

Ref.nr. : 89-050
Dossiernr. : 8722-18415
Datum : januari 1990
NP

Titel
PRODUKTVERGELIJKING
"ELEKTRONISCHE APPARATUUR"

Auteur(s):
Ir. A.M.M. Ansems

Trefwoord(en):
- produktvergelijking
- produktlevensketen
- elektronische apparatuur
- kleurentelevisie
- microcomputer

Bestemd voor:
Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer;
Directoraat-Generaal Milieubeheer;
Afdeling Economische Zaken en
Beleidsontwikkeling

	Pagina
89-050/R.22/IVS	2
INHOUDSOPGAVE	
BELEIDSAANBEVELINGEN PRODUKTSTUDIE ELEKTRONISCHE APPARATUUR	5
SAMENVATTING	9
1. INLEIDING	1-1
2. PRODUKTLEVENSKETEN	2-1
2.1 Beschrijving	2-1
2.2 Elektronische apparatuur	2-3
2.3 Produktenkeuze	2-7
3. HISTORISCHE ONTWIKKELINGEN EN MATERIAALKEUZES	3-1
3.1 Elektronika	3-1
3.1.1 Miniaturisering	3-2
3.1.2 Integratie van functies	3-2
3.1.3 Digitalisering	3-3
3.1.4 Verschuiving van draadcomponenten naar chipcomponenten	3-3
3.1.5 Trends	3-4
3.1.6 Materialen-/stoffentoepassingen	3-4
3.2 Kleurentelevisie	3-10
3.2.1 Samenstellingsanalyses	3-11
3.2.2 Beeldbuis	3-12
3.2.3 Omkasting	3-13
3.2.4 Frame- en dragermaterialen	3-14
3.2.5 Elektronika, exclusief printplaten	3-15
3.2.6 Printplaten	3-15
3.2.7 Resumé	3-16
3.3 Microcomputer (personal computer)	3-17
3.3.1 De stormachtige ontwikkeling	3-17
3.3.2 Samenstellingsanalyses	3-18
3.3.3 Resumé	3-21

	Pagina
89-050/R.22/IVS	3
4. TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN	4-1
4.1 Elektronika	4-1
4.1.1 Miniaturisering en integratie van functies	4-1
4.1.2 Veranderingen in uiterlijk en bevestiging van chips	4-2
4.1.3 Materialentoepassingen	4-2
4.2 Kleurentelevisie	4-4
4.2.1 Beeldbuis	4-4
4.2.2 Omkastingen	4-6
4.2.3 Elektronikafractie	4-7
4.2.4 HDTV (High Definition TeleVision)	4-8
4.3 Microcomputer	4-8
4.3.1 Ontwikkeling microcomputer	4-9
4.3.2 Ontwikkelingen opbouw microcomputer	4-9
5. KWALIFICERING EN KWANTIFICERING VAN DE MILIEU-ASPECTEN	5-1
5.1 Inleiding	5-1
5.2 Realisatie produkt	5-1
5.3 Consumptie produkt	5-2
5.3.1 Tv-toestellen	5-2
5.3.2 Personal computers	5-7
5.4 Afdanken produkt	5-10
5.4.1 Tv-toestellen	5-10
5.4.2 Personal computers	5-15
5.5 Afvalstadium	5-16
5.5.1 Kleurentelevisie	5-16
5.5.2 Personal computer	5-17
5.5.3 Elektronische apparatuur	5-17
5.6 Modelleren produktlevensketen	5-21
5.7 Kwantificering model	5-24
6. MILIEU-ONTLASTENDE ONTWIKKELINGEN EN KEUZES	6-1
6.1 Inleiding	6-1
6.2 Kwantitatieve en kwalitatieve preventie	6-2
6.2.1 Kwantitatieve preventie	6-2
6.2.2 Kwalitatieve preventie	6-5

	Pagina
89-050/R.22/IVS	4
6.3 Vertraging degradatie produkten, onderdelen, materialen	6-7
6.3.1 Produkten	6-7
6.3.2 Onderdelen	6-9
6.3.3 Materialen	6-10
6.3.4 Grondstoffen, terugneembare en definitieve afvalstoffen	6-11
6.3.5 Resumé	6-12
7. EVALUATIE EN CONCLUSIES	7-1
8. LITERATUUR	8-1
9. VERANTWOORDING	9-1

Aantal bijlagen: 22

BELEIDSAANBEVELINGEN PRODUKTSTUDIE ELEKTRONISCHE APPARATUUR

Onderstaand treft u aan de beleidsaanbevelingen van de begeleidingscommissie van de produktgerichte milieustudie elektronische apparatuur. Deze studie is één van de drie pilotstudies die zijn verricht om de methodiek van de milieubeoordeling van produkten uit te testen en het produktenbeleid gestalte te doen geven. Vanwege de complexiteit van het "produkt" elektronische apparatuur is er voor gekozen om vanuit de analyse van kleurentelevisies en personal computers meer algemene aanbevelingen op te stellen ten aanzien van elektronische apparatuur.

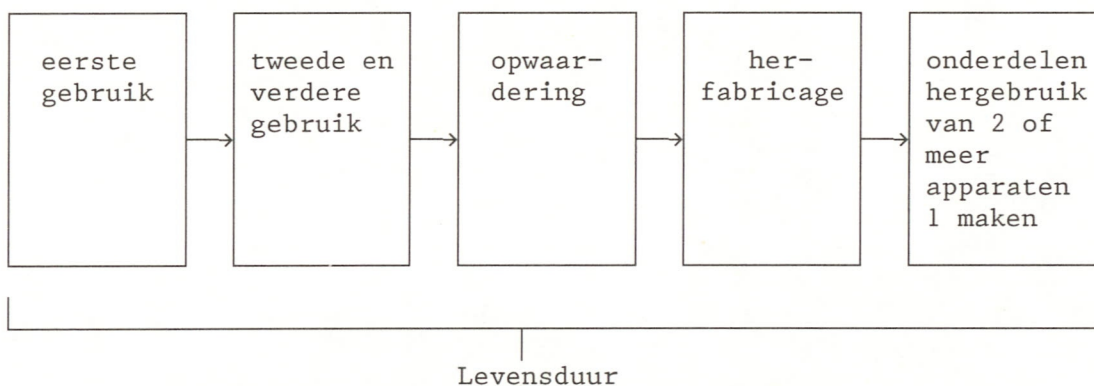
Uit het onderzoek is gebleken dat elektronische apparatuur potentieel milieubelastend is, met name in het afvalstadium.

De aanbevelingen grijpen aan op verschillende delen van de produktlevenscyclus en hebben betrekking op uiteenlopende doelgroepen (ontwerpers, producenten, consumenten, afvalverwerkers). De aanbevelingen zijn zoveel mogelijk zó geformuleerd dat evident is op welke doelgroep(en) ze betrekking hebben.

Aanbevelingen volgend uit het onderzoek

1. In printplaten worden de metalen (metalloïden) arseen, antimoon, cadmium, chroom, koper, lood en zink en de halogenen chloor, fluor en broom in niet-verwaarloosbare hoeveelheden toegepast. Het toepassen ervan kan worden teruggedrongen door:
 - a. het verder stimuleren van de ontwikkelingen van miniaturisering, integratie van functies, constructie van driedimensionale structuren, waardoor het koper-, lood- en tinverbruik afneemt en de verbruikte antimoon- en cadmiumhoeveelheden (die voorkomen in soldeer) dalen;
 - b. het gebruik van GaAs (in plaats van Si) als halfgeleidermateriaal zoveel mogelijk te vermijden;
 - c. de keuze voor polyphenyleensulfide (PPS), of polyethersulfon (PES), of polyetherimide (PEI) als alternatief voor het huidige printplaatmateriaal. Vanwege de molecuulstructuren zijn deze thermoplasten inherent vlamdovend en bevatten geen vlamvertragende additieven (zoals polybroomverbindingen).

2. Het gebruik van Cd- en Zn-verbindingen in de luminescerende laag van beeldbuizen kan worden teruggedrongen door substitutie ervan door bijvoorbeeld lanthanide luminoforen.
3. De toegepaste kunststoffen in de omkastingen kunnen toeslagstoffen met zware metalen en/of halogenen bevatten (in bijvoorbeeld pigmenten, stabilisatoren, vlamvertragers, weekmakers). Substitutie door minder milieubelastende toeslagstoffen of door kunststoffen met minder toeslagstoffen dient gestimuleerd te worden.
4. De levensduur van elektronische apparatuur kan meer worden geoptimaliseerd naar de mogelijkheden van opwaardering, herfabricage en onderdelen- en materialenhergebruik.



Onderzocht dient te worden in hoeverre dit haalbaar is en welke instrumenten ter beschikking staan om bovenstaande te stimuleren (voorlichting, financiële prikkels?).

5. Het terugdringen van het energieverbruik van apparaten kan gebeuren door middel van miniaturisering en integratie van elektronika. De ontwikkeling van LCD-schermen resulteert bij implementatie in energie-extensivering en verdient derhalve stimulering.

Aanbevelingen samenhangend met het onderzoek

6. Maximalisering van het hergebruik van materialen en onderdelen vindt niet plaats doordat veel afgedankte apparaten in huishoudelijk afval, grof huisvuil of bedrijfsafval terecht komen. Het is derhalve noodzakelijk dat er een geschikte inzamelstructuur wordt geschapen. Daarnaast zal onderzocht dienen te worden in hoeverre een stelsel stimulerende maatregelen (waaronder een statiegeldregeling) kan bevorderen dat de bewuste apparatuur bij een daarvoor ingerichte recyclinginstallatie komt.
7. De verbetering van inzamelings- en verwerkingsstructuren vereist een organisatorische benadering vanuit de technologische mogelijkheden. Hergebruikstechnieken en anderzijds vernietigingstechnieken zullen dienen te worden ontwikkeld en worden ingezet om de groeiende afgedankte apparatuurstroom integraal te kunnen verwerken. Onderzoek zal dienen aan te tonen hoe de infrastructurele kosten (inzamel-, opslag, overslag- en transportkosten) geminimaliseerd kunnen worden.
8. Teneinde de fabrikanten in de ontwerpfase een aantal maatregelen te laten nemen die de mogelijkheden voor recycling kunnen verbeteren, zal vaak een belangrijke rol zijn weggelegd voor de overheid. Instrumenten die de overheid daarbij kan hanteren, liggen op het gebied van:
 - het geven van scholing aan toekomstige ingenieurs over afvalbewust ontwerpen; het schrijven van een ontwerpershandboek; het ontwerpen en beschikbaar stellen van databestanden voor ontwerpers;
 - het geven van voorlichting over afvalbewust ontwerpen aan de beslissers in het ontwerpproces;
 - het sluiten van convenanten met fabrikanten omtrent materiaalgebruik en constructiewijze.
9. Door consumentenorganisaties worden reeds enige tijd consumentenprodukten van verschillende fabrikanten op kwaliteitsaspecten onderzocht en vergeleken. Het verdient aanbeveling daarbij meer aandacht te besteden aan de milieu-aspecten.

10. Vanwege de internationale aspecten van de produktie en verkoop van elektronische apparatuur, neemt de effectiviteit van maatregelen in Nederland toe als ook maatregelen in internationaal verband worden genomen. Daartoe kunnen de resultaten van deze studie in de daarvoor geëigende internationale gremia worden ingebracht.

SAMENVATTING

In het kader van de integrale aanpak van het milieubeleid heeft het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) de onderzoeksoopdracht "Produktgerichte milieustudie elektronische apparatuur" verstrekt aan TNO, hoofdgroep Maatschappelijke Technologie.

Conform de verstrekte opdracht was oorspronkelijk de doelstelling van de produktgerichte milieustudie naar elektronische apparatuur in de 4 volgende subdoelen uitgesplitst:

1. welke milieu-effecten (relatief en absoluut) zijn in alle fasen van de produktlevensketen (dat is vanaf de produktie t/m de afvalfase) van belang;
2. welke produktalternatieven zijn (de kwalitatieve aspecten in acht genomen) aantoonbaar milieuvriendelijker;
3. welke technische en marktontwikkelingen zijn te verwachten respectievelijk dienen gestimuleerd te worden;
4. afhankelijk van 1. - 3.: in hoeverre kan het beleid op deze problematiek inspelen om de milieubelasting te minimaliseren. Hierbij wordt speciale aandacht gevraagd voor de import/export problematiek.

Wat betreft de verschillende subdoelen zijn tijdens de uitvoering van het project, mede na discussie in de begeleidingscommissievergaderingen, accenten gelegd.

Ad subdoel 1

Met betrekking tot de verschillende fasen van de produktlevensketen zijn vooral de milieu-effecten in de afvalfase beschouwd. De produktie van elektronische apparatuur vindt voor het overgrote deel in het buitenland plaats, hetgeen milieu-ontlastende beïnvloeding bemoeilijkt. Om reden hiervan is het accent van voorkomen van milieubelasting gelegd op het afvalstadium.

Ad subdoel 2

Op produktniveau is er niet direct sprake van wezenlijke alternatieven. De milieuvriendelijke alternatieven zijn te vinden op een aggregatie-

niveau lager (andere toegepaste materialen, andere onderdelen, minder elektronika, etc.). Er is met name naar de elektronika gekeken in het kader van milieuvriendelijke ontwikkelingen.

Ad subdoel 3

De technische en marktontwikkelingen, naar de toekomst toe, zijn in het rapport omschreven. Er is vooral gekeken naar milieu-ontlastende tendenzen in de totale produktlevensketen.

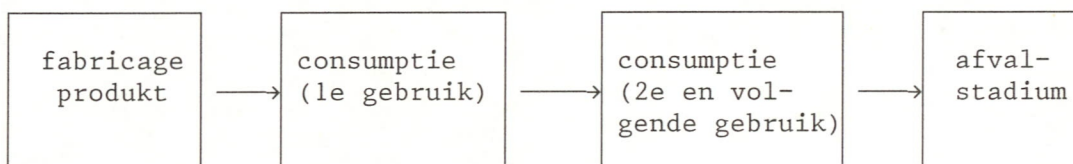
Ad subdoel 4

Ten aanzien van mogelijkheden van minimalisatie van de milieubelasting is met name gekeken naar de afvalfase. De organisatie van de inzameling van apparatuur en de verwerking ervan behoeven nadere aandacht met betrekking tot beleid. Gezien de complexiteit is de import/export problematiek buiten beschouwing gelaten.

In overleg met de opdrachtgever zijn de kleurentelevisie en microcomputer als nader te onderzoeken produkten geselecteerd.

Produktlevensketen

Tijdens de uitvoering van het project heeft een vereenvoudiging van de produktlevensketen plaatsgevonden.



Welke productieprocessen, onderdelen, materialen, stoffen, elementen toegepast zijn, volgt uit de karakterisering van de gekozen apparaten. Vanuit een analyse naar toegepaste onderdelen, verbindingvormen, materialen, stoffen, elementen, etc. zijn de volgende facetten af te leiden:

- De ten grondslag liggende fabricageprocessen met emissies, afvallen en energieverbruik.

- Het energieverbruik tijdens toepassing.
- Recyclingmogelijkheden van onderdelen, materialen in het afvalstadium.
- De milieuconsequenties bij de afvalverwerking (verbranding, gecontroleerd storten, partieel immobiliseren) van definitief afgedankte apparaten.

Karakterisering kleurentelevisie

Voor de kleurentelevisie zijn wat betreft onderdelen/materialen de volgende aspecten/trends te onderkennen:

- . Het totale gewicht van de tv neemt af.
- . Het gewicht van de beeldbuis blijft nagenoeg constant, hetgeen inhoudt dat het relatieve gewicht toeneemt.
- . Het gewicht van de overige "modules" neemt door miniaturisering en materialensubstitutie (bijvoorbeeld metalen door lichtere kunststoffen) af.
- . Bij een gelijkblijvend aantal functies neemt door integratie het aantal onderdelen af. Dit aantal neemt bovendien af bij digitalisering van elektronische functies.
- . De luminescerende laag in beeldbuizen bevat belangrijke hoeveelheden ZnS en CdS.
- . Fe, Al, Cu, Pb, Zn, Sn, Cr, Ni zijn qua omvang belangrijke toegepaste metalen.
- . De kunststof omkastingen bevatten naar alle waarschijnlijkheid geen vlamvertragende additieven.
- . Slagvast polystyreen en polyvinylchloride zijn kunststoffen die in belangrijke mate toegepast worden, respectievelijk voor omkastingen en bedrading.
- . De printplatenfractie bevat relatief hoge gehalten Sb, As, Cd, Pb, Cr, Zn, Sn, Cl, Br, F.

Karakterisering microcomputer

Voor de microcomputer zijn wat betreft onderdelen/materialen de volgende aspecten/trends te onderkennen:

- . Het totaalgewicht van de microcomputer neemt door miniaturisering en materialensubstitutie (bijvoorbeeld metalen door kunststoffen en kunststoffen door lichtere soorten) af.
- . Bij een gelijkblijvend aantal functies neemt door integratie het aantal onderdelen af, met name het aantal elektronische onderdelen.
- . Het hart van de microcomputer, de microprocessor, wordt steeds krachtiger en sneller en drukt daardoor grotere computers uit de markt.
- . De kunststof omkastingen worden steeds meer van slagvast polystyreen en metalen omkastingen worden gesubstitueerd door kunststof omkastingen, voorzien van een "conductive paint" met Cu of Ni als bescherming tegen straling.
- . Kunststof omkastingen bevatten veelal vlamvertragende additieven, vaak polybroomverbindingen.
- . Printplaten kunnen vervaardigd zijn van fenol-formaldehyde laminaten.
- . De printplatenfractie bevat relatief hoge gehalten Sb, As, Cd, Pb, Cu, Zn, Sn, Cl, Br, F.

Toekomstige ontwikkelingen

Elektronika

De volgende ontwikkelingen zijn te onderkennen:

- Verdergaande miniaturisering, integratie van functies, digitalisering, introductie van chipcomponenten in plaats van draadcomponenten.
- Driedimensionale opbouw van elektronische schakelingen.
- Het totale gewicht van de elektronika neemt verder af; het aantal printplaten neemt af; de printplaten worden kleiner.
- De hoeveelheden toegepast Cu, Pb en Sn nemen af.

Kleurentelevisie

De kleurentelevisie zal evolueren naar de H(igh) D(efinition) T(ele) V(ision) met L(iquid) C(rystal) D(isplay)-schermen, die relatief weinig energie verbruiken.

Microcomputer

De microcomputer zal een wijdverspreide toepassing krijgen en door zijn capaciteit, toekomstige mogelijkheden, vele grotere computers uit de markt drukken. De sterke verbetering van de prijs/prestatie-verhouding; de afname van de absolute prijs; de toegenomen koopkracht; de introductie van nieuwe apparaten, etc. veroorzaken een sterke groei van het aantal in gebruik zijnde elektronische apparaten. De geschetste ontwikkelingen zorgen er voor dat de hoeveelheid afval, afkomstig van afgedankte apparatuur, in de toekomst zeker niet zal afnemen.

Milieu-aspecten produktlevensketen

Fabricage

Alhoewel de fabricage voornamelijk in het buitenland plaatsvindt, worden ook in Nederland elektronika-onderdelen geproduceerd, waarbij oppervlaktebehandelings-en reinigingsprocessen toegepast worden (met organische stoffen, zuren en basen). Daarbij ontstaan vooral gasvormige en vloeibare afvalstromen (koolwaterstoffen, al dan niet gehalogeneerd; zure c.q. alkalische (waterige) afvalstromen met opgeloste milieubelastende metalen). Deze stromen worden in principe beheerd door vergunningen c.q. wetgeving.

Onafhankelijk van de internationale aspecten kan in het kader van het vergunningenbeleid (in de toekomst geïntegreerd) gestreefd worden naar de toepassing van schone (schonere) processen.

Gebruik apparatuur

De ontwikkeling van elektronenbuizen naar geïntegreerde schakelingen heeft geresulteerd in een sterke afname van het energieverbruik. Dit verbruik is voor de tv als apparaat uit de elektronische groep nog het hoogst. Van de huidige tv's verbruiken die met relatief grote beeldbuisdiameters duidelijk meer dan die met kleine diameters.

De ontwikkeling van LCD-schermen dient aangemoedigd te worden, aangezien de energieconsumptie van deze schermen duidelijk lager is.

De levensduur is een belangrijke parameter; voor kleurentelevisies gemiddeld 11 - 14 jaar, voor microcomputers 5 - 10 jaar. De gegeven levensduren staan onder druk, vanwege het voortdurende aanbod van apparaten met nieuwe of verbeterde gebruiksmogelijkheden en de voortdurend gunstiger wordende prijs/prestatie-verhouding.

Bij afname van de gemiddelde levensduur zal de hoeveelheid afgedankte, te verwerken apparatuur duidelijk toenemen.

Afvalstadium

Er wordt geschat dat in het begin van de jaren negentig ruim 30.000 ton elektronische apparatuur/jaar in het afvalstadium terechtkomt en dat deze hoeveelheid zal toenemen tot 40.000 - 50.000 ton/jaar tegen het jaar 2000. Indien er geen recycling van materialen plaatsvindt, is de hoeveelheid eenderde tot de helft van die van shredderafval van auto-wrakken.

Naast kwantitatieve spelen ook kwalitatieve aspecten een belangrijke rol. Van de geanalyseerde apparaten, komt duidelijk naar voren dat de "modules" printplaten, kunststof omkastingen en beeldbuizen potentieel milieubelastende elementen bevatten. De in het rapport beschreven analyse geeft aan dat het zware metalen aandeel van beeldbuizen ten opzichte van het aandeel van printplaten klein is. De stromen van enige elementen richting afvalstadium, afkomstig van de printplatenfractie van elektronische apparatuur, zijn globaal geschat voor het begin van de jaren negentig:

As	:	210 -	490 kg/j.
Sb	:	9330 -	12.310 kg/j.
Cd	:	650 -	2010 kg/j.
Hg	:	75 -	90 kg/j.
Cu	:	142.000 -	492.000 kg/j.
Pb	:	49.000 -	87.000 kg/j.
Zn	:	46.000 -	67.000 kg/j.
Cl	:	34.000 -	51.000 kg/j.
F	:	800 -	1.900 kg/j.
Br	:	55.000 -	110.000 kg/j.

In het geval van ongecontroleerd storten (uitloging van zware metalen) of verbranding zonder rookgasreiniging (uitstoot van dioxinen, benzo-furanen, zware metalen, bijvoorbeeld Hg, Cd) zal er sprake zijn van een reële milieubelasting. Gecontroleerd storten en gecontroleerde verbranding met de afscheiding van slakken en rookgasreinigingsresiduen, waaronder vliegassen, geeft nazorg. Er wordt gestreefd naar preventie en recycling.

Aangrijpingspunten voor het beleid

Uitgaande van duurzame ontwikkeling stelt de overheid dat het dringend gewenst is dat stoffen, die voorkomen op de stoffenlijsten (zwarte lijst, prioritaire stoffenlijst) zoveel mogelijk vermeden worden. Dit geldt met name voor de hiervoor genoemde metalen (metalloïden) en sommige gehalogeneerde koolwaterstoffen (zoals sommige vlamvertragende polybroomverbindingen).

In verband met de aangrijpingspunten voor het beleid zijn voor de afvalproblematiek zowel de "oudere" produkten, die nu in het afvalstadium geraken van belang, als produkten die nu op de markt komen en over een aantal jaren afgedankt worden. In het eerste geval zullen de aangrijpingspunten zich kunnen richten op de inzameling en verwerking van afgedankte apparatuur. In het tweede geval kan ook aandacht besteed worden aan het ontwerp van apparaten.

Inzamel- en verwerkingsstructuur

De zwakke schakel in het geheel blijft de ontbrekende, op afgedankte apparatuur gerichte, inzamelstructuur. Het op één lokatie bij elkaar brengen van een voldoende grote hoeveelheid te recyclen apparatuur is momenteel nog problematisch. Een geschikte infrastructuur, gekoppeld aan een stelsel stimulerende maatregelen, zal ervoor dienen te zorgen, dat de bewuste apparatuur bij een daarvoor ingerichte recyclinginstallatie terechtkomt.

De verbetering van inzamel- en verwerkingsstructuren vereist een organisatorische benadering vanuit de technisch/economische mogelijkheden.

Ontwerpstadium

In de ontwerpfase zou meer rekening gehouden kunnen worden met op preventie gerichte produktieprocessen respectievelijk de latere recycling- en afvalverwerkingsmogelijkheden van toekomstige apparaten.

. Produktieprocessen; hiervoor zou kunnen gelden:

- * Introductie interne regeneratieprocessen/"good housekeeping".
- * Afname aantal oppervlaktebehandelingsprocessen.
- * Afname te behandelen oppervlak door miniaturisering en integratie van onderdelen.
- * Introductie schonere processen waardoor minder hulpstoffen benodigd zijn.
- * Substitutie van gehalogeneerde door niet-gehalogeneerde koolwaterstoffen; substitutie specifieke koolwaterstoffen door minder milieubelastende koolwaterstoffen of anorganische stoffen als hulpstoffen; substitutie van specifieke zuren en/of basen door minder milieubelastende anorganische stoffen.

. Apparaten; hiervoor zou kunnen gelden:

- * Afname aantal onderdelen.
- * Substitutie door lichtere materialen.
- * Modulegewijze opbouw van apparaten met gemakkelijk verbreekbare verbindingen (dit past in het verlengde van hergebruiksvriendelijk, c.q. ontmantelingsbewust ontwerpen).
- * accent leggen op materialen-recycling, indien levensduurverlenging moeilijk haalbaar is:
 - het vermijden van moeilijk verbreekbare moeilijk of recyclebare combinaties van materialen;
 - het terugdringen van het aantal toegepaste materialen; bijvoorbeeld het vermijden van onnodig veel soorten kunststoffen naast elkaar; meer van hetzelfde maakt recycling aantrekkelijker;
 - het kiezen van gemakkelijk recyclebare materialen (zoals metalen of in geval van kunststoffen thermoplasten);

89-050/R.22/IVS

17

- het voorkomen van onnodige vermengingen, oppervlaktelagen, laminaten etc.; door toepassing van complexe, nieuwe materialen bestaat de kans dat hergebruiksmogelijkheden afnemen.
- het daar waar mogelijk substitueren van potentieel milieubelastende stoffen, zoals zware metalen en halogeenverbindingen; bijvoorbeeld in printplaten, beeldbuizen en kunststofomkastingen.

1. INLEIDING

In het Indicatief Meerjarenprogramma Milieubeheer (IMPM) 1987-1991 is aangegeven dat naast specifieke maatschappelijke doelgroepen ook producten een onderwerp vormen van het brongerichte beleid en een wezenlijke bijdrage leveren aan de milieubelasting. Dit is nogmaals bevestigd in de "Notitie inzake preventie en hergebruik van afvalstoffen", verschenen in oktober 1988 [33]. Op veel deelterreinen van het milieubeleid wordt thans aandacht besteed aan producten. In het kader van het afvalstoffenbeleid zijn het bijvoorbeeld batterijen (vanwege onder andere kwik in batterijen) of in het kader van het stoffenbeleid bestrijdingsmiddelen (vanwege onder andere milieugevaarlijke stoffen in bestrijdingsmiddelen). Een integrale aanpak van alle milieu-aspecten in alle fasen van de produktlevensketen ontbreekt hierbij echter. Thans is het milieubeleid meer gericht op een integrale benadering en in het verlengde hiervan een produktgerichte beschouwing.

Teneinde de produktgerichte benadering meer gestalte te geven, zijn drie produktgerichte milieustudies uitbesteed. In het kader daarvan heeft het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) de onderzoeksopdracht "Produktgerichte milieustudie elektronische apparatuur" verstrekt aan TNO, hoofdgroep Maatschappelijke Technologie.

De belangrijkste problemen ontstaan in de produktie- en afvalfase. De produktiefase wordt gekenmerkt door het gebruik van milieugevaarlijke stoffen en lucht- en waterverontreiniging. Ook bestaat er gevaar van lekkages in tanks en opslagplaatsen.

In de afvalfase zijn met name van belang de toegepaste zware metalen en gehalogeneerde koolwaterstoffen. Het in opdracht van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM), Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies (LAE), uitgevoerde onderzoek "Zware metalen, afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur" heeft op deze problematiek betrekking gehad [1]. De resultaten van dit onderzoek vormen onder andere de aanleiding om voor elektronische apparatuur als voorbeeld-produkt te kiezen.

Conform de verstrekte opdracht is de doelstelling van de produktgerichte milieustudie naar elektronische apparatuur in de 4 volgende subdoelen uitgesplitst (zie bijlage 22):

1. welke milieu-effecten (relatief en absoluut) zijn in alle fasen van de produktlevensketen (dat is vanaf de produktie t/m de afvalfase) van belang;
2. welke produktalternatieven zijn (de kwalitatieve aspecten in acht genomen) aantoonbaar milieuvriendelijker;
3. welke technische en marktontwikkelingen zijn te verwachten respectievelijk dienen gestimuleerd te worden;
4. afhankelijk van 1. - 3.: in hoeverre kan het beleid op deze problematiek inspelen om de milieubelasting te minimaliseren. Hierbij wordt speciale aandacht gevraagd voor de import/export problematiek.

Wat betreft de verschillende subdoelen zijn tijdens de uitvoering van het project, mede na discussie in de begeleidingscommissievergaderingen, accenten gelegd.

Ad subdoel 1

Met betrekking tot de verschillende fasen van de produktlevensketen zijn vooral de milieu-effecten in de afvalfase beschouwd. De produktie van elektronische apparatuur vindt voor het overgrote deel in het buitenland plaats, hetgeen milieu-ontlastende beïnvloeding bemoeilijkt. Om reden hiervan is het accent van voorkomen van milieubelasting gelegd op het afvalstadium.

Ad subdoel 2

Op produktniveau is er niet direct sprake van wezenlijke alternatieven. De milieuvriendelijke alternatieven zijn te vinden op een aggregatieniveau lager (andere toegepaste materialen, andere onderdelen, minder elektronika, etc.). Er is met name naar de elektronika gekeken in het kader van milieuvriendelijke ontwikkelingen.

Ad subdoel 3

De technische en marktontwikkelingen, naar de toekomst toe, zijn in het rapport omschreven. Er is vooral gekeken naar milieu-ontlastende tendenzen in de totale produktlevensketen.

Ad subdoel 4

Ten aanzien van mogelijkheden van minimalisatie van de milieubelasting is met name gekeken naar de afvalfase. De organisatie van de inzameling van apparatuur en de verwerking ervan behoeven nadere aandacht met betrekking tot beleid. Gezien de complexiteit is de import/export problematiek buiten beschouwing gelaten.

In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de produktlevensketen. Daarnaast wordt de keuze van de kleurentelevisie en de microcomputer (exclusief randapparatuur) gemotiveerd.

De historische ontwikkelingen en materiaalsamenstellingen van beide apparaten worden in hoofdstuk 3 nader geanalyseerd. Daarbij is gekozen voor een modulematige benadering. Speciale aandacht wordt besteed aan de ontwikkelingen in de elektronika.

Voor dezelfde benadering is gekozen in hoofdstuk 4, met dien verstande dat dan de toekomstige ontwikkelingen, inclusief materiaalkeuzes beschouwd worden.

In hoofdstuk 5 wordt de produktlevensketen van de kleurentelevisie en de microcomputer nader geanalyseerd. Deze analyse is vooral kwalitatief en daar waar mogelijk kwantitatief van aard. Achtereenvolgens worden de fabricage; de consumptie; de afdanking, inclusief afvalverwerking, van het produkt aan een nadere beschouwing onderworpen.

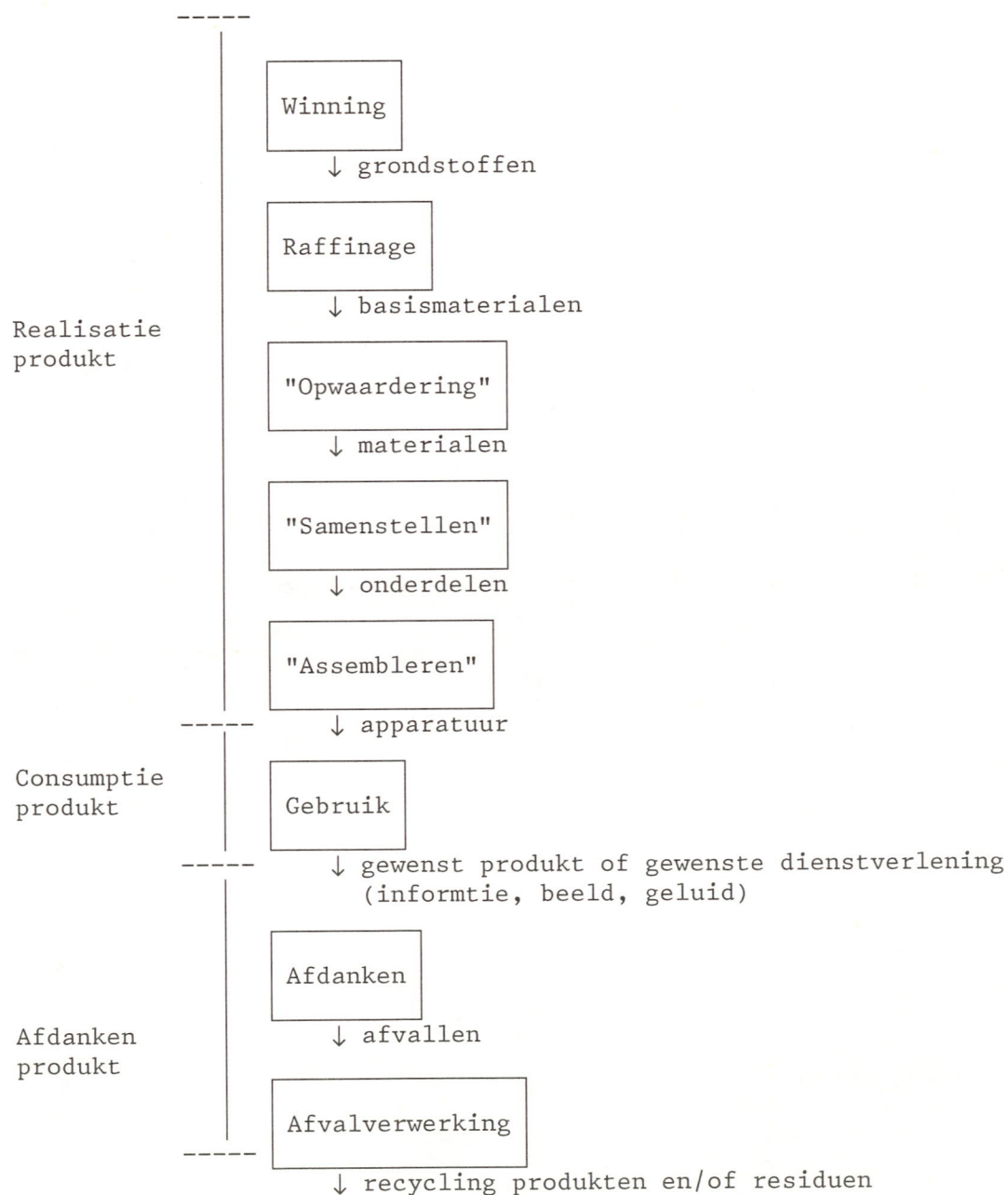
In hoofdstuk 6 worden op basis van de integrale produktbenadering, gegeven in de hoofdstukken 2 t/m 5, die ontwikkelingen geselecteerd, die tenderen in milieuvriendelijke, afvalpreventieve richting.

Tenslotte volgt in hoofdstuk 7 de evaluatie, inclusief conclusies.

2. PRODUKTLEVENSKETEN

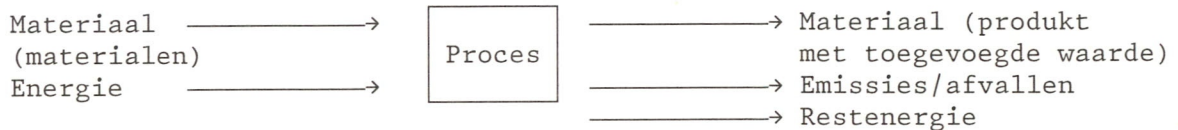
2.1 Beschrijving

Voor de analyse van de milieu-effecten van de produktlevensketen van elektronische apparatuur is de weergave van deze keten in een blokschema, zoals in figuur 2.1 weergegeven, in eerste benadering verhelderend.



Figuur 2.1 Produktlevensketen

De blokken in voorgaand schema geven processen (of een groep gecombineerde processen) aan, waarbij telkens milieu-effecten in het geding zijn. Elk blok kent ingangs- en uitgangsstromen; zie figuur 2.2.



Figuur 2.2 Ingangs- en uitgangsstromen van een proces

Milieu-effecten kunnen zijn:

- emissies van (schadelijke) stoffen naar lucht, water en bodem
- gebruik van energie
- emissie van thermische verontreiniging
- uitputting van grondstoffen
- geluids- en stankoverlast
- ruimtebeslag door afvalvolume
- aantasting van natuur en landschap
- straling

Straling is slechts in enkele gevallen in het geding. Systematische gegevens over geluids- en stankoverlast, aantasting van natuur en landschap, emissies van thermische verontreinigingen ontbreken veelal, zodat slechts kwalitatieve uitspraken in beperkte mate mogelijk zijn.

Kwantitatief zouden gewogen kunnen worden:

- * Emissies van (schadelijke) stoffen naar lucht, water en bodem. Emissies naar de bodem treden veelal op in de afvalfase, indien afgedankte produkten gestort worden.
- * Gebruik van energie (voor de produktie en consumptie).
- * Gebruik van grondstoffen (voor de produktie), eventueel gerelateerd aan de schaarste ervan.
- * Ruimtebeslag door afvalvolume, indien ervan uitgegaan wordt, dat na afdanken het produkt gestort wordt. Indien voor een gedeeltelijke recycling van materialen of verbranding, als verwerkingsoptie, gekozen wordt, spelen andere milieu-effecten een rol. De milieu-effecten van

de twee laatstgenoemde methoden zijn moeilijker kwantificeerbaar respectievelijk niet direct voorspelbaar vanwege de volgende moeilijk te beantwoorden vragen:

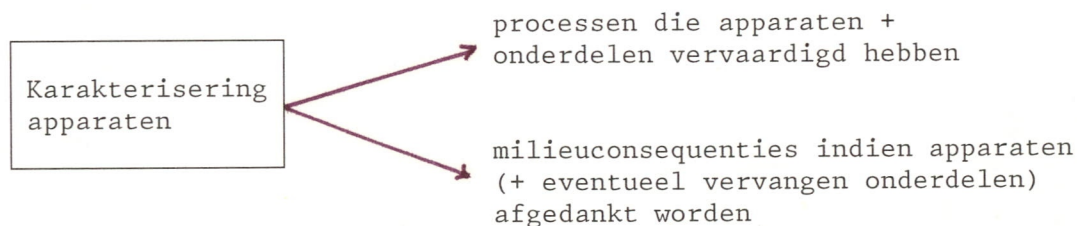
- . Welk gedeelte van het produkt is "recyclebaar".
- . Welke emissies treden er op bij verbranding en wat zijn de effecten van de reststoffenverwerking.

Bij sommatie van specifieke milieu-effecten over de verschillende processen van de keten zal blijken dat het nogal eens voorkomt dat een specifiek proces in grote mate bijdraagt aan de totale grootte van een specifiek milieu-effect.

Van elektronische apparatuur is bekend dat emissies en afvallen ontstaan tijdens de produktie (met name van de elektronica-onderdelen) en de af-danking de belangrijkste milieu-effecten geven. Wat betreft energieverbruik speelt de gebruiksfase een overheersende rol. Zie verder 2.2.

2.2 Elektronische apparatuur

De samenstelling van elektronische apparatuur naar toegepaste materialen/onderdelen dient bekend te zijn, om de milieu-effecten in cumulatieve zin te kunnen kwantificeren. De samenstelling legt verbanden met de vrijkomende afvallen en emissies tijdens de produktie en geeft mede informatie over de mogelijk optredende milieuschade na de afvalverwerking. Schematisch is in figuur 2.3 aangegeven wat met behulp van de karakteriseringsgegevens nader bepaald zou kunnen worden.



Figuur 2.3 Karakterisering apparaten

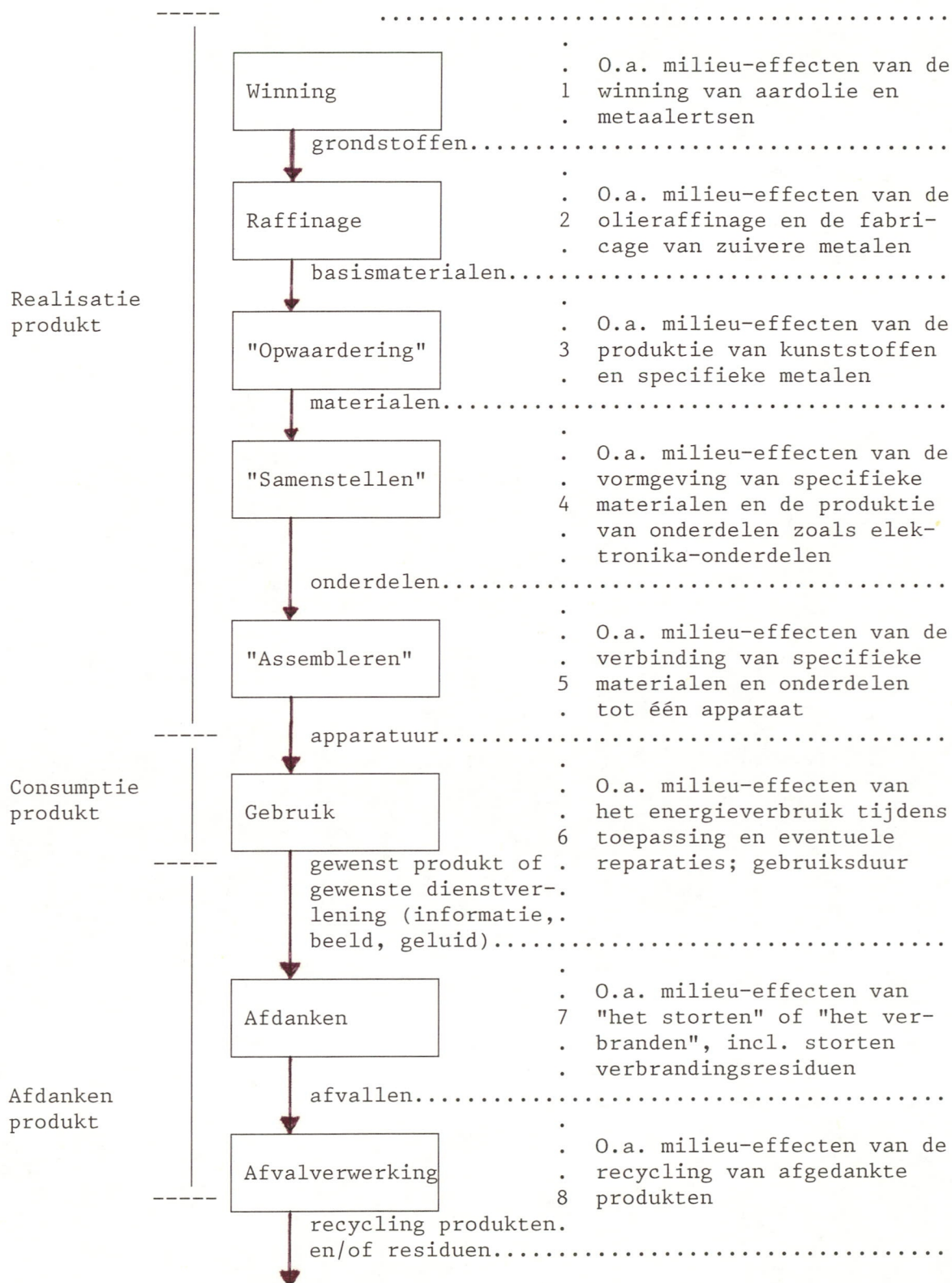
Voor verdere beoordeling van de kwantitatieve milieu-effecten zijn de volgende gegevens van belang:

89-050/R.22/IVS

2-4

- * Totaal gewicht apparaat.
- * Gewichtsverdeling naar materialen/onderdelen.
- * Samenstelling; soort materialen/onderdelen.
- * Aantallen specifieke elektronika-onderdelen.
- * Aantallen specifieke elektronika-onderdeelcomponenten.
- * Samenstelling elektronika-onderdeelcomponenten.

In de produktlevensketen (zie figuur 2.1) is aangegeven waar van welke milieu-effecten sprake is (op basis van bekende karakterisering van desbetreffende apparaten): zie figuur 2.4.



Figuur 2.4 Produktlevensketen van elektronische apparatuur

De belangrijkste van de in figuur 2.4 aangegeven milieu-effecten/-aspecten zijn:

- | | | |
|--------------------|---|---|
| 1. Winning | | |
| 2. Raffinage | } | Emissies naar lucht en water + vaste afvallen |
| 3. "Opwaardering" | | |
| 4. "Samenstellen" | } | Emissies naar lucht en water + vaste afvallen |
| 5. "Assembleren" | | |
| 6. Gebruik | } | Gebruiksduurverlenging; emissies door energieverbruik |
| 7. Afdanken | | |
| 8. Afvalverwerking | } | Emissies naar lucht en water + vaste afvallen |

De eerste drie fasen omvatten de produktie van materialen; van ferro, non-ferro's en kunststoffen zijn de milieu-effecten kwantitatief gezien globaal bekend.

Fase 4 houdt de fabricage van onderdelen in. Vooral voor de fabricage van elektronika-onderdelen zal van belang zijn in hoeverre de literatuurrecherche en de gesprekken met fabrikanten belangrijke gegevens opleveren om de milieu-effecten te kunnen berekenen. De vormgeving van kunststoffen en non-ferro's tot onderdelen (onder andere gietprocessen) zal, vergeleken met de grondstoffenwinning, naar alle waarschijnlijkheid weinig milieu-effecten geven.

Fase 5, de assemblage van kant en klare onderdelen, zal relatief gezien geen belangrijke milieu-effecten geven. Hetzelfde geldt voor fase 6, het gebruik van de apparaten. In deze fase zijn de gebruiksduur en het energieverbruik belangrijke factoren.

Fase 7 houdt het afdanken van het produkt, niet gericht op recycling, in. De keuze voor de alternatieven, storten of verbranden, bepaalt de grootte van de milieu-effecten. Bij storten dient rekening gehouden te worden met een potentiële uitloging. Hetzelfde geldt voor de te storten verbrandingsresiduen, indien voor verbranding gekozen wordt. Daarnaast geeft verbranding nog emissies (milieu-effecten) naar de lucht. In principe zijn naar alle waarschijnlijkheid de milieu-effecten van deze twee afvalverwerkingsmethoden te kwantificeren.

Indien voor recycling gekozen wordt (fase 8) zullen de gerecyclede materialen een onderdeel vormen van een andere produktlevensketen (fase 2 van een andere keten).

De niet gerecyclede delen zullen volgens de twee methoden van fase 7 verwerkt worden en evenredig milieu-effecten geven. Sommatie van de verschillende milieu-effecten over de aangegeven fasen geeft het cumulatieve beeld per produkt.

2.3 Produktenkeuze

In overleg met de opdrachtgever is besloten de kleurentelevisie en personal computer (microcomputer) als nader te onderzoeken produkten te selecteren.

De kleuren-tv is onder andere vanwege de volgende redenen gekozen:

- . Het apparaat wordt al sinds 20 jaar toegepast en nu komen al toestellen in het afvalstadium terecht.
- . Het apparaat wordt in relatief grote hoeveelheden afgezet; wijd verspreide toepassingen in zowel kantoren, bedrijven als huishoudens.
- . De TV bevat onderdelen die in andere elektronische apparaten worden toegepast, zoals de tuner en de versterker. Daardoor heeft de TV een zekere mate van representativiteit.
- . De tv bevat relatief veel elektronika. De vervaardiging van elektronika-onderdelen gaat gepaard met emissies naar lucht, water en bodem.
- . Doordat de elektronika-onderdelen en de beeldbuis zware metalen (kunnen) bevatten, vraagt de verwerking van kleurentelevisies extra aandacht teneinde de milieubelasting in de afvalfase te verminderen.

De personal computer (pc) is onder andere vanwege de volgende redenen gekozen:

- . Wijd verspreide (eventueel toekomstige) toepassingen in zowel kantoren, bedrijven als huishoudens.
- . Traditionele tekstverwerkingsapparatuur en grotere computers (main frames) zullen geheel of ten dele door pc's vervangen worden.

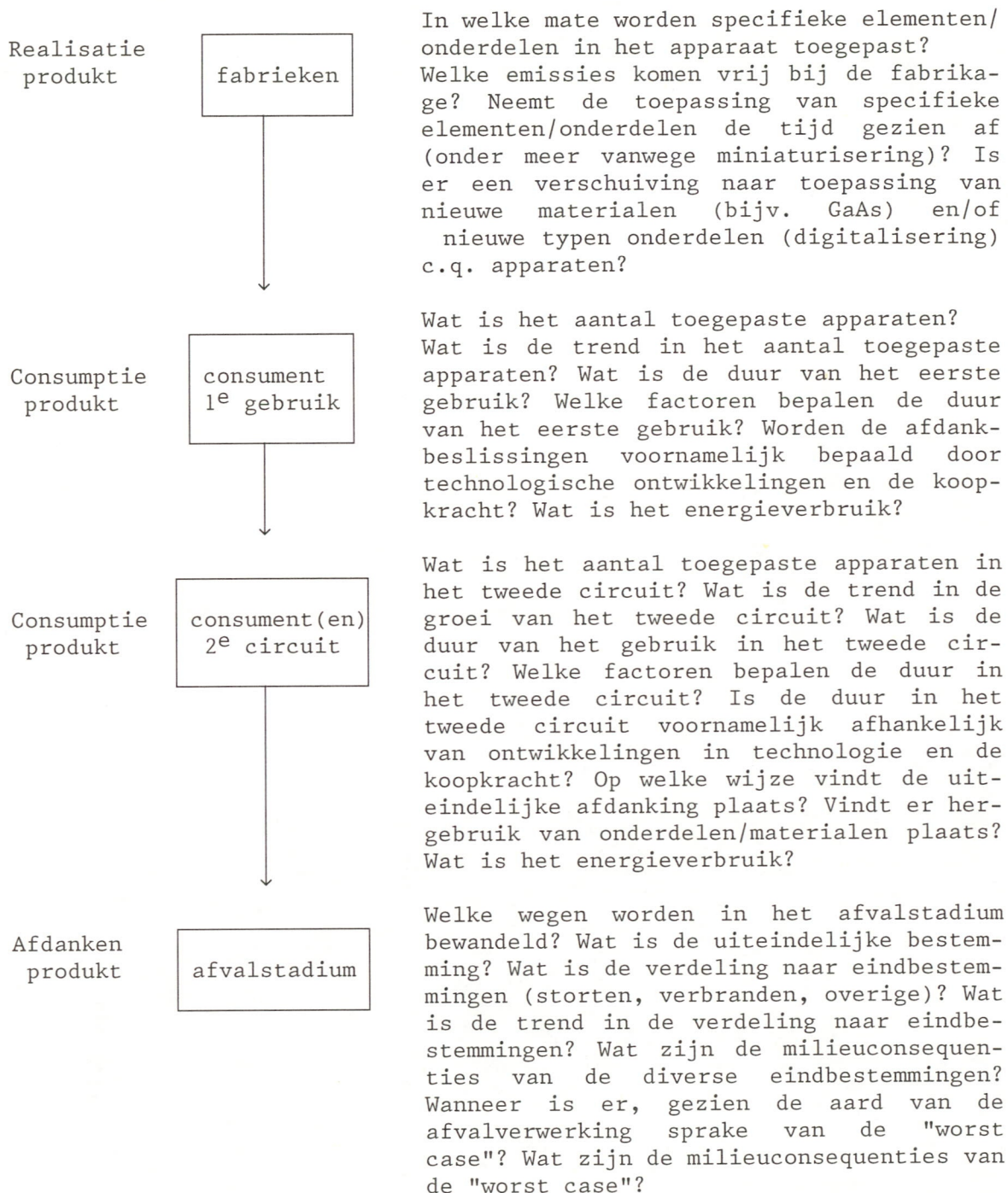
- . Vanwege de snelle technologische veranderingen is het mogelijk dat in de nabije toekomst apparaten, die door pc's vervangen worden en de eerste technologisch verouderde pc's, in het afvalstadium voorkomen en verwerkt dienen te worden.
- . De pc bevat relatief veel elektronika. De vervaardiging van elektronika-onderdelen gaat gepaard met emissies naar lucht, water en bodem. De hoeveelheid benodigde elektronika is daardoor direct in verband te brengen met de hoeveelheid emissies.
- . Doordat de elektronika-onderdelen zware metalen (kunnen) bevatten, vraagt de verwerking van elektronische apparaten extra aandacht in het afvalstadium, teneinde milieubelasting te voorkomen.

