

# Milieu-effecten van kozijnen

Interim-rapportage Fase 1

E. Lindeijer  
O. Mekel  
G. Huppes  
R. Huele

Centrum voor Milieukunde  
Rijksuniversiteit Leiden  
Garenmarkt 1a  
Postbus 9518  
2300 RA Leiden

juni 1990

Een onderzoek in opdracht van  
de Vereniging van Kunststof Gevelelementenfabrikanten (VKG)

**CENTRUM VOOR MILIEUKUNDE  
DER RIJKSUNIVERSITEIT LEIDEN**

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

**Milieu-effecten**

Milieu-effecten van kozijnen : interim-rapportage fase 1 /  
E. Lindeijer ... [et al.]. - Leiden : Centrum voor  
Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden. - Tab. - (CML  
mededelingen : 67)  
Onderzoek in opdracht van de Vereniging van Kunststof  
Gevelelementenfabrikanten (VKG). - Met lit. opg.  
ISBN 90-5191-048-7  
SISO 695.44 UDC 504.054:692.84  
Trefw.: kozijnen en milieu.

## INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD . . . . .	i
SAMENVATTING EN CONCLUSIES . . . . .	ii
INHOUDSOPGAVE . . . . .	xi
<b>1 INLEIDING . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Aanleiding van het onderzoek . . . . .	1
1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek . . . . .	1
1.3 Werkwijze . . . . .	2
<b>2 KENNIS EN ANALYSE- EN BEOORDELINGSMETHODE VAN MILIEU-EFFECTEN VAN     PRODUKTEN EN PROCESSSEN . . . . .</b>	<b>6</b>
2.1 Huidige methodiek van produktanalyse van milieu-effecten . . . . .	6
2.1.1 Vervaardiging van grondstoffen en halffabrikaten . . . . .	7
2.1.2 Materiaal- en produktvervaardigingsfase . . . . .	9
2.1.3 Gebruiksfasen . . . . .	9
2.1.4 Afvalverwerkingsfase . . . . .	10
2.1.5 Transport . . . . .	11
2.1.6 Energie . . . . .	11
2.1.7 Milieu-effecten per functionele eenheid . . . . .	14
2.2 Methodiek van aggregatie van milieu-effecten . . . . .	15
2.2.1 Uitputting van grondstoffen . . . . .	15
2.2.2 Emissies van schadelijke stoffen . . . . .	16
2.2.3 Ontstaan van vast afval . . . . .	19
2.3 De geïntegreerde milieubeoordeling . . . . .	19
2.4 Huidige kennis en kennislacunes . . . . .	20
2.5 Uitgangspunten en aannames . . . . .	22
2.6 Samenvatting . . . . .	26
<b>3 ANALYSE EN BEOORDELING VAN EEN AANTAL KOZIJNTYPEN . . . . .</b>	<b>27</b>
3.1 Inleiding . . . . .	27
3.2 Beschrijving van de verschillende kozijntypen . . . . .	27
3.3 Analyse van gebruikte materialen en productieprocessen . . . . .	30
3.3.1 Levensloop van de kozijntypen . . . . .	30
3.3.2 Uitgewerkte materialenlijst voor het gemonteerde kozijn . . . . .	34
3.4 Voorlopige analyse en beoordeling van de milieu-effecten van de kozijntypen . . . . .	35
3.5 Voorwaardelijke onderlinge vergelijking van de kozijntypen . . . . .	51
3.5.1 Vergelijking van de kozijntypen . . . . .	52
3.5.2 Voorwaardelijke beoordeling van de kozijntypen . . . . .	55
3.6 Conclusie . . . . .	59

## VOORWOORD

De Vereniging Kunststof Gevelelementen (VKG) verleende in November 1989 de opdracht tot uitvoering van het onderzoek 'Milieueffecten van kozijnen' aan het Centrum voor Milieukunde (CML) van de Rijksuniversiteit Leiden. Het Ministerie van VROM, het Directoraat Generaal Milieubeheer, verleende een financiële bijdrage.

Het onderzoek is uitgevoerd door drs. E. Lindeijer, drs. O. Mekel en drs. G. Huppes (projectcoördinator). De voor dit onderzoek benodigde software is ontwikkeld door Drs. H. Huele. Bestektekeningen en bestekken zijn vervaardigd door Architectenbureau Joh. Must te Amsterdam.

De begeleidingscommissie bestond uit de volgende personen:

dr. H.M. Caesar	Nederlandse Federatie voor Kunststoffen (NFK), Stuurgroep PVC & Milieu
ir. J.G.M. van Ogtrop	VKG
drs. A. Slob	Communicatie en Adviesbureau voor Energie en Milieu (CEA)
drs. W.H. Südkamp	Vereniging FME, Sectie Milieu
drs. H.L.J.M. Wijnen	VROM-DGM, Directie Stoffen en Risicobeheersing
drs. H. Strietman	VROM-DGM, Directie Stoffen en Risicobeheersing (corresponderend lid)

De onderzoekers danken de leden van de begeleidingscommissie en de geraadpleegde deskundigen voor hun bijdragen aan dit onderzoek.

Voorzien was dat het onderzoek in 2 fasen wordt uitgevoerd. De resultaten van fase 1 worden weergegeven in deze rapportage. De aanbevolen activiteiten voor fase 2, zoals in de studie verwoord, kunnen als volgt worden samengevat:

1. Uitvoering van een gevoeligheidsanalyse van de meest relevante aspecten die leiden tot milieubelasting. Dit levert een degelijke basis voor het vaststellen van de meest zinvolle verbetermogelijkheden in kozijnontwerpen en procesvoeringen.
2. Het doorrekenen van de verbeterde ontwerpen in één of meer scenario's die aansluiten bij maatschappelijke en technische ontwikkelingen. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de intensivering van hergebruik van aluminium en kunststof.
3. Verder onderzoek naar de lacunae in informatie zoals aangegeven in de aanbevelingen.

De resultaten van fase 1 zoals weergegeven in dit rapport zijn aangeboden aan de Commissie Verantwoord Duurzaam Gebruik Gevelelementen (Cie VDGG) van de VKG ter advisering over de activiteiten in fase 2. In deze Commissie hebben vertegenwoordigers zitting van VROM-DGM, VROM-DGV, de Vrije Universiteit Amsterdam, de TU-Delft, de Rijksgebouwdienst, de KIWA, het NCIW, de Nationale Woningraad, de Vereni-

ging Eigen Huis, TNO-KRI, de BNA, de NVTB, de NFK en de VKG. In het algemeen stond de Commissie positief tegenover het resultaat van de studie in fase 1.

Door VROM-DGV, Directie Onderzoek en Kwaliteitszorg, is reeds tijdens de periode van advisering een opdracht verstrekt aan de IVAM van de Universiteit van Amsterdam met een onderwerp dat in het verlengde ligt van de door ons uitgevoerde fase 1. Het CHL is als onderuitvoerder bij dit DGV-onderzoek betrokken geraakt.

In overleg met de opdrachtgever is daarom besloten het waardevolle commentaar van de Cie VDGG in de aanbevelingen van de huidige studie te verwerken. Dit is gedaan in de vorm van een bespreking van de door de Cie VDGG naar voren gebrachte punten aan het slot van de paragraaf met aanbevelingen, zie pagina xi van de samenvatting. De inhoud van de verslaglegging van fase 1 is daarom verder niet aangepast.

Wij zullen er tevens zorg voor dragen dat de door deze commissie genoemde punten onder de aandacht van de projectleiding bij de IVAM worden gebracht.

#### De onderzoekers

## SAMENVATTING EN CONCLUSIES

### Doel

In dit rapport zijn verschillende kozijntypen onderzocht op hun bijdrage aan milieu-effecten gedurende de gehele produktlevenscyclus van het kozijn. Een produktlevensketen loopt van grondstofwinning, materiaal- en produktvervaardiging, via gebruik tot afdanking en eventueel hergebruik van (delen van) het produkt.

### Opzet

In dit eerste fase-onderzoek is uitgegaan van vijf verschillende soorten kozijnen met als hoofdmateriaal respectievelijk aluminium, meranti, iroko PVC en vuren. Het betreft de kozijnen voor een woonkamer in een woning-wetwoning. Ieder type kozijn heeft wat betreft de uitvoering een vergelijkbare functie ten aanzien van uitzicht, ventilatie en geluidsisolatie en is onderzocht op zijn meest gunstige uitvoering ten aanzien van opening en ventilatie. Door een architectenbureau zijn tekeningen en bestekken uitgewerkt, die uitgangspunt vormden voor deze studie. Elk ander architectenbureau zal waarschijnlijk een ietwat andere detaillering geven met geringe verschillen in de toe te rekenen milieu-effecten. Ook de vergelijking van niet-woonkamerramen kan anders uitvallen. Dit is eveneens het geval met kozijnen voor niet-woningwetbouw en voor de utiliteitsbouw. Het verschil in hang- en sluitwerk als gevolg van de uiteenlopende uitvoeringen van de kozijntypen (draaivalraam, schuifraam etc.) is niet in deze studie in beschouwing genomen.

Bij de inventarisatie van de milieu-effecten is gekeken naar de hoeveelheid grondstoffen (in het bijzonder naar zogenaamde energie-dragers zoals gas, kolen en olie), de emissies die optreden naar lucht en water en de hoeveelheid gevormd schadelijk en niet-schadelijk afval. In de produktlevensketen van kozijnen zijn drie fasen te onderscheiden: i) de produktiefase, waarin de winning van grondstoffen plaatsvindt, alsmede de vervaardiging van materialen, de assemblage van materialen tot een kozijn en de montage van het kozijn in de woning; ii) de gebruiksfase, waarbij het onderhoud van de kozijnen en het warmteverlies door de kozijnen een rol spelen en iii) de afdankfase, waarin een kozijn belandt wanneer het niet meer aan de eisen voldoet.

Voor de inventarisatie van de milieu-effecten in de productiefase en de gebruiksfase van de kozijnen is met name gebruik gemaakt van verschillende materiaalstudies. Voor niet alle materialen die gebruikt worden bij de productie, assemblage en montage van kozijnen zijn echter gegevens voorhanden. Dit geldt onder andere voor de productie van lijmen en de loodproductie. Bovendien zijn de wél beschikbare gegevens vaak incompleet en enigszins verouderd. Toch bieden ze voor de huidige stand van zaken het beste overzicht. In de gebruiksfase blijken bovendien de energieverliezen via de kozijnen, een belangrijke rol te spelen.

Wat betreft de afdankfase wordt in dit rapport als uitgangspunt de huidige situatie (storten) genomen, behalve voor het aluminium kozijn. Ook wat het kunststof kozijn betreft, wordt hier vanuit gegaan. Doordat dit type kozijn nog niet zolang op de markt is en derhalve nog niet in deze fase belandt, bestaat er wat dit betreft geen ervaring. Wel worden er initiatieven ontplooid om tot een omvattend inzamelsysteem te komen met hergebruik van het PVC. Uit meer recente gegevens blijkt dat 2% van het niet-hergebruikt bouw- en sloopafval (dit is het deel waar de kozijnen inzitten) verbrand wordt. Helaas was het niet mogelijk om de gevolgen hiervan voor de beoordeling mee te nemen.

In hoofdstuk 2 staat uitgebreid welke uitgangspunten en aannames in deze studie gehanteerd zijn.

#### **Methodieken van de beoordeling**

De kozijnen zijn met elkaar vergeleken op grond van hun functionele eenheid. Dit wil zeggen dat voor ieder kozijnstype een woning 50 jaar voorzien is van een goed functionerend kozijn. Door te werken met deze functionele eenheid worden eventuele verschillen als gevolg van lange (of juist korte) levensduur van een kozijn in de beoordeling van de kozijntypen meegenomen. Alle kozijnen zijn beoordeeld op basis van de functionele eenheid van 50 kozijnjaren.

De milieu-effecten van het gebruik van grondstoffen wordt in dit rapport voor wat betreft grondstoffen die energiedragend zijn (gas, kolen en olie) beoordeeld op basis van hun totale energie-inhoud. Deze energie-

inhoud is hier gedefinieerd als de verbrandingswaarde van de desbetreffende grondstof, conform de IFIAS-conventies voor energietoerekening.

De emissies van milieu-schadelijke stoffen worden per compartiment (lucht of water) gedeeld door compartimentsgebonden en stofgerichte normen en per compartiment bij elkaar opgeteld. Voor lucht worden de emissies uitgedrukt in Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL) en zuurequivalenten (ZE); voor water worden de emissies uitgedrukt in Eenheden Verontreinigd Water (EWW). Voor lucht wordt hierbij gebruik gemaakt van de MAC-normen (MAC= Maximaal Aanvaardbare Concentratie op de werkplek) en in geval van verzurende stoffen van waarden die in het Bestrijdingsplan Verzuring zijn opgenomen. Voor water zijn de normen uit het Waterleidingsbesluit gehanteerd (normen voor oppervlaktewater dat bestemd is voor drinkwaterbereiding). Niet alle emissies naar lucht en water zijn op bovenstaande wijze te aggregeren tot EVL, ZE en EWW door gebrek aan compartimentsgerichte normen voor sommige stoffen. Deze emissies worden daarom apart vermeld. Klimateffecten en ozonlaagaantasting zijn voornamelijk buiten beschouwing gebleven.

Aan de gehanteerde normen kleef een aantal beperkingen. Zo komen in MAC-waarden mogelijk kankerverwekkende of kankerbevorderende eigenschappen vaak nog niet tot uitdrukking (b.v. 1.2.-dichloorethaan). Tevens zijn deze waarden opgesteld voor de maximale aanvaardbare concentratie op de werkplek en niet als zodanig voor het milieu in ruime zin. De hoeveelheid milieugebonden luchtnormen (MIC-waarden) is te gering om te kunnen gebruiken voor de aggregatie van verschillende emissiewaarde lucht. Voor de aggregatie tot Eenheden Verontreinigd Water is gekozen voor de normstelling voor oppervlaktewater dat bestemd is voor drinkwater, hoewel niet al het oppervlaktewater deze functie heeft. Tot slot blijft in de mv. gehanteerde beoordelingsmethode de tijdsduur waarop de potentiële milieuschade op kan treden buiten beschouwing.

Het finale afval dat ontstaat tijdens de produktlevensketen wordt onderscheiden in schadelijk en niet-schadelijk afval op basis van eigen interpretatie. De potentiële giftigheid is hierbij globaal als criterium gebruikt. In hoofdstuk 3 is opgenomen in welke categorie het gevormde afval is ingedeeld.



## Resultaten

In onderstaande tabel 1 staan de belangrijkste resultaten van het onderzoek vermeld. In bijgaande figuur 1 is een aantal resultaten gevisualiseerd. Met nadruk moet vermeld worden dat deze resultaten deels incompleet zijn en ook niet zonder meer naar andere situaties gegeneraliseerd kunnen worden.

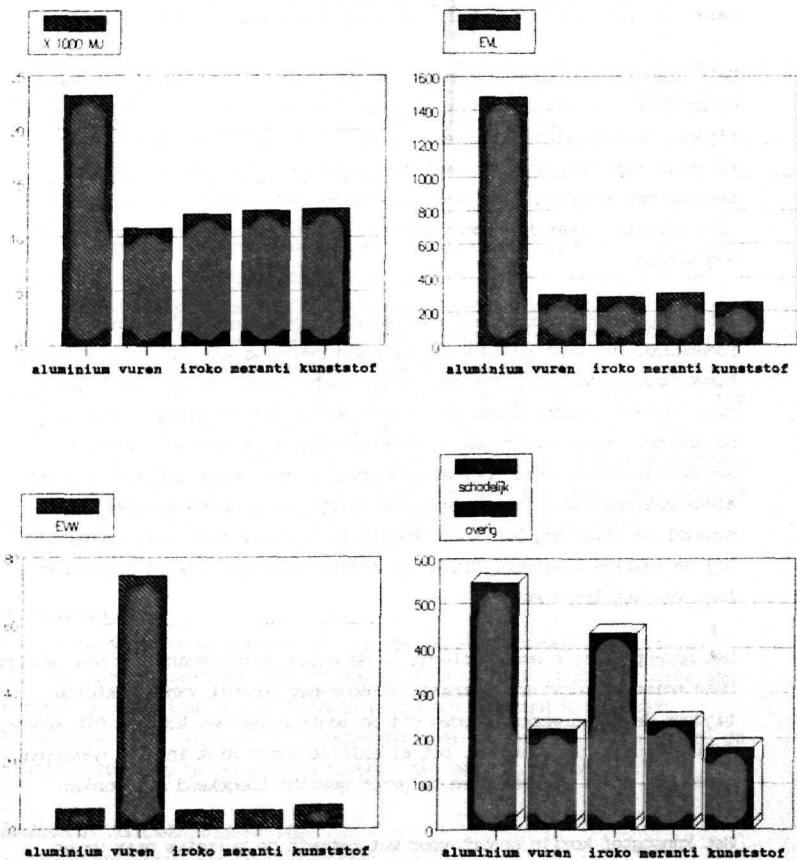
Tabel 1 Milieukentallen van de diverse kozijntypen voor de woonkamer van een woningwetwoning; stand per 1 juni 1990.

milieukental		aluminium	vuren	iroko	meranti	PVC
<b>grondstoffen (energiedragers)</b>						
gas	(m <sup>3</sup> )	372	200	233	235	241
kolen	(kg)	153	45.6	48.8	50.3	35.6
olie	(kg)	67	21.6	17.3	22.6	30
totaal verbruik energiedragers	(MJ)	23 195	10 774	12 086	12 444	12 583
aangetast tropisch woud (m <sup>2</sup> )		3.1	0.625	222	39.8	1.1
<b>uitstoot naar lucht</b>						
EVL*	(m <sup>3</sup> )	1 480	298	284	304	251
ZE	(ha)	78	13.7	12	13.5	7.1
overig	(kg/m <sup>3</sup> )					
CFK 11		0.576				
kooldioxyde		794	443	525	524	514**
<b>lozing naar water</b>						
EVW	(l)	6 020	74 500	5 310	5 320	6 770
overig	(kg/l)					
2-chloorethanol	kg	$8.49 \cdot 10^{-4}$	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$1.25 \cdot 10^{-3}$	$4.47 \cdot 10^{-3}$	$1.10 \cdot 10^{-2}$
trichloorethanol	kg	$3.40 \cdot 10^{-3}$	$2.08 \cdot 10^{-2}$	$5.40 \cdot 10^{-3}$	$1.79 \cdot 10^{-2}$	$4.41 \cdot 10^{-2}$
(mono-)vinylchloride	kg	$1.61 \cdot 10^{-5}$	$9.90 \cdot 10^{-5}$	$2.56 \cdot 10^{-5}$	$8.50 \cdot 10^{-5}$	$2.09 \cdot 10^{-4}$
weekmaker	kg	$3.65 \cdot 10^{-3}$	$3.04 \cdot 10^{-2}$	$2.08 \cdot 10^{-3}$	$4.99 \cdot 10^{-2}$	0
<b>afval</b>						
schadelijk afval	(kg)	27.6	17.8	18.1	16.2	16.1
overig afval	(kg)	520	203	415	221	162

\* gebaseerd op MAC-waarden en niet op milieuhygiënische normen (zie tekst)

\*\* kooldioxyde-emissies van het kunststof kozijn omvatten niet alle emissies als gevolg van de energie-opwekking voor de productie van PVC

**Figuur 1** Milieukentallen van verbruikte energiedragers, Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL), Eenheden Verontreinigd Water en afval voor de functionele eenheden van verschillende kozijn-typen voor een woonkamer van een woningwetwoning; stand per 1 juni 1990.



Wat opvalt in deze tabel is dat het aluminium kozijn op 7 deelaspecten slecht scoort: energiebeslag van energiedragers, schadelijk en niet-schadelijk afval en uitstoot naar lucht (EVL, ZE, CFK11 en kooldioxyde). De hoeveelheid afval en uitstoot naar lucht worden grotendeels veroorzaakt door de hoge inzet van energiedragers ten behoeve van de energie-opwekking. Deze hoge energie-behoefte wordt grotendeels bepaald door de constructie van het aluminium kozijn, waardoor veel warmteverlies optreedt en er derhalve veel gestookt moet worden in de woning. Daarnaast vergt de produktie van aluminium een aanzienlijke hoeveelheid energie.

Het vuren kozijn scoort slecht op de hoeveelheid Eenheden Verontreinigd Water (EVW) als gevolg van de verduurzamingsmiddelen die vrij komen tijdens de afdankfase (storten). Tevens veroorzaakt het vuren kozijn relatief hoge emissies van weekmaker naar water als gevolg van het gebruik van afdekfolie tijdens de montage. Dit afdekfolie wordt niet in alle gevallen gebruikt, zodat hieraan geen te groot gewicht toegekend mag worden.

Het iroko kozijn veroorzaakt de grootste aantasting van het tropisch regenwoud. Dit komt doordat bij de houtwinning sprake is van niet-selectieve houtkap waardoor ook andere tropische bomen, en daarmee bosoppervlak, gekapt worden. Naast de aantasting van het tropisch regenwoud scoort het iroko kozijn ook relatief slecht op de hoeveelheid niet-schadelijk afval. Deze hoeveelheid afval is weliswaar geringer dan het afval dat ontstaat bij het aluminium kozijn, maar de hoeveelheid niet-schadelijk afval bij het iroko kozijn is ongeveer twee maal zoveel als bij de overige kozijnen. Dit afval ontstaat voornamelijk in de produktiefase van het iroko kozijn.

Het meranti kozijn scoort slecht op de emissies van weekmaker naar water. Deze emissies ontstaan voornamelijk door het gebruik van afdekfolie tijdens de metselwerkzaamheden bij de montage van het kozijn. Dit afdekfolie bestaat uit week-PVC. Dit afdekfolie wordt niet in alle gevallen gebruikt, zodat hieraan geen te groot gewicht toegekend mag worden.

Het kunststof kozijn scoort voor wat betreft de emissies naar water

slecht voor de stoffen (mono-)vinylchloride, 2-chloorethanol en trichloorethanol. Tevens bestaan er aanwijzingen dat emissies van bepaalde -niet gekwantificeerde- micro-verontreinigingen naar water optreden. De genoemde stoffen komen vrij bij de produktie van vinylchloride dat als grondstof dient voor de produktie van PVC. Aangezien het kunststof kozijn voornamelijk uit PVC bestaat, is het niet verwonderlijk dat het kunststof kozijn op deze emissies slecht scoort. Deze stoffen zijn apart genoemd omdat ze niet te aggregeren zijn tot Eenheden Verontreinigd Water (EVW) bij gebrek aan normen voor oppervlaktewater dat bestemd is voor drinkwaterbereiding. Nu vormen deze emissies in feite zelfstandige criteria waarop het PVC-kozijn slecht scoort. Wanneer deze emissies geaggregeerd hadden kunnen worden tot EVW, zou het kunststof kozijn beter vergelijkbaar zijn met andere kozijntypen.

#### **Conclusies**

Elk kozijntype scoort op minstens één deelaspect het slechtst. Voor ieder deelaspect waarop een kozijntype als slechtste scoort, verschillen de overige scores van de andere kozijntypen niet in grote mate van elkaar, met uitzondering van het deelaspect van niet-schadelijk afval. Er is op grond van deze analyse daarom geen meest milieu-vriendelijk of milieu-vriendelijker kozijn aan te wijzen. Dit betekent wel dat wanneer voor het deelaspect waarop een kozijntype slecht scoort, milieuvriendelijker alternatieven mogelijk zijn, de beoordeling van dit kozijntype positiever zal worden. Een voorbeeld hiervoor vormen de vuren kozijnen, waar door de gekozen houtverduurzaming de emissies naar water nu hoog scoren.

#### **Aanbevelingen**

In een tweede fase van onderzoek naar de milieu-effecten van kozijnen zou met name de aandacht gericht moeten zijn op aanvulling van emissiegegevens, op mogelijke wijzigingen in processen met name wat betreft hergebruik en op mogelijk milieuvriendelijker ontwerpalternatieven van de kozijnen zelf. Op grond van dit rapport kan gedacht worden aan:

#### **Aanvulling van emissiegegevens:**

- milieu-effecten van houtproduktie;
- milieu-effecten van de produktie van lijmen en lood;

- kooldioxyde emissies van de energie-opwekking tijdens de PVC-productie;
- micro-verontreinigingen bij de kunststofproductie;
- toevoeging van de milieu-effecten van vensterglas en hang- en sluitwerk;
- meer inzicht in de praktijk van kozijnonderhoud en -levensduur;

Mogelijke wijzigingen in processen:

- productie van aluminium met minder energie of met andersoortige energie-opwekking dan nu gebruikelijk is;
- in gebruik nemen van productiebossen voor meranti- en irokoehout;
- toepassing van andere verven voor de houten kozijnen;
- andere werkwijze tijdens de montage van vuren en meranti kozijnen, zodat het gebruik van PVC-afdeklolie tijdens de metselwerkzaamheden achterwege kan blijven of verminderd kan worden;
- de vermindering van de uitstoot naar water van 2-chloorethanol, trichloorethanol en (mono)vinylchloride tijdens de productie van PVC;
- gescheiden inzameling en hergebruik van de kozijnmaterialen;
- onderzoek naar de gevolgen voor de milieubeoordeling bij verbranding van niet-hergebruikt bouw- en sloopafval.

Mogelijk milieuvriendelijker ontwerpalternatieven van de kozijnen:

- verbeterde constructie van het aluminium kozijn, zodat minder warmteverlies door het kozijn optreedt;
- in geval van het vuren kozijn: vervanging van de houtverduurzamingsmiddelen door minder bezwaarlijke voor het milieu (makkelijk afbreekbaar in water en minder toxisch);
- vervanging van de CFK-opschuiming van koudebruggen die bij aluminium kozijnen worden toegepast;
- keuze van andere materialen en bijbehorende ontwerpen, waarbij te denken valt aan andere thermoplasten en aan staal.

Op lange termijn kan ook gedacht worden aan een verdere uitwerking van de beoordelingsmethode zelf.

#### Commentaren van de Commissie Verantwoord Duurzaam Gebruik Gevelelementen

De commentaren kunnen rond drie thema's gegroepeerd worden. Zij worden, voorzover niet anders vermeld, door de onderzoekers onderschreven.

- het ontwerp van kozijnen en van bij kozijnen betrokken processen;
- de aanvulling van procesgegevens, met name die betreffende de milieueffekten van processen;
- de berekeningswijze en weergave van effecten.

Daarnaast zijn er enkele juiste opmerkingen over gebrekkige formuleringen in de tekst van de rapportage waarop hier niet wordt ingegaan.

#### **ontwerp kozijnen**

De argumentatie voor kozijnconstructies dient verder uitgewerkt te worden en het hang- en sluitwerk dient expliciet in beschouwing genomen te worden.

#### **ontwerp processen**

Er dient uitgebreider ingegaan te worden op de consequenties van nieuwe technieken bij productie en assemblage. In de gebruiksfase dient een verdere uitwerking van de benodigde onderhoudssystemen gegeven te worden, zoals voor het verduurzamen en schilderen van vurehout. Voor de afdankfase dient aandacht geschonken te worden aan de ontwikkelingen op het gebied van recycling van met name aluminium en PVC.

#### **procesgegevens**

Naast de in de studie gesignaleerde lacunes dient verder aandacht geschonken te worden aan verouderde gegevens. Zo lijken de emissiegegevens over 2-chloorethanol en 3-chloorethanol bij de productie van PVC verouderd te zijn. Aangezien geen nieuwere schriftelijke bron ter beschikking stond is in de huidige rapportage nog uitgegaan van van een RIVM-bron waarin deze emissies vermeld werden.

