in plaats van afvoer).
- De mogelijkheden om perioden met wateroverschot te benutten voor aanvulling van water in perioden met watertekort (waterconservering).
- De mogelijkheden om van (steeds vuiler wordend) grondwater over te stappen op het gebruik van (steeds schoner wordend) oppervlaktewater.
- De mogelijkheden om de doelstellingen vanuit water-, natuur-, waterbeleid en ruimtelijke ordening, regionaal in te vullen. Op een zodanige wijze dat duurzamer watergebruik mogelijk wordt.

Systeembenadering is het beste antwoord op deze vragen. De basis voor oplossingsgericht

onderzoek ligt hierbij op (geo)hydrologische processen en relaties. In samenhang met de ecologische aspecten en het gebruik van het water, sluit dit aan bij de benaderingswijze van 'integraal waterbeheer'.

Bij deze analyses moeten inrichtingsaspecten, inzet van technische middelen, en gecombineerde inzet van beleidsinstrumenten aan de orde komen. Effectiviteitstoetsing hiervan kan met grondwaterstromingsmodellen plaatsvinden. TNO is graag bereid om de hiervoor benodigde creativiteit en expertise, gegevensbestanden en modellen in te zetten. Als departementen en overheidsniveaus (rijk, provincies, waterschappen) tot opdrachtgeving en financieringverlening zouden besluiten, betekent dit een extra stimulans voor het geïntegreerde karakter van het verdrogingsonderzoek.

Nadere verkenning is gewenst naar de effectiviteit van maatregelpakketten op regionaal schaalniveau. Dit kan gebeuren in de vorm van een toetsingsproject.

3.8 Verspilling

Inleiding

Verspilling is een (technisch, economisch en sociaal) vermijdbare en ondoelmatige handelswijze; een (potentieel) schaars goed of de bron ervan, wordt sneller verbruikt dan het wordt gegenereerd. Verspilling betreft niet alleen grondstoffen, energie, kwaliteitswater en biotische voorraden, maar ook de voorraad aan natuurlijk draagvermogen voor verontreinigende stoffen in de compartimenten lucht, water en bodem.

Het NMP reikt voor de planperiode 1990-1994 drie (samenhangende) strategische

beleidsmotieven aan:

- 1 Aandacht voor nog bestaand draagvermogen. Beleidsvoorbereiding voor voorraadbeheer van schoon grondwater, van gronden met (nog) voldoende buffervermogen, en van andere milieuvorraden die nog voor het draagvermogen van het milieu bepalend zijn (S43).
- 2 Aandacht voor een nieuw op te bouwen duurzaam draagvermogen. Ontwikkelen van instrumenten gericht op duurzame ontwikkeling (meten, weten en belonen) (S44).
- 3 Aandacht voor technologie als onderdeel van een duurzame samenleving. Stimulering -onder andere door experimenteren- van structurele maatregelen, die gericht zijn op het sluiten van kringlopen, energie- extensivering, en bevordering van de kwaliteit van produkten en productieprocessen (S45).

De overheid heeft dit beleid nog niet gedetailleerd ingevuld. Verwacht wordt echter dat het zal aansluiten bij de geldende aanpak.

Deze wordt gekenmerkt door:

- terugdringing van de verontreinigingsniveaus in procesvoering en produktgebruik, op zodanige wijze dat deze weer binnen de regimes van het draagvermogen van de biosfeer worden gebracht;
- terugdringing van de verspillingsniveaus in procesvoering en produktgebruik, op zodanige wijze dat er een blijvend economisch draagvlak voor een kringloopsamenleving ontstaat.

Huidige TNO-activiteiten

De TNO-activiteiten op het thema 'verspilling' hebben betrekking op een groot aantal onderwerpen. Genoemd kunnen worden:

- Het verzamelen en beoordelen van gegevens over effecten en lotgevallen in lucht, water en bodem van emissies, afvalstoffen en produkten.