Bij de analyse van de 2 desbetreffende apparaten is uitgegaan van de zogenaamde modulebouw, met andere woorden het apparaat wordt ontleed in de samenstellende onderdelen/materialen, die apart beschouwd worden.

Bij het nalopen van de produktlevensketen (zie figuur 2.1) is in overleg met de begeleidingscommissie afgesproken dat er van een vereenvoudigd model uitgegaan zou worden; zie figuur 2.5. De daarbij te onderzoeken vragen zijn opgesomd.

Wat betreft de realisatie van het produkt is met nadruk gekozen voor het elektronikadeel en wel elektronische componenten. Dit is geschied in samenspraak met de opdrachtgever. Deze inkadering is gebaseerd op het volgende:

- . Onderzoek naar de milieu-effecten van de vervaardiging van metalen en kunststoffen wordt uitgevoerd door het Bureau Brandstoffen & Grondstoffen, Rotterdam, in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen (NOH).
- . De milieu-effecten van de assemblage zijn verwaarloosbaar ten opzichte van die van de produktie van materialen c.q. onderdelen.



Figuur 2.5 Vereenvoudigde produktlevensketen (inclusief door het onderzoek te beantwoorden vragen).

De produktie van apparaten, c.q. onderdelen vindt voor het belangrijkste deel in het buitenland plaats. In overleg met de begeleidingscommissie is afgesproken dat het accent van deze studie zal liggen op de afdankfase. Er zullen wel enige literatuurgegevens over emissies/afvallen tijdens de produktie van met name elektronika-onderdelen in dit rapport gegeven worden.

3. HISTORISCHE ONTWIKKELINGEN EN MATERIAALKEUZES

In 3.1 zal de ontwikkeling van de elektronika als zodanig beschouwd worden. De invloed van miniaturisering; integratie van functies; de overgang van draadcomponenten naar chipcomponenten; digitalisering, etc. heeft niet alleen invloed op de elektronika-onderdelen als zodanig, maar ook op de geometrie, vorm, inhoud van apparaten zoals de personal computer en de kleurentelevisie. In 3.2 en 3.3 zullen de kleurentelevisie respectievelijk de microcomputer (personal computer), als zodanig opgebouwd uit onderdelen, modulegewijs ontleed worden.

3.1 Elektronika

Elektrische schakelingen of systemen, opgebouwd uit elektronische bouw-elementen, maken gewenste processen en signaaloverdrachten mogelijk. Met name de revolutionaire ontwikkelingen op het gebied van elektronische bouw-elementen gaf de grote technologische sprong wat betreft toepassing van elektronika. De vooruitgang van de technische mogelijkheden van de bouw-elementen, gekoppeld aan de verkleining van hun afmetingen, alsmede de prijsdaling per functie, is de reden van de zeer sterke toename in de toepassing van elektronika.

De technologische sprong deed zich echter hoofdzakelijk in één sector van de bouw-elementen, de uit halfgeleiders vervaardigde produkten, zoals diodes en transistoren, voor, hetgeen uitmondde in de massale produktie van uit silicium gemaakte geïntegreerde schakelingen [4].

Het gevolg van deze ontwikkeling was, dat verschillende, reeds bestaande bouw-elementen, zoals bijvoorbeeld radiobuizen, geheel of gedeeltelijk werden verdrongen, terwijl de eigenschappen van vele andere bouw-elementen zoals weerstanden en condensatoren er sterk door beïnvloed werden [4]. De ontwikkelingen in de halfgeleidertechnologie bepaalden dus andere ontwikkelingen en materiaalkeuzes. Dit is de reden dat hierna meer op de desbetreffende technologische innovatie ingegaan wordt.

3.1.1 Miniaturisering

De miniaturisering wordt gezien als de grote drijfveer achter de sterke groei van elektronische toepassingen. Met name de verkleining van geïntegreerde schakelingen (chips) heeft voor de opzienbarende technologische innovaties gezorgd. De chip bestaat uit een klein stukje silicium, waarin een patroon van één of meer elektronische schakelingen is verwezenlijkt. Een elektronische schakeling bestaat uit een patroon van transistoren, weerstanden en condensatoren, dat een bepaalde functie uitvoert. Het streven is om de patronen, structuren van bouwelementen steeds verder te verfijnen, opdat meer schakelingen op een vierkante centimeter kunnen worden aangebracht. Naarmate er meer schakelingen op 1 cm² kunnen, daalt de prijs per schakeling.

In absolute zin daalt de hoeveelheid benodigd materiaal per printplaat (aantal functies). Dit komt mede doordat een groter aantal functies op één chip geconcentreerd wordt (zie 3.1.2). De verschuivingen in specifieke materialenkeuzes wordt nader beschouwd in 3.1.5 (zie verder bijlage I).

- Milieugevolg: afname benodigde hoeveelheid materiaal → grondstoffenbesparing; cq. afname van de toekomstig te verwerken hoeveelheid afval.

3.1.2 Integratie van functies

De miniaturisering gaat gepaard met verdergaande integratie van functies.

Sinds de uitvinding van de chip (1958) is het gelukt steeds meer componenten (transistoren, weerstanden, condensatoren) op één schijfje silicium te integreren.

Voortdurend wordt nagestreefd een nog grotere integratie van functies op één en dezelfde chip te verwezenlijken, teneinde steeds meer circuits op hetzelfde oppervlak te krijgen. Want hoe kleiner de functies, hoe korter de weg die signalen behoeven af te leggen, hoe sneller er signalen overgebracht en verwerkt kunnen worden (zie verder bijlage I).

- Milieugevolg: afname aantal printplaten (onderdelen), hetgeen vervanging van onderdelen en reparatie van apparaten tijdens gebruiksduur vergemakkelijkt. Bij afname van het aantal onderdelen wordt recycling in het afvalstadium vereenvoudigd.

3.1.3 Digitalisering

Chips (geïntegreerde schakelingen) worden onderscheiden in analoge en digitale chips. In analoge chips zijn elektronische schakelingen ondergebracht die worden aangetroffen in audio-, video- en ook telecommunicatie-apparatuur (bijvoorbeeld versterkers). In computers zitten alleen digitale chips. Omdat digitale chips economische voordelen hebben ten opzichte van analoge chips, verdringen de eerste de laatste. De audio-, video- en telecommunicatietechniek wordt digitaal.

Door digitalisering neemt veelal het aantal benodigde onderdelen af (zie verder bijlage I).

- Milieugevolg: afname aantal printplaten (onderdelen), hetgeen vervanging van onderdelen en reparatie van apparaten tijdens gebruiksduur vergemakkelijkt. Bij afname van het aantal onderdelen wordt recycling in het afvalstadium vereenvoudigd.

3.1.4 Verschuiving van draadcomponenten naar chipcomponenten

Weerstand, condensatoren, transistoren, diodes, IC's (geïntegreerde schakelingen) en andere functies worden op termijn chips ("blokjes"). Het voordeel daarvan is, dat ze allemaal aan dezelfde zijde op de printplaat bevestigd kunnen worden; er hoeft bijvoorbeeld niet meer door een plaat geboord te worden.

Daarom zullen draadcomponenten steeds meer vervangen gaan worden door chipcomponenten.

De voordelen van de oppervlakte-montagetechniek (grote montagedichtheid, lage assemblagekosten, kleine printplaten) zijn binnen bereik gekomen (zie verder bijlage I).

- Milieugevolg: Afname benodigde hoeveelheid materiaal → grondstoffenbesparing; cq. afname te verwerken hoeveelheid afval.

3.1.5 Trends

De miniaturisering; de integratie van functies; de overgang van analoge naar digitale chips en de verschuiving van draadcomponenten naar chip-componenten hebben bij een gelijk aantal functies in een apparaat tot gevolg:

- * De printplaten worden kleiner van omvang.
- * Het aantal printplaten c.q. elektronika-onderdelen, wordt kleiner.
- * De hoeveelheid verbindingsmateriaal (bijvoorbeeld koperbedrading) neemt af.
- * De hoeveelheid contactmateriaal (bijvoorbeeld lood-tin-soldeer) neemt af.
- * Het totale gewicht van het elektronikadeel neemt af.
- * Verschuiving van toegepaste metalen en andere materialen naar halfgeleidermaterialen (onder andere Si en Si-verbindingen), wat betreft elektronikacomponenten.

Bovengenoemde trends zullen deels afgezwakt worden indien per apparaat het aantal functies toeneemt, hetgeen heden ten dage vaak het geval is. Naar alle waarschijnlijkheid zullen afnames in gewicht, afmetingen en specifieke materialentoepassingen zich verzwakt doorzetten. Afhankelijk van de aard en de functie van het beschouwde apparaat zullen de aangewezen afnames significant zijn.

3.1.6 Materialen-/stoffentoepassingen

In hoeverre in de uiteindelijke afdankfase elektronika-onderdelen een milieuprobleem gaan vormen, is uiteraard afhankelijk van de wijze van afdanken, van de wijze waarop verouderde apparatuur zijn eindbestemming krijgt en van de recyclingmogelijkheden in het afvalstadium.

Uit een eerste recherche is gebleken dat er nagenoeg geen overzichts-literatuur bestaat, waarin aangegeven wordt welke materialen in welke elektronikacomponenten toegepast worden. De literatuur is zeer divers en er treden voortdurend veranderingen op in de materialentoepassingen voor

specifieke elektronikacomponenten (voor de oorzaken daarvan, zie 3.1.1 t/m 3.1.5).

Literatuurbron [34] geeft enigszins een totaalbeeld van toegepaste elementen in verscheidene componenten.

In tabel 3.1 worden voor een aantal elektronika-onderdelen de toegepaste grondstoffen (en eventueel ook toeslagstoffen) vermeld; de grondstoffen worden, voor zover noodzakelijk, onderverdeeld in verschillende typen.

Tabel 3.1 Grondstoffen voor de produktie van elektronika-onderdelen
[34]

Halfgeleiders	- Basismaterialen: Silicium, germanium, gallium-arsenide*, galliumfosfide (produktie van LED's). - Dopants: Boor, fosfor, arseen*, antimoon*, arseen hexafluoride*, aluminium, gallium, goud, beryllium, germanium, magnesium, silicium, tin en tellurium. - Geleidende en isolerende materialen: Silicium dioxide en silicium nitride (Si_3N_4). - Metalen: Aluminium, goud, chroom, tin, palladium, nikkel, titaan, koper* en platina.
Condensatoren	- Geleiders: Aluminium, tantaal, tin-lood*, tin, brons en koper (folies)*; aluminium, brons en koper* (platen), geplatteerd met zilver of nikkel/cadmium*. - Isolatoren: Keramische materialen (mengsels van barium titanaat, calcium titanaat, strontium titanaat en lood niobaat*); papier (geïmpregneerd met phenol-harsen*, gemetalliseerd met aluminium of zink*); glaswol (geïmpregneerd met silicium, melamine en epoxy harsen), kunststof films (polyester, polysulfon, teflon, polyimide, gemetalliseerd met aluminium of zink*); glas, mica (coating van zilveroxide). - Elektrolyten: Oplossing van <1% zwavelzuur, glycolen en zouten (lithiumchloride). - Aansluitdraden: Koper* en staal. - Inkapselende materialen: Staal, aluminium, epoxy, kunststof, glas, keramiek en brons.
Weerstand	- Weerstandselement: Metalen, metaallegeringen (nikkel-chroom, tinoxide-antimoon*), metaaloxiden, koolstof/grafiet, silicagel (kiezelaarde) en synthetische harsen. - Isolatoren: Glas, keramiek (aluminiumoxyde), glas-vezel en verschillende kunststoffen. - Contacten: Brons en fosforbrons. - Stroomdraden: Koper en aluminium. - Coatings: Glas, metaal, keramiek, silicium, vernis en enkele gepatenteerde materialen.

Tabel 3.1 Grondstoffen voor de produktie van elektronika-onderdelen [34] (vervolg)

Transformatoren en inductoren	- Transformatorkernen: IJzer, ijzerlegeringen (met nikkel, cobalt en silicium), ferrieten (combinaties van nikkel, zink* en ijzeroxiden of mangaan, zink* en ijzeroxiden of nikkel, koper*, zink* en ijzeroxiden). - Inductorkernen: IJzer, ijzerlegeringen, ferrieten, lucht en phenol*-componenten. - Materiaal voor de spoel: Koper*, aluminium (met toevoegingen van zilver, goud, nikkel en chroom). - Isolatoren: Nylon, polyvinylchloride, vernis op epoxybasis, glasvezel met siliconen behandeld. - Inkapselende materialen: Vernis, lak, was, epoxy-smelten, harsen en metalen.
Printplaten	- Glas, keramiek, kunststoffen, koper*, nikkel, goud, rhodium en tin/lood* (soldeer).
Elektronenbuizen	- Geleiders: materialen op koper*- en staalbasis (geplatteerd met koper*, nikkel, goud, aluminium, zilver en chroom). - Stroomdraden: Koper* en staal. - Inkapselende materialen: Glas, keramiek, metalen (b.v. staal). - Inerte gassen: Neon, argon en krypton. - Getters (zorgen voor adsorbtie van gasmoleculen en aldus voor een vacuüm): Thorium, titaan, cesium, zirconium, magnesium, calcium, natrium, fosfor, uraan, tantaal, hafnium, niobium, lanthaan en andere zeldzame aarden.
Kathodestraalbuizen	- Geleiders: Koper* en staal. - Stroomdraden: Koper* en nikkel. - Inkapselende materialen: Glas, keramiek, metalen (b.v. staal). - Masker: Staal (in een beeldbuis van een kleuren-televisie). - Fotogevoelig materiaal: Oplossingen van dichromaat, alcohol en diverse gepatenteerde bestanddelen. - Fosfor coatings: Fosfor met cadmiumsulfide*, zinksulfide*, yttriumoxide, europiumoxide, zink* en koper*. - Coatings: Lakken op tolueen-basis* en siliconen. - Grafiek coatings: Koolstofslurries en bindstoffen - Soldeer: Lood*.

* Deze elementen, stoffen worden genoemd in de lijst van prioritaire stoffen, gehanteerd door het Ministerie van VROM [48], zie bijlage II.

In een eerder uitgevoerd onderzoek, gerapporteerd in [1] zijn chemische elementenanalyses uitgevoerd. De resultaten zijn samengevat weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 Chemische analyse van elementen in elektronikacomponenten

Monsteromschrijving	Zware metalen				
	As (ppm) ¹⁾	Be (ppm) ¹⁾	Sb (ppm) ¹⁾	Cd (ppm) ¹⁾	Pb (ppm) ¹⁾
Weerstanden	<20	<1	<20	<1	3400
Keramische condensatoren	<20	<1	<20	18	27000*
Halfgeleiders groot	<20	<1	12.200*	14	2400
Halfgeleiders klein	<20	<1	9.000*	<1	5200*
Papier/polyester condensatoren	<20	<1	2.000*	<1	11600*
Elektrolytische condensatoren	180*	<1	<20	1,5	1100
Beeldbuispoeder	<20	<1	<20	12.400*	350
Grenzen gegeven in de W.C.A. ²⁾	50	50	50	50	5000

¹⁾ ppm = 1 mg/kg

²⁾ W.C.A. = Wet Chemische Afvalstoffen; deze grenzen zijn gegeven in het stoffen- en processenbesluit van de Wet Chemische Afvalstoffen (WCA).
 Produkten zijn in principe hiervan uitgezonderd.

* Gehaltes liggen boven de W.C.A.-grens

In het kader van een parallel lopend onderzoek ("Scheiding en recycling van non-ferrometaal/kunststofcombinaties: Karakterisering en recycling-processen" in opdracht van het ministerie van Economische Zaken) zijn printplatenfracties op herwinbare elementen geanalyseerd [18]. Door toepassing van de methodiek neutronenactivering is de mogelijkheid gebruikt om de gehalten van een veelheid aan elementen te bepalen. De beschrijving van de analytische methode en de resultaten zijn gegeven in bijlage III.

Daarnaast zijn in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) de gehalten aan arseen, antimoon, cadmium, beryllium, kwik, koper, lood, zink, chroom (VI),

chloride en fluoride bepaald van printplatenmengsels en beeldbuispoeder (luminescerende laag) van kleurentelevisies. Deze elementen zijn in samenspraak met de opdrachtgever gekozen op basis van de gegeven prioritaire stoffenlijst, gehanteerd door VROM, zie bijlage II. In bijlage II wordt nader ingegaan op de relaties tussen de prioritaire stoffenlijst; de zware lijst en de Wet Chemische Afvalstoffen. De resultaten zijn samengevat weergegeven in tabel 3.3. De toegepaste analysemethoden zijn samengevat weergegeven in bijlage IV.

Tabel 3.3 Analyses van elementen in printplatenfracties en beeldbuispoeder (luminescerende laag)

	Printplatenfracties				Beeldbuispoeder	
	Tvoud ¹⁾	Tvnieuw ²⁾	Pcoud ³⁾	Pcnieuw ⁴⁾	Tvoud ¹⁾	Tvnieuw ²⁾
As (ppm) *	131	112	56	74	124	52
Sb (ppm) *	3300	2600	2500	3000	<15	<15
Cd (ppm) *	256	230	175	540	100	18200
Be (ppm) *	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Hg (ppm) *	22	24	24	20	<5	<5
Cu (%)	5,4	4,8	13,2	3,8	130 ppm	<25 ppm
Pb (%)	1,80	1,32	2,16	2,32	<100 ppm	<100 ppm
Zn (%)	1,80	1,66	1,23	1,75	30,0	35,0
Cr(VI) (ppm) *	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cl (%)	0,92	1,14	1,36	1,30		
F (%)	0,04	0,02	0,05	0,04		

1) relatief oude tv

2) relatief nieuwe tv

3) relatief oude pc

4) relatief nieuwe pc

* 1 ppm = 1 mg/kg

De volgende opvallende resultaten zijn uit de tabellen 3.1 t/m 3.3 en bijlage III af te leiden (mede gelet op de lijst prioritaire stoffen; bijlage II):

* Arseen, antimoon, cadmium, chroom, koper, lood en zink, al dan niet metallisch, worden in niet verwaarloosbare hoeveelheden toegepast.

* De halogenen chloor, fluor, broom, al dan niet organisch gebonden, worden in niet verwaarloosbare hoeveelheden toegepast.

* Fenolverbindingen worden toegepast.

- Milieugevolg: de printplaten, dus indirect de tv en pc, bevatten belangrijke hoeveelheden zware metalen en halogenen; een niet afdoende afvalverwerking kan milieubelasting tot gevolg hebben, bijvoorbeeld:
 - * ongecontroleerd storten; reële kans op uitlogen van zware metalen,
 - * verbranding; reële kans op het ontstaan van dioxines en benzofuranen.

3.2 Kleurentelevisie

Wanneer tegenwoordig een normale huiskamertelevisie opengemaakt wordt, dan kan geconstateerd worden, dat in het binnenste aanzienlijk minder onderdelen dan bij oudere exemplaren te zien zijn. De beeldbuis blijft het grootste onderdeel, maar de printplaten bevatten al relatief veel kleine, zwarte blokjes (chips) met micro-elektronika, de geïntegreerde schakelingen (IC's).

De onderdelen in elektronische apparaten, zoals een kleurentelevisie, zijn te verdelen in deels de volgende hoofdgroepen [16]:

- . Actieve componenten, waarin de schakel- of koppelingsactiviteit plaatsvindt. Deze groep, waarin de schakel-, reken- en geheugenchips zitten, naast bijvoorbeeld de beeldbuis, spanningsregeling en componenten om spanning en stroom gelijk te richten, is de meest belangrijke groep van het apparaat.
- . Passieve componenten, zoals metertjes, aanwijsschalen, weerstanden, condensatoren, spoelen, transformatoren en instelpotentiometers, nodig om actieve componenten goed te laten functioneren.
- . Dragersistemen; alle onderdelen van een systeem worden bij elkaar gehouden op meestal bedradingskaarten (printplaten) die op hun beurt weer in een chassis schuiven.
- . Verbindingsmateriaal; het zenuwstelsel van een elektronisch systeem vormen de verbindingen, de kabels tussen de verschillende onderdelen, de voetjes waarop chips bevestigd zijn, de stekerverbindingen en de kabels naar randapparatuur.

In het vervolg zal de kleurentelevisie als een in modules opgebouwd apparaat beschouwd worden.

3.2.1 Samenstellingsanalyses

In een drietal onderzoeken heeft TNO praktische analyses aan kleuren-televisies uitgevoerd. In chronologische volgorde zullen de resultaten gegeven worden.

Literatuurbron [17] geeft de samenstelling, zoals herhaald in bijlage V.

In een tweede onderzoek zijn meerdere willekeurige kleurentelevisies geanalyseerd. De resultaten zijn gegeven in de bijlagen VI en VII [1].

In bijlage VIII zijn verdelingen gegeven, die als onderzoeksresultaten gepresenteerd zijn in literatuurbron [18].

Een daarvan afgeleide vereenvoudigde, globale, verdeling van een "gemiddelde" tv is gegeven in tabel 3.4.

Tabel 3.4 Gewichtsverdeling van een kleurentelevisie [18]

		Kleurentelevisie
		(gew.%)
a. Beeldbuis, inclusief afbuigspoel		61,0%
b. Omkasting;	≡ hout	17,5%
	≡ kunststof	4,8%
c. Dragermaterialen:		
. kunststoffen		1,4%
. metalen:	≡ Fe	1,4%
	≡ Al	1,2%
d. Elektronika, exclusief printplaten:		
luidsprekers, bedrading, aansluit-		
materiaal, transformatoren, motoren,		
spoelen:	≡ Fe	0,7%
	≡ Cu	0,6%
	≡ kunststoffen	0,6%
e. Printplaten		10,7%

De in tabel 3.4 aangegeven groepen, a. t/m e., worden hierna beschreven, wat betreft materialentoepassingen.

- Milieugevolg: Uit de gewichtsverdeling van een kleurentelevisie en de totale hoeveelheid vrijkomende tv's per jaar is af te leiden in welke mate bepaalde materialen per jaar vrijkomen, en waarop een eventuele recycling zich met name zou kunnen richten. Bovendien zijn dan de totale jaarlijks vrijkomende hoeveelheden toxische stoffen in te schatten.

3.2.2 Beeldbuis

De beeldbuis, inclusief afbuigspoel, is wat betreft gewicht door de jaren heen niet veel lichter geworden. De beeldbuis met een diameter van 66 cm (de meest gekochte tv) weegt ca. 20 tot 23 kg.

Daar de overige modules ("onderdelengroepen") in gewicht afnemen, neemt het relatieve gewicht van de beeldbuis toe. Het gewichtsaandeel is de afgelopen tijd gestegen van ca. 45% tot ca. 65%.

De beeldbuis bestaat niet volledig uit glas, maar bevat ook nog metalen, zoals het raster.

In tabel 3.5 wordt aangegeven hoe een beeldbuis, inclusief afbuigspoel opgebouwd is.

Tabel 3.5 Materialenverdeling beeldbuis

	Gewichtsverdeling (%)
Afbuigspoel : Cu	1,1
kunststoffen	2,6
Elektronenkanon	0,2
Glazen voorplaat	48,9
Konische glaswand	32,6
Raster (Fe)	7,5
Rasterkap (Fe)	1,3
Ophangrand (Fe)	5,8

De binnenzijde van de beeldbuis bevat een luminescerende laag. Bij kleurentoestellen bevat deze laag Cd [1].

≡ Rood : ZnS/CdS (85% CdS)

≡ Groen : ZnS/CdS (32% CdS), geactiveerd met Ag

≡ Blauw : ZnS, geactiveerd met Ag.

De laag van een onderzochte beeldbuis van een Zanussi kleurentelevisie bevatte 52 mg Cd (12.400 ppm) [1].

77 mg Cd is gevonden in de laag van de beeldbuis van een REX (1986) kleurentelevisie. Dit resultaat is mede afgeleid uit de gegevens van tabel 3.3. Volgens mededelingen van Philips zijn er in het verleden TV's gebouwd, waarvan de desbetreffende laag maximaal 2000 mg Cd bevatte [19].

De oudere tv (Graetz) bevat relatief weinig Cd (0,25 mg), hetgeen overeenkomt met de gegevens uit [17].

Bij de oudere kleurentoestellen werd vroeger gebruikt:

≡ voor rood : $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, geactiveerd met Mn

≡ voor groen : ZnSiO_3 , geactiveerd met Mn

≡ voor blauw : ZnS, geactiveerd met Ag.

- Milieugevolg: Volgens de analyse bevat de luminescerende laag in nieuwere beeldbuizen, meer Cd en Zn. Potentieel beschouwd dragen deze buizen in het afvalstadium meer bij aan de verspreiding van prioritaire stoffen.

3.2.3 Omkasting

Oudere en nu veelal nog de grotere toestellen hebben een omkasting van hout (boven- en onderzijde en de 2 zijkanten). Veelal spaan- of meubelplaat met een zwarte verflaag. De achterzijde bestaat meestal uit slagvast polystyreen. In tabel 3.8 is aangegeven uit welke polymeer de achterzijde van enkele kleurentelevisies bestaat. Dit zijn geschatte materiaalsamenstellingen van een deskundige van het Centrum van Polymere Materialen van TNO [18].

Tabel 3.6 Bepaling van de soort polymeer waaruit kunststof onderdelen bestaan

Merk kleurentelevisie	Soort polymeer
Graetz ; achterzijde onderdelen	slagvast PS slagvast PS
Expert ; achterzijde onderdelen	slagvast PS ABS
REX 26 RT 435 ; front achterzijde onderdelen	ABS slagvast PS polyamide
Rex 26 RT 418 ; front achterzijde	ABS PPO (geschuimd)
Barco-Gaguin ; achterzijde	slagvast PS

Kleinere tv's hebben geen houten, maar een kunststof omkasting. Er wordt veelal gebruik gemaakt van ABS (acrylonitrilbutadiëenstyreen), PS (polystyreen) en PPO (polypropyleenoxide).

Voor "luke" apparatuur wordt vaak geschuimd PPO (Noryl) toegepast. In Europa worden over het algemeen geen toxische vlamvertragende stoffen (veelal halogeen bevattende verbindingen) in de omkastingen toegepast [15].

- Milieugevolg: Door de substitutie van metalen en hout door kunststoffen wordt veelal een gewichtsvermindering bereikt. Doordat echter kunststoffen veelal toeslagstoffen (brandvertragers [56], pigmenten, anti-oxydanten, UV-stabilisatoren, etc.) bevatten, die toxische verbindingen kunnen vormen, dient in de afvalverwerking daarmee rekening te worden gehouden.

3.2.4 Frame- en dragermaterialen

Specifieke onderdelen worden met frame- of specifieke dragerconstructies verbonden. Deze onderdelen bestaan meestal uit ferro, aluminium of

kunststoffen. Kunststof "drager"-onderdelen bestaan veelal uit slagvast PS of polyamide, zie tabel 3.6.

Indien printplaten beschermd dienen te worden tegen elektromagnetische straling, zoals in een televisie, krijgen deze onderdelen een metalen omkasting (ferro). Daarnaast kan om de stralingsbron een metalen omkasting aangebracht zijn.

3.2.5 Elektronika, exclusief printplaten

Zoals in tabel 3.4 aangegeven is, bestaan luidsprekers, bedrading, aansluitmateriaal, transformatoren, motoren, spoelen, etc. voor een belangrijk deel uit ferro, koper en kunststoffen.

De kunststoffenfractie is vooral de kabelommanteling. De kabelmantels bestaan meestal uit PVC (polyvinylchloride). Daarnaast worden polyamiden en soms ook Teflon (polytetrafluoretheen) toegepast [15].

De polymeerkeuze is mede afhankelijk van de functie van de kabel.

3.2.6 Printplaten

Bij de technologische ontwikkeling en verbetering van de kleurentelevisie is ook duidelijk die van de elektronika te zien.

De vervanging van elektronenbuizen door transistoren, van transistoren door geïntegreerde schakelingen, is ook binnen de kleuren-tv duidelijk zichtbaar.

De trends, in 3.1.5 aangegeven, gelden ook voor dit apparaat. De overgang van analoge naar digitale chips is reeds met een voorbeeld in bijlage I geïllustreerd. Bij een gelijkblijvend aantal functies per kleuren-tv zal het aantal onderdelen afnemen.

Bij drie vergelijkbare tv's (Expert 6833, REX 25 RT 435, REX 26 RT 418) was tijdens de praktische analyses duidelijk zichtbaar dat het aantal en de grootte van de printplaten met de stijging van het bouwjaar afnam, hetgeen ook duidelijk in een gewichtsafname resulteert; zie bijlage VIII [18].

Voor de printplaten wordt gebruik gemaakt van fenolharsen en thermoplasten (PEI, polyetherimide, en PES, polyethersulfon). Analyses van de printplaten, inclusief bouwelementen, geven aan dat deze onderdelen zowel zware metalen (metalloïden) als halogenen bevatten; zie tabellen 3.1 t/m 3.3 en bijlage III:

- . Metalen/metalloïden; relatief hoge gehalten van antimoon, arseen, cadmium, lood, koper, zink, tin.
- . Halogenen; relatief hoge gehalten van chloor, broom, fluor.

De kwantitatieve analyses zijn verder reeds in 3.1 nader beschouwd.

- Milieugevolg: De relatieve gewichtafname van het printplatenaandeel gaat gepaard met een relatieve toename van mogelijkerwijs zware metalen en halogenen per gewichtshoeveelheid printplaten. Dit kan gevolgen hebben voor de afvalfase.

3.2.7 Resumé

Voor de kleurentelevisie zijn wat betreft onderdelen/materialen de volgende aspecten/trends te onderkennen:

- . Het totale gewicht van de tv neemt af.
- . Het gewicht van de beeldbuis blijft nagenoeg constant, hetgeen inhoudt dat het relatieve gewicht toeneemt.
- . Het gewicht van de overige "modules" neemt door miniaturisering en materialensubstitutie (bijvoorbeeld metalen door lichtere kunststoffen) af.
- . Bij een gelijkblijvend aantal functies neemt door integratie het aantal onderdelen af. Dit aantal neemt bovendien af bij digitalisering van elektronische functies.
- . De luminescerende laag in beeldbuizen bevat belangrijke hoeveelheden ZnS en CdS.
- . Fe, Al, Cu, Pb, Zn, Sn, Cr, Ni zijn qua omvang belangrijke toegepaste metalen.
- . De kunststof omkastingen bevatten naar alle waarschijnlijkheid geen vlamvertragende additieven.
- . Slagvast PS en PVC zijn kunststoffen die in belangrijke mate toegepast worden, respectievelijk voor omkastingen en bedrading.

. De printplatenfractie bevat relatief hoge gehaltenes Sb, As, Cd, Pb, Cr, Zn, Sn, Cl, Br, F.

Geconcludeerd kan worden dat de kleuren-tv belangrijke hoeveelheden zware metalen en halogenen bevat. Tijdens de afvalverwerking dient daar terdege rekening mee gehouden te worden.

3.3 Microcomputer (personal computer)

Een microcomputer is een computersysteem waarvan de verwerkingseenheid uit een microprocessor bestaat. Een standaard microcomputer omvat een microprocessor, een geheugen en in- en uitvoerfaciliteiten. Een personal computer (de term is geïntroduceerd door IBM) is een computer voor persoonlijk gebruik, meestal een microcomputer.

Twee belangrijkste soorten toegepaste digitale chips zijn microprocessor- en geheugenchips. De laatste slaan informatie op; microprocessoren bewerken informatie. Een processorchip is programmeerbaar. In samenwerking met andere chips zorgt de microprocessor voor de besturing van een microcomputer. Het is het hart van het apparaat.

In overleg met de opdrachtgever is besloten de hoofdaandacht te vestigen op de microprocessor als centrale eenheid van de microcomputer, inclusief randapparatuur. Dit houdt in dat het toetsenbord, de printer, het beeldscherm en de benodigde informatiedragers (floppy's, hard discs) niet als producten nader beschouwd zullen worden. Soms wordt er een uitzondering gemaakt voor het beeldscherm (de monitor), indien dit apparaat vast op de computer bevestigd is (zie 3.3.2). Deze uitzondering is ondermeer gebaseerd op de gelijkenis van de beeldbuis met die van de kleuren-tv.

3.3.1 De stormachtige ontwikkeling

Begin 1970 kwamen de eerste microcomputers op de markt met geheugens van 1024 bits op één enkele chip (één bit is de kleinste informatieverwerkende eenheid; het kan 2 waarden aannemen: nul of één). Nu ontwikkelt men reeds 1 megabit-, 4 megabit- en 16 megabit chips voor latere toepas-

singen in microcomputers.

Een dergelijke geheugencapaciteit zou met elektronenbuizen uit het begin van de jaren vijftig acht miljoen buizen hebben geveerd, op een oppervlak van 80.000 m² en een energieverbruik van ca. 80 MW [14].

Miniaturisering van de elektronische componenten is volgens Peled de belangrijkste stuwende kracht achter de computerrevolutie [27]. Als gevolg daarvan zijn de afgelopen dertig jaar de rekenkosten jaarlijks met twintig tot dertig procent afgenomen, wat toepassingen op steeds meer terreinen betaalbaar maakt.

Een "personal computer" voerde op het moment van de marktintroductie, begin jaren zeventig, zo'n vijftigduizend instructies per seconde uit. Momenteel (1987-1988) ligt dat op ca. 1 miljoen. Zie verder bijlage IX.

3.3.2 Samenstellingsanalyses

In bijlage X is een samenstellingsanalyse gegeven van een willekeurige computer, als onderzoeksresultaat gepresenteerd in [1]. Daarnaast zijn in bijlage XI verdelingen gegeven volgens literatuurbron [18].

De daarvan afgeleide vereenvoudigde verdeling van een "gemiddelde" microcomputer is gegeven in tabel 3.7.

Tabel 3.7 Gewichtsverdeling van een microcomputer [18]

	Computer	
	(gew.%)	
a. Beeldbuis, inclusief afbuigspoel	19,3	
b. Omkasting;	≡ Fe	14,8
	≡ kunststof	27,3
c. Dragermaterialen:		
. kunststoffen	-	
. metalen:	≡ Fe	6,6
	≡ Al	6,2
d. Elektronika, exclusief printplaten:		
luidsprekers, bedrading, aansluit-		
materiaal, transformatoren, motoren,		
spoelen:	≡ Fe	5,1
	≡ Cu	5,2
	≡ kunststoffen	2,2
e. Printplaten	13,5	

De kleurenbeeldbuis van de kleurentelevisie is in 3.2 uitvoerig geanalyseerd en verder is in 4.2 (Toekomstige ontwikkelingen) nader aandacht besteed aan de ontwikkeling van beeldbuizen. In dit hoofdstuk wordt niet verder op de samenstelling van de monitor ingegaan.

De omkasting is van ferro (plaatmateriaal) of kunststof. De kunststof omkastingen zijn bijvoorbeeld vervaardigd van ABS (met name de fronten), slagvast PS (met name de achterwanden) of PC (polycarbonaat) [15].

In tabel 3.8 is aangegeven uit welke polymeren de omkastingen van enkele gesloopte personal computers bestaan. Dit zijn geschatte materiaalsamenstellingen van een deskundige van het Centrum voor Polymere Materialen van TNO [18]. Oudere computers kennen nog PPO-behuizingen.

Tabel 3.8 Bepaling van de soort polymeer waaruit kunststof behuizingen bestaan

Merk personal computer	Soort polymeer
Commodore PC 1 ; modum monitor toetsenbord	slagvast PS ABS ABS
Tulipe Extend ; modum monitor	thermoharder slagvast PS
Commodore 4032 ; modum monitor	PPO (geschuimd) PPO (geschuimd)

Voor een groot deel is het gebruik van vlamvertragende stoffen in kunststoffen "voorgeschreven" door internationale standaardisatie-organisaties, zoals de International Council en verenigingen van verzekeringsmaatschappijen [15]. Met name polybroomverbindingen (decabroombifenyyl, hexabroomcyclododecaan, deca-, octa- en pentabroomdifenyloxyde en tetra-broombifenol-A) worden veelvuldig toegepast [56].

Om de omgeving of het apparaat te beschermen tegen straling worden de kunststof omkastingen (of eventueel andere onderdelen) voorzien van een metaalcoating ("conductive paint") van bijvoorbeeld Cu of Ni.

Voor frame- en dragermaterialen geldt hetgeen beschreven is in 3.2.4; voor elektronika, exclusief printplaten geldt hetzelfde als verwoord in 3.2.5.

Voor de printplaten wordt onder andere gebruik gemaakt van fenol-formaldehyde laminaten en de thermoplasten PPS (polyphenyleensulfide), PES (polyethersulfon) en PEI (polyetherimide) [15]. De onderzoeksresultaten, gegeven in de tabellen 3.2 t/m 3.3 en bijlage III geven aan dat de printplaten, inclusief elektronika-elementen metalen/metalloiden en halogenen bevatten.

De kwantitatieve analyses zijn reeds in 3.1 nader beschouwd.

- Milieugevolg: Dezelfde opmerkingen die gemaakt zijn in 3.2.2, 3.2.3 en 3.2.6 voor tv's gelden in principe ook voor pc's. Speciaal dient opgemerkt te worden dat, vanwege de toegepaste polybroomverbindingen als vlamvertragers in kunststoffen, bij de afvalverbranding toxische gasen, zoals chloordioxinen, chloorbenzofuranen, broomdioxinen en broombenzofuranen kunnen ontstaan.

3.3.3. Resumé

Voor de microcomputer zijn wat betreft onderdelen/materialen de volgende aspecten/trends te onderkennen:

- . Het totaalgewicht van de microcomputer neemt door miniaturisering en materialensubstitutie (bijvoorbeeld metalen door kunststoffen en kunststoffen door lichtere soorten) af.
- . Bij een gelijkblijvend aantal functies neemt door integratie het aantal onderdelen af, met name het aantal elektronische onderdelen.
- . Het hart van de microcomputer, de microprocessor, wordt steeds krachtiger en sneller en drukt daardoor grotere computers uit de markt.
- . De kunststof omkastingen worden steeds meer van slagvast PS en metalen omkastingen worden gesubstitueerd door kunststof omkastingen, voorzien van een "conductive paint" met Cu of Ni als bescherming tegen straling.
- . Kunststof omkastingen bevatten veelal vlamvertragende additieven, vaak polybroomverbindingen.
- . Printplaten kunnen vervaardigd zijn van fenol-formaldehyde laminaten.
- . De printplatenfractie bevat relatief hoge gehalten Sb, As, Cd, Pb, Cu, Zn, Sn, Cl, Br, F.

Geconcludeerd kan worden dat de microcomputer belangrijke hoeveelheden zware metalen en halogenen bevat. Tijdens de afvalverwerking dient daar terdege rekening mee gehouden te worden.

4. TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN

Na de historische ontwikkelingen en de huidige stand van zaken (zie hoofdstuk 3) zal in dit hoofdstuk nader aandacht besteed worden aan eventuele toekomstige ontwikkelingen. Daarbij is voor dezelfde opzet gekozen; achtereenvolgens: elektronika (4.1), kleurentelevisie (4.2), microcomputer (4.3).

4.1 Elektronika

De snelle technologische ontwikkelingen wat betreft bouwelementen zullen zich doorzetten. De halfgeleidertechnologie is nog niet op de fysische grenzen gestuit.

In de hierna volgende paragrafen zal voor een deel op deze ontwikkelingen ingegaan worden.

4.1.1 Miniaturisering en integratie van functies

De verkleining van de patronen op de chips en daarop volgend het verdergaand integreren van vele functies op één chip zal zich onverminderd voortzetten (zie verder bijlage XII).

Tot nu toe werd de miniaturisering en integratie bereikt in het platte vlak (2 dimensies). Voor de toekomst zal echter het oog gericht zijn op de derde dimensie.

Men schat dat dezelfde schakeling slechts een honderdste van het oorspronkelijke oppervlak nodig heeft [13]. Er zijn nu nog wel technologische beperkingen zoals opbrengst en warmte-afvoer. De driedimensionale schakeling (3D-IC) bestaat uit een aantal op elkaar gestapelde componenten, die telkens een halfgeleiderlaag bevatten. Op elk niveau is sprake van een oorspronkelijke tweedimensionale-IC.

De lagen die componenten bevatten, worden door isolerende tussenlagen van elkaar gescheiden.

- Milieugevolg: Verdere afname benodigde hoeveelheid materiaal en aantal onderdelen. Gevolgen zijn:

- * Verdere vermindering van de toekomstig te verwerken hoeveelheid afval.
- * Versimpeling van de vervanging van onderdelen, c.q. reparatie.
- * Recycling in afvalstadium komt dichterbij bij afname aantal onderdelen.

4.1.2 Veranderingen in uiterlijk en bevestiging van chips

In 3.1.4 is reeds aangegeven dat er een verschuiving zal plaatsvinden van draadcomponenten naar chipcomponenten. Chips worden bijvoorbeeld op printplaten gelijmd en van de draadcomponenten worden de draaduiteinden met de voorgedrukte bedrading verbonden.

Texas Instruments wil zogenaamde flip chips introduceren: Chips op een silicium substraat worden met andere gelijksoortige chips in een behuizing ondergebracht. Een groot aantal onderlinge verbindingen wordt binnen de behuizing gerealiseerd. De bedrading van de conventionele print verdwijnt daarmee. Deze component zal zijn terug te vinden in een andere component die volgens de "surface mounting technology" weer ergens op wordt gemonteerd. Door toepassing van deze technologie wordt het benodigde oppervlak weer met zo'n vijftig procent verminderd.

Een driedimensionaal geassembleerde eenheid bezit grote voordelen. Niet alleen de afmetingen zullen minimaal zijn en daarmee de onderlinge verbindingen, maar door het directe metaal-op-metaal contact kan de warmteafvoer ook worden verbeterd. Er ontstaan hermetisch gesloten systemen, die direct kunnen worden gekoeld [14].

- Milieugevolg: Verdere afname benodigde hoeveelheid materiaal, dus grondstoffenbesparing, en daardoor afname van de toekomstige hoeveelheid afval.

4.1.3 Materialentoepassingen

Silicium is altijd het belangrijkste materiaal in de halfgeleidertechnologie geweest. Niettemin heeft galliumarsenide (GaAs) opgang gemaakt. In dit materiaal bewegen elektronen zes maal sneller dan in silicium. Maar

een GaAs-transistor, geïntegreerd in een chip, is ongeveer veertig keer duurder dan een vergelijkbare silicium transistor. Echter als transistors kleiner worden, gaan andere materiaaleigenschappen een rol spelen, zoals de warmte-afvoer bij praktische werking, hetgeen bij fijnere structuren een steeds belangrijkere rol gaat spelen.

De thermische geleidbaarheid van Si is 3 maal die van GaAs, hetgeen tot gevolg kan hebben dat de "hele kleine" Si-structuren even snel schakelen als de zogenaamde "snellere" materialen [5].

Nadelen van GaAs zijn:

- . Het is een bros materiaal, dus moeilijker in massaproductie te behandelen.
- . Het is moeilijker GaAs met de vereiste zuiverheid te maken dan Si.
- . De integratiedichtheid van GaAs-chips ligt nog ver van die van Si-chips verwijderd.

Mede daarom zal Si naar alle waarschijnlijkheid tot ver in de 21e eeuw het belangrijkste halfgeleidermateriaal blijven. Meer waarschijnlijk is dat in 3D-structuren GaAs-componenten (voor specifieke functies) gecombineerd worden met siliciumlagen.

Polysilicium is een isolator, maar wordt geleidend met een weerstand als het gedoteerd wordt met elementen, zoals borium, iridium, arseen, antimoon, fosfor (elementen uit de III-V-kolommen van het periodiek systeem).

Koper zal nog enige tijd toegepast worden voor de gedrukte bedrading en lood en tin voor de soldeer, waarin antimoon en cadmium als verontreinigingen voorkomen.

Voor de printplaten worden recent PPS (polyphenyleensulfide), PES (polyethersulfon) en PEI (polyetherimide) toegepast [15].

Om de toepassingen van met name prioritaire stoffen (onder andere zware metalen en halogeenverbindingen, zie bijlage II) te kunnen blijven volgen, zullen periodiek chemische analyses van elektronikafracties en met name printplaten uitgevoerd dienen te worden.

Een aantal trends (bij een gelijkblijvend aantal functies), reeds opgesomd in 3.1, zetten door:

- . Het totale gewicht van het elektronikadeel neemt af.

- . Het aantal printplaten neemt af.
 - . De printplaten worden kleiner.
 - . De hoeveelheid toegepast koper neemt af.
 - . De hoeveelheden toegepast lood en tin nemen af.
- Milieugevolg: De toegepaste zware metalen en halogeenverbindingen kunnen een belasting geven in het afvalstadium, waarbij deze mede afhangt van de aard van de gekozen afvalverwerkingsmethode. Periodieke analyses naar de toekomst toe zullen aantonen of de technologische ontwikkelingen gepaard gaan met de keuze voor geringere hoeveelheden potentieel milieubelastende verbindingen, bijvoorbeeld voor Si in plaats van GaAs.

4.2 Kleurentelevisie

Evenals in 3.2 zal de kleurentelevisie als elektronisch apparaat, opgebouwd uit modules, gezien worden. De beeldbuis, omkasting en elektronika zullen technologische ontwikkelingen doormaken, hetgeen gevolgen heeft voor het totale gewicht van het apparaat en de aard van de samenstellende materialen. Daarnaast zal aandacht besteed worden aan de aanstaande introductie van HDTV (High Definition TeleVision).

4.2.1 Beeldbuis

Door de vorm van de elektronenstraalbuis neemt de tv een behoorlijke hoeveelheid plaats in. Mede daarom streeft men naar platte beeldschermen. Echter op punten als helderheid, contrast en resolutie (oplossend vermogen) schoten tot voor kort deze schermen tekort. Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van andere technieken dan de elektronenstraalbuis [21]:

- * LCD (liquid crystal display)-scherm. Dit scherm bestaat uit een doorzichtige glasplaat, een filter dat licht polariseert, het eigenlijke vloeibare kristal (organische stoffen met langgerekte moleculen), weer een lichtpolarisatiefilter en een spiegelende achterplaat.
- * Plasma-scherm. Het werkt volgens hetzelfde principe als neonbuizen.

* Het elektroluminescentiescherm (EL); daarbij wordt het licht uitgezonden door halfgeleiders.

Van de 3 genoemde technieken wordt LCD het meest onderzocht en krijgt daarom meer aandacht, zie bijlage XIII.

Het grote voordeel van de toepassing van LCD-schermen is het relatief lage energieverbruik.

Voordat echter LCD-schermen geïntroduceerd zullen worden, zal de huidige beeldbuis qua vorm ook aangepast worden. Al enige jaren zijn de zogenaamde "flat square"-buizen op de markt (hetgeen inhoudt dat de beeldbuizen een platte voorzijde hebben). Met deze "flat square"-buizen wordt een brug geslagen naar de in ontwikkeling zijnde "high definition television" (HDTV); zie 4.2.4.

Voor HDTV worden grotere, plattere (diepte ca. 7 cm) beeldbuizen ontwikkeld.

Een potentieel milieutoxisch probleem vormt de luminescerende laag aan de binnenzijde van de beeldbuis. Deze laag bevat luminoforen, atomen of moleculen, die na aangeslagen te zijn, bij terugkeer naar de grondtoestand licht uitzenden. De meeste luminoforen zijn echter anorganische kristallijne verbindingen, die in het kristalrooster "vreemde" metaal-atomen ingebouwd hebben: De activatoren, die de luminescerende straling bepalen. Deze laag bevat tot op heden veelal cadmium- en zinkverbindingen; zie 3.3.2 en tabel 3.3.

Er wordt veel onderzoek verricht aan luminoforen met één der zeldzame aarden als activator. Bijvoorbeeld yttrium als "gastrooster" met europiumoxide gedoped, zendt als het wordt blootgesteld aan een elektronenbombardement een rode kleur uit.

Diverse elektronikafabrikanten zijn, zoals reeds aangegeven, naarstig op zoek naar een plat tv-scherm, in plaats van de gebruikelijke tv-buis. Een technologie die daarbij zou kunnen worden gebruikt is de "thin-film electroluminescence" (TFEL), de emissie van gekleurd licht door een luminofoor die wordt aangeslagen door een elektrisch veld, in plaats van door een elektronenbombardement. Er wordt gezocht naar lanthanide-ionen

of -verbindingen die in de actieve laag (vaak een sulfide) kunnen worden ingebouwd. Voorbeelden zijn terbium, europium en cerium in $\text{TbF}_3\text{:ZnS}$ (groen), Eu-doping (rood) en Ce:SrS (blauw). Tussen de elektrodes en de fosforen komt een diëlektrische laag, waarbij ook lanthaniden zijn betrokken: yttria (yttrium-oxide, Y_2O_3) en samaria (samarium-oxide Sm_2O_3) [23].

- Milieugevolg: Door de introductie van LCD-schermen wordt het energieverbruik van de tv verder teruggedrongen. Daarnaast biedt deze nieuwe techniek mogelijkheden om de toegepaste cadmium- en zinkverbindingen in de luminescerende laag te substitueren door minder milieubelastende verbindingen.

