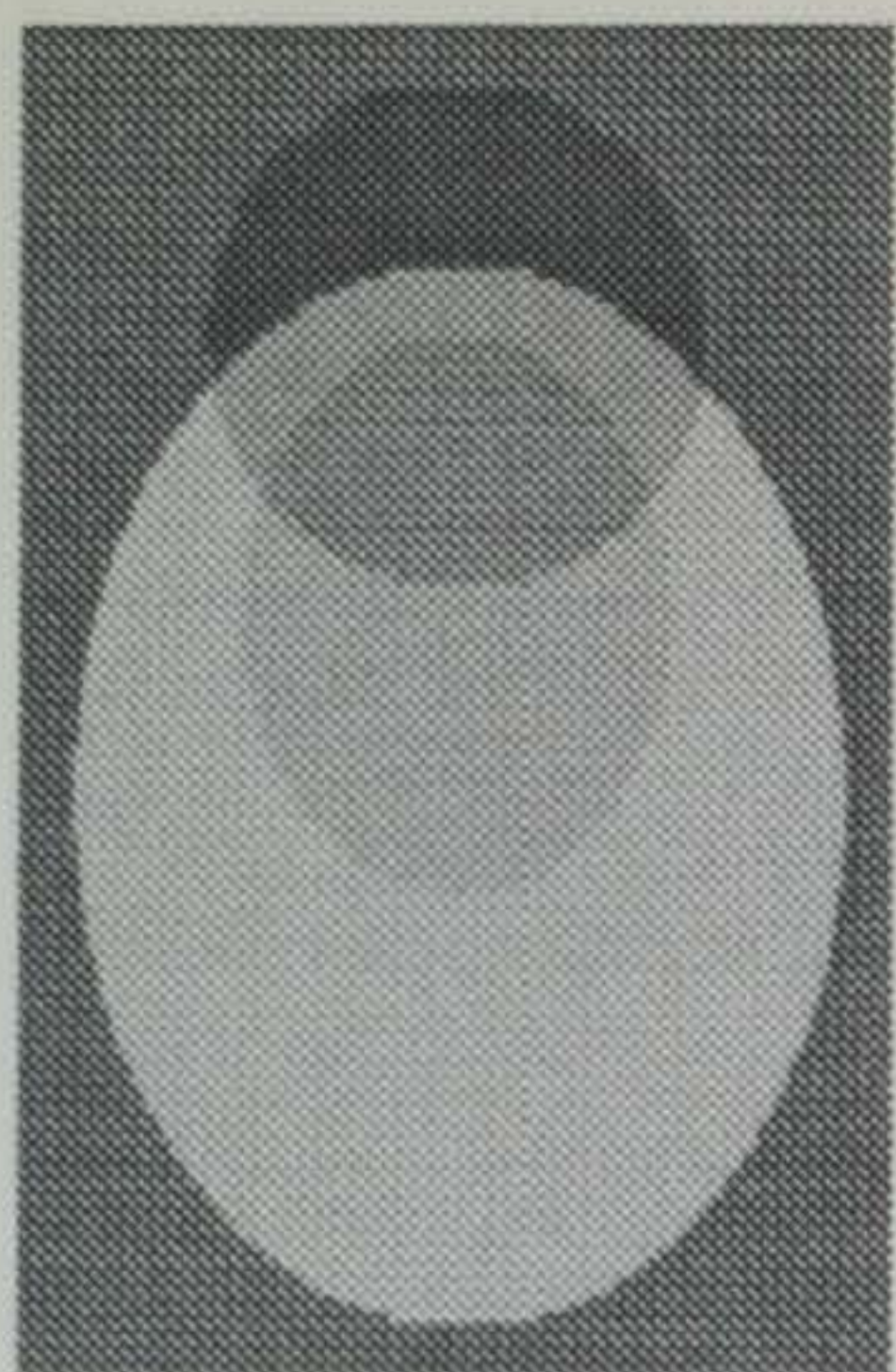
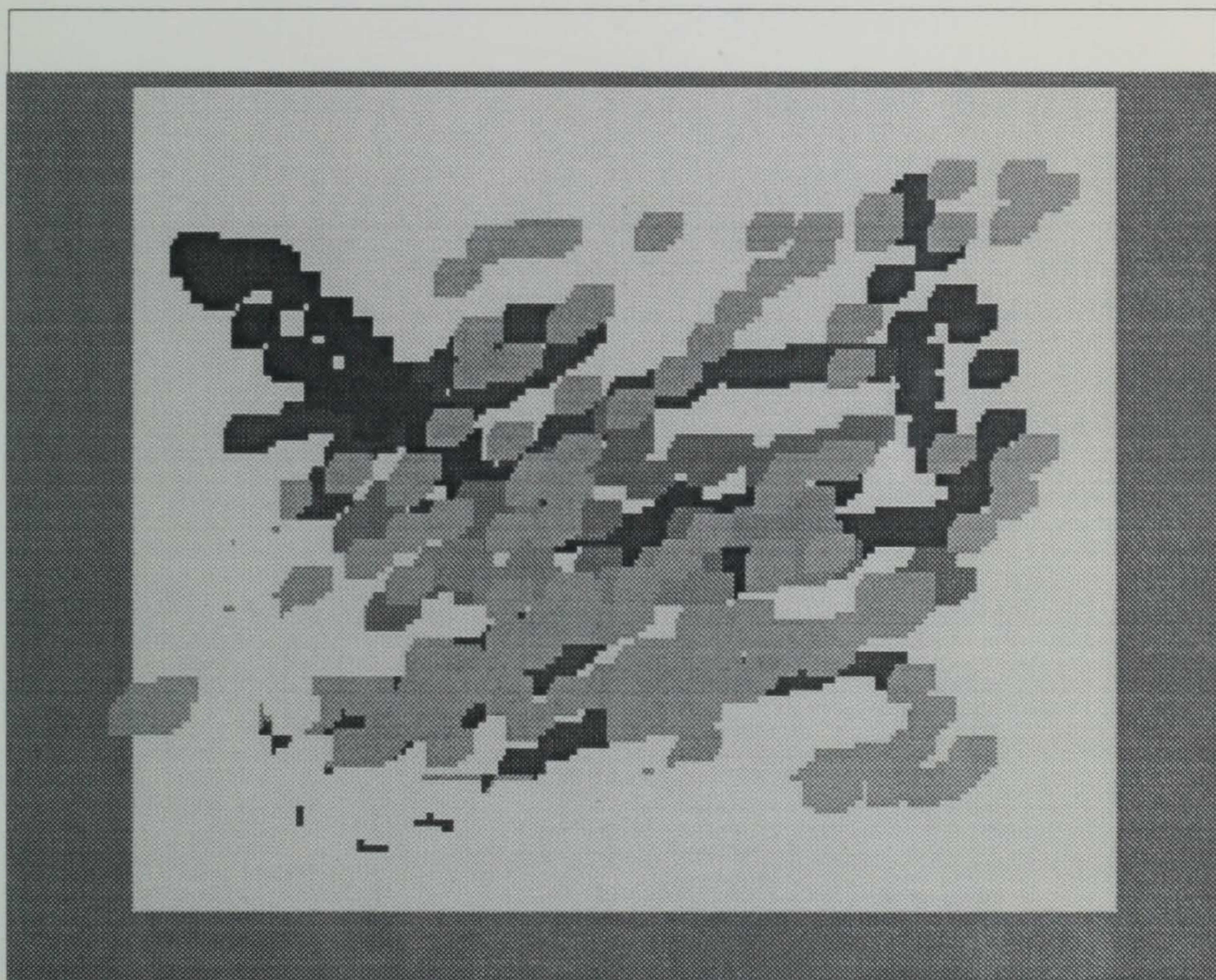


Monografieën Milieuplanning/SOM 27



Milieu- hygiëne

Prof.dr.ir. Taeke M. de Jong



Technische Universiteit Delft Faculteit Bouwkunde Vakgroep Stedebouw Werkverband Ruimtelijke Planning Leerstoel

Technische ecologie & Milieuplanning

MILIEUHYGIËNE

Monografieën milieuplanning/SOM nr. 27

1 INLEIDING

Prof.dr.ir. T.M. de Jong

2 BRONNEN VAN MILIEUBELASTING

22 augustus 1994

3 SOORTEN EMISSIES EN MILIEUBELASTING

4 TRANSMISSIE

5 IMMISSIE EN BLOOTSTELLING

6 NORMERING

AANTEKENINGEN

INDEX

MILIEUHYGIËNE

Monografieën milieuhygiëne SOM nr. 27

Prof. dr. T.M. de Jong

22 augustus 1994

1 INLEIDING

In deze monografie worden enkele technische aspecten van de milieuhygiene belicht, die van belang zijn bij het maken van kleine milieu-effectrapportages en milieu-beleidsplannen.

Milieuhygiene, ruimtelijke ordening en natuurbeheer zijn sectoren van beleid, die zich bezig houden met de ongewenste neveneffecten van menselijke activiteiten. Bij ruimtelijke ordening en natuurbeheer gaat het dan in de eerste plaats om mechanische effecten zoals beheer, verstoring, lichte en zware ingrepen in natuur en ruimte. Bij de milieuhygiene gaat het vooral om materiele, energetische en andere effecten op materialen, mensen, overige organismen, systemen en hele geografische gebieden, waaronder natuurgebieden.

Teneinde de ongewenste neveneffecten van allerlei activiteiten in een gegeven gebied vooraf te kunnen ramen, kan men deze activiteiten het best verdelen in wonen, verkeer, natuur en landbouw, bedrijven en incidentele activiteiten. Deze categorieën kunnen worden onderverdeeld in een veelheid van activiteiten waarvan per activiteit emissiefactoren bekend zijn. Door vermenigvuldiging van deze factoren met aantallen inwoners, arbeidsplaatsen of km2 kan een indruk worden verkregen van de uitstoot. Deze uitstoot of emissie verspreidt zich door lucht, water, bodem of anderszins om uiteindelijk nadelig effect te hebben op materialen, mensen of overige organismen. En en ander kan als volgt in schema worden samengevat^a:

Tabel 1 Activiteiten en hun effecten			
nuttig effect		neven effect	
economisch effect effect activiteit	direct effect emissie	indirect effect transmissie	eindeffect immissie en blootstelling
BRONNEN (8.2) 1. Wonen 2. Verkeer 3. Landbouw 4. Bedrijven 5. Incidenten	UITWORP (8.3) 1. Anorganisch 2. Energetisch 3. Mechanisch 4. Informatie 5. Potentiële emissies	MEDIA (8.4) 1. Lucht 2. Water 3. Bodem 4. Voedselketens 5. Vervoer	OBJECTEN (8.5) 1. Materialen 2. Mensen 3. Overige Organismen 4. Systemen 5. Gebieden

In tabel 1 is geen rekening gehouden met ongewenste sociaal-economische neveneffecten, er is slechts een checklist gegeven voor de raming van milieu-effecten. Op de aard van bronnen, uitstoot, media en objecten wordt respectievelijk naderingegaan in de paragrafen 8.2, 8.3, 8.4 en 8.5.

Door een raming van de te verwachten emissie, transmissie, immissie en blootstelling kan men voor een activiteit of voor een geheel gebied een milieu-effectrapportage maken. Daarin is dan echter nog geen beleid geformuleerd om deze effecten te beperken.

^a Welke 5 bronnen, vormen van uitworp, media en objecten kan men onderscheiden?

Een dergelijk beleid zal de ongewenste neveneffecten moeten afwegen tegen het nuttig effect van de voorgenomen activiteit of van de situatie zoals deze gegroeid is en kan worden neergelegd in een milieu-beleidsplan.

Een dergelijke afweging vindt plaats door normering. Normen ter beperking van de schade die tal van objecten ondervinden van verschillende menselijke activiteiten vinden hun oorsprong bij deze objecten.

Hier kan in eerste instantie worden vastgesteld welke grenzen aan schadelijke invloeden moeten worden gesteld om op het bedoelde object geen nadelig effect te sorteren. Hieruit kunnen kwaliteitsnormen voor bodem, water en lucht worden afgeleid, die op hun beurt weer aanleiding geven om grenzen te stellen aan de uitstoot van diverse activiteiten. Tenslotte kan men veranderingen aanbrengen in de schadelijke activiteiten zelf door het procedé, het produkt of de betreffende inrichting als geheel aan normen en voorschriften te binden.