- Dit op grond van bestaande kennis, experimenteel onderzoek en modelvorming.
- Het uitvoeren van probleemoplossend milieu- en afvaltechnologisch onderzoek. Gerichte advisering, primair benaderd vanuit de disciplines fysische en chemische technologie.
 - Het stapsgewijs ontwikkelen van gemodificeerde, c.q. nieuwe installaties voor het milieuhygiënisch verbranden van afvalstoffen; de toepassing van hoogselectieve scheidingsprocessen; het inzetten van geavanceerde milieubiotechnologische processen; rationeel energieverbruik.
 - Het verrichten van risicomanagement en bedrijfszekerheidsonderzoek, onder meer ter voorbereiding op nieuwe wetgeving en beleidsbeslissingen over bijvoorbeeld investeringen en onderhoud.
 - Het ontwikkelen van bedrijfsmilieuzorg- en auditsystemen, en overige onderwerpen zoals maatschappelijk onderzoek naar innovatieprocessen, kennisbeheer, consumentengedrag en dergelijke.

Komende TNO-activiteiten

Het centrale thema van TNO's onderzoeksinspanningen is 'duurzame ontwikkeling'. Met duurzaam wordt 'een evenwichtig gekozen compromis tussen minimalisatie van de milieu-effecten van vervuiling en de economische inspanning die nodig is voor het nemen van maatregelen' bedoeld (Strategisch Plan, blz. 23). Om dit doel te bereiken is een breed veranderingsproces nodig. De exploitatie van hulpbronnen, de richting van de investeringen, en de oriëntering van de technologische ontwikkeling moeten daarbij onderling op elkaar worden afgestemd. Op zodanige wijze dat in de behoeften en aspiraties van zowel de huidige als de komende generatie wordt voorzien.

- Uit strategisch oogpunt gezien is een produkt- en procesvernieuwende attitude het beste uitgangspunt voor een operationele aanpak. Managementmethoden en technologie-toepassing richten zich daarbij op de vervaardiging van schone, rationele, scheidbare en vernieuwbare produkten. De omvang van het werkkerrein 'verspilling' is zo groot, dat TNO hoofdonderwerpen zal moeten kiezen. Dit gaat het best aan de hand van de volgende beoordelingscriteria:
- de bestaande, algemeen maatschappelijke prioriteit;
 - de eigen expertise ter zake.

Voor TNO komen zo vijf hoofdonderwerpen in aanmerking voor R&D:

- energiebesparing;
- grondstofzuivering;
- afvalverwerking;
- grondwaterzuivering;
- duurzaam bouwen.

Wat de uitvoering betreft, houdt dit enerzijds zogenaamde out-process technieken in voor de bestaande voortbrengingsprocessen. Deze zijn gericht op de reductie van milieuverontreinigende stoffen en de recycling van afvalstoffen. Belangrijke R&D-onderwerpen zijn hier: onderhoudssystemen, deelstroomzuivering, recycling, energiebesparing, procesbesturing, afvalkarakterisering en immobilisatie.

Anderzijds zijn er de in-process technieken voor de nabije toekomst. Deze zijn gericht op procesgeïntegreerde reductie van milieuverontreinigende stoffen, en hergebruikscascaden voor afvalstoffen. Belangrijke R&D-onderwerpen zijn hier: grondstofzuivering, hoogselectieve scheiding, procesintegratie, produkt- en afvalkwaliteit,

milieubeoordeling producten, scheidbaar ontwerpen, hergebruikscascaden, biodegradeerbaarheid en vernieuwbare grond- en hulpstoffen.

Wat de doelgroepen betreft, moet TNO zich richten op subsectoren binnen de industriële sector die dringend oplossingen vereisen. Genoemd kunnen worden de mestverwerking, de opwaardering van kunststoffen uit proces- en produktafval, de upgradering van metalen uit industriële (chemische) afvalstromen, en de verwijdering van microverontreinigingen uit industrieel afvalwater.

De rol van de consument vormt een belangrijk aandachtspunt binnen het thema 'verspilling'. Verwacht mag worden dat de (georganiseerde) consument steeds meer invloed zal krijgen op de kwaliteitsspecificatie van produkt en afvalstoffen. TNO zal dan ook ruimte reserveren voor onderzoek naar gedrags- en bewustwordingsprocessen.

Tenslotte moet er aandacht zijn voor de instrumenten die de onderzoeksresultaten uit het veld gaan introduceren. Gedacht wordt aan wettelijke regelingen, bedrijfszekerheid en technology assessment.

3.9 Energiebesparing

Inleiding

Energiebesparing is gericht op verminderd energieverbruik bij allerlei economische activiteiten die samenhangen met wonen, verplaatsen, consumeren en produceren. De effectiviteit van energieconversie (omzetting van de ene in de andere vorm) die aan het verbruik vooraf gaat, kan worden verhoogd. In het beleid wordt dit gewoonlijk ook tot het domein van besparing gerekend. Een andere

besparingsoptie is de inzet van duurzame energiebronnen.