4.2.2 Omkastingen

De houten en metalen omkastingen zullen naar alle waarschijnlijkheid gesubstitueerd worden door kunststof omkastingen. Metalen (aluminium) zijn, behalve eventuele sierstrips, reeds gesubstitueerd. Voor de zwaardere kleurentelevisies blijft hout (spaanplaat, meubelplaat) een geliefkoosd goedkoop constructiemateriaal. De grote constructievoordelen van kunststof, waarbij willekeurige vormen in één keer gegoten kunnen worden, gaan een steeds belangrijkere rol spelen. Omkasting, frame, drageronderdelen, worden indien van dezelfde kunststof, steeds meer samengevoegd. Dit heeft tot gevolg dat het aantal onderdelen afneemt. Behuizing en dragerconstructie gaan in elkaar over, zodat printplaten als het ware aan de omkasting bevestigd worden. Binnen de mogelijkheden van toe te passen kunststoffen zijn ook verschuivingen merkbaar (zie onder andere tabel 3.6); van ABS naar slagvast polystyreen. Daarnaast voorspelt een deskundige van het Centrum voor Polymere Materialen van TNO dat op termijn slagvast polystyreen uit kostenoverwegingen vervangen zal worden door het goedkopere polypropyleen.

- Milieugevolg: Afname van het aantal onderdelen en verdergaande toepassing van één of enkele thermoplast(en), dus ook afname van het aantal soorten kunststoffen, brengt de recyclingmogelijkheden ervan dichterbij.

4.2.3 Elektronikafractie

Uit 3.1; 3.2 en de bijlagen VI t/m VIII is af te leiden, dat het gewicht, c.q. het aantal printplaten in de kleurentelevisie afneemt. Bijvoorbeeld in bijlage VIII is dat duidelijk te zien van 3 vergelijkbare televisies:

- . Expert 6833 (bouwjaar 1984) : 21 printplaten.
- . Rex 26 RT 435 (bouwjaar 1985) : 16 printplaten.
- . Rex 26 RT 418 (bouwjaar 1986) : 11 printplaten.

Zoals reeds in 3.1 aangegeven, zal vanwege miniaturisering, integratie van functies en digitalisering, deze afname nog verder doorzetten. De digitale chips worden momenteel in de consumentenelektronika geïntroduceerd; men voegt geheugenfuncties aan de bestaande audio-/video-apparatuur toe.

Met digitale technieken en toepassing van grote geheugenchips, waarin beelden tijdelijk kunnen worden opgeslagen, kan "gemanipuleerd" worden met ontvangen tv-beelden en kan de weergave ervan sterk verbeterd worden. Nu trilt het beeld nog, maar met een zeer verfijnde megachip is dat verleden tijd. Zoals de rekenmachine een pocket calculator ter grootte van een visitekaartje geworden is, streven de elektronikafabrikanten naar de verwezenlijking van "one-chip-television" [10].

ITT-dochter Intermetall heeft een serie zeer gecompliceerde chips in productie genomen, die het mogelijk maken om bijvoorbeeld kleine beelden in het grote scherm te brengen ("picture in picture"), beelden stil te zetten of details dichterbij te halen. Daarnaast wordt het digitaal coderen van analoge televisiesignalen ontwikkeld, zodat televisieprogramma's in een werkgeheugen kunnen worden opgeslagen.

Digitale uitzending van beeld en geluid maakt het mogelijk beeldcorrecties aan te brengen en "compact disc"-geluid te verkrijgen. De grotere geheugenchips zullen geïntroduceerd worden in de HDTV, de nieuwe generatie televisie [24]; er wordt gedacht aan 10 megabit chips [26].

- Milieugevolg: Doordat de toekomstige tv steeds meer functies krijgt, zal naast een integratie van (elektronika-)onderdelen een toevoeging van onderdelen plaatsvinden. Deze tendens zou een ontwikkeling richting hergebruiksvriendelijk ontwerpen kunnen verstoren.

4.2.4 HDTV (High Definition TeleVision)

Na de zwart-wit- en de kleuren-tv wordt de HDTV beschouwd als de "derde televisiegeneratie". Bij deze televisie zal het beeldscherm een zodanige scherpste en levensechtheid krijgen, dat de kwaliteit van de 35 mm bioscoopfilm geëvenaard wordt. De beeldbuis wordt op de lange termijn niet dieper dan 7 centimeter, waardoor het toestel aan de muur of aan het plafond gehangen kan worden [24]. Zie bijlage XIV.

Verwacht wordt dat in 1992 HDTV in Europa operationeel zal zijn [25].

- Milieugevolg: Indien op een toekomstig geïntroduceerd HDTV-systeem bestaande toestellen niet kunnen werken, komen versneld vele apparaten in het afvalstadium. Daarom verdient introductie van het Europese boven het Japanse systeem de voorkeur, zie bijlage XIV. Daarnaast dient standaardisatie van het systeem nagestreefd te worden opdat in de toekomst niet een onnodig groot aantal apparaten (of hulpapparatuur) in omloop (dus ook in het afvalstadium) komt voor de ontvangst van intercontinentale (satelliet-)uitzendingen.

4.3 Microcomputer

De microcomputer ontwikkelt zich zeer snel;

- . de geheugencapaciteiten nemen toe;
- . de snelheden van informatieverwerking nemen toe;

hetgeen tot gevolg heeft dat grotere computers uit de markt gedrukt worden. In 4.3.1 zal hierop nader ingegaan worden. Daarnaast zal in 4.3.2 de ontwikkeling van de microcomputer, als het ware opgebouwd uit modules, beschouwd worden. Het totale gewicht van het apparaat neemt af; het aantal functies ervan zal waarschijnlijk toenemen; materialensubstituties kunnen voorkomen.

4.3.1 Ontwikkeling microcomputer

Voor de toekomstige ontwikkeling van de microcomputer zijn van belang [30]:

- . de rekensnelheid; de snelheid van signaalverwerking;
- . de computerarchitectuur;
- . de chiptechnologie;
- . de informatiedragers (software).

Zie verder bijlage XV.

Grotere computers met grote rekencapaciteit worden deels vervangen door netwerken van mini- en micro-computers [31]. Het gewicht per computer zal verder afnemen. Het aantal computers (inclusief randapparatuur) in netwerken zal sterk toenemen.

- Milieugevolg: De sterke toename van het aantal apparaten (in netwerken) in combinatie met de snelle technologische vooruitgang (apparaten worden mogelijkerwijs sneller vervangen) heeft tot gevolg dat in de nabije toekomst de hoeveelheid afgedankte microcomputers in het afvalstadium sterk zal toenemen.

4.3.2 Ontwikkelingen opbouw microcomputer

Er kan gesteld worden dat de apparatuur steeds kleiner en lichter wordt. Er zijn reeds portable personal computers, inclusief beeldscherm, op de markt.

Significante ontwikkelingen (deels reeds eerder opgemerkt):

- * Beeldbuizen worden platter (minder diepte).
- * Metalen worden gesubstitueerd door kunststoffen (omkastingen en draagerconstructies).
- * Elektronika wordt lichter door miniaturisering en door integratie van functies.
- * Door samenvoeging van constructieve functies neemt het aantal onderdelen af.

Wat betreft beeldschermen zijn het LCD-scherm en het plasma-scherm in opkomst; zie 4.2.1 [32]. Deze schermen zijn bij uitstek geschikt voor portable microcomputers.

De omkastingen tenderen naar toepassingen van goedkopere polymeren. De oudere pc's hadden nog metalen of ABS- of PPO-omkastingen. Heden ten dage wordt steeds meer slagvast polystyreen toegepast. Mogelijkerwijs wordt deze polymeer in de toekomst vervangen door polypropyleen.

Het aantal printplaten neemt af en steeds meer functies zullen slechts op enkele printplaten (aan beide zijden van de printplaten) geconcentreerd worden. De introductie van driedimensionale constructies zal dus daaraan bijdragen; zie 4.1. Het streven is dat toevoer van informatie, verwerking van informatie en afvoer van informatie in één onderdeel geconcentreerd wordt. De overige elektronika (toevoer stroom uit net; omzetting wisselstroom naar gelijkstroom, transformatie van stromen etc.) wordt ook geminiaturiseerd en geïntegreerd.

- Milieugevolg: Verdere afname benodigde hoeveelheid materiaal en aantal onderdelen per apparaat. Gevolgen zijn:
 - * Verdere vermindering van de toekomstig te verwerken hoeveelheid afval.
 - * Versimpeling van de vervanging van onderdelen, c.q. reparatie.
 - * Recycling (van materialen) in afvalstadium komt dichterbij bij afname aantal onderdelen en afname aantal toegepaste thermoplasten (verdergaande toepassing van dezelfde kunststof).

5. KWALIFICERING EN KWANTIFICERING VAN DE MILIEU-ASPECTEN

5.1 Inleiding

Van de realisatie van het apparaat wordt in 5.2 de fabricage van enkele elektronika-onderdelen beschouwd. Het gebruik, inclusief 2e hands circuit, wordt nader geanalyseerd in paragraaf 5.3. Het afdanken van de kleurentelevisie en de microcomputer en de eindbestemmingen ervan zijn in paragraaf 5.4 beschreven.

Het in figuur 2.5 aangegeven stroomschema is gemodelleerd en de opzet daarvan is in 5.5 beschreven, waarna in 5.6 een kwantitatief voorbeeld gegeven is ter illustratie van de werking van het model.

5.2 Realisatie produkt

In de tabellen 1 tot en met 7 van bijlage XVI worden, voor de in tabel 3.1 gegeven elektronika-onderdelen, de afvallen en emissies tengevolge van de produktieprocessen beschreven [34]. Het spreekt vanzelf dat de gegevens van deze voorbeelden uit literatuurbron [34] momentopnamen zijn.

Elk van de produktieprocessen bestaat uit meerdere processtappen.

Per processtap zijn de afvalstromen kwalitatief gegeven. Enige kwantitatieve gegevens die voorhanden zijn, zijn vermeld.

Voorafgaande aan de tabellen met de gegevens van afvalstromen en emissies van de produktieprocessen worden alle processtappen nader verklaard; in de tabellen wordt vervolgens naar deze deelprocessen verwezen.

In de tabellen wordt onderscheid gemaakt tussen gasvormige, vloeibare en vaste afvalstromen (respectievelijk G, L en S).

- Milieugevolg: Zoals blijkt, worden bij de produktie van elektronika-onderdelen vele oppervlaktebehandelingsprocessen toegepast (met organische stoffen, zuren en basen). Daarbij ontstaan vooral gasvormige en vloeibare afvalstromen (koolwaterstoffen, al dan niet gehalogeneerd; zure, c.q. alkalische (waterige) afvalstromen met opgeloste milieubelastende metalen).

5.3 Consumptie produkt

5.3.1 Tv-toestellen

5.3.1.1 Beschikbaarheid

Het percentage Nederlanders van 12 jaar en ouder dat één of meer televisietoestellen tot hun beschikking heeft, is in de afgelopen jaren onveranderlijk 97 à 98% [38].

De beschikbaarheid van de kleuren-tv is in de afgelopen acht jaar met 18 procentpunten gestegen: in 1980 beschikte 76% van de ondervraagden over een kleurentoestel, terwijl dit in 1987 was opgelopen tot 94%. De eerdere daling van de beschikbaarheid van een zwart-wit-tv heeft zich in 1987 niet verder doorgezet. Het percentage bedroeg in beide jaren 22%. In vergelijking met 1980 is de beschikbaarheid van een zwart-wit-tv met 14 procentpunten afgenomen (van 36% naar 22%; zie figuur 5.1) [38].

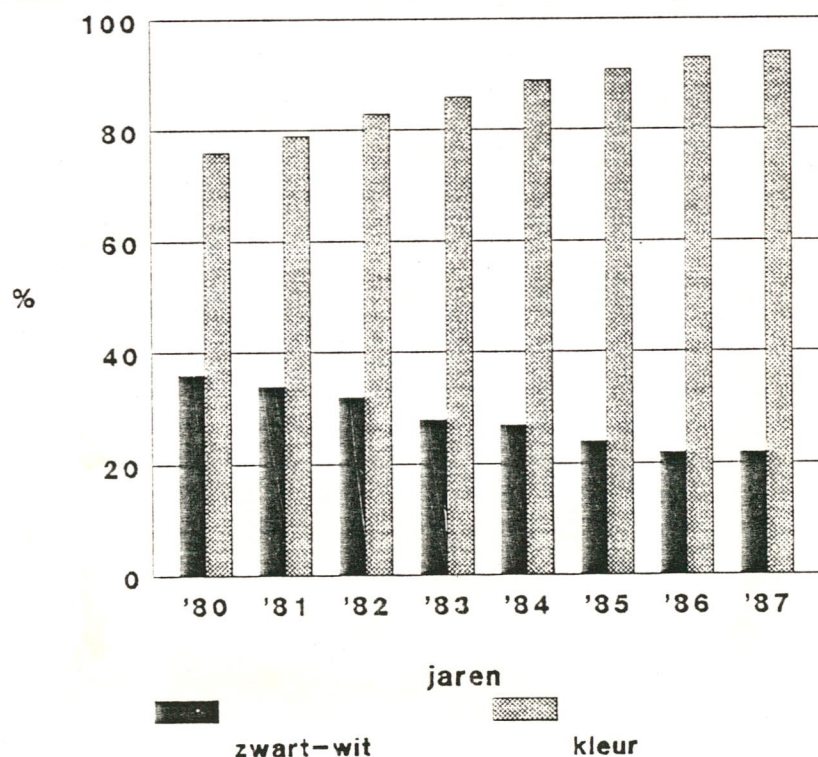


Fig. 5.1 Beschikbaarheid over zwart-wit- en kleuren-tv bij personen vanaf 12 jaar (1980-1987)

Bovendien nam het aantal kleuren-tv's per persoon toe: in 1984 had 5% de beschikking over twee of meer toestellen, in 1987 was dit opgelopen tot 12% (tabel 5.1).

Tabel 5.1 Aantal ter beschikking zijnde kleurentoestellen (ktv's) vanaf 1980 voor personen van 12 jaar en ouder

	Geen ktv	1	2	3 en meer	Geen tv
1980	21%	74%	2%	0%	3%
1981	18	76	2	0	3
1982	15	80	3	0	2
1983	12	82	4	0	2
1984	9	84	5	0	2
1985	7	84	6	1	2
1986	5	84	9	1	2
1987	4	82	11	1	2

Uit de gegevens van bijlage XVII is af te leiden dat de markt voor kleuren-tv's in Nederland verzadigd is. Er is daarom vrijwel uitsluitend sprake van een vervangingsmarkt (inclusief koop tv's met de nieuwste technische toevoegingen).

Volgens gegevens van het CBS [43] zijn de aantallen aanwezige nieuwe, respectievelijk gebruikte kleuren-tv's als volgt (tabel 5.2):

Tabel 5.2 Aantallen nieuwe en gebruikte kleuren-tv's in Nederland

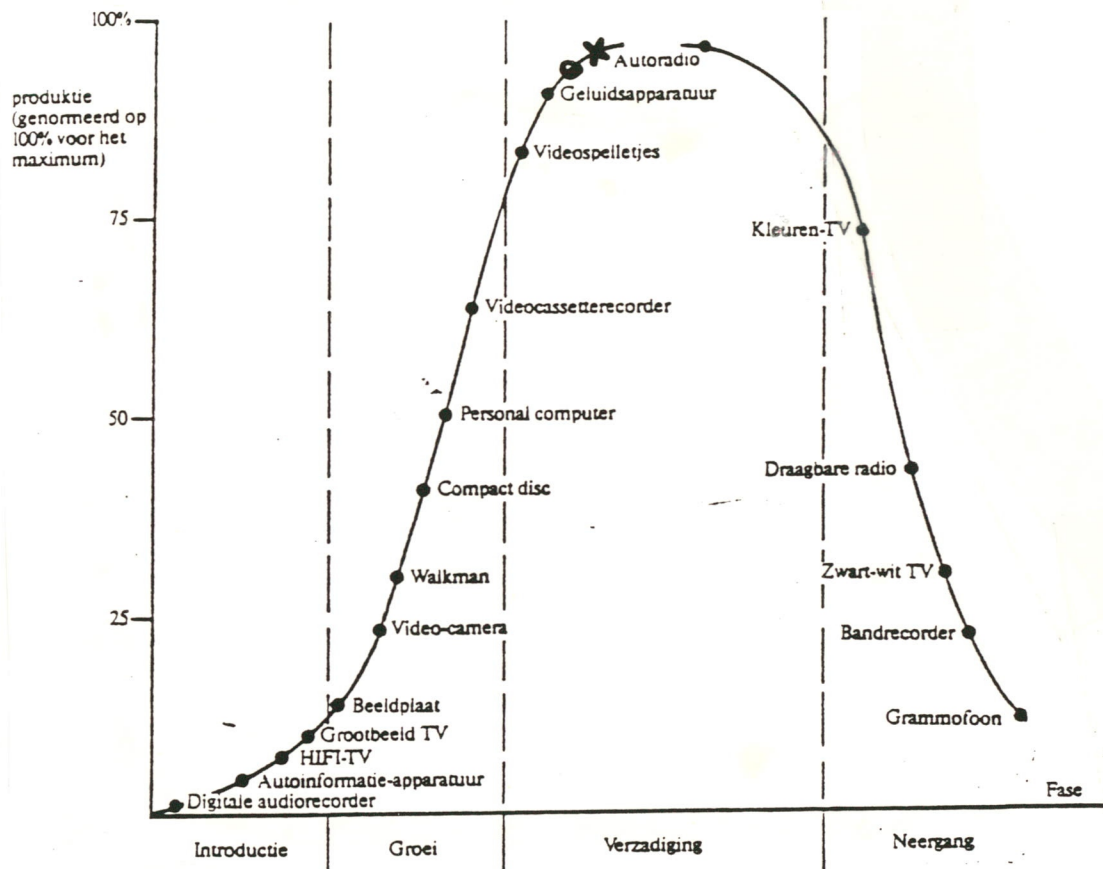
	Percentage huishoudens dat ktv bezit	Aantal huishoudens	Aantal huishoudens dat ktv bezit	Hiervan 2e-hands bij aanschaf (%)	Aantal <u>niet</u> nieuw gekochte ktv's in huishoudens
1984	84	5.494.000	4.615.000	12	554.000
1985	86	5.613.000	4.827.000	14	676.000
1986	88	5.711.000	5.026.000	14	704.000
1987	89	5.814.000	5.174.000	13	673.000

De gemiddelde ouderdom van een kleuren-tv is in Nederland ca. 5,7 jaar.

5.3.1.2 Verkoopcijfers

Volgens de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid [41] zou de kleuren-tv zich in West-Europa in de neergaande fase van zijn levenscyclus bevinden (fig. 5.2).

Verkoopcijfers, verzameld door Uneto, geven echter aan dat dit, althans voor Nederland, nog niet het geval is (tabel 5.3) [42].



x vermoedelijk juistere indicatie plaats kleuren-tv
o vermoedelijke indicatie plaats homecomputer

Fig. 5.2 De produkt-levenscyclus van consumentenelektronika in West-Europa

Tabel 5.3 Aantallen in Nederland verkochte kleuren-tv's

Jaartal	Aantal
1982	690.000
1983	610.000
1984	640.000
1985	560.000
1986	610.000
1987	650.000
1988	750.000 (?)

Deze getallen tonen aan dat toevoeging van nieuwe functies (afstandsbediening, teletext, etc.) en de economische situatie een belangrijke rol spelen bij de verkoop van dit produkt, en dat van een systematische teruggang van de omzet zeker nog geen sprake is.

Uit het voorgaande blijkt dat verschillende bronnen (bijvoorbeeld [38] en [43]) verschillende cijfers presenteren (echter slechts in de marge) ten opzichte van het bezit, van de beschikbaarheid van de kleurentelevisies. Enerzijds kan men stellen dat de markt van kleurentelevisies verzadigd is, maar dat anderzijds door toevoeging van nieuwe mogelijkheden (stereo, afstandsbediening, teletext, etc.) aan de tv de verkoop van nieuwe toestellen hoog blijft.

5.3.1.3 Tweede gebruik

Het bureau Ogilvie [40] schat de duur van het tweede gebruik van een kleuren-tv op 4,3 jaar, alvorens deze weer wordt afgedankt of aan een ander wordt gegeven. Van die afgedankte tv's werkt 39% nog normaal, 18% gebrekkig en 43% niet. Technische en economische levensduur spelen hier dus een bijna gelijke rol.

5.3.1.4 Gebruik

De vervanging van elektronenbuizen door transistoren, van transistoren door geïntegreerde schakelingen, is ook binnen de kleuren-tv duidelijk zichtbaar. Door deze substitutie is het energieverbruik van een kleuren-televisie sterk afgenomen.

De Stichting Vergelijkend Warenonderzoek meet het energieverbruik tijdens hun onderzoeken. In tabel 5.4 is het verbruik gegeven. Dit is duidelijk afhankelijk van de beeldbuisgrootte en het merk (type). Wat betreft het merk (type) worden de verschillen duidelijk veroorzaakt door het aantal extra voorzieningen (snelzoeksysteem, programmering zenders vanaf afstandsbediening, sleeptimer, etc.). Bijlage XVIII geeft bijvoorbeeld een testoverzicht van kleurentelevisies met een beeldbuisdiagonaal van 51 cm.

Tabel 5.4 Energieverbruik kleuren-tv's

Beeldbuisdiameter (cm)	Verbruik kijken (Wh/h)	Literatuurbron
40 - 45	45 - 65	[49]
66 - 70 (stereo)	70 - 108	[50]
63	74 - 106	[51]
66 (stereo)	77 - 111	[52]
51	50 - 98	[53]

Het Hamburgse Instituut voor Milieu heeft ontdekt dat tijdens het gebruik van enkele televisietoestellen een gas ontwijkt, dat mogelijk-
wijs lijkt op het giftige dioxine, afkomstig van vlamvertragende stoffen [54].

Het zouden broomhoudende verbindingen kunnen zijn, zie 3.3.2. Echter het betreft slechts kleine hoeveelheden, maar er werd wel geadviseerd om na een hele avond televisie kijken het vertrek te luchten.

5.3.2 Personal computers

5.3.2.1 Bezit

Volgens het CBS [43] is de ontwikkeling van het bezit van homecomputers in huishoudens als volgt (tabel 5.5).

Tabel 5.5 Aantallen nieuwe en gebruikte homecomputers in Nederlandse huishoudens

	Percentage huishoudens dat home-computer bezit	Aantal huishoudens	Aantal home-computers in huishoudens	Hiervan 2e-hands bij aanschaf (%)	Aantal <u>niet</u> nieuw gekochte homecomputers in huishoudens
1985	7	5.613.000	393.000	4	28.000
1986	10	5.711.000	571.000	11	63.000
1987	11	5.814.000	640.000	13	83.000

De gemiddelde ouderdom van een homecomputer is in Nederland ca. 2 jaar. De percentages 7-10-11% in drie opeenvolgende jaren suggereren, dat de markt voor homecomputers in de buurt van het verzadigingspunt begint te komen. Deze indruk wordt globaal bevestigd door de VISKA [45]. Een dergelijke verzadiging blijkt overigens absoluut niet voor kleine computers in bedrijven. In tegendeel, speciaal in de categorieën tussen f 5000,- en f 20.000,- is er sprake van een stormachtige ontwikkeling [46], zie fig. 5.3.

Een marktverschuiving van homecomputers (onder andere spelcomputers) naar personal computers wordt ook in [55] bevestigd: "personal volgt huiscomputer op".

89-050/R.22/IVS

5-8

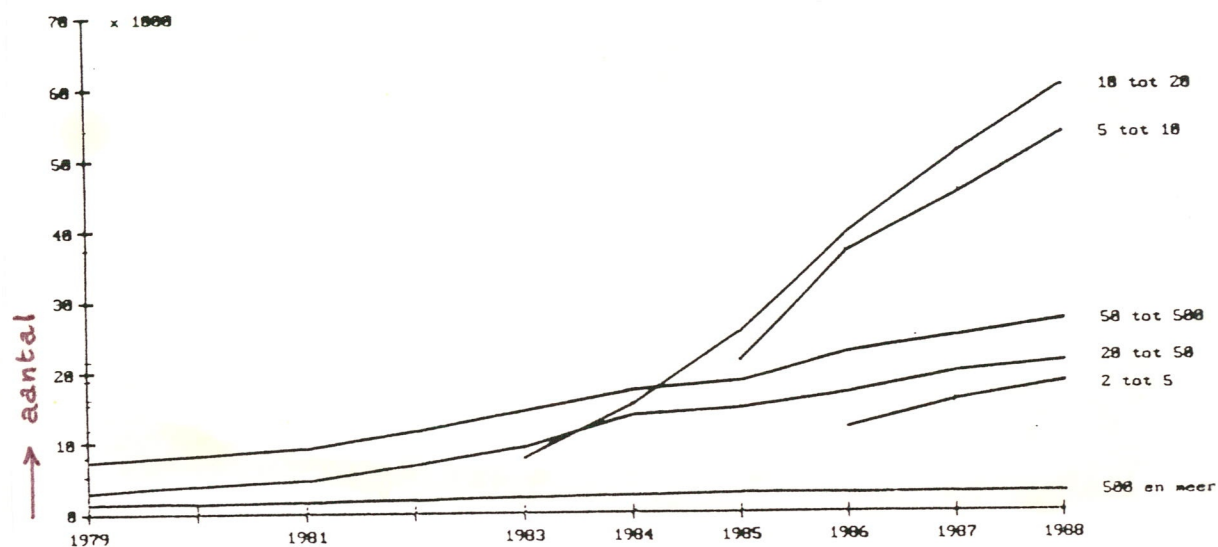


Fig. 5.3 Aantal computers in bedrijven, naar aanschafwaarde, in duizenden guldens

Bij de overheid is een vergelijkbare tendens waar te nemen [47], fig. 5.4.

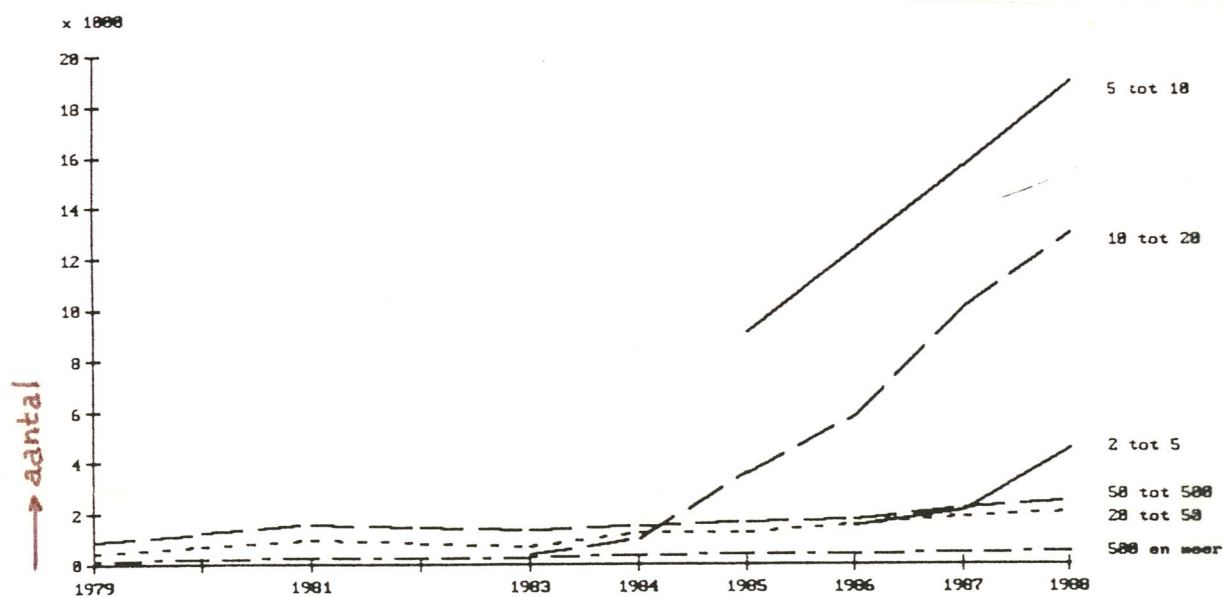


Fig. 5.4 Aantal computers in overheidsinstellingen, naar aanschafwaarde, in duizenden guldens

Op grond van de gegevens in tabel 5.5, fig. 5.3 en fig. 5.4 worden de volgende aantallen microcomputers geschat: Ca. 710.000 (homecomputers) in huishoudens, 60.000 (personal computers, $\leq f$ 10.000,-) in bedrijven en 20.000 (personal computers $\leq f$ 10.000,-) bij de overheid in 1988. Totaal dus ca. 790.000 stuks.

Uit 3.1.1 zou afgeleid kunnen worden dat in bedrijven ongeveer 4 maal zoveel microcomputers staan dan in huishoudens. Deze getallen verschillen duidelijk van die, die in dit hoofdstuk gepresenteerd zijn. Dit kan een kwestie van definitie zijn (microcomputer versus personal computer). Het CBS verwerkt mogelijkwerijs in haar statistieken de computers, die duidelijk bij het persoonlijk gebruik aansluiten. De getallen, genoemd in 3.1.1 omvatten waarschijnlijk ook de bedrijfsmicrocomputer, inclusief die voor industriële procesbesturing.

5.3.2.2 Tweede gebruik

Uit tabel 5.5 blijkt dat in 1987 13%, dus 83.000, van de gekochte homecomputers tweedehands is.

Over het tweede gebruik en de afvalproblematiek van pc's is, ook in de internationale literatuur, nog vrijwel niets bekend. Wel is uit de praktijk van de gebruikers bekend, dat de economische levensduur bij pc's geheel bepalend is voor de werkelijke. Dit spreekt ook vanzelf. De snel toenemende mogelijkheden van dit nieuwe produkt, dat nog volop in ontwikkeling is, houden in feite een veroudering binnen enkele jaren in. In combinatie met de sterk dalende prijzen wordt daardoor de aanschaf van nieuwe apparatuur, die goedkoper, sneller, betrouwbaarder, gebruikersvriendelijker, compacter is en nieuwe mogelijkheden heeft, al gauw aantrekkelijk. De computerfabrikanten zullen zeker al het mogelijke in het werk stellen om tot verdere technische doorbraken te komen en de principiële mogelijkheden hiertoe zijn zeker aanwezig.

Deze speculatie op toekomstige ontwikkelingen - waarvan verdere uitwerking in dit kader niet thuishoort - heeft q.q. gevolgen voor de hoeveelheid pc-afval.

5.4 Afdanken produkt

5.4.1 Tv-toestellen

5.4.1.1 Levensduur

Bij levensduur wordt onderscheid gemaakt tussen drie verschillende soorten [39]. Ten eerste is er de "technische levensduur". Dit is de periode vanaf het moment van aankoop tot het moment dat een apparaat technisch versleten is. Ten tweede is er de "economische levensduur". Deze wordt gedefinieerd als de periode vanaf het moment van aankoop tot het moment dat de gebruiker aan het apparaat geen gebruikswaarde meer toekent. Tussen deze technische en economische levensduur bestaat een gradueel verschil. Zowel de technische als de economische levensduur beïnvloeden de derde soort: de "werkelijke levensduur". Dit is de periode vanaf het moment van aanschaf tot aan het moment van definitieve afdanking. Het zal duidelijk zijn dat in dit onderzoek vooral de werkelijke levensduur van belang is. Als over "levensduur" wordt gesproken, wordt in dit rapport de werkelijke levensduur bedoeld. In principe is deze werkelijke levensduur gelijk aan de kortste van de beide eerder genoemde levensduren. In de praktijk blijkt, dat vooral de economische levensduur bepalend is voor de werkelijke levensduur. Technisch gezien zullen veel kleuren-tv's die in het afval terechtkomen, niet (geheel) versleten zijn. In veel gevallen zal sprake zijn van een nog wel te repareren defect, maar het voordeel van reparatie, die vaak kostbaar is, weegt al snel niet meer op tegen het voordeel om nieuwe apparatuur aan te schaffen.

De economische levensduur valt echter toch niet zonder meer samen met de werkelijke levensduur, omdat de machines over het algemeen niet onmiddellijk worden afgedankt op het moment dat men vindt dat ze geen gebruikswaarde meer hebben. Vooral de particuliere huishoudens bewaren in een onbekend aantal gevallen economisch verouderde apparaten nog enige tijd, bijvoorbeeld op zolder [15].

In het algemeen kan worden gesteld dat de bedrijfszekerheid van audio- en video-apparatuur is verbeterd. In deze sector heeft de moderne elek-

tronika de laatste jaren zowel in de apparaten als in het produktieproces een belangrijke plaats verworven. Met de invoering van digitale technieken is de kans op storingen afgenomen. De gemiddelde kans op een storing loopt uiteen van 10% voor audio (eens in de tien jaar) tot 15% bij video (eens in de zeven jaar) [39].

De economische levensduur wordt onder andere bepaald door de aanschafprijs, het op de markt brengen van apparaten met verbeterde of nieuwe gebruiksmogelijkheden en de reparatiemogelijkheden:

- Eén van de kenmerken van de audio- en videomarkt is een daling van de aanschafprijs van veel apparaten, als gevolg van het gebruik van nieuwe technieken, met name in de elektronika. Audio- en video-apparaten zijn daarmee binnen het bereik gekomen van de meeste consumenten. De meeste huishoudens zijn nu voorzien van een groot aantal audio- en video-apparaten.
- Ondanks het grote aantal in gebruik zijnde apparaten, blijft het jaarlijkse aantal verkochte apparaten in Nederland stijgen. Deze stijging wordt niet alleen veroorzaakt door een toename van het aantal huishoudens en van het aantal apparaten per huishouding. De indruk bestaat dat in toenemende mate apparaten eerder worden afgedankt, niet omdat de apparaten wat mankeren, maar om apparaten met nieuwe en verbeterde technieken aan te schaffen. Uit onderzoek naar het gedrag van huishoudens bleek dat ruim 30% van de ondervraagden een televisietoestel afdankte, om een modern toestel met meer mogelijkheden aan te schaffen [40]. De neiging om audio- en video-apparatuur vroegtijdig van de hand te doen wordt ook in de hand gewerkt door de dalende prijzen van nieuwe apparatuur.

Een deel van de afgedankte audio- en video-apparatuur wordt opnieuw in gebruik genomen. Hiermee wordt de werkelijke levensduur van de apparaten verlengd. Zo blijft naar schatting 60% van de hoeveelheid (voor de eerste maal) afgedankte televisietoestellen in omloop en 40% van deze apparaten komt direct in het afval terecht. De gemiddelde duur van het tweede gebruik van een televisietoestel ligt rond vier jaar [15].

- Door toepassing van moderne elektronika, zowel in eindprodukten als in het produktieproces, hebben de jaarlijkse vervanging en aanwas een dalende storingsgevoeligheid. De oorzaak van de (resterende) storingen is steeds moeilijker te lokaliseren. Reparatie vereist actuele technische kennis en moderne meetapparatuur. Daarbij worden reparaties in vergelijking met nieuwbouw gekenmerkt door een hoge arbeidsintensiteit. Als gevolg van de daling van de prijs van nieuwe apparatuur neemt het aantal rendabele reparaties af. Vooral televisietoestellen komen door een relatief hoge aanschafwaarde nog in aanmerking voor reparatie.

In de reparatiemarkt kan onderscheid gemaakt worden in reparaties binnen de garantietermijn en reparaties daarbuiten. Binnen de garantietermijn heeft de consument de zekerheid dat de reparatiekosten niet voor eigen rekening komen. De hoogte van de kosten van dergelijke reparaties zijn voor de consument niet van belang.

Reparaties buiten de garantietermijn zijn voor rekening van de consument. Voor deze reparaties worden vaak kosten-batenanalyses uitgevoerd. Beneden een bepaald bedrag wordt de reparatie zonder meer uitgevoerd. Boven dat bedrag wordt de beslissing aan de klant overgelaten. Een toenemend aantal klanten besluit dan, de reparatie niet uit te laten voeren.

Al met al neemt het deel van de defecte apparatuur, waarbij klanten of bedrijven besluiten om het te laten repareren, af. De totale reparatiemarkt neemt in aantal af met ongeveer 6% per jaar [39].

De sterke toename van allerlei perifere mogelijkheden, zoals uit het voorgaande blijkt, rechtvaardigt de veronderstelling dat nieuwkoop vooral plaatsvindt op grond van economische veroudering. Men wil bijvoorbeeld een grotere beeldbuis, verbeterde kleurweergave, teletekst, stereo-tv, meer kanalen, afstandsbediening, etc.

Een concrete, zij het ruwe schatting van de gemiddelde levensduur van kleuren-tv's kan als volgt worden verkregen. Eerder is gesteld, dat de gemiddelde ouderdom van de bij de gebruikers aanwezige kleuren-tv's

5,7 jaar bedraagt. Gaat men er nu van uit, dat deze gemiddelde ouderdom tevens de meest voorkomende ouderdom is, dan betekent dat, dat de frequentieverdeling van de ouderdom van kleuren-tv's bijna symmetrisch is (in geval van een verzadigde markt), en dat dus kleuren-tv's gemiddeld niet veel ouder zullen worden dan het dubbele hiervan. De daaruit volgende, relatief lage schatting van de afdankleeftijd van ca. 11,4 jaar geeft aan dat de gemiddelde levensduur in de buurt van 12 jaar ligt (bijvoorbeeld 11 à 14 jaar).

Dit is een iets hogere schatting dan die in [40] (± 10 jaar) en in [44] (8-10 jaar). Mogelijkerwijs dat de geschatte gemiddelde levensduur gaat afnemen, vanwege de eerder geconstateerde nieuwkoop op basis van het aanbod van apparaten met verbeterde of nieuwe gebruiksmogelijkheden.

- Milieugevolg: Indien de gemiddelde gebruiksduur afneemt, vanwege technische verbeteringen en vernieuwingen, zullen op termijn meer toestellen in het afvalstadium terechtkomen.

5.4.1.2 Te verwachten hoeveelheid afgedankte kleuren-tv's

Uit de gegevens van 5.4.1.1 kan worden afgeleid, dat er thans jaarlijks ca. $\frac{4.500.000 \text{ (apparaten)}}{11 \text{ à } 14 \text{ (jaar)}} = 300.000 \text{ à } 450.000$ kleuren-tv's definitief worden afgedankt.

Een andere benadering is, dat de laatste jaren ca. 700.000 kleuren-tv's/jr werden verkocht (tabel 5.3). Op basis van een gemiddelde levensduur van 11 à 14 jaar zullen rond het jaar 2000 daarom ca. 700.000 kleuren-tv's per jaar in het afval terechtkomen. De hoeveelheid jaarlijks te verwerken afval-tv's neemt dus toe.

Er is echter enige reden om een sterkere toename te voorspellen. Hiertoe dient men zich te realiseren dat, vanaf de komst van de kleuren-tv, in wezen alleen perifere veranderingen aan de apparatuur hebben plaatsgevonden. Het belangrijkste element, namelijk het beeld, bleef ongeveer gelijk in kwaliteit. Dit geldt met name voor de hoeveelheid informatie die per tijdseenheid kan worden toegediend.

In de toekomst komt echter de HDTV-televisie op de markt (zie 4), waar-

bij de hoeveelheid informatie per beeld verviervoudigd wordt.

Verwacht wordt dat in 1992 de HDTV operationeel zal zijn. In principe kan dit leiden tot een versneld afdanken van de gewone kleuren-tv's. Maar de aanvankelijk ongetwijfeld hoge prijs van HDTV, alsmede de door het publiek verwachte daling daarvan, zal dit versnelde afdanken weer beperken [41]. Kwantificering van een eventueel versneld afdanken is in dit stadium echter niet mogelijk.

5.4.1.3 Wijze van afdanken

Uit een analyse blijkt dat slechts een klein deel van de afgedankte audio- en video-apparatuur via ophaaldiensten in het grof vuil terecht komt [15]. Daarnaast komt deze apparatuur bij "snorders", terwijl een deel van de huishoudens grotere apparaten zelf naar een verzamelplaats brengt [40].

Aan de beschikbare literatuur kunnen voornamelijk kwalitatieve gegevens worden ontleend. Uit [40] blijkt met name dat 28% van de afgedankte tv's bij winkeliers terechtkomt. Een deel daarvan wordt doorverkocht aan opkopers; de overige komen alsnog, via de reinigingsdienst, in het afval terecht.

Verhuurde apparaten (Skala) worden sneller - na 4 à 5 jaar - afgedankt. Deze worden doorverkocht aan opkopers, en komen voor ruim de helft op de tweedehands markt terecht. De rest verdwijnt als afval.

Verder komt een klein deel van de tv's die ter reparatie worden aangeboden als niet meer (rendabel) repareerbaar in het afval terecht, en eveneens een klein deel van door opkopers niet meer verkoopbare tv's.

5.4.1.4 Hergebruik van onderdelen/materialen

In [40] wordt gesteld, dat hergebruik van onderdelen van audio- en video-apparatuur nauwelijks voorkomt. Hergebruik voor hetzelfde doel wordt bemoeilijkt door de grote verscheidenheid aan onderdelen en de snel wisselende typen die op de markt verschijnen.

Het is niet direct bekend dat op betekenisvolle schaal hergebruik van de toegepaste materialen plaatsvindt.

- Milieugevolg: Indien er nagenoeg geen hergebruik van onderdelen, c.q. materialen plaatsvindt, wordt de afgedankte apparatuur verbrand of gestort.

5.4.2 Personal computers

5.4.2.1 Levensduur

De PC is nog jong. Daardoor is over zijn levensduur nog weinig te zeggen. DEC schat de (economische) levensduur van nieuw aangeschafte apparatuur op 3 à 5 jaar. Daarna wordt hij ingeruild [15]. De duurdere ingeruilde computer wordt gemoderniseerd en goedkoop verkocht, met garantie. Dit geldt echter niet voor pc's omdat bij hun lage prijs dit "refurnishment" ("upgrading") niet rendabel is.

Het gevolg is, dat handel in tweedehands pc's zich vooral afspeelt tussen gebruikers onderling, via hobbyclubs etc. Mede omdat naar verwachting de prijs/prestatieverhouding zich in een steeds hoger tempo zal verbeteren, zal de tweedehandsmarkt van pc's naar verwachting ook in de toekomst klein blijven.

Vanuit budgettair oogpunt mag echter worden verwacht, dat in het bijzonder particulieren geneigd zullen zijn, hun kostbare pc's langer in bezit te houden dan voornoemde afschrijftermijn van 3 à 5 jaar. Een gemiddelde economische levensduur van 5 jaar lijkt daarom een redelijke schatting.

Over de duur van het tweede gebruik bestaat zo mogelijk nog minder inzicht. Een gebruik van bijvoorbeeld 2 à 3 jaar ligt, als schatting, het meest voor de hand.

- Milieugevolg: Indien de levensduur beperkt blijft, zullen op korte termijn belangrijke hoeveelheden microcomputers afgedankt worden.

5.4.2.2 Afdanking apparatuur

Thans komen nog weinig pc's in het afvalstadium terecht. Op grond van het huidige bezit en de geschatte levensduur zal het aantal echter snel oplopen tot 100.000-200.000 per jaar in begin negentiger jaren.

Het merendeel van de afgedankte pc's zal naar verwachting via het huishoudelijk afval, grof huisvuil en het bedrijfsafval worden afgevoerd.

In het tweedehands circuit geldt dat kapotte apparaten eventueel achtergehouden worden voor onderdelenvoorziening.

Naast de tweedehands handel in volledige apparaten worden er onderdelen, zoals printplaten, doorverkocht naar technische scholen of hobbyclubs.

- Milieugevolg: Indien er nagenoeg geen hergebruik van onderdelen c.q. materialen plaatsvindt, wordt de afgedankte apparatuur verbrand of gestort.

5.5 Afvalstadium

5.5.1 Kleurentelevisie

Indien er geen afvoer naar hergebruikscircuits plaatsvindt, worden de kleurentelevisies in het huishoudelijk afval of het grof huisvuil (vanwege de afmetingen waarschijnlijk meestal in deze stroom) getransporteerd naar verbrandingsinstallaties of stortterreinen. Mogelijkerwijs dat sommige apparaten te zamen met overige apparatuur bij shredderbedrijven verwerkt worden. Het grootste deel van de apparatuur komt dan in het shredderafval terecht.

In bijlage XIX komt duidelijk naar voren, indien een naar tevredenheid werkende afvalverwerkingstechnologie ontbreekt, elektronische apparatuur in het afvalstadium, zowel in kwantitatieve zin, als in kwalitatieve zin een reëel milieuprobleem kan betekenen.

Momenteel wordt ca. 60% van het afval gestort en ca. 40% verbrand. Deze verdeling geldt naar alle waarschijnlijkheid ook voor kleurentelevisies.

De aard van de eindbestemming bepaalt in hoeverre er werkelijk sprake is van een potentiële milieubelasting.

Er zijn uiteraard verschillen tussen:

- Enerzijds een niet-geïsoleerde stort in de nabijheid van drinkwaterwinning en anderzijds een stort die voldoet aan de IBC-criteria (Isoleren, Beheren en Controleren).
- Enerzijds een verbranding zonder reinigingsvoorzieningen en anderzijds

een verbrandingsinrichting met geavanceerde reinigingsapparatuur, inclusief een milieuhygiënisch controleerbare reststoffenopwerking.

In hoeverre er werkelijk sprake is van milieubelasting zal door middel van milieutoxisch onderzoek (onder andere uitlooggedrag van apparaten/onderdelen of verbrandingsresiduen) geverifieerd dienen te worden.

5.5.2 Personal computer

In [15] wordt melding gemaakt van een levendige handel in computerschroot. Deze is echter alleen van toepassing op grotere, duurdere apparatuur en niet op microcomputers. De grote hoeveelheid die juist van deze kleine apparaten op de markt zal worden gebracht, rechtvaardigt de veronderstelling dat mogelijkserwijs hierop een beleid van gecontroleerde afvalverwijdering gebaseerd gaat worden.

5.5.3 Elektronische apparatuur

In de hoofdstukken 3 en 4 is reeds met name aangegeven dat de zware metalen (metalloïden) en halogeenverbindingen in bijvoorbeeld printplaten respectievelijk kunststofomkastingen in het afvalstadium een milieubelasting kunnen gaan inhouden. In deze paragraaf worden enige stromen gekwantificeerd.

In bijlage XIX is reeds aangegeven dat in het begin van de jaren negentig ca. 30.000 ton afgedankte apparatuur per jaar in het afval terecht komt.

Deze stroom bevat ca. 50 ton Pb en ca. 2 ton Sb per jaar; dit zijn eerste globale schattingen. Op basis van de gegevens van bijlage XIX is gesteld dat in de nabije toekomst elektronische apparatuur in het afvalstadium, zowel in kwantitatieve zin (de helft tot eenderde van de hoeveelheid shredderafval, afkomstig van autowrakken) als in kwalitatieve zin (vanwege onder andere de zware metalengehaltes) een reëel milieuprobleem betekent.

Met behulp van de gegevens uit hoofdstuk 3 en literatuurbron [18] zijn enige stromen van elementen afkomstig van de printplatenfracties gekwantificeerd.

In tabel 5.6 is samengevat weergegeven welke apparatenstroom in het begin van de jaren negentig jaarlijks in het afvalstadium terechtkomt [18]. Bovendien is de massastroom en samenstelling (naar "modules", onderdelen) ervan gegeven.

Tabel 5.6 Te verwerken apparatenstroom

	Kleuren tv	Zwart-wit tv	Personal computer	Video- recorder	Tuner/ Tuner-versterker	Versterker	Cassette- deck	Platen- speler	Totaal
Aantal/j Hoeveelheid (ton/j)	415.000 15.040	145.000 4.350	110.000 1.760	160.000 2.400	450.000 3.150	180.000 1.530	430.000 1.500	384.000 1.540	2.274.000 31.200
Materialen/ onderdelen (ton/j)									
Beeldbuis, incl. afbuigspoel	9.174	2.654	340						12.168
Omkastings: - hout - kunststof - Fe - Al	2.632 722	761 209	480 261	535 734	340	434 87	128 440 96	634	3.733 2.708 1.869 183
Overige kunststoffen Overige metalen: - Fe - Al	211 211 180	61 61 52	116 109	141	529 690 284	331 66	15 261	324 186 9	1.140 1.856 841
Luidsprekers, bedra- ding, aansluit- materiaal, trafo's motoren, spoelen - Fe - Cu - Kunststoffen	111 92 97	32 27 28	90 91 38	304 216 40	337 392 27	227 250 23	58 102 43	176 131 22	1.335 1.301 318
Printplaten	1.609	465	239	437	554	112	258	60	3.734

Met behulp van de gegevens van bijlage III en de tabellen 3.3 en 5.6 zijn de volgende afvalstromen berekend:

• voor *kleurentelevisies*:

Printplatenstroom:	1.610.000 kg/j.
hierin, As	180 - 210 kg/j.
Sb	4190 - 5310 kg/j.
Cd	370 - 410 kg/j.
Hg	35 - 39 kg/j.
Cu	77.000 - 87.000 kg/j.
Pb	21.000 - 29.000 kg/j.
Zn	27.000 - 29.000 kg/j.
Cl	15.000 - 18.000 kg/j.
F	300 - 600 kg/j.
Br	ca. 24.000 kg/j.

• voor *personal computers*:

Printplatenstroom:	240.000 kg/j.
hierin, As	13 - 18 kg/j.
Sb	600 - 720 kg/j.
Cd	40 - 130 kg/j.
Hg	ca. 5 kg/j.
Cu	9.000 - 32.000 kg/j.
Pb	5.200 - 5.600 kg/j.
Zn	3.000 - 4.200 kg/j.
Cl	3.100 - 3.300 kg/j.
F	ca. 100 kg/j.
Br	ca. 6.700 kg/j.

Indien de in tabel 3.3 gevonden grenzen betrokken worden op de totale printplatenstroom (zie tabel 5.6) wordt getaxeerd dat de hierna genoemde afvalstromen (aangenomen is daarbij dat de in tabel 3.3 geanalyseerde gehalten ook representatief zullen zijn voor gehalten van de printplaten van overige elektronische apparatuur) binnen de aangegeven grenzen liggen:

• elektronische apparatuur:		3.730.000 kg/j.
hierin,	As :	210 - 490 kg/j.
	Sb :	9330 - 12.310 kg/j.
	Cd :	650 - 2010 kg/j.
	Hg :	75 - 90 kg/j.
	Cu :	142.000 - 492.000 kg/j.
	Pb :	49.000 - 87.000 kg/j.
	Zn :	46.000 - 67.000 kg/j.
	Cl :	34.000 - 51.000 kg/j.
	F :	800 - 1.900 kg/j.
	Br :	55.000 - 110.000 kg/j.