En en ander is samengevat in het volgende schema^a:

Tabel 2 Normering ter beperking van nadelige effecten (8.6)			
NORMEN, betrekking hebbend op de bron	de uitworp	het medium	het object
produktnormen procedeenormen voorschriften	emissienormen -plafonds	kwaliteitsnormen	blootstellings - en immissie-normen
VOORBEELDEN NIET- GETALSNORMEN ("Beleidsuitgangspunten")			
"Vermijden aan de bron"	"Bestrijden aan de bron" "best technical means" "best practical means"	"standstill"-beginsel	"geen effect" "geen nadelig effect"
VOORBEELDEN GETALSNORMEN			
Loodgehalte benzine	max. 500 mln so ₂ per jaar in Nederland	% zuurstof gemiddelde van water	EPEL- waarde _a

^a Noem 4 voorbeelden van niet- getalsnormen en vier voorbeelden van getalsnormen.

Alle normen bevatten een beleidsmatige afweging van het nuttig effect van diverse activiteiten tegen hun ongewenste neveneffecten. Dit is een economische afweging waarop nader wordt ingegaan in hoofdstuk 6.

Deze normering, bedoeld als feed-back systeem op menselijke activiteiten teneinde nadelige neveneffecten te voorkomen, moet uiteraard door sanctie-mogelijkheden worden gerealiseerd.

Een integraal wettelijk kader, dat aan deze normen onderdak zou moeten bieden, is de opbouw (Wet Algemene Bepalingen Milieuhygiene WABM). Het Internationale, nationale, provinciale en gemeentelijke milieubeleidsplan kan daarin een belangrijke rol spelen. Of de normen uit het milieubeleidsplan vooraf (door een vergunningenstelsel), of achteraf (door milieu-accountancy) moeten worden toegepast, is voor de technische aspecten van de milieuhygiene nog niet van belang, deze blijven in beide gevallen dezelfde.

Tabel 2 Normering ter beperking van nadelige effecten (p. 1)

NORMEN, betrek- king hebbend op de bron	de afweging	het normen	het afgeen
productnormen proceदनormen voorschriften	emissienormen -plafonds	kwantitatieve normen	kwantitatieve - en kwalitatieve normen
VOORBEELDEN NIET-GETALSDORMEN ("Beleidsmaatregelen")			
"Vermijden van de bron"	"Beperken van de bron"	"Standaard- technisch"	"Geen effect"
"Bestrijden van de bron"	"Bestrijden van de bron"	"Bestrijden van de bron"	"Geen effect"
"Bestrijden van de bron"	"Bestrijden van de bron"	"Bestrijden van de bron"	"Geen effect"
"Bestrijden van de bron"	"Bestrijden van de bron"	"Bestrijden van de bron"	"Geen effect"
VOORBEELDEN/GETALSDORMEN			
Loodgehalte	max 500 mg	50 mg/l	50 mg/l
bestrijdingsmiddel	max 500 mg	50 mg/l	50 mg/l
bestrijdingsmiddel	max 500 mg	50 mg/l	50 mg/l

2 BRONNEN VAN MILIEUBELASTING

Voor de registratie van emissies in een gebied zijn nadere gegevens van de bronnen noodzakelijk. Zij kunnen worden ingedeeld volgens het volgende schema (een nadere uitwerking van tabel 1)

Tabel 3 Overzicht van bronnen	
1. WONEN, VERBLIJSRECREATIE	1.1 Huishoudens 1.2 Afspoeling openbare ruimte 1.3 Openbaar groen
2. VERKEER, INFRASTRUCTUUR	2.1 Auto's overig benzine motor 2.2 Routes gevaarlijke stoffen 2.3 Spoorwegen, overig elektrisch 2.4 Scheepvaart 2.5 Luchtvaart 2.6 Kabels en Leidingen 2.7 Straalverbindingen
3. NATUUR LANDBOUW, BOSBOUW NATUURRECREATIE	3.1 Natuurgebieden 3.2 Bosbouw 3.3 Akkerbouw 3.4 Kassentuinbouw (incl. champignons) 3.5 Vollegrondstuinbouw, fruitteelt 3.6 Veeteelt, visserij
4. BEDRIJVEN, DAGRECREATIE _{s2}	4.1 Delfstoffenwinning 4.2 Ambacht 4.3 Industrie 4.4 Openbare nutsbedrijven 4.5 Bouwnijverheid 4.6 Diensten
5. INCIDENTELE ACTIVITEITEN	

Op grond van collectieve registratie, aangevuld met individuele registratie is in 1977 voor alle provincies van Nederland de totale emissie geraamd. De emissieregistratie Gelderland biedt bijvoorbeeld voor de vier belangrijkste emissies het volgende beeld^a:

^a Schets de assen van een tabel waarmee men globaal de emissie van een gebied kan ramen wanneer men alleen over inwonertallen beschikt.

BRONNEN VAN MILIEUBELASTING

Tabel 4 vier belangrijke emissies per broncategorie (Gelderland 1977)					
eenheid BRON- gram/dag CATEGORIE	Koolstof monoxide CO	Zwavel dioxide SO ₂	Stikstof dioxide NO _x	Koolwater stoffen CxHY	per:
1. Wonen	12	4	6	13	inwoner
2. Ver- keer	200	8	54	48	inwoner
3.		869	32	690	km ²
Glas	362	1346	317	43	arbeids- plaats
Agr.	107	5	5	35	arbeids- plaats
4. Bedr.	180	588	266	393	arbeids- plaats
Bron: berekend uit Emissieregistratie Gelderland (1977) en cij- fers LEI (1977)					

Ten behoeve van een eerste globale referentie, zou men voor een gegeven gebied dergelijke getallen als emissiefactoren kunnen gebruiken.

Emissies worden voortgebracht door de verwerking van brandstoffen of grondstoffen. Dit leidt respectievelijk tot verbrandingsemissies en procesemissies. Energiebesparing zou kunnen leiden tot een aanzienlijke reductie van de verbrandingsemissies. De volgende tabel geeft enig inzicht in de verhouding tussen beide vormen van emissie^a:

		Verbrandings	Proces- emissies	totaal- emissies
		g/inw./dag	g/inw./dag	Tg/jaar*
Koolstof- dioxide	CO ₂	8920	90	46.04
Koolstof- monoxide	CO	286	49	1.71
Stikstof- oxide	NO _x	108	6	0.58

^a Schets een tabel die meer recht doet aan de regionale bedrijfssamenstelling. Geef ook de eenheden weer.

BRONNEN VAN MILIEUBELASTING

		Verbrandings	Proces- emissies	totaal- emissies
		g/inw./dag	g/inw./dag	Tg/jaar*
Zwavel- dioxide	SO ₂	70	8	0.40
Koolwater- stoffen	CxHy	33	25	0.30
Aerosolen, stof, roet	6	20	0.13	
Gips	CaSO ₄		427	
ZOUT	NaCL		67	0.34
Zwavelzuur	H ₂ so ₄		22	0.11
Bronnen: CBS-cijfers (1978), Emissieregistratie 1974/1981, Hermans en Hoff (1982)				
* 1Tg = 1000 000 000 kg = 1 mln ton				

3 SOORTEN EMISSIES EN MILIEUBELASTING

Om de aard van het eindeffect en de wijze van verspreiding te kunnen ramen, dienen per bron of per groep bronnen de emissies als volgt te worden onderscheiden (uitwerking van tabel 1)

SOORTEN EMISSIE	Onderverdeling	Voorbeelden
1. ANORGANISCH	1.1 Metaalhoudend	koper, lood, kwik
	1.2 Overig anorganisch	CO, SO ₂ , NO _x
	1.3 Zuiver	Metaan, toluen, benzeen
	1.4 Halogeenhoudend	Vinylchloride
	1.5 Zuurstofhoudend	Acoholen, esters
	1.6 Stikstofhoudend	Aminozuren
	1.7 Zwavelhoudend	Thiolen
	1.8 Metaalhoudend	Organisch kwik
	1.9 Overig anorganisch	Organisch fosfor
	1.10 Complexe mengsels	BZV, CZV, Kjeldahl
	1.11 Aerosolen	Vliegias, ind.afval
	1.12 Vast afval	Tetanus, Botulisme
2. ENERGETISCH	2.1 Warmte	Koelwater
	2.2 Geluid	Verkeer, industrie
	2.3 Straling, magn.	licht, infrarood, ultraviolet, radar, ethergolven
	2.4 Straling radio-ac.	alfa-, beta-, gamma-
	2.5 Magnetisch veld	hoogspanningsleidingen
3. MECHANISCH	3.1 Verstoring	Betreden, maaien, trillingen
	3.2 Lichte ingrepen	Rooien, spitten, ploegen, vandalisme
	3.3 Zware ingrepen	Ontgronden, bouwen, explosies
4. IFORMATIE	4.1 Visueel	Horizonvervuiling
	4.2 Olfactorisch	Stank
	4.3 Overig	Misleidende geluiden

SOORTEN EMISSIES EN MILIEUBELASTING

SOORTEN EMISSIE	Onderverdeling	Voorbeelden
5. POTENTIELE EMISSIES	5.1 Emissiereductie	Doekfilter, bezink-inr.
	5.2 Risico	LPG-tank, opslag
	5.3 Variatie in emissies	Dag-nacht variaties

Op enkele van deze vormen van emissie wordt hierna kort ingegaan^a.

Metaalhoudende anorganische verbindingen kunnen zwaar vergiftige, accumulerende verontreiniging opleveren. Met name kwik en cadmium en hun verbindingen staan op de zwarte lijst^b voor de waterverontreiniging (mogen in geen enkele hoeveelheid geloosd worden).

Tot de **overige anorganische verbindingen** behoren koolstofmonoxide, zwaveldioxide, stikstofoxiden, halogeenvverbindingen, fosfaten en arseen. Hiertoe behoren dus de kwantitatief belangrijkste emissies en het merendeel van de verbrandingsemissies. Op enkele hiervan wordt hieronder in het bijzonder ingegaan.

Koolstofmonoxide (CO) wordt gevormd bij onvolledige verbranding. Het is een giftig, kleurloos en reukloos gas. De totale hoeveelheid CO over de gehele wereld blijft opmerkelijk constant, ondanks de toenemende produktie. In de atmosfeer ontstaat bovendien CO door oxidatie van koolwaterstof. CO wordt echter effectief geoxideerd tot CO₂, zodat de verblijftijd van CO in de atmosfeer slechts 0,1 jaar is.

Zwaveldioxide (SO₂) is een kleurloos gas met een verstikkende geur. Het werkt prikkelend op de slijmvliezen en longen, maar is overigens niet zo schadelijk. Het komt van nature in de atmosfeer voor, onder andere als gevolg van vulkaanuitbarstingen. Een hoge concentratie SO₂ is indicator voor verontreiniging door deeltjes (aerosolen). SO₂ wordt uit de atmosfeer verwijderd door oxidatie tot SO₃, dat met water reageert tot zwavelzuur (H₂SO₄). Dit is samen met andere stoffen de oorzaak van de zure regen. (Zie ook Mi20, Brasser "Zure regen en aanverwante onderwerpen") Hierdoor zijn reeds duizenden meren in Canada Scandinavië en Nederland gesteriliseerd, bossen minder vitaal geworden of ten dode opgeschreven (in Nederland is reeds meer dan 20% van het bos opgegeven), heiden vergrast, de hout- en landbouwopbrengst gereduceerd en de culturele erfenis onherstelbaar aangetast.

^a Geef 3 voorbeelden van anorganische verbindingen en hun belangrijkste effect.

^b De zwarte lijst is een Europese lijst van meest milieugevaarlijke stoffen.

Een klein gedeelte van de SO_2 wordt direct uitgewassen en geabsorbeerd door vegetatie en water. De verblijftijd van SO_2 in het onderste gedeelte van de atmosfeer ligt in de orde van grootte van dagen, en onder bepaalde omstandigheden van uren.

Zwavelwaterstof (H_2S) is een stinkend, giftig, brandbaar gas, dat ogen en ademhalingsweefsels irriteert. Het komt vrij bij natuurlijke bacteriële rottingsprocessen, maar ook bij vele industriële processen. Het verdwijnt uit de atmosfeer via oxidatie tot SO_2 of door middel van sommige bacteriën. De verblijftijd in het onderste deel van de atmosfeer is enkele uren tot dagen.