Energiebesparing heeft in beleidsdiscussies een nieuwe impuls gekregen. De invloed van energiegebruik op milieukwaliteit en klimaat wordt onderkend. Verhoging van de inspanning voor een lager energieverbruik is dringend gewenst. Energie-extensivering is de hoeksteen van het Nederlands milieubeleid geworden. Het doel van het beleid is uitgewerkt in de BES-nota van Economische Zaken. Gestreefd wordt naar een algehele verbetering van de energie-efficiency. In het jaar 2000 moet een verbetering van 25% ten opzichte van 1985 zijn behaald. De CO₂-uitstoot mag niet hoger zijn dan in 1990. Vanaf 1990 moet een besparingsniveau van 2 à 2,5% per jaar worden bereikt. Dat niveau is al eerder gehaald, in de periode 1973-1985, toen de energieprijzen zeer hoog waren. Momenteel ligt het besparingstempo nog op 0,5 à 1% per jaar. De realisatie van deze beleidsdoelstellingen is een geweldige opgave. Dat blijkt ook uit de TNO-studie 'Energiebesparingspotentiëlen 2015', waarin technische besparingsmogelijkheden worden aangegeven. De vernieuwing en uitbreiding van de capital stock (woningbestand, wagenpark, produktiefaciliteiten etc.) moet namelijk bijna geheel plaatsvinden op een niveau dat overeenkomt met 'technisch minimum energieverbruik 1990' (zie TNO-studie). Bij de beleidsuitvoering moet een sterk beroep op de maatschappelijke partners worden gedaan om méér te doen dan strikt genomen (bedrijfs-) economisch verantwoord is.

Onderzoek op energiegebied moet vooral de (technische) voorwaarden scheppen voor een duurzame maatschappelijke ontwikkeling. Een

verdere energiebesparing van 70 à 80% wordt hiervoor noodzakelijk geacht. De ontwikkeling van nieuwe besparingstechnologieën (voor eindverbruiksectoren en energie-opwekking/conversie) en de versterkte toepassing van duurzame energiebronnen staan hierbij centraal. Ook de marktintroductie van nieuwe technologieën en praktische gedragsaspecten bij de realisatie van energiebesparing vragen speciale aandacht.

Huidige TNO-activiteiten

Doel van TNO's energie-onderzoek is bevordering van zowel verantwoord energiegebruik, als van duurzame ontwikkeling van de energievoorziening. Hiermee sluit het programma in wezen goed aan op het NMP-Plus en de Energiebesparingsnota. Het omvat onder andere de volgende onderwerpen:

- intensiteitsvermindering van het energie-verbruik in eindverbruiksectoren (industrie, woningen en gebouwen, voertuigen en schepen);
- rendementsverbetering van energieconversie-apparaten en -systemen, en gelijktijdige emissieverlaging;
- exploratie en exploitatie van duurzame en fossiele energiedragers.

Daarnaast vindt beleidsgeoriënteerd en sociaal-wetenschappelijk onderzoek (gedragsonderzoek) naar energievraagstukken plaats.

De basis voor TNO's energie-onderzoek wordt gevormd door jarenlange kennis en ervaring van de diverse instituten. Met name op het gebied van:

- produkt- en procesontwikkeling voor vele bedrijfstakken;
- voertuigtechnologie: het ontwerp en gebruik

- van motoren;
 - bouwtechnologie;
 - ontwerp, opschaling en toepassing van apparaten voor energie-opwekking en -gebruik (installaties voor de opwekking van elektriciteit en warmte, al dan niet gecombineerd: warmtepompen, verwarmingstoestellen, zonnecollectoren, koelinstallaties, ovens, drogers);
 - het voorkomen en bestrijden van milieubelastende emissies, verbonden met energiegebruik en energie-opwekking (in het bijzonder: rookgasreiniging, reststofverwerking);
 - de verbranding van fossiele brandstoffen en afval (ketels, ovens);
 - processen en systemen voor benutting van geo-energie, zonne-energie, windenergie en energie-opslag (thermische opslag, pompslag batterijen).
- Op deze gebieden worden ook consultancy-werkzaamheden uitgevoerd en beleidsadviezen gegeven.