#### **milieueffekten**

De gebruikte methode heeft beperkingen op het gebied van de beoordeling van de uitputting van grondstoffen; de dimensies zijn niet altijd eenduidig gedefinieerd, zoals bij tropisch hardhout, en een weging naar bijvoorbeeld beschikbaarheid en vervangbaarheid van niet-vernieuwbare grondstoffen is achterwege gebleven. Natuureffekten van bijvoorbeeld bauxietwinning zijn buiten beschouwing gebleven. De weergave van de mogelijke schadelijkheid van afvalstoffen, zoals bijvoorbeeld vliegas en slakken uit vuilverbrandingsinstallaties, is nog zeer gebrekkig. Ook de behandeling van emissiegegevens van buiten beoordeling gebleven stoffen, zoals weekmakers, dient aangepast te worden. Deze terechte opmerkingen kunnen alleen door een verdere uitwerking van de methodiek voor de milieubeoordeling van produkten verwerkt worden. De resultaten van een inmiddels door het NOH (Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik) gestart onderzoek naar een dergelijke methodiek dienen in vervolgonderzoek verwerkt te worden.

#### **Conclusie**

De opmerkingen en aanbevelingen van de Commissie ondersteunen de aanbevelingen zoals in de studie van fase 1 gedaan. Bij vervolgonderzoek zal, zoals de Commissie ook stelt, bepaald moeten worden welke prioriteiten aan de aanbevelingen moeten worden toegekend.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Aanleiding van het onderzoek

Het milieubeleid richt zich op het verminderen of voorkomen van nadelige invloeden van maatschappelijke activiteiten op het milieu. Een onderdeel van dit beleid is het produktenbeleid. Het doel van produktenbeleid is het voorkomen of verminderen van milieubelasting door produkten in verschillende fasen van de produktlevensketen: de winning van grondstoffen, de produktie, het gebruik en het afvalstadium (Milieuprogramma 1990-1993).

De Vereniging Kunststof Gevelelementenfabrikanten (VKG), branchevereniging van ondernemingen in de metaal-, elektronika- en elektrotechnische industrie en aanverwante sectoren (vereniging FME) heeft anticiperend op dit beleid met subsidie van het Ministerie van VROM een produktstudie bij het CML uit laten voeren naar de milieu-effecten van raamkozijnen. Momenteel bestaat in de bouwwereld enige willekeur bij de keuze van een bepaald kozijn uit milieu-overwegingen, waarbij op grond van veelal partiële beschouwingen beslissingen worden genomen. Deze studie zal een bijdrage kunnen leveren aan de onderbouwing van de keuze voor een kozijn op basis van een breed overzicht van milieu-effecten.

### 1.2 Probleemstelling en doelstelling van het onderzoek

Produktstudies hebben tot doel te onderzoeken hoe alternatieven voor één produkt in hun milieu-effectketen kunnen verschillen. Produktstudies zijn in het algemeen in twee fasen in te delen, met in elke fase een eigen doel. Het onderzoek in fase 1, waarvan in dit rapport verslag gedaan wordt, is gericht op een gefundeerde, vergelijkende weergave van de milieu-aspecten van een aantal bestaande typen kozijnen. Hiertoe wordt de totale levensketen van het produkt kozijn beschouwd; van de winning van grondstoffen via de produktie van materialen en de assemblage van het kozijn, de montage in de woning en het onderhoud tot en met de afdank-fase. In iedere fase binnen deze levensketen zijn milieu-effecten te verwachten zoals uitputting van grondstoffen, de verontreiniging van lucht, water en bodem en de hoeveelheid finaal afval. Deze milieu-effecten van ieder kozijntype worden in deze studie met elkaar vergeleken. Tot

het onderzoek in fase 1 behoort ook de beschrijving van de lacunes in de benodigde empirische basis en in de beschikbare beoordelingsmethode. Tevens worden suggesties gedaan voor de richting van milieuvriendelijker kozijnontwerpen.

Het onderzoek in fase 2 betreft het aanvullen van de meest relevante onderdelen waar lacunes in kennis en beoordelingsmethode blijken te bestaan, alsmede de uitwerking van milieuvriendelijke ontwerpen van verschillende kozijnontwerpen. In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek in de eerste fase.

### 1.3 Werkwijze

Deze toelichting op de werkwijze betreft de keuze van te vergelijken kozijnen, de empirische basis, de toerekening van de effecten en de beoordeling.

#### Keuze van kozijnen

In deze studie wordt een vijftal kozijnen vergeleken. Dit zijn:

1. kunststof met stelkozijn (PVC-kozijn)
2. aluminium met stelkozijn (aluminium kozijn)
3. hardhout ambachtelijk (meranti kozijn)
4. hardhout fabrieksmatig met stelkozijn (iroko kozijn)
5. naaldhout ambachtelijk (vuren kozijn)

Ieder type kozijn heeft een vergelijkbare functie ten aanzien van uitzicht, ventilatie en geluidsisolatie en is onderzocht op zijn meest gunstige uitvoering ten aanzien van opening en ventilatie. Dit betekent dat het kunststof kozijn en de ambachtelijke houten kozijnen als draairaam, het fabrieksmatige kozijn als draaivalraam en het aluminium kozijn als schuifraam onderzocht zijn. De mogelijke verschillen in milieueffecten als gevolg van verschillen in hang- en sluitwerk blijven in deze studie buiten beschouwing.

De kozijnen bevatten dubbel glas en zijn geschikt voor een woonkamer in



de stad, waarbij de dagmaat<sup>1</sup> in de muur gesteld is op 6 m<sup>2</sup>. Het totale glasoppervlak bedraagt 5 m<sup>2</sup> en het kozijn is voorzien van een ventilatie-rooster. Verder voldoet ieder kozijn aan de volgende productievervaardigingseisen:

- eisen volgens standaard referentiebestek voor de woningbouw (SRW<sup>2</sup>)
- eisen Dienst Volkshuisvesting Amsterdam
- alle glasoppervlakken zijn van binnenuit te lappen
- ventilatie
- deurventilatie
- opening ten behoeve van verhuizen
- uitzicht
- uitvalbeveiliging
- geluidsisolatie in gewone straat.

De kozijnen zijn geschikt voor de volgende omgeving:

- gemetselde wand (handig traditioneel)
- woonkamer
- stedelijk gebied
- westzijde
- niet stoffig
- niet verkeersdrukke straat

Voor elk kozijntype is uitgegaan van de specificaties van één Nederlandse hoofdleverancier. Door een architectenbureau (Nust, Amsterdam) zijn kozijntekeningen en bestekomschrijvingen vervaardigd (zie bijlage 1).

De empirische basis voor de toerekening van milieu-effecten wordt gevormd door in eerdere studies voor het Ministerie van VROM gehanteerde bestanden (Guinée, e.a., 1988; Rijdsdorp, e.a., 1989a), zoveel mogelijk aangevuld met recenter materiaal. Dit betreft in het bijzonder nieuwe Zwitserse gegevens over aluminium (Fecker, 1989) en Duits en Zwitsers onderzoek naar PVC (Mosthaf en Nikles, 1989; Thalmann, 1989). De status van de verschillende gegevens wordt kwalitatief aangegeven.

#### Toerekening effecten

De toerekening van effecten vindt plaats voor de gehele levensketen van de kozijnsystemen. In al de fasen van de levensketen wordt intermediair afval gevormd dat via verwerkingsprocessen wordt omgezet in enerzijds finaal (ofwel definitief) afval en anderzijds her te gebruiken grondstof-

---

<sup>1</sup> De dagmaat is de buitenomtrek van een kozijn.

<sup>2</sup> Binnenkort overgenomen door STABU

fen en materialen. De uiteindelijk te beoordelen effecten betreffen voor het totaal van alle fasen in de levenscyclus:

- het netto gebruik van grondstoffen inclusief de grondstoffen voor de energievoorziening. Het energieverbruik in deelprocessen wordt niet als een apart milieu-effect gezien, omdat de energieopwekking zelf tot milieu-effecten leidt (zie § 2.5). De bij de iroko respectievelijk meranti houtkap meegewonnen andere houtsoorten zijn misschien ten onrechte buiten beschouwing gebleven;
- de emissies van schadelijke stoffen (inclusief die van raffinaderijen en electriciteitscentrales) naar water, lucht en bodem;
- het gegenereerde finale (definitieve) vast afval.

Bij deze toerekening zal voor iedere fase uit de levenscyclus de omvang van deze effecten worden aangegeven en zal het aandeel van deze effecten van iedere fase in de totale beoordeling worden weergegeven.

#### Beoordeling

De beoordeling van de milieueffecten vindt plaats naar een aantal hoofdaspecten.

Uitputting van grondstoffen wordt aangegeven in kg of m<sup>3</sup> en wordt niet als één geheel gewaardeerd. Alleen energiedragers (aardgas, kolen en aardolie) worden opgeteld naar energie-inhoud. Voor het gebruik van tropisch hardhout wordt uitgegaan van het oppervlak door houtwinning aangetast bos.

Emissies van schadelijke stoffen naar lucht en water worden zelf weer naar een aantal aspecten gewaardeerd. Deze betreffen de potentiële gezondheidsschade voor de mens en verzuringseffecten op een gekwantificeerde wijze; vermisting en natuureffecten van vervuiling (zoals bijvoorbeeld verstoring van ecosystemen) alleen op kwalitatieve wijze. Gegevens voor de beoordeling van klimaateffecten zijn onvolledig en worden om deze reden niet apart genoemd. Gegevens over emissies naar bodem zijn niet verwerkt; wel is een differentiatie aangebracht in finaal afval.

Finaal afval wordt opgeteld naar massa en wordt verdeeld in schadelijk en niet-schadelijk afval.

Er vindt in dit rapport geen weging plaats van deze milieuaspecten ten opzichte van elkaar. Dit betekent dat bijvoorbeeld het milieu-aspect 'uitputting van grondstoffen' niet hoger of lager gewaardeerd wordt dan het milieu-aspect 'emissies naar lucht' of een ander milieu-aspect.

Alleen wanneer een kozijntype op alle aspecten gelijk of beter scoort dan een ander kunnen beide kozijnen onderling eenduidig naar 'milieu algemeen' beoordeeld worden. In alle andere gevallen is een afweging nodig tussen de effecten van minstens één milieu-aspect, zoals bijvoorbeeld tussen emissies naar water en uitputting van grondstoffen.

#### Ontwerpverbeteringen

Aansluitend aan de beoordeling vindt een analyse plaats van de kozijnonderdelen en -eigenschappen die zowel voor de milieu-effecten van belang zijn als makkelijk te variëren lijken. Hiermede wordt een aanzet gegeven voor het onderzoek in fase 2, waarin een milieuvriendelijker ontwerp van kozijnsystemen kan worden onderzocht.

## 2 KENNIS EN ANALYSE- EN BEOORDELINGSMETHODE VAN MILIEU-EFFECTEN VAN PRODUCTEN EN PROCESSEN

### 2.1 Huidige methodiek van produktanalyse van milieu-effecten

De in dit rapport gebruikte methode voor de beoordeling van milieu-effecten van producten maakt geen onderscheid tussen milieu-effecten in Nederland en die in het buitenland. Het gaat om de milieu-effecten die verbonden zijn aan productie, gebruik en afdanking, kortom de gehele levensloop van kozijnen, ongeacht de plaats waar de milieu-effecten optreden.

Figuur 2.1 laat zien, dat bij elke stap in de levensloop van een produkt milieu-effecten kunnen optreden.

De milieu-effecten hebben betrekking op:

- gebruik van grondstoffen, inclusief energiedragers (gas, kolen, olie)
- verontreiniging van het milieu door emissies van schadelijke stoffen
- ontstaan van (finaal) vast afval.

Andere milieu-effecten komen niet voor in figuur 2.1. Dat betekent niet dat deze er niet zijn: bijvoorbeeld kan gedacht worden aan aantasting van natuur en landschap, door bijvoorbeeld mijnbouw of aanleg van infrastructuur en risico's van materiaal productie en transport (bijvoorbeeld van chloor). Mogelijk zijn deze effecten zeer omvangrijk en zou het daarom wenselijk zijn ze bij de beoordeling mee te nemen. In de eerdere CML-produktstudies bleek het echter zeer moeilijk deze effecten toe te schrijven aan producten, waardoor er ook geen mogelijkheden bestaan voor produktgericht beleid voor dat type effecten. Ook in dit onderzoek zullen deze effecten verder niet in beschouwing worden genomen.

Bij de vergelijking van produkten van verschillende materialen moet in principe rekening worden gehouden met de levensduur en het hergebruik. Daarom wordt gerekend met 'funktionele eenheden produkt' in plaats van 'fysieke eenheden produkt'. Bij 'fysieke eenheden produkt' wordt gerekend met het aantal kg gebruikt materiaal per produktalternatief. Bij 'funktionele eenheden produkt' wordt gerekend met de hoeveelheden produkt die nodig zijn om een bepaalde functie te vervullen. Daaruit wordt het aantal kg gebruikt materiaal afgeleid. Bij het volgende voorbeeld heeft het verpakken van 1000 l melk centraal gestaan in de vergelijking:

Vergeleken wordt de glazen melkfles met de kartonnen melkverpakking.

Verondersteld wordt dat de glazen fles 40 maal wordt hergebruikt

alvorens afgedankt te worden. Op die manier dienen 1000 kartonnen melkverpakkingen vergeleken te worden met 25 glazen retourflessen (van den Berg e.a., 1986).

Ook in deze studie wordt gewerkt met functionele eenheden produkt. De functionele eenheid voor kozijnen is in dit rapport gesteld op 50 kozijn-jaren. Deze eenheid is gekozen op basis van de gemiddelde levensduur en de feitelijke levensduur van een Nederlandse woning. De gemiddelde economische levensduur van woningen bedraagt 34 jaar. De verwachting is, dat deze levensduur in het jaar 2000 zal stijgen tot gemiddeld 40 jaar (Visser, 1986). De feitelijke levensduur van een Nederlandse woning is 70 tot 75 jaar (Tweede Kamer, 1986). In deze studie is de gemiddelde levensduur van een woning gesteld op 50 jaar.

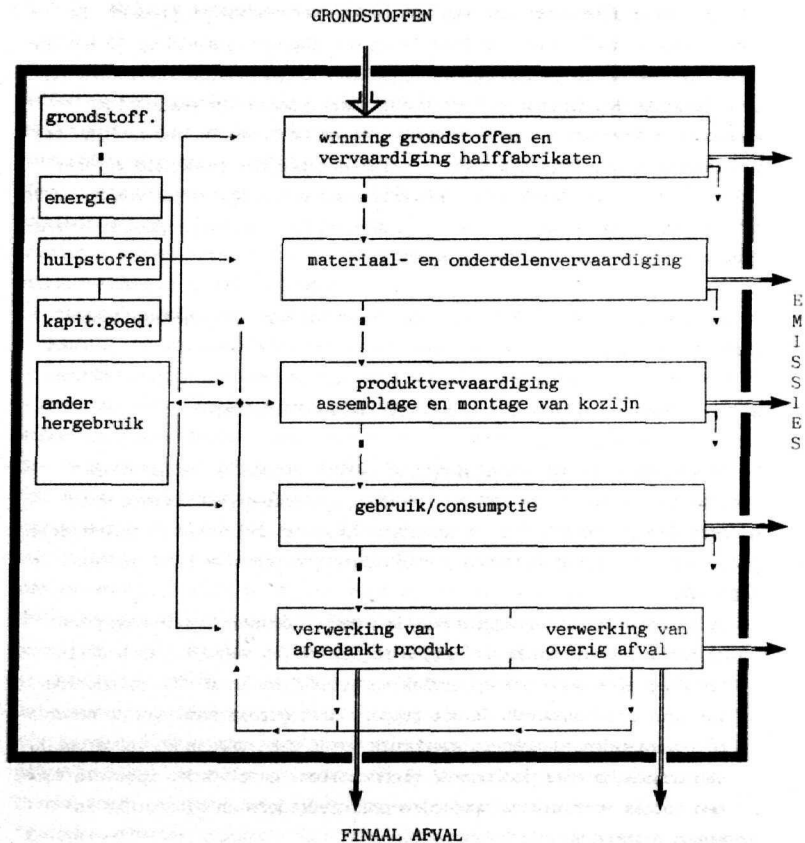
In het onderstaande wordt op elk van de in figuur 2.1 genoemde fasen kort ingegaan.







#### 2.1.1 Vervaardiging van grondstoffen en halffabrikaten

In de winnings- en vervaardigingsfase worden ertsen en natuurlijke grondstoffen uit hun natuurlijke omgeving geïsoleerd en omgevormd tot grondstoffen, brandstoffen en halffabrikaten ten behoeve van industriële processen. De milieu-effecten die bij deze processen een rol spelen betreffen

- de uitputting van grondstoffen. Een maat hiervoor is eenvoudig het grondstofgebruik in kg ( $m^3$  bij aardgas) of bij winning van hout in tropisch regenwoud het oppervlak aangetast bos in  $m^2$ . De uitputting van grondstoffen wordt in dit rapport niet gerelateerd aan de beschikbare voorraden. Het energieverbruik wordt ook uitgedrukt in verbruik van benodigde energiedragende grondstoffen. Deze worden opgeteld tot een totaal verbruik aan primaire energiedragers en uitgedrukt in energie-inhoud;
- emissies van verontreinigende stoffen. De emissies die optreden bij winning van grondstoffen zijn gewoonlijk klein t.o.v. die bij de produktie (van Duin e.a., 1987 en 1988);
- afvalmassa en -volume als gevolg van de winning van grondstoffen. In tegenstelling tot de emissies die kunnen optreden bij deze processen kan de afvalmassa als gevolg van deze processen aanzienlijk zijn, zoals bij de winning van enkele metaalertsen.

Figuur 2.1: De productie-consumptie-afvalverwerkingsketen van producten e.g. kozijnen



-  = onttrekken van grondstoffen
-  = emissies naar water, lucht en bodem
-  = storten van definitief afval
-  = ontstaan van intermediair afval
-  = intermediaire leveringen tussen fasen
-  = transport

### 2.1.2 Produktiefase

De produktiefase bestaat uit grondstofwinning, materiaal- en produktvervaardiging. Tijdens de materiaalvervaardiging worden de gewonnen grondstoffen en halffabrikaten omgevormd tot het uiteindelijke materiaal, bijvoorbeeld staal of PVC. Tijdens de produktvervaardiging worden één of meer materialen verwerkt, bewerkt (bv. extrusie van profielen) en samengesteld tot een produkt. Voor kozijnen behoort tot de produktvervaardiging niet alleen de assemblage van diverse onderdelen tot een kozijn, maar ook de montage van het kozijn in de woning. De produktie van kapitaalgoederen (machines e.d.) die nodig zijn voor diverse processen behoort ook tot de produktvervaardigingsfase. In de voor dit rapport gehanteerde materialenstudies is de produktie van kapitaalgoederen veelal niet afzonderlijk gekwantificeerd. Derhalve wordt in dit rapport de produktie van kapitaalgoederen in de produktiefase alleen voor de EMPA-studies (aluminium, staal en kunststof) meegenomen.

Bij de produktiefase wordt gekeken naar:

- gebruik van grondstoffen ten behoeve van de energieopwekking voor het energieverbruik per ton geproduceerd materiaal of per functionele eenheid bij de materiaalvervaardiging resp. de produktvervaardiging (inclusief emissies van schadelijke stoffen ten gevolge van de energieopwekking).
- emissies van schadelijke stoffen in kg per ton geproduceerd materiaal of per functionele eenheid. Deze post zal bij de produktvergelijking erg belangrijk zijn. In § 2.2 wordt ingegaan op de weging en beoordeling van ongelijksoortige emissies.
- finale afvalmassa en in kg per ton geproduceerd materiaal of per functionele eenheid als gevolg van de produktie van ruw materiaal uit grondstoffen.

### 2.1.3 Gebruiksfasen

Door onderhoudswerkzaamheden zoals verven en vervangen van kisten, is bij kozijnen te verwachten, dat tijdens het gebruik van de kozijnen grondstofverbruik, emissies of afval een rol spelen. Tot de gebruiksfasen behoort ook het verlies van warmte via het kozijn. Door verschillen in warmtegeleiding tussen de verschillende materialen is een over 50 jaar geaccumuleerd effect te verwachten op het energieverbruik in de woning.

Hierdoor zijn emissies als gevolg van warmteopwekking door gasgestookte huisverwarming te verwachten. In bijlage 6 zijn de aannames en uitgangspunten voor de berekening van dit warmteverlies opgenomen.

#### 2.1.4 Afvalverwerkingsfase

In de afvalverwerkingsfase belandt het afval dat vrijkomt uit eerdere fasen binnen de levensketen en het afval dat ontstaat nadat de kozijnen afgedankt worden. Het afval dat in eerdere fasen vrijkomt, wordt gedeeltelijk intern binnen hetzelfde productieproces hergebruikt. Het afval dat niet intern hergebruikt wordt (het zogenaamde intermediare afval), belandt in de afvalverwerkingsfase.

Methoden van afvalverwerking zijn o.a.: scheiden, verbranden, storten en gereedmaken voor hergebruik.

Onder hergebruik wordt verstaan het opnieuw aanwenden van goederen wanneer zij afgedankt zijn, voor hetzelfde of een ander doel als waarvoor zij oorspronkelijk waren bestemd. Naast de term hergebruik wordt ook de term recycling vaak gehanteerd. Deze termen worden veelal door elkaar gebruikt. Ook in dit rapport is dat het geval.

Hergebruik van afgedankte (delen van) kozijnen leidt in het algemeen tot een vermindering van de milieubelasting, door uitgespaarde grondstofproductie. Gereedmaken voor hergebruik zelf heeft echter ook weer milieueffecten in termen van grondstofverbruik en emissies. Bij de berekening van de vermindering moet daarom rekening gehouden worden met het energieverbruik en de emissies van schadelijke stoffen tijdens de reeks van bewerkingen die nodig zijn om het afgedankte product terug in de productlevensketen te brengen (= recyclingsproces).

In dit rapport wordt uitgegaan van de situatie in de tweede helft van de jaren tachtig.

Kunststof kozijnen zijn sinds de jaren vijftig op de markt. Gezien de huidige gemiddelde levensduur van kunststof kozijnen (ongeveer 38 jaar) komen deze kozijnen momenteel nog vrijwel niet in de afdankfase terecht. Voor deze studie wordt aangenomen dat kunststof kozijnen in de afdankfase niet verbrand maar gestort worden (Ansens e.a., 1988) evenals de andere kozijnen, met uitzondering van aluminium. In West-Duitsland is voor PVC een systeem opgezet om de PVC-kozijnen in de afdankfase te verzamelen en bruikbaar te maken voor nieuwe toepassingen. In Nederland



komt een dergelijke ontwikkeling eveneens op gang. In deze studie zal hergebruik van PVC nog niet in beschouwing worden genomen, maar zou zeker in fase 2 van het onderzoek op zijn consequenties bestudeerd moeten worden.

Uit meer recente gegevens blijkt dat 2% van het niet-hergebruikt bouw- en sloopafval (dit is het deel waar de kozijnen inzitten) verbrand wordt (ICCA, 1989). Helaas was het niet mogelijk om de gevolgen hiervan voor de beoordeling mee te nemen.

Bij afgedankte aluminiumkozijnen wordt het aluminium opnieuw ingezet bij de productie. In de materiaalvervaardigingsfase is dit al verdisconteerd. Bij het storten van kozijnen zijn als finaal afval twee aspecten van belang:

- emissies van schadelijke stoffen naar het grondwater (uitloging).
- de afvalmassa en het volume bij afvalstort.

#### 2.1.5 Transport

De fasen in de levensloop van figuur 2.1 zijn steeds inclusief de milieueffecten van het transport van de procesinput (materialen, grondstoffen en halfabrikaten) naar het desbetreffende proces. Met name het gebruik van vervoersmiddelen (vrachtauto, boot, vliegtuig) en de daarbij behorende aanleg van infrastructuur zijn hierbij aan de orde. De transportrisico's zoals bijvoorbeeld het transport van chloor, blijven buiten beschouwing. Voor de materiaalvervaardiging van PVC, aluminium, hout en staal zijn gegevens over het transport bekend in de literatuur en in dit rapport verwerkt. Hoewel de toerekening van milieueffecten van transport aan een individuele produkteenheid een gecompliceerde zaak is, wordt deze toch meegenomen in de kwantitatieve produktvergelijking. In de onderlinge vergelijking van produktalternatieven kan het transport namelijk van belang zijn.

#### 2.1.6 Energie

In de diverse fasen van de produktlevensketen is energie nodig. Hoofdzakelijk gaat het hierbij om zogenaamde procesenergie. Alleen in de gebruiksfase is ook nog het energieverbruik ten behoeve van de centrale verwarming van belang.

### Procesenergie

Onder procesenergie wordt verstaan het energieverbruik bij het proces (incl. transport van inputs naar het proces). Deze worden omgerekend naar grondstofverbruik en emissies. Uiteindelijk is energiegebruik namelijk te herleiden die twee milieuaspecten. Aan elk proces is dus het verbruik van energiedragers (grondstoffen voor energievoorziening) en de daarbij vrijkomende emissies toegerekend. De energie-inhoud<sup>1</sup> van gebruikte materialen wordt dan ook niet meegerekend bij het energiegebruik omdat ze reeds als grondstof geboekt staan (bijvoorbeeld nafta als grondstof voor de PVC-productie). Bij literatuurgegevens waar geen onderscheid gemaakt is tussen energie-inhoud en procesenergie, is bij het betreffende proces eerst de energie-inhoud van de grondstof nafta (44 MJ/kg; uit aardolie) afgetrokken. Alleen voor de produktie van de basismaterialen is de specifieke energiebron voor de processen bekend; bij de meeste gevallen is ook geen uitsplitsing gemaakt voor transportenergie. Bij verbranding kan energierterugwinning plaatsvinden. Bij kozijnen komt dit in deze studie niet voor, daar uitgegaan wordt van storten en niet verbranden. In die gevallen waar geen specifieke emissiewaarden door energiegebruik bekend zijn wordt als emissiewaarde die van electriciteitscentrales genomen. Deze vormen een lage schatting: industriële energiebronnen stoten 2 tot 30 (voor CO) keer zoveel uit, behalve voor NO<sub>x</sub> (de helft). In Nederland werd in 1985 voor de elektriciteitsopwekking gebruikt (CBS, 1989; Tweede Kamer 1984-1985 nr. 18830):

61% gas  
31% kolen  
2% olie  
6% kernenergie

De EMPA (Fecker, 1989) gebruikt bij het model Fossiele brandstoffen:

48,2% kolen  
40,5% olie/gas  
11,3% andere

Bij de berekeningen van grondstoffenverbruik en emissies door energie-verbruik moet een keuze worden gemaakt uit de gebruikpercentages. In tabel 2.1 staat de uitstoot per GJ aangegeven volgens verschillende literaturopgaven.

---

<sup>1</sup> Energie-inhoud wordt in dit rapport gedefinieerd als de verbrandingswaarde van de desbetreffende grondstof, conform de IFHAS-conventies voor energietoerekening.