De stikstofoxiden (NO_x , d.w.z. NO , NO_2 en NO_3) ontstaan uit stikstof en zuurstof uit de lucht bij temperaturen hoger dan 800 graden Celsius. In eerste instantie ontstaat NO , door de afkoeling wordt dit in de atmosfeer gedeeltelijk omgezet in NO_2 . NO is een kleurloos, op zichzelf onschadelijk gas. Het roodbruine NO_2 daarentegen is veel schadelijker door zijn irriterende werking op de slijmvliezen. NO_x wordt uiteindelijk geoxideerd tot nitraat en verblijft ongeveer 5 dagen in de atmosfeer.

NO_x in combinatie met koolwaterstoffen kan in de atmosfeer allerlei nieuwe verbindingen vormen, die aanleiding kunnen geven tot "foto-chemische smog". Hierbij ontstaat onder andere "PAN" (peroxid-acyl-nitraat) en formaldehyde (HCHO).

Ammoniak (NH_3) ontstaat vooral bij de bio-industrie. Het verblijft ongeveer 7 dagen in de atmosfeer.

Van de anorganische halogeen-verbindingen zijn vooral de verbindingen met fluor(F) en chloor (Cl) van belang.

Fluorwaterstof (HF) is een zeer corrosieve giftige vloeistof, die door zijn lage kookpunt (19,4 °C) toch gemakkelijk als gas geëmitteerd wordt (van belang als potentiële emissie bij opslag). Het is een cumulatief gif, dat wil zeggen het hoopt zich op in een organisme.

Chloorhoudende gassen komen hoofdzakelijk in de atmosfeer door bedrijfsongevallen en lekken, als insecticide of ook door verbranding van plastics.

De fosfaten zijn vooral van belang voor de waterverontreiniging. Zij kunnen en zo grote voedselrijkdom van het water veroorzaken, dat zuurstofarmoede ontstaat.

Van de **koolwaterstoffen** in de atmosfeer is slechts ongeveer 15% afkomstig van menselijke activiteiten. Deze hoeveelheid is echter van een andere samenstelling, en op een relatief klein gebied geconcentreerd. De natuurlijke koolwaterstoffen zijn afkomstig van de ontleding van organisch materiaal en de emissie van planten, met name sommige bomen. Boven pijnbossen en citrusculturen treedt vaak heugheid op door foto-chemische smogvorming. De meeste koolwaterstoffen verdwijnen uit de atmosfeer door foto-chemische smogvorming. Zij blijven vrij lang in de atmosfeer, zo blijft metaan (CH_4) ongeveer vier jaar in de atmosfeer.

SOORTEN EMISSIES EN MILIEUBELASTING

De verblijftijd is echter afhankelijk van de reactiviteit. In auto-uitlaatgassen zijn in totaal 150 verschillende koolwaterstoffen geïdentificeerd. Zij komen vooral vrij bij onvolledige verbranding en door verdamping. Uit de grote verscheidenheid van koolwaterstofverbindingen volgen hieronder nog enkele voorbeelden^a.

De groep halogeenhoudende koolwaterstoffen (1.4 uit tabel 6) omvat een groot aantal zwarte-lijst stoffen zoals alfa-, beta-, gamma-hexachloorcyclohexaan, de PCB's (polychloorbifenylen) en PCT's (polychloortherfenylen), het hexachloorbenzeen, het hexachloorbutadieen, pentachloorfenol) en trichloorfenol.

Ook de chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's zoals freon) behoren tot de halogeenhoudende koolwaterstoffen. Zij worden gebruikt bij koeling als drijfgassen in spuitbussen, en zijn op zichzelf niet giftig. Zij kunnen echter de ozonlaag in onze atmosfeer aantasten, waardoor de ultraviolette straling niet meer zou worden tegengehouden.

De **overige materiële emissies** omvatten de complexe mengels, aerosolen, het vaste afval en vrijkomende bacteriën, virussen (sick buildings!) of genetisch materiaal.

De complexe mengels (1.10 uit tabel 6) omvatten een groot aantal emissies van merendeel organisch materiaal, dat voor een groot deel biologisch afbreekbaar is en daarom niet exact naar zijn chemische samenstelling bekend hoeft te zijn. Voor deze complexe mengels worden daarom maatstaven gebruikt zoals het BZV (biologisch zuurstofverbruik), het CZV (het chemisch zuurstofverbruik) of de Kjeldahl-methode om stikstof te meten^b. De aerosolen zijn vaste en/of vloeibare deeltjes uit de lucht met een zo geringe valsnelheid, dat zij als zwevend beschouwd moeten worden. Zij zijn van natuurlijke oorsprong, komen in de atmosfeer door verbrandingsprocessen, of worden in de atmosfeer door chemische reacties (bijvoorbeeld foto-chemische smog) gevormd.

Regen of sneeuw ontstaat door condensatie (c.q. sublimatie) op de aerosolen. Vergeleken met de oceanische lucht is de gemiddelde verontreiniging van de lucht door deeltjes in landelijke gebieden 10 x groter, boven kleine steden 35 x groter en boven grote steden 50 x groter. Onder ongunstige omstandigheden kan dit zelfs oplopen tot 4.000 x groter.

De **energetische emissies** omvatten warmte, geluid, electromagnetische en radio-actieve straling, en wisselingen in het magnetische veld^c. Behalve ten aanzien van de radio-actieve straling voorzover afkomstig van zich verspreidende radio-actieve stoffen betreft het hier vormen van emissie waarvan de verspreiding zeer voorspelbaar is. Emissies betekent dan ook meestal onmiddellijk blootstelling van in de omgeving voorkomende

^a Geef 3 voorbeelden van koolwaterstoffen en hun belangrijkste effect.

^b Noem twee maten voor de milieubelasting van complexe mengsels.

^c Noem 5 vormen van energetische emissie met enkele voorbeelden.

objecten. Daardoor kunnen in de meting van de emissies (zoals bij geluid) bepaalde blootstellingsaspecten reeds worden meegenomen.

De ongewenste neveneffecten van energetische emissies kunnen op grond van genoemde eigenschap bij uitstek worden bestreden in het kader van de ruimtelijke ordening.

De **mechanische emissies**, zoals verstoring, lichte en zware ingrepen, worden in het kader van de milieuhygiene in het algemeen niet als "emissie" beschouwd.

Zij vormen het terrein van de ruimtelijke ordening, het "stedelijk beheer" en het natuurbeheer.

Zij horen echter logisch en systematisch thuis in een overzicht van soorten emissies en milieubelasting zoals tabel 6.

Ook deze emissies kunnen in belangrijke mate worden bestreden met het instrumentarium van de ruimtelijke ordening.

De **informatie-emissies** omvatten alle invloeden die het functioneren van onze beeldvorming door zicht, reuk, smaak, tast, evenwicht en motoriek verstoren. Zij zijn subjectief, moeilijk meetbaar en behoren deels traditioneel tot het werkveld van de ruimtelijke ordening. Op dit gebied valt echter nog veel te onderzoeken. Indien bijvoorbeeld psychiatrische ziekteverschijnselen kunnen worden gekoppeld aan stedelijke levensomstandigheden (sensorische of motorische overlading/deprivatie), dan kunnen daaruit interessante nieuwe eisen aan de stedelijke omgeving worden afgeleid.

De **potentiele emissies** omvatten emissiereducerende maatregelen, risico en variatie in emissies.

Emissiereducerende maatregelen en risicobeheersing behoren tot de voortdurende verantwoordelijkheid van alle ingenieurs. De risicobeheersing is verder uitgewerkt in het diktaat "Veiligheidsbeleid en -planning" (Mi5).

De variatie in emissies maakt het stellen van normen wat gecompliceerder dan het noemen van een gemiddelde. Plaatselijke en tijdelijke piekbelastingen zijn immers juist het gevaarlijkst.

Belastingvariaties kunnen cyclisch, trendmatig en/of sprongsgewijs variëren.

4 TRANSMISSIE

Transmissie is vooral van belang voor de materiele emissies. De voortplanting van energetische, mechanische, informatieve en potentiële invloeden is zo eenvoudig te berekenen, dat hierover weinig gezegd hoeft te worden. De transmissie van materiaal door de lucht, het water, de bodem of via voedselketens is veelal het terrein van specialisten en uitgebreide computerprogramma's.

Transmissie omvat het transport, de verdunning, de spreiding, de omzetting, en verwijdering van materiaal in en uit lucht, water, bodem, voedselketens en andere verplaatsingssystemen^a.

De verspreiding van luchtverontreiniging is voor de bestemmingslegging in de stedenbouwkundige praktijk van zo groot belang, dat hierop het meest uitvoerig wordt ingegaan. Bovendien komt bodem- en waterverontreiniging deels voort uit luchtverontreiniging, zodat ook uit dit oogpunt prioriteit moet worden verleend aan een beter begrip van de luchtverontreiniging. Van belang daarbij is een onderscheid tussen verticale en horizontale luchtbewegingen.

Bij het ontbreken van verticale luchtbewegingen in een stabiele atmosfeer blijft de luchtverontreiniging laag hangen en kan plaatselijk hoge concentraties aannemen. De horizontale luchtbewegingen zijn van belang voor het voorspellen van de plaats waar de luchtverontreiniging terecht komt. Voor de waterverontreiniging zijn vooral de horizontale verplaatsingen van belang en alleen in het geval van diepe meren of zeeën spelen ook verticale verplaatsingen een rol.

De verplaatsing van bodemverontreinigingen is in hoge mate afhankelijk van grondwaterstromen en eventueel menselijk transport.

Vertikale luchtbewegingen

De zonnestraling is de motor voor vrijwel alle luchtbewegingen. Zij wordt deels onderschept door de atmosfeer en warmt deze vooral in de hogere lagen op. De onderste luchtlagen ontvangen hun warmte voornamelijk van het overdag opwarmend en 's nachts uitstralend aardoppervlak. De onderste luchtlaag (tot ongeveer 12 km hoogte), de troposfeer^b, heeft daardoor in principe een naar boven afnemende temperatuur.

De daarboven liggende stratosfeer wordt echter weer warmer met de hoogte. Als opstijgende lucht met warmere luchtlagen in aanraking komt, houdt zij op te stijgen. Tussen de troposfeer en de stratosfeer bestaat daarom weinig uitwisseling, ook wat betreft de luchtverontreiniging. De troposfeer is circa 10 km hoog en bevat circa 80% van de totale massa van de atmosfeer. Hier spelen zich vrijwel alle weersverschijnselen af, hier vindt de grootste opwarming en afkoeling plaats, hier stijgt en daalt de luchtverontreiniging respectievelijk door lozing en uitspoeling.

^a Wat omvat transmissie?

^b Wat is de troposfeer?

Warme lucht stijgt tot dat de omgeving warmer wordt, maar stijgende lucht koelt, met behoud van eigen warmte-inhoud, ook af door uitzetting. Deze afkoeling bedraagt ongeveer 1°C per 100 m stijging. Een aan het aardoppervlak opgewarmde luchtbel die 2 graden warmer is dan zijn omgeving zal dus 200 m stijgen, als de omgeving van die luchtbel gelijk blijft, en meer dan 200 m als de omgeving kouder wordt.

Het is duidelijk, dat als het onderste deel van de troposfeer door een aantal warme dagen relatief warm geworden is, er weinig luchtstijging zal optreden, zodat deluchtverontreiniging beneden blijft. Men spreekt dan van een stabiele atmosfeer^a.

Met name na nachtelijke afkoeling van de onderste luchtlagen door uitstraling van het aardoppervlak kan de volgende ochtend een met de hoogte stijgende temperatuur aanwezig zijn^b. Als een schoorsteen niet uitsteekt boven het punt waar de temperatuur weer gaat dalen, zoals normaal is in de troposfeer, dan blijft de rook gevangen in de onderste luchtlaag, omdat de omgeving te warm is voor enige luchtstijging. Zo'n situatie heet inversie (omgekeerde temperatuurgradient)^c.

In de loop van de dag kan de inversie oplossen door een temperatuurstijging van de onderste luchtlagen^d. Dat gebeurt echter niet als de lucht bewolkt is, of als de temperatuurstijging onvoldoende is om de onderste luchtlagen veel warmer te maken dan daarboven gelegen luchtlagen. Een inversie kan daardoor verscheidene dagen duren^e.