De kracht van TNO's positie wordt gevormd door een brede technologische kennisbasis, de verbinding met andere onderzoeksvelden (milieu-onderzoek, industrieel-technologisch onderzoek) en multidisciplinaire onderzoekcapaciteit. TNO heeft hiermee een eigen plaats verworven binnen het energie-onderzoek, naast instellingen als ECN en KEMA.

Komende TNO-activiteiten

TNO's energie-onderzoek is feitelijk een ondersteuning van het energie-extensiveringsbeleid, zoals aangegeven in het NMP en uitgewerkt in de besparingsnota. TNO wil het lopende onderzoekprogramma dan ook voortzetten, zij het met een aantal

accentverschuivingen. In dit verband zijn onderstaande signalen uit het onderzoeksveld van belang:

- Energiebesparing, milieuzorg, veiligheid, betrouwbaarheid etc., gaan meer dan voorheen deel uitmaken van vernieuwing van de eindverbruikertechnologie. De procesgeïntegreerde behandeling van deze aspecten wordt dan ook steeds belangrijker. Onderzoek en beleid zullen zich meer op 'integrale technologievernieuwing' moeten richten.
- Energie- en milieuvraagstukken overstijgen de grenzen van afzonderlijke processen en bedrijfstakken. Bij ketenbeheer worden ook de voor- en achterkant van produktstromen in de beschouwingen meegenomen. Bij het onderzoek komt dan ook een zwaarder accent op systeembenadering te liggen en zal er meer aan geïntegreerde oplossingen gewerkt moeten worden.
- De implementatiekaders hebben versterking nodig om de hooggestemde beleidsdoelstellingen effectief gestalte te geven. Kennisuitwisseling en netwerkvorming moet geïntensiveerd worden. De onderzoeksinstituten dienen zich nadrukkelijker als kenniscentra te profileren. Ook is verder sociaal-wetenschappelijk onderzoek gewenst naar:
 - gedragsaspecten bij invoering en gebruik van nieuwe technologieën;
 - mogelijkheden om gedragsveranderingen bij doelgroepen te bewerkstelligen (implementatieproblematiek).

Inhoudelijk inspireert het NMP-Plus tot accentuering van onderwerpen binnen het energie-onderzoekprogramma. Specifieke voorbeelden zijn:

- Energie uit afval: ontwikkeling en beproeving van apparaten en systemen (hard- en softwarematig).

- Reiniging van (af)gassen van industriële processen en energieopwekkingssystemen (bijvoorbeeld kolenvergassing); ontwikkeling hiervoor van processen en technische systeemstudies, en beproeving van apparaten.
- Warmtepompen: toepassingsgeoriënteerde systeemontwikkeling en -beproeving (ontwerpen en bedrijfscondities).
- Zonne-energie: ontwikkeling van de compacte zonneboiler (verbetering van warmte-overdracht en toepassing van nieuwe materialen).
- Motoren: onderzoek naar rendement/emissie-eigenschappen van bestaande en nieuwe motorconcepten; toepassing van alternatieve brandstoffen; ontwikkeling van elektrische voertuigen (in combinatie met electrochemisch onderzoek naar batterijen).
- Koudetechniek en airconditioning: ontwikkeler van milieuvriendelijke koelmiddelen en -systemen.
- Industrie: ontwikkeling van intrinsiek schone en energiezuinige processen/produkten (procesgeïntegreerde en ketengeoriënteerde aanpak).
- Verkeer: modellering van het energieverbruik bij vervoermiddelen in praktische verkeerssituaties.
- Woningen en gebouwen: ontwikkeling van systemen voor de energiezuinige woning (inclusief beheerssystemen).

4. Rol en positionering van TNO

TNO stelt zich ten doel om door middel van onderzoek en advisering bij te dragen aan een goed milieubeheer en een verantwoord energiegebruik. Zij verricht lange en middellange termijn-onderzoek, maar werkt tegelijkertijd aan concrete korte termijn-toepassingen.

Deze activiteiten passen in het streven naar een duurzame ontwikkeling dat TNO wil ondersteunen. TNO heeft vertrouwen in de mogelijkheden van de techniek, samen met een gedegen kennis van het natuurlijk milieu, om oplossingen aan te dragen voor tal van milieuproblemen. Toch is het gedrag van mensen uiteindelijk bepalend of die oplossingen feitelijk ook gerealiseerd zullen worden. Er zullen hoe dan ook keuzes gemaakt moeten worden. Om de positie van TNO daarin verder te verduidelijken verschijnt komend (jubileum)jaar een strategie gericht op 'Duurzame Ontwikkeling'.