Tabel 2.1 Uitstoot in g/GJ<sub>th</sub> bij verschillende soorten van energie-opwekking

inzet	kolen	olie	gas
	37,2 kg [13]	25 l [4]	max.31,6 m <sup>3</sup> [13]
lit. bron	[11] [10] [7]	[11] [10] [7]	[11] [10] [7]
<b>LUCHT:</b>			
stikstofoxyde	290 300 79	160 175 79	134 140 56
zwaveldioxyde	459 630 293	567 720 300	1,8 3
stof	13 14 25	23 7 1	0,3
KWS	4 1 1	6,3 2	1,9
koolmonoxyde	10 10	19	6,3
kooldioxyde [13]	94200	74900	56100
rest w.o.			
PAK	15·10 <sup>-5</sup>		
fluoride	2,33		
kwik	0,009		
cadmium	85·10 <sup>-3</sup>		
<b>WATER:</b>			
BOD <sup>2</sup> [47]	1,18·10 <sup>-3</sup> (totaal)		

[13] : situatie 1988 (Energiecentrum Nederland, 1988)

[12] : situatie 1987 (CBS, 1989)

[11],[47] : situatie 1985 (CBS, 1987; CBS, 1988)

[10] : situatie 1983 (Nationaal Onderzoekprogramma Kolen, 1985)

[7] : situatie Duitsland 1977 (Bundesamt für Umweltschutz, 1984)

In dit rapport wordt gekozen voor de Nederlandse energieopwekking, met emissiewaarden uit [11], [13] en [47]. Dat komt neer op 33,7 EVL per GJ en een verwaarloosbare watervervuiling. Alleen voor de procesenergie voor de productie van aluminium en PVC wordt hiervan afgeweken en gebruik gemaakt van de gegevens over de energieopwekking en de bijbehorende emissies uit de literatuur (Fecker, 1989 en Thalmann, 1989).

Naast water- en luchtmissies ontstaat ook afval bij energie-opwekking door kolen, olie en kerncentrales. In de procesdefinitie staat voor elk type energieopwekking het afval vermeld.

<sup>2</sup> BOD= Biological Oxygen Demand

## Energie in de gebruiksfase

Bij de gebruiksfase is wat energiegebruik betreft gekeken naar mogelijk energieverlies door de verschillende materialen. Het blijkt dat bij een kunststofkozijn 16% van het totale warmteverlies door raam en kozijn tesamen via het kozijnmateriaal verloopt; bij het (geïsoleerde!) aluminiumkozijn 18% en bij de houten kozijnen 12 tot 15% (berekening op basis van de warmtegeleidingscoëfficiënten voor diverse kozijnonderdelen; zie voor een uitwerking hiervoor bijlage 6). Op basis van deze cijfers, en een warmteverlies door het dubbel glas van 774 MJ/jaar (Vos, 1989), is het warmteverlies door het kozijnmateriaal (dus zonder glas) als energiegebruik meegenomen. Voor dat energiegebruik is gebruik gemaakt van emissies door CV-ketels in huishoudens (Slob, 1989). Overigens zijn de genoemde percentages (vooral voor aluminium) sterk afhankelijk van de detaillering. Voor aluminium geeft de smalle strook aluminium om de verticale stijl van het raamkozijn waar het raam open gaat de doorslag. Als het mogelijk zou zijn geweest om deze ook met koudebrug te construeren, dan zou nog maar ongeveer 10% van de warmte door het kozijn verdwijnen.

### 2.1.7 Milieu-effecten per functionele eenheid

Wanneer nu de milieu-effecten van een concrete functionele eenheid produkt moeten worden berekend, worden eerst per materiaal waaruit het produkt is opgebouwd alle betrokken processen geanalyseerd op hun milieu-effecten. Het rekenwerk dat volgt wanneer de gegevens van de milieu-effecten zijn verzameld, is vrij eenvoudig:

de gegevens worden vermenigvuldigd met het betreffende materiaalgewicht, dat zonodig gecorrigeerd is met het afvalverlies van het voorgaande proces. Gelijksoortige uitkomsten kunnen vervolgens nog opgeteld worden. Om ongelijksoortige milieu-effecten (verschillende grondstoffen, ijzererts en hout, en verschillende emissies, cadmium en zwaveldioxide bijvoorbeeld) voor een aantal milieu-aspecten bij elkaar op te kunnen tellen, is het nodig een aggregatiemethode te hanteren. Deze is in beginsel ontwikkeld en wordt nader belicht in de volgende paragraaf.

## 2.2 Methode van aggregatie van milieu-effecten

Voor de aggregatie van ongelijksoortige milieu-effecten vormt de methode zoals die in eerdere QML-studies is ontworpen de basis (Druijff, 1984; Van den Berg e.a., 1986; Rijdsdorp e.a., 1989). Deze methode is in principe kwantitatief en grijpt aan op het niveau van het produkt. Hierbij gaat het erom, de verschillende effecten (zoals van kwik en fluoride) binnen elk milieu-aspect (bv. waterverontreiniging) onder één noemer te brengen om zo een optelling van die effecten mogelijk te maken. De geaggregeerde waarden worden milieu-kentallen genoemd.

Het beoordelingsresultaat op basis van onderstaande methode zal dikwijls een onderdeel zijn van de uiteindelijke afweging omtrent de keuze voor een type kozijn. In deze afweging spelen ook functionele en kostenaspecten van het kozijn mee. Andere aspecten zijn ondermeer: inbraakwering, eenvoud van bediening, schilderbaarheid en esthetische aantrekkelijkheid (Visser, 1989). Deze aspecten zullen niet in dit rapport worden behandeld.

In het milieubeleid worden diverse centrale milieuthema's onderscheiden. Daarnaast is er ook sprake van enkele gesignaleerde milieuvraagstukken (VROM, 1986). De milieu-effecten die optreden bij de diverse fasen in de produktlevensloop, worden op hun bijdrage aan deze thema's beoordeeld. Een stof kan aan meerdere milieuthema's een bijdrage leveren en daarop beoordeeld worden. Per milieu-aspect wordt hieronder de mogelijkheid tot aggregatie in milieukentallen kort besproken.

### 2.2.1 Uitputting van grondstoffen

Grondstoffenverbruik leidt tot uitputting van grondstoffen. Bij weging van de uitputting van verschillende grondstoffen dienen deze onderling vergeleken te worden. In het geval van kozijnen gaat het bijvoorbeeld om de vergelijking tussen ijzererts, bauxiet en verschillende soorten hout. De belangrijkste verschillen tussen grondstoffen zijn de omvang van de aanwezige voorraden, de mogelijkheid tot substitutie door andere grondstoffen en het al dan niet vernieuwbaar zijn van de grondstof. Onder het vernieuwbaar zijn van een grondstof wordt verstaan dat dezelfde gebruikte hoeveelheid grondstof binnen een periode van enkele generaties weer geregenereerd kan worden (Rijdsdorp e.a., 1989). Het is nog niet mogelijk

een aggregatie van uitputting voor de verschillende grondstoffen als totaal te geven. Wel wordt, gezien het belang dat binnen het milieubeleid wordt gehecht aan het energieverbruik, het verbruik van niet-vernieuwbare energiedragers eruit gelicht. Energie in de vorm van electriciteit (of warmte) is het produkt van de omzetting van een grondstof. De belangrijkste grondstoffen hiervoor zijn aardolie, aardgas, steenkool en uranium. Uiteindelijk wordt energieverbruik uitgedrukt in het verbruik van grondstoffen en wordt de energie-inhoud van de desbetreffende grondstoffen bij elkaar opgeteld. De energie-inhoud is hierbij gedefinieerd als de verbrandingswarmte van de desbetreffende grondstof, conform de IFIAS-conventies voor energietoekenning. De emissies die ontstaan bij de energieopwekking worden eveneens in beschouwing genomen.

Hout uit tropische bossen wordt ook als een niet-vernieuwbare grondstof aangemerkt aangezien momenteel van tropisch produktiebos nog nauwelijks sprake is. De hoeveelheid hout wordt omgerekend naar hectare aangetast tropisch regenwoud.

Samenvattend wordt het grondstoffengebruik voor processen en energieopwekking aangegeven in kg gebruikte grondstof ( $m^3$  bij gas of  $m^2$  bij hout) per produkt. De energiedragers (gas, kolen en olie) worden opgeteld naar energie-inhoud.

### 2.2.2 Emissies van schadelijke stoffen

#### Verspreiding

Een thema dat centraal staat binnen het milieubeleid is de verspreiding van de prioritaire stoffen. In eerdere OML-studies is een methode gebruikt voor het beoordelen van emissies van schadelijke stoffen. De methode komt neer op het omrekenen van emissies naar 'eenheden verontreinigd milieucompartiment' met behulp van bestaande milieuhygiënische normen voor het desbetreffende compartiment. De norm voor bijvoorbeeld het kwik-gehalte in oppervlaktewater bestemd voor Drinkwater (OvD-norm) bedraagt  $0,3 \mu g/l$ . Een kwik-emissie naar het oppervlaktewater van  $50 g$  is dus voldoende om  $1,7 \cdot 10^5 m^3$  water tot aan de drinkwaternorm te verontreinigen, en kan daarmee worden omschreven als  $1,7 \cdot 10^5$  EVW (Eenheden Verontreinigd Water). Eenzelfde berekeningswijze kan gelden voor emissies naar lucht (EVL) en bodem (EVB). Voor het compartiment water wordt gewogen met de norm voor de kwaliteit van het oppervlaktewater bestemd voor drinkwa-

water (OvD-norm) en voor het compartiment lucht met de Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-waarde) voor de luchtkwaliteit op de werkplek. Voor lucht zou ook gebruik gemaakt kunnen worden van Maximale Immissie Concentratie (MIC), welke voor de hele bevolking geldt. Er zijn slechts voor een beperkt aantal stoffen MIC-waarden voorhanden; daarentegen voor een groot aantal stoffen MAC-waarden. Voor het compartiment lucht worden daarom MAC-waarden gehanteerd. Voor het compartiment bodem kan gewogen worden met de streefwaarde bodemkwaliteit. In deze studie wordt geen weging voor het compartiment bodem uitgevoerd in verband met het ontbreken van de benodigde basisgegevens over de emissies naar de bodem. In bijlage 2 zijn de emissienormen voor lucht en water weergegeven.

Een andere mogelijkheid in dezelfde richting is de emissies niet te confronteren met milieucompartimentgebonden normen, maar met normen die direkt gericht zijn op de menselijke gezondheid. Meer specifiek kunnen hiervoor ADI-waarden (Aanvaardbare Dagelijk Inname) gebruikt worden. De emissies worden dan als het ware uitgedrukt in 'eenheden verontreinigde mens' (EVM). Op zichzelf levert dit een mooiere beoordeling op omdat op deze wijze de normen die de basis vormen voor de vergelijking eenvormig zijn; milieucompartiment-normen zijn er van allerlei aard en met allerlei achterliggende beleidsdoelen, en zijn daarom niet altijd goed vergelijkbaar. Bovendien kunnen op deze manier emissies naar alle milieucompartimenten bij elkaar worden opgeteld, gewogen naar hun schadelijkheid voor de mens. Daarnaast blijft voorlopig het probleem staan in welke mate emissies tot blootstelling van de mens kunnen leiden. Deze mate van potentiële blootstelling verschilt sterk voor de verschillende stoffen: geëmitteerd kwik kan zeer lang voor opname beschikbaar blijven, terwijl benzeen in korte tijd wordt afgebroken.

De 'EVM-benadering' kan op dit moment nog niet toegepast worden, ook omdat voor vele geëmitteerde stoffen nog geen ADI-waarde bestaat. Daarom is het, om al te veel ongelijksortige maten in de milieuvergelijking te voorkomen voorlopig beter om bestaande compartimentgerichte normen aan te houden.

### Verzuring

Bij het thema verzuring worden de stoffen analoog aan de EVL/EVW-benadering geaggregeerd in milieukentallen. Een emissie wordt dan uitgedrukt zuurequivalenten (ZE). Deze zuurequivalenten zijn alleen een aggregatievorm en zeggen niets over de effecten van verzuring. De normen voor zuurdepositie zijn weergegeven in bijlage 2.

### Verstoring en vermisting

Voor het thema's verstoring en vermisting zijn nog geen bruikbare normen voor een aggregatiemethode ontwikkeld.

### Klimaatverandering en aantasting ozonlaag

Voor het gesignaleerde vraagstuk van de klimaatverandering en als onderdeel daarvan de aantasting van de ozonlaag zijn vooral CO<sub>2</sub>, sommige koolwaterstoffen (KWS) en chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) van belang. In principe is een aggregatie mogelijk. Voor sommige ozonaantastende stoffen is een zogenaamde 'Ozon Depletion Potential' (ODP) vastgesteld en voor het broeikaseffect kan met het 'Global Warming Potential' gewerkt worden. Het zeer partiële karakter van de gegevens rechtvaardigt nu nog geen aggregatie naar deze aspecten.

Vanwege het belang van deze stoffen worden de emissies als ze bekend zijn, analoog aan de 'beoordeling' van uitputting van grondstoffen, in kg geëmitteerde verbinding aangegeven.

### Beperkingen van de aggregatiemethode voor schadelijke emissies

Een deel van de basisgegevens voor lucht- en wateremissies die in deze studie gebruikt zijn, is alleen gewogen vorm beschikbaar, in termen van EVL en EVW. Vanwege de geaggregeerde vorm van deze gegevens is het niet mogelijk om per stof de afzonderlijke emissie te vermelden. Dit is de belangrijkste reden dat het vooralsnog niet mogelijk is om een aantal deelprocessen te beoordelen op hun bijdrage aan het thema verzuring in de vorm van hectares potentieel verzuurde bodem en het thema klimaatverandering in de vorm van kg geëmitteerde CO<sub>2</sub>, CFK's en koolwaterstoffen. Aan de gehanteerde normen kleven een aantal beperkingen. Zo komen in MAC-waarden mogelijk kankerwekkende of kankerbevorderende eigenschappen vaak nog niet tot uitdrukking (bijv. 1,2-dichloorethaan). Ook blijft in



de nu gehanteerde beoordelingsmethode de tijdsduur waarin de potentiële milieuschade op kan treden buiten beschouwing.

### 2.2.3 Ontstaan van vast afval

Binnen het thema verwijdering is het beleid gericht op het verminderen van afvalstromen. Het milieu-effect van vast afval heeft vooral betrekking op het in beslag nemen van ruimte bij de stort van het vaste afval en de uitloging van schadelijke stoffen naar het grondwater. In dit rapport wordt een onderscheid gemaakt tussen schadelijk en niet-schadelijk afval op basis van eigen interpretatie. De potentiële giftigheid is hierbij globaal als criterium gebruikt. Het ontstane vaste afval wordt dan ook beoordeeld op basis van de hoeveelheid gegenereerd vast schadelijk en niet-schadelijk afval in kg en voor zover mogelijk op basis van emissies naar water door uitloging.

### 2.3 De geïntegreerde milieubeoordeling

De in § 2.2 geschetste aggregatiemethode voegt alle relevante gegevens samen naar een beperkt aantal aspecten, zoals de uitputting van grondstoffen, de potentiële gezondheidsschade (EVL en EWV), de potentiële verzuring (ZE) en de hoeveelheid finaal vast afval. Deze aggregatiemethode dient uitsluitend voor de onderlinge vergelijking van emissies van de produktalternatieven in hetzelfde aspect van milieuaantasting. Aan deze geaggregeerde waarden kan geen absolute waarde worden toegekend in de zin dat voor een bepaald produktalternatief bijvoorbeeld de emissie naar water, uitgedrukt als 100 EWV, groter is dan de emissie naar lucht, uitgedrukt als 80 EVL.

Uit deze beoordeling op deelaspecten moet vervolgens een totaal-oordeel worden afgeleid. Dit totaal-oordeel is vergelijkend tussen produkten: het gaat om de bepaling van het relatief milieuvriendelijkste alternatief voor een gegeven produkttype, in dit geval een kozijn.

Voor dit totaal-oordeel voor een kozijnalternatief zullen de deelaspecten veelal onderling tegen elkaar afgewogen moeten worden. Gegeven de huidige methode, moeten zo grondstoffen- en energiegebruik, emissies en afvalgewicht tegen elkaar afgewogen worden. Het probleem hierbij is om bijvoorbeeld de relatief geringe bijdrage van een kozijn aan het ontstaan

van vast afval tegen relatief hoge luchtmissies, en relatieve wateremissies tegen relatieve luchtmissies af te wegen. Een algemene methode om tot deze afweging te komen is vooralsnog niet beschikbaar.

In deze studie zal nu de volgende methode aangehouden worden om tot een totaal-oordeel te komen:

Eenvoudig is het totaal-oordeel wanneer het ene alternatief in alle opzichten beter is dan het andere. Moeilijker wordt een totaal-oordeel wanneer de beoordeling van twee alternatieven per deelaspect verschillend uitvalt. Voor een kwantitatieve beoordeling op deelaspecten, als basis voor een totaaloordeel, worden nu extra hoge eisen gesteld aan de onderliggende informatie. Op basis van een betrouwbare kwantificering van effecten is, via de tussenstap van de kwantitatieve beoordeling op deelaspecten, een totaaloordeel eerder mogelijk dan wanneer alleen onvolledige, semi-kwantitatieve of kwalitatieve informatie over de verschillende milieuaspecten beschikbaar is. Wanneer bijvoorbeeld van een produktalternatief bekend is dat het 90% minder -min of meer gelijkwaardig- grondstoffengebruik en afval veroorzaakt en slechts 5% meer emissies dan zal redelijk algemeen erkend worden dat dit produkt uit milieu-oogpunt te prefereren is. Zonder die kwantitatieve beoordeling op deelaspecten is vrijwel nooit een overkoepelend milieuoordeel mogelijk.

Een totaal-oordeel, zoals hierboven beschreven, is vooral mogelijk voor eenvoudig samengestelde produkten als verpakkingsmaterialen, aangezien voor die produkten de verwachting het grootst is dat één alternatief op alle milieuaspecten het best scoort. Het blijft echter wel vereist dat er per alternatief voldoende informatie aanwezig is als basis voor een milieubeoordeling. Wanneer deze informatie onvoldoende is kan aanvullend empirisch onderzoek de milieubeoordeling haalbaar maken (het zogenaamde fase 2 onderzoek).

Bij produkten die uit meerdere materialen zijn samengesteld, zoals kozijnen, is de kans minder groot dat één alternatief op alle aspecten het beste scoort.

#### 2.4 Huidige kennis en kennislacunes

Een produkt kan pas op milieu-effecten geanalyseerd en beoordeeld worden als er voldoende kennis bestaat van de milieu-effecten van de betrokken

processen. Wat betreft de kennis van de milieu-effecten van processen vormen de materiaalstudies van de EMPA St. Gallen (het Zwitserse TNO; uitgegeven bij het Bundesamt für Umweltschutz) alsmede de in hoofdzaak op deze Zwitserse studie gebaseerde materialenstudie van Bureau B&G (van Duin e.a., 1987 en 1988) een belangrijke basis. In deze studies is van een aantal materialen onderzocht welke relevante processen gebruikt worden voor de produktie, verwerking en bewerking van deze materialen en welke milieu-effecten aan deze processen toegerekend moeten worden. Het onlangs verschenen rapport van EMPA over aluminium (Fecker, 1989) is, met inbegrip van recente correcties, in dit onderzoek verwerkt. Helaas geeft B&G in haar rapporten geen fysische procesemissies, maar presenteert deze emissies in EVL's en EVW's. EVL- en EVW-waarden worden berekend volgens de in § 2.3 beschreven methode.

Beide bronnen (EMPA en B&G) worden in deze studie naast elkaar gebruikt. Primair zijn EMPA-gegevens en, wanneer nodig, aanvullend B&G-gegevens gebruikt. De gegevens van EMPA en B&G zijn echter niet op alle onderdelen vergelijkbaar: in B&G-gegevens van de milieu-effecten van de produktie van materialen zijn, in tegenstelling tot vergelijkbare EMPA-gegevens, de emissies van de energieopwekking niet verrekend<sup>2</sup>. In dit onderzoek zijn de emissies door energieopwekking apart berekend (zie ook § 2.1).

Wat betreft de kennis van de milieu-effecten van processen van kunststof en PVC is in dit rapport gebruik gemaakt van Duitse en Zwitserse materialenstudies (Mosthaf en Nikles, 1989; Thalmann, 1989).

Van de in deze studie onderzochte materialen is weinig bekend welke milieu-effecten ze kwantitatief veroorzaken bij de afvalstort van het desbetreffende materiaal. Alleen voor uitloging van bepaalde stoffen is een en ander bekend.

Uit meer recente gegevens blijkt dat 2% van het niet-hergebruikt bouw- en sloopafval (dit is het deel waar de kozijnen in zitten) verbrand wordt (LOCA, 1989). Helaas was het niet mogelijk om de gevolgen hiervan voor de beoordeling mee te nemen.

---

<sup>2</sup> Veel processen van grondstofwinning en materiaalproduktie vinden op andere continenten plaats waar andere energiebronnen (o.a. waterkracht) en andere technieken gewoon zijn.

De gehanteerde beoordelingsmethode op basis van MAC-waarden en OVD-normen zorgt voor enkele lacunes in de eindbeoordeling van de milieu-effecten van een produkt. Zo zijn niet voor alle stoffen dergelijke normen voorhanden. Eventueel kan een MAC-norm afgeleid worden van een andere norm zoals voor dioxinen op basis van de ADI-waarde voor dioxinen. Tevens is er geen methode voorhanden voor een onderlinge weging tussen EVL, EVW en verdwijnen van tropisch regenwoud.

Voor de milieu-effecten betreffende klimaatverandering is nog geen beoordelingsmethode voorhanden; dit betekent dat de milieu-effecten van CFK's en koolwaterstoffen niet in de beoordeling opgenomen zijn.

## 2.5 Uitgangspunten en aannames

In deze studie is een aantal uitgangspunten geformuleerd en zijn aannames gemaakt:

### **Huidige stand der techniek**

Bij deze eerste fase van het onderzoek wordt uitgegaan van de huidige stand van zaken bij zowel processen als te onderzoeken kozijnen. Huidig wil zeggen tweede helft jaren '80. Dat betekent dat processen of materialen die momenteel nog niet gemeengoed zijn, niet in het onderzoek zijn meegenomen. Voorbeelden hiervoor zijn: de recycling van kunststof kozijnen (nu: storten); verven op waterbasis (nu: alkydverf of beits) en meranti hout uit produktiebossen (nu: tropisch regenwoud). Er zijn op deze en vele andere gebieden ontwikkelingen gaande, die de milieu-beoordeling van kozijntypen danig zouden kunnen beïnvloeden. In een eventuele tweede fase van het onderzoek kan hier verder op ingegaan worden.

### **Materiaalkeuze**

De detaillering en materialenkeuze, waaronder loodslabben en profielen, zijn gekozen door een onafhankelijk architectenbureau op basis van de materiaalopgave van vooraanstaande Nederlandse leveranciers (per kozijntype 1 leverancier) en algemeen voorgeschreven handelingen en opmerkingen van terzake kundigen (zie Bijlage 4). In bijlage 1 zijn de tekeningen en bestekken van de afzonderlijke kozijntypen opgenomen. In Bijlage 4 is gedetailleerd aangegeven welke bronnen voor deze studie geraadpleegd zijn, berustend op een keuze van de onderzoekers. Dit betekent dat de

gegevens geen gemiddelde of allesomvattende informatie bevatten, maar  
afzonderlijke wijzigingen in de gegevens zullen in de meeste gevallen  
geen significante verschuivingen in de eindbeoordeling veroorzaken.

#### Kapitaalgoederen

In de voor dit rapport gehanteerde materialenstudies is de produktie van  
kapitaalgoederen (machines e.d.) veelal niet afzonderlijk gekwantifi-  
ceerd. Derhalve wordt in dit rapport de produktie van kapitaalgoederen in  
de produktiefase alleen voor de EMPA-studies (aluminium, staal en kunst-  
stof) meegenomen.

#### Produktiefase

In dit rapport zijn de fasen van grondstofwinning, materiaal- en produkt-  
vervaardiging in één fase, de zogenaamde produktiefase, samengevoegd.

- Voor elk kozijntype is een vooraanstaande leverancier gekozen, waarbij  
de gebruikte materialen als representatief moeten worden beschouwd  
voor de huidige stand van zaken.
- De eventueel gebruikte schroeven en verschillen in beslag en ventila-  
tie zijn buiten beschouwing gelaten.
- Bij elk kozijntype wordt hetzelfde soort isolerend dubbelglas ge-  
bruikt, waardoor de ruit als geheel buiten beschouwing gelaten kan  
worden. Ook de neopreen steunblokjes die onder elk raam zitten en het  
DPC-folie om de onderdorpel heen zijn weggelaten om dezelfde reden.
- Het afkitten met polybutyleenkit is wel meegenomen.
- Wat betreft de verfsystemen worden grondverf en laklaag bij elkaar  
genomen, met een gemiddeld percentage oplosmiddel voor alkydverf van  
33%, en voor beits van 60% (Doorgeest, 1990). Verfresten zijn naar  
eigen schatting 1% van het gebruik, evenals lijmresten. Het verdampen  
van oplosmiddel is steeds meegenomen.
- Houtverduurzaming vindt niet plaats bij meranti en iroko. Voor meranti  
wordt uitgegaan van een volume massa van  $600 \text{ kg/m}^3$  en heeft daarmee  
ongeveer dezelfde duurzaamheid als iroko. Meranti hoeft daarom niet  
verduurzaamd te worden. Houtverduurzaming vindt slechts plaatselijk  
(met bifluoriden) plaats bij vuren (Dubelaar, 1990). De milieueffecten  
hiervan worden meegenomen in de afvalfase.
- Houtafval door produktie van profielen is zeker 19% voor het fabrieks-  
matig kozijn en 22% voor het ambachtelijk kozijn (op basis van metin-  
gen). Het totaal houtafval voor beide kozijntypen door verwerking

wordt geschat op 25%; voor stellatten e.d. 10%. Dit is verdisconteerd in de input van hout.

- Transport naar de bouw wordt voor alle kozijnen gelijk gesteld, waardoor energieverbruik hierdoor wegvalt in de vergelijking.
- Er waren geen gegevens beschikbaar over lijmen.
- Voor een aantal productieprocessen zijn alleen data beschikbaar in geaggregeerde vorm, d.w.z. in EVL en EVW. Dit geldt voor de productie van polybutyleenkit, EPT, schuim-PUR, giet-PUR en staal. Van de verzinking van staal zijn eveneens alleen geaggregeerde waarden bekend. In bijlage 5 'Beoordeling en koppeling van de processen' zijn deze waarden opgenomen.
- Bij de houtproductie zijn geen emissiegegevens (anders dan door energiegebruik) gegeven. Alleen stofemissies zouden van belang kunnen zijn.
- Alleen voor energieopwekking in de productiefase en voor de aluminiumproductie zijn emissies van kooldioxyde geregistreerd en gegeven. De kooldioxyde-emissies tijdens de productie van PVC zijn slechts ten dele geregistreerd en slechts ten dele berekend kunnen worden.

#### Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase is voor de levensduur van producten, waar mogelijk, uitgegaan van de functionele levensduur (waarvoor de duurzaamheids-garantie van de fabrikant richtlijn is) en niet van de feitelijke gebruiksduur. Vaak worden tochtprofielen niet vervangen hoewel ze al lang niet meer goed functioneren. In deze studie gaan we er dus van uit dat na het verstrijken van de duurzaamheidsgarantie de profielen netjes vervangen worden. De onderhoudscycli zijn berekend op 50 kozijnjaren (de functionele eenheid), waarbij uitgegaan wordt dat iedere cyclus 50 jaar duurt. De gebruiksfase heeft dus direct betrekking op de functionele eenheid, dit in tegenstelling tot de andere fasen die ongeacht de levensduur (functionele eenheid) gedefinieerd zijn. Pas bij de totale vergelijking van de levenslopen van de produktalternatieven (kozijnen) wordt voor deze fasen rekening gehouden met de functionele eenheid, door alle grondstoffen, emissies en afval met de desbetreffende correctiefactor te vermenigvuldigen.