Het vochtgehalte van de lucht is eveneens van belang voor het verloop van verticale luchtbewegingen. Vochtige warme lucht, die opstijgt van het aardoppervlak, koelt af door uitzetting en verliest zijn vocht vanaf een bepaalde hoogte door condensatie. Deze condensatie levert warmte die de lucht verder doet stijgen, verder afkoelen en verder doet condenseren. De hoogte waarop de condensatie begint, vormt de vlakke onderkant van het wolkendek^f. Het verlies van vocht kan dus door de daarbij gepaard gaande warmte-ontwikkeling een extra stijging opleveren. (Zie Mi20, Brasser "Inleiding tot de kennis van de verontreiniging van de buitenlucht.")

Horizontale luchtbewegingen

De lucht wordt aan het aardoppervlak het meest opgewarmd in de tropen en het minst aan de pool. Door de voortdurend opstijgende lucht in de tropen ontstaat een noordwaarts

^a Wat is een stabiele atmosfeer?

^b Wanneer treedt een inversie op en waarom?

^c Wat is een inversie?

^d Hoe lost een inversie op?

^e Onder welke omstandigheden blijft hij langer bestaan?

^f Hoe verklaart men de vlakke onderkant van het wolkendek?

warme-luchttransport in de hogere luchtlagen, deels door afkoeling ter hoogte van de subtropen afzakkend naar de lagere luchtlagen op onze breedte. De voortdurend dalende lucht aan de polen zorgt voor koude noordenwind, die op onze breedte de warme, vochtige luchtmassa's uit het zuiden ontmoet^a. Dit leidt op onze breedte tot veel condensatie en neerslag, tot stijging van de warme lucht en "onderkruipen" van de koude polaire lucht tot dat deze aan het aardoppervlak weer is opgewarmd. Het polaire front op onze breedten zorgt daarom voor een veel turbulenter weerbeeld dan elders^b. Dit is enerzijds gunstig voor de menging en verspreiding van luchtverontreiniging, maar maakt de luchtverontreiniging ook minder voorspelbaar dan in tropische of polaire klimaten.

De zon gaat in het oosten op, omdat de aarde oostwaarts draait. De atmosfeer draait met de aarde mee. Tropische luchtmassa's hebben daarom in tegenstelling tot polaire luchtmassa's een oostwaartse impuls zij volharden bij transport naar het noorden in deze oostwaartse neiging, zodat tropische lucht op onze breedte vooral uit het zuidwesten komt. Relatief stilliggende polaire luchtmassa's worden bij zuidwaarts transport in toenemende mate met de draaiing van de aarde geconfronteerd en hebben dus ten opzichte van het aardoppervlak juist een westwaartse neiging. Daardoor komen polaire luchtmassa's op onze breedte vooral uit het noordoosten.

De oostwaartse neiging van tropische lucht en de westwaartse neiging van polaire lucht leiden bij hun ontmoeting op onze breedten (het "polaire front") tot wervels die tegen de klok indraaien^c. Dit is algemeen in gebieden met lage druk (depressies) waar de winden immers altijd op af komen. Dat betekent bijvoorbeeld, dat een depressie ten westen van ons land zuidenwind, en een depressie ten oosten van onsland noordenwind oplevert. Op deze basis kunnen voor Europa een aantal veel voorkomende circulatietypen worden onderscheiden en hun voorkomen in de loop der jaren statistisch worden vastgesteld. Hieruit volgen statistische kengetallen voor te verwachten weertypen, die kunnen worden ingevoerd in spreidingsmodellen voor de luchtverontreiniging.

Een veel voorkomend circulatietype op kleinere schaal treedt systematisch op in kustgebieden. Door de afwisseling van dag en nacht valt hier een afwisseling tussen zee- en landwind waar te nemen. Zeewind treedt langs de kust op wanneer de zon sterk schijnt en daarbij het land sneller opwarmt dan het water, waardoor een luchtdrukverschil

^a Welke stromingen ontmoeten elkaar op onze breedte?

^b Waardoor is ons weerbeeld zo turbulent?

^c Welke draairichting hebben wervels rondom een lage-drukgebied op ons halfrond en waarom?

ontstaat. 's Nachts koelt het land sneller af dan de zee en daaruit resulteert een wind vanuit het land naar de zee^a.

De regelmaat in windrichtingen op grond van klimatologische factoren zoals hierboven geschetst gaat wel op voor vlakke open gebieden, maar niet voor bebouwde stedelijke gebieden. Hier treden immers tal van kleinere wervels op, die worden samengevat in het begrip turbulentie. De turbulente stromingen in stedelijke gebieden met wervels achter gebouwen zijn slechts enigszins te voorspellen door makettes op een draaibaar plateau in windtunnels te plaatsen^b. Dergelijke maquettes moeten voor nauwkeurige proeven door specialisten worden gebouwd, aangezien de ruwheid van het materiaal van groot belang is en de plaatsing van meetpunten niet in een gewone maquette mogelijk is.

Voor bronnen in relatief open gebieden kunnen mathematische modellen^c worden toegepast. Men kan puntbronnen, zoals schoorstenen, lijnbronnen zoals verkeerswegen, en oppervlaktebronnen zoals een bedrijventerrein onderscheiden.

Het meest voorkomende spreidingsmodel is het Gaussische pluim-model. Hiervan bestaan verschillende varianten. Daarnaast bestaan "roostermodellen" en "trajectoriënmodellen"^d.

Bij het Gaussische pluim-model wordt er vanuit gegaan, dat de luchtverontreiniging zich loodrecht op de bewegingsrichting verspreidt volgens een statistische verdeling.

Roostermodellen verdelen de ruimte door een coördinaat-systeem in doosvormige eenheden, waarbij per doos de input en de output wordt berekend. Trajectoriënmodellen gaan uit van zich voortbewegende doosvormige luchteenheden met bij elke eenheid behorende input- en outputwaarden.

De concentratie van luchtverontreinigende stoffen kan op drie verschillende manieren worden weergegeven^e;

volume/volume (eenheid ppm)

gewicht/gewicht (eenheid ppm)

gewicht/volume (maat g/m³)

Het begrip ppm staat voor "parts per million", volume delen per miljoen.

^a Waarheen draait de wind 's-avonds op het strand na een zonnige dag en waarom?

^b Wat moet men doen in stedelijke gebieden?

^c Welke beperking geldt voor de het voorspellen van verspreiding van luchtvervuiling?

^d Welke drie soorten verspreidingsmodellen bestaan er?

^e Met welke 3 maten kan concentratie van luchtverontreiniging gemeten worden?

Het begrip ppm staat voor "parts per million by mass", gewichtsdelen per miljoen. Het begrip $\mu\text{g}/\text{m}^3$ staat voor 1 miljoenste gram (microgram) per m^3 .

Het in 1985 ingrijpend gemoderniseerde landelijke meetnet voor luchtverontreiniging van het RIVM telt thans 68 meetpunten. TNO beheert daarnaast nog 10, de provincies en gemeenten respectievelijk 80 en 20.

Behalve de verspreiding van luchtverontreiniging, de uitval (depositie) van deeltjes en het uitregenen van luchtverontreinigende stoffen spelen ook chemische veranderingen van de luchtverontreiniging een rol in de totale luchttransmissie. Op dit gebied is echter nog veel onbekend. Het meeste is bekend omtrent de foto-chemische smog waarin voornamelijk de chemische samenstelling van verbrandingsemissies onder invloed van licht verandert. Foto-chemische smog treedt vooral op bij "grondinversies" als gevolg van een snellere afkoeling van de onderste luchtlagen dan de op enige hoogte gelegen luchtlagen. Daardoor treedt condensatie op in de onderste luchtlagen (mist), en aangezien er sprake is van een inversie blijft de vervuiling eveneens in de onderste luchtlagen gevangen. Aerosolen dienen als condensatiekern, en de zwevende waterdruppels vangen de overige verontreiniging op, waardoor allerlei reacties tot stand kunnen komen. De vorming van ozon (O_3) onder invloed van zonlicht kan in deze reacties een belangrijke rol spelen. Ten opzichte van de waterverontreiniging spelen echter chemische en biologische reacties in de luchtverontreiniging niet zo'n grote rol.

Waterstromingen

Verontreinigingen komen in het water terecht door depositie uit de lucht, afvloeiing van verontreinigde gronden, en directe lozing. Men kan dus in het stromingsbeeld van een rivier te maken hebben met oppervlaktebronnen aan het wateroppervlak, lijnbronnen aan de oever en puntbronnen bij lozingspunten. Behalve deze bronnen spelen ook "verdwijntermen" een rol:

- onttrekkingen, verdwijningen naar grondwater, naar zijrivieren;
- reacties van fysische, chemische of biologische aard.

Op grond van deze input en output kan per riviertraject de balans worden opgemaakt. Aangezien hier sprake is van een-dimensionale stroming kunnen de concentraties met vrij eenvoudige modellen worden berekend. Na 1965 werden echter modellen ontwikkeld, die ook twee-dimensionale situaties (ondiepe meren, baaien, havens) in beschouwing namen.

Ook het inzicht in chemisch-biologische processen vorderde. Voor 1965 werd reeds rekening gehouden in de modellen met het verloop van opgeloste zuurstof, en de afbraak van organische stof uit het afvalwater. Tussen 1965 en 1970 werd ook de oxidatie van gereduceerde stikstofverbindingen in de modellen opgenomen.

Tussen 1970 en 1975 werden drie-dimensionale situaties zoals diepe meren en zeeën in de modellen opgenomen. Daarbij werden de watermassa's opgedeeld in lagen (stratificatie).

Bovendien werd de groei en het sterven van algen, en de fysiologische reactie van organismen op temperatuur, zonlicht en de beschikbaarheid van voedingsstoffen beschreven. Na 1975 werd het gedrag van toxische stoffen in biologische processen (onder andere accumulatie in de voedselketen), alsmede het transport, gekoppeld aan zwevende stoffen en sediment onderzocht.

Door de toenemende ingewikkeldheid van de modellen moest een afnemende betrouwbaarheid worden geconstateerd. Eén-dimensionale modellen worden daarom nog steeds toegepast^a.

Bodemverontreiniging

Bodemverontreinigingen kunnen in het grondwater worden meegevoerd, door absorptie aan de bodemdeeltjes worden weggevangen, door chemische processen neerslaan en weer oplossen, en door micro-biologische processen vooral in de ondiepe, wateronverzadigde zone (deels) worden afgebroken.

De snelheid, richting en diepte van de grondwaterstroming is sterk afhankelijk van de grondsoort en variatie van grondsoorten in de ondergrond. In principe zijn hiervoor driedimensionale stromingsmodellen beschikbaar, maar deze zouden moeten worden gevoed door een zeer grote hoeveelheid gedetailleerde gegevens omtrent de ondergrond. Deze gegevens zijn veelal niet voor handen, zodat moet worden volstaan met eenvoudiger stromingsmodellen^b. Met name bij regionale studies kan, gelet op de dan relatief geringe dikte van het waterdoorvoerend systeem ten opzichte van de uitgestrektheid van de regio, meestal worden volstaan met een berekening in twee dimensies^c.

De grondwaterstromen zijn uiteraard in hun snelheid en richting in de eerste plaats afhankelijk van het bodemtype.

Voor het wegvangen van vervuiling door absorptie aan het oppervlak van de gronddeeltjes is het soortelijk oppervlak van de vaste bodemdeeltjes van belang. Dit is voor klei bijvoorbeeld groter dan voor zand. De verontreinigingen hechten zich slechter aan de gronddeeltjes naar mate het milieu zuurder is. Bovendien kan uiteraard na verloop van tijd het totale oppervlak verzadigd zijn, zodat meer vervuiling wordt meegevoerd met de grondwaterstromen^d.

^a Welke ontwikkeling heeft de transmissieberekening in water te zien gegeven vanaf 1960?

^b Waarom gebruikt men bij de berekening van grondwaterstromen niet altijd driedimensionale modellen?

^c Wanneer kan men ook met tweedimensionale modellen volstaan?

^d Wanneer moet men met absorptie rekening houden, in welke omstandigheden is dat minder noodzakelijk?

In dat geval kunnen bepaalde stoffen nog wel uit het water neerslaan of weer oplossen. Ook de oplosbaarheid van chemische stoffen is afhankelijk van de zuurgraad (pH) en de "redoxpotentiaal" (Eh).

Micro-biologische afbraak- en omzettingsprocessen zijn in het algemeen het meest effectief in de ondiepe, wateronverzadigde zone. Vooral in de overgangszone waarde aanwezigheid van zuurstof nog wel en niet meer een rol speelt, kunnen anaerobe (zuurstofloze) afbraakprocessen van grote betekenis zijn. Bekende micro-biologische omzettingsprocessen zijn ondermeer nitrificatie, denitrificatie, en sulfaatreductie. (Zie Mi20, "Waterbodems, transportmechanismen in de waterbodem.")