Onafhankelijk intermediair

TNO voert veel anticiperend toegepast onderzoek uit. Daardoor wil zij bijdragen aan beleidsvorming en beslissingsondersteuning voor departementen en andere overheidslichamen. Maar TNO richt zich ook op het bedrijfsleven, zowel voor het oplossen van milieuproblemen (al dan niet preventief) als voor hergebruik van (afval)stoffen.

Procesgeïntegreerde, milieuvriendelijke(r) alternatieven voor produktiemethoden krijgen dan ook steeds meer aandacht.

TNO voert in dit verband overleg met branches en individuele bedrijven. Zij wil ook een deskundigenrol spelen bij het 'NMP Plus-doelgroepenoverleg' tussen overheid en bedrijfsleven.

TNO streeft naar een voortrekkersrol op het gebied van het toegepast wetenschappelijk milieu-onderzoek. Er is dus een duidelijke afbakening ten opzichte van het fundamenteel

gerichte onderzoek, dat het exclusieve terrein van de universiteiten is.

Op het 'speelveld' van overheid, bedrijfsleven en universiteiten wil TNO een onafhankelijke, intermediaire positie innemen. Zij wil in dit krachtenveld een katalyserende functie hebben. TNO is daartoe ook bij uitstek in staat. Zij bezit namelijk zowel discipline- als branchegerichte kennis, maar is bovendien in staat thematisch gerangschikte milieuproblemen te vertalen naar doelgroepgerichte oplossingen.

Markt en omgeving

Van de totale nationale milieu-onderzoeksinspanning, komt circa 12% op naam van TNO. De vraagzijde van het TNO-milieu-onderzoek onderscheidt de volgende marktsectoren:

- Bedrijfsleven.
Keuringen, adviezen, curerend onderzoek ('trouble shooting') en risicomangement. In de productiesector is behoefte aan op ontwikkelingswerk gerichte technologie, ter voorkoming van milieuschade (herdefinitie van lopende processen, op basis van milieu-effecten en energiegebruik etc).
- Rijksoverheid als opdracht- en subsidiegever.
Voornamelijk beleidsvoorbereidend en -onderbouwend onderzoek, zowel gericht op korte als op lange termijn.
- Lagere overheden.
Voornamelijk onderzoek ter ondersteuning van de beleidsuitvoering. Heeft dikwijls een sterk lokaal of regionaal accent.
- 'Funding'-organisaties als NOVEM, Stipt, IOP's³⁾ Technologiegerichte stimulerings-

³⁾ NOVEM: Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu;
StiPT: Stimulerings Projectteam Technologie;
IOP: Innovatiegericht Onderzoekprogramma.

programma's, en onderzoekprogrammerende en -coördinerende organisaties op 'armenlengte' afstand van de overheid.

- Buitenland (export).

Individuele landen (met name de geïndustrialiseerde Europese landen en de USA), zijn geïnteresseerd in specifieke kennisgebieden die in Nederland zijn opgebouwd, zoals bodemsanering.

Ontwikkelingslanden hebben behoefte aan goedkope en eenvoudig te implementeren milieutechnologie, naast een beperkte behoefte aan constaterend onderzoek.

- De E.G.

De Europese Gemeenschap is in toenemende mate een stimulator voor supranationaal milieuonderzoek.

Activiteiten

TNO's huidige en toekomstige ontwikkelingen bij duurzame ontwikkeling hebben betrekking op de kerngebieden: technologische ontwikkelingen, normstelling, milieu-economie en gedrag/individuele betrokkenheid. TNO is vooral betrokken bij technologische ontwikkelingen, en (in mindere mate) bij normstelling. De inzet op de kerngebieden milieu-economie en gedrag zal waarschijnlijk beperkt blijven. Door hun onderlinge verwevenheid zijn deze gebieden voor TNO niettemin essentieel.

Om een optimale bijdrage te leveren aan het oplossen van de milieuproblematiek moet TNO ook aangeven welke activiteiten zij niet wil uitvoeren. Zo ontstaat er ruimte voor een vruchtbare samenwerking met instellingen die over kracht en expertise op andere terreinen beschikken. Overlapping, doublures en concurrentie kunnen dan worden vermeden.