- Polybutyleenkit moet om de 10 jaar vervangen worden (SBR, 198), de EPT-profielen (Verschoor, 1990) en de PUR-schuimbanden ook (Korf, 1990), en de profielen van week PVC na 15 jaar (Compri, 1990).

- Dekkende alkydverf moet om de 4 jaar opnieuw een laag aangebracht worden; bij hardhout om de 5 jaar (Van de Broek, 1990). We nemen aan dat tijdens de levensloop een hoeveelheid verf verkrijgt, gelijk aan de droge verflagen die steeds opgebracht worden. Deze hoeveelheid wordt dus als afval in de gebruiksfase meegenomen.
- Naar eigen aanname gaat de loodslabbe de hele levenscyclus mee, evenals het hard PVC.
- De reiniging, die jaarlijks (soms vaker) plaatsvindt, wordt niet meegenomen in de gebruiksfase, evenmin als het bijhouden van het hang- en sluitwerk.

#### Afvalverwerkingsfase

- Hoewel kunststof kozijnen momenteel nog niet in de afdankfase belanden doordat ze nog niet zo lang op de markt zijn, wordt aangenomen dat deze kozijnen evenals de andere kozijnen in de afdankfase gestort worden (Ansems e.a., 1988; van Duin en Joziassse, 1985).
- Van het aluminiumafval wordt aangenomen dat het gerecycled wordt (van der Pouw Kraan, 1990). Ook het lood wordt gerecycled. Het overige -geringe- metaalafval zal gestort worden.
- In de afdankfase gaat het om het vaste afval, en de emissies t.g.v. uitloging van metalen, kunststoffen, verf en verduurzamingsmiddelen.
- Uit metalen kozijn delen kunnen metalen uitlogen; hiervoor is een emissiewaarde van 0,5% van de emissiewaarde bij volledige lozing meegenomen (een grove schatting uit (Van Duin en Kerkhoven, 1988).
- Zowel verfoecomponenten als kunststofadditieven kunnen door degradatie vrijkomen. Uit 10 jaar oude PVC-kozijnen bleek na 1 jaar in 3% azijnzuur (pH 3,4) 0,12 mg Cd/kg kozijn vrij te komen (Verband Kunststoff Industrie, 1989). We nemen aan dat onder de (mildere) omstandigheden in een stortplaats na verloop van vele jaren eenzelfde hoeveelheid vrijkomt. Voor weekmakers is dezelfde emissiewaarde als voor de uitloging van metalen genomen. Over uitloging van andere additieven in plastics of verven zijn geen gegevens beschikbaar; daar kan dan ook geen emissie aan worden toegerekend.
- Bij het storten van het verduurzaamde hout wordt verondersteld dat de bifluoride pillen zich nog in het hout bevinden. Het lijkt niet aannemelijk dat deze pillen bij de sloopwerkzaamheden verwijderd worden. Hout zal bij storten uiteindelijk verteren. De bifluoriden die

als verduurzamingsmiddel in vuren worden gebruikt, zullen uiteindelijk volledig uitlogen.

## 2.6 Samenvatting

Het grondstoffenverbruik (inclusief grondstoffen t.b.v. energieopwekking) wordt per produkt aangegeven in kg gebruikte grondstof of m<sup>2</sup> gekapt bos-oppervlak per produkt. Het verbruik aan energiedragende grondstoffen wordt weergegeven als de totale energie-inhoud van deze grondstoffen per kg produkt.

De emissies van schadelijke stoffen worden gewogen op basis van compartimentsgerichte normen, nl. de norm voor de kwaliteit voor het oppervlaktewater geschikt voor drinkwater (OvD-norm) en de MAC-waarden. Het ontstaan van vast afval wordt in kg vast afval per produkt aangegeven. Voor het thema verzuring worden de emissies gewogen naar de streefwaarden voor verzuring. Voor het compartiment bodem wordt om praktische redenen geen beoordeling gegeven. Voor de thema's vermisting en verstoring en het gesignaleerde milieuthema klimaatverandering wordt eveneens geen beoordeling gegeven.

Van de onderzochte materialen zijn van een aantal relevante processen de milieu-effecten bekend. Kennis op dit gebied is echter niet volledig en heeft in meerdere gevallen een voorlopige status.



### 3 ANALYSE EN BEOORDELING VAN EEN AANTAL KOZIJNTYPEN

#### 3.1 Inleiding

Zoals in § 2.1 is aangegeven worden de milieu-effecten toegeschreven aan de functionele eenheid van het produkt; in dit geval kozijnen.

De functionele eenheid is gekozen op basis van de gemiddelde levensduur en de feitelijke levensduur van een Nederlandse woningen en is hier gesteld op 50 kozijnjaren.

De levensduur van de verschillende typen kozijnen ligt gemiddeld onder de 50 jaar (variërend van 38 tot 48 jaar). Kunststof kozijnen zijn sinds het midden van de jaren vijftig op de markt. Er bestaat daarom nog geen lange ervaring met deze kozijnen. Voor de periode van de levensduur van een woning waarin het gemonteerde kozijn niet meer kan voldoen, wordt het kozijn verhoogd met eenzelfde deel van het assemblagefase (en de bijbehorende milieu-effecten). In onderstaande tabel 3.1 is aangegeven welke vermenigvuldigingsfactor per type kozijn gehanteerd is.

Tabel 3.1 Omrekeningsfactoren voor verschillende kozijntypen t.b.v functionele eenheid (50 kozijnjaren) (Visser, 1986).

levensduur	kozijntype	omrekeningsfactor
vuren	38 jaar	1.24
meranti	48 jaar	1.04
iroko	48 jaar	1.04
aluminium	43 jaar	1.14
kunststof	38 jaar	1.24

#### 3.2 Beschrijving van de verschillende kozijntypen

Door het architectenbureau MUST te Amsterdam zijn aan de hand van de standaardspecificatie zoals genoemd in § 1.3, kozijntekeningen en bestekomschrijvingen in detail vervaardigd. In bijlage 1 zijn deze tekeningen en bestekken opgenomen.

Aan de hand van deze tekeningen is de hoeveelheid materialen berekend per kozijntype.

### 1. Kunststof kozijn met stelkozijn

Het kunststof kozijn bestaat uit PVC plus gechloreerd polyetheen gemodificeerd PVC, verstijfd met verzinkte stalen profielen (Gärcher en Müller, 1983). Andere profielen zijn van schuim-PUR en EPT. Boven de onder- en bovendorpel ligt een slabbe van hard PVC; het ventilatiesysteem is van hard PVC. Het glas is gevat in EPT-profielen (EPT= ethyleen-propyleen-terpolymeer). Het kunststof kozijn wordt gemonteerd in een vuren stelkozijn. Dit hout is plaatselijk verduurzaamd met bifluoride. De aftimmering vindt plaats met meranti. Dit hout is geverfd.

### 2. Aluminium (gemoffeld) kozijn met stelkozijn

Het aluminium kozijn wordt gemoffeld met TGIC polyester systeemlak. De koudebruggen zijn van giet-PUR; de andere profielen zijn van sponsrubber EPT en schuim-PUR. De slabbe die boven de onder- en bovendorpel ligt, bestaat uit hard PVC. Het glas is gevat in een week PVC-profiel. Het gemoffelde aluminium-kozijn wordt gemonteerd in een vuren met bifluoride verduurzaamd stelkozijn. De aftimmering gebeurt met meranti. Het hout wordt geverfd.

### 3. Hardhout ambachtelijk kozijn

Het hardhout ambachtelijk kozijn bestaat uit meranti (volume massa 600 kg/m<sup>3</sup>). Het glas wordt gevat in aluminium profielen en glaslatten en afgedicht met polybuteenkit en een rugvulling van week PVC. Andere profielen zijn van aluminium of week PVC. Boven de onder- en bovendorpel ligt een loodslabbe en het merantikozijn wordt verlijmd met een vuren spouwlat. De aftimmering vindt plaats met meranti. Het merantihout wordt gebeitst i.p.v. gelakt (60% oplosmiddel i.p.v. 33% (Doorgeest, 1990). Na montage in het stelkozijn wordt de muur afgemetseld. Ter bescherming van het kozijn wordt daarom tijdens de metselwerkzaamheden PVC-folie (0.6 mm dik) aangebracht.

#### 4a. Hardhout fabrieksmatig kozijn met stelkozijn

Het hardhout fabrieksmatig kozijn bestaat uit iroko. Het glas wordt -op dezelfde wijze als het meranti kozijn- gevat in aluminiumprofielen met glaslatten, polybuteenkit en een rugvulling van week PVC. De andere profielen zijn van aluminium of week PVC. Boven de onder- en bovendorpel ligt een loodslabbe. Het hier bestudeerde iroko kozijn wordt geplaatst in een vuren stelkozijn dat plaatselijk verduurzaamd is met bifluoride-pillen. De aftimmering geschiedt met iroko. Het iroko-hout wordt gebeitst i.p.v. gelakt (60% oplosmiddel i.p.v. 33%).

#### 4b. Hardhout fabrieksmatig kozijn zonder stelkozijn

Dit kozijn is hetzelfde als het hardhout fabrieksmatig kozijn van iroko. Het enige verschil zit in de plaatsing van het kozijn in de spouwlat. De spouwlat komt qua materiaalsamenstelling overeen met het vuren stelkozijn. Het hier beschouwde iroko kozijn wordt in dit geval verlijmd met de spouwlat.

In het vervolg van het rapport zullen de beide fabrieksmatige hardhouten kozijnen aan elkaar gelijk worden gesteld.

#### 5. Naaldhout ambachtelijk

Het naaldhout ambachtelijk kozijn bestaat uit vuren. Dit hout wordt verduurzaamd met bifluoride. Het glas is gevat in aluminium profielen en glaslatten en afgedicht met polybuteenkit en een rugvulling van week PVC. De andere profielen zijn van aluminium of week PVC. Boven de onderbovendorpel ligt een loodslabbe. Het vuren kozijn wordt verlijmd met een vuren, met bifluoride plaatselijk verduurzaamde spouwlat. De aftimmering gebeurt met meranti. De muur wordt na plaatsing van het kozijn gemetseld. Tijdens de metselwerkzaamheden wordt het kozijn beschermd door PVC-folie (0.6 mm dik).

### 3.3 Analyse van gebruikte materialen en productieprocessen

#### 3.3.1 Levensloop van de kozijntypen

In deze paragraaf wordt in het kort de levensloop van de verschillende kozijntypen aangegeven. Aan het eind van de paragraaf wordt kort de levensloop van profielen en andere materialen aangegeven.

##### 1. Kunststof kozijn

Bij de productie van PVC wordt in Nederland en West-Duitsland gebruik gemaakt van aardolie. Door destillatie en stoomkraken van aardolie ontstaat etheen. Een andere belangrijke grondstof voor de PVC-productie is steenzout. Uit steenzout wordt chloor geproduceerd d.m.v. diafragma-electrolyse en 20% kwikcel-electrolyse. In Nederland wordt minstens 50 % van het chloor geproduceerd met membraan-electrolyse. PVC wordt gevormd door een reactie van etheen en chloor waarna polymerisatie plaatsvindt. De productie van het kunststofmengsel dat voor het gekozen kozijn type gebruikt wordt (een fysisch mengsel van PVC en gechloraerd polyethyleen plus gemodificeerd PVC) wordt qua proces gelijkgesteld aan de PVC-productie. Tijdens de compounding van PVC wordt 23% aan toeslagstoffen (additieven) bijgemengd. Deze toeslagen zijn ondermeer stabilisatoren, slagvastheidsmodifiërs, kleurstoffen en antioxidanten. Na compounding worden de kunststof-profielen door middel van extrusie gevormd.

In de fabriek wordt het kozijn geassembleerd; het isolerend dubbelglas wordt gevat in EPT-profielen en de kozijnprofielen worden verstijfd met stalen profielen. Andere afdichtingsprofielen bestaan uit schuim-FUR. Het ventilatiesysteem is van hard PVC. Het geassembleerde kozijn wordt in de woning gemonteerd in een vuren stelkozijn en afgetimmerd met meranti, dat geverfd wordt met alkydverf.

Tijdens de gebruiksfase wordt om de 10 jaar de polybuteenkit, EPT-profielen en PUR-schuimbanden vervangen.

Hoewel kunststof kozijnen momenteel nog niet in de afdankfase belanden doordat ze nog niet zo lang op de markt zijn, wordt aangenomen dat deze kozijnen evenals de andere kozijnen in de afdankfase gestort worden.

## 2. Aluminium kozijnen met stelkozijn

Bij de aluminiumproductie is bauxiet, kalksteen en steenzout nodig. De grondstof aluminium zit in bauxiet. Samen met kalk (uit kalksteen) en natronloog (uit steenzout) en het bauxiet wordt aluinaarde gevormd volgens het zgn. Bayerproces (calcineren). Deze aluinaarde wordt opgelost en via een smeltvloei-electrolyse (Hall-Heroutproces) wordt aluminium geproduceerd. Voor deze electrolyse is kryoliet (aluminiumfluoride) noodzakelijk. Het aldus verkregen aluminium wordt via extrusie in de juiste profielvorm gemodelleerd.

De profielen worden vervolgens gemoffeld met TGIC polyester systeemlak. Deze lak lijkt veel op alkydverf en wordt daarom als alkydverf doorberekend. De profielen worden op maat gezaagd en verlijmd tot een kozijn.

Het glas wordt gevat in een PVC-profiel; de koudebruggen zijn van giet-PUR en de andere profielen zijn van sponsrubber EPT en schuim-PUR.

Op de bouwlocatie wordt het kozijn in een vuren stelkozijn gemonteerd en afgetimmerd met meranti. Het houtwerk wordt geverfd met alkydverf. Om de 10 jaar dienen de EPT- en PUR elementen van het kozijn te worden vervangen. Na 20 jaar moet het gemoffeld aluminium opnieuw geverfd worden (Visser, 1986) (volgens van de Broek (1990) minstens elke 8 jaar) met een grondverf op basis van zinkchromaat.

Tijdens de afvalfase (afdankfase) verzamelt de opdrachtgever bij de sloop meestal zelf de aluminium kozijnen voor hergebruik of recycling. De rest die bij slopers terecht komt wordt tevens hergebruikt (door particulieren) of gaat naat de oud-aluminiumhandel. Er mag daarom aangenomen worden dat al het aluminium geheel gerecycled wordt. Bij de aluminium-productie is dit hergebruik al ingecalculeerd, inclusief de emissies.

## 3. Fabrieksmatige en ambachtelijke hardhouten kozijnen

De hardhouten kozijnen verschillen van elkaar in de levensloop op slechts enkele aspecten. Derhalve wordt volstaan met één beschrijving van de levensloop. Het ambachtelijke hardhouten kozijn bestaat uit meranti. De fabrieksmatige hardhouten kozijnen zijn gemaakt van iroko. Beide houtsoorten zijn afkomstig uit tropische regenwouden in respec-

tievelijk Zuid-Oost Azië en Afrika. Momenteel is van tropisch produkties nog nauwelijks sprake.

Bij het drogen van het hout treedt bij iroko 40% gewichtsverlies op (Hout vademecum, 1981); meranti kent geen gewichtsverlies door drogen. De assemblage van de hardhouten kozijnen is gelijk: het glas wordt gevat in aluminium profielen en glaslatten en afgedicht met polybuteenkit met een rugvulling van week PVC.

Bij de montage in de woning kan het fabrieksmatige hardhouten kozijn zowel in een stelkozijn, als in een spouwlat gemonteerd worden. Het ambachtelijke kozijn wordt in een spouwlat gemonteerd. Het verschil in montage is gelegen in het feit dat bij montage in een spouwlat het kozijn verlijmd wordt met de spouwlat. Voor het overige wordt dezelfde hoeveelheid materiaal (i.c. plaatselijk met bifluoride-pillen verduurzamd vurenhout) voor de spouwlat als voor het stelkozijn gebruikt. Bij de montage is het houtverlies t.a.v. verwerking in rekening gebracht. De kozijnen worden afgetimmerd met de houtsoort van het kozijn. Het hout wordt gebeitst i.p.v. gelakt (60% oplosmiddel i.p.v. 33%) (Doorgeest, 1990).

Tijdens de gebruikfase wordt om de 5 jaar het houtwerk opnieuw gebeitst. De polybuteenkit en de PUR-schuimbanden worden om de 10 jaar vervangen; de profielen van week PVC om de 15 jaar.

De hardhouten kozijnen worden na afdanking gestort.

#### 4. Naaldhout ambachtelijk

Het ambachtelijk naaldhouten kozijn bestaat uit vuren. Dit hout is afkomstig uit Noord-Europa. Tijdens het drogen van het hout treedt gewichtsverlies op (Boorsma, 1980). Bij de verwerking van het hout treedt houtverlies op. Dit houtverlies is bij de productie van het kozijn in rekening gebracht.

Bij de assemblage van het vuren kozijn wordt het glas gevat in aluminium profielen en glaslatten en afgedicht met polybuteenkit met een rugvulling van week PVC. Het kozijn wordt in de woning gemonteerd door verlijming met de spouwlat die bestaat uit behandeld vurenhout; de aftimmering gebeurt met meranti. Het houtwerk wordt geverfd met alkydverf. Na de montage van het kozijn in de spouwlat, wordt de muur gemetseld. Daarom wordt tijdens de metselwerkzaamheden het kozijn afgedekt met PVC-folie (0.6 mm dik).

Tijdens de gebruiksfase wordt om de 4 jaar het houtwerk opnieuw met alkydverf geverfd. De polybuteenkit en de PUR-schuimbanden worden om de 10 jaar vervangen; de profielen van week PVC om de 15 jaar. De vuren kozijnen worden na afdanking gestort.

#### 5. Overige materialen

De stelkozijnen en spouwlaten bestaan uit vurenhout. De hoeveelheid benodigd materiaal voor de spouwlat of het stelkozijn is gelijk. Alleen het gewichtsverlies door drogen van het hout is meegenomen (Boorsma, 1980), het houtverlies door verwerking is bij de assemblage van het kozijn in rekening gebracht. Het vurenhout wordt verduurzaamd met bifluoridepillen. De grondstof voor deze pillen is fluor.

Bij de productie van profielen van ethyleen-propyleen-terpolymeer (EPT) wordt zowel EPDM als EPT bedoeld; de ongeconjugeerde diënen (1-10%) in EPDM zijn dus weggelaten. Voor de productie is het gemiddelde genomen van de productie van HDPE en PP.

De poly-urethaan profielen kunnen uit schuim-, of giet poly-urethaan (PUR) bestaan. De emissies van de productie van schuim-PUR zijn minstens even hoog als die bij de PVC-productie (van Duin en de Graaf, 1987) en worden als zodanig overgenomen. De benodigde energie is inclusief schuimen. De emissies bij de productie van giet-PUR worden gelijkgesteld aan die van PUR-schuim, inclusief het energiegebruik van de productie.

De productie van staalprofielen is inclusief ruwijzerproductie, schrootbereiding (22% van totale metaalinzet (van Duin en Kerkhoven, 1988)), kalksteenwinning en kalk- en zuurstoffabriekage. Tijdens de productie wordt het staal gewalst en verzinkt.

De grondstoffen voor de productie van alkydverf zijn nafta en naftaleen. Uit nafta wordt glycerol en oplosmiddel gevormd en uit naftaleen wordt ftaalzuuranhydride gevormd. De gebruiksklare alkydverf bestaat uit 33% uit oplosmiddel (koolwaterstof), 33% uit alkydhars en 33% titaandioxyde (Doorgeest, 1990).

Beits wordt op dezelfde wijze geproduceerd als alkydverf. De uiteindelijke samenstelling van de verf is echter anders: 60% oplosmiddel, 20-25% alkydhars en 15-20% pigment (titaandioxyde).

De productie van polybuteenkit is wegens gebrek aan gegevens gelijk gesteld aan die van polypropreen. Grondstof voor de productie hiervan is nafta.

Wat betreft de lijnen zijn momenteel nog geen gegevens voorhanden.

### 3.3.2 Uitgewerkte materialenlijst voor het gemonteerde kozijn

In onderstaande tabel is weergegeven welke materialen gebruikt worden in de verschillende gemonteerde kozijnontwerpen. In bijlage 3 is aangegeven wat de benodigde hoeveelheid materialen is voor de assemblage en montage van één kozijn, zoals deze beschreven is in dit rapport.

Tabel 3.2 Materialenlijst van verschillende geassembleerde en gemonteerde kozijnen.

Materialen:	Kozijnontwerp:				
	ALUMINIUM	VUREN	IROKO	MERANTI	KUNSTSTOF
aluminium geextrudeerd		X	X	X	
aluminium gemoffeld	X				
alkydvverf	X	X			X
buitenbeits			X	X	
bifluoriden	X	X	X	X	X
ethyl. propyl. terpolymeer (EPT)	X				X
giet-PUR	X				
iroko			X		
lood	X	X	X		
loodmenie	X	X	X	X	X
meranti	X	X	X	X	X
polybuteenkit	X	X	X	X	X
PVC hard	X	X	X	X	X
PVC week	X	X	X	X	
PVC week gekalandeerd (folie)		X		X	
schuim-PUR	X	X	X	X	X
verzinkt staal	X	X	X	X	X
vuren	X	X	X	X	X



### 3.4 Voorlopige analyse en beoordeling van de milieu-effecten van de kozijntypen

In de tabellen 3.3 A t/m E in bijlage 7 staan de absolute waarden voor de uitputting van grondstoffen, emissies naar lucht en water en de hoeveelheid finaal afval vermeld. Deze waarden zijn zowel voor de hele levensloop in de tabellen opgenomen, als ook voor de afzonderlijke fasen binnen deze levensloop. De fasen zijn ingedeeld naar 1) productiefase, 2) gebruiksfase en 3) de afdankfase (stort). De eerste fase omvat zowel de grondstofwinning als de materiaal- en produktvervaardiging (waaronder de assemblage en montage van het kozijn).

In de tabellen 3.4 A t/m E staan de absolute getallen uit de eerdere tabellen weergegeven in de milieukentallen: energiedragers (gas, kolen en olie) en hun totale energieinhoud, EVL, ZE, EVW, m<sup>2</sup> gekapt tropisch regenwoud en hoeveelheid schadelijk en niet-schadelijk afval. De absolute waarden die niet in milieukentallen te aggregeren zijn, zijn ook in deze tabellen opgenomen. In de figuren 3.1 tot en met 3.4 zijn de milieukentallen voor de diverse kozijntypen voor de te onderscheiden fasen binnen de levensloop gevisualiseerd. In deze paragraaf zal per kozijntype deze resultaten kort worden besproken. In de volgende paragraaf (§ 3.5) zal een poging worden gewaagd de kozijntypen onderling met elkaar te vergelijken en te beoordelen.

Tabel 3.4

## A: ALUMINIUM KOZIJN milieukentallen

fase in de levensloop                      totaal    productie    gebruik    stort

## GRONDSTOFFEN

gas	m3	372	117	255	0
kolen	kg	153	145	7.1	0
olie	kg	66.8	60.5	6.2	0
tot. verbruik energiedragers	MJ	23 195	11 849	11 316	0
aangetast tropisch woud	m2	3.1	3.1	0	0

## UITSTOOT NAAR LUCHT

EVL	1 480	1 400	85	0
ZE	78	75.5	2.4	0

niet in milieukentallen uit te drukken:

cfk11	kg	0.576	0.0513	0	0.524
kooldioxyde	kg	794	320	474	0

## LOZING NAAR WATER

EWV	6 020	284	25.3	5 710
-----	-------	-----	------	-------

niet in milieukentallen uit te drukken:

2-chloorethanol	kg	$8.49 \cdot 10^{-4}$	$8.48 \cdot 10^{-4}$	0	0
trichloorethanol	kg	$3.40 \cdot 10^{-3}$	$3.39 \cdot 10^{-3}$	0	0
vinylchloride	kg	$1.61 \cdot 10^{-5}$	$1.61 \cdot 10^{-5}$	0	0
weekmaker	kg	$3.65 \cdot 10^{-3}$	0	0	$3.65 \cdot 10^{-3}$

## AFVAL

schadelijk afval	kg	27.6	13.4	7.2	7.0
overig afval	kg	520	474	4.2	42

Tabel 3.4

## B: VUREN KOZIJN milieukentallen

fase in de levensloop                      totaal              produktie      gebruik              stort

## GRONDSTOFFEN

gas	m3	200	51.1	149	0
kolen	kg	45.6	37.1	8.4	0
olie	kg	21.6	15.3	6.3	0
tot. verbruik energiedragers	MJ	10 774	3 922	6 850	0
aangetast tropisch woud	m2	0.625	0.625	0	0

## UITSTOOT NAAR LUCHT

EVL	298	233	64.6	0
ZE	13.7	11.7	2.0	0

niet in milieukentallen uit te drukken:

kooldioxyde	kg	443	155	287	0
-------------	----	-----	-----	-----	---

## LOZING NAAR WATER

EWV	74 500	101	26.1	74 400
-----	--------	-----	------	--------

niet in milieukentallen uit te drukken:

2-chloorethanol	kg	$5.21 \cdot 10^{-3}$	$4.56 \cdot 10^{-3}$	$6.33 \cdot 10^{-4}$	0
trichloorethanol	kg	$2.08 \cdot 10^{-2}$	$1.83 \cdot 10^{-2}$	$2.53 \cdot 10^{-3}$	0
vinyllchloride	kg	$9.90 \cdot 10^{-5}$	$8.67 \cdot 10^{-5}$	$1.20 \cdot 10^{-5}$	0
weekmaker	kg	$3.04 \cdot 10^{-2}$	$2.85 \cdot 10^{-2}$	0	$1.86 \cdot 10^{-3}$

## AFVAL

schadelijk afval	kg	17.8	3.6	8.9	5.4
overig afval	kg	203	105	4.7	93.6

Tabel 3.4

C: IROKO KOZIJN milieukentallen

fase in de levensloop                      totaal              productie      gebruik      stort

## GRONDSTOFFEN

gas	m3	233	56.3	177	0
kolen	kg	48.8	39.1	9.7	0
olie	kg	17.3	8.5	8.8	0
tot. verbruik energiedragers	MJ	12 086	3 910	8 189	0
aangetast tropisch woud	m2	222	222	0	0

## UITSTOOT NAAR LUCHT

EVL	284	204	79.3	0
ZE	12.0	9.7	2.4	0

niet in milieukentallen uit te drukken:

kooldioxide	kg	525	184	340	0
-------------	----	-----	-----	-----	---

## LOZING NAAR WATER

EWV	5310	49.4	28.9	5240
-----	------	------	------	------

niet in milieukentallen uit te drukken:

2-chloorethanol	kg	$1.25 \cdot 10^{-3}$	$5.26 \cdot 10^{-4}$	$8.23 \cdot 10^{-4}$	0
trichloorethanol	kg	$5.40 \cdot 10^{-3}$	$2.11 \cdot 10^{-3}$	$3.29 \cdot 10^{-3}$	0
vinylchloride	kg	$2.56 \cdot 10^{-5}$	$1.00 \cdot 10^{-5}$	$1.56 \cdot 10^{-5}$	0
weekmaker	kg	$2.08 \cdot 10^{-3}$	0	0	$2.08 \cdot 10^{-3}$

## AFVAL

schadelijk afval	kg	18.1	3.8	8.9	5.5
overig afval	kg	415	305	5.9	105

Tabel 3.4

D: MERANTI KOZIJN milieukentallen

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort	
GRONDSTOFFEN						
	gas	m3	235	60.3	175	0
	kolen	kg	50.3	41.5	8.7	0
	olie	kg	22.6	14.8	7.9	0
	tot. verbruik energiedragers	MJ	12 444	4 422	8 033	0
	aangetast tropisch woud	m2	39.8	39.8	0	0
UITSTOOT NAAR LUCHT						
	EVL		304	228	75.8	0
	ZE		13.5	11.3	2.2	0
niet in milieukentallen uit te drukken:						
	kooldioxyde	kg	524	189	335	0
LOZING NAAR WATER						
	EWV		5320	84.8	26	5200
niet in milieukentallen uit te drukken:						
	2-chloorethanol	kg	$4.47 \cdot 10^{-3}$	$3.84 \cdot 10^{-3}$	$6.33 \cdot 10^{-4}$	0
	trichloorethanol	kg	$1.79 \cdot 10^{-2}$	$1.53 \cdot 10^{-2}$	$2.53 \cdot 10^{-3}$	0
	vinylchloride	kg	$8.50 \cdot 10^{-5}$	$7.29 \cdot 10^{-5}$	$1.20 \cdot 10^{-5}$	0
	weekmaker	kg	$4.99 \cdot 10^{-2}$	$2.39 \cdot 10^{-2}$	0	$2.60 \cdot 10^{-2}$
AFVAL						
	schadelijk afval	kg	16.2	3.9	6.5	5.9
	overig afval	kg	221	131	4.5	84.3

Tabel 3.4

E: KUNSTSTOF KOZIJN milieukentallen

fase in de levensloop		totaal	produktie	gebruik	stort	
GRONDSTOFFEN						
gas	m <sup>3</sup>	241	54.2	187	0	
kolen	kg	35.6	28.2	7.5	0	
olie	kg	30	220	8.1	0	
tot. verbruik energiedragers	MJ	12 583	4 080	8 514	0	
aangetast tropisch woud	m <sup>2</sup>	1.1	1.1	0	0	
UITSTOOT NAAR LICHT						
	EVL	251	182	68.6	0	
	ZE	7.1	5.0	2.0	0	
niet in milieukentallen uit te drukken:						
	kooldioxyde	kg	514*	160*	354	0
LOZING NAAR WATER						
	EWV	6 770	401	30.8	6 330	
niet in milieukentallen uit te drukken:						
	2-chloorethanol	kg	$1.10 \cdot 10^{-2}$	$1.10 \cdot 10^{-2}$	0	0
	trichloorethanol	kg	$4.41 \cdot 10^{-2}$	$4.41 \cdot 10^{-2}$	0	0
	vinylchloride	kg	$2.09 \cdot 10^{-4}$	$2.09 \cdot 10^{-4}$	0	0
AFVAL						
	schadelijk afval	kg	16.1	4.0	7.6	4.5
	overig afval	kg	162	64.5	5.2	91.8

\* Niet alle kooldioxyde-emissies als gevolg van de energie-opwekking voor de produktie van PVC zijn hier inbegrepen (zie ook Bijlage 4).