Een snelle orientatie omtrent de eventuele risico's van verbreiding van een op of in de bodem terecht gekomen verontreiniging kan plaatsvinden met behulp van archiefgegevens (van Duijvenbooden, 1982).

Gebruik kan onder meer gemaakt worden van^a:

geologische kaarten,
bodemkaarten,
topografische kaarten,
waterstaatskaarten,
geo-hydrologische karteringen (isohypsenkaarten, kwel/infiltratiekaarten, kwaliteitskaarten),
geo-electrische karteringen,
individuele rapporten en gegevens.

Door bestudering van bovengenoemde gegevens kan een eerste inzicht worden verkregen in de locale stromingssnelheid en richting van het grondwater. Zijn ook stofgegevens beschikbaar, dan is ook een afschatting van het stoftransport mogelijk.

Aandacht verdienen onder meer

- de bodemopbouw en de bodemgesteldheid (klei/veen met lage k^* - en hoge CEC^1 -, zand met grote k en lage CEC^b , pH, redox, slib- en organisch stofgehalte);
- de geologische opbouw (aanwezigheid van zandpakketten versus kleilagen, heterogeniteiten, gaten, gelaagdheid);
- de hydrologische situatie (kwel/infiltratie, stromingssnelheid en -richting, locatie waterscheiding, drainerende of infiltrerende waterlopen);
- topografie (geeft op grond van hoogtekenemerken een eerste indruk omtrent de mogelijke

^a Noem 5 bronnen voor een snelle orientatie omtrent de eventuele risico's van verbreiding van bodemverontreiniging. Waar moet men op letten?

^b Wat betekent pH, Eh, k en CEC? Wat is in dit verband het verschil tussen zand en veen?

stromingsrichting).

Zo nodig kunnen in het veld aanvullende gegevens worden verzameld (van Duijvenbouden, 1982).

5 IMMISSIE EN BLOOTSTELLING

Het bepalen van het eindeffect (zie tabel 1) vormt het laatste en moeilijkste deel van iedere milieu-effectrapportage.

Allereerst moet vaststaan op welke objecten in de omgeving van de milieubelastende activiteit het effect moet worden bepaald. In deze paragraaf worden als objectsoorten onderscheiden materialen, mensen, planten en dieren, (eco-)systemen, of hele gebieden. Wanneer vooraf niet duidelijk wordt afgesproken op welke objecten het effect moet worden gerapporteerd, zal er achteraf altijd kritiek zijn op de geleverde effect-rapportage. Beschikt men al over een lijst van objecten, waarover men moet rapporteren, dan nog blijft de vraag welke effecten men moet rapporteren. Is het object de mens, dan nog kan men absolute effecten (zoals sterfgevallen) en graduele effecten (zoals ziektegevallen) onderscheiden.

Om de effecten tegen elkaar en tegen het nuttig effect van een milieubelastende activiteit te kunnen afwegen, is kwantificering op een noemer wel gewenst, maarmeestal onmogelijk. Uiteraard is, met name in de Verenigde Staten, al dikwijls geprobeerd de schade van milieubelastende activiteiten in geld uit te drukken. Onderstaande tabel geeft daarvan voor Nederland (1978) een beeld

Tabel 7. Schade door luchtverontreiniging in Nederland in 1978		
Schade aan	mln.gld.	gld./inwoner
materialen	110	8
gezondheid	1000	71
commerciele gewassen en vee	85	6
gederfde woonwaarde	1400	100
totaal raambare schade	2600	185
Bron Jansen en Olsthoorn (1982), Jansen et al (1974)		

Het meest betrouwbare gegeven in deze tabel is schade aan materialen. De wijze waarop de schade aan gezondheid is berekend, toont reeds welke dubieuze aannamen moeten worden gedaan om deze schade in geld te kunnen uitdrukken. De kosten van vroegtijdig overlijden werden geraamd als het (gedisconteerde) inkomen dat de overledenen bij afwezigheid van luchtverontreiniging zouden hebben verdiend. Als kostenbedrag voor zieken werd het produktieverlies en het bedrag van curatieve zorg genomen.

Voor schade door sterfte zijn er echter drie benaderingsmethoden^a:

de "human capital" benadering;

de "costs of risks" benadering;

de vergelijking met kosten, gemaakt om sterfte te voorkomen.

De voor tabel 7 benutte methode is de "human capital" benadering.

Voor de tweede benadering worden loonverschillen als uitgangspunt genomen, die als "risico-toeslag" kunnen worden geïnterpreteerd. Het meer betaalde loon voor 1% extra kans op sterfte wordt bijvoorbeeld met 100 vermenigvuldigd om de waarde van een leven te bepalen.

De derde benadering zou gebaseerd moeten zijn op het bedrag, dat de Nederlandse maatschappij bereid is uit te geven aan "de duurste patient van Nederland".

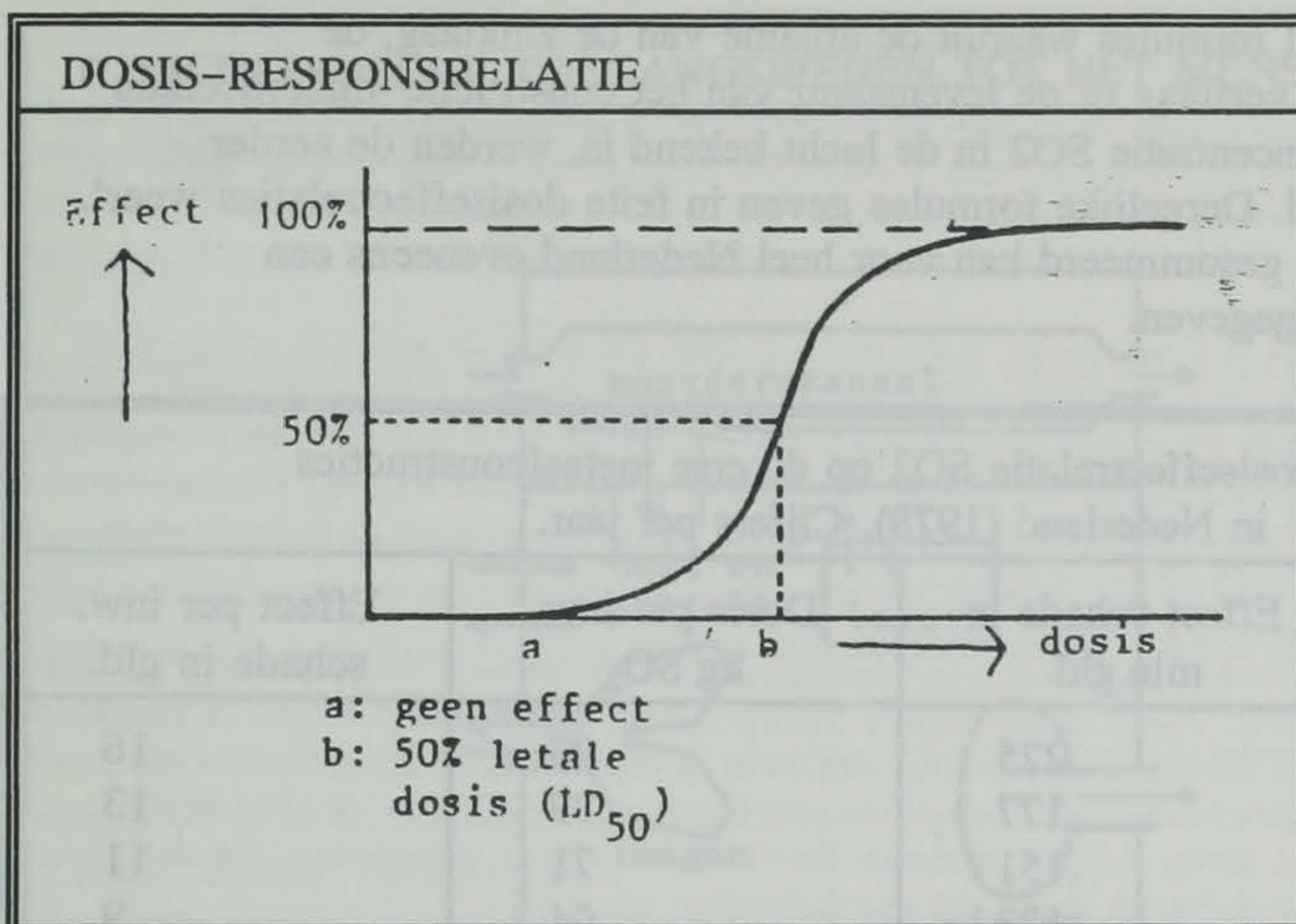
Het moet duidelijk zijn, dat, zelfs al is de aard van het effect duidelijk en ondubbelzinnig te omschrijven, het veelal moeilijk te kwantificeren valt.

Het diktaat "Industriele hygiene" van de Faculteit Scheikunde geeft hierover meer cijfers.

Bovendien is het moeilijk het effect van milieubelastende activiteiten te scheiden van andere invloeden. Zo is de gederfde woonwaarde uit tabel 7 geschat op basis van huisprijsverschillen, waargenomen bij transacties in Rijnmond. De huisprijsverschillen zijn echter ook afhankelijk van huiskarakteristieken (type woning, grootte van het huis, bouwjaar, aanwezigheid tuin etc.) en wijkkarakteristieken (groenvoorziening, nabijheid winkels, lawaai, bereikbaarheid etc.). Om uit deze bepalende variabelen het effect van de ligging in een stankzone te kunnen bepalen, zijn gecompliceerde regressie-analyses en gewaagde veronderstellingen noodzakelijk. Enige wijzigingen in veronderstellingen zouden in plaats van 1,4 miljard gulden 1,7 miljard, 2,4 miljard of 3,3 miljard gulden aan gederfde woonwaarde in Nederland hebben opgeleverd.

Het effect van milieuverontreiniging op levende organismen wordt wel weergegeven in de vorm van een dosis-responsgrafiek

^a Geef 3 benaderingen die ooit zijn toegepast om de prijs van een mensenleven te ramen. Is een van deze benaderingen naar Uw inzicht redelijk? Zo niet, hoeveel geld moet er dan naar Uw inzicht aan het herstel van het milieu worden uitgegeven wanneer U daarmee een mensenleven zou kunnen redden? Wie moet dat bedrag betalen wanneer de schuldigen niet kunnen worden aangewezen?



Een dergelijke grafiek komt tot stand door de vergiftiging van een groot aantal individuen met verschillende doses. De dosis die in 50% van de gevallen binnen een gegeven tijd tot sterfte leidt wordt "de letale dosis bij 50%" (LD_{50}) genoemd^a.

Het is duidelijk, dat slechts voor een beperkt aantal stoffen dosiseffectrelaties bekend zijn op een beperkt aantal organismen. De dosiseffectrelaties voor mensen kunnen uiteraard moeilijk proefondervindelijk worden vastgesteld, zodat op dit gebied nog vele leemten in de kennis bestaan.

Materialen

Uit onderzoek is komen vast te staan, dat de belangrijkste schade aan materialen ontstaat door SO_2 op geverfd staal, verzinkt staal, en bladzink. Door Jansen en Olsthoorn (1982) is een onderzoek opgezet, dat bestaat uit:

- meting van de concentratie SO_2 ;
- bepaling van de blootgestelde hoeveelheid materialen;
- vaststelling van dosiseffectrelaties;
- een economische waardering van de effecten.

Bij dit onderzoek zijn alleen kosten van onderhoud, kosten ten gevolge van verminderde economische levensduur en substitutiekosten in beschouwing genomen.

Indirekte kosten (bijvoorbeeld ten gevolge van het falen van aangetaste onderdelen) zijn buiten beschouwing gebleven.

^a Wat is een dosis-effectrelatie, wat betekent LD_{50} ?

Met behulp van een aantal formules waaruit de afname van de zinklaag, de beschermingsduur van de verflaag of de levensduur van het constructie-onderdeel kan worden afgeleid als de concentratie SO_2 in de lucht bekend is, werden de eerder genoemde kosten geraamd. Dergelijke formules geven in feite dosiseffectrelaties weer^a. Omgerekend in kosten en gesommeerd kan voor heel Nederland eveneens een dosiseffectrelatie worden gegeven.