Uit de beeldbuispoederanalyses (zie tabel 3.3 en hoofdstuk 3.2) blijkt dat bij afdanking van kleurentelevisies de volgende stromen in het begin van de negentiger jaren in het afvalstadium komen:

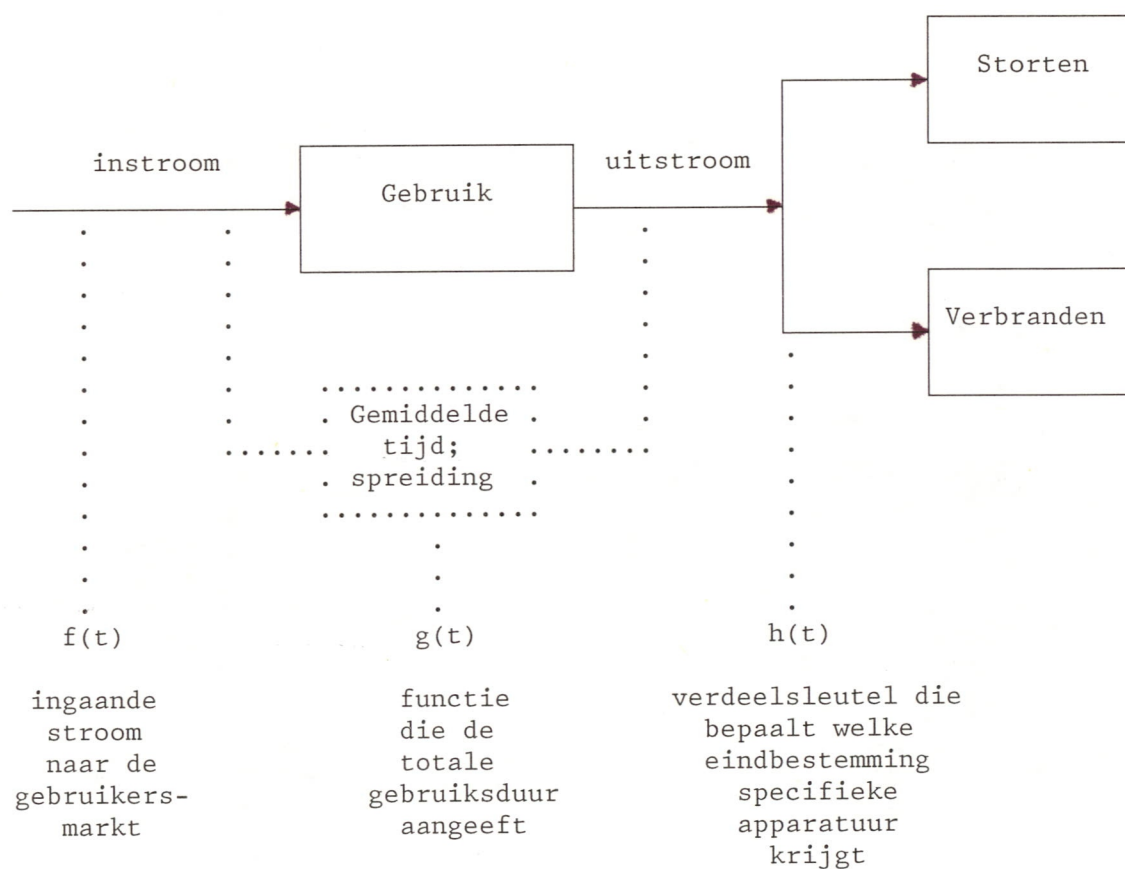
kleurentelevisies: Cd:	22 - 32	kg/j.
Zn:	423 - 615	kg/j.

Hieruit blijkt dat deze stromen vergeleken met die van de printplatenfracties klein zijn.

5.6 Modellering produktlevensketen

Apparaten, of onderdelen/materialen daarvan, worden pas werkelijk een zorg voor de afvalverwerking, als ze definitief in afvalstromen terechtkomen (of in huishoudelijk afval; of in grof huisvuil; of in bedrijfsafval). In hoeverre er dan werkelijk sprake is van een potentiële milieubelasting wordt bepaald door de aantallen apparaten en de samenstelling ervan. De mate van consumptie (gebruik) en de gebruiksduur beïnvloeden deze aantallen; de samenstelling wordt mede bepaald door de fabrikanten, c.q. industriële ontwerpers in relatie tot de specifieke functie van het desbetreffende apparaat.

In de begeleidingscommissie is de wens geuit bovengenoemde aspecten in een model samen te vatten. Daarbij is uitgegaan van figuur 2.5. In figuur 5.5 is het stroomschema van figuur 2.5 op een andere wijze opgezet om duidelijk aan te geven dat specifieke stromen tijdsafhankelijk zijn. Daarbij zijn het 1e, 2e, 3e, etc. gebruik en een eventueel hergebruik van onderdelen c.q. materialen samengetrokken. Deze activiteiten vinden als het ware in een "black box" plaats, die ervoor zorgen dat specifieke apparatuur niet in het definitieve afvalstadium terechtkomt.



Figuur 5.5 Consumptie- en afdankschema
 $f(t)$, $g(t)$ en $h(t)$ zijn tijdsafhankelijke functies

De behoefte van de gebruikersmarkt bepaalt de kwantitatieve instroom, $f(t)$, van specifieke apparatuur. In hoeverre deze instroom gepaard gaat met de instroom van potentieel milieubelastende elementen wordt, zoals eerder gesteld, bepaald door de materiaalkeuzes van de fabrikanten, de

industriële ontwerpers. Deze keuzes zijn veelal onvermijdelijk, aangezien het bepaalde fysische eigenschappen betreft, die slechts door specifieke elementen/materialen vervuld kunnen worden (bijvoorbeeld lood/tin-soldeer is een prima materiaal om elektrische verbindingen tot stand te brengen; in het afvalstadium is lood potentieel milieubelastend en zullen adequate voorzieningen getroffen dienen te worden).

Dit laatste geeft al aan dat in principe de elementen-/materialenkeuze bepaalt welke eindbestemmingen in het afvalstadium in aanmerking komen. Samen met de gebruiksduur bepaalt de instroom de grootte van de uitstroom richting afvalbestemmingen.

De gebruiksduur kent een gemiddelde en een spreiding. Deze tijdsafhankelijke functie wordt onder andere beïnvloed door:

- . de functie en de prijs van het apparaat;
- . de modegevoeligheid van het apparaat;
- . de technologische innovaties binnen het gebied waarin het apparaat toegepast wordt;
- . de mogelijkheden dat het apparaat in kwalitatieve zin verbeterd kan worden;
- . de koopkracht van burgers en bedrijven.

Deze aspecten (en met name de hoogte van de prijs van een nieuw apparaat) bepalen mede in hoeverre er sprake zal zijn van een omvangrijk tweedehands circuit. Of er überhaupt hergebruik van onderdelen c.q. materialen van de grond komt, wordt sterk beïnvloed door de prijs/opbrengst van de desbetreffende onderdelen, materialen en de "ontmantelingsvriendelijkheid" van het desbetreffende apparaat.

De eindbestemmingen van definitief afgedankte apparatuur zijn verbranding of stort. Het beleid van de overheid is erop gericht storten terug te dringen, zodat naar de toekomst gezien naar alle waarschijnlijkheid het verbrandingsaandeel relatief zal toenemen. In principe bestaat er dus een tijdsafhankelijke verdeelfunctie, zie figuur 5.5: $h(t)$.

De aard van de eindbestemming bepaalt in hoeverre er werkelijk sprake is van een potentiële milieubelasting.

5.7 Kwantificering model

De uitwerking van het model met 3 tijdsafhankelijke functies, zoals geschetst in 5.5, wijst op een systeem-dynamische benadering. DYNAMO is een systeem-dynamische computertaal en wordt gekenmerkt door zijn gebruikersvriendelijkheid. Met behulp van deze computertaal is het in figuur 5.5 geschetste model aan de hand van een rekenvoorbeeld verder uitgewerkt.

De kwantificering is gericht op de bestemming van lood, afkomstig van kleurentelevisies.

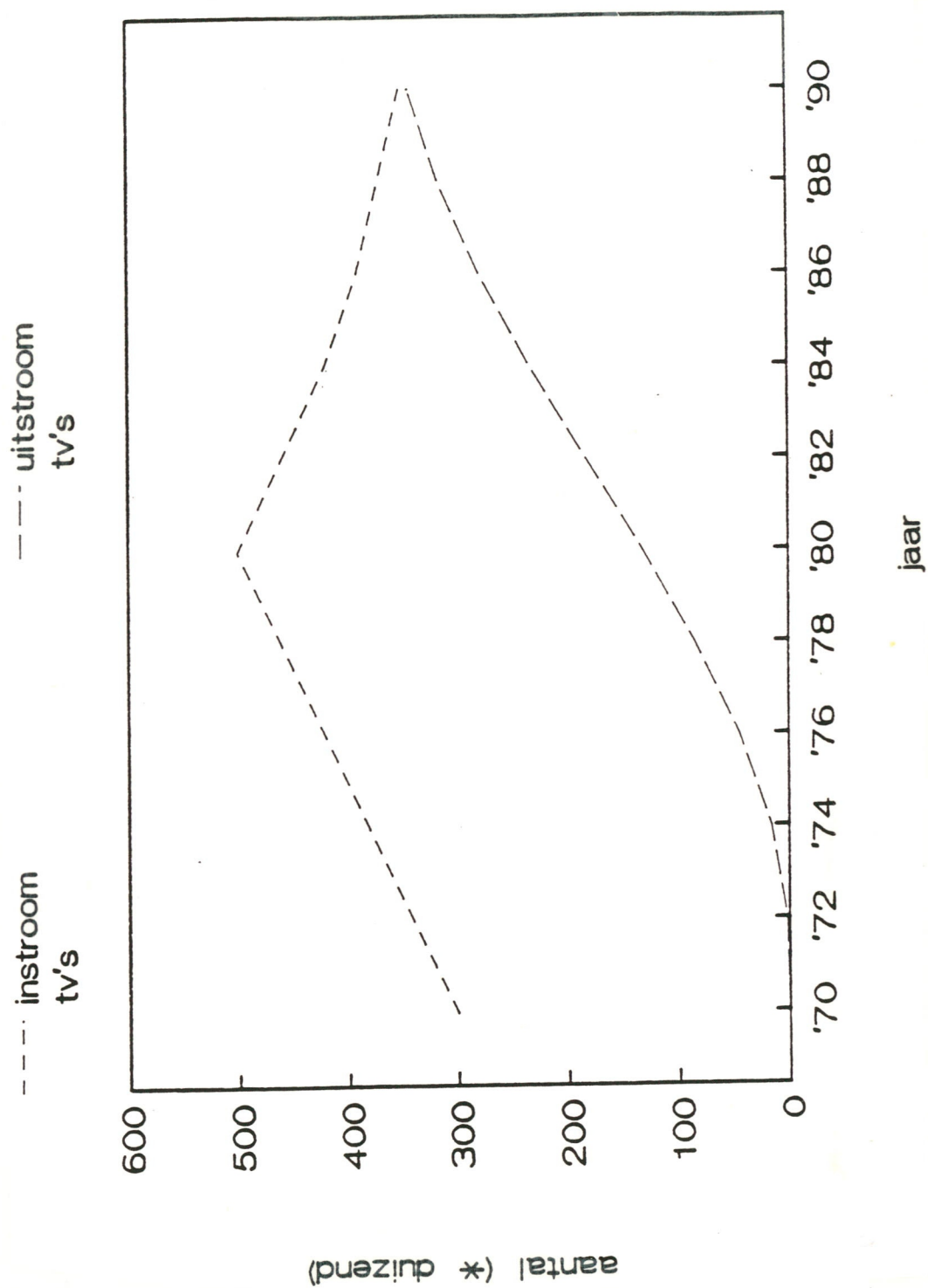
Het programma is gegeven in bijlage XX en de parameters zijn genoemd in bijlage XXI. De jaarlijkse hoeveelheden (instroom nieuwe kleurentelevisies; aantal tv's in huishoudens; uitstroom oude tv's; lood vrijkomend bij storten; lood vrijkomend bij verbranding) zijn eveneens in bijlage XXI opgenomen. Alhoewel er niet direct sprake is van een marktverzadiging is er bij wijze van voorbeeld nu een gesimuleerd.

Aangenomen is dat de gebruiksduur van een kleuren-tv 14 jaar is en dat het apparaat 0,05 kg lood bevat (0,1-0,15% van 35-40 kg, afkomstig van onder andere de printplaten). De instroom van tv's is in globale zin afgeleid van CBS-cijfers [15].

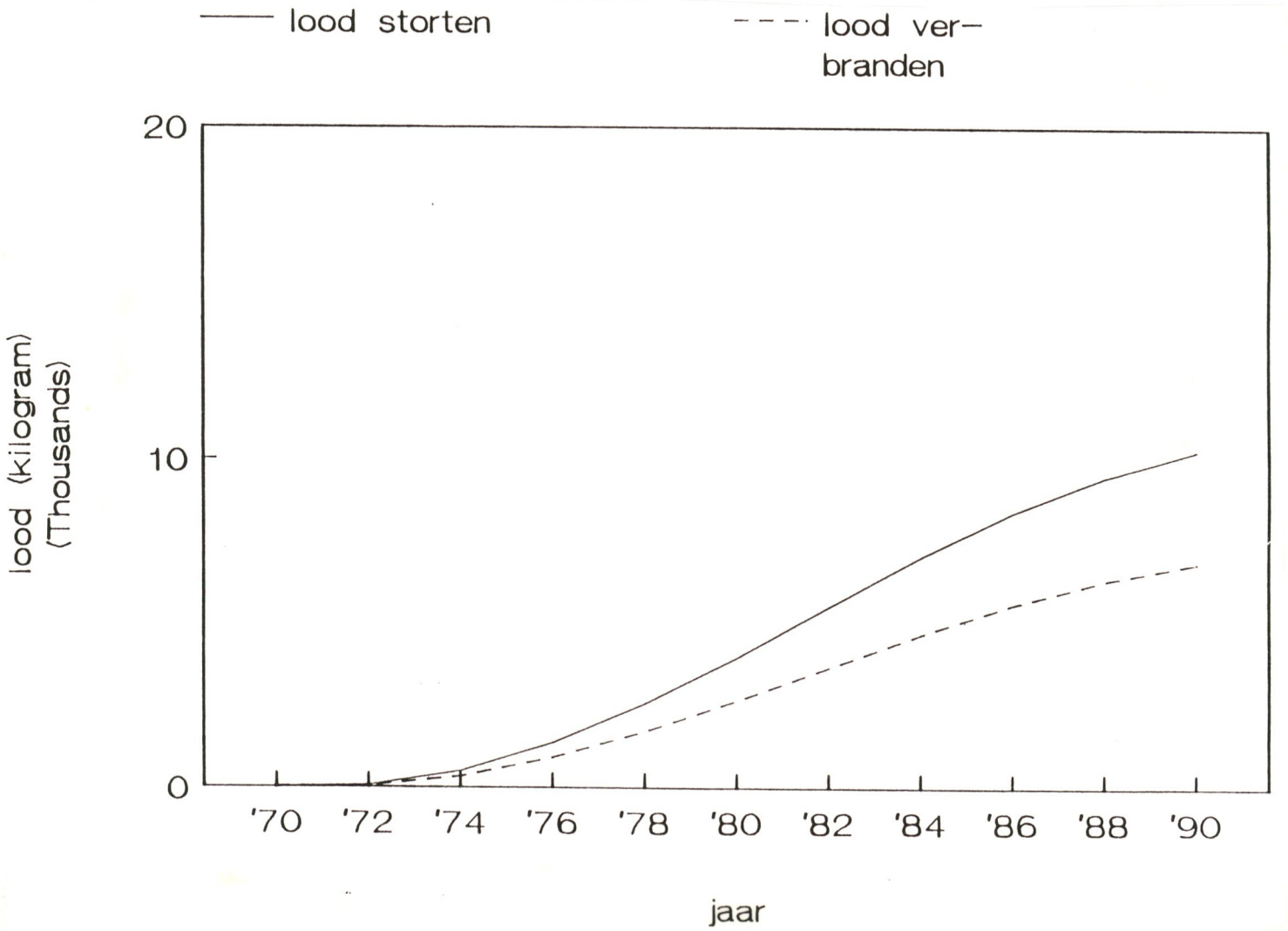
In de figuren 5.6 en 5.7 zijn enige kwantitatieve resultaten geïllustreerd.

Duidelijk is dat naar de toekomst gezien de stroom van kleuren-tv's in het afvalstadium zal groeien. Hetzelfde geldt voor de hoeveelheid lood op een stort of in een verbrandingsinstallatie. Indien er geen sprake is van marktverzadiging zullen de desbetreffende stromen belangrijk groter zijn.

Resumerend kan gesteld worden dat het in principe mogelijk is een dynamisch proces van aanschaf, gebruik (1e, 2e, ...) en afdanking van apparatuur met behulp van een model te simuleren.



Figuur 5.6 Stroom nieuwe tv's en tv's richting afvalverwerking



Figuur 5.7 Jaarlijkse stromen lood naar stortterreinen c.q. afvalverbrandingsinstallaties

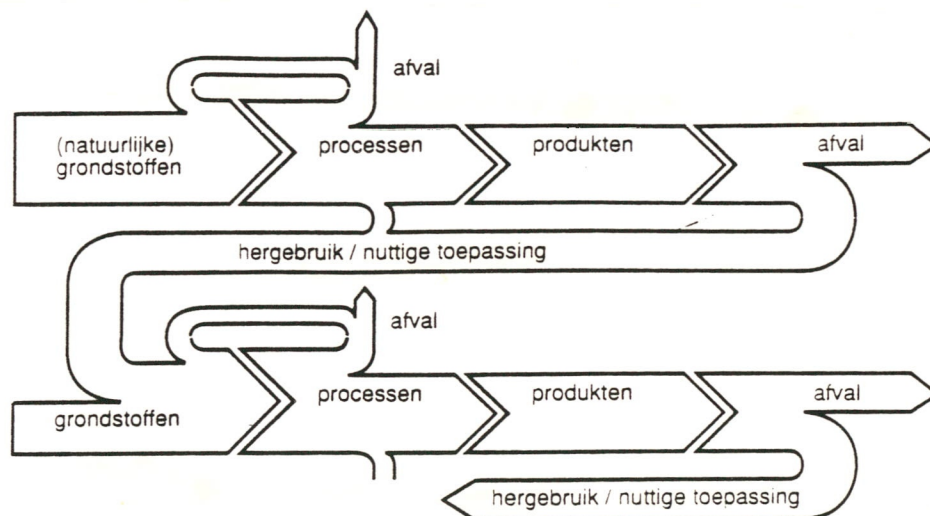
6. MILIEU-ONTLASTENDE ONTWIKKELINGEN EN KEUZES

6.1 Inleiding

Vier ministeries (Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Economische Zaken; Landbouw en Visserij; Verkeer en Waterstaat) hebben in oktober 1988 een notitie inzake "preventie en hergebruik afvalstoffen" uitgebracht [33]. In deze notitie is een koers (doelstelling) uitgezet die gevolgd zal moeten worden om door preventie en hergebruik van afvalstoffen te komen tot een voor de huidige en ook voor de toekomstige generaties aanvaardbare omvang van milieubelasting en ruimtebeslag als gevolg van de verwijdering van afvalstoffen.

Drie aspecten vallen op in deze notitie: Ketenbeheer, en daarvan afgeleid gebruiksduurverlenging en energie-extensivering.

De keten is in figuur 6.1 afgebeeld [33].



Figuur 6.1 Produktieketen

Het streven is erop gericht:

- a) Het verlies uit de keten te beperken.
- b) Nadelige gevolgen van in de produktie- en consumptieketen optredende verliezen te beperken.

ad a) Hierbij wordt onder andere gedacht aan gebruiksduurverlenging van produkten; hergebruiksvriendelijk ontwerpen van produkten; optimalisatie van emissiereducties van produktieprocessen; hergebruik van de reststoffen die vrijkomen bij emissiebestrijding.

ad b) Hierbij wordt onder andere gedacht aan volumereductie van niet-vermijdbare, niet te hergebruiken afvalstoffen; isoleren in plaats van diffuus verspreiden van milieubelastende afvalstoffen; voortbrengen van afvallen met een zo laag mogelijke milieubelasting; immobiliseren van milieubelastende afvalstoffen.

In 6.2 en 6.3 wordt in relatie tot de produkten kleuren-tv en microcomputer op de desbetreffende problematiek teruggekomen.

6.2 Kwantitatieve en kwalitatieve preventie

De kwantitatieve preventie heeft betrekking op het terugdringen van de hoeveelheid afvalstoffen (zowel tijdens produktie als afdanking apparaat). De kwalitatieve preventie richt zich op het doen afnemen van de milieubelasting van de vrijkomende afvalstromen. Dit is mede gericht op beperking van de nazorg in het afvalstadium.

6.2.1 Kwantitatieve preventie

Produktieprocessen elektronika-onderdelen

Zoals uit 5.2 blijkt, worden bij de produktie van elektronika-onderdelen vele oppervlaktebehandelingsprocessen toegepast (met organische stoffen, zuren en basen). Daarbij ontstaan vooral gasvormige en vloeibare afvalstromen (koolwaterstoffen, al dan niet gehalogeneerd; zure, c.q. alkalische (waterige) afvalstromen met opgeloste milieubelastende metalen). Afvalpreventieve maatregelen zijn:

- * Introduceren interne regeneratieprocessen.
- * Afname aantal oppervlaktebehandelingsprocessen.
- * Introduceren schonere processen; bijvoorbeeld het toepassen van technieken, waarbij minder hulpstoffen en/of minder gevaarlijke hulpstoffen benodigd zijn.

Er kan gesteld worden dat door miniaturisering en integratie van functies minder te behandelen oppervlak ontstaat. Echter het aantal processtappen neemt toe bij de fabricage van megabit-chips. Bovendien verandert bij toenemende miniaturisering de aard van de toegepaste processen. Dus in hoeverre er minder hulpstoffen benodigd zijn bij de fabricage van elektronika-onderdelen is niet direct af te leiden. Door middel van "good-housekeeping", toepassing van regeneratieprocessen en toepassing van adequate reinigingstechnieken kan de hoeveelheid schadelijke emissies tot een minimum beperkt worden.

Elektronikadeel in apparaten

Door miniaturisering, integratie van functies, digitalisering neemt het aantal elektronika-onderdelen af. Daarnaast is er duidelijk een gewichtsafname te constateren (zie hoofdstuk 3). Alhoewel het aantal functies per apparaat toeneemt (dit geldt zowel voor de kleuren-tv als de microcomputer), kan, op basis van de kwantitatieve analyses, gesteld worden dat het gewicht aan elektronika langzaam afneemt. Daardoor neemt na het gebruik ook de hoeveelheid elektronika-afval per apparaat af. De potentiële afname aan elektronika-afval wordt doorkruist door een toename van het aantal toegepaste apparaten. Deze 2 tegengestelde tendenzen maken dat naar alle waarschijnlijkheid de hoeveelheid elektronika-afval (afkomstig van apparatuur) in de tijd gezien geen opzienbarende toe- of afnames geeft.

Kleurentelevisie

Het gewicht van de kleurentelevisie neemt in de tijd gezien af. Dit wordt veroorzaakt door:

- . Afname gewicht elektronikadeel.
- . Substitutie van metalen door lichtere materialen, zoals kunststoffen (omkastingen, drager-onderdelen).

Door een toenemend bezit van deze apparaten (de penetratiegraad en het aantal huishoudingen in Nederland zijn de laatste 10 jaar beduidend toegenomen) zal op termijn de hoeveelheid afgedankte kleurentelevisies omvangrijk zijn (ca. 15.000 ton/jaar in de negentiger jaren). Vanwege de

introductie van de HDTV zullen de thans aangeschafte kleurentelevisies dan afgedankt worden. Kwantitatieve preventie door gebruiksduurverlenging wordt daardoor bemoeilijkt. De ontwikkeling van het Europese HDTV-systeem valt, in vergelijking tot het Japanse, aan te bevelen (zie 4.2.4). Op het Europese systeem kunnen ook bestaande toestellen werken.

Het energieverbruik van de kleurentelevisie is sinds zijn introductie met een factor 3 afgenomen. De LCD-schermen zullen nog minder energie verbruiken. Deze schermen zullen naar alle waarschijnlijkheid in het HDTV-systeem toegepast worden. Alhoewel de afmetingen zullen toenemen naar 100 à 125 cm zal door afname van de wanddikte het gewicht van de beeldbuis niet toenemen.

Gewichtsreducerende maatregelen zijn aanbevelenswaardig, met dien verstande dat voorkomen moet worden dat door materialensubstituties de recyclebaarheid afneemt. In 6.3 wordt hier nader op ingegaan.

Vanwege technologische ontwikkelingen zal de gebruiksduur van de kleurentelevisie (afstandsbediening, teletekst, satelliettelevisie, HDTV, etc.) naar alle waarschijnlijkheid niet toenemen. Vele consumenten zijn gevoelig hiervoor. Anderen stellen minder eisen en zijn tevreden met een tweedehands toestel. Het 2e, 3e, enz. gebruik zou kunnen worden aangemoedigd (bijvoorbeeld via voorlichting en financiële prikkels), om te voorkomen dat de tv in het afvalstadium terechtkomt. Zie verder 6.3.

Microcomputer

Evenals bij de kleurentelevisie neemt het gewicht van de microcomputer in de tijd gezien af:

- . Afname gewicht elektronikadeel.
- . Substitutie van metalen door de lichtere kunststoffen.

Door een toenemend bezit zal op termijn de stroom afgedankte computers duidelijk toenemen. Daarnaast spelen de snelle technologische ontwikkelingen een duidelijke rol. Doordat een microcomputer steeds meer handelingen kan verrichten en de prijs/kwaliteit-verhouding steeds gunstiger wordt, zal de gebruiksduur beperkt zijn. In 6.3 zal aangegeven worden op welke wijze de snel toenemende afvalstroom beperkt zou kunnen worden.

Doordat traditionele tekstverwerkingsapparatuur en grotere zwaardere computers door deze lichte apparaten vervangen worden, is hier in kwantitatieve zin sprake van een preventieve substitutie.

6.2.2 Kwalitatieve preventie

Productieprocessen elektronika-onderdelen

Bij de productie ontstaan vooral gasvormige en vloeibare afvalstromen (koolwaterstoffen, al dan niet gehalogeneerd, zure c.q. alkalische (waterige) afvalstromen met opgeloste milieubelastende metalen).

Afvalpreventieve maatregelen zijn:

- * Substitutie van gehalogeneerde door niet-gehalogeneerde koolwaterstoffen als hulstoffen.
- * Substitutie van specifieke koolwaterstoffen door minder milieubelastende koolwaterstoffen of anorganische stoffen als hulpstoffen.
- * Substitutie van specifieke zuren en/of basen door minder milieubelastende anorganische stoffen als hulpstoffen.

Elektronikadeel in apparaten

Zoals uit de tabellen 3.1 t/m 3.4 blijkt, worden:

- . de metalen (metalloïden) arseen, antimoon, cadmium, chroom, koper, lood en zink, al dan niet metallisch, in niet verwaarloosbare hoeveelheden toegepast;
- . de halogenen chloor, fluor en broom, al dan niet organisch gebonden, in niet verwaarloosbare hoeveelheden toegepast;
- . fenolverbindingen in printplaatmaterialen toegepast.

In het afvalstadium zullen adequate maatregelen getroffen dienen te worden:

- * Storten; uitloging van metalen c.q. metaalverbindingen uit elektronika-afval dient voorkomen te worden. Herverwerking en/of immobilisatie voorkomt eeuwige nazorg in geval van storten.
- * Verbranden; de emissie van zware metalen, anorganische halogeenverbindingen, polycyclische aromaten, chloordioxinen, chloorbenzofuranen, broomdioxinen, broombenzofuranen, enz. dient voorkomen te worden.

De substitutie van zware metalen (verbindingen) door minder belastende metalen; van gehalogeneerde verbindingen in bijvoorbeeld printplaten door niet gehalogeneerde verbindingen c.q. minder milieubelastende polymeren, etc. dient aangemoedigd te worden.

Een positieve ontwikkeling is dat door miniaturisering en integratie van functies het koper-, lood- en tinverbruik afneemt. Als het soldeerverbruik afneemt, dalen ook de verbruikte antimoon- en cadmiumhoeveelheden, omdat die als additieven in soldeer voorkomen.

Als halfgeleidermateriaal wordt duidelijk de voorkeur gegeven aan Si boven GaAs, vanwege de potentiële milieubelasting door As. Bij dotering van polysilicium door elementen uit de III-V-kolommen van het periodiek systeem gaat de voorkeur uit naar substitutie van onder andere arseen en antimoon door andere elementen uit deze kolommen.

Kleurentelevisie

Naast de onderdelengroep elektronika, bevatten de onderdelen beeldbuis en kunststof omkasting milieubelastende additieven.

De luminescerende laag op de beeldbuis bevat cadmium- en zinkverbindingen. Substitutie van deze verbindingen door lanthanide-luminoforen dient aangemoedigd te worden. De toegepaste kunststoffen, onder andere de omkasting, kunnen toeslagstoffen met zware metalen bevatten (in bijvoorbeeld pigmenten, stabilisatoren, vlamvertragers, weekmakers). De substitutie door minder milieubelastende toeslagstoffen of door kunststoffen met minder toeslagstoffen geeft, dat er tijdens de afvalverwerking minder zorg aan de milieuproblematiek besteed behoeft te worden.

Hetgeen voor de zware-metalenverbindingen in kunststoffen geldt, geldt in principe ook voor de toegepaste met name de milieubelastende halogeenvverbindingen; substitutie dient nagestreefd te worden.

Personal computer

Hetgeen reeds opgemerkt is over elektronika geldt uiteraard ook voor de in de pc toegepaste elektronika. Daarnaast geldt voor de toegepaste kunststoffen hetzelfde als voor de kunststoffen, gebruikt in de kleurentelevisie.

In tegenstelling tot audio-/video-apparatuur bevatten de omkastingen vlamvertragers en veelal broomverbindingen. Om de milieubeperkende maatregelen in de afvalverwerking te vereenvoudigen, heeft substitutie door minder belastende verbindingen de voorkeur.

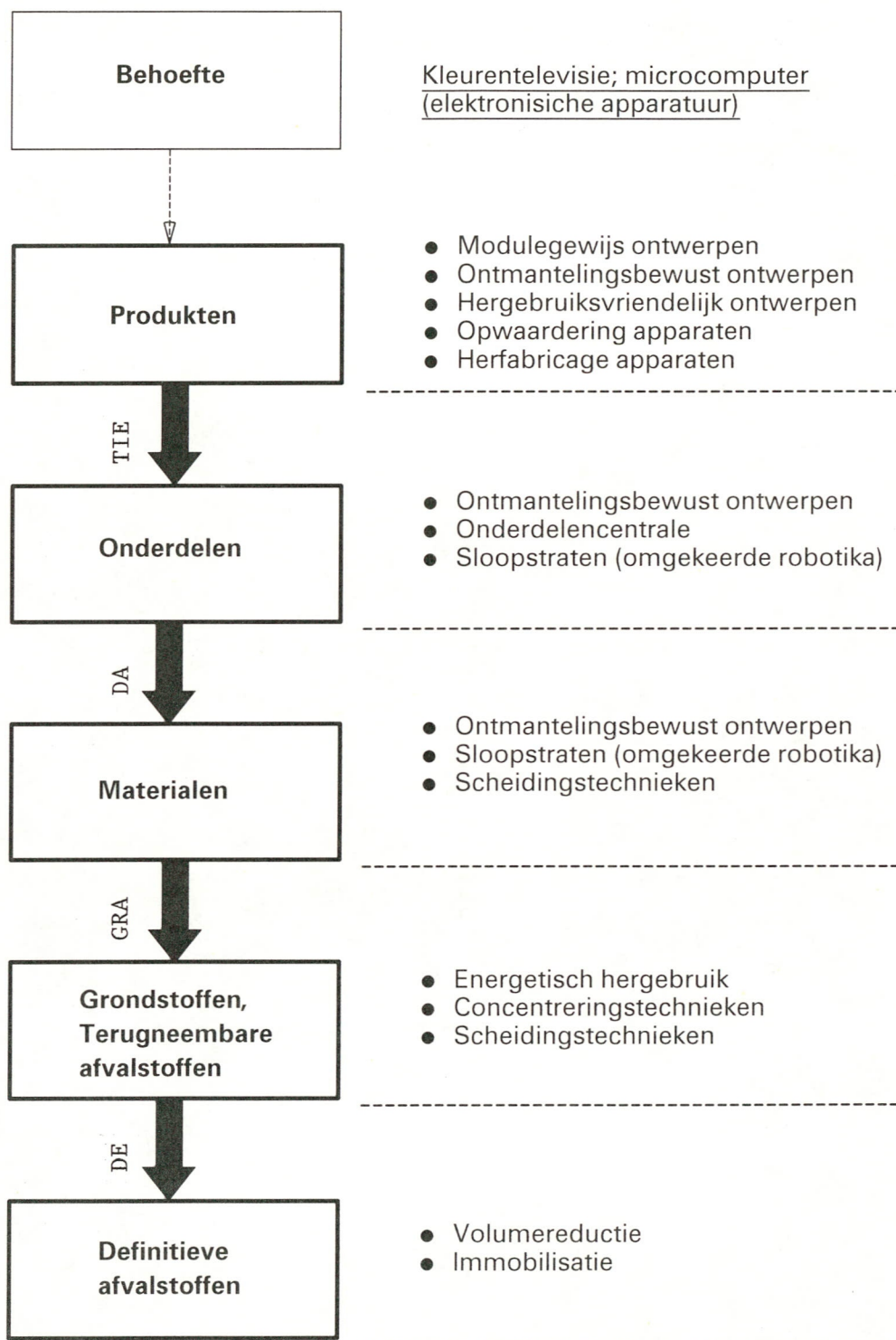
Kunststof omkastingen kunnen van een metaalcoating voorzien zijn (geleidende verf met bijvoorbeeld koper of nikkel) om zowel het apparaat voor (elektro-magnetische) straling uit de omgeving, als de omgeving voor straling uit het apparaat te beschermen. Recyclingvriendelijk is het om rond de stralingsbronnen een ferrometalen "kastje" te construeren, zoals het vroeger gebeurde. De potentiële hergebruiksmogelijkheden van de kunststof omkasting blijven dan beter gehandhaafd.

6.3 Vertraging degradatie produkten, onderdelen, materialen

Apparaten kennen een bepaalde gebruiksduur en worden dan afgedankt. Mogelijkerwijs worden onderdelen c.q. materialen daarna deels hergebruikt. Een belangrijk deel wordt niet hergebruikt. Er is sprake van degradatie van produkten, onderdelen, materialen in tegenstelling tot de produktie van nieuwe apparaten, waarbij sprake is van opwaardering van grondstoffen. Bij de produktie houdt afvalpreventie de toepassing van procesgeïntegreerde milieutechnologie (schone technologie) in. In het geval van produktgebruik c.q. afdanking houdt afvalpreventie (c.q. hergebruik) in dat getracht wordt de eerder genoemde degradatie te beïnvloeden, te vertragen. In figuur 6.2 is de beschouwde problematiek schematisch aangegeven. In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de beïnvloeding, vertraging van de desbetreffende degradatie.

6.3.1 Produkten

In dit geval speelt de absolute gebruiksduur, inclusief tweedehands gebruik een rol. Men is technisch in staat om apparatuur met een lange levensduur te fabriceren. Daardoor echter vervallen de mogelijkheden om te profiteren van de tussentijdse nieuwste technologische ontwikkelingen (bijvoorbeeld besparing energieverbruik, introductie nieuwe functies, kwaliteitsverbeteringen).



Figuur 6.2 Degradatie producten, onderdelen, materialen

De elektronische apparaten zijn opgebouwd uit vele onderdelen.

Een modulegewijs ontwerp van de kleuren-tv c.q. microcomputer past bij een milieutechnologische benadering; een tussentijdse opwaardering van het apparaat is daarbij technisch en economisch gezien eerder haalbaar. Bij tussentijdse vernieuwingen, verbeteringen, behoeft slechts de desbetreffende module vervangen te worden, terwijl de rest niet afgedankt wordt. Sommige computerfabrikanten (onder meer Data General en Digital) nemen verouderde types in, voorzien deze van de nieuwste ontwikkelingen (onder andere nieuwe chips) en verkopen deze weer. In vaktermen spreekt men van "upgrading" [1].

Herfabricage ("remanufacturing") is gebaseerd op het demonteren van afgedankte produkten, reinigen, zonodig reviseren, waar mogelijk voorzien van de "nieuwste snuffjes" en het weer monteren tot hernieuwde produkten. Voorbeelden zijn: Telefoontoestellen, kantoorapparaten, gereedschappen [58].

Bij een modulegewijze benadering past het streven naar een verkleining van het aantal onderdelen en de toepassing van gemakkelijk op te heffen verbindingstechnieken. Reparatie, onderhoud en in een latere fase hergebruik wordt daarbij vereenvoudigd, hetgeen een positieve invloed heeft op de gebruiksduurverlenging (tweedehands gebruik).

Miniaturisering, integratie van functies, digitalisering doen het aantal elektronika-onderdelen afnemen. Door het gebruik van thermoplastische kunststoffen is het mogelijk een aantal grotere onderdelen tot één onderdeel te integreren (dit is mogelijk met behulp van spuit-giettechnieken).

In het verlengde van modulegewijs ontwerpen past zoals reeds eerder opgemerkt het ontmantelingsbewust ontwerpen. De optie van onderdelenhergebruik (of materialenhergebruik) wordt mede bepaald door het gemak waarmee gecompliceerde produkten in de samenstellende delen gescheiden kunnen worden.

6.3.2 Onderdelen

Onderdelen uit afgedankte apparaten kan men in principe bestemmen voor de opbouw van "hernieuwde" produkten. Verder zou men uit bijvoorbeeld

twee of drie afgedankte produkten één hernieuwd apparaat kunnen vervaardigen. In de huidige kringloopbedrijven (met reparatie-afdelingen) past men deze handelswijze nogal eens toe.

Er kan behoefte bestaan aan gebruikte onderdelen bij:

- . Verkoopers van nieuwe apparaten, die ook inruilers innemen en repareren.
- . Reparatiebedrijven.
- . Kringloopbedrijven met daaraan gekoppelde reparatiewerkplaatsen.

Consumenten laten relatief dure apparaten, zoals een kleurentelevisie, nog wel eens repareren. Daarvoor komen mogelijkerwijs gebruikte onderdelen in aanmerking.

Relatief dure onderdelen, zoals bepaalde chips (IC's) zouden uit economische overwegingen hergebruikt kunnen worden.

Een geïntensiveerd onderdelenhergebruik, geëntameerd vanuit speciaal daarvoor opgezette onderdelencentrales, vertraagt eventueel de verdergaande degradatie. Dit gaat in principe op voor niet-technologisch verouderde onderdelen, die vanuit een modulegewijze opbouw, gemakkelijk afgescheiden worden.

6.3.3 Materialen

Als onderdelenhergebruik niet meer haalbaar is, zal in het kader van ketenbeheer (zie figuur 6.1) een maximaal materialenhergebruik nagestreefd worden.

Bij hergebruik van materialen (en materialenmengsels) speelt de kwaliteit en de economische waarde ervan een grote rol. De specifieke eisen van de materialenverwerkers worden steeds strenger. Materialen uit het hergebruikscircuit, secundaire materialen, dienen voortdurend te concurreren met materialen, vervaardigd uit primaire grondstoffen. Door herhaald hergebruik, verontreinigingen, menging met stoffen en/of andere materialen, veranderen de fysisch/chemische eigenschappen, benodigd voor specifieke toepassingen. Het degradatieproces, waarbij materialen richting afvalstadium gaan, zou beter beheerst kunnen worden. Daarbij is optimalisering van het hergebruik van diverse materialen een voortduren-

de zorg. In het kader van ontmantelingsbewust, hergebruiksvriendelijk ontwerpen past een gedegen materialenkeuze. Aspecten die hierbij een rol spelen:

- . Het vermijden van moeilijk verbreekbare verbindingen.
- . Het terugdringen van het aantal toegepaste materialen.
- . Het kiezen van gemakkelijk recyclebare materialen (zoals metalen of thermoplasten in geval van kunststoffen).
- . Het kiezen van materialencombinaties die in het afvalstadium onderling gemakkelijk te scheiden zijn.
- . Het vermijden van onnodig veel soorten kunststoffen naast elkaar; meer van hetzelfde maakt recycling aantrekkelijker.
- . Het voorkomen van onnodige vermengingen, oppervlaktelagen, laminaten, etc.; door toepassing van complexe, nieuwe materialen bestaat de kans dat de hergebruiksmogelijkheden afnemen.

Vooruitziend naar de afvalfase van het apparaat zouden maatregelen getroffen kunnen worden om de mogelijkheden tot hergebruik te bevorderen. Momenteel komen vooral de toegepaste metalen in de kleurentelevisie en personal computer voor recycling in aanmerking.

6.3.4 Grondstoffen, terugneembare en definitieve afvalstoffen

(Primaire) grondstoffen en "terugneembare" afvalstoffen worden als potentiële bronnen beschouwd. Afhankelijk van kwalitatieve, respectievelijk economische aspecten worden ze gebruikt om door middel van afscheiden en concentreren, de gewenste elementen en stoffen te winnen. "Definitieve" afvalstoffen worden als zodanig gekarakteriseerd, indien er geen nuttige toepassingen meer voor zijn. "Terugneembaar" en "definitief" zijn in dit verband echter slechts relatieve begrippen. Afhankelijk van toekomstige afzetmogelijkheden en nuttige toepassingen kunnen afvallen, die nu als definitief beschouwd zijn, als terugneembaar gekenschetst worden. Het omgekeerde kan uiteraard ook optreden.

Brandbare afvallen kunnen, mede uit het oogpunt van volumereductie, energetisch toegepast worden. (Dit geldt bijvoorbeeld voor de toegepaste kunststoffen). Om potentiële milieubelasting te voorkomen, zullen anor-

ganische afvallen met toxische componenten geïsoleerd en mogelijk geïmmobiliseerd worden. Het beleid is erop gericht het storten zoveel mogelijk te beperken, hetgeen inhoudt dat voor anorganische residuen steeds naar nuttige toepassingen gezocht zal worden (al dan niet geïmmobiliseerd). Dit geldt bijvoorbeeld voor het beeldbuisenglas en printplaatresiduen (van halfgeleidermaterialen), als de metalen en kunststoffen afgescheiden zijn.

6.3.5 Resumé

Het ontmantelingsbewust en recyclingvriendelijk ontwerpen door middel van modulebouw zou aangemoedigd kunnen worden voor nieuw te ontwikkelen apparatuur. Daarvan afgeleid worden dan opwaarderings- en herfabricage-technieken en onderdelenhergebruik technisch-economisch gezien eerder haalbaar. Dit wordt eventueel mogelijk na 1990. Indien momenteel substantieel ontwikkelingen in die richting gaan, verdienen deze ondersteuning.

Ten aanzien van de huidige in gebruik zijnde apparaten zal in het kader van ketenbeheer het accent minder liggen op gebruiksduurverlenging van apparaten c.q. onderdelen, maar meer op de toegepaste materialen. Met andere woorden toename van materialenhergebruik vermindert de emissies naar lucht, water en bodem, die optreden bij storten of verbranden. Momenteel worden nog weinig toegepaste materialen van kleurentelevisies en personal computers voor bijvoorbeeld andere doeleinden hergebruikt. In het kader van het terugdringen van te storten of te verbranden afvalhoeveelheden, verdient de hergebruiksoptie bijzondere aandacht.

7. EVALUATIE EN CONCLUSIES

Aard produktstudie

Bij elektronische apparatuur, audio-/video- en kantoorapparatuur gaat het om een ingewikkelde en diffuse produktgroep. Deze groep is met name complex, omdat (vergeleken met bijvoorbeeld lichtbronnen) niet eenduidige prestaties, functies te definiëren zijn. De produkten hebben veelal naast recreatieve ook educatieve, informatieve en communicatieve functies. Secundair spelen aspecten als status, vormgeving, en dergelijke een rol. Daarom is het moeilijk om produktalternatieven af te bakenen. Op dit hoogste aggregatieniveau is veelal geen sprake van een duidelijk alternatief en kunnen slechts ontwikkelingen in de tijd gevolgd worden (bijvoorbeeld bandrecorder → cassette recorder → (wisbare) CD-speler, of zwart-wit TV → kleuren TV → HDTV). In deze studie heeft de produktanalyse zich voornamelijk op dit niveau bewogen en is een "gemiddeld" produkt geanalyseerd.

Op een aggregatieniveau lager zouden verschillende merken/types van een specifiek apparaat, al dan niet met hetzelfde aantal functies onderling vergeleken kunnen worden (bijvoorbeeld tv's met een beeldbuis van 66 cm onderling; tv's met een beeldbuis van 66 cm versus die met een diameter van 51 cm; wel of geen afstandsbediening, etc.).

Produktontwikkelingen

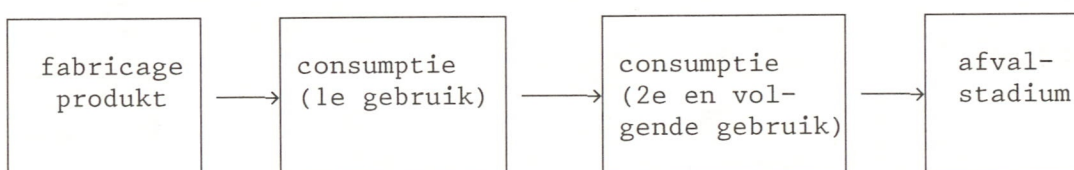
Vanwege de succesvolle introductie van de halfgeleider-technologie zijn vele apparaten technisch verbeterd en veel goedkoper geworden. Veel mechanica is vervangen door elektronika. Door miniaturisering, integratie van functies, digitalisering, introductie van chipcomponenten in plaats van draadcomponenten, ruimtelijke, driedimensionale opbouw van elektronische schakelingen, etc. is het gewicht van het elektronikadeel van een apparaat bij een gelijkblijvend aantal functies, duidelijk afgenomen. Er is sprake van een grondstoffenbesparing. Een tegengestelde tendens is dat aan bestaande apparatuur vele functies toegevoegd worden (bijvoorbeeld teletekst, afstandsbediening, voor te programmeren zenders bij een televisie). Desondanks neemt het gewicht van een apparaat geleidelijk

af. Dit wordt mede veroorzaakt door de substitutie van metalen onderdelen door kunststofonderdelen. Door de introductie van thermoplasten zijn ontwerpers, fabrikanten in staat verschillende onderdelen tot enkele grote te integreren. Dus naast miniaturisering enerzijds is afname van het aantal grotere onderdelen anderzijds in apparaten waarneembaar. Noemenswaardig van de in detail geanalyseerde apparaten is verder:

- De kleurentelevisie zal evolueren naar de H(igh) D(efinition) T(ele) V(ision) met LCD-schermen, die relatief weinig energie verbruiken.
- De microcomputer zal een wijdverspreide toepassing krijgen en door zijn capaciteit, toekomstige mogelijkheden, vele grotere computers uit de markt drukken. De sterke verbetering van de prijs/prestatie-verhouding; de afname van de absolute prijs; de toegenomen koopkracht; de introductie van nieuwe apparaten, etc. veroorzaken een sterke groei van het aantal in gebruik zijnde elektronische apparaten. De geschetste ontwikkelingen zorgen er voor dat de hoeveelheid afval, afkomstig van afgedankte apparatuur, in de toekomst zeker niet zal afnemen.

Produktlevensketen

In overleg met de begeleidingscommissie heeft een vereenvoudiging van de produktlevensketen plaatsgevonden.



Bij de fabricage speelt de toepassing van schone technologie een belangrijke rol; bij consumptie de gebruiksduur en het energieverbruik van het apparaat; bij afdanken de wijze van afvalverwerking, waarbij voorkomen dient te worden dat, de door de fabrikanten, ontwerpers, toegepaste, potentieel toxische elementen, kunnen weglekken naar de natuurlijke omgeving.

Welke produktieprocessen, onderdelen, materialen, stoffen, elementen toegepast zijn, volgt uit de karakterisering van de gekozen apparaten. Vanuit een analyse naar toegepaste onderdelen, verbindingvormen, materialen, stoffen, elementen, etc. zijn de volgende facetten af te leiden:

- De ten grondslag liggende fabricageprocessen met emissies, afvallen en energieverbruik.
- Het energieverbruik tijdens toepassing.
- Recyclingmogelijkheden van onderdelen, materialen in het afvalstadium.
- De milieuconsequenties bij de afvalverwerking (verbranding, gecontroleerd storten, partieel immobiliseren) van definitief afgedankte apparaten.

Met andere woorden de karakterisering van het produkt is de basis van de levensketenstudie. Bij complexe produkten zoals elektronische apparatuur past een modulegewijze benadering (het apparaat opgebouwd zien uit een aantal modules, grotere onderdelen).

Productie

De productie van apparaten c.q. onderdelen vindt voor het belangrijkste deel in het buitenland plaats, terwijl Nederland daarnaast ook onderdelen en specifieke apparaten exporteert. De import/exportproblematiek maakt beleid met betrekking tot de keuze van specifieke onderdelen, materialen, potentieel milieubelastende additieven en stoffen extra gecompliceerd. In overleg met de begeleidingscommissie is besloten dat de nadruk gelegd zou worden op de afvalfase.

Echter ook in Nederland worden elektronika-onderdelen geproduceerd, waarbij oppervlaktebehandelings- en reinigingsprocessen toegepast worden (met organische stoffen, zuren en basen). Daarbij ontstaan vooral gasvormige en vloeibare afvalstromen (koolwaterstoffen, al dan niet gehalogeneerd; zure c.q. alkalische (waterige) afvalstromen met opgeloste milieubelastende metalen). Deze stromen worden mogelijk beheersd door vergunningen c.q. wetgeving.

Onafhankelijk van de internationale aspecten kan in het kader van het vergunningenbeleid (in de toekomst geïntegreerd) gestreefd worden naar de toepassing van schone (schonere) processen.

De produktie van elektronische apparatuur en onderdelen zal naar alle waarschijnlijkheid steeds schoner worden. De afvalproblematiek zal echter nooit beperkt kunnen blijven tot alleen de afdankfase.

Gebruik apparatuur

De ontwikkeling van elektronenbuizen naar geïntegreerde schakelingen heeft geresulteerd in een sterke afname van het energieverbruik. Dit verbruik is voor de tv als apparaat uit de elektronische groep nog het hoogst. Van de huidige tv's verbruiken die met relatief grote beeldbuisdiameters duidelijk meer dan die met kleine diameters.

Het verbruik neemt toe, als extra voorzieningen (snelzoeksysteem, programmering zenders vanaf afstandsbediening, sleeptimer, etc.) aan het toestel toegevoegd worden.

De ontwikkeling van LCD-schermen dient aangemoedigd te worden, aangezien de energieconsumptie van deze schermen duidelijk lager is.

De levensduur is een belangrijke parameter; voor kleurentelevisies gemiddeld 11 - 14 jaar, voor microcomputers 5 - 10 jaar. De gegeven levensduren staan onder druk, vanwege het voortdurende aanbod van apparaten met nieuwe of verbeterde gebruiksmogelijkheden en de voortdurend gunstiger wordende prijs/prestatie-verhouding.

Bij afname van de gemiddelde levensduur zou de hoeveelheid afgedankte, te verwerken apparatuur duidelijk toenemen. Het verdient daarom aanbeveling om het 2e en volgende gebruik aan te moedigen.

Afvalstadium

Afgedankte apparatuur als afvalstroom zal in kwantiteit sterk groeien:

- het aantal toegepaste apparaten neemt sterk toe;
- de gemiddelde gebruiksduur van verscheidene apparaten staat onder sterke druk.