Wanneer de milieu-effecten over de fasen uit de levensloop beschouwd worden, valt het volgende op.

### Energiedragers

In de tabellen worden de grondstoffen aardgas, kolen en olie vermeld. Naast deze grondstoffen wordt nog een groot aantal andere grondstoffen gebruikt bij de materiaalvervaardiging. Gezien het belang dat binnen het milieubeleid gehecht wordt aan het energieprobleem, zijn de energiedragers apart vermeld in de tabellen 3.4 A t/m E. De hoeveelheid van deze grondstoffen wordt deels bepaald door de energiebehoefte bij diverse processen (de zogenaamde procesenergie), deels worden deze grondstoffen gebruikt ten behoeve van de materiaalproductie (zoals aardgas of aardolie voor etheenproductie). Zoals de hoeveelheden in de tabellen vermeld staan is dit onderscheid niet meer waarneembaar. In de tabellen is tevens de totale energie-inhoud van de gebruikte energiedragende grondstoffen weergegeven. Onder de energie-inhoud van een grondstof wordt in dit rapport de verbrandingswaarde verstaan. Deze bedraagt voor gas, kolen en olie respectievelijk per m<sup>3</sup> en kg 42.5 MJ, 29.5 MJ en 43 MJ. In figuur 3.1 is de energie-inhoud van de energiedragers voor diverse kozijntypen grafisch weergegeven.

Bij het aluminium kozijn wordt het totale gasverbruik in belangrijke mate bepaald door het gasverbruik in de gebruiksfase, als gevolg van het warmteverlies door het kozijn en daarmee de benodigde energie-opwekking voor de CV-ketels in de woningen. Het verbruik van kolen en olie wordt voornamelijk bepaald door de productiefase; voor de productie van aluminium is veel energie noodzakelijk.

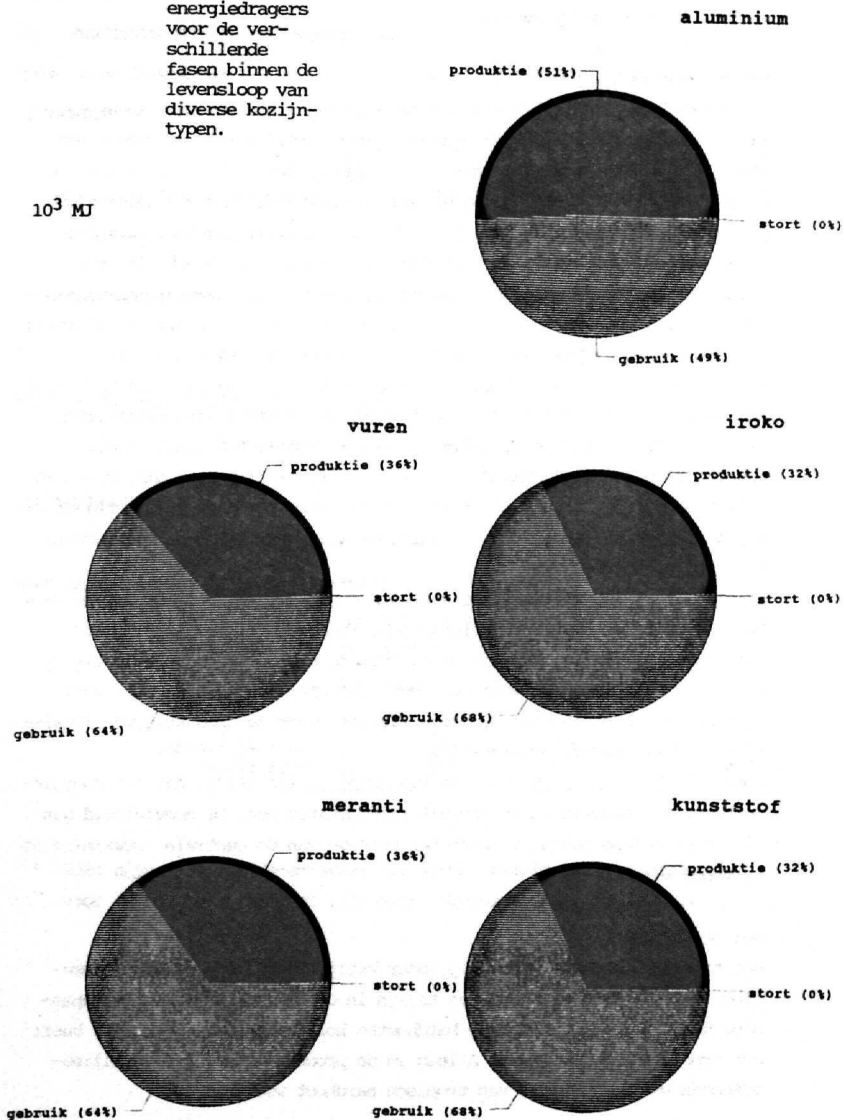
Voor alle houten kozijnen en het kunststof kozijn geldt, dat het energieverbruik grotendeels in de gebruiksfase plaatsvindt. De hoeveelheid gas die in deze fase gebruikt wordt ten behoeve van de centrale verwarming is hiervoor verantwoordelijk.

### Gekapt tropisch regenwoud

Het tropisch hardhout wordt bij ieder kozijn type gebruikt als aftimmering tijdens de montage van het kozijn in de woning. Een andere toepassing dan hoofdmateriaal in de hardhouten kozijnen of aftimmerhout, heeft het tropisch hardhout niet. Alleen in de productiefase zijn de milieu-effecten van het gebruik van tropisch hardhout waarneembaar.

Figuur 3.1 Verbruikte energiedragers voor de verschillende fasen binnen de levensloop van diverse kozijntypen.

$10^3$  MJ





### **Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL)**

In figuur 3.2 staan de Eenheden Verontreinigde Lucht voor de diverse typen kozijnen grafisch weergegeven.

De Eenheden Verontreinigde Lucht ontstaan voor alle kozijntypen voor het grootste deel in de productiefase (grondstofwinning, materiaal- en produktvervaardiging). Het aandeel van deze emissies in de totale emissies van een functionele eenheid (50 kozijnjaren) is gemiddeld voor de houten en kunststof kozijnen 75%. De productiefase in de levensloop van het aluminium kozijn levert zelfs 95% van het totaal aan EVL's van de hele levensloop. De afdankfase levert voor geen van de kozijntypen een bijdrage aan de emissies naar lucht.

Niet alle emissies naar lucht zijn te aggregeren tot Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL). Dit geldt voor de emissies van CFK's en kooldioxyde. Deze emissies staan derhalve afzonderlijk vermeld in de tabellen 3.4

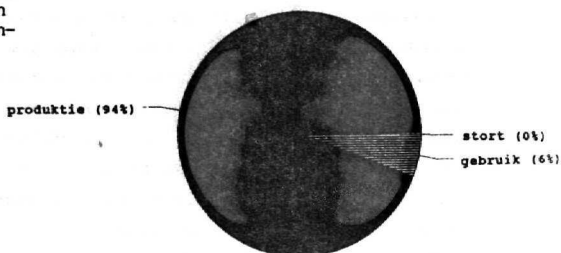
A t/m E.

De emissies van kooldioxyde treden in de productie- en gebruiksfase op. De emissies van kooldioxyde ontstaan voor alle kozijntypen voor meer dan de helft in de gebruiksfase, als gevolg van de emissies die ontstaan bij de gasgestookte CV-ketels. Hierbij dient te worden aangetekend dat de kooldioxyde-emissies tijdens de productiefase van het kunststofkozijn slechts voor een deel geregistreerd zijn; de kooldioxyde-emissies zullen daarom in de praktijk hoger zijn.

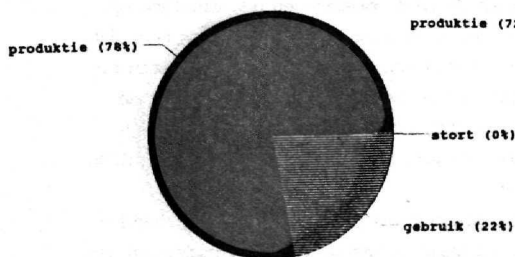
Bij het aluminium kozijn treden emissies van CFK 11 op in de productie- en afdankfase, ten gevolge van het gebruik van poly-urethaanschuimen als koudebruggen.

Figuur 3.2 Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL) voor de verschillende fasen binnen de levensloop van diverse kozijntypen.

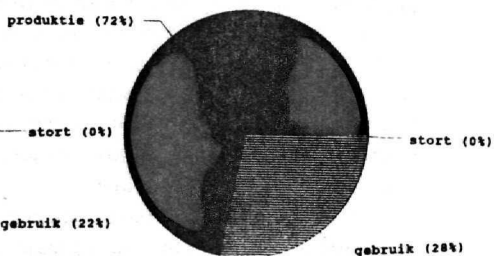
aluminium



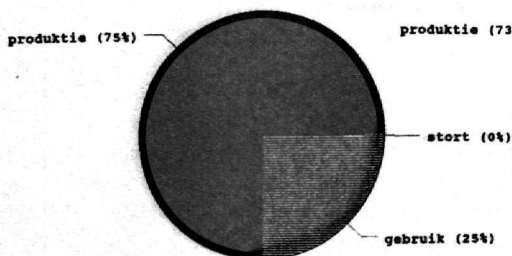
vuren



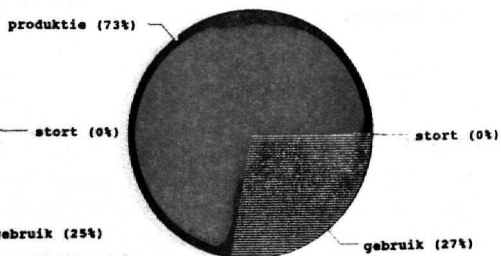
iroko



meranti



kunststof



### Zuurequivalenten

De verzurende emissies van stikstofoxiden en zwaveldioxiden worden geaggregeerd in zuurequivalenten. Deze emissies komen vooral vrij bij energie-opwekking met behulp van fossiele brandstoffen.

Tijdens de produktie van de kozijnen komt het merendeel van de verzurende stoffen vrij. Dit aandeel in het totaal aan zuurequivalenten per functionele eenheid kozijn varieert tussen de 70% (kunststof kozijn) tot 96% (aluminium kozijn) van het totaal aan verzurende emissies per produktlevensketen.

In de gebruiksfase komen eveneens verzurende stoffen vrij als gevolg van energie-opwekking ten behoeve van de centrale verwarming in de woning en als gevolg van de produktie van verven, profielen en katten met de bijbehorende energie-opwekking. De zuurequivalenten in de gebruiksfase bedragen 10 tot 34% (resp. aluminium en kunststof kozijn) van het totaal aan zuurequivalenten per produktlevensketen.

In de stortfase komen geen verzurende stoffen vrij.

De trends in de hoeveelheid zuurequivalenten over de fasen binnen de levensloop van de kozijnen hebben sterke gelijkenis met de trends die bij Eenheden Verontreinigde Lucht te zien zijn.

### Eenheden Verontreinigd Water (EVW)

Zoals in figuur 3.3 te zien is, geldt voor alle kozijntypen dat de emissies naar water voor vrijwel 100% ontstaan tijdens de afdankfase, waarin het afval gestort wordt. Van deze emissies naar water wordt meer dan 98% veroorzaakt door de uitloging van fluoriden, die tegenwoordig in de vorm van bifluoridepillen worden gebruikt om naaldhout te verduurzamen. In de produktiefase treden ook emissies naar water op, maar deze zijn voor alle kozijntypen in verhouding tot de emissies die bij de afdankfase optreden, zeer klein.

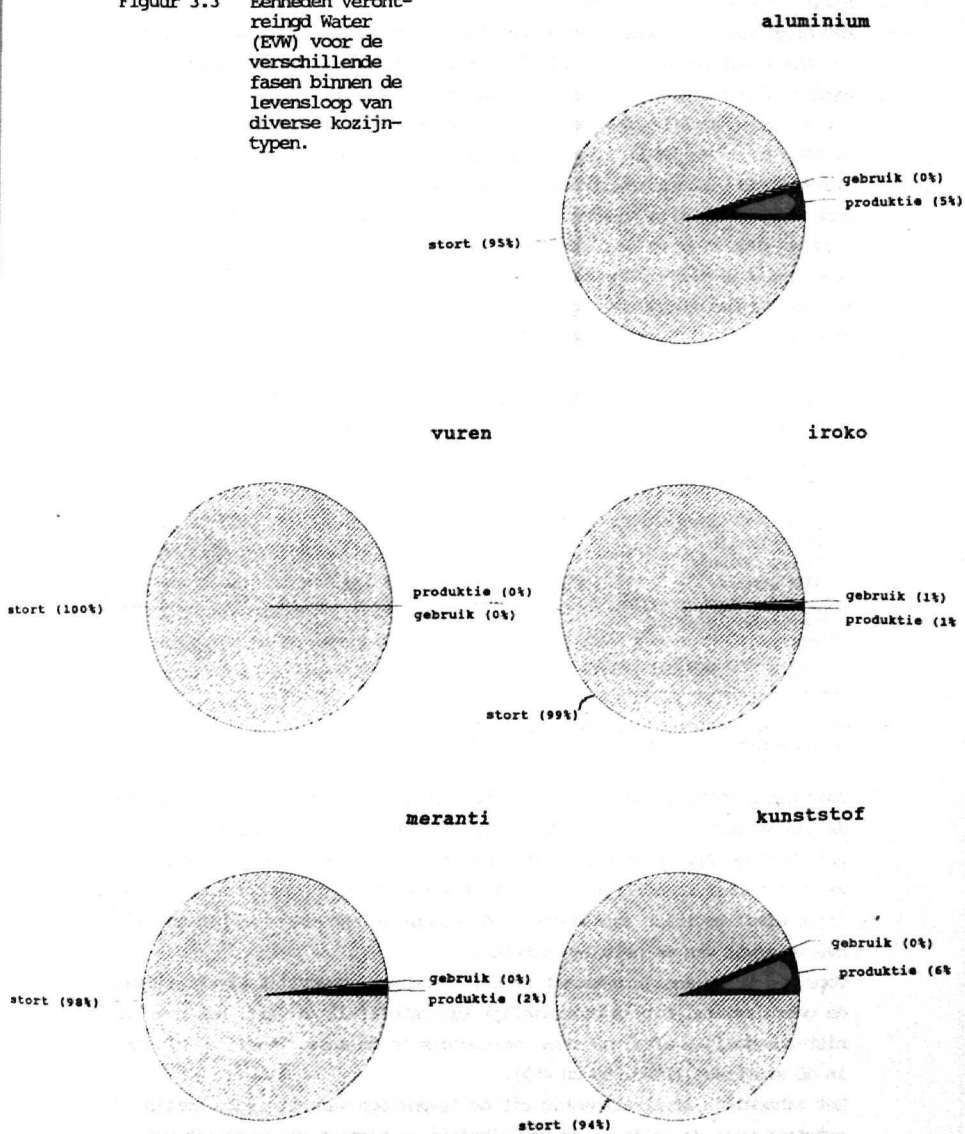
Een aantal emissies naar water zijn niet te aggregeren tot Eenheden Verontreinigd Water. Het betreft de emissies van 2-chloorethanol, trichloorethanol, vinylchloride en weekmaker. De emissies van 2-chloorethanol, trichloorethanol en vinylchloride komen vrij bij de produktie van PVC. PVC wordt bij alle kozijntypen toegepast (o.a. als slabbe, afdichtingsprofielen). De emissies van weekmaker ontstaan tijdens de produktie van week-PVC. Dit week-PVC komt voor als afdichtingsmateriaal (rugvulling) in de kozijnen. Het afdekfolie dat gebruikt wordt tijdens de metselwerkzaamheden bij de vuren en meranti kozijnen bestaat eveneens

uit week-PVC. Alleen het kunststof kozijn bevat geen week-PVC zodat bij dit kozijn geen emissies van weekmaker optreden.

Bij het aluminiumkozijn en het kunststofkozijn treden de emissies van de chloorethanolen en vinylchloride alleen op tijdens de produktiefase. Voor de overige kozijnen treden de emissies van de chloorethanolen en vinylchloride zowel in de produktiefase als in de gebruiksfase op.

De emissies van weekmaker treden op in de afdankfase voor alle kozijnen behalve het kunststofkozijn. Voor het vuren en meranti kozijn treden tijdens de produktiefase ook emissies op van weekmaker. Dit is het gevolg van het afval van het afdekfolie dat gebruikt wordt tijdens de metselwerkzaamheden.

Figuur 3.3 Eenheden Veront-  
reïngd Water  
(EVW) voor de  
verschillende  
fasen binnen de  
levensloop van  
diverse kozijn-  
typen.



## Afval

Het afval dat gedurende de hele levensloop ontstaat is te onderscheiden in potentieel schadelijk en niet-schadelijk (overig) afval. In dit rapport wordt een eigen interpretatie gegeven van de schadelijkheid van afval, omdat onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om het afval al dan niet in te delen in de bestaande categorieën chemisch afval. In de onderstaande tabel is aangegeven wat in dit verband verstaan wordt onder schadelijk. Het zijn stoffen met potentieel toxische bestanddelen, die niet op andere wijze verdisconteerd zijn (zoals het cadmium in PVC wel meegenomen is via EVW's). Het overige afval dat ontstaat wordt als niet-schadelijk beschouwd. In figuur 3.4 is zowel het schadelijk als het niet-schadelijk afval gevisualiseerd.

Tabel 3.5 Afval dat in dit rapport als schadelijk wordt gezien

---

giet PUR  
hoog actief vast afval  
lijm en  
middel en laag actief vast afval  
oxykalkslib  
polybuteenkit  
PUR schuim  
slakken (onverwerkbaar) Hoogovens  
verbrandingsafval  
verf  
vlieg- en bodemas na hergebruik

---

Metalen en resterende plastics zijn meegenomen via uitloging naar water (uitgedrukt in Eenheden Verontreinigd Water).

Voor het aluminium kozijn ontstaat het schadelijk afval voor de helft in de produktiefase. Dit afval omvat verschillende soorten schadelijk afval (zie Bijlage 7). In de stort- en gebruiksfase is het resterende aandeel van het totaal schadelijk afval gelijk verdeeld. Het overige niet-schadelijke afval ontstaat merendeels in de produktiefase (90% van het totaal overig afval van de hele levensketen).

Voor het vuren kozijn ontstaat de helft van het schadelijk afval tijdens de gebruiksfase. Dit is voornamelijk kunststofafval en verf. Het overige niet-schadelijke afval ontstaat merendeels in de assemblagefase, alsook in de stortfase (resp. 50 en 45%).

Het schadelijk afval afkomstig uit de levensloop van het iroko kozijn ontstaat voor de helft in de gebruiksfase en bestaat voornamelijk uit

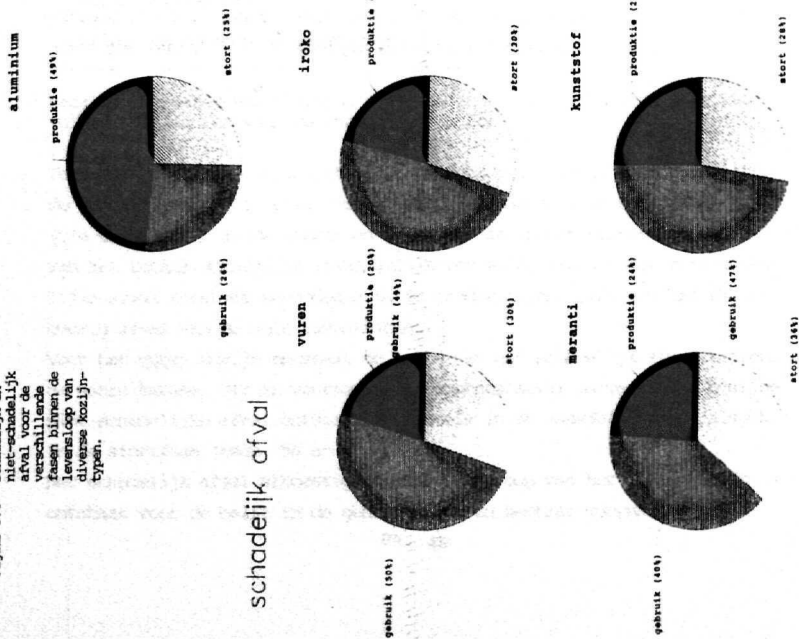
kunststof afval en verf. Het overige niet-schadelijke afval ontstaat merendeels in de produktie- en stortfase, resp. 70 en 25% van het totaal niet schadelijk afval van de levensketen.

Het schadelijk afval bij het meranti kozijn ontstaat voornamelijk tijdens de gebruiks- en stortfase (beide ongeveer 35% van het totaal). Het schadelijk afval betreft voornamelijk kunststofafval en verf. Het overige afval ontstaat grotendeels zowel in de produktie- als in de stortfase (resp. 60% en 38%).

Bij het kunststof kozijn ontstaat het schadelijk afval voor bijna de helft van het totaal aan schadelijk afval in de gebruiksfase. Dit is bijna alleen maar kunststofafval. Het overige niet-schadelijke afval ontstaat merendeels in de stortfase, gevolgd door de produktiefase.

Concluderend kan gesteld worden, dat het schadelijk afval voor vrijwel alle kozijntypen ontstaat in de gebruiks- en stortfase. Alleen het aluminium kozijn wijkt hiervan af; het grootste deel van het schadelijk afval ontstaat bij aluminium tijdens de produktiefase (bepaald door het afval dat vrijkomt tijdens de grondstofwinning en materiaalproduktie). Het overige niet-schadelijke afval ontstaat merendeels, met uitzondering van het aluminium kozijn, tijdens de assemblagefase en de stortfase. Het overige niet-schadelijke afval uit de levensloop van aluminium, ontstaat voornamelijk in de assemblagefase. De beide andere fasen in de levensloop van aluminium leveren slechts een kleine bijdrage in het totaal ontstane overige afval.

Figuur 3.4 Schadelijk en niet-schadelijk afval voor de verschillende vazen binnen de levensloop van diverse kozijn-typen.



schadelijk afval

aluminium

overig afval



### 3.5 Voorwaardelijke onderlinge vergelijking van de kozijntypen

In de vorige paragraaf zijn de milieu-effecten binnen de afzonderlijke levenslopen van de kozijntypen aan de orde gekomen. In deze paragraaf zal getracht worden de kozijntypen met elkaar te vergelijken en tot een beoordeling te komen.

Tabel 3.6 Milieukentallen van de diverse kozijntypen voor de woonkamer van een woningwetwoning; voorlopige resultaten.

milieukental		aluminium	vuren	iroko	meranti	PVC
<b>grondstoffen (energiedragers)</b>						
gas	(m <sup>3</sup> )	372	200	233	235	241
kolen	(kg)	153	45.6	48.8	50.3	35.6
olie	(kg)	67	21.6	17.3	22.6	30
totaal verbruik energiedragers	(MJ)	23 195	10 774	12 086	12 444	12 583
aangetast tropisch woud (m <sup>2</sup> )		3.1	0.625	222	39.8	1.1
<b>uitstoot naar lucht</b>						
EVL*	(m <sup>3</sup> )	1 480	298	284	304	251
ZE	(ha)	78	13.7	12	13.5	7.1
overig	(kg/m <sup>3</sup> )					
CFK 11		0.576				
kooldioxyde		794	443	525	524	514*
<b>lozing naar water</b>						
EWV	(l)	6 020	74 500	5 310	5 320	6 770
overig	(kg/l)					
2-chloorethanol	kg	8.49·10 <sup>-4</sup>	5.21·10 <sup>-3</sup>	1.25·10 <sup>-3</sup>	4.47·10 <sup>-3</sup>	1.10·10 <sup>-2</sup>
trichloorethanol	kg	3.40·10 <sup>-3</sup>	2.08·10 <sup>-2</sup>	5.40·10 <sup>-3</sup>	1.79·10 <sup>-2</sup>	4.41·10 <sup>-2</sup>
vinylchloride	kg	1.61·10 <sup>-5</sup>	9.90·10 <sup>-5</sup>	2.56·10 <sup>-5</sup>	8.50·10 <sup>-5</sup>	2.09·10 <sup>-4</sup>
weekmaker	kg	3.65·10 <sup>-3</sup>	3.04·10 <sup>-2</sup>	2.08·10 <sup>-3</sup>	4.99·10 <sup>-2</sup>	0
<b>afval</b>						
schadelijk afval	(kg)	27.6	17.8	18.1	16.2	16.1
overig afval	(kg)	520	203	415	221	162

\* gebaseerd op MAC-waarden en niet op milieuhygiënische normen (zie tekst)

\*\* kooldioxyde-emissies van het kunststof kozijn omvatten niet alle kooldioxyde-emissies als gevolg van energie-opwekking voor de productie van PVC (zie ook Bijlage 4).