Tabel 8. Dosiseffectrelatie SO_2 op diverse metaalconstructies in Nederland (1978). Cijfers per jaar.			
Dosis in mln.kg SO_2	Effect schade in mln.gld.	Dosis per inw. kg SO_2	Effect per inw. schade in gld.
1300	225	93	16
1200	177	79	13
1000	151	71	11
900	123	64	9
800	92	57	7
700	74	50	5
600	56	43	4
500	40	36	3
400	25	29	2
300	18	21	1
Bron Berekend naar Jansen en Olsthoorn (1982)			

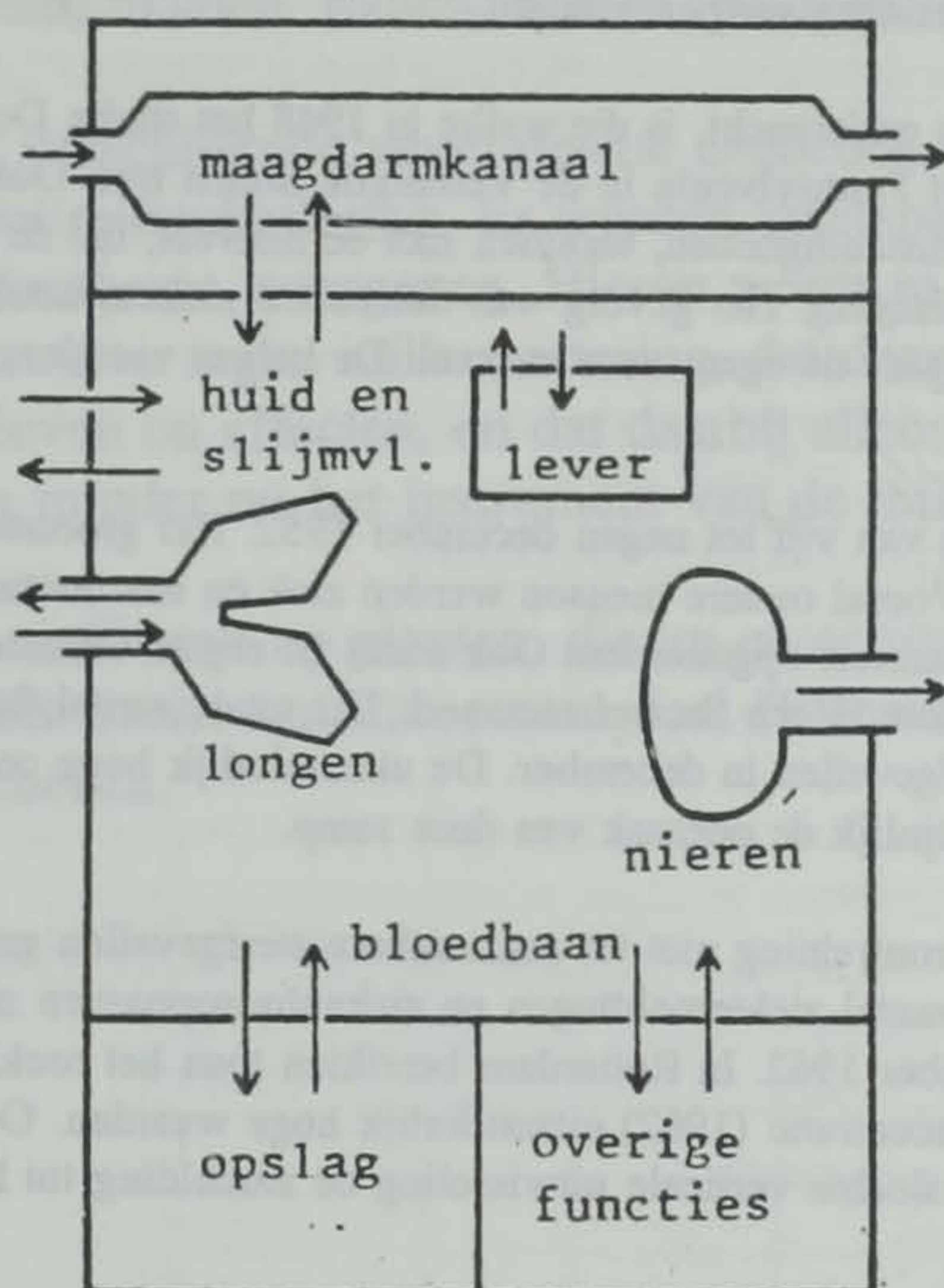
Deze dosis-effectrelatie is dus samengesteld uit verschillende dosiseffectrelaties, die alleen betrekking hebben op bepaalde onderdelen van de schade.

Mensen

Voor mensen is van tal van vergiften de letale dosis alsmede een groot aantal ziektebeelden en bijverschijnselen (absolute en graduele effecten) bekend^b. Het onderdeel van de medische wetenschap, dat zich met vergiftigingen bezig houdt, is de "toxicologie". Het proces van opname, resorptie, omzetting, verdeling, opslagen uitscheiding van vergiften bij mensen kan als volgt in een schema worden samengevat:

^a Hoe zou men een dosis-effectrelatie voor materialen kunnen vaststellen?

^b Hoe kent men de dosis-effectrelatie van een groot aantal stoffen bij mensen?

TOXICOLOGISCHE TOEGANGSWEGEN TOT HET MENSELIJK LICHAAM^a

Bron: Verberk en Zielhuis (1980)

Anders dan bij materialen kan bij mensen, dieren en planten bij chronische blootstelling resistentie ontstaan. Langzame opeenhoping en plotseling ernstig effect is echter eveneens mogelijk. Bovendien kunnen verontreinigingen elkaar in hun effect versterken, dit bleek onder andere uit de verhoogde vatbaarheid voor nadelige effecten uit luchtverontreiniging bij rokers.

Als vuistregel kan dienen, dat bij 10% meer luchtverontreiniging de sterftcijfers ongeveer 1% stijgen^b.

Gezien de betrekkelijk gemakkelijke toegankelijkheid van toxicologische literatuur beperken wij ons hier ten aanzien van de blootstelling van mensen tot enkele historische gevallen van ernstige luchtverontreiniging (bron KNMI, 1979).

^a Welke organen spelen een rol bij de opname en verwerking van vergiftigingen?

^b Hoeveel % sterfte kan men ongeveer voorkomen door een reductie in de luchtverontreiniging van ca. 10%?

In december 1930 werd de nauwe en zwaar geïndustrialiseerde Maasvallei bij Luik getroffen door weersomstandigheden, die – gedurende bijna een week – de verspreiding van de geproduceerde verontreiniging verhinderden. Het gevolg was, dat een groot aantal mensen ziek werd ten gevolge van ademhalingsmoeilijkheden en voordat de week voorbij was, waren 60 personen gestorven. Het is niet duidelijk geworden of zeer hoge zwavelconcentraties of fluoriden de oorzaak van de ramp waren, aangezien er toen nog geen metingen werden verricht.

Een ramp die wel uitgebreid is onderzocht, is die welke in 1948 het stadje Donorain de vallei van de Monongahela-rivier in de staat Pennsylvania in de Verenigde Staten trof. Ook hier verhinderden ongunstige meteorologische omstandigheden, tezamen met de heuvels, die de industriestad omringen, de verspreiding van luchtverontreiniging. Het gevolg was duizenden zieken, hoofdzakelijk met aandoeningen van de ademhalingswegen, de ogen, neus en keel. De balans van deze zeven dagen durende periode was 20 doden.

Nog erger werd het in Londen van vijf tot negen december 1952. Het grootste deel van Groot-Britannie was toen overdekt met mist. Vooral oudere mensen werden ziek en met hartaandoeningen of ademhalingsmoeilijkheden in het ziekenhuis opgenomen. Ook nadat de ergste verontreiniging was verdwenen, stierven meer mensen dan anders in een decembermaand. Het totale aantal doden lag 3500 tot 4000 boven het normale aantal sterfgevallen in december. De uitzonderlijk hoge concentraties van roet en zwaveldioxide waren waarschijnlijk de oorzaak van deze ramp.

In Nederland heeft de luchtverontreiniging niet tot aantoonbare sterfgevallen geleid, maar wel tot een duidelijke verhoging van het aantal ziektemeldingen en ziekenhuisopnamen zoals in de periode 26 tot 30 januari 1959 en 4 tot 6 december 1962. In Rotterdam bereikten toen het rookgehalte van de buitenlucht (1959) en de zwaveldioxideconcentratie (1962) uitzonderlijk hoge waarden. Ook hier waren een lange periode met windstil weer en slechte verticale uitwisseling de aanleiding tot het oplopen van de concentraties.

Planten en dieren

In hoeverre het verdwijnen van plant- en diersoorten het gevolg is van materiele verontreiniging is nauwelijks bekend. Voor een aantal soorten, zoals korstmossen is een duidelijk verband gelegd met de luchtverontreiniging.

Het uitsterven van planten en dieren is grotendeels te wijten aan het verlies van hun biotoop^a. Dit wordt meestal veroorzaakt door lichte en zware mechanische ingrepen zoals landbouw, stedenbouw en wegenbouw. Zo kan de verlaging van het slootpeil de diversiteit van de vegetatie belangrijk verminderen.

Een correlatie hoeft echter niet altijd een causale relatie te zijn. Zo kan de afstand tot de boerderij, en de daarmee afnemende agrarische activiteit wel eens een betere verklaring bieden voor plaatselijke diversiteit, ook al is er een correlatie met het slootpeil. Het slootpeil kan op zich samenhangen met de afstand tot de boerderij als de boerderij van nature op hoger gelegen grond ligt met een dieper slootpeil in zijn omgeving dan op grotere afstand.

^a Waarom is het voorkomen van verontreiniging niet voldoende voor het behoud van plante- en diersoorten?

Systemen en gebieden

Het effect van diverse vormen van milieubelasting op eco-systemen, en samenhangende geografische gebieden of bestemmingen is voor een belangrijk deel nog onbekend. Het gemakkelijkst is het effect te constateren van de in tabel 6 genoemde "mechanische emissies", zoals betreden, maaien, rooien, spitten, ploegen, ontgronden en bouwen.

De kwetsbaarheid van verschillende geografische eenheden voor lichte of zware ingrepen wordt vastgelegd in een milieukartering. Er worden kwetsbaarheidskaarten gemaakt, die de kwetsbaarheid per milieuthema weergeven. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk nader ingegaan. De oude bezwaren tegen milieukartering, dat deze de aandacht afleidt van de ingrepen, hun alternatieven en effecten, en dat daarbij alleen lokatie-alternatieven ter discussie staan, gelden minder nu het instrument van de milieueffectrapportage voor handen is^a.

Hoewel over de milieu-effecten op planten, dieren en ecosystemen nog lang niet alles bekend is, is in de MER-reeks een interessant deel "Effectvoorspelling V Planten, dieren en ecosystemen" verschenen.