Er wordt geschat dat in het begin van de jaren negentig ruim 30.000 ton elektronische apparatuur/jaar in het afvalstadium terechtkomt en dat deze hoeveelheid zal toenemen tot 40.000 - 50.000 ton/jaar tegen het jaar 2000 [15]. Indien er geen recycling van materialen plaatsvindt, is de hoeveelheid ca. eenderde van die van shredderafval van autowrakken. Naast kwantitatieve spelen ook kwalitatieve aspecten een belangrijke rol. Van de geanalyseerde apparaten, komt duidelijk naar voren dat de "modules" printplaten, kunststof omkastingen en beeldbuizen potentieel milieubelastende elementen bevatten. De in het rapport beschreven analyse geeft aan dat het zware metalen aandeel van beeldbuizen ten opzichte van het aandeel van printplaten klein is. De stromen van enige elementen richting afvalstadium, afkomstig van de printplatenfractie van elektronische apparatuur, zijn globaal geschat voor het begin van de jaren negentig:

As	:	210 - 490	kg/j.
Sb	:	9330 - 12.310	kg/j.
Cd	:	650 - 2010	kg/j.
Hg	:	75 - 90	kg/j.
Cu	:	142.000 - 492.000	kg/j.
Pb	:	49.000 - 87.000	kg/j.
Zn	:	46.000 - 67.000	kg/j.
Cl	:	34.000 - 51.000	kg/j.
F	:	800 - 1.900	kg/j.
Br	:	55.000 - 110.000	kg/j.

Dat de zware metalen stromen van betekenis zijn, geven de volgende zware metalen stromen van andere bronnen aan:

• Pb van accu's (KCA vrijkomend)	:	≈ 500.000	kg/j.
• Pb van batterijen	:	2.700	kg/j.
• Pb van verfafvallen	:	104.000	kg/j.
• Cd uit batterijen	:	5900	kg/j.
• Hg uit lampen	:	300	kg/j.

In het geval van ongecontroleerd storten (uitloging van zware metalen) of verbranding zonder rookgasreiniging (uitstoot van dioxinen, benzo-

furanen en zware metalen, bijvoorbeeld Hg, Cd) zal er sprake zijn van een reële milieubelasting.

Met name de toegepaste brandvertragers in de omkastingen van microcomputers, onder andere polybroomverbindingen, vormen tijdens de verbranding toxische verbindingen, zoals chloor- en broomdioxinen, chloor- en broombenzofuranen. Beleid gericht op een gecontroleerde afvalverwerking en/of beperking c.q. verbod van bepaalde brandvertragers verdient aandacht.

Uitgaande van duurzame ontwikkeling (zie het Nationaal Milieubeleidsplan, 1989 [57]) is het dringend gewenst, dat stoffen, die voorkomen op de stoffenlijsten (zwarte stoffenlijst, prioritaire stoffenlijst, (chemische) afvalstoffenlijst) zoveel mogelijk vermeden worden. Voor de zwarte lijst stoffen geldt uitbanning (middels "best technical means" en "best practical means"); voor de prioritaire stoffen geldt de wettelijk vastgestelde streefwaarde. Uit het oogpunt van duurzame ontwikkeling is het ongewenst chemische afvalstoffen te produceren; op basis van kosten zou minimalisering van produktie ervan nagestreefd kunnen worden.

Elektronische apparatuur

Tijdens de studie zijn de kleurentelevisie en microcomputer als voorbeeldprodukten nader geanalyseerd. Daarbij is voor een modulebenadering gekozen. Als modules, (groepen) grote onderdelen, zijn onderscheiden beeldbuis; omkasting; dragermaterialen; elektronika, behalve printplaten; printplaten.

Behalve de beeldbuis komen de onderscheiden modules ook in andere elektronische apparaten, in meer of mindere mate voor. Dus kan de tijdens de studie gehanteerde analysesystematiek in principe ook toegepast worden voor de overige elektronische apparaten.

Inzamel- en verwerkingsstructuur

Om te voorkomen dat afgedankte apparatuur gestort of verbrand wordt, zal recycling gemaximaliseerd en geoptimaliseerd dienen te worden. Op de huidige wijze "verdwijnt" afgedankte apparatuur in de stromen huishoudelijk afval, grof huisvuil en bedrijfsafval.

De zwakke schakel in het geheel blijft de ontbrekende, op afgedankte apparatuur gerichte, inzamelstructuur. Het op één lokatie bij elkaar brengen van een voldoende grote hoeveelheid te recyclen apparatuur is momenteel nog problematisch. Een geschikte infrastructuur, gekoppeld aan een stelsel stimulerende maatregelen, zal ervoor dienen te zorgen, dat de bewuste apparatuur bij een daarvoor ingerichte recyclinginstallatie terechtkomt.

De verbetering van inzamel- en verwerkingsstructuren vereist een organisatorische benadering vanuit de technisch/economische mogelijkheden. Onderzoek zou kunnen aantonen hoe vanuit deze optiek de "infrastructuurele" kosten (inzamel-, opslag-, overslag- en transportkosten) en verwerkingskosten geminimaliseerd kunnen worden.

Ten behoeve van produkten, waarop geen statiegeld of inleverpremie komt te rusten, zou de inzameling via een haalmethode meer op recycling moeten worden gericht. Het verdient aanbeveling om zich daarbij in eerste instantie te concentreren op afgedankte apparaten in het grofvuil en bedrijfsafval. Een beter op recycling gerichte inzameling houdt bijvoorbeeld in dat op de gemeentelijke inzamelwagens speciale voorzieningen worden getroffen of dat een recuperant bij de inzameling wordt betrokken.

Op de korte termijn zal de aandacht geconcentreerd worden op een milieuhygiënisch verantwoorde inzameling en verwerking van reeds in omloop zijnde, spoedig af te danken apparatuur.

Ontwerpstadium

In de ontwerpfasen van apparaten en productieprocessen zouden fabrikanten veel meer rekening kunnen houden met de latere recycling- en afvalverwerkingsmogelijkheden respectievelijk op preventie gerichte proces-technologie.

Belangrijke in hoofdstuk 6 genoemde aspecten/maatregelen zijn:

- Productieprocessen
 - * Introductie interne regeneratieprocessen/"good housekeeping".

- * Afname aantal oppervlaktebehandelingsprocessen.
 - * Afname te behandelen oppervlak door miniaturisering en integratie van onderdelen.
 - * Introductie schonere processen waardoor minder hulpstoffen benodigd zijn.
 - * Substitutie van gehalogeneerde door niet-gehalogeneerde koolwaterstoffen; substitutie specifieke koolwaterstoffen door minder milieubelastende koolwaterstoffen of anorganische stoffen als hulpstoffen; substitutie van specifieke zuren en/of basen door minder milieubelastende anorganische stoffen.
- Produkten (grondstoffenkeuzes)
- * Door miniaturisering, integratie van functies, digitalisering neemt het aantal (later als afval te verwerken) elektronika-onderdelen af.
 - * Substitutie van metalen door bijvoorbeeld kunststoffen geeft naast een gewichtsafname ook een afname van het aantal onderdelen.
 - * Afname van het aantal onderdelen verhoogt het eventuele reparatiegemak en in een later stadium achtereenvolgens de mogelijkheden van opwaardering, herfabricage en recycling van materialen.
 - * Naast de afname van het aantal onderdelen past in het denken van preventiegericht hergebruiksvriendelijk ontwerpen de modulegewijze, ontmantelingsbewuste benadering. Indien de toegepaste verbindingen gemakkelijk te verbreken zijn en het apparaat gescheiden wordt in relatief gemakkelijk op te werken onderdelen (modules), wordt de opzet van recyclingsystemen eerder haalbaar.
 - * Indien vanwege de snelle technisch-economische ontwikkelingen (prijs apparaat wordt lager, prijs/prestatie-verhouding apparaat wordt gunstiger, etc.) de levensduurverlenging moeilijk haalbaar wordt, zal in het kader van ketenbeheer het accent gelegd dienen te worden op materialen-recycling; voor vele van de elektronische apparaten is daarvan sprake. Ontwerpers dienen daarom veel aandacht te schenken aan recyclingbewust ontwerpen:
 - het vermijden van moeilijk verbreekbare verbindingen;
 - het terugdringen van het aantal toegepaste materialen;

- het kiezen van gemakkelijk recyclebare materialen (zoals metalen of in geval van kunststoffen thermoplasten);
 - het kiezen van materialencombinaties die in het afvalstadium onderling gemakkelijk te scheiden zijn;
 - het vermijden van onnodig veel soorten kunststoffen naast elkaar; meer van hetzelfde maakt recycling aantrekkelijker;
 - het voorkomen van onnodige vermengingen, oppervlaktelagen, laminaten, etc.; door toepassing van complexe, nieuwe materialen bestaat de kans dat de hergebruiksmogelijkheden afnemen.
- * Daar waar mogelijk zou aandacht geschonken kunnen worden aan de substitutie van (bijvoorbeeld in het afvalstadium) potentieel milieubelastende stoffen, zoals zware metalen en halogeenverbindingen; bijvoorbeeld in printplaten, beeldbuizen en kunststofomkastingen.

89-050/R.22/IVS

8-1

8. LITERATUUR

- [1] A. Ansems.
Zware metalen, afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur.
In opdracht van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie, rapport nr. 86-297, Apeldoorn, december 1986.
- [2] M. v.d. Berg et al.
Potenties van produktbeleid.
Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit, Leiden, 1986.
- [3] H.K. Boswijk et al.
Micro-elektronika in beroep en bedrijf.
Stichting Toekomstbeeld der Techniek.
Delftse Universitaire Pers, Delft, nr. 31, 1981.
- [4] Onderwerpen met historie en toekomst.
Philips Technisch Tijdschrift, jaargang 43, nr. 2/3/4, juli 1986, p. 68.
- [5] J.D. Meindl.
Chips for advanced computing.
Scientific American, October 1987, p. 54.
- [6] Chips: geld is de grootste bottleneck.
Intermediair, 11 maart 1988, p. 7.
- [7] Het hart van de machine.
Intermediair, 7 juni 1985, p. 15.
- [8] TV-schermb geeft lijst van zenders.
ERM, 9 oktober 1985, p. 16.

89-050/R.22/IVS

8-2

- [9] Brede aanpak van submicrontechnieken leidt tot 0,3 micron grens in 1996.
Ingenieursinformatie, 29 juli 1988.
- [10] Chipsindustrie de motor van de economie.
Volkskrant, 5 december 1988.
- [11] 64 Megabit chip.
Volkskrant, 3 september 1988.
- [12] Geavanceerde siliciumtransistor van IBM.
PT Aktueel, 2 september 1987, p. 6.
- [13] J. Zondervan.
Meer ruimte in kleiner volume.
I²-Elektrotechniek/Elektronika, december 1988, p. 33.
- [14] Schakeling van de toekomst.
Ingenieursinformatie, 8 april 1988, p. 8.
- [15] J. Kortman et al.
Recycling van non-ferrometaal/kunststofcombinaties,
Deelonderzoek: Inventarisatie.
Interfacultaire Vakgroep Milieukunde, Universiteit van Amsterdam,
concept eindrapport, januari 1989.
- [16] De strijd om de vierkante millimeter, de produktie van elektronische componenten.
Intermediair, 19 augustus 1983, p. 25.
- [17] M. v.d. Hoven.
Oriënterend onderzoek naar de mogelijkheden tot terugwinning van grondstoffen uit elektronische apparatuur.
TNO, Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie, Apeldoorn, rapport ref.nr. 79-06963, juli 1979.

- [18] A. Ansems, F. Esmeyer.
Scheiding en recycling van non-ferrometaal/kunststofcombinaties.
Deelonderzoek: Karakterisering en recyclingprocessen.
TNO, Hoofdgroep Maatschappijke Technologie, Apeldoorn, concept
eindrapport ref.nr. 89-021/C1, maart 1989.
- [19] Inventarisatie van kleine hoeveelheden (<20 ton/jaar) chemisch
afval en probleemstoffen naar soorten en bronnen van ontstaan
(deelrapport 3 van het project Klein Chemisch Afval).
LAE-RIVM, Bilthoven, rapport nr. 851901001, mei 1985.
- [20] Grote Winkler Prins Encyclopedie, Achtste druk, deel 8.
Elsevier, Amsterdam, ISBN 9010023087.
- [21] Het laatste nieuws over beeldschermen.
Intermediair, 7 juni 1985.
- [22] Vloeibare kristalen maken televisie plat.
Volkskrant, 27 juni 1987.
- [23] Zeldzame aarden.
Chemisch Magazine, mei 1987, p. 295.
- [24] Prime Time wordt My Time.
Intermediair, 25 maart 1988, p. 1.
- [25] High definition television: Japan en Europa strijden om
wereldstandaard.
PT-Aktueel, nr. 47, 23 november 1988.
- [26] Hi-Vision brengt bioscoopfilm in de huiskamer.
Volkskrant, 5 december 1987.
- [27] A. Peled.
The next computer revolution.
Scientific American, October 1987, p. 35.

89-050/R.22/IVS

8-4

- [28] Veel investeringsplannen voor zakelijk gebruik personal computer.
PT-Aktueel, nr. 24, 15 juni 1988.
- [29] Microcomputers.
Volkskrant, 6 juli 1987.
- [30] H. Tolsma.
Speed is the name of the game.
Intermediair, 11 maart 1988, p. 3.
- [31] J. Verity, G. Lewis.
Rekenreuzen op retour.
Intermediair, 15 januari 1988, p. 23.
- [32] Het laatste nieuws over: Beeldschermen.
Intermediair, 7 juni 1985.
- [33] Notitie inzake preventie en hergebruik van afvalstoffen.
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en
Milieubeheer, Ministerie van Economische Zaken, Ministerie van
Landbouw en Visserij, Ministerie van Verkeer en Waterstaat,
's-Gravenhage, oktober 1988.
- [34] Industrial process profiles for environmental use: Chapter 30,
the electronic component manufacturing industry;
PEDCO Environmental, Inc., Cincinnati, Ohio, USA;
US Department of commerce, National Technical Information Service
(NTIS), Springfield, USA, April 1983.
- [35] De microcomputer wordt een reus.
Volkskrant, 20 september 1986, p. 33.
- [36] L. v. Biene, P. v.d. Linde.
Chip & Milieu, een verkennend onderzoek naar de milieugevolgen van
de chip-industrie in Nederland.
De Wetenschapswinkel, Nijmegen, januari 1988.

89-050/R.22/IVS

8-5

- [37] J.G. Wissema, R.F.G. van Lansberge.
Micro-elektronika en milieu, een terreinverkenning.
Bakkenist, Spits en Co, Organisatie Adviseurs; Den Haag, 16 mei 1984.
- [38] Bezit audiovisuele apparatuur en ontvangstmogelijkheden
buitenlandse tv-zenders 1987.
Nederlandse Omroepprogramma Stichting - Afdeling Kijk- en
Luisteronderzoek, R88-424, Hilversum.
- [39] Van der Burg, J., Van den Heuvel, A.L.W.C.M.
Reparatieservice in de elektrobranche.
Uneto, Den Haag, 1987.
- [40] Ogilvie.
Hergebruiksgedrag Particuliere Huishoudens 1986.
Amsterdam, maart 1987.
- [41] Ruimte voor Groei; kansen en bedreigingen voor de Nederlandse
economie in de komende 10 jaar.
Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, rapport no. 29,
1987.
- [42] Telefoongesprek met de heer F.V. Ledegang.
Uneto, Den Haag, 20-1-1987.
- [43] Centraal Bureau voor de Statistiek.
- [44] Velen tevreden met tweedehands koop.
Consumentengids, maart 1984, blz. 100-103.
- [45] VISKA, Gouda.
- [46] Centraal Bureau voor de Statistiek.
Automatiseringsstatistieken particuliere sector 1986, Den Haag,
1988.

89-050/R.22/IVS

8-6

- [47] Centraal Bureau voor de Statistiek.
Automatiseringsstatistieken overheidssector 1985-1986, Den Haag,
1988.
- [48] Milieuprogramma 1989-1992.
Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 20803, nrs. 1-2;
's-Gravenhage, september 1988.
- [49] Consumentengids, nr. 5, mei 1986, p. 227.
- [50] Consumentengids, nr. 11, november 1986, p. 522.
- [51] Consumentengids, nr. 5, mei 1987, p. 212.
- [52] Consumentengids, nr. 11, november 1988, p. 650.
- [53] Consumentengids, nr. 4, april 1989, p. 194.
- [54] Televisietoestellen en computers geven giftig gas af.
Volkskrant, 12 april 1989.
- [55] Consumentengids, nr. 11, november 1988, p. 630.
- [56] A. Klingenberg.
Brandvertragers; Stichting Natuur en Milieu, Utrecht, april 1988.
- [57] Nationaal Milieubeleidsplan (NMP).
SDU Uitgeverij, 's-Gravenhage, 1989.
- [58] A. Ansems.
Haalbaarheid van de opzet van een onderdelencentrale.
Studie in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma
Hergebruik van afvalstoffen (NOH).
TNO-MT, Apeldoorn, mei 1986.

89-050/R.22/IVS

9-1

9. VERANTWOORDING

- Naam en adres van de opdrachtgever:

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening
en Milieubeheer

- Namen en functies van de medewerkers:

Ir. A.M.M. Ansems - onderzoekleider

Drs. G. Gerritse

Dr.ir. E. Mot

Ir. J. v.d. Steen

- Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is
uitbesteed:

-

- Datum waarop, of tijdbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

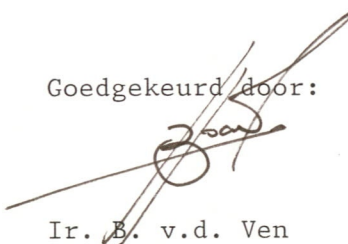
1 november 1987 tot en met 31 oktober 1989

- Ondertekening:



Ir. A.M.M. Ansems
onderzoekleider

Goedgekeurd door:



Ir. B. v.d. Ven
werkgroep leider

INHOUDSOPGAVE BIJLAGEN

BIJLAGE I	HISTORISCHE ELEKTRONIKA-ONTWIKKELINGEN
BIJLAGE II	PRIORITAIRE STOFFEN
BIJLAGE III	ANALYSES VAN PRINTPLATENFRACTIES MET BEHULP VAN NEUTRONENACTIVERING
BIJLAGE IV	METHODEN VOOR DE NAT-CHEMISCHE ANALYSES
BIJLAGE V	SAMENSTELLING OUDERE KLEURENTELEVISIE
BIJLAGE VI	KLEURENTELEVISIE ONTVANGTOESTELLEN 10 - 15 JAAR
BIJLAGE VII	KLEURENTELEVISIE ONTVANGTOESTELLEN $\leq$ 8 JAAR
BIJLAGE VIII	GEHALTE AAN ONDERDELEN/MATERIALEN IN KLEURENTELEVISIES
BIJLAGE IX	HISTORISCHE ONTWIKKELING MICROCOMPUTER
BIJLAGE X	(GEHEUGEN)COMPUTER MET MONITOR
BIJLAGE XI	GEHALTE AAN ONDERDELEN/MATERIALEN IN PERSONAL COMPUTERS
BIJLAGE XII	TOEKOMSTIGE ELEKTRONIKA-ONTWIKKELINGEN
BIJLAGE XIII	ONTWIKKELING BEELDBUIS
BIJLAGE XIV	HDTV (HIGH DEFINITION TELEVISION)
BIJLAGE XV	FACTOREN VAN BELANG VOOR DE TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING VAN DE MICROCOMPUTER
BIJLAGE XVI	PRODUKTIEPROCESSEN VAN ELEKTRONIKA-ONDERDELEN
BIJLAGE XVII	AFSTANDSBEDIENING EN TELETEKST
BIJLAGE XVIII	TEST KLEUREN-TV'S (BEELDDIAGONAAL CA. 51 CM)
BIJLAGE XIX	DISCUSSIENOTITIE "ELEKTRONISCHE APPARATUUR"
BIJLAGE XX	COMPUTERPROGRAMMA KLEURENTELEVISIES
BIJLAGE XXI	AANGENOMEN WAARDEN INPUT EN RESULTATEN
BIJLAGE XXII	PROJECTVOORSTEL

BIJLAGE I HISTORISCHE ELEKTRONIKA-ONTWIKKELINGEN

1. Miniaturisering

De miniaturisering wordt gezien als de grote drijfveer achter de sterke groei van elektronische toepassingen. Met name de verkleining van geïntegreerde schakelingen (chips) heeft voor de opzienbarende technologische innovaties gezorgd. De chip bestaat uit een klein stukje silicium, waarin een patroon van één of meer elektronische schakelingen is verwezenlijkt. Een elektronische schakeling bestaat uit een patroon van transistoren, weerstanden en condensatoren, dat een bepaalde functie uitvoert. Het streven is om de patronen, structuren van bouwelementen steeds verder te verfijnen, opdat meer schakelingen op een vierkante centimeter kunnen worden aangebracht. Naarmate er meer schakelingen op 1 cm² kunnen, daalt de prijs per schakeling.

In 1960 was de gemiddelde afmeting (grootte) van het patroon 25 μm . In 1980 was dit gedaald tot 2,5 μm [5]. Alle chipfabrikanten beheersen nu de 1,5 microntechnologie. Als maat voor de verkleining van die structuren geldt de breedte van de verbindingsdraden op een chip.

In de produktie wordt de 1,2 microntechnologie nu ingevoerd en de eerste prototype-chips met lijnbreedtes van één micron komen momenteel beschikbaar [6].

In absolute zin daalt de hoeveelheid benodigd materiaal per printplaat (aantal functies). Dit komt mede doordat een groter aantal functies op één chip geconcentreerd wordt (zie 2.). De verschuivingen in specifieke materialenkeuzes wordt nader beschouwd in 3.1.5.

Ter illustratie is in figuur 1 de afname in grootte van de condensator gegeven.

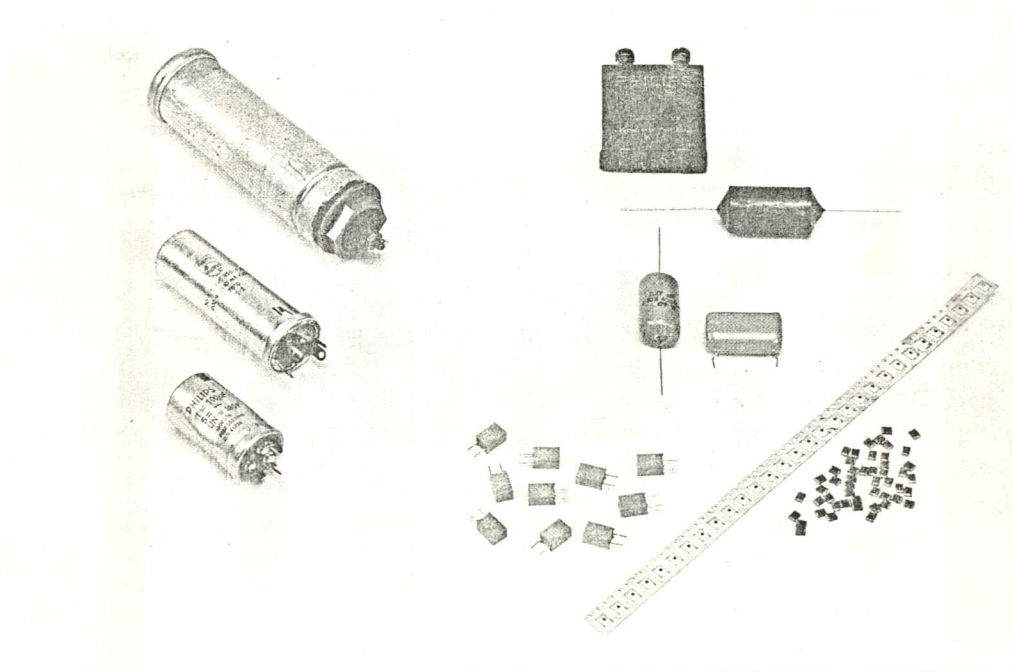


Fig. 1 Verkleining condensatoren

Links zijn een drietal elektrolytische condensatoren afgebeeld die zijn ontworpen voor gebruik in voedingsapparaten. Rechts zijn condensatoren te zien voor elektronische schakelingen. Bij de 3 voedingscondensatoren is sprake van toename van capaciteit, terwijl toch miniaturisering mogelijk is. Aan de rechterzijde van de figuur blijft de capaciteit constant. Geheel rechtsonder zijn chipcondensatoren te zien, die op een printplaat gelijmd worden (surface mounted device, zie 4).

2. Integratie van functies

De miniaturisering gaat gepaard met verdergaande integratie van functies.

Sinds de uitvinding van de chip (1958) is het gelukt steeds meer componenten (transistoren, weerstanden, condensatoren) op één schijfje silicium te integreren. De opeenvolgende stadia van integratie zijn op grond van het aantal componenten als volgt aangegeven [7]:

- "Small Scale Integration" (SSI): minder dan vijftig componenten.
- "Medium Scale Integration" (MSI): vijftig tot duizend componenten.
- "Large Scale Integration" (LSI): duizend tot vijftigduizend componenten.
- "Very Large Scale Integration" (VLSI): meer dan vijftigduizend componenten. De modernste chips vallen in deze categorie.

Voortdurend wordt nagestreefd een nog grotere integratie van functies op één en dezelfde chip te verwezenlijken, teneinde steeds meer circuits op hetzelfde oppervlak te krijgen. Want hoe kleiner de functies, hoe korter de weg die signalen behoeven af te leggen, hoe sneller er signalen overgebracht en verwerkt kunnen worden.

Momenteel kan één IC een gehele printplaat vervangen. Bij de beschrijving van de microcomputer (3.3) wordt nader op de integratie van functies ingegaan.

3. Digitalisering

Chips (geïntegreerde schakelingen) worden onderscheiden in analoge en digitale chips. In analoge chips zijn elektronische schakelingen ondergebracht die worden aangetroffen in audio-, video- en ook telecommunicatie-apparatuur (bijvoorbeeld versterkers). In computers zitten alleen digitale chips. Omdat digitale chips economische voordelen hebben ten opzichte van analoge chips, verdringen de eerste de laatste. De audio-, video- en telecommunicatietechniek wordt digitaal.

Digitale chips worden in drie groepen onderscheiden [7]:

- ≡ Processorchips (microprocessoren); deze chips bewerken informatie. De wijze van bewerken is programmeerbaar. De functie van deze chips kan dus (snel) worden gewijzigd. In samenwerking met andere, perifere chips zorgt de microprocessor onder andere voor de besturing van een (micro)computer.
- ≡ Geheugenchips: deze chips bewaren informatie.
- ≡ Perifere chips: deze chips vervullen functies in de in- en uitvoer van informatie, zoals het aansturen van beeldschermen, printers, toesensborden.

89-050/R.22/IVS

bijlage I-4

Een voorbeeld van digitalisering in de consumentenbranche vormt de onderdelenopbouw in een nieuwere kleurentelevisie van Blaupunkt. Het nieuwe TRONIC-toestel is voorzien van het digitale chassis FM 130 Digitronic. Op dit nieuwe FM-130 chassis zijn 300 conventionele onderdelen vervangen door 4 nieuwe onderdelen 84 "digibriden") [8].

4. Verschuiving van draadcomponenten naar chipcomponenten

Weerstanden, condensatoren, transistoren, diodes, IC's (geïntegreerde schakelingen) en andere functies worden op termijn chips ("blokjes"). Het voordeel daarvan is, dat ze allemaal aan dezelfde zijde op de printplaat bevestigd kunnen worden; er hoeft bijvoorbeeld niet meer door een plaat geboord te worden. Doordat de bevestiging gemakkelijk wordt, is deze procesmatige kanding te automatiseren, hetgeen in een kostenreductie resulteert.

Daarom zullen draadcomponenten steeds meer vervangen gaan worden door chipcomponenten.

De voordelen van de oppervlakte-montagetechniek (grote montagedichtheid, lage assemblagekosten, kleine printplaten) zijn binnen bereik gekomen.

89-050/R.22/IVS

bijlage II-1

BIJLAGE II PRIORITAIRE STOFFEN

Het in het NMP genoemde thema Verspreiding is gericht op een verwaarloosbaar risico van milieugevaarlijke stoffen. Uitwerking hiervan vindt plaats aan de hand van het effectgerichte spoor en het brongerichte spoor.

Het brongerichte spoor wordt gekenmerkt door de zwarte lijst stoffen. Het beleid is gericht op "0-niveau of natuurlijk achtergrond niveau". Om dit te bereiken dient uitgegaan te worden van de "best technical means". Aangezien de meeste zware metalen tot deze lijst behoren, is dit beleid van kracht. Aanvullend op het brongerichte spoor is er sprake van het effectgerichte spoor. Het doel hiervan om emissiereducties van de prioritaire stoffen (voor overzicht, zie tabel 1) te bewerkstelligen - tot het niveau van de streefwaarde. Deze wordt vastgesteld voor het milieukritische compartiment. In geval deze streefwaarde nog niet is vastgesteld kan worden uitgegaan van de milieukwaliteitseisen per afzonderlijk compartiment; voor lucht, voor oppervlaktewater de basis-kwaliteitsnorm, voor bodem respectievelijk waterbodem de referentie waarde.

Het thema verspreiding hanteert tevens als uitgangspunt, in het kader van duurzame ontwikkeling, het sluiten van stofkringlopen.

Ten aanzien van de afvalproblematiek gelden er andere uitgangspunten (thema verwijdering). Aangezien de afvalproblematiek zich aan het einde van de procesketen bevindt zal in het kader van duurzame ontwikkeling getracht moeten worden de afvalproduktie te beperken. Dit geldt voor alle afvalstoffen. Aangezien het afval meer en meer een kostenpost van belang wordt voor bedrijven is beperking van afvalstromen ook in het belang van de producenten. De grootte van de kostenpost is mede afhankelijk van de Wca. Deze wet bepaalt, op grond van normen, wanneer een bepaald produkt chemisch afval is. De lijst prioritaire afvalstoffen ten slotte geeft een overzicht van de 75 meest problematische afvalstoffen in Nederland. Beperking, hergebruik etc. ten aanzien van deze stoffen verdient dan ook de grootste aandacht. Alhoewel zware metalen niet herkenbaar op deze lijst voorkomen, zijn er vele prioritaire afvalstoffen te noemen, die bijvoorbeeld veel zware metalen bevatten (jarosiet,

89-050/R.22/IVS

bijlage II-2

batterijen, verf- en spuitafval). Aparte vermelding verdient kunststofafval, dat zowel vanwege zware metalen, PVC-toepassing als vanwege toepassing van broomhoudende brandvertragers tot de prioritaire afvalstoffen behoort.

Het gebruik van de hierboven genoemde prioritaire stoffen en prioritaire afvalstoffen dient teruggebracht te worden, op een dusdanige manier dat aan de milieukwaliteitseisen voldaan wordt. Door hier in de ontwerpfase rekening mee te houden garandeert dit de beste oplossing.

Tenslotte volgt een summier overzicht van de betreffende milieukwaliteitseisen; in dit overzicht wordt uitgegaan van die eisen, die voor een duurzame ontwikkeling van belang zijn (zie tabel 2).

89-050/R.22/IVS

bijlage II-3

Tabel 1 Lijst van prioritaire stoffen en basisdocumenten.

	Jaar van publicatie basisdocument ¹ (publicatie volgt na advies Gezondheids- raad)	Beleid is reeds geformuleerd ²
I. Verzurende en vermestende stoffen		
- ammoniak	1990*	
- fosfaat		x
- nitraat	1988*	
- stikstofoxyden		x
- zwaveldioxyde		x
II. Metalen en metalloïden		
- arseen	1989	
- cadmium	B	
- chroom (VI)	1989*	
- koper	GR	
- kwik		
- lood	1989 of later	
- zink	1989 of later	
III. Organische verbindingen		
a. Niet gehalogeneerd		
- aardolie en (gasvormige) koolwaterstoffen		
- acroleïne		
- acrylonitril	C	IMP-M 87-91
- benzeen	B	MPV-88/IMP-M 86-90
- etheen		
- fenol(en)	C	MPV-89
- methanal (formaldehyde)		x
- ftalaten		
- methylbenzeen (tolueen)	GR	
- propyleenoxyde (methyloxiraan)	B	MPV-89
- ethyleenoxyde (oxiraan)	C	MPV-88
- polycyclische aromatische koolwaterstoffen		
- fen	1989	
- styreen	C	MPV-89
b. Gehalogeneerde aromaten		
- chlooranilines		
- chloorbenzenen	1989*	
- chloorfenolen	1989*	
- dioxinen		
- PCB's en PCT's		x
c. Overige gehalogeneerde verbindingen		
- chloorfluorkoolwaterstoffen		
- 1,2-dichloorethaan	C	MPV-88
- dichloormethaan	B	MPV-89
- hexachloorcyclohexaan	B	
- methylbromide		MPV-88
- tetrachlooretheen	C	IMP-M 86-90
- tetrachloormethaan	C	MPV-89
- 1,1,1 trichloorethaan		
- trichlooretheen	C	IMP-M 86-90
- trichloormethaan	C	MPV-89
- vinylchloride	C	IMP-M 87-91
IV. Overige stoffen		
- asbest	GR	
- fluoriden	1989	
- koolmonoxide		x
- ozon	B	
- stof (fijn)	C	
- stof (grof)	B (voorstudie)	
- zwavelwaterstof		

* Planning bijgesteld t.o.v. MPV-88

¹ C = reeds gepubliceerd criteriadocument

B = reeds gepubliceerd basisdocument

GR = is voor advies bij Gezondheidsraad

² X = beleid is geformuleerd voor 1985

Tabel 2 Overzicht milieukwaliteitseisen

	Zwarte lijst	Prior.st. lijst	Lucht M.A.C. (mg/m ³)	Opp./grond- water (µg/l)	bodem (mg/kg.ds)	afval (Wca) (mg/kg)
As	X	X	0,5	10	25	50
Sb		aandacht- stof	0,5 ('86)	10	X	X?
Cd	X	X	0,02	1,5	0,8	50
Hg	X	X	0,05	0,05	0,3	50
Cu		X	1	<15	25	5000
Pb	X	X	0,15	15	50	5000
Zn	X	X	1	150	180	20.000

89-050/R.22/IVS

bijlage III-1

BIJLAGE III: ANALYSES VAN PRINTPLATENFRACTIES MET BEHULP VAN NEUTRONENACTIVERING

Bij de toepassing van neutronenactiveringsanalyse is het in principe zo, dat alle elementen die geactiveerd kunnen worden, door bestraling met neutronen, radioactief worden gemaakt. Een te onderzoeken monster, waarin elementgehalten moeten worden bepaald, wordt daartoe ingewogen in een polytheen capsule, waarna deze capsule gedurende een geschikte tijd wordt bestraald met neutronen. Dit gebeurt in de Hoger Onderwijs Reactor in Delft met behulp van een buizenpostsysteem. Na activering van de elementen zendt elk element specifieke gammastraling uit die karakteristiek is voor elk element. Naast specifieke gamma-energieën heeft elk element ook een eigen halfwaardetijd die kan variëren van seconden tot jaren. Door nu kort na de bestraling een gammaspectrum op te nemen, kunnen kortlevende elementen worden gemeten. Een meting na enkele dagen levert de elementen met een lange halfwaardetijd.

De metingen worden uitgevoerd met een Germanium halfgeleiderdetector die een zeer hoog oplossend vermogen heeft en in staat is alle uitgezonden gamma-energieën naast elkaar te detecteren, zonder dat vooraf een scheiding aan het oorspronkelijke monster hoeft te worden uitgevoerd.

Met behulp van computerprogramma's kunnen de gemeten gamma-energieën in een gammaspectrum worden toegeschreven aan een bepaald element en de intensiteit van de desbetreffende gammalijn levert het gehalte van dit element.

De bepaling is gebaseerd op een "single comparator" methode met zink als referentie-element, dat tijdens de bepaling naast een monster meegaat.

Bestralingscondities

Monstergewicht	200 mg
Bestralingstijden	3 sec, 2 hr
Wachttijden	15 min, 6 dagen, 3 weken
Meettijden	5 min, 1 hr, 3 hr.

Zowel bij de korte meting als bij de middenmeting was de activiteit, gevormd uit het mangaan overheersend.

89-050/R.22/IVS

bijlage III-2

Analyses van printplatenfracties

	Printplatenfractie		
	Pnieuw ¹⁾ (ppm)	Mixed ²⁾ (ppm)	Pcloud ³⁾ (ppm)
Na	1.840	2.070	1.580
Al	48.000	63.600	47.400
Cl	1.860	3.160	1.490
K	< 102.000	< 95.000	< 90.000
Sc	1,7	2,7	3,1
Ti	< 13.000	< 13.000	< 10.300
V	<200	< 190	< 130
Cr	1.610	997	1.075
Mn	21.500	16.300	17.800
Fe	108.300	108.700	76.800
Co	83	91	88
Ni	3.160	7.250	2.040
Cu	37.000	44.900	29.800
Zn	14.500	21.500	14.160
As	< 52	< 33	< 71
Se	< 10	< 6	< 11
Br	27.000	14.760	29.500
Rb	< 112	< 47	< 60
Sr	< 930	< 730	< 890
Zr	< 1.000	384	< 660
Mo	155	< 130	579
Ru	< 57	17	< 61
Ag	757	674	1.053
Cd	395	347	326
Sn	31.350	33.400	16.300
Sb	4.500	2.820	4.150
J	< 170	< 170	< 150
Cs	1,7	1,6	< 1,9
Ba	3.580	2.260	6.140
La	29	71	27
Ce	51	21	22
In	< 1,9	< 2,3	< 2,1
Eu	1,9	1,6	1,4
Tb	< 0,7	< 0,6	< 0,9
Yb	< 4	< 2	< 4
Lu	< 0,5	< 0,4	< 0,5

89-050/R.22/IVS

bijlage III-3

Analyses van printplatenfracties (vervolg)

	Printplatenfractie		
	Pcnieuw ¹⁾ (ppm)	Mixed ²⁾ (ppm)	Pcloud ³⁾ (ppm)
Hf	5,3	5,5	11,3
Ta	192	59	113
W	< 63	< 46	< 88
Ir	< 0,05	< 0,03	< 0,04
Au	92	31	70
Hg	9,0	8,3	< 17
Th	2,7	2,7	4,3
U	< 36	< 26	< 40
Ga	< 1.000	< 760	< 1.270
Ge	< 240.000	< 180.000	< 290.000
Pr	< 750	< 740	< 1.130
Pd	< 1.210	< 1.100	< 1.500
Rh	< 2.100	< 2.100	< 1.600

1) printplatenfractie van relatief nieuwe personal computers

2) printplatenfractie van een aantal audio-/video-apparaten

3) printplatenfractie van relatief oude personal computers

89-050/R.22/IVS

bijlage IV-1

BIJLAGE IV METHODEN VOOR DE NAT-CHEMISCHE ANALYSES

	Ontsluitingsmethode	Elementbepaling
Arseen	NEN 6464 + $K_2S_2O_8$	NEN 6457
Antimoon	NEN 6464 + $K_2S_2O_8$	NVN 6433/F.AAS
Cadmium	NEN 6464	NEN 6452
Beryllium	NEN 6464	NEN 6435
Kwik	NEN 6464 + $K_2S_2O_8$	NEN 6449
Koper	NEN 6464/NEN 6465	NEN 6451
Lood	NEN 6465	NEN 6453
Zink	NEN 6465	NEN 6443
Chroom (VI)	Uitloggen met 5% Na_2CO_3 -opl	NEN 6485
Chloride } Fluoride }	Verbranding bij 1300 °C. Verbrandingsgassen opvangen in impingers, gevuld met 0,1 N NaOH-opl.	NEN 6660 NEN 3104

NEN 6464: Ontsluiting met salpeterzuur-zwavelzuur (Fleischmann-zuur)

NEN 6465: Ontsluiting met salpeterzuur-zoutzuur (Koningswater)

F.AAS: Atomaire absorptie spectrometrie-vlamtechniek

89-050/R.22/IVS

bijlage V-1

BIJLAGE V SAMENSTELLING OUDERE KLEURENTELEVISIE

Gewichtsverdeling met handgereedschap gedemonteerde tv [17]

	Siemens Bildmeister FC 300	
	(kg)	(%)
Beeldbuis	21,8 [*])	46
Kast	10,9	23
Elektronika	14,7	31
Totaal	47,4	

* Hierbij is het zogenaamde schaduwmasker (bestaande uit metalen, massa 1,5 kg) inbegrepen.

89-050/R.22/IVS

bijlage VI-1

BIJLAGE VI KLEURENTELEVISIE ONTVANGTOESTELLEN 10 - 15 JAAR

	ARISTONA type AR 6SK 394/02 (ouderdom: 15 jaar) nr. A 891380 (g) (%)		ROLAND NORDMENDE (ouderdom: 11 jaar) nr. 17299 (g) (%)		IMPERIAL CT 926 (ouderdom: 10 jaar) fabr. 190510 (g) (%)	
Kast (hout)	7.600	20,4	6.400	15,9	3.600	8,7
Beelbuis	18.000	48,1	20.700	51,4	21.000	50,5
Kunststof front en bodem					2.500	6,0
Beeldbuisspoel	1.478	4,0	1.658	4,1	1.732	4,2
Trafo	488 ¹⁾	1,3	1.435 ²⁾	3,6	2.624 ³⁾	6,3
Luidspreker	221	0,6	504	1,3	315	0,8
Kabel om beeldbuis (koper)	587	1,6	902	2,2	476	1,1
Kunststof achterwand	1.995	5,3	1.520	3,8	1.590	3,8
Kunststoffen	60	0,2	611	1,5	752	1,8
Non-ferro	105	0,3	703	1,7	750	1,8
Ferro	1.420	3,8	550	1,4	550	1,3
Condensator	-		-		197	0,5
Spoelen	397	1,0	-		-	
Bedrading	530	1,4	680	1,7	440	1,1
Buizen	338	0,9	-		126	0,3
Contact- en schakel- materiaal	220	0,6	53	0,1	110	0,3
Printplaten compleet	3.946	10,6	4.572 ⁴⁾	11,3	4.848	11,7
	<u>37.327</u>		<u>40.288</u>		<u>41.610</u>	

1) 2 stuks

2) 3 stuks

3) 3 stuks

4) afstandsbediening inclusief (door middel van kabel)

89-050/R.22/IVS

bijlage VII-1

BIJLAGE IV METHODEN VOOR DE NAT-CHEMISCHE ANALYSES

	Ontsluitingsmethode	Elementbepaling
Arseen	NEN 6464 + $K_2S_2O_8$	NEN 6457
Antimoon	NEN 6464 + $K_2S_2O_8$	NVN 6433/F.AAS
Cadmium	NEN 6464	NEN 6452
Beryllium	NEN 6464	NEN 6435
Kwik	NEN 6464 + $K_2S_2O_8$	NEN 6449
Koper	NEN 6464/NEN 6465	NEN 6451
Lood	NEN 6465	NEN 6453
Zink	NEN 6465	NEN 6443
Chroom (VI)	Uitloggen met 5% Na_2CO_3 -opl	NEN 6485
Chloride } Fluoride }	Verbranding bij 1300 °C. Verbrandingsgassen opvangen in impingers, gevuld met 0,1 N NaOH-opl.	NEN 6660 NEN 3104

NEN 6464: Ontsluiting met salpeterzuur-zwavelzuur (Fleischmann-zuur)

NEN 6465: Ontsluiting met salpeterzuur-zoutzuur (Koningswater)

F.AAS: Atomaire absorptie spectrometrie-vlamtechniek

88-050/R.22/IVS

bijlage VIII-1

BIJLAGE VIII GEHALTE AAN ONDERDELEN/MATERIALEN IN KLEURENTELEVISIES

Type Bouwjaar	GREATZ 2742 1978 (kg) (gew%)		EXPERT 6833 1984 (kg) (gew%)		REX 26 RT 435 1985 (kg) (gew%)		REX 26 RT 418 1986 (kg) (gew%)		BARCO-GAGUIN 9911965 1986 (kg) (gew%)	
Totaal gewicht	26,4		37		35,2		33,9		38,8	
Gew. beeldbuis	14,3	(54,2)	22,5	(60,8)	22,3	(63,4)	22,0*	(64,9)	22,3*	(57,5)
" omkasting (hout)	4,5	(17,0)	6,0	(16,2)	6,6	(18,8)	6,0	(17,7)	6,5	(16,8)
" achterwand (kunststof)	1,33	(5,0)	1,6	(4,3)	1,53	(4,3)	1,6	(4,7)	1,6	(4,1)
" luidspreker	0,1	(0,4)	0,18	(0,5)	0,49	(1,4)	0,43	(1,3)	0,2	(0,5)
" bedrading	0,38	(1,4)	0,35	(0,9)	0,29	(0,8)	0,36	(1,1)	0,48	(1,2)
" bevestigingsmatr.	0,03	(0,1)	0,03	(0,1)	0,05	(0,1)	0,03	(0,1)	0,04	(0,1)
" losse kunststofdelen	0,41	(1,6)	0,41	(1,1)	0,26	(0,7)	0,55	(1,6)	0,92	(2,4)
" losse metalen delen	0,76	(2,9)	1,1	(3,0)	—		—		—	
" hout	0,38	(1,4)	—		—		—		1,0	(2,6)
" gew. printplaten	4,21	(15,9)	4,87	(13,2)	3,7	(10,5)	2,9	(8,5)	5,72	(14,7)
* incl. afbuigspoel (vastgelijmd)										
Aantal printplaten	10		21		16		11		21	
Printplaatonderdelen (stuks):										
Zekeringen	2		8		6		5		10	
Transformatoren	3		3		6		6		6	
Gelijkrichters	.		4		.		.		.	
LED's	5		2		11		2		14	
Thyristors	.		.		2		.		.	
Potmeters	35		29		19		21		49	
Spoelen	36		71		64		52		63	
Kristallen	3		5		4		4		2	
IC's	12		23		23		16		29	
Dioden	47		130		102		100		168	
Condensatoren	180		340		253		177		465	
Weerstanden	335		630		477		340		694	
Transistoren	39		113		60		60		97	
Oppervlakte printplaten (dm²)	19		28		17		16		45,5	

89-050/R.22/IVS

bijlage IX-1

BIJLAGE IX HISTORISCHE ONTWIKKELING MICROCOMPUTER

Voor de ontwikkeling van computers zijn 2 aspecten van enorm belang: De geheugencapaciteit en de rekensnelheid. Met miniaturisering en integratie van functies op één chip worden beide aspecten tegelijkertijd verhoogd.

De beperkende factor voor verregaande introductie van computerapparatuur in de breedte in de samenleving is volgens Peled dan ook niet de hardware - de kast met inhoud - maar veel meer de ontwikkeling van aangepaste informatiedragers [27].

Vóór 1975 bestond de markt van personal computers in Nederland nog nauwelijks. Slechts kleine bedrijven kochten een eerste computer.

Tussen 1984 en 1985 begon de hausse en na een inzinking in 1987 begonnen in 1988 ook vooral grotere bedrijven personal computers aan te schaffen [28].

Cijfers over West-Europa bevestigen deze analyse [29]. Het aantal microcomputers in West-Europa, zowel voor zakelijk gebruik als in huis, is van 1984 tot 1987 als volgt toegenomen:

- . Gebruik thuis : in 1984: 37.000; in 1987: ca. 0,5 miljard.
- . Zakelijk gebruik; in 1984: 740.000; in 1987: ca. 2,1 miljard.

De analyse is gebaseerd op microcomputers, van ca. 2500 gulden, of duurder.

De snelste microcomputer van dit moment is waarschijnlijk de Compaq 386/20; gebaseerd op de Intel 80386 processor. Deze chip bevat meer dan 275 duizend transistoren en 1 miljoen andere componenten op een oppervlak van anderhalve vierkante centimeter. De beschouwde computer is een 32-bits micro. Een bit is de kleinste informatieverwerkende eenheid in een computer. Het kan twee waarden aannemen: nul of één. Er zijn 8 bits nodig om een karakter (letter, cijfer, leesteken) te verwerken. Een 8-bits computer verwerkt slechts één karakter tegelijk. Een 16-bits computer kan met twee, een 32 bits met 4 karakters tegelijk manipuleren. Een 32-bits computer is dus in principe 4 maal zo snel als de 8-bits en wordt als de derde generatie personal computer beschouwd. Zo werd de Apple II met zijn eigen Apple-werksysteem de krachtigste van de 8-bits

89-050/R.22/IVS

bijlage IX-2

machines. Daarna kwam IBM met de tweede generatie 16-bit machines met de de Intel 8088-chip.

Veelzeggend is dat de computergigant IBM en een 150-tal andere computerfabrikanten reeds bezig zijn rond de 386-chip "desktop"-computers te ontwikkelen, die evenveel kunnen presteren als de veel grotere mini- en mainframe computers, die vaak nog geheel ruimtes vullen [35].

89-050/R.22/IVS

bijlage X-1

BIJLAGE X (GEHEUGEN) COMPUTER MET MONITOR

	HAZELTIME 1500 Type CO 3 Serienr. 106345 (g) (%)	
Behuizing kunststof	5.600	33,7
Beelschermplaat kunststof	188	1,1
Beeldbuis	3.052	18,3
Non-ferro	1.423	8,6
Ferro	290	1,7
Trafo	2.716	16,3
Bedrading	594	3,6
Condensator	123	0,7
Schakelmateriaal	163	1,0
Beeldschermspoel	397	2,4
Printplaten (compleet)	2.088	12,6
	16.634	

88-21/R.22/IVS

bijlage XI-1

BIJLAGE XI GEHALTE AAN ONDERDELEN/MATERIALEN IN PERSONAL COMPUTERS

Type Bouwjaar	Personal computer					
	COMMODORE PC 1 1988 (kg) (gew%)		TULIP Extend 1985 (kg) (gew%)		COMMODORE 4032 1980 (kg) (gew%)	
Totaal gewicht	10,9		20,8		16,9	
Gew. beeldbuis	3,1*	(28,4)	3,5*	(16,8)	1,7	(10,1)
" omkasting (hout)	3,07	(28,2)	4,12	(19,8)	4,46	(26,4)
" metalen ferro	1,96	(18,0)	7,83	(37,6)	4,79	(28,3)
" " non-ferro	0,6	(5,5)	2,14	(10,3)	0,1	(0,6)
" bedrading en bevestigingsmatr.	0,92	(8,4)	0,7	(3,4)	0,1	(0,6)
" afbuigspoel	-		-		0,17	(1,0)
" motoren	-		-		-	
" trafo	-		-		2,72	(16,1)
" elektromagneten	-		-		-	
" gew. printplaten	1,28	(11,7)	2,56	(12,3)	2,98	(17,6)
* incl. afbuigspoel (vastgelijmd)						
Aantal printplaten	7		14		3	
Printplaatonderdelen (stuks):						
Zekeringen						
Transformatoren	2		2		2	
Batterij	.		1		.	
LED's	3		9		.	
Potmeters	7		15		2	
Spoelen	4		4		3	
Kristallen	2		7		1	
IC's	78		209		81	
Dioden	44		52		33	
Condensatoren	184		297		114	
Weerstand	138		344		86	
Transistoren	15		41		18	
Oppervlakte printplaten (dm ²)	12		25		19	

89-050/R.22/IVS

bijlage XII-1

BIJLAGE XII TOEKOMSTIGE ELEKTRONIKA-ONTWIKKELINGEN

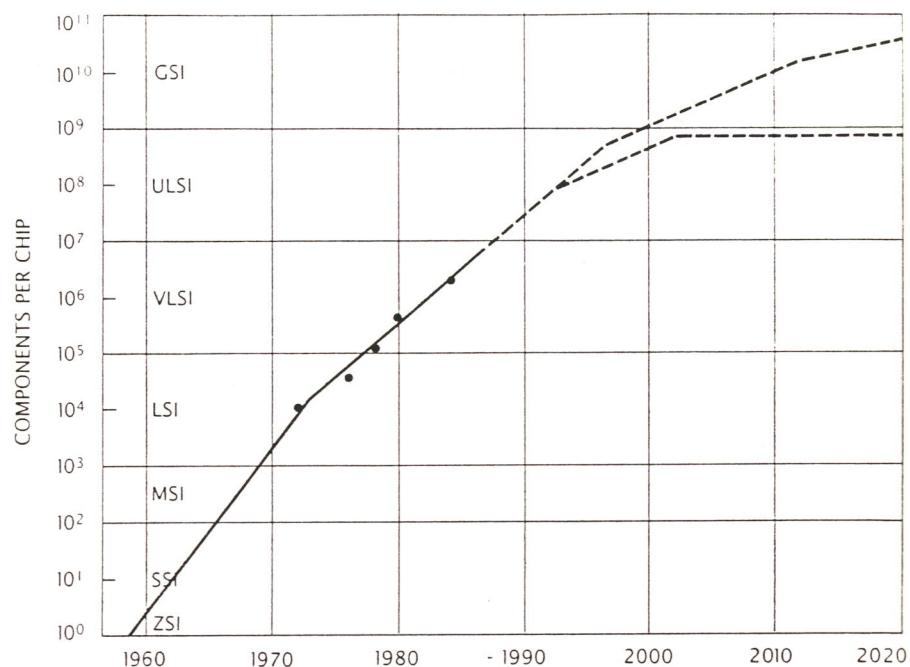
1. Miniaturisering en integratie van functies

De verkleining van de patronen op de chips en daarop volgend het verdergaand integreren van vele functies op één chip zal zich onverminderd voortzetten.