### 3.5.1 Vergelijking van de kozijntypen

In de tabel 3.6 zijn de milieukentallen van de functionele eenheden van de kozijntypen weergegeven. Enkele van deze milieukentallen zijn gevisualiseerd in de figuur 3.5.

#### Energiedragers

In de tabel 3.6 en figuur 3.5 is te zien dat het aluminium kozijn de meeste energiedragende grondstoffen verbruikt. Dit komt enerzijds door het productieproces van aluminium waarvoor veel energie noodzakelijk is en anderzijds door het warmteverlies door het kozijn tijdens de gebruiksfase, waardoor in de woning meer gestookt moet worden ten behoeve van de centrale verwarming.

Het warmteverlies door het kozijn is van alle kozijntypen voor het aluminium kozijn het grootst (18% van het totale warmteverlies via het raam). Dit warmteverlies wordt voor een groot deel bepaald door de constructie van het kozijn; voor het aluminium kozijn geeft de smalle strook aluminium om de verticale stijl van het raamkozijn waar het raam open gaat de doorslag. Als het mogelijk zou zijn geweest om deze ook met koudebrug te construeren, dan zou nog maar ongeveer 10% van de warmte door het kozijn verdwijnen.

Wanneer het totaal van de verbruikte energiedragers per kozijntype beschouwd wordt aan de hand van de totale energie-inhoud<sup>1</sup> van de energiedragers, verbruiken de functionele eenheden van het vuren, het iroko en het meranti en het kunststof kozijn energiedragers met min of meer dezelfde energie-inhoud.

#### Gekapt tropisch regenwoud

Vergelijking van het oppervlak gekapt tropisch regenwoud bij de functionele eenheden van de verschillende kozijntypen laat zien dat het iroko kozijn het meest tropisch regenwoud aantast, gevolgd door het meranti kozijn. Bij de niet-hardhouten kozijnen wordt tropisch hardhout gebruikt voor de aftimmering van het kozijn tijdens de montage in de woning. Het

---

<sup>1</sup> Energie-inhoud wordt in dit rapport gedefinieerd als de verbrandingswaarde van de desbetreffende grondstof. Deze verbrandingswaarde is voor aardgas, kolen en olie resp. 42.5 MJ, 29.5 MJ en 43 MJ per m<sup>3</sup> en kg.

vuren kozijn levert het minst aangetast tropisch regenwoud op, gevolgd door het kunststof resp. het aluminium kozijn.

Het iroko-kozijn zorgt voor vijf maal meer gekapt tropisch regenwoud dan meranti (ook tropisch hardhout). Dit komt enerzijds doordat voor 1 m<sup>3</sup> iroko, door niet selectieve houtkap 770 m<sup>2</sup> bos aangetast wordt (voor meranti door selectieve houtkap 250 m<sup>2</sup> bos). Anderzijds treedt houtverlies op door droging (40% voor iroko, 0% voor meranti). Het tropisch hout dat gebruikt wordt bij de aftimmering van de andere kozijntypen veroorzaakt een relatief te verwaarlozen aantasting van het tropisch regenwoud.

#### **Eenheden Verontreinigd Water (EVW)**

Vergelijking van de hoeveelheden emissies naar water bij de verschillende kozijntypes laat zien dat in de levensloop van het vuren kozijn verhoudingsgewijs veel emissies naar water plaatsvinden. Zoals uit paragraaf 3.4 bleek, treden deze emissies vooral op tijdens de stortfase. Tijdens het storten van vuren kozijnen komen de verduurzamingsmiddelen (bifluoriden) vrij. Deze zijn verantwoordelijk voor deze verhoudingswijze hoge emissies naar water. De emissies naar water voor de andere kozijntypen liggen allen in dezelfde ordegrootte. Bij de hardhouten kozijnen ontstaan gelijke hoeveelheden waterverontreiniging, die het laagst zijn van alle onderzochte kozijntypen. Het aluminium kozijn levert meer emissies naar water dan de hardhouten kozijnen: het kunststof kozijn levert weer meer emissies naar water dan het aluminium kozijn.

Enkele emissies naar water zijn niet te aggregeren in Eenheden Verontreinigd Water (EVW). Het betreft de emissies van 2-chloorethanol, trichloorethanol, vinylchloride en weekmaker. Zoals eerder is vermeld ontstaan de emissies van 2-chloorethanol, trichloorethanol en vinylchloride tijdens de productie van PVC. PVC wordt bij alle kozijntypen toegepast (o.a. als slabbe, afdichtingsprofielen) en het kunststof kozijn bestaat vrijwel alleen uit PVC. Het is dan ook niet verwonderlijk dat deze emissies het grootst zijn bij de functionele eenheid van het kunststof kozijn. De hoge emissies van 2-chloorethanol en trichloorethanol bij de vuren en meranti kozijnen worden veroorzaakt door het gebruik van afdekfolie van PVC tijdens de metselwerkzaamheden bij de montage van deze kozijnen. De emissies van weekmaker ontstaan door afdanking van het PVC-folie, dat bij de ambachtelijke kozijnen (vuren en meranti) worden gebruikt ter

bescherming van het vroeg geplaatste kozijn tijdens de bouw, en door het storten van gebruikte week PVC afdichtingsmaterialen.

#### **Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL)**

Zoals te zien is in figuur 3.5 en in tabel 3.6 levert het aluminium kozijn de meeste Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL) van alle kozijntypen. De andere kozijntypen hebben ongeveer met elkaar vergelijkbare EVL's, waarbij het kunststof kozijn de minste EVL's levert. Deze grove trend is te verklaren door de luchtmissies door energie-opwekking. Een aantal emissies naar lucht is niet geaggregeerd in EVL's. Het betreft hier de emissies van CFK 11 en kooldioxyde. CFK 11 komt alleen vrij bij het aluminium kozijn; kooldioxyde bij alle kozijntypen. De grootste uitstoot van kooldioxyde treedt op bij het aluminium kozijn. Deze hoge emissie wordt veroorzaakt door het hoge energiegebruik en de daarmee gepaard gaande emissies van kooldioxyde. De andere kozijnen hebben een geringere uitstoot van kooldioxyde. De hoeveelheid aan geëmitteerde kooldioxyde ligt voor deze 4 kozijntypen in dezelfde ordegrootte. De emissies van kooldioxyde door de energie-opwekking bij de productie van PVC zijn slechts ten dele meegenomen. Derhalve zal de werkelijke kooldioxyde-emissie voor het kunststof kozijn hoger uitvallen dan hier is vermeld.

#### **Zuurequivalenten**

Gelijk aan de Eenheden Verontreinigde Lucht treden bij de levensloop van het aluminium kozijn de meeste zuurequivalenten (ZE) op. De andere kozijntypen leveren verhoudingsgewijs veel minder (factor 10 lager dan bij aluminium) zuurequivalenten. Ook dit is te verklaren door het verschil in energieverbruik.

#### **Afval**

Het schadelijk afval dat gevormd wordt tijdens de levensloop van de diverse kozijnen is voor het aluminium kozijn het meest omvangrijk. Bij de andere kozijntypen ontstaat minder schadelijk afval met ongeveer gelijke hoeveelheden.

Ook voor het ontstaan van overig niet-schadelijk afval is het aluminium kozijn koploper, gevolgd door het iroko kozijn. Bij de andere kozijntypen ontstaat overig afval, dat qua hoeveelheid ongeveer een factor 2 lager ligt dan de hoeveelheid gevormd afval bij aluminium. De hoeveelheid niet

schadelijk afval dat bij de overige kozijntypen ontstaat, is voor deze kozijntypen ongeveer gelijk, waar bij het kunststof kozijn de minste hoeveelheid niet-schadelijk afval onstaat.

### 3.5.2 Voorwaardelijke beoordeling van de kozijntypes

In de vorige paragraaf 3.5.1 zijn de kozijnen vergeleken binnen ieder afzonderlijk deelaspect (energiedragers, water, lucht en afval). In deze paragraaf zal getracht worden een beoordeling te geven per kozijntype op grond van al deze aspecten.

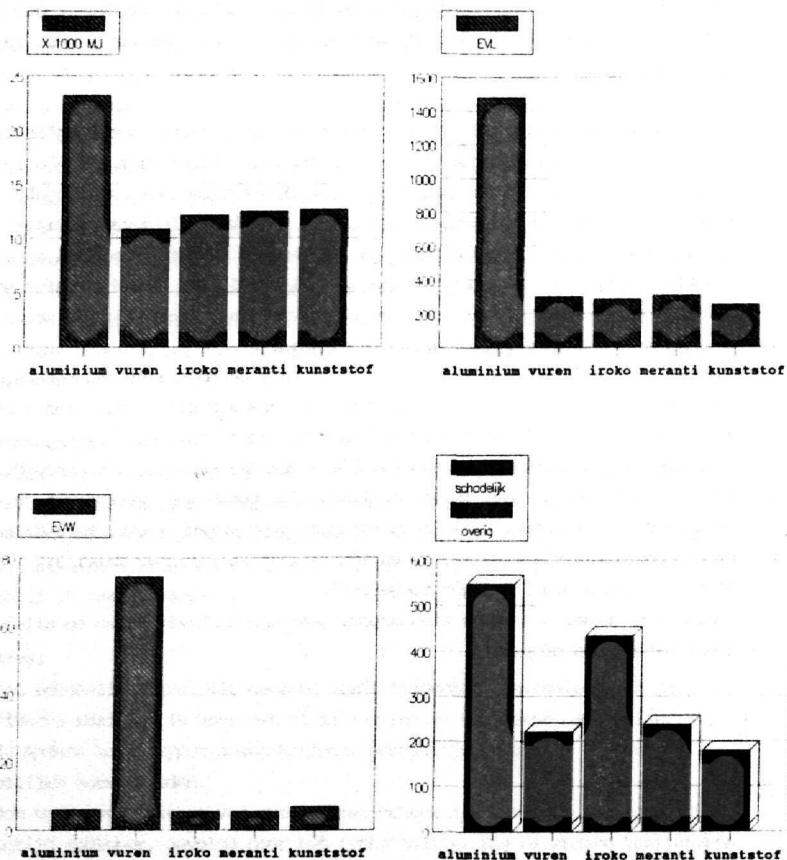
Ten behoeve van de eenvoud van de beoordeling zijn de absolute getallen uit tabel 3.6 omgezet naar relatieve scores. Deze scores zijn vermeld in tabel 3.7. Deze tabel is in principe identiek aan tabel 3.6; de hoogste waarde binnen één deelaspect is de score 10 toegekend. De waarden zijn via lineaire transformatie binnen één deelaspect in scores tussen 1 en 10 omgezet, waarbij 10 betekent tienmaal zoveel als 1. Het gaat hier niet om absolute waarde maar slechts om een relatieve schaal. Hoe lager de score is, hoe relatief minder de milieubelasting is.

Waarden achter de komma zijn naar boven of naar beneden afgerond tot hele getallen. In geval dat geen milieu-effecten aanwezig zijn, staat een 0 in de tabel (vgl. CFK 11 bij houten en kunststof kozijnen).

De scores in de tabel hebben een relatieve waarde. Wanneer bijvoorbeeld het aluminium kozijn niet in de tabel zou zijn opgenomen, veranderen de relatieve scores voor totaal energiedragers voor vuren, iroko, meranti en PVC in respectievelijk 8, 10, 10 en 10, terwijl ze nu in de tabel 3.7 alle vier een score 5 krijgen toebedeeld.

Zoals in de tabel 3.7 is te zien scoort geen van de kozijntypen op alle items samen goed of slecht.

Figuur 3.5 Milieukentallen van verbruikte energiedragers, Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL), Eenheden Verontreinigd Water en afval voor de functionele eenheden van verschillende kozijn-typen voor een woonkamer van een woningwetwoning; stand per 1 juni 1990.



Tabel 3.7 Relatieve<sup>2</sup> milieukentallen van de diverse kozijntypen voor de woonkamer van een woningwoning; stand per 1 juni 1990. De absolute waarden uit tabel 3.6 zijn d.m.v. lineaire transformatie omgezet op een relatieve schaal van 10 tot 1, waarbij 10 betekent tienmaal zoveel als 1.

milieukental	aluminium	vuren	iroko	meranti	PVC
<b>grondstoffen</b>					
totaal energie-inhoud (energiedragers)	10	5	5	5	5
aangetast tropisch woud	< 1	< 1	10	2	< 1
<b>uitstoot naar lucht</b>					
EVL*	10	2	2	2	2
ZE	10	2	2	2	1
<b>overig</b>					
CFK 11	10	0	0	0	0
kooldioxyde	10	6	7	7	6*
<b>lozing naar water</b>					
EW	1	10	1	1	1
<b>overig</b>					
2-chloorethanol	1	5	1	5	10
trichloorethanol	1	5	1	4	10
vinylchloride	< 1	< 1	< 1	< 1	10
weekmaker	< 1	6	< 1	10	0
<b>afval</b>					
schadelijk afval	10	6	7	6	6
overig afval	10	4	8	4	3

\* gebaseerd op MAC-waarden en niet op milieuhygiënische normen (zie tekst)

\*\* Kooldioxyde-emissies van het kunststof kozijn omvatten niet alle kooldioxyde-emissies als gevolg van energie-opwekking tijdens de produktie van PVC (zie ook Bijlage 4).

<sup>2</sup> De relativiteit van de scores kan gedemonstreerd worden aan de hand van het voorbeeld wanneer het aluminium kozijn buiten de vergelijking gehouden wordt. Voor het verbruik van energiedragers worden de relatieve scores voor vuren, iroko, meranti, PVC dan respectievelijk 8, 10, 10 en 10. In bovenstaande tabel zijn deze scores allen 5.

Wat opvalt in deze tabel is dat het aluminiumkozijn op 7 deelaspecten slecht scoort: energiebeslag van energiedragers, schadelijk en niet-schadelijk afval en uitstoot naar lucht (EVL, ZE, CFK 11 en kooldioxyde). De hoeveelheid afval en uitstoot naar lucht wordt grotendeels veroorzaakt door de hoge inzet van energiedragers ten behoeve van de energie-opwekking. Deze hoge energiebehoefte wordt grotendeels bepaald door de constructie van het aluminium kozijn, waardoor veel warmteverlies optreedt en er derhalve veel gestookt moet worden in de woning. Daarnaast vergt de productie van aluminium een aanzienlijke hoeveelheid energie.

Het vuren kozijn scoort slecht op de hoeveelheid Eenheden Verontreinigd Water (EWW) als gevolg van de verduurzamingsmiddelen die vrijkomen tijdens de afdankfase (storten). Tevens veroorzaakt het vuren kozijn relatief hoge emissies van weekmaker naar water als gevolg van het gebruik van afdekfolie tijdens de montage. Dit afdekfolie wordt niet in alle gevallen gebruikt, zodat hieraan geen te groot gewicht toegekend mag worden.

Het iroko kozijn veroorzaakt de grootste aantasting van het tropisch regenwoud. Dit komt doordat bij de houtwinning sprake is van niet-selectieve houtkap waardoor ook andere tropische bomen, en daarmee bosoppervlak, gekapt worden. Naast de aantasting van het tropisch regenwoud scoort het iroko kozijn ook relatief slecht op de hoeveelheid niet-schadelijk afval. Deze hoeveelheid afval is weliswaar geringer dan het afval dat ontstaat bij het aluminium kozijn, maar de hoeveelheid niet-schadelijk afval bij het iroko kozijn is ongeveer twee maal zoveel als bij de overige kozijnen. Dit afval ontstaat voornamelijk in de productie-fase van het iroko kozijn.

Het meranti kozijn scoort slecht op de emissies van weekmaker naar water. Deze emissies ontstaan voornamelijk door het gebruik van afdekfolie tijdens de metselwerkzaamheden bij de montage van het kozijn. Dit afdekfolie bestaat uit week-PVC. Dit afdekfolie wordt niet in alle gevallen gebruikt, zodat hieraan geen te groot gewicht toegekend mag worden.



Het kunststof kozijn scoort voor wat betreft de emissies naar water slecht voor de stoffen 2-chloorethanol, trichloorethanol en (mono)-vinylchloride. De genoemde stoffen komen vrij bij de produktie van PVC. Aangezien het kunststof kozijn voornamelijk uit PVC bestaat, is het niet verwonderlijk dat het kunststof kozijn op deze emissies slecht scoort. Deze stoffen zijn apart genoemd omdat ze niet te aggregeren zijn tot Eenheden Verontreinigd Water (EVW) bij gebrek aan normen voor oppervlakte-water dat bestemd is voor drinkwaterbereiding. Nu vormen deze emissies in feite zelfstandige criteria waarop het PVC-kozijn slecht scoort. Wanneer deze emissies geaggregeerd hadden kunnen worden tot EVW, zou het kunststof kozijn beter vergelijkbaar zijn met andere kozijntypen.

### 3.6 Conclusie

Elk kozijntype scoort op minstens één deelaspect het slechtst. Voor ieder deelaspect waarop een kozijntype als slechtste scoort, verschillen de overige scores van de andere kozijntypen niet in grote mate van elkaar, met uitzondering van het deelaspect van niet-schadelijk afval. Er is op grond van deze analyse daarom geen meest milieu-vriendelijk of milieu-vriendelijker kozijn aan te wijzen. Dit betekent wel dat wanneer voor het deelaspect waarop een kozijntype slecht scoort, milieuvriendelijker alternatieven mogelijk zijn, de beoordeling van dit kozijntype positiever zal worden. Een voorbeeld hiervoor vormen de vuren kozijnen, waar door de gekozen houtverduurzaming de emissies naar water nu hoog scoren.

### Aanbevelingen

In een tweede fase van onderzoek naar de milieu-effecten van kozijnen zou met name de aandacht gericht moeten zijn op aanvulling van emissiegegevens, op mogelijke wijzigingen in processen met name wat betreft hergebruik en op mogelijk milieuvriendelijker ontwerpalternatieven van de kozijnen zelf. Op grond van dit rapport kan gedacht worden aan:

#### Aanvulling van emissiegegevens:

- milieu-effecten van houtproduktie;
- milieu-effecten van de produktie van lijmen en lood;
- kooldioxyde emissies van de energie-opwekking tijdens de PVC-Produktie;

- micro-verontreinigingen bij de kunststofproductie;
- toevoeging van de milieu-effecten van vensterglas en hang- en sluitwerk;
- meer inzicht in de praktijk van kozijnonderhoud en -levensduur;

**Mogelijke wijzigingen in processen:**

- productie van aluminium met minder energie of met andersoortige energie-opwekking dan nu gebruikelijk is;
- in gebruik nemen van productiebossen voor meranti- en irokoehout;
- toepassing van andere verven voor de houten kozijnen;
- andere werkwijze tijdens de montage van vuren en meranti kozijnen, zodat het gebruik van PVC-afdekfolie tijdens de metselwerkzaamheden achterwege kan blijven of verminderd kan worden;
- de vermindering van de uitstoot naar water van 2-chloorethanol, trichloorethanol en (mono)vinychloride tijdens de productie van PVC;
- gescheiden inzameling en hergebruik van de kozijnmaterialen;
- onderzoek naar de gevolgen voor de milieubeoordeling bij verbranding van niet-hergebruikt bouw- en sloopafval.

**Mogelijk milieuvriendelijker ontwerpalternatieven van de kozijnen:**

- verbeterde constructie van het aluminium kozijn, zodat minder warmteverlies door het kozijn optreedt;
- in geval van het vuren kozijn: vervanging van de houtverduurzamingsmiddelen door minder bezwaarlijke voor het milieu (makkelijk afbreekbaar in water en minder toxisch);
- vervanging van de CFK-opschuiming van koudebruggen die bij aluminium kozijnen worden toegepast;
- keuze van andere materialen en bijbehorende ontwerpen, waarbij valt te denken aan andere thermoplasten en aan staal.








Op lange termijn kan ook gedacht worden aan een verdere uitwerking van de beoordelingsmethode zelf.

BIJLAGEN

Bijlage 1	Tekeningen en bestekken van de kozijntypes.....	1
Bijlage 2	Overzicht van de normen voor prioritaire stoffen.....	18
Bijlage 3	Procesdefinities.....	20
Bijlage 4	Opmerkingen bij de procesdefinities.....	36
Bijlage 5	Beoordeling en koppeling via kozijn en raam.....	42
Bijlage 6	Berekening warmteverlies via kozijn en raam.....	45
Bijlage 7	Absolute waarden van de milieu-effecten van de levens- loop van diverse kozijntypen.....	48

LITERATUUR

genummerd.....	58
alfabetisch.....	62

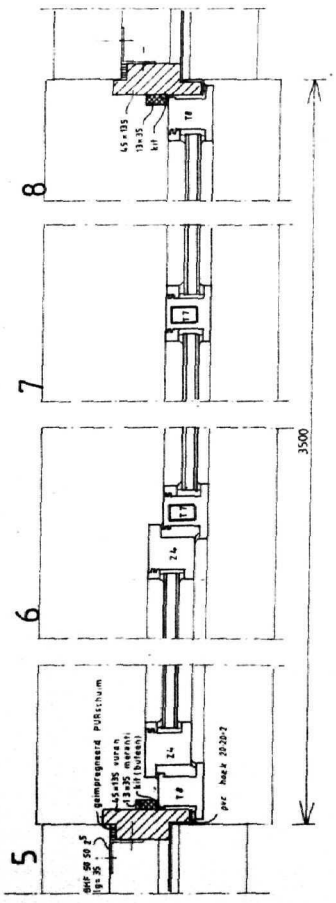
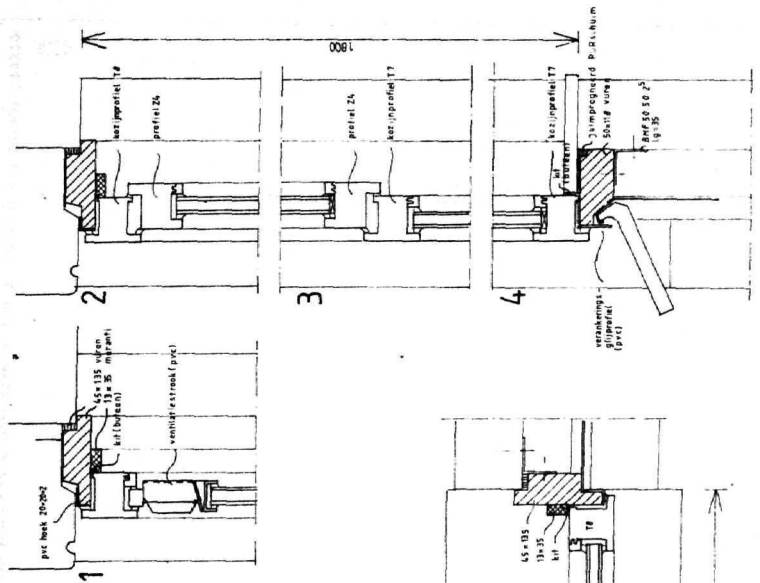
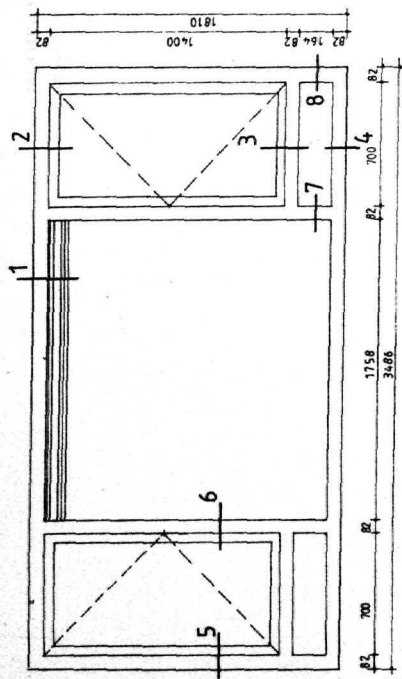
-  naaldhout (vuren of grenen) \*
-  hardhout (meranti)
-  loodstaple
-  lijnlaag
-  kozijnanker (verzinkt staal)
-  bevestiging (schroef, draadnagel of bout)
-  therm stop bij aalm kozijn (giet PUR)

Bijlage 1

Tekeningen en bestekken van de kozijntypes

tenyooi

ARCHITECTENBURO JOH. NUST BNA KLOVENIERSBURGWAL 37 1011 JV AMSTERDAM 223320



Kunststof kozijn met stelkozijn

KUNSTSTOF

KOZIJN

kunststof WAVIN type 3001/4001.  
bestaande uit HOSTALIT Z en VINNOL, met  
een gem. wanddikte van 3,2 mm, en  
voorzien van ventilatiestrook (mat. zie  
kozijn).  
PVC profielen uitgevoerd volgens NEN7034.  
raam- en kozijnkonstruktie volgens  
NEN3660, NEN3663 en NEN3664.  
samenstelling volgens NPR7058.  
stekte c.q. verstijving volgens NEN3850.  
staalwerk ter verstijving volgens  
NEN1275.  
beglazings- en afdichtingsprofielen  
volgens NEN5656, bestaande uit EPT  
kustrubber.

STELKOZIJN

vuren  
hout moet voldoen aan de volgende  
voorschriften:  
NPR3670, NPR3671, NPR3672, NPR3673 en  
NPR7069.  
kwaliteitseis volgens NPR3670 (KVT1980  
deel A). houtkwaliteit DA.  
hout moet plaatselijk worden verduurzaamd  
m.b.v. bifluoride-pillen.  
aansluitingen van het kozijn tegen beton  
(boven) en metselwerk (opzij en onder)  
moeten worden behandeld met loodmenieverf;  
droge laagdikte tenminste 60 mikron.  
daarna al het hout alzijdig voorzien van  
een eerste laag alkidverf; droge laagdikte  
tenminste 60 mikron.  
zichtbaar gedeelte vervolgens; kalkschoon-  
maken, schuren, plaatselijk gronden,  
stoppen, spaarzaam plamuren, schuren,  
overgronden (30 mikron alkidverf) en  
afschilderen (30 mikron alkidverf).

AFTIMMERING

meranti  
houtbehandeling zie stelkozijn.  
tochtstrip: geïmpregneerd PUR schuim.  
pvc. hoeklijn bij bovendorpel en  
zijstijlen: 20x20x2 mm.  
verankeringsglijprofiel van PVC.  
tochtdichting d.m.v. plastische kit  
(polybuteen).