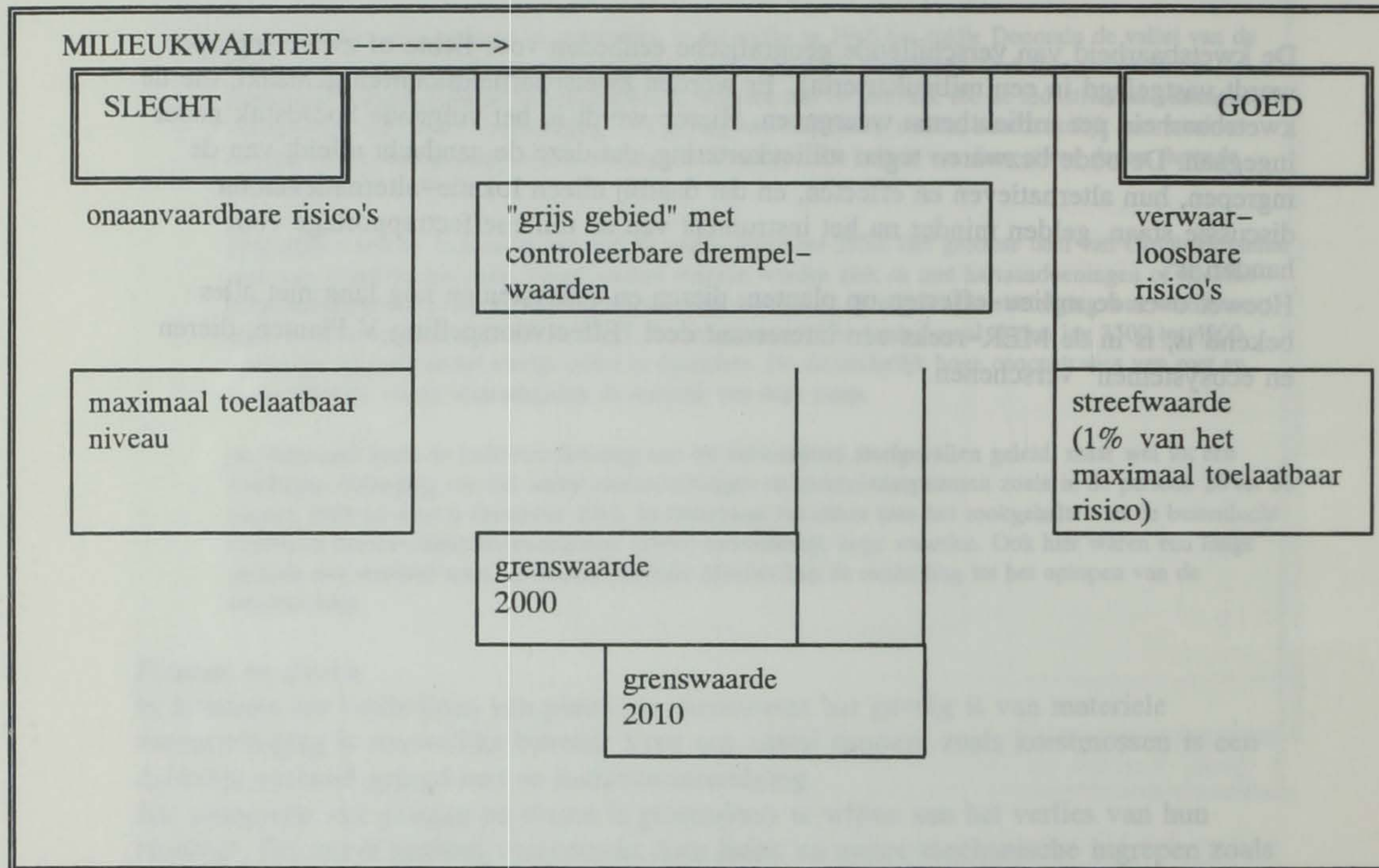
^a Wat zijn de bezwaren tegen milieukartering? Waardoor worden deze verminderd?

6 NORMERING

Effectgerichte normen

In de drie voorafgaande paragrafen zijn de ongewenste neveneffecten beschreven van de activiteiten die zijn opgesomd in tabel 3. Volgens deze lijn kunnen effect-rapportages worden opgesteld.

In deze paragraaf gaat het echter niet meer om het constateren van effecten, maar om het beleidsmatig terugdringen van deze effecten.



Uitgangspunt is het eindeffect² op mensen, ecosystemen en economische functies volgens voorgaand schema. Het **maximaal toelaatbare niveau** voor het totaal van de risico's voor mensen is vastgesteld op een individuele kans van overlijden van 10^{-5} per jaar³. Per activiteit of per stof is het maximaal toelaatbare niveau 10^{-6} per jaar⁴. Voor ziekte (effecten met drempelwaarde) zijn vergelijkbare niveaus gegeven, evenals voor hinder ten gevolge van geluid of stank. Voor ecosystemen is een soortgelijke benadering in voorbereiding. Het maximaal toelaatbare niveau wordt bereikt als de concentratie van een stof gelijk is aan de berekende concentratie waarbij aan 95% van de soorten in een ecosysteem bescherming wordt geboden.

Er wordt vanuit gegaan dat beneden 1% van dit maximaal toelaatbare niveau de effecten **verwaarloosbaar** zijn. Dit markeert de **streefwaarde** van alle emissies en milieu-

effecten: de waarde die uiteindelijk bereikt dient te worden. Tussen beide niveaus strekt zich het zogenaamde "**grijze gebied**" uit waarbinnen doelstellingen voor een bepaalde periode kunnen worden gesteld aan de hand van controleerbare drempelwaarden. Zodra deze drempelwaarden de wettelijke status hebben gekregen niet te mogen worden overschreden, spreekt men van "**grenswaarden**". Mogen dergelijke waarden alleen onder opgave van redenen wel worden overschreden, dan spreekt men van "**richtwaarden**". Voordat deze waarden wettelijk zijn vastgelegd spreekt men van **milieukwaliteitsdoelstellingen**, daarna van **milieukwaliteitseisen**.

Aangezien een streefwaarde dikwijls pas op langere termijn bereikbaar is, kan men voor de kortere termijn minder hoge grenswaarden stellen die in een gegeven jaar moeten zijn bereikt op weg naar het jaar waarin de streefwaarde moet zijn bereikt^a.

Een voorbeeld van milieukwaliteitsdoelstellingen vormt de tabel van streef- en grenswaarden van prioritaire stoffen uit het Nationaal Milieubeleidsplan (p141).

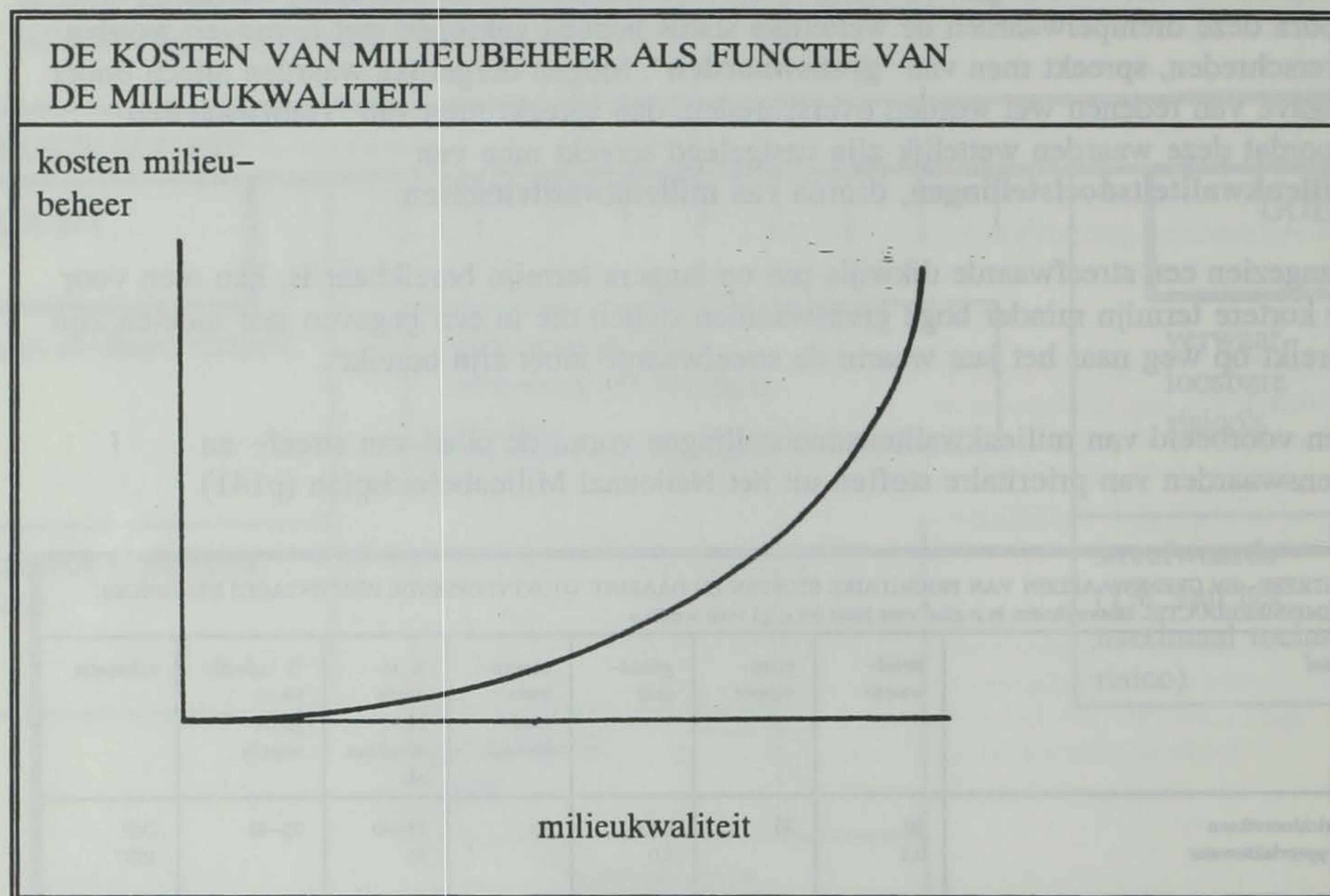
STREEF- EN GRENSWAARDEN VAN PRIORITAIRE STOFFEN EN DAARUIT VOORTVLOEIENDE PERCENTAGES BENODIGDE EMISSIEREDUCTIE. Hoeveelheden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor lucht (of $\mu\text{g}/\text{l}$ voor water).+							
stof	streef- waarde	grens- waarde	gemid- deld	concen- tratie rond bronnen	% re- ductie t.b.v. streefwa- rde	% reductie t.b.v. grens- waarde	referentie
trichlooretheen oppervlaktewater	50 0,1	50	0.65 2,0	80	35-40 95	35-40	IMP 1987
tetrachlooretheen oppervlaktewater	25 0,1	2000	1,0 3,5	30	20 98		IMP 1987
benzeen	1	10	2	40 (185)	97,5	75	basis doc MP
fenol	1	100	0,008	2	50		
enzovoort							
Nationaal milieubeleidsplan (1989) p141							

Ten aanzien van de prioritaire stoffen worden op basis van een grondige bestudering van de effectgegevens per stof in een "basisdocument" streefwaarden voorbereid voor de algemene milieukwaliteit van water, bodem en lucht.

In het grijze gebied moeten ter fasering van het beleid grenswaarden opgesteld die aangeven hoever deze bescherming in de afgesproken periode zal gaan. Dit geschiedt op basis van een economische afweging.

^a Wat zijn streefwaarden, grenswaarden, richtwaarden, milieukwaliteitsdoelstellingen en -eisen?

De kosten van deze bescherming lopen progressief op met de kwaliteit van het milieu, die wij daardoor willen bereiken.



Een herstel van de milieukwaliteit tot de streefwaarde is niet altijd onmiddellijk haalbaar. Men hoeft maar te denken aan de bedragen, die gemoeid zijn met de bodemsanering, om te begrijpen dat een volledig herstel van milieukwaliteit alleen al financieel, maar ook technisch, pas op termijn bereikbaar is.