Zoals in 3.1 opgemerkt zijn momenteel chips met lijnbreedtes van 1 micron beschikbaar. De verwachting is dat in geavanceerde proeffabricage-lijnen in 1990 $0,7 * 10^{-6}$ m lijnbreedte voor geheugenchips gerealiseerd wordt. In 1993 zal men voor deze soort van schakelingen, naar verwachting tot $0,5 * 10^{-6}$ m komen en in 1996 tot $0,3 * 10^{-6}$ m [9]. De ontwikkelingssnelheid wordt mede bepaald door de fabricagemogelijkheden in massaproductie op praktijkschaal.

De effectieve oppervlakte van een chip wordt steeds groter. Jarenlang zijn chips gemaakt met een oppervlakte van anderhalve vierkante centimeter. Naarmate de structuren op de chip steeds kleiner worden en de chip zelf groter, neemt het aantal functies op de chip sterk toe. De 1 megabit chip bevat 8 miljoen transistoren [6]. Het is een geheugenchip die meer dan één miljoen bits gegevens op kan slaan, de inhoud van een boek van ca. 500 pagina's.

In figuur 1 wordt de toekomstige ontwikkeling geïllustreerd.



NUMBER OF COMPONENTS PER CHIP doubled annually in the 1960's. In about 1972 designers ran out of unused space on the chip for additional components, and the rate fell somewhat. Nevertheless, according to the more optimistic projection, gigascale integration (GSI)—a one-billion-component chip—will be achieved by the year 2000. (The projections differ in assumptions about limits imposed by chip-fabrication processes.)

Figuur 1

Men verwacht op zijn vroegst over vijftientig jaar tegen de grenzen van de verkleining van de structuren op een chip te komen. De productie stelt barrières: Van alle geproduceerde chips lukt gemiddeld 60-70 procent.

Bij de ingewikkelde 1 megabit chip bedroeg het uitvalpercentage in 1988 nog 90% in de proeffabriek van Philips te Eindhoven [10]. In stofvrije ruimtes tracht men de opbrengst door middel van geautomatiseerde productielijnen (mensen verspreiden stof) sterk te verbeteren. Ondanks de hoge moeilijkheidsgraad wordt toch verwacht dat chips met hogere geheugencapaciteiten in de toekomst geproduceerd gaan worden. Enkele opmerkelijke feiten zijn nog:

- . Met behulp van röntgenstraling heeft IBM reeds elektronische circuits gemaakt, die de weg vrijmaakt voor de produktie van geheugenchips met een capaciteit van 64 megabit (lijnbreedtes zijn 0,5 micron) [11].
- . Philips verwacht dat in 1996 de 16 megabit chip geïntroduceerd wordt [9].
- . IBM heeft siliciumtransistoren van ca. 0,1 micron ontwikkeld. Daarbij zijn op laboratoriumniveau geavanceerde lithografische methoden ontwikkeld om de ultra-dunne verbindingen aan te brengen. De toegepaste technieken zouden in de toekomst moeten leiden tot de 256 megabit chip.

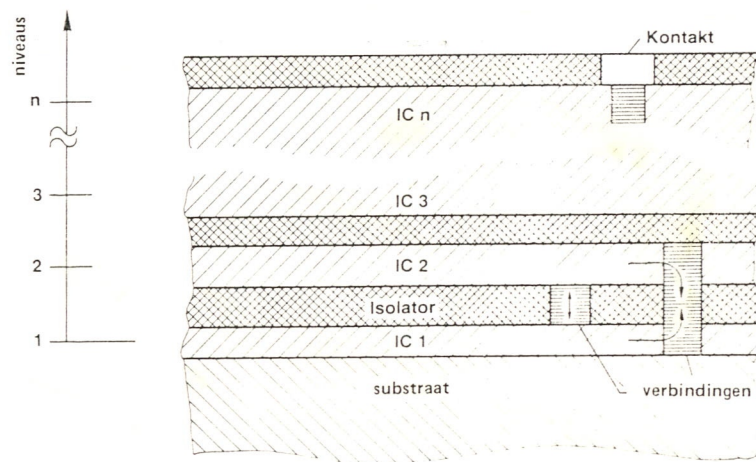
Tot nu toe werd de miniaturisering en integratie bereikt in het platte valk (2 dimensies). Voor de toekomst zal echter het oog gericht zijn op de derde dimensie.

Men schat dat dezelfde schakeling slechts een honderdste van het oorspronkelijke oppervlak nodig heeft [13]. Er zijn nu nog wel technologische beperkingen zoals opbrengst en warmte-afvoer. De driedimensionale schakeling (3D-IC) bestaat uit een aantal op elkaar gestapelde componenten, die telkens een halfgeleiderlaag bevatten. Op elk niveau is spake van een oorspronkelijke tweedimensionale-IC.

De lagen die componenten bevatten, worden door isolerende tussenlagen (eventueel van CaF_2) van elkaar gescheiden. Zo'n tussenlaag kan zowel polykristallijn als amorf of een eenkristal zijn. De diverse niveaus worden door middel van discrete leidingen met elkaar verbonden, terwijl alle componenten via contacten op de bovenste laag worden bereikt. In figuur 2 is het principe weergegeven [13]. Zowel integratie als signaalsnelheid nemen meertoe dan aan de hand van het aantal niveaus verwacht zou worden. Hierbij moet worden opgemerkt dat thans maximaal 3 tot 4 lagen hanteerbaar zijn. 3D-IC's zijn in de volgende situaties toepasbaar [13]:

- . Daar waar snelle signaalverwerking of snelle toegang tot geheugenplaatsen interessant is. Dit is mogelijk vanwege de korte leidingen bij 3D-opstellingen.

- . Daar waar speciale componenten met eigen besturings- of uitleeselektronika gekoppeld moeten worden.



Figuur 2 Principe van driedimensionale (3D) integratie

2. Veranderingen in uiterlijk en bevestiging van chips

In 3.1.4 is reeds aangegeven dat er een verschuiving zal plaatsvinden van draadcomponenten naar chipcomponenten. Chips worden bijvoorbeeld op printplaten gelijmd en van de draadcomponenten worden de draaduiteinden met de voorgedrukte bedrading verbonden.

Texas Instruments wil zogenaamde flip chips introduceren: Chips op een silicium substraat worden met andere gelijksoortige chips in een behuizing ondergebracht. Een groot aantal onderlinge verbindingen wordt binnen de behuizing gerealiseerd. De bedrading van de conventionele print verdwijnt daarmee. Deze component zal zijn terug te vinden in een andere component die volgens de "surface mounting technology" weer ergens op wordt gemonteerd. Door toepassing van deze technologie wordt het benodigde oppervlak weer met zo'n vijftig procent verminderd.

Het is duidelijk dat de toekomstige print eruit zal zien als een metaalplaatje, waarop een minimaal aantal kleine doosjes (ook 3D-IC's) zijn bevestigd.

Bedrading is niet meer te zien, die bestaat waarschijnlijk uit drie metalliseerde laagjes, die in een patroon zijn weggeëtst en vervolgens

89-050/R.22/IVS

bijlage XII-5

zijn afgedekt met een vliesdun laagje polyimide. Daardoor zijn geen contactstroken meer nodig op die prints. Zo'n plus-in kaart kan weer worden bevestigd in een ander plaatje silicium; deze moet worden voorzien van sleuven met uiterst nauwkeurige afmetingen. Die sleuven kunnen de geavanceerde prints opnemen.

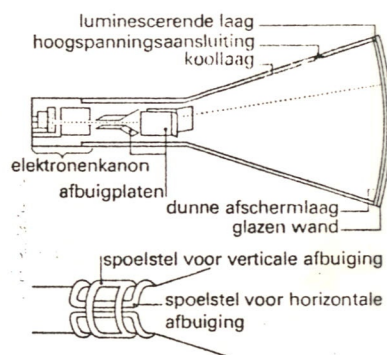
Zo'n driedimensionaal geassembleerde eenheid bezit grote voordelen. Niet alleen de afmetingen zullen minimaal zijn en daarmee de onderlinge verbindingen, maar door het directe metaal-op-metaal contact kan de warmteafvoer ook worden verbeterd. Er ontstaan hermetisch gesloten systemen, die direct kunnen worden gekoeld [14].

89-050/R.22/IVS

bijlage XIII-1

BIJLAGE XIII ONTWIKKELING BEELDBUIS

Een elektronenstraalbuis (vroeger kathodestraalbuis genoemd) is meestal opgebouwd uit een cilindrisch deel (hals), dat het elektronenkanon bevat, en een konisch verlopende overgang naar een min of meer vlak scherm. De elektronenbundel valt op het scherm, dat bedekt is met een luminescerende stof. De bundel produceert dan op de trefplaats met het scherm een lichtvlekje, dat door de glaswand heen van buitenaf is waar te nemen. Focussen van de bundel geschiedt bij kleurentelevisies met behulp van een focusseerspoel die een magneetveld opwekt. Dit magnetisch veld staat loodrecht op de as van de buis, bestaande uit twee onderling loodrechte componenten, teweggebracht door de stromen in twee spoelstellen om de hals van de buis (zie figuur 1; afbuiging niet door afbuigplaten, maar door spoelstellen) [20].



Figuur 1 Principe van elektronenstraalbuis met elektrostatische afbuiging (boven) en afbuigspoelen voor magnetische afbuiging (onder)

Door de vorm van de elektronenstraalbuis neemt de tv een behoorlijke plaats in. Mede daarom streeft men naar platte beeldschermen. echter op punten als helderheid, contrast en resolutie (oplossend vermogen) schoten tot voor kort deze schermen tekort. Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van andere technieken dan de kathodestraalbuis [21]:

* LCD (liquid crystal display)-scherm. Dit scherm bestaat uit een doorzichtige glasplaat, een filter dat licht polariseert, het eigenlijke vloeibare kristal (organische stoffen metlanggerekte moleculen), weer

89-050/R.22/IVS

bijlage XIII-2

een lichtpolarisatiefilter en een spiegelende achterplaat.

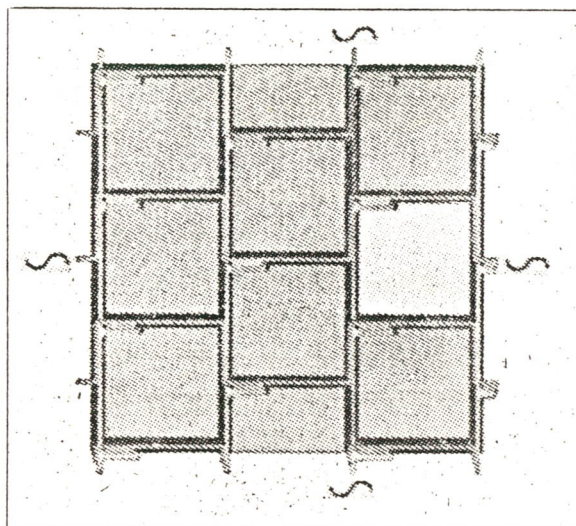
- * Plasma-scherm. Het werkt volgens hetzelfde principe als neonbuizen.
- * Het elektroluminescentiescherm (EL); daarbij wordt het licht uitgezonden door halfgeleiders.

Van de 3 genoemde technieken wordt LCD het meest onderzocht en krijgt daarom meer aandacht.

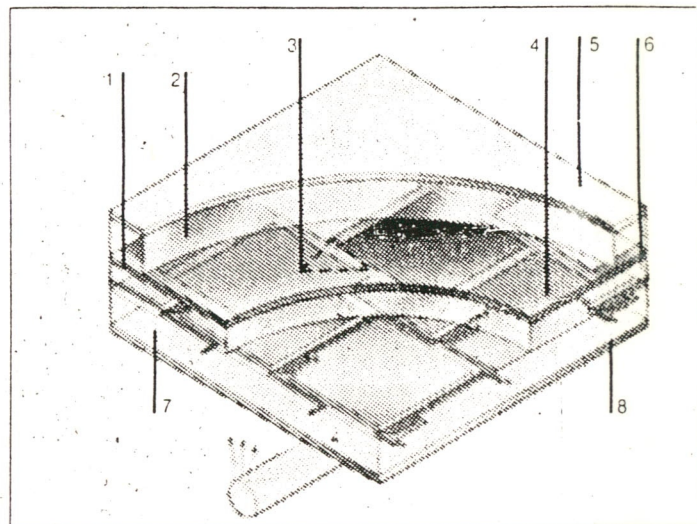
De platte zakformaat-tv (door toepassing van LCD in combinatie met een beeldscherm vol onzichtbare transistortjes) is reeds op de markt. Philips wil er uiteindelijk een compleet nieuwe generatie zeer platte tv's met grote beeldschermen uit ontwikkelen [22]. Tot voor kort leek het een te ambitieus idee; er zou een fundamenteel obstakel zijn. Vloeibare kristallen reageren namelijk te traag op elektrische signalen om er een contrastrijk beeld met een groot aantal beeldlijnen mee op te bouwen. De doorbraak is gekomen door op het gehele beeldscherm een matrix (netwerk) van onzichtbare kleine transistors aan te brengen. Door alle beeldpunten op het scherm, ongeveer een half miljoen, van zo'n flitsend snel, afzonderlijk aanstuurbaar schakelaartje te voorzien, worden de beeldpunten van elkaar ontkoppeld en is het mogelijk een contrastrijk beeld op te bouwen; figuur 2.

De fabricage van een transistormatrix, niet op silicium maar op glas, is afkomstig uit de chiptechnologie. Tot voor kort waren de beeldschermplaatjes vooralsnog niet groter dan 7,5 cm. In Japan worden al getransistoriseerde glasplaten van 30 tot 35 centimeter diameter gefabriceerd. Uiteindelijk zal de LCD-tv-ontvanger worden opgeschaald tot de gangbare beeldgroottes.

Het grote voordeel van de toepassing van LCD-schermen is het relatief lage energieverbruik.



Een stukje beeldpuntenmatrix van een actief LCD-TV beeldscherm. In alle beeldpunten (vierkante vakjes) bevinden zich transistortjes die elk een afzonderlijk beeldpunt (wit vakje) kunnen activeren.



Een stukje LCD-beeldscherm, waarin boven op de beeldpuntenmatrix in een 'baksteen'patroon een kleurenfilter van rood, groen en blauw glas is aangebracht. Door combinaties van beeldpunten te activeren kunnen alle kleurtinten worden gecreëerd.

1. zwarte matrix 2. doorzichtig glas 3. baksteenpatroon 4. kleurenfilter 5. polarisator 6. vloeibaar kristal 7. doorzichtig glas 8. polarisator

Figuur 2 Principe van een LCD-tv beeldscherm [22]

Voordat echter LCD-schermen geïntroduceerd zullen worden, zal de huidige beeldbuis qua vorm ook aangepast worden. Al enige jaren zijn de zogenaamde "flat square"-buizen op de markt (hetgeen inhoudt dat de beeldbuizen een platte voorzijde hebben). Met deze "flat square"-buizen wordt een brug geslagen naar de in ontwikkeling zijnde "high definition television" (HDTV); zie 4.2.4.

Voor HDTV worden grotere, plattere (diepte ca. 7 cm) beeldbuizen ontwikkeld. Noemenswaardig in dit kader is, dat op de Firato te Amsterdam in 1988 uit Finland de Finlux wafeldunne tv (het scherm is slechts enkele centimeters dik) gepresenteerd is. Het beeld was nog niet scherp, maar als eerste aanzet tot grote platte beeldschermen is het een interessante ontwikkeling.

89-050/R.22/IVS

bijlage XIV-1

BIJLAGE XIV HDTV (HIGH DEFINITION TELEVISION)

Na de zwart-wit- en de kleuren-tv wordt de HDTV beschouwd als de "derde televisiegeneratie". Bij deze televisie zal het beeldscherm een zodanige scherpste en levensechtheid krijgen, dat de kwaliteit van de 35 mm bioscoopfilm geëvenaard wordt. De beeldbuis wordt op de lange termijn niet dieper dan 7 centimeter, waardoor het toestel aan de muur of aan het plafond gehangen kan worden [24].

Gescheiden van de Japanners ontwikkelen de Europeanen in het kader van Eureka een eigen HDTV-systeem. Als specificaties van het Europese HDTV-systeem, de HD-Mac, is gekozen voor 1250 beeldlijnen, 50 Hz frequentie en sequentiële scanning. Een wezenlijk kenmerk van het zogenaamde Mac (multiplexed analogue components)-systeem is dus dat alle soorten informatie, zoals kleur, helderheid en geluid afzonderlijk na elkaar worden uitgezonden en pas in de ontvanger weer gelijktijdig worden weergegeven. Daardoor komen beeldfouten niet meer voor. Door de overgang van de huidige 625 beeldlijnen naar 1250 heeft de HDTV een veel groter oplossend vermogen. Een tv-beeld dat 25 procent breder is en een dubbel aantal beeldlijnen heeft, bevat vier keer zoveel informatie. Er wordt verwacht dat de televisiebuizen in de toekomst een diameter van 100-125 cm zullen aannemen [25], [26].

In tegenstelling tot het Japanse systeem (1125 beeldlijnen, frequentie 60 Hz) kunnen op het Europese systeem ook de bestaande toestellen werken. Invoering van het Japanse systeem zou betekenen dat alle apparatuur onmiddellijk moet worden vervangen. Daarnaast gaan de Europese plannen, in tegenstelling tot de Japanse, uit van een aantal geluidskanalen om in meerdere talen tegelijk te kunnen uitzenden.

Philips wil HDTV zelfs in drie ordelijke stappen introduceren: Van (eerste stap) een betere beeld- en geluidskwaliteit naar (laatste stap) een breedscherm-toestel met geavanceerde mogelijkheden [24].

Verwacht wordt dat in 1992 HDTV in Europa operationeel zal zijn [25].

89-050/R.22/IVS

bijlage XV-1

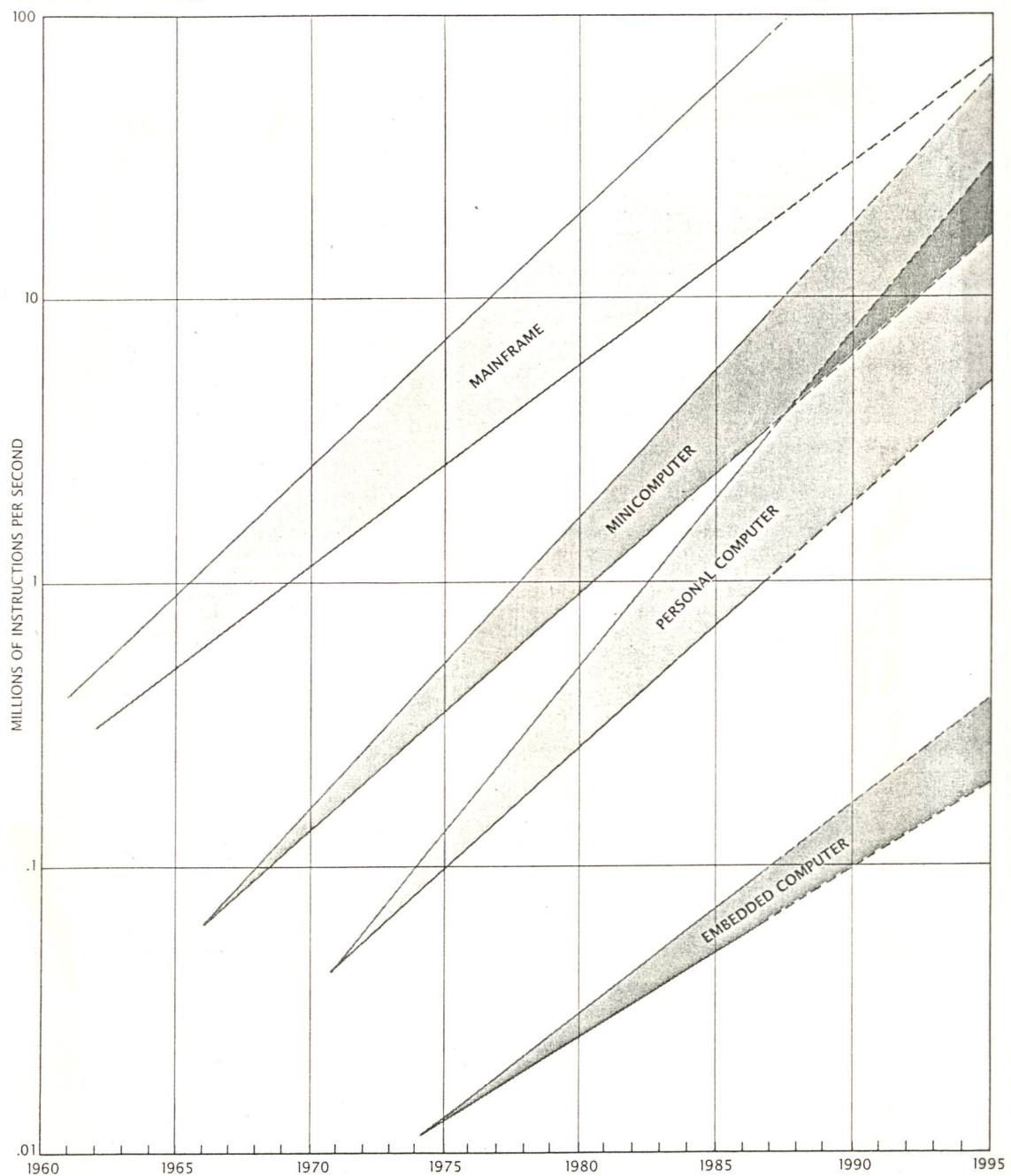
BIJLAGE XV FACTOREN VAN BELANG VOOR DE TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING VAN DE MICROCOMPUTER

Snelheid signaalverwerking

Er is een grote vraag naar computerpower. Met het toenemen van de rekenkracht kwamen toepassingen binnen bereik die de vraag naar verwerkings-snelheid alleen maar opjoegen. Te snelle computers bestaan niet. Fabrikanten van microcomputers zijn er daarom meteen bij als chipfabrikanten nieuwe, nog snellere processors op de markt brengen.

Figuur 1 geeft de ontwikkeling in rekensnelheid van verschillende computers aan.

De prestaties van een computersysteem zijn afhankelijk van verschillende grootheden: De computer zelf, maar ook de wijze van programmeren en het op te lossen probleem. Wat betreft de computer zelf zijn de hardware componenten, zoals de processor, het werkgeheugen en het schijfgeheugen van invloed. In 3.3 is aangegeven dat het aantal bits dat in één keer verwerkt kan worden bepalend is. Het werkgeheugen werkt elektronisch en is opgebouwd uit halfgeleiders (chips), het schijfgeheugen werkt magnetisch. Het eerste reageert sneller dan het tweede [30]. De snelheid is ook afhankelijk van de processorconfiguratie; een computer met parallelle processoren is in principe sneller dan een computer met slechts één processor. De snelheid hangt voorts af van de instructieset van een computer. Gecompileerde instructies moeten in speciale informatiedragers (software) verwerkt worden. Zoals gesteld is ook de programmatuur, zowel de besturings- als de toepassingssoftware van belang. Voor specifieke doelen wordt geëigende software ontworpen.



EVOLUTION OF GENERAL-PURPOSE COMPUTING during a 40-year period is charted by colored bands. Four kinds of machines are tracked: mainframes (*blue*), minicomputers (*red*), personal computers (*green*) and embedded computers (*yellow*). Each of the bands defines the range of computing power, in millions of instructions per second (MIPS), that is available from a specific kind of machine at a particular time. The dotted lines represent projections beyond 1987. In any year the computing power of

mainframes is greater than that of minicomputers; the latter are more powerful than personal computers, which outperform embedded devices. Furthermore, computing power is cheaper on less powerful machines. For instance, in 1987 the approximate relative cost of executing one million instructions per second on a mainframe computer is 100 units; on a minicomputer it is 40 units, on a personal computer it is three units and on an embedded computer (if one were powerful enough) it would be .15 unit.

Figuur 1

Computerarchitectuur

Het grote doel van de onderzoekers op het gebied van computerarchitectuur is de realisatie van voor algemeen gebruik geschikte parallelle computers. Een parallelle computer heeft verschillende processoren (verwerkingseenheden) die gezamenlijk en tegelijkertijd één taak afhandelen; zo'n computer zou in principe veel sneller zijn dan een computer met slechts één processor die alle stapjes van een taak achter elkaar (sequentieel) afhandelt (de Von Neumann-computer). Maar hoe groot deze nadelen ook mogen zijn, vrijwel alle hedendaagse computers zijn nog van het Von Neumann-type.

Er zijn ook tussenvormen tussen het Von Neumann-type en volledig parallelle machines; computers met hulpprocessoren. Er blijft echter sprake van de Von Neumann-architectuur: Verbinding van de ene processor met het ene geheugen. Het probleem is dat de computer zelf heel moeilijk een probleem in parallelle taken opdeelt.

Naar alle waarschijnlijkheid deelt ook in de toekomst de programmeur het probleem op in parallelle taken voor gescheiden processoren met een eigen geheugen. Daardoor zullen communicatienetten voor informatie-uitwisseling zorgen [30].

Het automatiseringsbeleid van veel grote Amerikaanse bedrijven is nu gericht op het beperken van grote centrale computers (met grote reken-capaciteit) en het steeds meer installeren van netwerken van micro- en minicomputers [31].

Chiptechnologie

Voor de toekomstige ontwikkelingen, zie 4.1.

Verdergaande miniaturisering en integratie van functies op één silicium-schijf biedt nog steeds het meeste uitzicht.

Informatiedragers (software)

Niet de hardware maar de software is de snelheidsbepalende factor in relatie tot de gebruiksmogelijkheden van een microcomputer. De produktie van programmatuur is een nog slecht beheerste discipline. Het productieproces van software schiet tekort. Na aflevering aan opdrachtgevers

89-050/R.22/IVS

bijlage XV-4

komen nog vele fouten aan het licht [30]. Programmeren echter is geen eenvoudige zaak en vereist uiterste nauwkeurigheid. Daarbij komt dat opdrachtgevers vaak hun wensen niet exact formuleren.

De belangrijkste onderzoeksthema's in de software engineering liggen op het gebied van verbetering van de kwaliteit van programmatuur en versnelling van het produktieproces. Daarbij worden hulpmiddelen ontworpen voor programmeurs, opdat programma's sneller getest, ontworpen en delen van andere programma's hergebruikt kunnen worden.

BIJLAGE XVI PRODUKTIEPROCESSEN VAN ELEKTRONIKA-ONDERDELEN

In onderstaande tabellen 1 tot en met 7 worden, voor de gegeven elektronika-onderdelen, de afvalstromen tengevolge van de produktieprocessen beschreven [34]. Het spreekt vanzelf dat de gegevens van deze voorbeelden uit literatuurbron [34] momentopnamen zijn.

Elk van de produktieprocessen bestaat uit meerdere processtappen.

Per processtap zullen de afvalstromen kwalitatief worden gegeven. Daar waar kwantitatieve gegevens voorhanden zijn, zullen deze worden vermeld.

Voorafgaande aan de tabellen met de gegevens van afvalstromen van de produktieprocessen worden alle processtappen nader verklaard; in de tabellen wordt vervolgens naar deze deelprocessen verwezen.

In de tabellen wordt onderscheid gemaakt tussen gasvormige, vloeibare en vaste afvalstromen respectievelijk G, L en S).

1. Produktie van halfgeleiders

De processtappen voor de produktie van halfgeleiders zijn:

1. Zagen/snijden van staven silicium in dunne plakken; polijsten/spoelen van de gesneden wafels.
2. Langs chemische weg polijsten en schoonmaken van het wafeloppervlak met het doel de verontreinigingen van het wafeloppervlak te verwijderen.
3. Aanbrengen van een dunne laag verontreinigde halfgeleider (SiO_2) op het gepolijste wafeloppervlak.
4. Aanbrengen van elektronische circuits op het wafeloppervlak.
5. Diffusie/penetratie van een dope-stof naar en in het wafeloppervlak.
6. Aanbrengen van een metalen film op het wafeloppervlak om de wafels van contactpunten te voorzien.

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-2

Tabel 1 Afvalstromen tengevolge van de produktie van halfgeleiders

Proces	Afvalstromen
1	G: Onbekend L: Afvalstromen bevatten halfgeleiderdeeltjes en schuurmiddelen (diamant, aluminiumoxide, zirconium en chroomoxide). In tabel 1b is de samenstelling van deze afvalstromen van een gemiddelde fabriek gegeven. S: Scrap afkomstig van snij- en maalprocessen.
2	G: Zure dampen (salpeterzuur, azijnzuur, waterstoffluoride, waterstofperoxide, zoutzuur en zwavelzuur). L: Spoelwater verontreinigd met zuren (zie G) en basen (onder andere natronloog, kaliloog, natriumhypochloriet en hydrazine); gebruikte schoonmaakmiddelen (basen, kaliumdichromaat en alcoholen als isopropanol en n-propanol). S: Onbekend
3	G: Dope-gassen (fosfor, arseen en boor); zoutzuurdampen tengevolge van etsen en reactie bijprodukt). L: Overmaat etsvloeistoffen S: Geen
4	G: Organische dampen (methylalcohol, methyleenchloride en trichlooretheen), salpeterzuur, waterstoffluoride en zwavelzuur. L: Organische oplosmiddelen (trichlooretheen, gechloreerde koolwaterstoffen, xyleen en aceton) en zuren; in tabel 1c is de samenstelling van drie spoelvroeistoffen gegeven. S: Geen
5	G: Argon en stikstof verontreinigd met dope-gassen. L: Geen S: Geen
6	G: Organische dampen (trichlooretheen), zure dampen (fosforzuur en waterstoffluoride). L: Baden zuur en ontwikkelaar; in tabel 1d is de samenstelling van de afvalstroom van gebruikte zure baden en zuur spoelwater gegeven. S: Geen

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-3

Tabel 1b De samenstelling van de vloeibare afvalstromen van proces 1 van de produktie van halfgeleiders; zie tabel 1

Pollutant	Concentration, mg/liter
Antimony	0.007
Arsenic	0.003
Beryllium	<0.001
Cadmium	<0.001
Chromium	<0.001
Copper	0.046
Lead	0.001
Mercury	<0.001
Nickel	<0.001
Selenium	<0.003
Silver	<0.005
Thallium	<0.025
Zinc	1.113
Aluminium	0.015
Barium	0.024
Boron	0.222
Calcium	28.040
Cobalt	<0.001
Gold	<0.020
Iron	0.169
Magnesium	13.500
Manganese	0.006
Molybdenum	0.001
Palladium	<0.080
Platinum	<0.050
Sodium	111.601
Tellurium	<0.020
Tin	0.023
Titanium	0.006
Vanadium	0.091
Yttrium	<0.001
Phenols	0.032
Oil and grease	9.0
Total suspended solids	885
Biochemical oxygen demand	310
1,1,1-Trichloroethane	<0.01
1,1-Dichloroethane	0.01
Chloroform	0.02
1,2-Dichlorobenzene	<0.01
Methylene	0.035
Phenol	0.031
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	<0.01
Di-N-Butyl phthalate	<0.01
Diethyl phthalate	<0.01

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-4

Tabel 1c De samenstelling van drie spoelvlloeistoffen van proces 4 van de produktie van halfgeleiders; zie tabel 1

Process Pollutant	Developer rinse concentration, mg/liter	Etch rinse concentration, mg/liter	Strip resist rinse concentration, mg/liter
Antimony	<0.005	0.005	<0.005
Arsenic	<0.003	0.003	<0.003
Beryllium	<0.001	0.001	<0.001
Cadmium	0.003	0.003	0.001
Chromium	0.004	0.003	0.001
Copper	0.015	0.046	0.019
Lead	0.019	0.161	0.012
Mercury	<0.001	<0.001	<0.001
Nickel	0.057	0.07	0.005
Selenium	<0.003	<0.003	<0.003
Silver	<0.003	<0.003	<0.003
Thallium	<0.025	<0.025	<0.025
Zinc	0.022	0.048	0.032
Aluminum	0.046	5.781	0.031
Barium	0.004	0.011	0.006
Calcium	1.718	2.371	0.258
Cobalt	<0.001	<0.001	<0.001
Iron	0.005	0.149	0.026
Magnesium *	0.077	0.142	0.034
Manganese	0.001	0.006	0.001
Molybdenum	0.004	0.019	<0.001
Sodium *	0.071	18.315	0.143
Tin	0.023	0.203	0.006
Titanium	0.002	0.036	0.001
Vanadium	0.001	0.081	0.001
Yttrium	0.005	<0.001	0.001
Phenols	0.014	0.016	0.007
Oil and grease	3.0	<1.0	1.0
Cyanide	<0.005	<0.005	<0.005
Total suspended solids	<5.0	31.0	<5.0
Total organic carbon	30	<1.0	<1.0
Biochemical oxygen demand	<4.0	<4.0	<4.0
Fluoride	0.15	875	0.24
Chloroform	0.026	<0.01	0.021
Methylene chloride	0.042		<0.01
Toluene	0.017	<0.01	<0.01

* Carry through from incoming water

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-5

Tabel 1d De samenstelling van de afvalstroom van gebruikte zure baden en zuur spoelwater in proces 6 van de produktie van halfgeleiders; zie tabel 1

Pollutant	Concentration, mg/liter
Antimony	<0.002
Arsenic	<0.003
Cadmium	<0.003
Chromium	<0.02
Copper	<0.003
Lead	<0.01
Mercury	<0.001
Nickel	<0.025
Silver	<0.001
Thallium	<0.02
Zinc	0.002
Phenols	<0.01
Cyanide	<0.005
Chloroform	0.066
Methylene chloride	<0.01
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	<0.01
Butyl benzyl phthalate	<0.01
Di-N-butyl phthalate	<0.01
Di-N-octyl phthalate	<0.01
Diethyl phthalate	<0.01
Toluene	<0.01

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-6

2. Produktie van condensatoren

De processtappen voor de produktie van condensatoren zijn:

1. Vermalen van keramische poeders tot kleinere deeltjes, waarna door middel van het toevoegen van water of oplosmiddelen een slurry kan worden gevormd.
2. Het mengen van de keramische slurry uit 1 met organische bindmiddelen.
3. Bakken van platen keramiek met als doel het verduurzamen ervan; bedrukken van de platen met een metaal-inkt en het coaten van de condensator met zilver.
4. Solderen van stroomdraden aan het keramiek en vervolgens onderdompelen in gesmolten epoxy.

Tabel 2 Afvalstromen tengevolge van de produktie van keramische condensatoren

Proces	Afvalstromen
1	G: Geen L: Schoonmaakmiddelen (organische oplosmiddelen). S: Geen
2	G: Organische dampen L: Onbekend S: Onbekend
3	G: Organische dampen L: In tabel 2b is de samenstelling van het afvalwater van het proces voor de produktie van het metaal-inkt gegeven. S: Geen
4	G: Onbekend L: Onbekend S: Geen

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-7

Tabel 2b De samenstelling van het afvalwater van het produktieproces van metaalinkt (proces 3 van de produktie van condensatoren); zie tabel 2

	mg/liter	kg/day
Toxic organics		
Benzene		
Chloroform	<0.010 *	
1,2 Transdichloroethylene		
Ethylbenzene	<0.010	
Fluoranthene		
Methylene chloride	<0.010 *	
Napthalene		
Phenol	<0.01	
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	<0.010	
Di-B-Butyl phthalate	<0.010	
Chrysene		
Pyrene		
Toluene	<0.010 *	
Trichloroethylene	0.027 *	0.0012
Total toxic organics	0.027	0.0012
Toxic metals		
Antimony	<0.005	
Arsenic	<0.003	
Beryllium	<0.001	
Cadmium	0.006	0.00026
Chromium	0.061	0.00263
Copper	0.389	0.01678
Lead	0.213	0.00919
Mercury	<0.001	
Nickel	0.056	0.00242
Selenium	<0.003	
Silver	0.034	0.00147
Thallium	<0.025	
Zinc	0.269	0.0116
Total toxic metals	1.028	0.0444

(Continued)

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-8

(Continued)

	mg/liter	kg/day
Non-toxic metals		
Aluminum	0.903	0.0389
Barium	3.025	0.1305
Boron	0.800	0.0345
Calcium **	11.767	0.5075
Cobalt	0.005	0.00022
Iron	1.513	0.06525
Magnesium **	3.311	0.1428
Manganese	0.031	0.00134
Molybdenum	0.004	0.00017
Sodium *	370.64	15.985
Tin	0.044	0.0019
Titanium	2.770	0.1195
Vanadium	0.035	0.00151
Yttrium	<0.001	
Total non-toxic metals	9.130	0.3938
pH	8.9	
Temperature, °C	23	
Cyanide, total		
Oil and grease		
Total organic carbon	56.0	2.415
Biological oxygen demand	38.0	1.639
Total suspended solids	56.0	2.415
Phenols		
Fluoride		

* Concentration found in blank sample

** Metals not included in totals

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-9

3. Produktie van weerstanden

De processtappen voor de produktie van weerstanden zijn:

1. Fabricage van het weerstandelement.
2. Impregneren en coaten van de weerstandelementen met het doel ze waterafstotend te maken en bescherming te bieden tegen gas en stof.
3. Assemblage en aansluiting van de weerstanden.
4. Vormen van een bedekkingslaag over de gehele weerstand, met als doel enerzijds het verkrijgen van een goed gedefinieerde structuur, anderzijds het ongevoelig maken voor schokken of stoten, zonlicht en vocht.

Tabel 3 Afvalstromen tengevolge van de produktie van weerstanden

Proces	Afvalstromen
1	G: Deeltjes koolstof, grafiet, silica, titaanoxide, boor en metaaloxiden (malen en schoonmaken); organische dampen (drogen en verhitten). L: Onbekend S: Scrap materialen
2	G: Aerosolen (sprayen) L: Oplosmiddelen (schoonmaken) S: Geen
3	G: Soldeerdampen L: Zure afvalstromen (zinkchloride, ammoniumchloride en zoutzuur) tengevolge van het verwijderen van soldeersel. S: Soldeer- en metaalafval
4	G: Emissies tengevolge van sprayen, ontvetten (gehalogeneerde koolwaterstoffen als 1,1,1-trichloorethaan en niet-gehalogeneerde koolwaterstoffen als methanol en aceton) en het smelten van kunststoffen. L: Gebruikte nikkel- of tin-platteeroplossingen en gehalogeneerde koolwaterstoffen. S: Kunststof en metaal scrap

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-10

4. Produktie van transformatoren en inductoren

De processtappen voor de produktie van transformatoren en inductoren zijn:

1. Fabricage van de kern van de transformator.
2. Plaatsen van een spoel rond de kern, waarna deze van een laagje isolerend materiaal wordt voorzien.
3. Impregneren en coaten van de spoelen om voor een goede elektrische isolatie te zorgen, gegenereerde warmte te verwijderen en bescherming te bieden tegen onder andere vocht, vuil en zuurstof.
4. Inkapselen van de transformator en inductor om bescherming te bieden tegen vocht, vuil en chemicaliën.

Tabel 4 Afvalstromen tengevolge van de produktie van transformatoren en inductoren

Proces	Afvalstromen
1	G: Stofdeeltjes (vermalen) L: Geen S: Metaal scrap
2	G: Geen L: Geen S: Scrap materialen (isolatiemateriaal, metalen)
3	G: Organische dampen van oplosmiddelen en impregnanten (onder andere nylons, epoxies, polyesters en phenol-harsen). L: Ongebruikte en verontreinigde impregnanten S: Ongebruikte en verontreinigde impregnanten
4	G: Organische dampen (voor het verduurzamen van de siliconen-harsen). L: Ongebruikte en verontreinigde impregnanten S: Ongebruikte en verontreinigde impregnanten

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-11

5. Produktie van printplaten

De processtappen voor de produktie van printplaten zijn:

1. Gereedmaken van de printplaten voor het plaatsen van elektronische componenten.
2. Schoonmaken en verwijderen van deeltjes van de platen voor het platteren.
3. Oppervlaktebehandeling van de printplaat, nodig om de adhesie van een katalysator en het platteren te bevorderen.
4. Depositie van een dunne laag palladium op het oppervlak van de plaat.
5. Het metalliseren van niet-geleidende oppervlakken zonder gebruik te maken van externe krachten.
6. Serie van processen om het patroon van een stroomcircuit op de printplaat te verkrijgen.
7. Depositie van een metallische coating door onderdompeling in een geleidend bad, met toepassing van een externe elektrische krachtbron als drijvende kracht.
8. Etsen, waardoor alle ongewenste koper (alles behalve het stroomcircuit) van de plaat wordt verwijderd.
9. Lamineren van meerdere samengevoegde en met elkaar verbonden printplaten.

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-12

Tabel 5 Afvalstromen tengevolge van de productie van printplaten

Proces	Afvalstromen
1	G: Deeltjes van printplaatmaterialen (papier, phenol, epoxy, polyester) en koper tengevolge van processen als snijden, boren en zandstralen. L: Waterstroom met daarin deeltjes van de printplaten en schuurmiddelen. S: Scrap materiaal van de printplaat (snijden, zandstralen).
2	G: Zure (zwavelzuur, fluorazijnzuur en waterstoffluoride) en organische (trichlooretheen, 1,1,1-trichloorethaan en methyleenchloride) dampen. L: Zure en alkalische stromen (natron- en kaliloog) waarin aanwezig zijn: opgelost koperfluoride en/of harsen; organische oplosmiddelen voor ontvetten (1,1,1-trichloorethaan en methyleen-chloride). S: Geen
3	G: Zure (zwavel- en chroomzuur) en organische (trichlooretheen, 1,1,1-trichloorethaan en methyleenchloride) dampen. L: Oplosmiddelen en zuur spoelwater; alle stromen bevatten opgelost printplaatmateriaal, epoxy, glasvezel, phenolen en opgelost koper. S: Onbekend
4	G: Onbekend L: Baden tinchloride en spoelwater bevatten zoutzuur; baden palladiumchloride bevatten tinoxide. S: Geen
5	G: Onbekend L: Koperstromen, zuur spoelwater met gecomplexeerd koper. S: Onbekend
6	G: Organische dampen (ortho-, meta- en paraxyleen, toluen, benzeen, chloorbenzeen, 1,1,1-trichloorethaan en aceton). L: Spoelwater en gebruikte baden met gechloreerde koolwaterstoffen. S: Onbekend
7	G: Onbekend L: Spoelwater en gebruikte platteeroplossingen (koper, nikkel, lood, fluoriden en cyaniden). S: Onbekend
8	G: Onbekend L: Etsoplossingen en spoelwater (gechloreerde koolwaterstoffen, koper, ammoniak, chroom en ijzer). S: Onbekend
9	G: Vluchtige harsen (polyimide, epoxy) L: Geen S: Glas-epoxy scrap

6. Produktie van elektronenbuizen

De processtappen voor de produktie van elektronenbuizen zijn:

1. Bewerkingen van metaal, dat gebruikt wordt voor de constructie van elektronenbuisroosters en anodes. De bewerkingen bestaan onder andere uit snijden, schuren en schoonmaken.
2. Insluiten in glas van de kathode, anode, roosters en kathode-aansluitdraden.
3. Verdampen van chemisch actieve metalen op het oppervlak van de vacuumbuis, anode of kathode.

Tabel 6 Afvalstromen tengevolge van de produktie van elektronenbuizen

Proces	Afvalstromen
1	G: Onbekend L: Waarschijnlijk zuren als waterstoffluoride, zoutzuur, zwavelzuur en salpeterzuur, afkomstig van elektrolytisch platteren en schoonmaken. S: Scrap materialen (snijden)
2	G: Onbekend L: Onbekend S: Onbekend
3	G: Onbekend L: Geen S: Geen

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-14

7. Produktie van kathodestraalbuizen

De processtappen voor de produktie van kathodestraalbuizen zijn:

1. Fabricage van schaduwmaskers en de beeldbuis.
2. Schaduwmaskers maken op de vereiste grootte; ontvetten en oxideren.
3. Plaatsen van de maskers in de beeldbuis, uitgloeien, wassen in zure baden en spoelen met water.
4. Toevoegen van een chroombevattende fotoresistieve oplossing aan de glazen beeldbuis om het oppervlak te prepareren voor een selectieve fosforapplicatie.
5. Applicatie van weerstandbiedende materialen ten behoeve van de depositie van fosforen als drie verschillende kleuren.
6. Coaten van glas met grafiet om de reflectie binnen de beeldbuis te voorkomen.
7. Ontvetten van elektronenschilden voor de uiteindelijke beeldbuis-assemblage.
8. Het assemblageproces van het elektronenkanon betekent een schoonmaakproces voor de uiteindelijke beeldbuisconstructie.
9. Plaatsen van een ontvet elektronenschild op/aan de beeldbuis/schaduwmaskers met de fosforcoating.
10. Verwijderen van beeldbuisafval uit het assemblageproces.

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-15

Tabel 7 Afvalstromen tengevolge van de produktie van kathodestraal-buizen

Proces	Afvalstromen
1	G: Onbekend L: Afvalstromen met ijzer, chroom, zink, ijzerchloride, gesuspendeerde vaste stoffen en cyanide. S: Metaal scrap
2	G: Organische dampen van methyleenchloride, trichlooretheen, methanol, isopropanol, aceton en polyvinylalcohol. L: Organische oplosmiddelen (zie G). S: Onbekend
3	G: Geen L: Zuren (zwavelzuur) en fluoriden S: Geen
4	G: Geen L: Zuren (waterstoffluoride en zwavelzuur), fixeermiddelen en spoelwater (chrom(VI) en grafiet). S: Onbekend
5	G: Geen L: Schoonmaakmiddelen, oplossingen ten behoeve van het aanbrengen van de fosforcoating (fosfor, cadmiumsulfide, yttrium en europium). S: Geen
6	G: Geen L: Waterstromen (zware metalen en silicaten) S: Geen
7,8,9	G,L,S: Onbekend
10	G: Geen L: Geen S: Scrap materialen (metaal en glas)

89-050/R.22/IVS

bijlage XVI-16

8. Produktie van geïntegreerde schakelingen (IC's of chips)

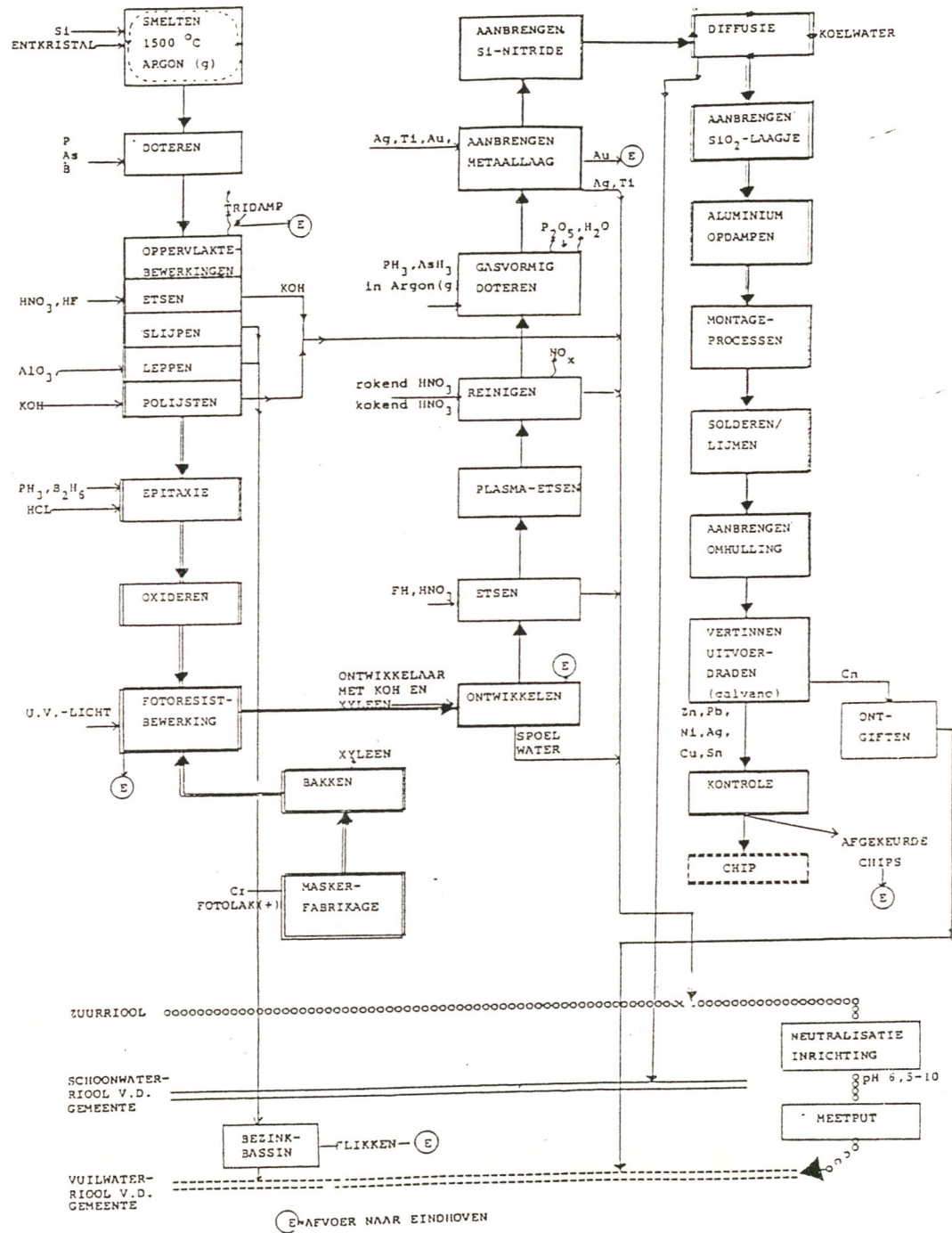
De processtappen voor de produktie van chips zijn weergegeven in figuur 1 [36]. De produktie komt in grote lijnen overeen met de in paragraaf 1 beschreven produktie van halfgeleiders [34].