BEGLAZING

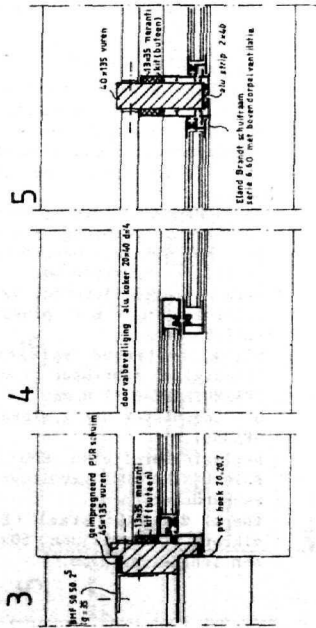
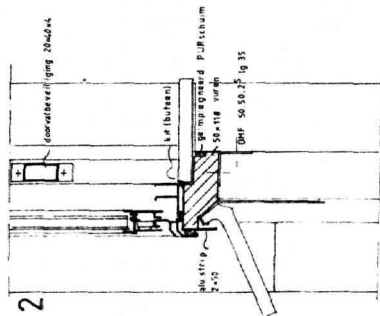
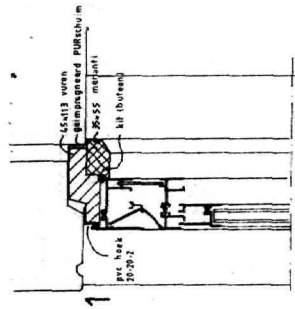
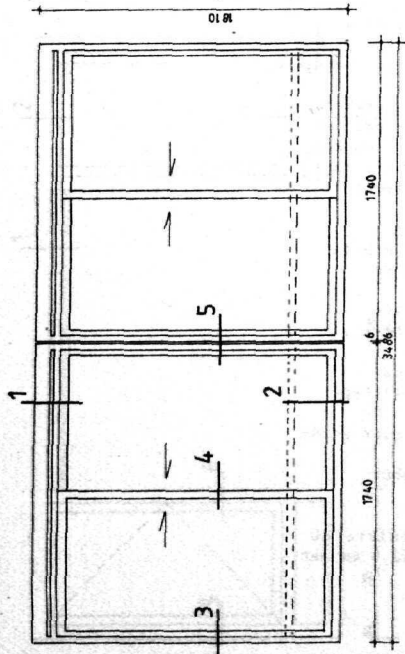
blank isolerend spiegelglas  
(floatglas) fabrikaat glaverbel type  
THERMOPHANE 6-12-4 mm.  
bij toepassing van isolerend glas geldt  
NEN3567.

HANG- EN SLUITWERK

beglazingsprofielen: EPDM rubber.  
ROTO CENTRO 80KL garnituur,  
eenhandsbediening.

VERANKERING

therm. verzinkt staal (laagdikte 80  
mikron) 11 hoeklijnen: 50x50x2,5 mm met  
een lengte van 35mm.



aluminium kozijn met stelkozijn

ARCHITECTENBURO JOH. NUIST BNA KLOVENIERSBURGWAL 37 1011 J.V. AMSTERDAM 223320

ALUMINIUM

KOZIJN

gemoffeld aluminium ELAND BRANDT type 660  
 schuifraam (gem. wanddikte 1.5 mm)  
 met aluminium bovendorpelventilatie.  
 kozijn volgens de normen van VMR.  
 het stelkozijn en aluminiumkozijn  
 afkitten met buteekit en voorzien van  
 aluminium strippen (50x50x2 mm.) c.q.  
 PVC hoeken (20x20x2 mm.) en tochtband van  
 geïmpregneerd PUR schuim.  
 doorvalbeveiliging: gemoffeld aluminium  
 20x40x4 mm.

STELKOZIJN

vuren  
 hout moet voldoen aan de volgende  
 voorschriften:  
 NPR3670, NPR3671, NPR3672, NPR3673 en  
 NPR7069.  
 kwaliteitseis volgens NPR3670 (KVT1980  
 deel A), houtkwaliteit DA.  
 hout moet plaatselijk worden verduurzaamd  
 m.b.v. bifluoride-pillen.  
 aansluitingen van het kozijn tegen beton  
 (boven) en metselwerk (opzij en onder)  
 moeten worden behandeld met loodmenieverf;  
 droge laagdikte tenminste 60 mikron.  
 daarna al het hout alzijdig voorzien van  
 een eerste laag alkidverf; droge laagdikte  
 tenminste 60 mikron.  
 zichtbaar gedeelte vervolgens; kalkschoon-  
 maken, schuren, plaatselijk gronden,  
 stoppen, spaarzaam plamuren, schuren,  
 overgronden (30 mikron) en afschilderen  
 (30 mikron).  
 tochtstrip: geïmpregneerd PUR schuim.  
 PVC hoeklijn bij bovendorpel en  
 zijstijlen: 20x20x2 mm.

AFTIMMERING

meranti  
 houtbehandeling zie stelkozijn.  
 tochtichting d.m.v. plastische kit  
 (polybuteen).

BEGLAZING

blank isolerend spiegelglas  
 (floatglas) fabrikaat glaverbel type  
 THERMOPHANE 6-12-4 mm.  
 bij toepassing van isolerend glas geldt  
 NEN3567.

VERANKERING

beglazingsprofielen: week PVC.  
 therm. verzinkt staal (laagdikte 80  
 mikron) 11 hoeklijnen: 50x50x2,5 mm met  
 een lengte van 35mm.





HARDHOUT AMBACHTELIJK

KOZIJN

meranti

hout moet voldoen aan de volgende voorschriften:

NPR3670, NPR3671, NPR3672, NPR3673 en NPR7069.

kwaliteitseis volgens NPR3670 (KVT1980 deel A), houtkwaliteit DA.

details van de kozijnen en ramen volgens NPR3671 (KVT1980 deel B).

aansluitingen van het kozijn tegen beton (boven) en metselwerk (opzij en onder) moeten worden behandeld met loodmenieverf droge laagdikte tenminste 60 mikron. daarna al het hout alzijdig voorzien van een eerste laag alkidverf; droge laagdikte tenminste 60 mikron.

vervolgens; kalkschoonmaken, schuren, plaatselijk gronden, stoppen, spaarzaam plamuren, schuren, overgronden (30 mikron alkidverf) en afschilderen (30 mikron alkidverf).

SPOUWLAT

vuren

houtbehandeling zie kozijn tot het aanbrengen van eerste verflaag.

hout moet plaatselijk worden verduurzaamd m.b.v. bifluoride-pillen.

kozijn en spouwlat worden verlijmd volgens NPR3670 (KVT1980 deel A).

RAAM

meranti

houtbehandeling zie kozijn.

tochtering: week PVC met een doorsnede van 5 mm.

aanslagprofiel: aluminium met week PVC.

AFTIMMERING

meranti

houtbehandeling zie kozijn.

tochtstrip: geïmpregneerd PUR schuim.

GLASLAT

meranti

zie kozijn.

BEGLAZING

blank isolerend spiegelglas (floatglas) fabrikaat glaverbel type THERMOPHANE 6-12-4 mm.

bij toepassing van isolerend glas geldt NEN3567.

beglazingssysteem D van NEN3564 toepassen.

deze moet voldoen aan de primaire eisen weergegeven in de tabel van VDBW1981 en de daarin genoemde aanvullende eisen.

beglazingsskit:

polybuteenkit en rubberen kern (week PVC met 5 mm doorsnede) volgens NEN3564.

ventilatioerooster: aluminium met therm. stop van giet-PUR.

beglazingssprofiel: aluminium.

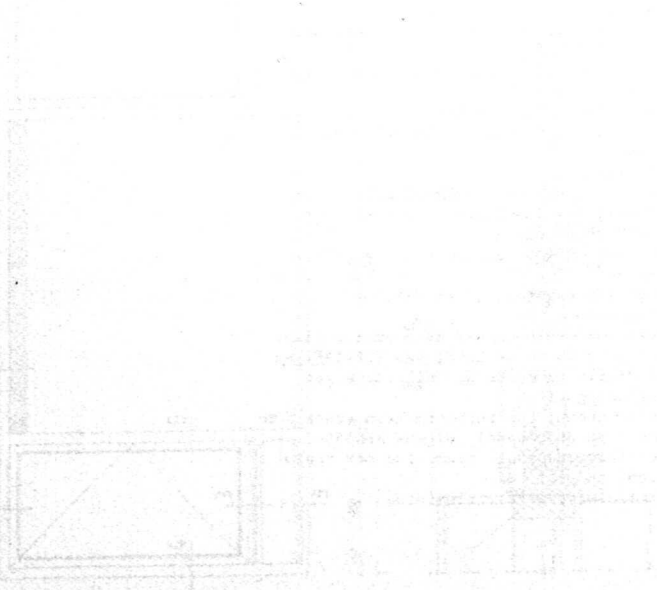
**VOCHTKERING**

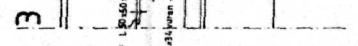
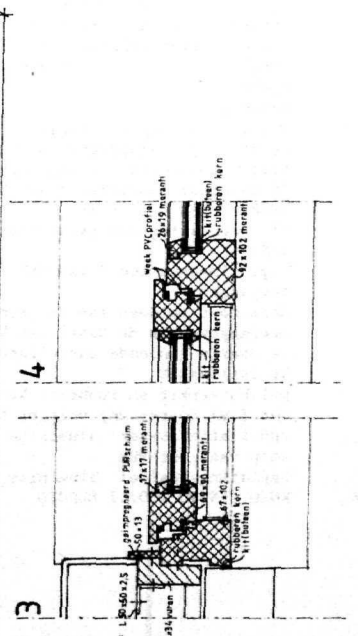
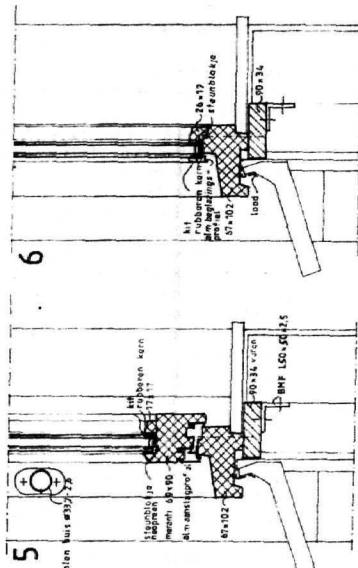
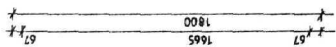
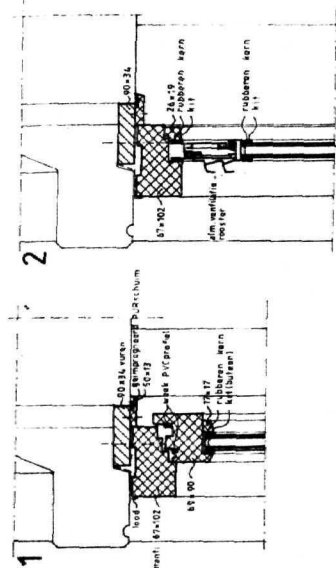
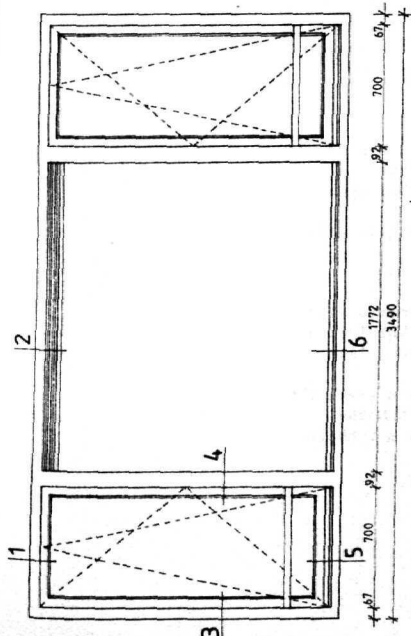
lood NHL 15(15 kg./m<sup>2</sup>)  
loopt aan bovenzijde, vanaf spouwlat tot  
over bovendorpel, aan onderzijde, van  
spouwlat tot over lekdorpel.

**VERANKERING**

8 rond 6 mm thermisch verzinkt staal

p.m. maatregelen moeten worden getroffen ter  
voorkoming van beschadigingen tijdens de  
bouw.  
hierbij kan men denken aan een verpakking  
van kunststoffolie.





hardhout fabrieksmatig met stelkozijn

**HARDHOUT FABRIEKSMATIG MET STELKOZIJN**

**KOZIJN**

Iroko AGTI ROYAL  
draaivalraam met aluminium bovendorpel-  
ventilatie.  
voor levering moet het worden behandeld  
met loodmenieverf; droge laagdikte  
tenminste 60 mikron.  
daarna wordt het alzijdig voorzien van  
een eerste laag alkidverf met een droge  
laagdikte van tenminste 60 mikron.  
op de bouw wordt vervolgens;  
kalkschoonmaken, schuren, plaatselijk  
gronden, stoppen, spaarzaam plamuren,  
schuren, overgronden (30 mikron  
alkidverf) en afschilderen (30 mikron  
alkidverf).  
tocht dichting d.m.v. polybuteenkit met  
rubberen rugvulling van PUR schuim.  
doorvalbeveiliging: therm verzinkt staal  
(laagdikte 80 mikron) rond 33,7-2,6 mm.

**STELKOZIJN**

vuren  
hout moet voldoen aan de volgende  
voorschriften:  
NPR3670, NPR3671, NPR3672, NPR3673 en  
NPR7069.  
kwaliteitseis volgens NPR3670 (KVT1980  
deel A), houtkwaliteit DA.  
hout moet plaatselijk worden verduurzaamd  
m.b.v. bifluoride-pillen.  
aansluitingen van het kozijn tegen beton  
(boven) en metselwerk (opzij en onder)  
moeten worden behandeld met loodmenieverf;  
droge laagdikte tenminste 60 mikron.

**GLASLAT  
AFTIMMERING**

iroko  
meranti  
houtbehandeling zie kozijn.  
tochtstrip: geïmpregneerd PUR schuim.  
blank isolerend spiegelglas  
(floatglas) fabrikaat glaverbel type  
THERMOPHANE 6-12-4 mm.  
bij toepassing van isolerend glas geldt  
NEN3567.  
beglazingssysteem D van NEN3564  
toepassen.

**BEGLAZING**

deze moet voldoen aan de primaire eisen  
weergegeven in de tabel van VDBW1981 en  
de daarin genoemde aanvullende eisen.  
beglazingskit:  
polybuteenkit en rubberen kern (week PVC  
met 5 mm doorsnede) volgens NEN3564.  
ventilatie-rooster: aluminium met therm.  
stop van giet-PUR.  
beglazingsprofiel: aluminium  
ROTO CENTRO 100/11 EUROTO.

**HANG- EN SLUITWERK**

VOCHTKERING

lood NHL 15(15 kg./m<sup>2</sup>)  
loopt aan bovenzijde, vanaf spouwlat tot  
over bovendorpel, aan onderzijde, van  
spouwlat tot over lekdorpel.

VERANKERING

therm. verzinkt staal (laagdikte 80  
mikron) 8 hoeklijnen: 50x50x2,5 mm met  
een lengte van 35mm.



HARDHOUT FABRIEKSMATIG ZONDER STELKOZIJN

KOZIJN

iroko AGTI ROYAL  
draaivalraam met aluminium bovendorpel-  
ventilatie.  
voor levering moet het worden behandeld  
met loodmenieverf; droge laagdikte  
tenminste 60 mikron.  
daarna wordt het alzijdig voorzien van  
een eerste laag alkidverf met een droge  
laagdikte van tenminste 60 mikron.  
op de bouw wordt vervolgens;  
kalkschoonmaken, schuren, plaatselijk  
gronden, stoppen, spaarzaam plamuren,  
schuren, overgronden (30 mikron  
alkidverf) en afschilderen (30 mikron  
alkidverf).  
tochtdichting d.m.v. polybuteenkit met  
rubberen rugvulling van PUR schuim.  
doorvalbeveiliging: therm.verzinkt staal  
(laagdikte 80 mikron) rond 33,7-2,6 mm.  
vuren

SPOUWLAT

hout moet voldoen aan de volgende  
voorschriften:  
NPR3670, NPR3671, NPR3672, NPR3673 en  
NPR7069.  
kwaliteitseis volgens NPR3670 (KVT1980  
deel A),houtkwaliteit DA.  
hout moet plaatselijk worden verduurzaamd  
m.b.v. bifluoride-pillen.  
aansluitingen van de spouwlat tegen beton  
(boven) en metselwerk (opzij en onder)  
moeten worden behandeld met loodmenieverf;  
droge laagdikte tenminste 60 mikron.  
kozijn en spouwlat worden verlijmd  
volgens NPR3670 (KVT1980 deel A).

AFTIMMERING

meranti

houtbehandeling zie kozijn.

BEGLAZING

tochtstrip: geïmpregneerd PUR schuim.  
blank isolerend spiegelglas  
(floatglas) fabrikaat glaverbel type  
THERMOPHANE 6-12-4 mm.  
bij toepassing van isolerend glas geldt  
NEN3567.  
beglazingssysteem D van NEN3564  
toepassen.

deze moet voldoen aan de primaire eisen  
weergegeven in tabel van de VDBW1981 en  
de daarin genoemde aanvullende eisen.

beglazingskit:

polybuteenkit en rubberen kern (week  
met 5 mm doorsnede) volgens NEN3564.  
ventilatie-rooster: aluminium met therm.  
stop van giet-PUR.

beglazingsprofiel: aluminium.

HANG- EN SLUITWERK

ROTO CENTRO 100/11 EUROTO.

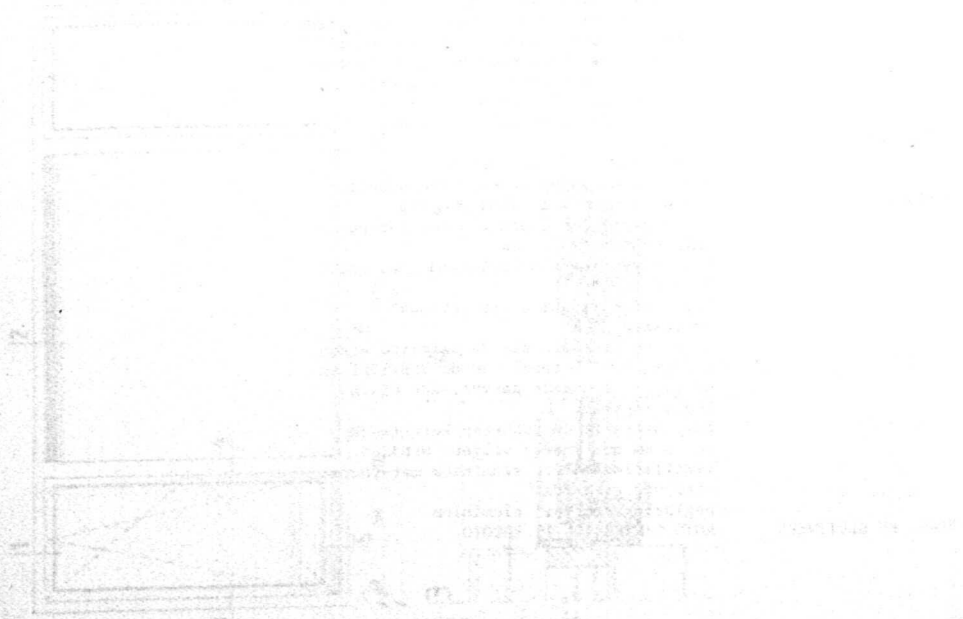


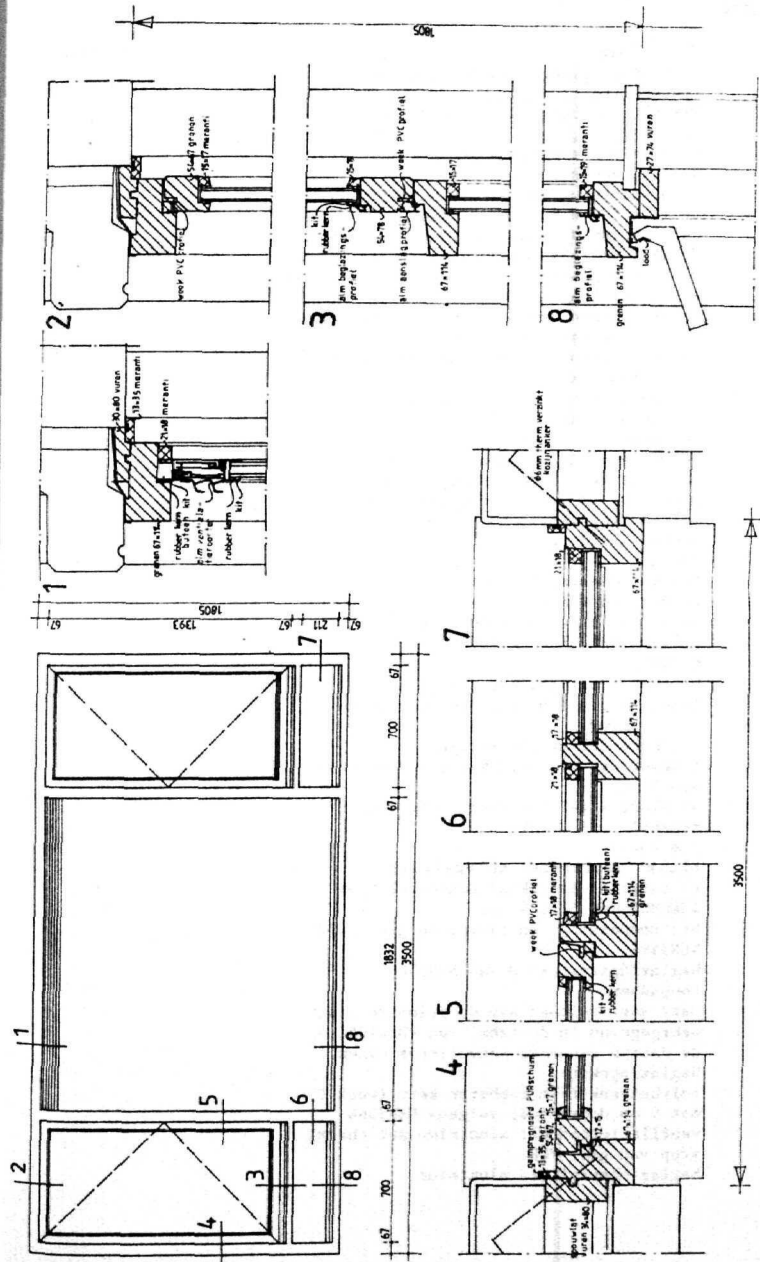
VOCHTKERING

lood NHL 15(15 kg./m<sup>2</sup>)  
loopt aan bovenzijde, vanaf spouwlat tot  
over bovendorpel, aan onderzijde, van  
spouwlat tot over lekdorpel.

VERANKERING

8 rond 6 mm thermisch verzinkt staal





naalhout ambachtelijk  
 ARCHITECTENBURO JOH NUST BNA KLOVENIERSBURGWAI 37 1011 IV AMSTERDAM 273370

## NAALDHOUT AMBACHTELIJK

### KOZIJN

#### vuren

hout moet voldoen aan de volgende voorschriften:  
NPR3670, NPR3671, NPR3672, NPR3673 en NPR7069.  
kwaliteitseis volgens NPR3670 (KVT1980 deel A), houtkwaliteit DA.  
geen spinhout mag aan de buitenzijde van de glaslijn worden toegepast.  
details van de kozijnen en ramen volgens NPR3671 (KVT1980 deel B).  
hout moet plaatselijk worden verduurzaamd m.b.v. bifluoride-pillen.  
aansluitingen van het kozijn tegen beton (boven) en metselwerk (opzij en onder) moeten worden behandeld met loodmenleverf droge laagdikte tenminste 60 mikron.  
daarna al het hout alzijdig voorzien van een eerste laag alkidverf; droge laagdikte tenminste 60 mikron.  
vervolgens; kalkschoonmaken, schuren, plaatselijk gronden, stoppen, spaarzaam plamuren, schuren, overgronden (30 mikron alkidverf) en afschilderen (30 mikron alkidverf).

### SPOUWLAT

**vuren**  
houtbehandeling zie kozijn tot het aanbrengen van eerste verflaag.  
kozijn en spouwlat worden verlijmd volgens NPR3670 (KVT1980 deel A).

### AFTIMMERING

**meranti**  
houtbehandeling zie kozijn.  
tochtstrip: geïmpregneerd PUR schuim.

### RAAM

**vuren**  
houtbehandeling zie kozijn.  
tochtering: week PVC met een doorsnede van 5 mm.  
aanslagprofiel: aluminium met week PVC.

### GLASLAT

**meranti**  
zie kozijn.

### BEGLAZING

**blank isolerend spiegelglas**  
(floatglas) fabrikaat glaverbel type THERMOPHANE 6-12-4 mm.  
bij toepassing van isolerend glas geldt NEN3567.  
beglazingssysteem D van NEN3564 toepassen.  
deze moet voldoen aan de primaire eisen weergegeven in de tabel van VDBW1981 en de daarin genoemde aanvullende eisen.  
**beglazingskit:**  
polybuteenkit en rubberen kern (week PVC met 5 mm doorsnede) volgens NEN3564.  
ventilatierooster: aluminium met therm.  
stop van giet-PUR.  
beglazingsprofiel: aluminium.

VOCHTKERING

lood NHL 15(15 kg./m<sup>2</sup>)  
loopt aan bovenzijde, vanaf spouwlat tot  
over bovendeurpel, aan onderzijde, van  
spouwlat tot over lekdorpel.

VERANKERING

8 rond 6 mm thermisch verzinkt staal

p.m. maatregelen moeten worden getroffen ter  
voorkoming van beschadigingen tijdens de  
bouw.  
hierbij kan men denken aan een verpakking  
van kunststoffolie.