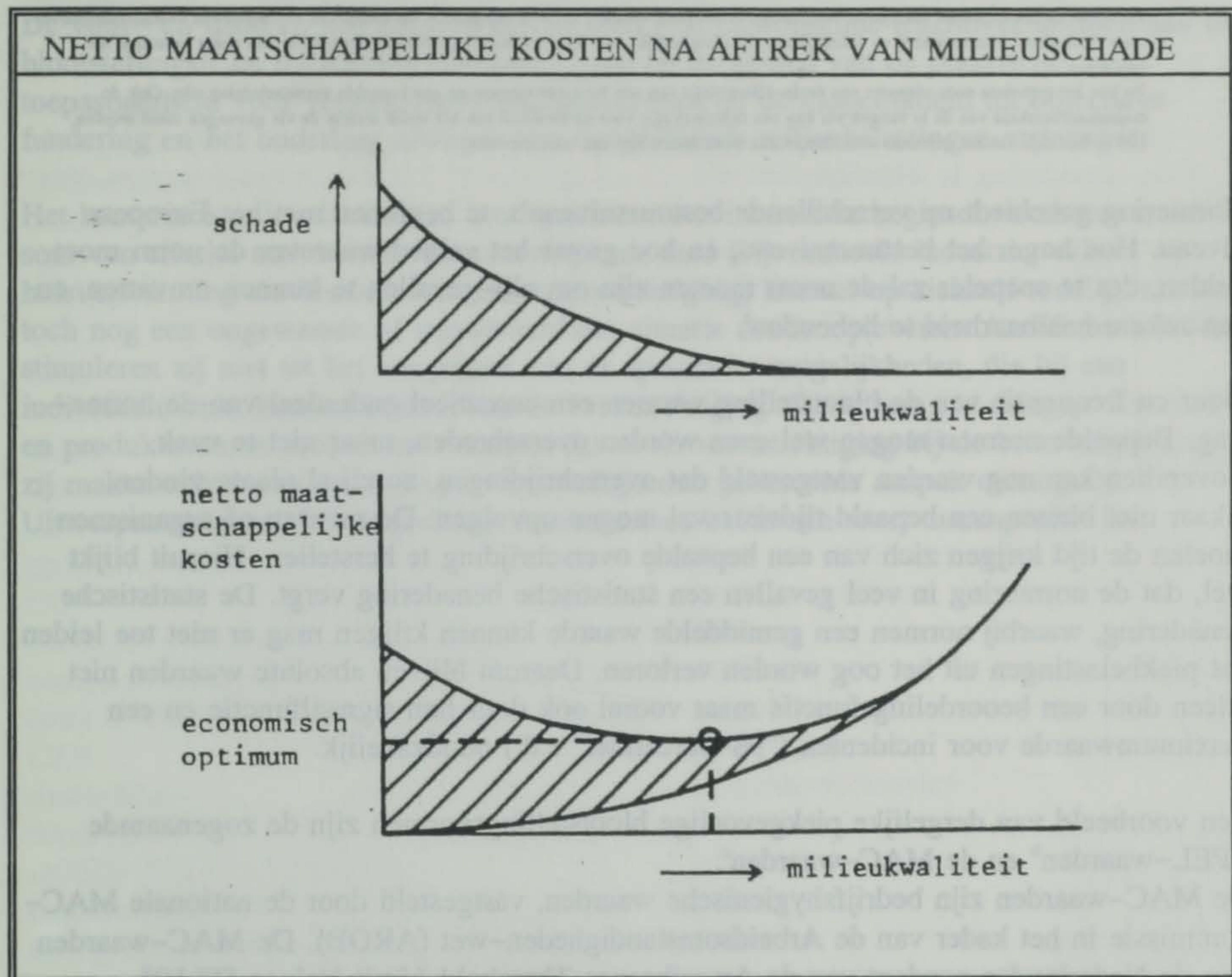
Grenswaarden bevatten een afweging van de schade aan blootgestelde objecten tegen de economische belangen, die met de veroorzakende activiteiten gemoeid zijn^a.

Voorzover deze schade in geld kan worden uitgedrukt, is deze afweging vrij eenvoudig. De schadekosten kunnen immers worden opgeteld bij de kosten van bescherming van de milieukwaliteit voor ieder denkbaar beschermingsniveau.

Hieruit volgt een economisch optimum bij een bepaald drempelwaarde^b.

^a Wat is een grenswaarde?

^b Hoe ontstaat een economisch optimum voor de bescherming van het milieu?



In paragraaf 5 is echter duidelijk geworden hoe rekbaar het begrip schade is, en hoe zeer afhankelijk van onze waardering van de beschermde objecten. Bovendien verloopt de grafiek niet zo continu als in bovenstaande figuur is aangegeven. Een kleine extra beschermingsinspanning kan plaatselijk plotseling een vissoort redden. Dergelijke kwaliteitsaspecten worden daarom weergegeven in controleerbare drempelwaarden. Er kan bijvoorbeeld een drempelwaarde worden vastgesteld voor het zuurstofgehalte van water waarboven de vissoort zeker zal overleven.

Een wettelijk vastgestelde grenswaarde zal voorbij het economisch optimum liggen, aangezien hierin ook andere waarden zijn meegewogen dan die welke in geld zijn uit te drukken.

De grenswaarde kan regionaal worden vastgesteld, het kan ook naar verschillende functies worden gedifferentieerd (bijzondere milieukwaliteit)^a.

^a De bijzondere milieukwaliteit staat tegenover de "algemene milieukwaliteit".

Zo waren in het Indicatief Meerjaren Programma Water (IMP-Water) normen vastgesteld, op grond van een algemeen beschermingsniveau voor drinkwater, binnenvisserij en schelpdieren elk afzonderlijk. Aan deze beschermingsniveau's ligt telkens een ander criterium ten grondslag.

Zo kan het criterium voor viswater een dosis-effectrelatie van een bepaalde vissoort en een bepaalde verontreiniging zijn. Ook de consumeerbaarheid van de te vangen vis kan een criterium zijn voor de kwaliteit van het water waarin de vis gevangen moet worden. Het is duidelijk dat het criterium voor drinkwater weer anders ligt dan voor viswater.

Normering geschiedt op verschillende bestuursniveau's, te beginnen met het Europese niveau. Hoe hoger het bestuursniveau, en hoe groter het gebied waarover de norm moet gelden, des te soepeler zal de norm moeten zijn om alle gevallen te kunnen omvatten, en een zekere haalbaarheid te behouden^a.

Duur en frequentie van de blootstelling vormen een essentieel onderdeel van de normering. Bepaalde normen mogen wel even worden overschreden, maar niet te vaak. Bovendien kan nog worden vastgesteld dat overschrijdingen, zo zij al plaats vinden, elkaar niet binnen een bepaald tijdsinterval mogen opvolgen. De mensen of organismen moeten de tijd krijgen zich van een bepaalde overschrijding te herstellen. Hieruit blijkt wel, dat de normering in veel gevallen een statistische benadering vergt. De statistische benadering, waarbij normen een gemiddelde waarde kunnen krijgen mag er niet toe leiden dat piekbelastingen uit het oog worden verloren. Daarom blijven absolute waarden niet alleen door een beoordelingsfunctie maar vooral ook door hun signaalfunctie en een maximumwaarde voor incidenten ("98-percentiel" e.d.) noodzakelijk.

Een voorbeeld van dergelijke piekgevoelige blootstellingsnormen zijn de zogenaamde EPEL-waarden^b en de MAC-waarden^c.

De MAC-waarden zijn bedrijfshygienische waarden, vastgesteld door de nationale MAC-commissie in het kader van de Arbeidsomstandigheden-wet (AROB). De MAC-waarden zijn de Nederlandse pendant van de Amerikaanse Threshold Limit Values (TLV)^d.

Brongerichte normen

De ontwikkeling van milieukwaliteitseisen vindt zijn oorsprong bij de blootgestelde objecten (risico-criteria, dosis-effectrelaties). Vanuit dit eindeffect kunnen grenzen gesteld worden aan de indirecte en directe effecten van activiteiten, en aan de activiteiten zelf (zie tabel 1 en 2).

Niet-aanvaarde blootstellingseffecten leiden tot grenswaarden voor de media lucht, water en bodem, waaruit milieukwaliteitsnormen kunnen worden afgeleid. Hieruit volgen emissie-grenswaarden en emissie-plafonds, alsmede voorschriften en normen voor produkten en procedees waartoe de activiteiten leiden.

^a Hoe varieert de strengheid van een norm met het schaalniveau en waarom?

^b EPEL betekent Eenmalige Populatie Expositie Limiet.

^c MAC betekent Maximaal Aanvaardbare Concentratie.

^d Wat betekent EPEL, MAC, TLV?

De voor- en nadelen van normen aan de bron- en uitworpszijde tegenover normen aan de blootstellings- en milieukwaliteitskant liggen op de gebied van de praktische toepasbaarheid voor vergunningverlening enerzijds en de mogelijkheid tot objectieve fundering en het onderling afwegen van verschillende milieubelastingen anderzijds.

Het hanteren van kwaliteits- en inworpnormen kan immers in beginsel voorkomen, dat de som van allerlei activiteiten van uiteenlopende aard (bijvoorbeeld industrie,verkeer en huisverwarming als bronnen van luchtverontreiniging) hoewel op zichzelf redelijk schoon, toch nog een ongewenste of onaanvaardbare situatie zoudenopleveren. Aan de andere kant stimuleren zij niet tot het aangrijpen van de specifieke mogelijkheden, die bij een individuele bron kunnen bestaan om de verontreiniging alsnog terug te dringen. Procédé- en produktnormen hebben het voordeel dat ze de verontreiniging bij de bron aanpakken, zij maken echter een op regionale omstandigheden gebaseerde aanpak onmogelijk. Uitworpnormen en uitworpplafonds nemen tussen beide een soort tussenpositie in.

circulatietypen	19	parts per million by mass	21
CO	13	parts per million	20
collectieve registratie	9	PCB	13
complete mengels	15	PCT	17
costs of care	26	pestachloorfenol	15
CZV	14	polair front	19
decontaminatie	23	polychloorbifenylen	15
depositie	21	polychloorhexafenylen	15
DOSIS-RESPONSERELATIE	27	potentiële emissies	16
emissieregistratie	9	ppm	20
energetische emissies	15	ppm	20
EPEL	36	procesmissies	10
fluor	14	perbromeen	20
Fluorwaterstof	14	reductiepotentiaal	23
formaldehyde	14	richtwaarden	13
fosfaten	14	roostermodellen	20
foto-chemische smog	14	SO ₂	13
Foto-chemische smog	21	soortelijk oppervlak	21
freon	15	stabiele atmosfeer	18
Gaussische pluin-model	20	stikstofoxiden	14
grenswaarden	13	stratificatie	21
halogenen-verbindingen	14	stratoplaet	17
halogeenbevattende koolwaterstoffen	15	streefwaarde	12
hexachloorbenzeen	15	sulfatreductie	23
hexachloorbutadieen	15	Threshold Limit Values	26
human capital	26	toxicologie	23
individuele registratie	9	trajectoriemodellen	26
informatie-emissies	16	trichloorfenol	15
inversie	18	troposfeer	17
Kjeldahl-methode	15	verdwijntermen	25
Koolstofmonoxide	13	windtunnel	26

1. k en CEC zijn maten voor het adsorptievermogen van de bodemsoort. Voor k geldt: lage waarde betekent hoge adsorptie. Voor CEC geldt hoge waarde betekent lage adsorptie.
2. De kans op effecten wordt risico (populair geformuleerd als kans x effect) genoemd. De risico-benadering is uitgangspunt voor de normering en komt uitgebreid aan de orde in het parallel-college veiligheidsbeleid (Hale).
3. Notitie "Omgaan met risico's", gelijktijdig gepubliceerd met het Nationaal Milieubeleidsplan.
4. Deze waarde is scherper gesteld om onbekende synergetische effecten af te dekken.

INDEX

absorptie	22	koolwaterstoffen	14
aerosolen	13	kwik	13
Ammoniak	14	lijnbronnen	20
anorganische verbindingen	13	luchtbewegingen	17
AROB	36	MAC	36
biologisch zuurstofverbruik	15	maximaal toelaatbare niveau	32
<i>Bodemverontreiniging</i>	22	mechanische emissies	16
brandingsemissies	10	meetnet	21
BZV	15	Metaalhoudende	13
cadmium	13	microgram	21
CEC	23	milieu-accountancy	8
CFK	15	milieukwaliteitsdoelstellingen	33
chemisch zuurstofverbruik	15	milieukwaliteitseisen	33
chloor	14	nitrificatie	23
chloorcyclohexaan	15	normen	7
chloorfluorkoolwaterstof	15	oppervlaktebronnen	20
circulatietypen	19	ozon	21
CO	13	PAN	14
collectieve registratie	9	parts per million by mass	21
complexe mengels	15	parts per million	20
costs of risks	26	PCB	15
CZV	15	PCT	15
denitrificatie	23	pentachloorfenol	15
depositie	21	polaire front	19
DOSIS-RESPONSRELATIE	27	polychloorbifenylen	15
emissieregistratie	9	polychloortheryfenylen	15
energetische emissies	15	potentiele emissies	16
EPEL	36	ppm	20
fluor	14	ppmm	20
Fluorwaterstof	14	procesemissies	10
formaldehyde	14	puntbronnen	20
fosfaten	14	redoxpotentiaal	23
foto-chemische smog	14	richtwaarden	33
Foto-chemische smog	21	roostermodellen	20
freon	15	SO ₂	13
Gaussische pluim-model	20	soortelijk oppervlak	22
grenswaarden	33	stabiele atmosfeer	18
halogeen-verbindingen	14	stikstofoxiden	14
halogeenhoudende koolwaterstoffen	15	stratificatie	21
hexachloorbenzeen	15	stratosfeer	17
hexachloorbutadieen	15	streefwaarde	32
human capital	26	sulfaatreductie	23
individuele registratie	9	Threshold Limit Values	36
informatie-emissies	16	toxicologie	28
inversie	18	trajectoriënmodellen	20
Kjehldahl-methode	15	trichloorfenol	15
Koolstofmonoxide	13	troposfeer	17
		verdwijntermen	21
		windtunnel	20

INDEX

zuurgraad	23
zwarte lijst	13
Zwaveldioxide	13
Zwavelwaterstof	14
TLV	36