Enige jaren geleden werd een beleidslijn ingezet die een verschuiving inhield van signalerende, naar preventieve en curerende activiteiten. Deze

lijn zal worden voortgezet. Dit heeft een relatieve toename van het milieutechnologisch onderzoek tot gevolg.

De volgende typen van activiteiten op milieugebied vallen nu buiten het werkveld van TNO⁴⁾:

- Engineering van installaties en processen;
- Begeleiding van vergunningaanvragen;
- Routinematige metingen met lage toegevoegde waarde (standaardanalyses);
- Opstellen van gemeentelijke milieufactieplannen;
- Monodisciplinair, fundamenteel onderzoek;

In het milieuonderzoek valt het accent veeleer op onderzoek als:

- Bepaling van ecotoxicologische effectparameters;
- Ontwikkeling van (in situ) microsensoren;
- Mechanismen/parameters van transport en omzettingsprocessen;
- Intercompartimentele verspreiding;
- Grondwaterverontreiniging en verdroging;
- Milieurisico-evaluatie en -beheersing;
- Procesgeïntegreerde bestrijding/preventie van milieuverontreiniging;
- Geavanceerde afvalverwerkingsprocessen;
- Preventie van geluidhinder;
- Integrale milieuzonering;
- Gebiedsgerichte milieubeheersing;
- Informatiemanagement van data en kennis met betrekking tot bronnen, verspreiding, bestrijding en beleid;
- Integratie van milieuhygiënische, technologische en economische kennis. Dit ter onderbouwing van een op duurzame ontwikkeling gericht beleid.

⁴⁾ Ontleend aan de TNO-nota 'Strategie voor de jaren negentig' 1990

Het milieu-onderzoek binnen TNO concentreert zich rond de nieuwe hoofdgroep TNO-Milieu en Energie. Toch blijven aspecten van milieu-onderzoek ook voor andere hoofdgroepen van belang. TNO-Milieu en Energie fungeert als marktingang voor het milieu-onderzoek in het algemeen. Zij is tevens belast met de coördinatie.

Samenwerking

Onderzoekinstellingen en adviesbureaus voor milieu-onderzoek tonen een toenemende interesse voor terreinen die al jaren door TNO worden bestreken. Dit vormt een bedreiging, maar biedt ook mogelijkheden voor het opzetten van samenwerkingsprogramma's. Bijvoorbeeld met het RIVM en het ECN.

Op universiteiten wordt in toenemende mate toegepast milieu-onderzoek uitgevoerd. Deze tendens zal waarschijnlijk aanhouden. Als de universiteiten voldoende gelegenheid krijgen om strategisch, fundamenteel onderzoek te blijven verrichten, kan de spin-off hopelijk mede door TNO naar praktische toepassingen op milieuterrein worden vertaald. TNO opteert voor de opbouw van een netwerk van nationale en Europese onderzoekinstellingen, om een zo efficiënt mogelijke uitvoering van milieu-onderzoek te bevorderen.

Milieuproblemen zijn vaak zeer complex. In veel gevallen is optimale bestudering c.q. oplossing daarvan alleen mogelijk door gebundelde expertise van meerdere organisaties en instellingen. TNO is gaarne bereid tot samenwerking met derden, en neemt daartoe zelf vaak het initiatief.

TNO wil zich ook op milieugebied op de internationale onderzoeksmarkt bewegen. Handhaving tussen de daar aanwezige

concurrenten wordt als een uitdaging beschouwd, terwijl eventuele successen de eigen positie juist bevestigen. Bovendien verleent optreden in internationaal verband toegang tot kennis die elders wordt gegenereerd. Dat kan van grote betekenis zijn voor Nederlandse belanghebbenden. Naast Europa zijn met name het Noord-Amerikaanse continent en Japan gebieden, waarmee actieve afstemming van de ontwikkelingen met betrekking tot het milieu-onderzoek aandacht verdient.

Samenwerking vindt plaats met gerenommeerd buitenlandse instellingen zoals het Fraunhofer Gesellschaft (Duitsland) en het Center of Hazardous Materials Research (Pittsburg, USA). Bij de bevordering van de noodzakelijke samenwerking tussen 'zusterinstellingen', is een belangrijke rol weggelegd voor de Europese Associatie van Contract Research Organisaties (EACRO).