Tevens zijn de te gebruiken grondstoffen voor de produktie van chips en de gegenereerde afvalstromen kwalitatief vrijwel identiek aan die beschreven in 1.

In tabel 8 is een globale chemicaliënbalans (per m² chip-oppervlak) over de chip-produktie plant van Philips Nijmegen gegeven; de gegevens zijn uit 1983 [37].

Tabel 8 Chemicaliënbalans over de chip-produktie plant van Philips Nijmegen [37]

	Inkoop	Emissies		Afvoer naar regeneratie of vernietiging
		Via afvalwater	Via lucht	
<u>Org. oplosmiddelen</u>	35 l/m ²	-	11 l/m ²	24 l/m ²
chloorhoudend	9 l/m ²	-	4 l/m ²	4 l/m ²
chloorvrij	26 l/m ²	-	7 l/m ²	19 l/m ²
<u>Beitsvloeistoffen</u>	88 l/m ²			
HNO ₃ 65 en 95%	44 l/m ²	NO ₃ 32 kg/m ²	via wassers	-
F-houdend	15 l/m ²	6 kg/m ²		-
rest onder andere: H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , HAc	29 l/m ²	sulfaat, fosfaat, acetaat		-
<u>Doopgassen</u>	0,1 l/m ²	o.a. fosfaat, silicaat boraat, chloride	onschadelijke afbraak- produkten via wassers	-
onder andere: PH ₃ /diboraan/silaan freon/ammoniak/chloor	0,1 cyl/m ²			-
<u>Foto-resist</u>	3 l/m ²	-	-	in organische vloeistoffen
<u>Demi-water</u>	128 m ³ /m ²	76 m ³ /m ²	-	
Voor bereiding HCl 33%	124 kg/m ²	Cl 41 kg/m ²	-	-
NaOH 33%		Na 26 kg/m ²	-	-
<u>Neutralisatie</u>				
HCl 33%	37 kg/m ²	Cl 12 kg/m ²	-	-
NaOH 33%	119 kg/m ²	Na 22 kg/m ²	-	-



Figuur 1 Het productieproces van chips [36]

89-050/R.22/IVS

bijlage XVII-1

BIJLAGE XVII AFSTANDSBEDIENING EN TELETEKST

Het percentage personen dat de beschikking heeft over een toestel, dat is uitgerust met afstandsbediening is de afgelopen acht jaar sterk toegenomen: in 1980 15% van de bevolking, terwijl in 1987 al 51% over zo'n apparaat beschikte, zie figuur 1.

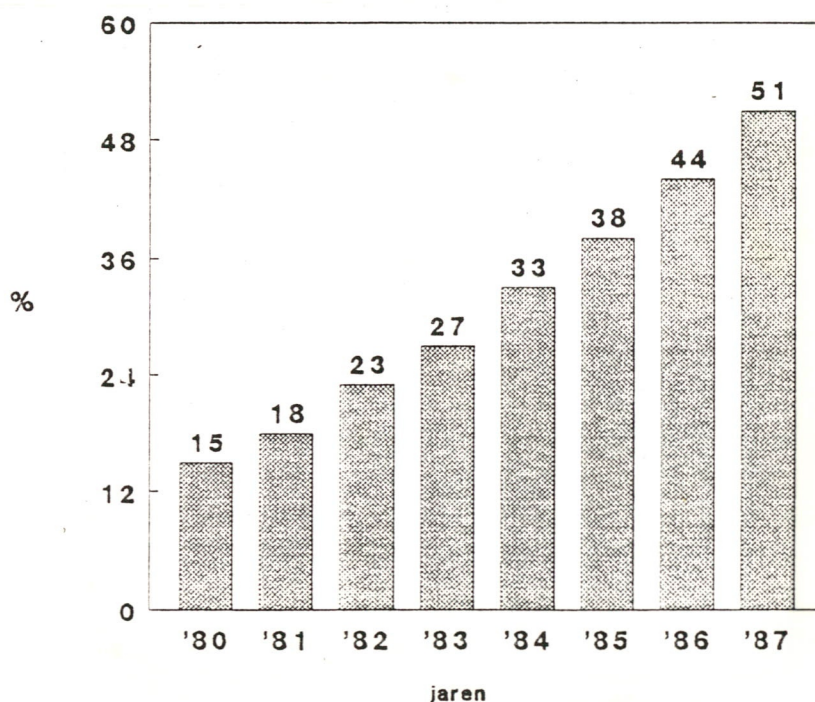


Fig. 1 Beschikbaarheid over afstandsbediening tv bij personen vanaf 12 jaar (1980-1987)

In 1987 antwoordde 19% van de ondervraagden over een tv-toestel te beschikken, dat geschikt is voor stereo-weergave van het geluid bij televisie-uitzendingen (en daarmee ook voor de keuze van kanaal 1 of 2 bij meerkanaalsuitzendingen).

Een jaar nadat in Nederland werd gestart met teletekst (in 1980) had 1% van de bevolking een televisietoestel met een speciale voorziening, waardoor men teletekst op het tv-scherm kon oproepen met behulp van de afstandsbediening van het toestel. In 1987 had een kwart van de Nederlanders (26%) de beschikking over zo'n toestel (fig. 2).

89-050/R.22/IVS

bijlage XVII-2

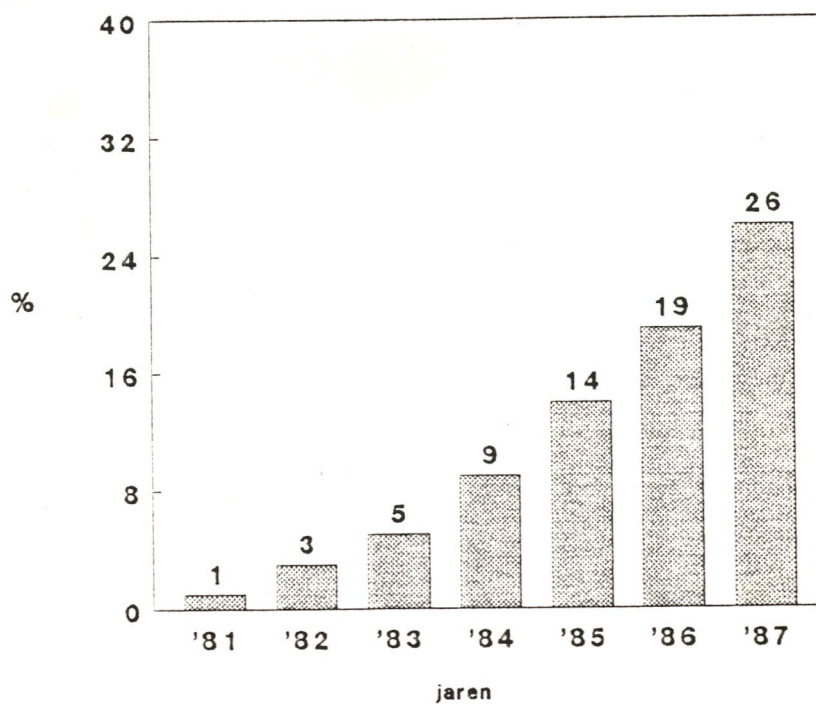


Fig. 2 Beschikking over teletekst bij personen vanaf 12 jaar (1980-1987)

Voorgaande percentages, alle uit [38], maken duidelijk dat de markt voor kleuren-tv's in Nederland in hoge mate verzadigd is. Er is daarom vrijwel uitsluitend sprake van een vervangingsmarkt.

BIJLAGE XVIII TEST KLEUREN-TV'S (BEELDDIAGONAAL CA. 51 CM)

KLEUREN-TV'S ZICHTBARE BEELDDIAGONAAL CA. 51 CM

MERK EN TYPE	TELETEKST										VERDERE VOORZIENINGEN		AFMETINGEN BxHxD		CONTRAST IN ZONLICHT		GEMAK AFSTANDSBEDIENING		GEMAK PROGRAMMEREN		AFWEZIGHEID FLUITTOON		WERKING AFSTANDSBEDIENING		GEBRUIKSAANWIJZING		VERBRUIK KIJKEN		TOTAAL TESTRESULTAAT	
	BEELDDIAGONAAL		BEELDBUIS		TIDELIJK GEHEUGEN		VERDER		PROGRAMMAPLAATSEN		AFMETINGEN BxHxD		CONTRAST IN ZONLICHT		GEMAK AFSTANDSBEDIENING		GEMAK PROGRAMMEREN		AFWEZIGHEID FLUITTOON		WERKING AFSTANDSBEDIENING		GEBRUIKSAANWIJZING		VERBRUIK KIJKEN		TOTAAL TESTRESULTAAT			
	f	cm	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)	15)	16)	17)	18)	19)	20)	21)	22)	23)	24)	25)	26)	27)	
STEREO MET TELETEKST																														
B & O MX3000	3000	51	R	4/128		B	32 ⁵⁾	LKAPVHEIB	50x55x41	+	++	+	++	-	□	+	++	84	3	GOED										
BLAUPUNKT PS 55-28	1800	51	RV	8/32		IK	59	KPETI	51x49x40	+	□	+	□	++	□	+	+	83	13	GOED										
FINLUX 3021 F	2500	51	R	1/39		BI	39	LKEIB	66x44x42	+	□	+	□	+	□	+	□	81	11	GOED										
GRUNDIG MSS-355A CTI/TXT	1800	51	RV	8/80	8	I	40	LKVE	52x49x40	+	□	+	++	++	□	□	++	81	14	GOED										
HEMA KT 8176 STX	1100	48				B	30	PEB	57x41x47	□	-	+	+	++	□	-	+	63	6	REDELIJK										
HITACHI CPT 2128 T	1500	51	RV	6/54			40 ⁵⁾	KPVET	66x45x50	+	7)	-	□	-	□	+	□	+	70	15	GOED ⁷⁾									
ITT NOKIA 5550 VT	1600	51	R			B	39	LKAEB	49x48x42	+	-	□	++	++	□	+	+	98	6	GOED										
MULTITECH KT9155 STX	1300	50	RV			B	30	PEB	51x47x48	□	-	□	□	++	□	-	+	62	7	REDELIJK										
NORDMENDE FUTURA 55	1800	51	RVA	8/72		K	39	LKAPEIB	51x45x48	+	□	□	□	++	+	++	++	62	4	GOED										
PANASONIC TX-CB1 DRS	2000	50	RV	4/40	4	S	50 ⁵⁾	LKASVEIB	53x49x49	+	□	□	□	+	□	-	+	88	4	GOED										
PHILIPS 21GR2751/308	1700	51	RV			BKS	60 ⁵⁾	KVHETB	66x47x48	+	□	□	++	-	□	-	++	60	5	GOED										
SABA M5520	1800	51	RVA	8/72		K	39	LKAPEIB	51x48x48	+	□	+	++	++	+	++	++	62	4	GOED										
SONY KV-X21 TD	1850	51	C			B	29 ⁵⁾	LKAVHIB	52x46x48	+	++	□	-	-	□	-	++	76	7	GOED										
TELEFUNKEN SP-210TT	1700	51	RVA	8/72		K	39	LKAPEIB	51x45x48	+	□	□	+	+	□	□	++	61	4	GOED										
MONO																														
BONDSTECH BT-200 BRC	900	47			3)		30	KPB	50x46x47	□	-	□	-	+	□	□	-	66	4	REDELIJK										
FRONTECH CTY-2088 SGT 900	900	46			3)	B	30	KPB	50x47x47	□ ⁸⁾	□	□	+	□	□	-	+	55	10	REDELIJK										
PRIMA XT-5102	650	47					12		49x48x48	□	-	□	++	--	□	-	+	50	4	REDELIJK										
SAMSUNG CB-534V	900	50	R		3)		29	PEB	51x47x49	-	--	□	+	++	□	□	□	59	11	MATIG										

1 R = rechthoekig

V = vlak

A = antireflectie laag

C = cilindrisch (trinitron)

2 Aantal pagina's per programma/totaal

3 Geen teletekst

4 B = "bladeren" mogelijk

I = zender-identificatie in kopregel

K = kinderslot voor blokkeren programma's

S = snelzoekstelsysteem (Fiof)

5 Nummer programma tijdelijk in beeld

6 L = aansluiting voor luidsprekers

K = aansluiting voor koptelefoon

A = aansluiting voor audio

S = S-VHS

P = zenders programmeren vanaf afstandsbediening mogelijk

V = afstandsbediening ook te gebruiken met "eigen merk" video

H = ook hyperband te ontvangen

E = Scart

T = sleep-timer

I = indicatie voor stand beeld/geluid

B = programma's stapsgewijs te kiezen

7 Teletekst-letters minder goed leesbaar

8 Bij fabrieksinstelling echter "----"

++ = ZEER GOED; + = GOED; □ = REDELIJK;

-- = MATIG; --- = SLECHT

Fabrikanten/importeurs

B & O: B & O, 's-Graveland, (035) 61824

BLAUPUNKT: Blaupunkt, Amsterdam, (020) 5682345

BONDSTECH: Breckwoldt, Almelo, (05490) 16575

FINLUX: Heynen, Gennep, (08851) 96260

FRONTECH: Molenaar, Zaandam, (075) 352211

GRUNDIG: Grundig, Amsterdam, (020) 5681568

HEMA: Hema, Amsterdam, (020) 5904911

HITACHI: Hitachi, Soest, (02155) 16544

ITT: Revah Hesse, Eindhoven, (040) 415525

MULTITECH: Audiosonic, Amsterdam, (020) 139960

NORDMENDE: Nordmende, Amsterdam, (020) 6682411

PANASONIC: Haagtechno, Den Bosch, (073) 202911

PHILIPS: Philips, Eindhoven, (040) 781178

PRIMA: Ipolon, Roosendaal, (01650) 55072

SABA: Domp, Mijdrecht, (02979) 91600

SAMSUNG: Amfo, Rotterdam, (010) 4246555

SONY: Sony, Badhoevedorp, (02968) 81911

TELEFUNKEN: Fodor, Rotterdam, (010) 4246555

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-1

BIJLAGE XIX DISCUSSIONOTITIE "ELEKTRONISCHE APPARATUUR"

1. Inleiding

Op de vergadering van de begeleidingscommissie, d.d. 18 maart 1988, is afgesproken dat TNO de ernst van de milieuproblematiek, ontstaan door het afdanken van elektronische apparatuur, zou kwantificeren. Gezien het ontbreken van vele concrete cijfers, is hierbij volstaan met ramingen. Drie bronnen zijn geraadpleegd voor de onderbouwing van de kwantitatieve berekeningen:

1. CBS-statistieken; penetratiegraden van verschillende elektronische apparaten;
2. A. Ansems; Zware metalen, afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur, TNO-rapport, Apeldoorn 1986;
3. I. Anthonissen, e.a.; Inventarisatie van kleine hoeveelheden (< 20 ton/jaar) chemisch afval en probleemstoffen naar soorten en bronnen van ontstaan (deelproject 3 van het project Klein Chemisch Afval); rapport van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

2. Aantallen apparaten in afdankstadium

De aantallen apparaten in huishoudens zijn berekend met de bekende cijfers van het aantal huishoudens in Nederland en de penetratiegraden van de diverse apparaten.

* Aantallen huishoudens in Nederland:

1984	:	$5,42 \times 10^6$
1985	:	$5,52 \times 10^6$
1986	:	$5,62 \times 10^6$

* Gegevens van de penetratiegraden zijn verwerkt in de volgende CBS-statistiek.

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-2

Bezit, wijze van aanschaf en ouderdom van enkele duurzame consumptiegoederen in het huishouden, oktober 1984-oktober 1986¹⁾

Inl Heeren, 1st 2677

	Bezit ²⁾			Bij aanschaf nieuw ³⁾			Gemiddelde ouderdom		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
	%						jaren		
koelkast	97	98	98	83	81	80	7,5	7,2	7,4
diepvriezer	47	48	47	85	82	81	6,6	6,5	6,8
vaatwasmachine	9	8	8	85	83	83	6,7	7,0	7,3
wasmachine, wasautomaat	88	88	88	93	91	91	6,9	6,9	6,9
aparte centrifuge	43	42	42	83	82	81	10,3	10,4	10,7
aparte wasdroger	13	14	15	86	89	87	6,7	6,5	6,9
elektrische naaimachine	64	65	65	85	84	83	11,5	11,7	11,9
kleurentelevisie	84	86	88	88	86	86	5,7	5,6	5,7
zwart-wit televisie	34	31	31	69	69	68	8,3	8,7	8,9
videorecorder	15	20	27	91	93	93	2,6	2,3	2,7
radio of tuner	97	97	97	89	88	89	7,8	7,9	8,0
band-, cassette-recorder of tapedeck	68	71	74	91	90	91	5,8	6,0	6,0
platenspeler, pick-up, grammofon	81	81	82	89	88	89	7,4	7,6	7,8
aparte versterker	31	35	38	91	88	90	6,0	6,0	6,2
dia projector, film projector	30	29	30	91	89	88	9,8	10,3	11,2
home computer	.	7	10	.	93	89	.	1,7	2,1
piano	8	8	8	41	45	42	.	29,4	29,0
orgel, elektronisch orgel	9	9	9	56	54	57	11,1	11,8	12,5
bromfiets	9	8	8	48	42	41	7,3	7,7	7,7
motor, scooter	3	2	2	.	.	.	.	.	.
auto	64	65	64	43	46	46	5,2	4,8	4,7
bungalowtent	7	8	8	65	67	63	8,1	8,3	8,7
tourcaravan, vouwwagen	8	8	8	50	50	50	7,7	7,7	7,8
stacaravan	2	2	2	.	.	.	.	.	.
tweede woning, vakantiehuisje, vakantiebungalow	2	2	2	.	.	.	.	.	.

¹⁾ Gegevens afkomstig uit het Sociaal-economisch panelonderzoek (steekproefomvang ca. 4 000 huishoudens)

²⁾ In procenten van alle huishoudens

³⁾ In procenten van huishoudens met bezit betreffend goed

* Aantallen toestellen in huishoudens:

	1984		1985		1986	
	Penetr. graad %	Aantal (x10 ⁶)	Penetr. graad %	Aantal (x10 ⁶)	Penetr. graad %	Aantal (x10 ⁶)
Kleurentelevisie	84	4,55	86	4,74	88	4,95
Zwart-wit televisie	34	1,84	31	1,71	31	1,74
Videorecorder	15	0,81	20	1,10	27	1,52
Radio, tuner	97	5,28	97	5,35	97	5,45
Band-, cassette-recorder, tapedeck	68	3,69	71	3,92	74	4,16
Platenspeler, pick-up	81	4,39	81	4,47	82	4,61
Aparte versterker	31	1,68	35	1,93	38	2,14
Homecomputer	-	-	7	0,39	10	0,56

* Bij de berekening van het aantal apparaten in het afvalstadium, is gerekend met twee scenario's wat betreft levensduur van de apparaten (korte en lange levensduur). Van de hoeveelheid audio-/video-appara-

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-3

tuur in het bedrijfsleven en in overheidsorganisaties is weinig bekend. Aangenomen is dat deze hoeveelheid klein is, vergeleken met die hoeveelheid die vrijkomt bij huishoudens. Wat betreft de hoeveelheid computers, in gebruik bij bedrijfsleven/overheidsorganisaties is gerekend met 400.000 - 500.000. (Volgens RIVM-LAE zou het aantal terminals, kleine computers in bedrijfsleven/overheidssector in 1987 446.000 zijn, gebaseerd op CBS-cijfers.) Voor de aantallen apparaten in huishoudens zijn voor de verdere berekeningen de getallen van 1986 gebruikt.

De aantallen apparaten in het afdankstadium zijn:

	Korte levensduur	Lange levensduur
Kleurentelevisie (10 jaar; 15 jaar) ¹⁾	495.000	330.000
Zwart-wit televisie (10 jaar; 15 jaar)	174.000	116.000
Videorecorder (8 jaar; 12 jaar)	190.000	127.000
Radio, tuner (10 jaar; 15 jaar)	545.000	363.000
Band-, cassette recorder, tapedeck (8 jaar; 12 jaar)	520.000	347.000
Platenspeler (10 jaar; 15 jaar)	461.000	307.000
Aparte versterker (10 jaar; 15 jaar)	214.000	143.000
Home computer (+ personal computer) (8 jaar; 12 jaar) ²⁾	120.000	97.000

¹ Tussen haakjes, respectievelijk de korte geschatte levensduur en de lange geschatte levensduur.

² Inclusief het aantal van 50.000 uit bedrijven/overheidsorganisaties.

3. Zware metalen belasting in het afvalstadium

In het onderzoek "zware metalen afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur" zijn de volgende zware metalen-gehalten nader

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-4

geanalyseerd: As, Be, Sb, Cd, Pb. Daarbij zijn de gehalten in specifieke elektronikacomponenten (weerstand, keramische condensatoren, halfgeleiders groot, halfgeleiders klein, papier/polyestercondensatoren, elektrolytische condensatoren, beeldbuispoeder) en het soldeer op de printplaten gemeten. Een viertal apparaten is nader beschouwd: kleurentelevisie, videorecorder, tuner, computer. Met name de gehalten Sb en Pb in de elektronikacomponenten zijn relatief hoog. In beeldbuizen wordt Cd in belangrijke mate toegepast. De Pb- en Sb-gehalten van de vier beschouwde apparaten zijn:

	Pb		Sb	
	Gehalte (ppm)	Hoeveelheid (kg/apparaat)	Gehalte (ppm)	Hoeveelheid (kg/apparaat)
Kleurentelevisie	1025	0,038	20	$7,4 \times 10^{-4}$
Videorecorder	2374	0,039	73	$1,2 \times 10^{-3}$
Radio/tuner	1565	0,0085	53	$2,9 \times 10^{-4}$
Computer	2333	0,047	192	$3,8 \times 10^{-3}$

Betrokken op de hoeveelheid apparaten in het afvalstadium worden de stromen Pb en Sb richting milieu:

	Pb		Sb	
	korte levensduur (kg)	lange levensduur (kg)	korte levensduur (kg)	lange levensduur (kg)
Kleurentelevisie	18.810	12.540	366	244
Videorecorder	7.410	4.950	228	152
Radio/tuner	4.630	3.090	158	105
Computer	5.640	4.560	456	369

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-5

Om de totale stromen lood en antimoon van audio-/video-apparatuur en computers te kunnen ramen, zijn de volgende (grobe) aannamen gedaan:

- . De gehaltes van zwart-wit tv's zijn vergelijkbaar met die van kleuren-tv's.
- . Band-/cassetterecorders zijn vergelijkbaar gesteld met videorecorders.
- . Platenspelers en versterkers zijn vergelijkbaar gesteld met tuners.

Mede op basis daarvan zijn de lood- en antimoonstromen globaal geschat:

	Pb (kg)	Sb (kg)
Kleuren tv	12.540 - 18.810	244 - 366
Zwart-wit tv	4.180 - 6.270	81 - 122
Videorecorder	4.950 - 7.410	152 - 228
Radio/tuner	3.090 - 4.630	105 - 158
Band-, cassetterecorder, tapedeck	13.520 - 20.280	415 - 625
Platenspeler, pick-up, grammofoon	2.610 - 3.920	89 - 134
Aparte versterker	1.210 - 1.820	41 - 62
Computer	4.560 - 5.640	369 - 456
Totaal	46.660 - 68.780	1.496 - 2.150

Dit betreft alleen lood op printplaten en in printplaatelamenten en antimoon in printplaatelamenten. In kunststoffen (brandvertragers en pigmenten bijvoorbeeld), contact- en schakelmateriaal, beeldbuizen, beeldbuispoelen, trafo's, bedradingen, monitoren, sommige condensatoren etc., zijn deze metalen-gehalten niet bepaald. In de praktijk zal dus de lood- en antimoonstroom, afkomstig van audio-/video-apparatuur en computers beduidend hoger zijn.

De totale stromen zullen nog hoger worden, indien de totale groep elektronische apparatuur beschouwd wordt. Apparaten zoals autoradio's, transistors, wekkerradio's, CD-spelers, walkman's, zakrekenmachines, etc., genereren ook Pb- en Sb-stromen richting milieu in het afdankstadium.

In beeldbuizen wordt cadmium in belangrijke mate toegepast.

Volgens het RIVM-rapport heeft Philips de volgende hoeveelheden Cd in de

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-6

"fluorescentie"-laag van beeldbuizen gegeven:

- . zwart-wit tv; 30 cm beeldbuis: ca. 104 mg Cd
- " 61 cm beeldbuis: ca. 431 mg Cd
- . kleuren tv; 36 cm beeldbuis: ca. 580 mg Cd
- " 66 cm beeldbuis: ca. 2.000 mg Cd

Gerekend met deze grenzen en de ranges in aantallen tv's in het afvalstadium, worden de volgende ramingen van de Cd-stroom richting milieu verkregen:

Kleuren tv's	(aantal 330.000 - 495.000)	: 191 - 990 kg
Zwart-wit tv's	(aantal 116.000 - 174.000)	: <u>12 - 75 kg</u>
Totaal		203 - 1.065 kg *

* Deze stroom zal waarschijnlijk groter zijn als de Cd-stroom van afgedankte computermonitoren meegerekend wordt; daarentegen wordt aangenomen dat de gegeven schatting, gezien de berekening met maximale Cd-gehalten, aan de hoge kant is (zie hoofdstuk 3).

Dat de Pb-stroom, Sb-stroom en Cd-stroom betekenend zijn, geven de volgende zware metalen stromen van andere bronnen weer.

Lood van verkeer (1980)	: 1.200.000 kg/jaar
Lood van accu's (als KCA vrijkomend)	: $\approx$ 500.000 kg/jaar
Lood van batterijen	: 2.700 kg/jaar
Lood van verfafvallen	: 104.000 kg/jaar

Antimoon valt in dezelfde klasse als cadmium, kwik en arseen, volgens de Wet Chemisch Afval.

Cadmium uit batterijen	: 5.900 kg/jaar
Kwik in lampen	: 300 kg/jaar

4. Shredderafval-problematiek

Shredderafval (ontstaan na de verwerking van autowrakken) is opgenomen in de voorlopige lijst van prioritaire afvalstoffen, opgesteld door het

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-7

Ministerie van VROM. Jaarlijks komt er circa 70.000 ton vrij. Deze afvalstroom ontstaat na verwerking van autwrakken op droogmechanische wijze. Indien elektronische apparatuur op gelijke wijze verwerkt zou worden (hetgeen reeds partieel - bijvoorbeeld bij Van Balkom, Oss - geschiedt), zou ook een shredderafvalstroom ontstaan. Dat deze stroom kan uitgroeien tot vergelijkbare grootte vergeleken met die van de verwerking van autwrakken, toont de hierna beschreven ruwe schatting aan. Daarbij is aangenomen dat van de desbetreffende apparaten bij verwerking de volgende gehalten in het shredderafval verdwijnen:

. kleurentelevisie	: 5/6
. zwart-wit televisie	: 5/6
. videorecorder	: 2/3
. radio/tuner	: 5/6
. band-, cassette recorder, tapedeck	: 2/3
. platenspeler, pick-up, grammofoon	: 1/2
. aparte versterker	: 1/2
. computer	: 5/6

Deze gehalten zijn gebaseerd op de analyses opgenomen in het rapport "Zware metalen, afkomstig uit elektrotechnische en elektronische apparatuur".

Aangenomen is dat bij droogmechanische verwerking ferro en enige non-ferro's (bijvoorbeeld Al, Cu) teruggewonnen worden. Kunststoffen, beeldbuizen, printplaten, bedrading etc., komen vrij in het shredderafval.

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-8

De volgende shredderafvalstroom is geschat.

	Fractie van totaal app., die in shr. afvalstroom terecht komt	Aantal apparaten	Gewicht per app. (kg)	Shredder- afvalstroom (ton)
Kleurentelevisie	5/6	330.000-495.000	35	9.620-14.440
Zwart-wit televisie	5/6	116.000-174.000	35	3.380- 5.070
Viderecorder	2/3	127.000-190.000	17	1.440- 2.150
Tuner	5/6	363.000-545.000	5	1.510- 2.270
Cassetterecorder, etc.	2/3	347.000-520.000	10	2.310- 3.470
Platenspeler, etc.	1/2	307.000-461.000	7	1.070- 1.610
Versterker	1/2	143.000-214.000	5	360- 540
Computer	5/6	100.000-120.000	25	2.080- 2.500
Totaal				21.770-32.050

Indien bij de hierboven gegeven stroom de eventueel ontstane afvalstroom van de overige te verwerken elektronische apparaten geteld wordt, gaat de dan gegeven totaalstroom qua grootte die van het shredderafval van autowrakken benaderen.

In deze afvalstroom komen ook de zware metalen voor die in de autowrak-kenshredderafvalstroom gemeten zijn. Er zullen onderling wel accentverschillen zijn. Daarnaast zullen bepaalde zware metalen-gehaltenes naar de toekomst gezien mogelijkwijs toenemen, bijvoorbeeld die van Sb (groei van de toepassing van halfgeleiders) en As (groei van de toepassing van het materiaal GaAs).

5. Slot

Resumerend kan gesteld worden, dat bij het ontbreken van een naar tevredenheid werkende afvalverwerkingstechnologie, elektronische apparatuur in het afdankstadium, zowel in kwantitatieve zin (vergelijkbaar met de hoeveelheid shredderafval van autowrakken) als in kwalitatieve zin (vanwege de zware metalen-gehaltenes) een reëel milieuprobleem betekent.

Apeldoorn, 10 mei 1988

89-050/R.22/IVS

bijlage XX-1

BIJLAGE XX COMPUTERPROGRAMMA KLEURENTELEVISIES

. TELEVISIES

NOTE

NOTE VOORBEELDMODEL VOOR VERSPREIDING LOOD UIT TELEVISIES

NOTE

NOTE ***** PRODUKTIE/CONSUMPTIESTADIUM *****

NOTE

L $TV.K = TV.J + DT * (TOETV.JK - AFTV.JK)$

NOTE AANTAL TV'S IN NEDERLAND IN GEZINSHUISHOUDINGEN

N $TV = 0$ R $TOETV.KL = TABHL(TTOETV, TIME.K, 1970, 1990, 5)$

NOTE INSTROOM NIEUWE TV'S (1/jr)

T $TTOETV = 0.30E6 / 0.4E6 / 0.5E6 / 0.4E6 / 0.35E6$ R $AFTV.KL = DELAY3(TOETV.KL, GEMT)$

NOTE UITSTROOM OUDE TV'S (1/JR)

C $GEMT = 14$

NOTE GEMIDDELDE LEEFTIJD TV'S

N $TOETV = 0$ A $LST.K = .05 * 0.6 * AFTV.KL$

NOTE HOEVEELHEID LOOD DOOR STORT TV'S (KG/JR)

A $LVB.K = .05 * 0.4 * AFTV.KL$

NOTE HOEVEELHEID LOOD DOOR VERBRANDING TV'S (KG/JR)

NOTE

SAVE TV, TOETV, AFTV, LST, LVB

N $TIME = ITIME$ C $ITIME = 1970$ SPEC $DT = .25 / LENGTH = 1990 / SAVPER = 1$

89-050/R.22/IVS

bijlage XXI-1

BIJLAGE XXI AANGENOMEN WAARDEN INPUT EN RESULTATEN

			Parameters				
GEMT=	14.	ITIME=	1970.				
			Tables				
	1	2	3	4	5		
TTOETV=	300.e3	400.e3	500.e3	400.e3	350.e3		
			Run specifications				
ABS_ERR=	1.e-3	CMP_N_1=	0.	DT=	.25	LENGTH=	1990
NS_SEED=	1235.e3	REL_ERR=	0.	SAVPER=	1.		

Milieubelasting tv-toestellen

TIME	1970.	1971.	1972.	1973.	1974.	1975.
AFTV	0.	177.85	2153.8	7339.7	16.25e3	28.87e3
LST	0.	5.3355	64.614	220.19	487.57	865.95
LVB	0.	3.557	43.076	146.79	325.05	577.3
TOETV	300.e3	320.e3	340.e3	360.e3	380.e3	400.e3
TV	0.	307.5e3	634.3e3	978.e3	1335.e3	1702.e3
TIME	1976.	1977.	1978.	1979.	1980.	1981.
AFTV	44.84e3	63.71e3	84.92e3	108.e3	132.3e3	157.6e3
LST	1345.3	1911.2	2547.6	3238.6	3970.	4729.1
LVB	896.89	1274.1	1698.4	2159.1	2646.7	3152.7
TOETV	420.e3	440.e3	460.e3	480.e3	500.e3	480.e3
TV	2075.e3	2451.e3	2827.e3	3201.e3	3571.e3	3922.e3
TIME	1982.	1983.	1984.	1985.	1986.	1987.
AFTV	183.4e3	209.1e3	234.e3	257.6e3	279.2e3	298.7e3
LST	5502.7	6273.	7020.4	7726.9	8377.2	8960.1
LVB	3668.5	4182.	4680.3	5151.3	5584.8	5973.4
TOETV	460.e3	440.e3	420.e3	400.e3	390.e3	380.e3
TV	4227.e3	4486.e3	4700.e3	4870.e3	5000.e3	5100.e3
TIME	1988.	1989.	1990.			
AFTV	315.7e3	330.1e3	342.1e3			
LST	9469.7	9904.	10.26e3			
LVB	6313.1	6602.7	6842.7			
TOETV	370.e3	360.e3	350.e3			
TV	5171.e3	5216.e3	5237.e3			

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-1

BIJLAGE XXII PROJECTVOORSTEL

"Produktgerichte milieustudie elektronische apparatuur"

1. INLEIDING

In het Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer (IMPM) 1987-1991 is aangegeven dat naast de doelgroepen ook produkten een onderwerp vormen van het brongerichte beleid en een wezenlijke bijdrage leveren aan de milieubelasting. Op veel deelterreinen van het milieubeleid wordt thans aandacht besteed aan produkten. In het kader van het afvalstoffenbeleid zijn het bijvoorbeeld batterijen of in het kader van het stoffenbeleid bestrijdingsmiddelen. De eisen die aan deze produkten gesteld worden, vloeien voort uit het beleid voor bepaalde afvalstoffen (in ons voorbeeld bijvoorbeeld kwik in batterijen), stoffen (bijvoorbeeld milieugevaarlijke stoffen in bestrijdingsmiddelen), enz. Een integrale aanpak van alle milieu-aspecten in alle fasen van de produktlevenscyclus ontbreekt hierbij echter.

Het milieubeleid werd in de afgelopen periode gekenmerkt door een wijziging van sectoraal gericht beleid naar een meer integrale beleidsvoering. Het werken met thema's en doelgroepen heeft dit bevorderd. De thans in ontwikkeling zijnde produktgerichte benadering ligt in het verlengde hiervan. Deze benadering kan een meerwaarde opleveren van de effectiviteit van het milieubeleid indien alle fasen van de produktlevenscyclus en alle milieu-aspecten in aanmerking genomen worden.

2. PRODUKTOMSCHRIJVING

De toepassingen van elektronica doen zich gelden in consumentengoederen, verkeer en vervoer, rekenapparatuur en data-opslag, telecommunicatie, kantoorapparatuur, meet- en regelapparatuur, industriële automatisering, etc. Dit onderzoek richt zich op slechts een gedeelte hiervan en wel met name de volgende produkten:

- huis- en personal computers, inclusief de randapparatuur en
- audio- en video-apparatuur.

Wat de gebruikers betreft wordt gedacht aan twee categorieën:

- kantoren (professionele toepassing),
- huishoudens (particuliere, individuele toepassing).

De exacte afbakening van de in het onderzoek mee te nemen produkten vindt plaats aan het begin van het onderzoek in overleg met de opdrachtgever.

3. DOEL VAN HET ONDERZOEK

De produktgerichte milieustudie naar elektronische apparatuur heeft als doel het bepalen van de milieu-effecten van de produktgroep. Hieruit kunnen de volgende subdoelen geformuleerd worden:

- 1. welke milieu-effecten (relatief en absoluut) zijn in alle fasen van de produktlevenscyclus (dat is vanaf de produktie- t/m de afvalfase) van belang;*
- 2. welke produktalternatieven zijn (de kwalitatieve aspecten in acht genomen) aantoonbaar milieuvriendelijker;*
- 3. welke technische en marktontwikkelingen zijn te verwachten respectievelijk dienen gestimuleerd te worden;*
- 4. afhankelijk van 1. - 3.: in hoeverre kan het beleid op deze problematiek inspelen om de milieubelasting te minimaliseren. Hierbij wordt speciale aandacht gevraagd voor de import/export problematiek*

4. MILIEU-ASPECTEN

De belangrijkste milieuproblemen ontstaan in de produktie- en afvalfase. De produktiefase wordt gekenmerkt door het gebruik van milieugevaarlijke stoffen en lucht- en waterverontreiniging. Ook bestaat er gevaar van lekkages in tanks en opslagplaatsen.

In de afvalfase zijn met name zware metalen van belang en gechloreerde koolwaterstoffen. (Zie onder andere rapport van VROM, reeks Afvalstoffen 35 'Zware metalen afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur'/1986).

5. TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN

Door de sterke ontwikkeling in de toepassingsmogelijkheden van elektronica en elektronische schakelingen zijn reeds vele technieken vervangen. Verwacht kan worden dat deze trend ook in de toekomst zal doorzetten. De sterk dalende prijzen hebben ook invloed gehad op een grotere toepassing van elektronische apparatuur.

De groei in het gebruik van computers is stormachtig. De technische ontwikkeling op dit gebied gaat steeds verder. De computers worden beter, kleiner, sneller en goedkoper. Het is de vraag in hoeverre de technische ontwikkeling de vervanging door gebruikers van bestaande computers versnelt en in hoeverre een tweedehands markt in computers haalbaar is.

6. METHODE VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek omvat een literatuuronderzoek, aangevuld met interviews, bedrijfsbezoeken en eventueel een enquête. De resultaten van de produktgerichte milieustudie worden in een rapport opgenomen. Omwille van de bescherming van individuele vertrouwelijke technische of economische gegevens van bedrijven worden deze gegevens strikt vertrouwelijk behandeld. Voor de rapportage van de onderzoeksresultaten wordt in overleg met de begeleidingscommissie een zodanige vorm gekozen dat de vertrouwelijkheid van bepaalde gegevens niet geschaad wordt.

Onder de verslaglegging wordt bij wijze van experiment ook een geautomatiseerd databestand inbegrepen, opgezet met behulp van een databaseprogramma, geschikt voor personal computers (bijvoorbeeld dBase III+). Het betreft hier het opslaan van gegevens met betrekking tot de milieu-aspecten respectievelijk andere relevante gegevens van alle fasen van de levenscyclus van onderzochte produkten. De bestandsstructuur wordt vastgesteld in gezamenlijk overleg met de opdrachtgever. Voor de maximale grootte in de experimentfase stelt TNO een structuur van maximaal 10 x 20 velden voor. Op basis van verkregen kennis en ervaring zal in overleg met de opdrachtgever een advies voor het opzetten een grote database gegeven worden.

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-4

Bijlage IToelichting op het voorgestelde onderzoek "Produktiegerichte Milieustudie Elektronische apparatuur"

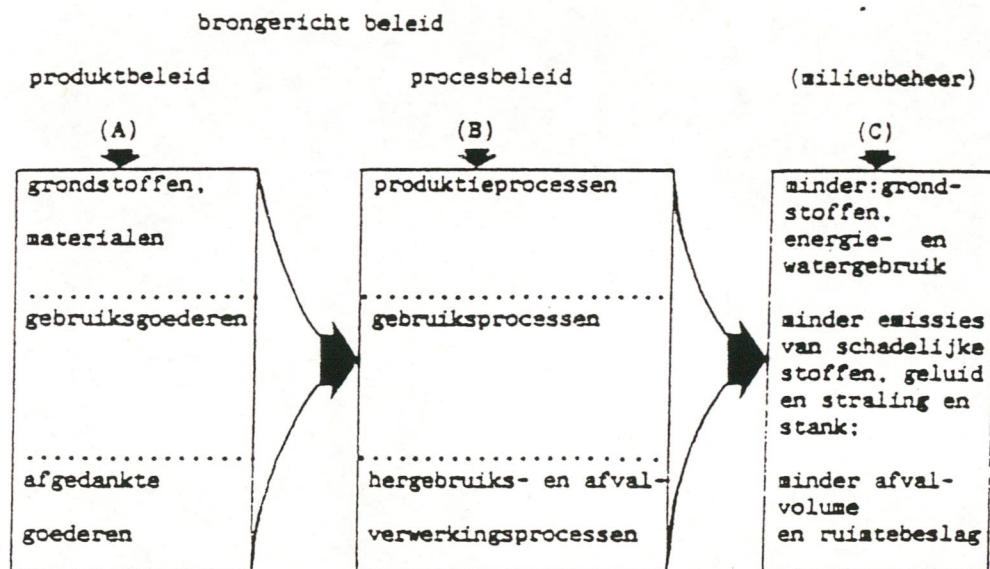
Bij de bestudering van de offerte-aanvraag van het Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiëne van het Ministerie van VROM heeft TNO gemeend een toelichting op het voorgestelde onderzoek te moeten formuleren.

In een viertal hoofdstukken zal verder worden ingegaan op de thema's:

- . Milieu-effecten tijdens de produktlevenscyclus
- . Aantoonbaar Milieuvriendelijkere Produktalternatieven
- . Technische en Markontwikkelingen
- . Beleidsaspecten

1. Milieu-effecten tijdens de produktlevenscyclus

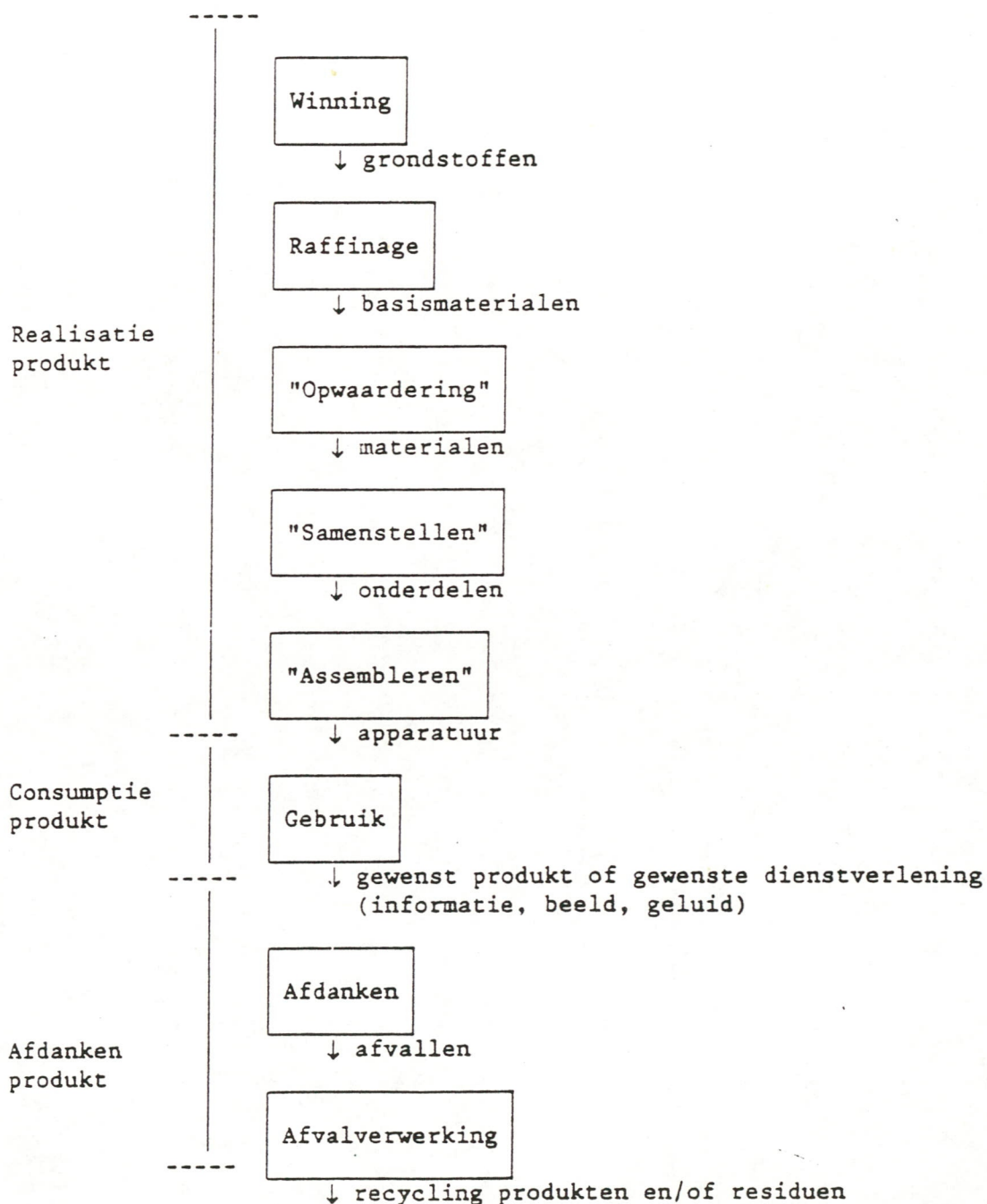
Centraal staat de produktlevenscyclus; schematisch is deze zoals hieronder afgebeeld weer te geven; hierbij zijn aangrijpingspunten richting beleid aangegeven ¹⁾.



Schema : het aangrijpingspunt (A) van produktbeleid, met effecten op drie typen processen. Produktbeleid kan ook aangrijpen bij grondstoffen en afgedankte produkten. Het brongerichte beleid grijpt nu in hoofdzaak aan de proceszijde van het blok.

¹⁾ Bron: M. v.d. Berg et.al.; Potenties van produktbeleid; Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit, Leiden, 1986.

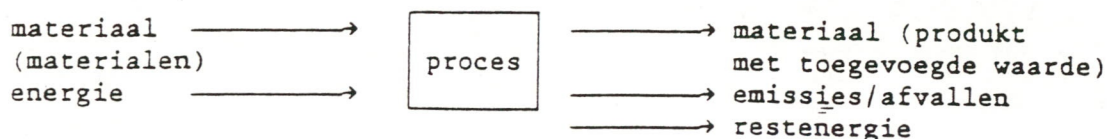
Voor de analyse van de milieu-effecten van de produktlevenscyclus van elektronische apparatuur is de weergave van deze cyclus in een blokschema, zoals hierna weergegeven, in eerste benadering verhelderend.



De blokken in voorgaand schema geven processen (of een groep gecombineerde processen) aan, waarbij telkens milieu-effecten in het geding zijn. Elk blok kent de volgende ingangs- en uitgangsstromen.

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-6



Milieu-effecten kunnen zijn:

- emissies van (schadelijke) stoffen naar lucht, water en bodem
- gebruik van energie
- emissie van thermische verontreiniging
- uitputting van grondstoffen
- geluids- en stankoverlast
- ruimtebeslag door afvalvolume
- aantasting van natuur en landschap
- straling

Straling is slechts in enkele gevallen in het geding. Systematische gegevens over geluid- en stankoverlast, aantasting van natuur en landschap, emissie van thermische verontreinigingen ontbreken veelal, zodat slechts kwalitatieve uitspraken in beperkte mate mogelijk zijn.

Kwantitatief gewogen kunnen worden:

- * Emissies van (schadelijke) stoffen naar lucht, water en bodem. Emissies naar de bodem treden veelal op in de afvalfase, indien afgedankte producten gestort worden.
- * Gebruik van energie (voor de produktie en consumptie).
- * Gebruik van grondstoffen (voor de produktie), eventueel gerelateerd aan de schaarste ervan.
- * Ruimtebeslag door afvalvolume, indien ervan uitgegaan wordt, dat na afdanken het produkt gestort wordt. Indien voor een gedeeltelijke recycling van materialen of verbranding, als verwerkingsoptie, gekozen wordt, spelen andere milieu-effecten een rol. De milieu-effecten van de twee laatstgenoemde methoden zijn moeilijker kwantificeerbaar respectievelijk niet direct voorspelbaar vanwege de volgende moeilijk te beantwoorden vragen:
 - . Welk gedeelte van het produkt is "recyclebaar".
 - . Welke emissies treden er op bij verbranding en wat zijn de effecten van de reststoffenverwerking.

Het onderzoek bestaat uit het aangeven van de diverse milieu-effecten tijdens de verschillende processen van de produktlevenscyclus.

Bij sommatie van specifieke milieu-effecten over de verschillende processen zal blijken dat nogal eens voorkomt dat een specifiek proces in grote mate bijdraagt aan de totale grootte van een specifiek milieu-effect. Het onderzoek zal daarom ook de weging van de milieu-effecten over de diverse processen omvatten.

2. Aantoonbare milieuvriendelijke produkt-alternatieven

De industrieel ontwerper maakt een ontwerp voor een produkt op basis van een "pakket van eisen". Dit is een vooraf opgestelde lijst met criteria, randvoorwaarden die veelal betrekking hebben op economische aspecten, veiligheidseisen, normen/regels van de overheid, fysisch/mechanische eigenschappen, etc.

Het ontwerp bepaalt mede welke grondstoffen, materialen, onderdelen, productieprocessen benodigd zijn en hoe de gebruikswijze van het apparaat is. Veel toegepaste termen voor de realisatie van milieuvriendelijke produkten zijn:

- Preventiegericht, milieuvriendelijk ontwerpen
- Onderhoudsbewust en repatievriendelijk ontwerpen
- Modulegerichte ontwerpen
- Hergebruiksbewust ontwerpen
- Grondstof-, energie- en milieubewust ontwerpen

Men zou kunnen stellen dat de eerstgenoemde term de volgende vier ondervangt. Wat verder uitgewerkt komt het bovenstaande op het volgende neer:

- * Het streven naar vermindering van het grondstoffen- en energiegebruik tijdens de produktlevenscyclus.

Het grondstoffengebruik is veelal aan de orde tijdens de produktrealisatie; het energiegebruik komt met name sterk aan de orde in de consumptiefase.

- * De keuze van de toeslagstoffen voor eventuele kwaliteitsverbetering van materialen/stoffen/onderdelen) is veelal bepalend voor de milieuproblemen in het afvalstadium: Bijvoorbeeld de verspreiding van zware metalen in het milieu na de afvalverwerking wordt voor een belangrijk deel veroor-

zaakt door de toepassing ervan in toeslagstoffen.

- * De keuze van de soort materialen in samenhang met de toegepaste technieken voor het onderling verbinden van materialen en onderdelen is bepalend voor de hergebruiksmogelijkheden.
- * Door de onderhouds- en slijtagegevoelige onderdelen op een gemakkelijk toegankelijke plaats te lokaliseren in het ontwerp zal de gebruiker (of bijvoorbeeld onderhoudsmonteur) eerder zorgdragen voor de goede conditie, dus uiteindelijk gebruiksduurverlenging, van het desbetreffende apparaat. Ook de demonteerbaarheid speelt hierbij een rol.
- * De levensduur, gebruiksduur van een apparaat kan verlengd worden door tijdens het ontwerp reeds rekening te houden met de mogelijkheden van "herfabricage" (remanufacturing). Door een modulegewijs ontwerp is hierop in te spelen. Sommige computerfabrikanten, leveranciers, zoals Data General en Digital, nemen technologisch verouderde types in, voorzien de apparaten van de nieuwste ontwikkelingen en verkopen deze weer; men spreekt dan ook van "upgrading".
- * De vervaardiging van het desbetreffende produkt dient te geschieden met relatief schone processen.
- * Toename van de gebruiksvriendelijkheid van het produkt verhoogt de kansen op gebruiksduurverlenging.

Tijdens het onderzoek naar milieuvriendelijkere produkten of produkt-alternatieven zullen de hiervoor genoemde aspecten nader beschouwd worden. Bovendien zal bekeken worden hoe de verschillende alternatieven tot stand gekomen zijn; in hoeverre milieuvriendelijke aspecten in het "pakket van eisen", die vooraf aan het ontwerp gesteld worden, meegenomen zijn. Nadat in samenspraak met de opdrachtgever gekozen is voor specifieke produkten, zullen gesprekken met fabrikanten, leveranciers, importeurs, de Stichting Vergelijkend Waren Onderzoek, de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Konsumentaangelegenheden en eventueel anderen gevoerd worden. Door middel van studie en de gespreksresultaten zal duidelijk worden, of er significante verschillen zijn tussen de merken en typen onderling, nadat voor een specifiek apparaat of apparatengroep gekozen is.

Mogelijkerwijs dat door de snelle technologische veranderingen, ook de "milieuvriendelijkheid" van het desbetreffende apparaat toeneemt. Bijvoorbeeld de computer wordt steeds kleiner; het grondstoffen- en energiegebruik per apparaat wordt minder. Daar staat tegenover dat in een relatief korte

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-9

tijd een apparaat in het afvalstadium terechtkomt; de gebruiksduur is kort. Mogelijkerwijs dat het tweedehands circuit vele apparaten opvangt en dat een "tweede" en eventueel "derde" gebruik volgt. _

In het onderzoek zal studie naar de invloed van de technologische veroudering op de milieuvriendelijkheid van het produkt meegenomen worden.

*Tijdens gesprekken met ontwerpers en/of fabrikanten zal nagegaan worden in hoeverre tijdens de ontwerpfase de door de Technische Universiteit Twente opgestelde wijze van "methodisch ontwerpen" gehanteerd/gevolgd is. Deze methodiek is gericht op grondstof-, energie- en milieubewust ontwerpen *)*

- * Kroonenberg, H.H. van den Braam, J.;
Grondstof-, energie- en milieubewust ontwerpen,
non-waste technology in het ontwerpproces;
Sigma 24 (1978) no. 6.

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-10

3. Technische en marktontwikkelingen

In de audio-/video-sector en de kantoorsector zijn hierna enkele toekomstige ontwikkelingen omschreven die relatief snel op ons afkomen.

Audio-/video-sector

Enkele ontwikkelingen zijn:

- Bundeling van audio- en video-functies; naast compact-disc-speler, audio-cassettespeler, videospeler zijn de afstemeenheden en video-/audioverwerking in een rek geplaatst.
- Televisie-apparaat wordt videomonitor.
- Vergroting aantal functies die met afstandsbediening geregeld kunnen worden.
- Verdergaande programmering van het opnemen van en het parallel opnemen van verschillende radio- en televisie-uitzendingen.
- Uitbreiding voor nieuwe, toekomstige functies op de videomonitor, zoals Teletekst, Viditel en huiscomputer.

Dat na de introductie van de Compact-Disc-speler (CD) nog vele nieuwe technologische uitvindingen op ons afkomen, blijkt uit de persberichten. De compact-disc kan worden gecopieerd met behulp van een Digitale Audio Tape-recorder (DAT). In het najaar 1986 is dit apparaat voor het eerst op de Audiobeurs in Tokio getoond. Slechts discussies over auteursrechten kunnen de introductie vertragen. Op deze Japanse ontwikkelingen reageerde Philips met de presentatie van een zelfontwikkelde CD-Video (CDV); de toevoeging van beeld aan de bestaande audio-compact-disc.

Uit een vrij recent krantenartikel (Volkskrant, 3 juli 1987) bleek dat onderzoekers van het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven een veelbelovende groep van materialen gevonden hebben, waarmee wisbare CD's gemaakt kunnen worden. Deze wisbare CD's kunnen in principe op de bestaande spelers worden afgespeeld, zij het dat een kleine wijziging in de elektronica van het apparaat moet worden aangebracht. De genoemde combinatie van mogelijkheden (het afspelen van nieuwe banden; het opnemen; het uitwissen) met een apparaat zou gestimuleerd moeten worden (minder apparaten in het afval van de toekomst).

Door de snelle ontwikkelingen zou men meer afgedankte apparaten in het afval verwachten. Dit wordt echter steeds naar de toekomst verschoven. Na de

introdactie van de kleuren-TV, bleven en blijven de zwart-wit TV's nog lang in het tweedehands circuit of op zolder als "reserve-apparaat". Dit is ook te verwachten na de introductie van bovengenoemde ontwikkelingen.

In het jaar 2000 zou het audio-visuele wandmeubel in de huiskamer van de consument wel eens gevuld kunnen zijn met een pick-up voor de jeugd-lp's, een radio, een cassette recorder voor oude verzamelbandjes, een paar CD-spelers, een DAT-recorder, een video-recorder voor het afspelen van de verschillende systemen, etc.

Die ontwikkelingen dienen gestimuleerd te worden, waarbij verschillende systemen "verdraagbaar" zijn om de grote stroom van nieuwe verschillende apparaten enigszins te kunnen temperen. Een bemoedigend bericht in deze is dat er een Standaard op komst is voor Europese elektronica (7 vooraanstaande Europese producenten van elektronische apparatuur werken hieraan). Die Standaard moet het mogelijk maken dat de door de bedrijven geproduceerde apparaten onderling op elkaar kunnen worden aangesloten en met één kleine computer zijn te bedienen.

Kantoorsector

Het kantoor van de toekomst wordt een communicatiecentrum waar informatie binnenkomt, geanalyseerd, gesorteerd, eventueel vermenigvuldigd en uitgezonden wordt. Door toenemende automatisering zullen functies geïntegreerd gaan worden. Met behulp van de introductie van de micro-elektronica wordt ervoor zorggedragen dat de informatie meer rechtstreeks bij de gebruiker komt, waardoor intermediaire functies geheel of grotendeels verdwijnen. De schrijfmachine bijvoorbeeld evolueert naar een tekstverwerkingsapparaat met opslag-, raadplegings- en verwerkingsmogelijkheden op de werkplek. De minst door de techniek opgenomen informatiesubprocessen zullen zijn: Generatie, niet routineachtige bewerkingen en interpretatie van informatie.

Onder andere de volgende veranderingen zullen in de nabije toekomst plaatsvinden:

- * Verbetering telefoonnetten van bedrijven.
- * Introductie elektronische draagbare mini-schrijfmachine.
- * Introductie Personal Computers met tekstverwerkingsprogramma's.
- * Introductie tekstverwerkers met telecommunicatiefaciliteiten.
- * Introductie teletex (opvolger van telex) waardoor communicatie tussen tekstverwerkers op berichtenbasis met een hogere snelheid plaatsvindt.

- * Koppeling van teletex met archiefbestanden.
- * Integratie van "intelligente" kopieerapparatuur (met digitale opslag en opsporing) met facsimile-apparatuur (= kopieerapparatuur op afstand).
- * Introductie scribofonie (teleschoolbord) als hulpmiddel bij telefonisch vergaderen.
- * Ontwikkeling van goedkope, geruisloze kleurenprinters.
- * Ontwikkeling van handcomputers, draagbare vorm van personal computers.
- * Ontwikkeling van digitale vastlegging van informatie door opslag van het "beeld", bijvoorbeeld archiefgegevens, op videoschijf (in plaats van microfilm).

Dat computerfabrikanten "verouderde" apparaten innemen, van de nieuwste ontwikkelingen voorzien en weer verkopen, is een gunstige ontwikkeling. Door de verdergaande integratie van functies en apparaten is een module-opbouw wenselijk. Het voordeel is dat een element aangepast kan worden en dat geen volledige apparatuur afgedankt behoeft te worden.

Vanuit dat oogpunt dienen zeker ontwikkelingen in de module-opbouwrichting gestimuleerd te worden. Daarnaast is er behoefte aan standaardisatie, waardoor apparaten van verschillende fabrikanten, inclusief soft-ware, aan elkaar gekoppeld kunnen worden.

Bij het onderzoek en tijdens de gesprekken met deskundigen zullen die ontwikkelingen geanalyseerd worden die in direct verband staan met de milieuvriendelijkheid van het apparaat. Hierbij zal vooral gelet worden op mogelijke beleidsaanknopingspunten, gebaseerd op stimulansen richting produktie milieuvriendelijkere apparatuur.

4. Beleidsaspecten

Uit het voorgaande blijkt dat de technologische ontwikkelingen razend snel op ons afkomen.

In eerste instantie zal onderzocht worden welke technische en niet-technische belemmeringen een rol spelen bij het streven naar een efficiënt beleid. De niet-technische belemmeringen kunnen macro-economisch, sociaal-psychologisch, juridisch en organisatorisch (onder andere infrastructureel) van aard zijn. Technische belemmeringen zijn veelal in verband te brengen met de hergebruiksmogelijkheden.

Zoals in het Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer (IMP-M) 1987-1991 staat, kan het produktenbeleid in beginsel gebruik maken van een scala van maatregelen, zoals afspraken met de producenten, eisen stellen aan de samenstelling van produkten, verstrekken van milieu-relevante informatie aan consumenten, etikettering, vervoers- en gebruiksvoorschriften, inzamelstructuren en hergebruik, milieuvriendelijk aanschaffingsbeleid, statiegeldregelingen, fiscale maatregelen en subsidies.

Afgezet tegen de inzichtelijk gemaakte belemmeringenstructuur zal een sterkte/zwakte-analyse van de verschillende potentiële beleidsmaatregelen gemaakt worden. Mogelijkerwijs dat hieruit een bepaalde prioriteitsvolgorde af te leiden is.

Aangezien de meeste apparaten in het buitenland geassembleerd en daarna ingevoerd worden, terwijl Nederland daarnaast ook onderdelen c.q. specifieke apparaten exporteert, vraagt de import/exportproblematiek speciale aandacht.

Bij het onderzoek naar de specifieke belemmeringen en het maken van de sterkte/zwakte-analyse wat betreft de potentiële beleidsmaatregelen zullen ook de aspecten van de internationale handel en de EG-problematiek beschouwd worden.

Twee positieve ontwikkelingen daarbij zijn het streven naar standaardisatie op Europese schaal en het opwaarderen van technisch verouderde computers door computerfabrikanten, zonder dat dit aan bepaalde beleidsmaatregelen gebonden is.

Uit het afleiden van een prioriteitsvolgorde zou eventueel de advisering richting een tweesporenbeleid gestalte kunnen krijgen.

Het ene spoor zou een pakket van mogelijk te realiseren beleidsmaatregelen kunnen bevatten, dat aansluit bij de internationale situatie. Het andere spoor omvat dan keuzemogelijkheden die, onafhankelijk van internationale afspraken en ingrepen, gemaakt zouden kunnen worden.

Een nationale maatregel zou bijvoorbeeld het inzamelen van afgedankte apparaten via de gevestigde detailhandel kunnen zijn. Er ontstaat dan een concrete afvalstoffenstroom, die, eventueel na verwerking ervan in een daaraan gekoppelde installatie, beschouwd kan worden als uitgangsmateriaal voor het herwinnen van secundaire grondstoffen. Een keuze die vooral gebaseerd zou kunnen zijn op het streven naar reductie van het afvalvolume.

Zoals in het Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer (IMP-M) 1987-1991 staat, kan het produktenbeleid in beginsel gebruik maken van een scala van maatregelen, zoals afspraken met de producenten, eisen stellen aan de samenstelling van produkten, verstrekken van milieu-relevante informatie aan consumenten, etikettering, vervoers- en gebruiksvoorschriften, inzamelstructuren en hergebruik, milieuvriendelijk aanschaffingsbeleid, statiegeldregelingen, fiscale maatregelen en subsidies.

Afgezet tegen de inzichtelijk gemaakte belemmeringenstructuur zal een sterkte/zwakte-analyse van de verschillende potentiële beleidsmaatregelen gemaakt worden. Mogelijkerwijs dat hieruit een bepaalde prioriteitsvolgorde af te leiden is.

Aangezien de meeste apparaten in het buitenland geassembleerd en daarna ingevoerd worden, terwijl Nederland daarnaast ook onderdelen c.q. specifieke apparaten exporteert, vraagt de import/exportproblematiek speciale aandacht.

Bij het onderzoek naar de specifieke belemmeringen en het maken van de sterkte/zwakte-analyse wat betreft de potentiële beleidsmaatregelen zullen ook de aspecten van de internationale handel en de EG-problematiek beschouwd worden.

Twee positieve ontwikkelingen daarbij zijn het streven naar standaardisatie op Europese schaal en het opwaarderen van technisch verouderde computers door computerfabrikanten, zonder dat dit aan bepaalde beleidsmaatregelen gebonden is.

Uit het afleiden van een prioriteitsvolgorde zou eventueel de advisering richting een tweesporenbeleid gestalte kunnen krijgen.

Het ene spoor zou een pakket van mogelijk te realiseren beleidsmaatregelen kunnen bevatten, dat aansluit bij de internationale situatie. Het andere spoor omvat dan keuzemogelijkheden die, onafhankelijk van internationale afspraken en ingrepen, gemaakt zouden kunnen worden.

Een nationale maatregel zou bijvoorbeeld het inzamelen van afgedankte apparaten via de gevestigde detailhandel kunnen zijn. Er ontstaat dan een concrete afvalstoffenstroom, die, eventueel na verwerking ervan in een daaraan gekoppelde installatie, beschouwd kan worden als uitgangsmateriaal voor het herwinnen van secundaire grondstoffen. Een keuze die vooral gebaseerd zou kunnen zijn op het streven naar reductie van het afvalvolume.

KLEUREN-TV'S ZICHTBARE BEELDDIAGONAAL CA. 51 CM

MERK EN TYPE	f	cm	TELETEKST				VERDERE VOORZIENINGEN	AFMETINGEN BxHxD	CONTRAST IN ZONLICHT	BEELD	GEMAK AFSTANDSBEDIENING	GEMAK PROGRAMMEREN	AFWEZIGHEID FLUITTOON	WERKING AFSTANDSBEDIENING	GEBRUIKSAANWIJZING	VERBRUIK KIJKEN	TOTAAL TESTRESULTAAT				
			BEELDDIAGONAAL	BEELDBUIS	TIJDELIJK GEHEUGEN	PROGRAMMAPLAATSEN											VERDER	W	W		
PRUIS CA.	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)	11)	12)	13)	14)	15)	16)	17)	18)			
STEREO MET TELETEKST																					
B & O MX3000	3000	51	R	4/128		B	32 ⁵⁾	LKAPVHEIB	50x55x41	+	++	+	++	-	□	+	++	84	3	GOED	
BLAUPUNKT PS 55-28	1800	51	RV	8/32		IK	59	KPETI	51x49x40	+	□	+	□	++	□	+	+	83	13	GOED	
FINLUX 3021 F	2500	51	R	1/39		BI	39	LKEIB	66x44x42	+	□	+	□	+	□	+	□	81	11	GOED	
GRUNDIG M55-355A CTV/TXT	1800	51	RV	8/80	8	I	40	LKVE	52x49x40	+	□	+	++	++	□	□	++	81	14	GOED	
HEMA KT 8176 STX	1100	48				B	30	PEB	57x41x47	□	-	+	+	++	□	-	+	63	6	REDELIJK	
HITACHI CPT 2128 T	1500	51	RV	6/54			40 ⁵⁾	KPVET	66x45x50	+	7)	-	□	-	□	+	□	+	70	15	GOED ⁷⁾
ITT NOKIA 5550 VT	1600	51	R			B	39	LKAEB	49x48x42	+	-	□	++	++	□	+	+	98	6	GOED	
MULTITECH K79155 STX	1300	50	RV			B	30	PEB	51x47x48	□	-	□	□	++	□	-	+	62	7	REDELIJK	
NORDMENDE FUTURA 55	1800	51	RVA	8/72		K	39	LKAPEIB	51x45x48	+	□	□	□	++	+	++	++	62	4	GOED	
PANASONIC TX-C81 DRS	2000	50	RV	4/40	4	S	50 ⁵⁾	LKASVEIB	53x49x49	+	□	□	□	+	□	-	+	88	4	GOED	
PHILIPS 21GR2751/30B	1700	51	RV			BKS	60 ⁵⁾	KVHETB	66x47x48	+	□	□	++	-	□	-	++	60	5	GOED	
SABA M5520	1800	51	RVA	8/72		K	39	LKAPEIB	51x48x48	+	□	+	++	++	+	++	++	62	4	GOED	
SONY KV-X21 TD	1850	51	C			B	29 ⁵⁾	LKAVHIB	52x46x48	+	++	□	-	-	□	-	++	76	7	GOED	
TELEFUNKEN SP-210TT	1700	51	RVA	8/72		K	39	LKAPEIB	51x45x48	+	□	□	+	+	□	□	++	61	4	GOED	
MONO																					
BONDSTECH BT-200 BRC	900	47		3)			30	KPB	50x46x47	□	-	□	-	+	□	□	-	66	4	REDELIJK	
FRONTECH CTV-2088 SGT 900	900	46		3)		B	30	KPB	50x47x47	□ ⁸⁾	□	□	+	□	□	-	+	55	10	REDELIJK	
PRIMA XT-5102	650	47					12		49x48x48	□	-	□	++	--	□	-	+	50	4	REDELIJK	
SAMSUNG CB-534V	900	50	R	3)			29	PEB	51x47x49	-	--	□	+	++	□	□	□	59	11	MATIG	

1 R = rechthoekig

V = vlak

A = antireflectie laag

C = cilindrisch (trinitron)

2 Aantal pagina's per programma/totaal

3 Geen teletekst

4 B = "bladeren" mogelijk

I = zender-identificatie in kopregel

K = kinderslot voor blokkeren programma's

S = snelzoekstelsysteem (Fiof)

5 Nummer programma tijdelijk in beeld

6 L = aansluiting voor luidsprekers

K = aansluiting voor koptelefoon

A = aansluiting voor audio

S = S-VHS

P = zenders programmeren vanaf afstandsbediening mogelijk

V = afstandsbediening ook te gebruiken met "eigen merk" video

H = ook hyperband te ontvangen

E = Scart

T = sleep-timer

I = indicatie voor stand beeld/geluid

B = programma's stapsgewijs te kiezen

7 Teletekst-letters minder goed leesbaar

8 Bij fabrieksinstelling echter "-----"

++ = ZEER GOED; + = GOED; □ = REDELIJK;

- = MATIG; --- = SLECHT

Fabrikanten/importeurs

B & O: B & O, 's-Graveland, (035) 61824

BLAUPUNKT: Blaupunkt, Amsterdam, (020) 5682345

BONDSTECH: Breckwoldt, Almelo, (05490) 16575

FINLUX: Heynen, Gennep, (08851) 96260

FRONTECH: Molenaar, Zaandam, (075) 352211

GRUNDIG: Grundig, Amsterdam, (020) 5681568

HEMA: Hema, Amsterdam, (020) 5904911

HITACHI: Hitachi, Soest, (02155) 16544

ITT: Revah Hesse, Eindhoven, (040) 415525

MULTITECH: Audiosonic, Amsterdam, (020) 139960

NORDMENDE: Nordmende, Amsterdam, (020) 6682411

PANASONIC: Haagtechno, Den Bosch, (073) 202911

PHILIPS: Philips, Eindhoven, (040) 781178

PRIMA: Ipolon, Roosendaal, (01650) 55072

SABA: Domp, Mijdrecht, (02979) 91600

SAMSUNG: Amfo, Rotterdam, (010) 4246555

SONY: Sony, Badhoevedorp, (02968) 81911

TELEFUNKEN: Fodor, Rotterdam, (010) 4246555

voor groep 1

89-050/R.22/IVS

bijlage XIX-2

Bezit, wijze van aanschaf en ouderdom van enkele duurzame consumptiegoederen in het huishouden, oktober 1984-oktober 1986¹⁾

Inl Heeren, tst 2677

	Bezit ²⁾			Bij aanschaf nieuw ³⁾			Gemiddelde ouderdom		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986	1984	1985	1986
	%						jaren		
koelkast	97	98	98	83	81	80	7,5	7,2	7,4
diepvriezer	47	48	47	85	82	81	6,6	6,5	6,8
vaatwasmachine	9	8	8	85	83	83	6,7	7,0	7,3
wasmachine, wasautomaat	88	88	88	93	91	91	6,9	6,9	6,9
aparte centrifuge	43	42	42	83	82	81	10,3	10,4	10,7
aparte wasdroger	13	14	15	86	89	87	6,7	6,5	6,9
elektrische naaimachine	64	65	65	85	84	83	11,5	11,7	11,9
kleurentelevisie	84	86	88	88	86	86	5,7	5,6	5,7
zwart-wit televisie	34	31	31	89	89	88	8,3	8,7	8,9
videorecorder	15	20	27	91	93	93	2,6	2,3	2,7
radio of tuner	97	97	97	89	88	89	7,8	7,9	8,0
band-, cassette-recorder of tapedeck	68	71	74	91	90	91	5,8	6,0	6,0
platenspeler, pick-up, grammofoon	81	81	82	89	88	89	7,4	7,6	7,8
aparte versterker	31	35	38	91	88	90	6,0	6,0	6,2
diaprojektor, filmprojektor	30	29	30	91	89	88	9,8	10,3	11,2
home computer	.	7	10	.	93	89	.	1,7	2,1
piano	8	8	8	41	45	42	.	29,4	29,0
orgel, elektronisch orgel	9	9	9	56	54	57	11,1	11,8	12,5
bromfiets	9	8	8	48	42	41	7,3	7,7	7,7
motor, scooter	3	2	2	.	.	.	.	.	.
auto	64	65	64	43	46	46	5,2	4,8	4,7
bungalowtent	7	8	8	65	67	63	8,1	8,3	8,7
tourcaravan, vouwwagen	8	8	8	50	50	50	7,7	7,7	7,8
stacaravan	2	2	2	.	.	.	.	.	.
tweede woning, vakantiehuisje, vakantiebungalow	2	2	2	.	.	.	.	.	.

¹⁾ Gegevens afkomstig uit het Sociaal-economisch panelonderzoek (steekproefomvang ca 4 000 huishoudens)

²⁾ In procenten van alle huishoudens

³⁾ In procenten van huishoudens met bezit betreffend goed

* Aantallen toestellen in huishoudens:

	1984		1985		1986	
	Penetr. graad %	Aantal (x10 ⁶)	Penetr. graad %	Aantal (x10 ⁶)	Penetr. graad %	Aantal (x10 ⁶)
Kleurentelevisie	84	4,55	86	4,74	88	4,95
Zwart-wit televisie	34	1,84	31	1,71	31	1,74
Videorecorder	15	0,81	20	1,10	27	1,52
Radio, tuner	97	5,28	97	5,35	97	5,45
Band-, cassette-recorder, tapedeck	68	3,69	71	3,92	74	4,16
Platenspeler, pick-up	81	4,39	81	4,47	82	4,61
Aparte versterker	31	1,68	35	1,93	38	2,14
Homecomputer	-	-	7	0,39	10	0,56

* Bij de berekening van het aantal apparaten in het afvalstadium, is gerekend met twee scenario's wat betreft levensduur van de apparaten (korte en lange levensduur). Van de hoeveelheid audio-/video-appara-

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-1

BIJLAGE XXII PROJECTVOORSTEL

"Produktgerichte milieustudie elektronische apparatuur"

1. INLEIDING

In het Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer (IMPM) 1987-1991 is aangegeven dat naast de doelgroepen ook produkten een onderwerp vormen van het brongerichte beleid en een wezenlijke bijdrage leveren aan de milieubelasting. Op veel deelterreinen van het milieubeleid wordt thans aandacht besteed aan produkten. In het kader van het afvalstoffenbeleid zijn het bijvoorbeeld batterijen of in het kader van het stoffenbeleid bestrijdingsmiddelen. De eisen die aan deze produkten gesteld worden, vloeien voort uit het beleid voor bepaalde afvalstoffen (in ons voorbeeld bijvoorbeeld kwik in batterijen), stoffen (bijvoorbeeld milieugevaarlijke stoffen in bestrijdingsmiddelen), enz. Een integrale aanpak van alle milieu-aspecten in alle fasen van de produktlevenscyclus ontbreekt hierbij echter.

Het milieubeleid werd in de afgelopen periode gekenmerkt door een wijziging van sectoraal gericht beleid naar een meer integrale beleidsvoering. Het werken met thema's en doelgroepen heeft dit bevorderd. De thans in ontwikkeling zijnde produktgerichte benadering ligt in het verlengde hiervan. Deze benadering kan een meerwaarde opleveren van de effectiviteit van het milieubeleid indien alle fasen van de produktlevenscyclus en alle milieu-aspecten in aanmerking genomen worden.

2. PRODUKTOMSCHRIJVING

De toepassingen van elektronica doen zich gelden in consumentengoederen, verkeer en vervoer, rekenapparatuur en data-opslag, telecommunicatie, kantoorapparatuur, meet- en regelapparatuur, industriële automatisering, etc. Dit onderzoek richt zich op slechts een gedeelte hiervan en wel met name de volgende produkten:

- huis- en personal computers, inclusief de randapparatuur en
- audio- en video-apparatuur.

Wat de gebruikers betreft wordt gedacht aan twee categorieën:

- kantoren (professionele toepassing),
- huishoudens (particuliere, individuele toepassing).

De exacte afbakening van de in het onderzoek mee te nemen produkten vindt plaats aan het begin van het onderzoek in overleg met de opdrachtgever.

3. DOEL VAN HET ONDERZOEK

De produktgerichte milieustudie naar elektronische apparatuur heeft als doel het bepalen van de milieu-effecten van de produktgroep. Hieruit kunnen de volgende subdoelen geformuleerd worden:

1. welke milieu-effecten (relatief en absoluut) zijn in alle fasen van de produktlevenscyclus (dat is vanaf de produktie- t/m de afvalfase) van belang;
2. welke produktalternatieven zijn (de kwalitatieve aspecten in acht genomen) aantoonbaar milieuvriendelijker;
3. welke technische en marktontwikkelingen zijn te verwachten respectievelijk dienen gestimuleerd te worden;
4. afhankelijk van 1. - 3.: in hoeverre kan het beleid op deze problematiek inspelen om de milieubelasting te minimaliseren. Hierbij wordt speciale aandacht gevraagd voor de import/export problematiek

4. MILIEU-ASPECTEN

De belangrijkste milieuproblemen ontstaan in de produktie- en afvalfase. De produktiefase wordt gekenmerkt door het gebruik van milieugevaarlijke stoffen en lucht- en waterverontreiniging. Ook bestaat er gevaar van lekkages in tanks en opslagplaatsen.

In de afvalfase zijn met name zware metalen van belang en gechloreerde koolwaterstoffen. (Zie onder andere rapport van VROM, reeks Afvalstoffen 35 'Zware metalen afkomstig van elektrotechnische en elektronische apparatuur'/1986).

5. TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN

Door de sterke ontwikkeling in de toepassingsmogelijkheden van elektronica en elektronische schakelingen zijn reeds vele technieken vervangen. Verwacht kan worden dat deze trend ook in de toekomst zal doorzetten. De sterk dalende prijzen hebben ook invloed gehad op een grotere toepassing van elektronische apparatuur.

De groei in het gebruik van computers is stormachtig. De technische ontwikkeling op dit gebied gaat steeds verder. De computers worden beter, kleiner, sneller en goedkoper. Het is de vraag in hoeverre de technische ontwikkeling de vervanging door gebruikers van bestaande computers versnelt en in hoeverre een tweedehands markt in computers haalbaar is.

6. METHODE VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek omvat een literatuuronderzoek, aangevuld met interviews, bedrijfsbezoeken en eventueel een enquête. De resultaten van de produktgerichte milieustudie worden in een rapport opgenomen. Omwille van de bescherming van individuele vertrouwelijke technische of economische gegevens van bedrijven worden deze gegevens strikt vertrouwelijk behandeld. Voor de rapportage van de onderzoeksresultaten wordt in overleg met de begeleidingscommissie een zodanige vorm gekozen dat de vertrouwelijkheid van bepaalde gegevens niet geschaad wordt.

Onder de verslaglegging wordt bij wijze van experiment ook een geautomatiseerd databestand inbegrepen, opgezet met behulp van een databaseprogramma, geschikt voor personal computers (bijvoorbeeld dBase III+). Het betreft hier het opslaan van gegevens met betrekking tot de milieu-aspecten respectievelijk andere relevante gegevens van alle fasen van de levenscyclus van onderzochte produkten. De bestandsstructuur wordt vastgesteld in gezamenlijk overleg met de opdrachtgever. Voor de maximale grootte in de experimentfase stelt TNO een structuur van maximaal 10 x 20 velden voor. Op basis van verkregen kennis en ervaring zal in overleg met de opdrachtgever een advies voor het opzetten een grote database gegeven worden.

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-4

Bijlage IToelichting op het voorgestelde onderzoek "Produktiegericht Milieustudie Elektronische apparatuur"

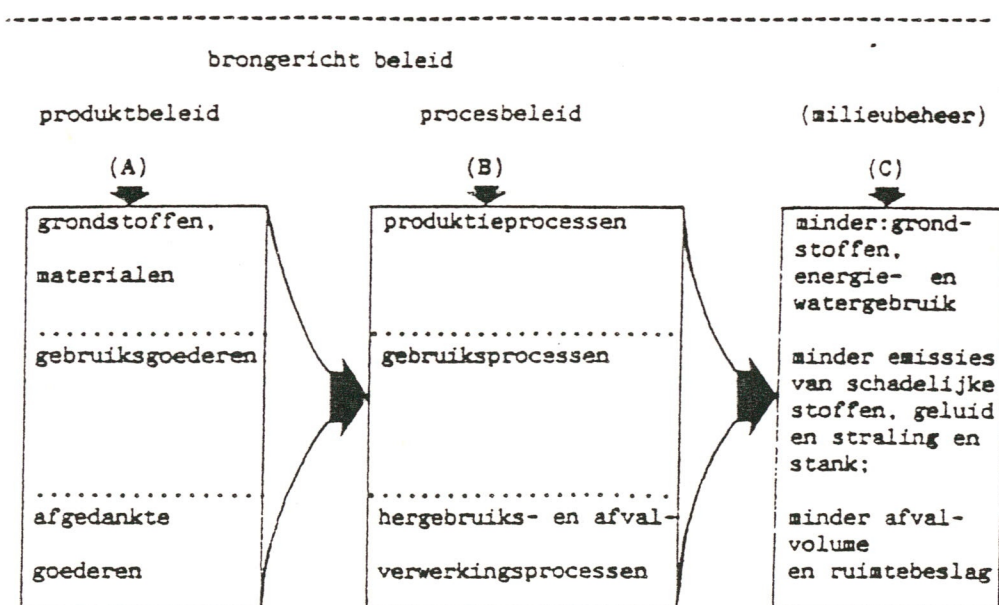
Bij de bestudering van de offerte-aanvraag van het Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiëne van het Ministerie van VROM heeft TNO gemeend een toelichting op het voorgestelde onderzoek te moeten formuleren.

In een viertal hoofdstukken zal verder worden ingegaan op de thema's:

- . Milieu-effecten tijdens de produktlevenscyclus
- . Aantoonbaar Milieuvriendelijkere Produktalternatieven
- . Technische en Markontwikkelingen
- . Beleidsaspecten

1. Milieu-effecten tijdens de produktlevenscyclus

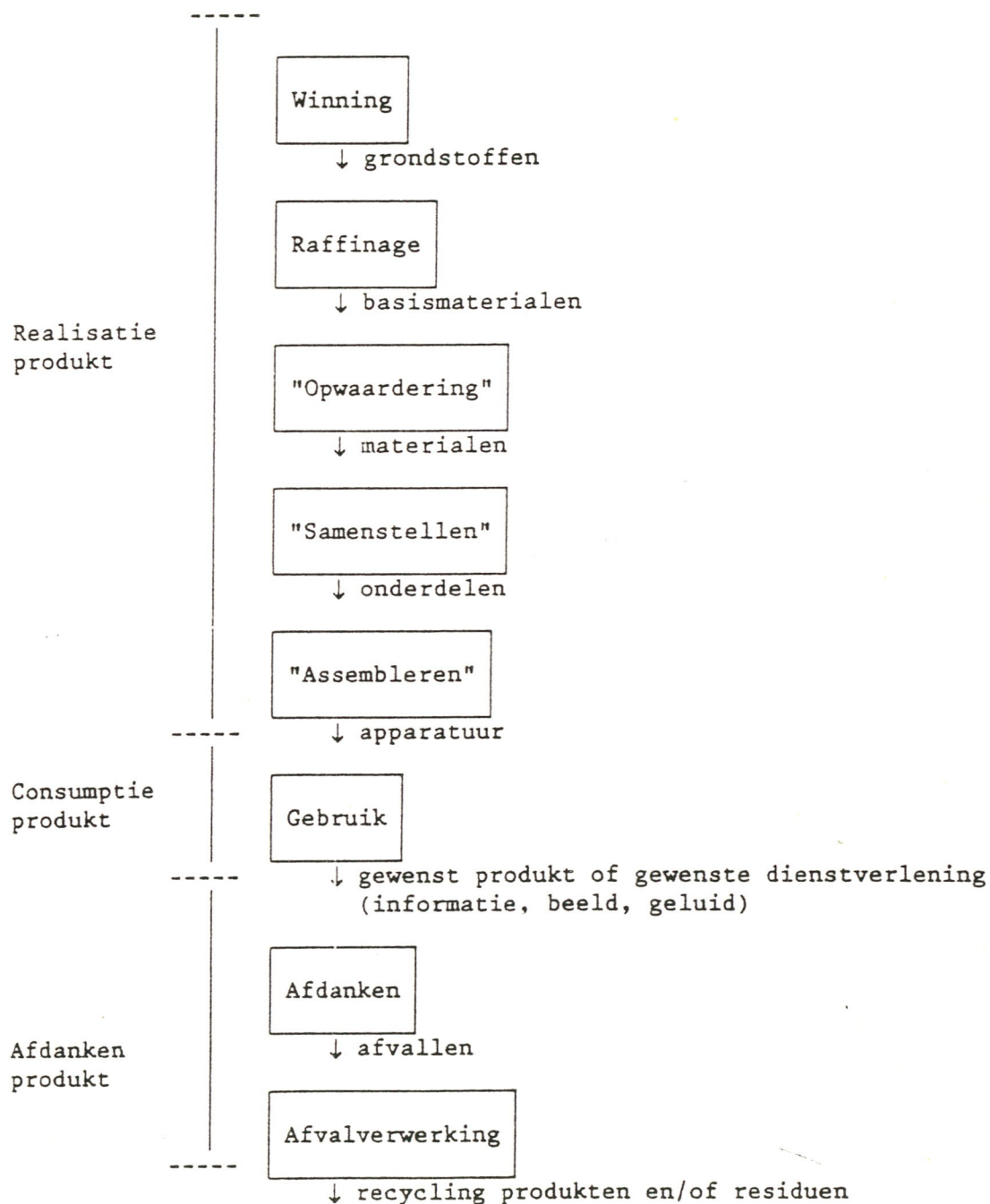
Centraal staat de produktlevenscyclus; schematisch is deze zoals hieronder afgebeeld weer te geven; hierbij zijn aangrijpingspunten richting beleid aangegeven ¹⁾.



Schema : het aangrijpingspunt (A) van produktbeleid, met effecten op drie typen processen. Produktbeleid kan ook aangrijpen bij grondstoffen en afgedankte produkten. Het brongerichte beleid grijpt nu in hoofdzaak aan de proceszijde van het blok.

¹⁾ Bron: M. v.d. Berg et.al.; Potenties van produktbeleid; Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit, Leiden, 1986.

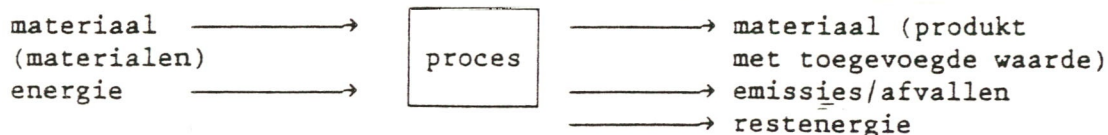
Voor de analyse van de milieu-effecten van de produktlevenscyclus van elektronische apparatuur is de weergave van deze cyclus in een blokschema, zoals hierna weergegeven, in eerste benadering verhelderend.



De blokken in voorgaand schema geven processen (of een groep gecombineerde processen) aan, waarbij telkens milieu-effecten in het geding zijn. Elk blok kent de volgende ingangs- en uitgangsstromen.

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-6



Milieu-effecten kunnen zijn:

- emissies van (schadelijke) stoffen naar lucht, water en bodem
- gebruik van energie
- emissie van thermische verontreiniging
- uitputting van grondstoffen
- geluids- en stankoverlast
- ruimtebeslag door afvalvolume
- aantasting van natuur en landschap
- straling

Straling is slechts in enkele gevallen in het geding. Systematische gegevens over geluid- en stankoverlast, aantasting van natuur en landschap, emissie van thermische verontreinigingen ontbreken veelal, zodat slechts kwalitatieve uitspraken in beperkte mate mogelijk zijn.

Kwantitatief gewogen kunnen worden:

- * Emissies van (schadelijke) stoffen naar lucht, water en bodem. Emissies naar de bodem treden veelal op in de afvalfase, indien afgedankte producten gestort worden.
- * Gebruik van energie (voor de produktie en consumptie).
- * Gebruik van grondstoffen (voor de produktie), eventueel gerelateerd aan de schaarste ervan.
- * Ruimtebeslag door afvalvolume, indien ervan uitgegaan wordt, dat na afdanken het produkt gestort wordt. Indien voor een gedeeltelijke recycling van materialen of verbranding, als verwerkingsoptie, gekozen wordt, spelen andere milieu-effecten een rol. De milieu-effecten van de twee laatstgenoemde methoden zijn moeilijker kwantificeerbaar respectievelijk niet direct voorspelbaar vanwege de volgende moeilijk te beantwoorden vragen:
 - . Welk gedeelte van het produkt is "recyclebaar".
 - . Welke emissies treden er op bij verbranding en wat zijn de effecten van de reststoffenverwerking.

Het onderzoek bestaat uit het aangeven van de diverse milieu-effecten tijdens de verschillende processen van de produktlevenscyclus.

Bij sommatie van specifieke milieu-effecten over de verschillende processen zal blijken dat nogal eens voorkomt dat een specifiek proces in grote mate bijdraagt aan de totale grootte van een specifiek milieu-effect. Het onderzoek zal daarom ook de weging van de milieu-effecten over de diverse processen omvatten.

2. Aantoonbare milieuvriendelijke produkt-alternatieven

De industrieel ontwerper maakt een ontwerp voor een produkt op basis van een "pakket van eisen". Dit is een vooraf opgestelde lijst met criteria, randvoorwaarden die veelal betrekking hebben op economische aspecten, veiligheidseisen, normen/regels van de overheid, fysisch/mechanische eigenschappen, etc.

Het ontwerp bepaalt mede welke grondstoffen, materialen, onderdelen, produktieprocessen benodigd zijn en hoe de gebruikswijze van het apparaat is. Veel toegepaste termen voor de realisatie van milieuvriendelijke produkten zijn:

- Preventiegericht, milieuvriendelijk ontwerpen
- Onderhoudsbewust en reparatievriendelijk ontwerpen
- Modulegericht ontwerpen
- Hergebruiksbewust ontwerpen
- Grondstof-, energie- en milieubewust ontwerpen

Men zou kunnen stellen dat de eerstgenoemde term de volgende vier ondervangt. Wat verder uitgewerkt komt het bovenstaande op het volgende neer:

- * Het streven naar vermindering van het grondstoffen- en energiegebruik tijdens de produktlevenscyclus.

Het grondstoffengebruik is veelal aan de orde tijdens de produktrealisatie; het energiegebruik komt met name sterk aan de orde in de consumptiefase.

- * De keuze van de toeslagstoffen voor eventuele kwaliteitsverbetering van materialen/stoffen/onderdelen) is veelal bepalend voor de milieuproblemen in het afvalstadium: Bijvoorbeeld de verspreiding van zware metalen in het milieu na de afvalverwerking wordt voor een belangrijk deel veroor-

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-8

zaakt door de toepassing ervan in toeslagstoffen.

- * De keuze van de soort materialen in samenhang met de toegepaste technieken voor het onderling verbinden van materialen en onderdelen is bepalend voor de hergebruiksmogelijkheden.
- * Door de onderhouds- en slijtagegevoelige onderdelen op een gemakkelijk toegankelijke plaats te lokaliseren in het ontwerp zal de gebruiker (of bijvoorbeeld onderhoudsmonteur) eerder zorgdragen voor de goede conditie, dus uiteindelijk gebruiksduurverlenging, van het desbetreffende apparaat. Ook de demonteerbaarheid speelt hierbij een rol.
- * De levensduur, gebruiksduur van een apparaat kan verlengd worden door tijdens het ontwerp reeds rekening te houden met de mogelijkheden van "herfabricage" (remanufacturing). Door een modulegewijs ontwerp is hierop in te spelen. Sommige computerfabrikanten, leveranciers, zoals Data General en Digital, nemen technologisch verouderde types in, voorzien de apparaten van de nieuwste ontwikkelingen en verkopen deze weer; men spreekt dan ook van "upgrading".
- * De vervaardiging van het desbetreffende produkt dient te geschieden met relatief schone processen.
- * Toename van de gebruiksvriendelijkheid van het produkt verhoogt de kansen op gebruiksduurverlenging.

Tijdens het onderzoek naar milieuvriendelijkere produkten of produkt-alternatieven zullen de hiervoor genoemde aspecten nader beschouwd worden. Bovendien zal bekeken worden hoe de verschillende alternatieven tot stand gekomen zijn; in hoeverre milieuvriendelijke aspecten in het "pakket van eisen", die vooraf aan het ontwerp gesteld worden, meegenomen zijn. Nadat in samenspraak met de opdrachtgever gekozen is voor specifieke produkten, zullen gesprekken met fabrikanten, leveranciers, importeurs, de Stichting Vergelijkend Waren Onderzoek, de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Konsumentaangelegenheden en eventueel anderen gevoerd worden. Door middel van studie en de gespreksresultaten zal duidelijk worden, of er significante verschillen zijn tussen de merken en typen onderling, nadat voor een specifiek apparaat of apparatengroep gekozen is.

Mogelijkerwijs dat door de snelle technologische veranderingen, ook de "milieuvriendelijkheid" van het desbetreffende apparaat toeneemt. Bijvoorbeeld de computer wordt steeds kleiner; het grondstoffen- en energiegebruik per apparaat wordt minder. Daar staat tegenover dat in een relatief korte

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-9

tijd een apparaat in het afvalstadium terechtkomt; de gebruiksduur is kort. Mogelijkerwijs dat het tweedehands circuit vele apparaten opvangt en dat een "tweede" en eventueel "derde" gebruik volgt. _ _

In het onderzoek zal studie naar de invloed van de technologische veroudering op de milieuvriendelijkheid van het produkt meegenomen worden.

*Tijdens gesprekken met ontwerpers en/of fabrikanten zal nagegaan worden in hoeverre tijdens de ontwerpfase de door de Technische Universiteit Twente opgestelde wijze van "methodisch ontwerpen" gehanteerd/gevolgd is. Deze methodiek is gericht op grondstof-, energie- en milieubewust ontwerpen *)*

* Kroonenberg, H.H. van den Braam, J.;
Grondstof-, energie- en milieubewust ontwerpen,
non-waste technology in het ontwerpproces;
Sigma 24 (1978) no. 6.

89-050/R.22/IVS

bijlage XXII-10

3. Technische en marktontwikkelingen

In de audio-/video-sector en de kantoorsector zijn hierna enkele toekomstige ontwikkelingen omschreven die relatief snel op ons afkomen.

Audio-/video-sector

Enkele ontwikkelingen zijn:

- Bundeling van audio- en video-functies; naast compact-disc-speler, audio-cassettespeler, videospeler zijn de afstemeenheden en video-/audioverwerking in een rek geplaatst.
- Televisie-apparaat wordt videomonitor.
- Vergroting aantal functies die met afstandsbediening geregeld kunnen worden.
- Verdergaande programmering van het opnemen van en het parallel opnemen van verschillende radio- en televisie-uitzendingen.
- Uitbreiding voor nieuwe, toekomstige functies op de videomonitor, zoals Teletekst, Viditel en huiscomputer.

Dat na de introductie van de Compact-Disc-speler (CD) nog vele nieuwe technologische uitvindingen op ons afkomen, blijkt uit de persberichten. De compact-disc kan worden gecopieerd met behulp van een Digitale Audio Tape-recorder (DAT). In het najaar 1986 is dit apparaat voor het eerst op de Audiobeurs in Tokio getoond. Slechts discussies over auteursrechten kunnen de introductie vertragen. Op deze Japanse ontwikkelingen reageerde Philips met de presentatie van een zelfontwikkelde CD-Video (CDV); de toevoeging van beeld aan de bestaande audio-compact-disc.

Uit een vrij recent krantenartikel (Volkskrant, 3 juli 1987) bleek dat onderzoekers van het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven een veelbelovende groep van materialen gevonden hebben, waarmee wisbare CD's gemaakt kunnen worden. Deze wisbare CD's kunnen in principe op de bestaande spelers worden afgespeeld, zij het dat een kleine wijziging in de elektronica van het apparaat moet worden aangebracht. De genoemde combinatie van mogelijkheden (het afspelen van nieuwe banden; het opnemen; het uitwissen) met een apparaat zou gestimuleerd moeten worden (minder apparaten in het afval van de toekomst).

Door de snelle ontwikkelingen zou men meer afgedankte apparaten in het afval verwachten. Dit wordt echter steeds naar de toekomst verschoven. Na de

introdactie van de kleuren-TV, bleven en blijven de zwart-wit TV's nog lang in het tweedehands circuit of op zolder als "reserve-apparaat". Dit is ook te verwachten na de introductie van bovengenoemde ontwikkelingen.

In het jaar 2000 zou het audio-visuele wandmeubel in de huiskamer van de consument wel eens gevuld kunnen zijn met een pick-up voor de jeugd-lp's, een radio, een cassette recorder voor oude verzamelbandjes, een paar CD-spelers, een DAT-recorder, een video-recorder voor het afspelen van de verschillende systemen, etc.

Die ontwikkelingen dienen gestimuleerd te worden, waarbij verschillende systemen "verdraagbaar" zijn om de grote stroom van nieuwe verschillende apparaten enigszins te kunnen temperen. Een bemoedigend bericht in deze is dat er een Standaard op komst is voor Europese elektronica (7 vooraanstaande Europese producenten van elektronische apparatuur werken hieraan). Die Standaard moet het mogelijk maken dat de door de bedrijven geproduceerde apparaten onderling op elkaar kunnen worden aangesloten en met één kleine computer zijn te bedienen.

Kantoorsector

Het kantoor van de toekomst wordt een communicatiecentrum waar informatie binnenkomt, geanalyseerd, gesorteerd, eventueel vermenigvuldigd en uitgezonden wordt. Door toenemende automatisering zullen functies geïntegreerd gaan worden. Met behulp van de introductie van de micro-elektronica wordt ervoor zorggedragen dat de informatie meer rechtstreeks bij de gebruiker komt, waardoor intermediaire functies geheel of grotendeels verdwijnen. De schrijfmachine bijvoorbeeld evolueert naar een tekstverwerkingsapparaat met opslag-, raadplegings- en verwerkingsmogelijkheden op de werkplek. De minst door de techniek opgenomen informatiesubprocessen zullen zijn: Generatie, niet routineachtige bewerkingen en interpretatie van informatie.

Onder andere de volgende veranderingen zullen in de nabije toekomst plaatsvinden:

- * Verbetering telefoonnetten van bedrijven.
- * Introductie elektronische draagbare mini-schrijfmachine.
- * Introductie Personal Computers met tekstverwerkingsprogramma's.
- * Introductie tekstverwerkers met telecommunicatiefaciliteiten.
- * Introductie teletex (opvolger van telex) waardoor communicatie tussen tekstverwerkers op berichtenbasis met een hogere snelheid plaatsvindt.

- * Koppeling van teletex met archiefbestanden.
- * Integratie van "intelligente" kopieerapparatuur (met digitale opslag en opsporing) met facsimile-apparatuur (= kopieerapparatuur op afstand).
- * Introductie scribofonie (teleschoolbord) als hulpmiddel bij telefonisch vergaderen.
- * Ontwikkeling van goedkope, geruisloze kleurenprinters.
- * Ontwikkeling van handcomputers, draagbare vorm van personal computers.
- * Ontwikkeling van digitale vastlegging van informatie door opslag van het "beeld", bijvoorbeeld archiefgegevens, op videoschijf (in plaats van microfilm).

Dat computerfabrikanten "verouderde" apparaten innemen, van de nieuwste ontwikkelingen voorzien en weer verkopen, is een gunstige ontwikkeling. Door de verdergaande integratie van functies en apparaten is een module-opbouw wenselijk. Het voordeel is dat een element aangepast kan worden en dat geen volledige apparatuur afgedankt behoeft te worden.

Vanuit dat oogpunt dienen zeker ontwikkelingen in de module-opbouwrichting gestimuleerd te worden. Daarnaast is er behoefte aan standaardisatie, waardoor apparaten van verschillende fabrikanten, inclusief soft-ware, aan elkaar gekoppeld kunnen worden.

Bij het onderzoek en tijdens de gesprekken met deskundigen zullen die ontwikkelingen geanalyseerd worden die in direct verband staan met de milieuvriendelijkheid van het apparaat. Hierbij zal vooral gelet worden op mogelijke beleidsaanknopingspunten, gebaseerd op stimulansen richting produktie milieuvriendelijkere apparatuur.

4. Beleidsaspecten

Uit het voorgaande blijkt dat de technologische ontwikkelingen razend snel op ons afkomen.

In eerste instantie zal onderzocht worden welke technische en niet-technische belemmeringen een rol spelen bij het streven naar een efficiënt beleid. De niet-technische belemmeringen kunnen macro-economisch, sociaal-psychologisch, juridisch en organisatorisch (onder andere infrastructureel) van aard zijn. Technische belemmeringen zijn veelal in verband te brengen met de hergebruiksmogelijkheden.