	MAC-TGG <sup>2</sup>	OvD <sup>1</sup>	ref. waarde bodem <sup>3</sup>	zuur-depositie <sup>4</sup>
<b>verzurende en vermistende stoffen</b>				
- ammoniak (NH <sub>3</sub> )	18 mg/m <sup>3</sup>	1,2 mg N/l (≈1,5 mg NH <sub>3</sub> /l)	-	857 ze/ha/j
- fosfaat (P)	-	0,2 mg P/l	-	-
- nitraat (NO <sub>3</sub> )	-	50 mg NO <sub>3</sub> /l	-	-
- NO <sub>x</sub>	9 mg/m <sup>3</sup>	-	-	857 ze/ha/j
- SO <sub>2</sub>	13 mg/m <sup>3</sup>	-	-	400 ze/ha/j
- organisch gebonden N	-	2,5 mg N/l	-	-
- zoutzuur	7 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
<b>metalen/metalloïden</b>				
- arseen	0,05 mg/m <sup>3</sup>	50 µg/l	29 mg/kg	-
- cadmium	0,02 mg/m <sup>3</sup>	3 µg/l	0,8 mg/kg	-
- chroom (VI)	0,5 mg/m <sup>3</sup>	50 µg/l	100 mg/kg	-
- koper	0,2 mg/m <sup>3</sup>	50 µg/l	36 mg/kg	-
- kwik en -zouten	0,05 mg/m <sup>3</sup>	0,3 µg/l	0,3 mg/kg	-
- kwikverbindingen (org.)	0,01 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- lood	0,15 mg/m <sup>3</sup>	50 µg/l	85 mg/kg	-
- zink(oxide)	5,0 mg/m <sup>3</sup>	1000 µg/l	140 mg/kg	-
- ijzer	-	500 µg/l	-	-
<b>organische verbindingen</b>				
niet gehalogeneerd				
- aardolie	-	200 µg/l	50 mg/kg	-
- acroleïne	0,25 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- acrylonitril	9 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- benzeen	30 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- etheen	-	-	-	-
- fenol(en)	19 mg/m <sup>3</sup>	5 µg/l	-	-
- formaldehyde (methanal)	1,5 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- ftaalzuuranhydride	6 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- methylbenzeen (tolueen)	375 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- propyleenoxide	240 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- ethyleenoxide	90 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- PAK	0,2 mg/m <sup>3</sup>	0,2 µg/l	100-10000 µg/kg	-

1 Waterleidingbesluit, 1984.

2 Nationale MAC-lijst, 1989. MAC-TGG = maximale aanvaardbare concentratie - tijdgewogen gemiddelde.

3 Milieuprogramma 1989-1992.

4 1 zurequivalent (ze) ≈ 32 g SO<sub>2</sub> ≈ 46 g NO<sub>x</sub> ≈ 17g NH<sub>3</sub>; voor N-houdende stoffen is een hogere waarde ingevoerd, omdat 53 % van de emissie niet verzurend werkt. De normen zijn uitgedrukt in potentieel verzurende eenheden (Bestrijdingsplan verzuring 2000, 1989)

vervolg bijlage 2 Overzicht van de normen voor prioritaire stoffen

vervolg

organische verbindingen

niet gehalogeneerd

- styreen	420	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- koolwaterstoffen (KWS) <sup>5</sup>	500	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- chem. zuurstofverbruik (CZV)	-	-	30	mg/l	-
- biol. zuurstofverbruik (BZV)	-	-	7	mg/l	-

gehalogeneerde aromaten

- chlooranilines	-	-	-	-	-
- chloorbenzenen	350	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- chloorfenolen	-	-	-	-	-
- dioxinen	-	-	-	-	-
- PCB en PCT	-	-	-	1-10	µg/kg

overige gehalogeneerde verbindingen

- CFK's	-	-	-	-	-
- 1,2-dichloorethaan	200	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- dichloormethaan	350	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- hexachloorcyclohexaan	-	-	-	-	-
- methylbromide	20	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- tetrachlooretheen	240	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- tetrachloormethaan	-	-	-	-	-
- 1,1,1-trichloorethaan	1080	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- trichlooretheen	190	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- trichloormethaan	50	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- mono-vinylchloride	2,8	mg/m <sup>3</sup> <sup>6</sup>	-	-	-

overige stoffen

- asbest	-	-	-	-	-
- fluor	2,0	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- fluoriden	2,5	mg/m <sup>3</sup>	1,0	µg/l	-
- koolmonoxide	29	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- ozon	0,2	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- stof (fijn)	10	mg/m <sup>3</sup>	50,0	µg/l	-
- stof (grof)	-	-	-	-	-
- zwavelwaterstof	15	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-
- chloor	3	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-

<sup>5</sup> fictieve MAC-waarde

<sup>6</sup> komt overeen met 3 ppm. 1ppm ≈ 26,9 deeltjes/m<sup>3</sup> lucht (p= 1,29 kg/m<sup>3</sup>, Mr= 28,8 g/mol). 1 ppm ≈ 44,7·10<sup>-3</sup>× Mr (mg/m<sup>3</sup>)

## Bijlage 3            Procesdefinities

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur
Algemeen (xxxxx)	O1xxxx	Output 1 (hoofd_) bij proces xxxxx	
	Exxxxx	Energieverbruik bij proces xxxxx	
	G2xxxx	Grondstof 2 bij proces xxxxx	
	A3xxxx	Afvalstof 3 bij proces xxxxx	
	U1xxxx	Uitstoot 1 bij proces xxxxx	
	L1xxxx	Lozing 1 bij proces xxxxx	
	xx e-y (ey)	Hoeveelheid (xx) maal 10 <sup>-y</sup> (resp. 10 <sup>y</sup> )	

## Afdank algemeen

Hierbij worden alle materialen die bij de montage van een kozijn als input of grondstof te boek staan meegenomen, tenzij deze hergebruikt of gerecycled worden. Dit laatste geldt alleen voor de aluminiumprofielen en het lood. In bijlage 5 staat de koppeling: wat het volume van het afval is en welke emissiewaarden er door uitstoot en lozing ontstaan.

Al_stor.	O1al_stor.	1 st	afdank van 1 aluminium kozijn
	A1al_stor.	1.60 kg	verf
	A2al_stor.	0.25 kg	polybuteenkit
	A3al_stor.	0.98 kg	EPT
	A4al_stor.	5.8 kg	meranti
	A5al_stor.	3.0 kg	giet_FUR
	A6al_stor.	1.3 kg	FUR_schuim
	A7al_stor.	1.3 kg	hard PVC
	A8al_stor.	2.1 kg	week PVC
	A9al_stor.	0.55 kg	staal
	A10al_stor.	25.8 kg	vuren
	L1al_stor.	83e-6 kg	zink
	L2al_stor.	27e-4 kg	ijzer
	L3al_stor.	32e-4 kg	weekmaker
	L4al_stor.	50e-4 kg	fluoride
U1al_stor.	0.46 kg	CFK11	
Al_gebr.	O1alk_prod.	0.54 kg	
	O1but_prod.	1.0 kg	
	O1ept_prod.	2.9 kg	
	O1purs_prod.	5.2 kg	
	O1en_cv.	8.5e3 MJ	
	O1al_gebr.	1 st	50 jaar onderhoud aluminium kozijn
	A1al_gebr.	1.0 kg	polybuteenkit
	A2al_gebr.	5.2 kg	FUR_schuim
	A3al_gebr.	2.9 kg	EPT
	A4al_gebr.	0.36 kg	verf
	U1al_gebr.	0.38 kg	terpentine (RWS)

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
Al_func.	01al_asbl.	1.14 st		
	01al_gebr.	1 st		
	01al_stor.	1.14 st		
	01al_func.	1 st	functionele eenheid aluminium	
Al_asbl.	01al-moff.	39.6 kg		
	01alk_prod.	0.92 kg		
	01but_prod.	0.25 kg		
	01ept_prod.	0.98 kg		
	01mer_prod.	6.4 kg		
	01men_prod.	0.68 kg		
	01purg_prod.	3.0 kg		
	01purs_prod.	1.3 kg		
	01pvch_extr.	1.3 kg		
	01pvcw_extr.	2.1 kg		
	01st_verz.	0.55 kg		
	01verd_prod.	72e-4 kg		
	01vu_prod.	28.7 kg		
	G1al_asbl.	0 kg	2-componentenlijm	22
	G2al_asbl.	0 kg	harder bij de lijm	22
	01al_asbl.	1 st	gemonteerd aluminium kozijn	
	A1al_asbl.	0 kg	lijm	
	A2al_asbl.	0.64 kg	meranti	
	A3al_asbl.	2.9 kg	vuren	
	A4al_asbl.	0.016 kg	verf	
	U1al_asbl.	0.41 kg	terpentine (KWS)	
Al_stor_fe.	01al_stor fe	1.00 st	afdkank van 1 aluminium kozijn fe	
	A1al_stor.	1.82 kg	verf	
	A2al_stor.	0.285 kg	polybuteenkit	
	A3al_stor.	1.12 kg	EPT	
	A4al_stor.	6.61 kg	meranti	
	A5al_stor.	3.42 kg	giet_PUR	
	A6al_stor.	1.48 kg	PUR_schuim	
	A7al_stor.	1.48 kg	hard_PVC	
	A8al_stor.	2.39 kg	week_PVC	
	A9al_stor.	0.627 kg	staal	
	A10al_stor	29.4 kg	vuren	
	L1al_stor.	9.46e-5 kg	zink	
	L2al_stor.	3.08e-3 kg	ijzer	
	L3al_stor.	3.65e-3 kg	weekmaker	
L4al_stor.	5.70e-3 kg	fluoride		
U1al_stor.	0.524 kg	CFK11		



Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur
Al_gebr_fe.	O1alk_prod.	0.54 kg	
	O1but_prod.	1.0 kg	
	O1ept_prod.	2.9 kg	
	O1purs_prod.	5.2 kg	
	O1en_cv.	8.5e3 MJ	
	O1al_gebr_fe.	1 st	50 jaar onderhoud aluminium kozijn
	A1al_gebr.	1.0 kg	polybuteenkit
	A2al_gebr.	5.2 kg	PUR schuim
	A3al_gebr.	2.9 kg	EPT
	A4al_gebr.	0.36 kg	verf
	U1al_gebr.	0.38 kg	terpentine
Al_asbl_fe.	O1al_moff.	4.5e+1 kg	
	O1alk_prod.	1.05 kg	
	O1but_prod.	0.285 kg	
	O1ept_prod.	1.12 kg	
	O1mer_prod.	7.30 kg	
	O1men_prod.	0.775 kg	
	O1purg_prod.	3.42 kg	
	O1purs_prod.	1.48 kg	
	O1pvch_extr.	1.48 kg	
	O1pvcw_extr.	2.39 kg	
	O1st_verz.	0.63 kg	
	O1verd_prod.	8.2e-3 kg	
	O1vu_prod.	33 kg	
	G1al_asbl.	0 kg	2 componentenlijm
	G2al_asbl.	0 kg	harder bij de lijm
	O1al_asbl_fe	1 st	geassembleerd aluminium kozijn fe
	A1al_asbl.	0 kg	lijm
	A2al_asbl.	0.73 kg	meranti
	A3al_asbl.	3.31 kg	vuren
A4al_asbl.	0.018 kg	verf	
U1al_asbl	0.47 kg	terpentine	
Al_moff.	O1al_extr.	1 kg	
	O1alk_prod.	0.58 kg	
	O1al_moff.	1 kg	gemoffeld aluminium
	A1al_moff.	0.004 kg	verf
	U1al_moff.	0.32 kg	terpentine (KWS)
Al_extr.	O1al_prod.	1 kg	
	O1en_elec.	22 MJ	
	O1al_extr.	1 kg	geëxtrudeerd aluminium

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
Al_prod.	G1al_prod.	3.352 kg	bauxiet	3
	G2al_prod.	0.219 kg	steen-zout	3
	G3al_prod.	0.062 kg	kalksteen	3
	G4al_prod.	0.30 kg	secundair aluminium	1
	G5al_prod.	0.956 kg	olie	3
	G6al_prod.	0.776 m <sup>3</sup>	gas	3
	G7al_prod.	2.14 kg	kolen	3
	O1al_prod.	1 kg	aluminium	
	A1al_prod.	8 kg	mijnafval bauxietwinning	1
	A2al_prod.	0.024 kg	.. zoutwinning	1
	A3al_prod.	0.015 kg	afval kalkbereiding	3
	A4al_prod.	1.5 kg	red mud Bayerproces	1
	A5al_prod.	0.13 kg	afgevangen stof Bayerproces	1
	A6al_prod.	0.198 kg	afval verbranding	3
	A7al_prod.	0.421 kg	mijnafval voor verbranding	3
	U1al_prod.	46e-3 kg	stof	3
	U2al_prod.	172e-3 kg	zwaveldioxyde	3
	U3al_prod.	15.4e-3 kg	koolmonoxyde	3
	U4al_prod.	26.9e-3 kg	KWS	3
	U5al_prod.	0.96 kg	kooldioxyde	3
	U6al_prod.	3.4e-4 kg	fluoride	3
	U7al_prod.	1.3e-3 kg	chloor	3
	U8al_prod.	7e-5 kg	teer (PAK)	3
	U9al_prod.	686e-4 kg	stikstofoxyde	3
	L1al_prod.	7.7e-7 kg	fluoride	3
	L2al_prod.	9.1e-7 kg	teer (PAK)	3
	L3al_prod.	1.05e-3 kg	BOD	3
	Al_wals.	O1al_prod.	1 kg	
O1en_elec.		30 MJ		1
O1al_wals.		1 kg	gewalst aluminium	
Alk_prod.	G1alk_prod.	0.40 kg	olie	6,33
	G2alk_prod.	0.16 kg	naftaleen	6,33
	G3alk_prod.	0.33 kg	titaandioxyde	33
	O1en_elec.	79.3 MJ		20
	O1alk_prod.	1 kg	alkydiverf	
	U1alk_prod.	2e-3 kg	KWS	58,65
	U2alk_prod.	3.5e-5 kg	koolmonoxyde	33
	U3alk_prod.	8.3e-5 kg	ftaalzuuranhydride	6
	L1alk_prod.	2.5e-4 kg	BOD	6
Bei_prod.	G1bei_prod.	0.66 kg	olie	6,33
	G2bei_prod.	9.4e-2 kg	naftaleen	6,33
	G3bei_prod.	0.20 kg	titaandioxyde	33
	O1en_elec.	68.3 MJ		20
	O1bei_prod.	1 kg	buitenbeits	
	U1bei_prod.	2e-3 kg	KWS	58,65
	U2bei_prod.	2.1e-5 kg	koolmonoxyde	33
	U3bei_prod.	5.0e-5 kg	ftaalzuuranhydride	6
	L1alk_prod.	1.5e-4 kg	BOD	6

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
But_prod.	G1but_prod.	1.07 kg	olie	2
	Ebut_prod.	28.1 MJ		2
	O1but_prod.	1 kg	polybuteenkit	
En_cv.	O1ga_cv.	1 MJ		
	O1en_cv.	1 MJ	therm. energie van C.V.	
En_elec.	O1ko_cent.	0.31 MJ		
	O1ga_cent.	0.61 MJ		
	O1ol_cent.	0.02 MJ		
	O1ke_cent.	0.06 MJ		
	O1en_elec.	1 MJ	therm. en. uit el.cent. (NL)	
EPT_prod.	G1ept_prod.	1.07 kg	olie	2
	Eept_prod.	32.1 MJ		2
	O1ept_prod.	1 kg	ethyleen propyleen terpolymeer	
Ga_cent.	G1ga_cent.	31.6e-3 m <sup>3</sup>	gas	13
	O1ga_cent.	1 MJ	therm. energie uit gas in centrale	
	U1ga_cent.	1.34e-6 kg	stikstofoxyde	11
	U2ga_cent.	1.8e-6 kg	zwaveldioxyde	11
	U3ga_cent.	0.3e-6 kg	stof	11
	U4ga_cent.	1.9e-6 kg	KWS	11
	U5ga_cent.	6.3e-6 kg	koolmonoxyde	11
	U6ga_cent.	56.1e-3 kg	kooldioxyde	13
Ga_cv.	G1ga_cv.	28.6e-3 m <sup>3</sup>	gas	64
	O1ga_cv.	1 MJ	therm. energie uit gas in C.V.	
	U1ga_cv.	62.5e-6 kg	stikstofdioxyde	64
	U2ga_cv.	50.8e-3 kg	kooldioxyde	13
Vur_stor.	O1vur_stor.	1 st	afdanke van 1 vuren kozijn	
	A1vur_stor.	2.9 kg	verf	
	A2vur_stor.	0.58 kg	polybuteenkit	
	A3vur_stor.	61.7 kg	vuren	
	A4vur_stor.	1.1 kg	meranti	
	A5vur_stor.	0.85 kg	PUR schuim	
	A6vur_stor.	1.1 kg	hard PVC	
	A7vur_stor.	1.0 kg	week PVC	
	A8vur_stor.	0.44 kg	staal	
	A9vur_stor.	10.2 kg	vuren	
	L1vur_stor.	6.6e-5 kg	zink	
	L2vur_stor.	2.1e-3 kg	ijzer	
	L3vur_stor.	1.5e-3 kg	weekmaker	
	L4vur_stor.	60e-3 kg	fluoride	

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur
Vur_gebr.	O1vur_gebr.	1.24 st	50 jaar onderhoud vuren kozijn
	O1alk_prod.	3.6 kg	
	O1but_prod.	2.3 kg	
	O1purs_prod.	3.4 kg	
	O1pvcw_extr.	3.0 kg	
	Alvur_gebr.	2.3 kg	polybuteenkit
	A2vur_gebr.	3.4 kg	PUR schuim
	A3vur_gebr.	3.0 kg	week PVC
	A4vur_gebr.	2.4 kg	verf
	Ulvur_gebr.	1.2 kg	terpentine (KWS)
O1en_cv.	4.7e3 MJ		
Vur_func.	O1vur_asbl.	1.24 st	
	O1vur_gebr.	1 st	
	O1vur_stor.	1.24 st	
	O1vur_func.	1 st	functionele eenheid vuren
Vur_asbl.	O1al_extr.	4.0 kg	
	O1alk_prod.	2.1 kg	
	O1but_prod.	0.58 kg	
	O1vur_prod.	82.3 kg	
	O1lo_prod.	13.3 kg	
	O1men_prod.	0.83 kg	
	O1mer_prod.	1.2 kg	
	O1purs_prod.	0.85 kg	
	O1pvcw_extr.	1.1 kg	
	O1pvcw_extr.	1.0 kg	
	O1pvcw_kala.	15.2 kg	
	O1st_verz.	0.44 kg	
	O1verd_prod.	0.086 kg	
	O1vu_prod.	11.3 kg	
	O1vur_asbl.	1 st	geassembleerd amb. vuren kozijn
	Alvur_asbl.	20.6 kg	vuren
	A2vur_asbl.	1.1 kg	vuren
	A3vur_asbl.	0.1 kg	meranti
	A4vur_asbl.	0.029 kg	verf
	A5vur_asbl.	15.2 kg	week PVC
Ulvur_asbl.	0.86 kg	terpentine (KWS)	
Livur_asbl.	2.3e-2 kg	weekmaker	
Vur_stor_fe.	O1vur_stor_fe	1 st	afdanck van 1 vuren kozijn fe
	Alvur_stor.	3.6 kg	verf
	A2vur_stor.	0.719 kg	polybuteenkit
	A3vur_stor.	77 kg	vuren
	A4vur_stor.	1.36 kg	meranti
	A5vur_stor.	1.05 kg	PUR schuim
	A6vur_stor.	1.36 kg	hard PVC
	A7vur_stor.	1.24 kg	week PVC
	A8vur_stor.	0.546 kg	staal
	A9vur_stor.	12.6 kg	vuren
	L1vur_stor.	8.2e-5 kg	zink
	L2vur_stor.	2.6e-3 kg	ijzer
	L3vur_stor.	1.9e-3 kg	weekmaker
	L4vur_stor.	0.0744 kg	fluoride

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur
Vur_gebr_fe.	01vur_gebr fe.1.24 st	50 jaar onderhoud vuren kozijn	
	01alk_prod. 3.6 kg		
	01but_prod. 2.3 kg		
	01purs_prod. 3.4 kg		
	01pvcw_extr. 3.0 kg		
	Alvur_gebr. 2.3 kg	polybuteenkit	
	A2vur_gebr. 3.4 kg	FUR schuim	
	A3vur_gebr. 3.0 kg	week PVC	
	A4vur_gebr. 2.4 kg	verf	
	Ulvur_gebr. 1.2 kg	terpentine	
	01en_cv. 4.7e3 MJ		
Vur_asbl_fe.	01al_extr. 4.96 kg		
	01alk_prod. 2.60 kg		
	01but_prod. 0.719 kg		
	01vur_prod. 102 kg		
	01lo_prod. 17 kg		
	01men_prod. 1.03 kg		
	01mer_prod. 1.49 kg		
	01purs_pro. 1.05 kg		
	01pvc_h_extr. 1.36 kg		
	01pvcw_extr. 1.24 kg		
	01pvcw_kala. 19 kg		
	01st_verz. 0.546 kg		
	01verd_prod. 0.107 kg		
	01vu_prod. 14 kg		
	01vur_asbl_fe 1 st	geassembleerd amb. vuren kozijn fe	
	A1vur_asbl. 25.5 kg	vuren	
	A2vur_asbl. 1.36 kg	vuren	
	A3vur_asbl. 0.124 kg	meranti	
	A4vur_asbl. 0.036 kg	verf	
	A5vur_asbl. 19 kg	week PVC	
	Ulvur_asbl. 1.07 kg	terpentine	
	Llvur_asbl. 0.0285 kg	weekmaker	
Iro_stor.	01iro_stor. 1 st	afdank van 1 iroko kozijn	
	A1iro_stor. 3.8 kg	verf	
	A2iro_stor. 0.61 kg	polybuteenkit	
	A3iro_stor. 78.7 kg	iroko	
	A4iro_stor. 2.8 kg	meranti	
	A5iro_stor. 0.85 kg	FUR schuim	
	A6iro_stor. 1.0 kg	hard PVC	
	A7iro_stor. 1.3 kg	week PVC	
	A8iro_stor. 3.6 kg	staal	
	A9iro_stor. 13.2 kg	vuren	
	L1iro_stor. 5.4e-4 kg	zink	
	L2iro_stor. 0.017 kg	ijzer	
	L3iro_stor. 2.0e-3 kg	weekmaker	
	L4iro_stor. 50e-4 kg	fluoride	

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur
Iro_gebr.	O1iro_gebr.	1.04 st	gebruikt iroko kozijn
	O1bei_prod.	5.4 kg	
	O1but_prod.	2.4 kg	
	O1purs_prod.	3.4 kg	
	O1pvcw_extr.	3.9 kg	
	O1en_cv.	5.6e3 MJ	
	A1iro_gebr.	2.4 kg	polybuteenkit
	A2iro_gebr.	3.4 kg	FUR schuim
	A3iro_gebr.	3.9 kg	week PVC
	A4iro_gebr.	2.2 kg	verf
U1iro_gebr.	3.2 kg	terpentine (KWS)	
Iro_func.	O1iro_asbl.	1.04 st	
	O1iro_gebr.	1 st	
	O1iro_stor.	1.04 st	
	O1iro_func.	1 st	functionele eenheid
Iro_asbl.	O1al_extr.	3.2 kg	
	O1bei_prod.	2.9 kg	
	O1but_prod.	0.61 kg	
	O1iro_prod.	104.9 kg	
	O1lo_prod.	13.3 kg	
	O1men_prod.	0.93 kg	
	O1mer_prod.	3.1 kg	
	O1purs_prod.	0.85 kg	
	O1pvch_extr.	1.0 kg	
	O1pvcw_extr.	1.3 kg	
	O1st_verz.	3.6 kg	
	O1verd_prod.	72e-4 kg	
	O1vu_prod.	14.7 kg	
	O1iro_asbl.	1 st	gemonteerd fabr. iroko kozijn
	A1iro_asbl.	26.2 kg	iroko
	A2iro_asbl.	0.31 kg	meranti
	A3iro_asbl.	1.5 kg	vuren
	A4iro_asbl.	0.038 kg	verf
U1vur_asbl.	2.8 kg	terpentine (KWS)	
Iro_stor_fe.	O1iro_stor_fe	1 st	af dank van 1 iroko kozijn fe
	A1iro_stor.	3.95 kg	verf
	A2iro_stor.	63.4 kg	polybuteenkit
	A3iro_stor.	81.8 kg	iroko
	A4iro_stor.	2.91 kg	meranti
	A5iro_stor.	0.884 kg	FUR schuim
	A6iro_stor.	1.04 kg	hard PVC
	A7iro_stor.	1.35 kg	week PVC
	A8iro_stor.	3.74 kg	staal
	A9iro_stor.	14 kg	vuren
	L1iro_stor.	5.6e-4 kg	zink
	L2iro_stor.	0.0177 kg	ijzer
	L3iro_stor.	2.1e-3 kg	weekmaker
	L4iro_stor.	5.2e-3 kg	fluoride

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
Iro_gebr_fe.	Ol1ro_gebr fe.	1.04 st	gebruikt iroko kozijn	
	Ol1ei_prod.	5.4 kg		
	Ol1but_prod.	2.4 kg		
	Ol1purs_prod.	3.4 kg		
	Ol1pvcw_extr.	3.9 kg		
	Ol1en_cv.	5.6e3 MJ		
	A11ro_gebr.	2.4 kg	polybuteenkit	
	A21ro_gebr.	3.4 kg	PUR schuim	
	A31ro_gebr.	3.9 kg	week PVC	
	A41ro_gebr.	2.2 kg	verf	
	U11ro_gebr.	3.2 kg	terpentine	
Iro_asbl_fe.	Ol1al_extr.	3.33 kg		
	Ol1be1_prod.	3.02 kg		
	Ol1but_prod.	0.634 kg		
	Ol1iro_prod.	109 kg		
	Ol1lo_prod.	13.8 kg		
	Ol1men_prod.	0.967 kg		
	Ol1mer_prod.	3.22 kg		
	Ol1purs_prod.	0.884 kg		
	Ol1pvch_extr.	1.04 kg		
	Ol1pvcw_extr.	1.35 kg		
	Ol1st_verz.	3.74 kg		
	Ol1verd_prod.	7.5e-3 kg		
	Ol1vu_prod.	15.3 kg		
	Ol1ro_asbl fe	1 st	geasbleerd fabr. iroko kozijn fe	
	A11ro_asbl.	27.2 kg	iroko	
A21ro_asbl.	0.322 kg	meranti		
A31ro_asbl.	1.56 kg	vuren		
A41ro_asbl.	0.0395 kg	verf		
U11vur_asbl.	2.91 kg	terpentine		
Iro_prod.	G11ro_prod.	1.68 kg	iroko hout (uit Afrika)	19
	Ol1en_elec.	18.4 MJ		20
	Ol1iro_prod.	1 kg	in timmerfabriek verwerkt iroko	
	A11ro_prod.	2.02 m <sup>2</sup>	aangetast tropisch woud	50
Ke_cent.	G11ke_cent.	0.9e-4 kg	uraniumerts	62
	Ol1ke_cent.	1 MJ	kernenergie uitgedrukt in therm.en.	
	A11ke_cent.	5.9e-9 m <sup>3</sup>	hoog actief vast afval	62
	A21ke_cent.	14.5-9 m <sup>3</sup>	middel en laag actief vast afval	62

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
Ko_cent.	G1ko_cent.	37.2e-3 kg	kolen	
	O1ko_cent.	1 MJ	therm. energie uit kolen in centr.	
	Alko_cent.	3.2e-3 kg	vlieg- en bodemas na hergebr.	11,63
	A2ko_cent.	6.7e-3 kg	mijnafval van kolen	60
	U1ko_cent.	290e-6 kg	stikstofoxyde	11
	U2ko_cent.	459e-6 kg	zwaveldioxyde	11
	U3ko_cent.	13e-6 kg	stof	11
	U4ko_cent.	4e-6 kg	KWS	11
	U5ko_cent.	10e-6 kg	koolmonoxyde	11
	U6ko_cent.	94.2e-3 kg	kooldioxyde	13
	U7ko_cent.	15e-11 kg	PAK	11
	U8ko_cent.	2.33e-6 kg	fluoride	11
U9ko_cent.	9e-9 kg	kwik	11	
U10ko_cent.	85e-9 kg	cadmium	11	
Lo_prod.	G1lo_prod.	0 kg	looderts	
	O1lo_prod.	0 kg	lood (1.2 mm dik)	
Mer_stor.	O1mer_stor.	1 st	af dank van 1 meranti kozijn	
	A1mer_stor.	4.2 kg	verf	
	A2mer_stor.	0.58 kg	polybuteenkit	
	A3mer_stor.	68.4 kg	meranti	
	A4mer_stor.	0.85 kg	PUR schuim	
	A5mer_stor.	1.1 kg	hard PVC	
	A6mer_stor.	1.0 kg	week PVC	
	A7mer_stor.	0.44 kg	staal	
	A8mer_stor.	10.2 kg	vuren	
	L1mer_stor.	6.6e-5 kg	zink	
	L2mer_stor.	2.1e-3 kg	ijzer	
	L3mer_stor.	2.5e-2 kg	weekmaker	
L4mer_stor.	50e-4 kg	fluoride		
Mer_gebr.	O1bei_prod.	4.6 kg		
	O1but_prod.	2.3 kg		
	O1purs_prod.	3.4 kg		
	O1pvcw_extr.	3.0 kg		
	O1en_cv.	5.6e3 MJ		
	O1mer_gebr.	1.04 st	50 jaar onderhoud meranti kozijn	
	A1mer_gebr.	2.3 kg	polybuteenkit	
	A2mer_gebr.	3.4 kg	PUR schuim	
	A3mer_gebr.	3.0 kg	week PVC	
	U1mer_gebr.	2.8 kg	terpentine (KWS)	
Mer_func.	O1mer_asbl.	1.04 st		
	O1mer_gebr.	1 st		
	O1mer_stor.	1.04 st		
	O1mer_func.	1 st	functionele eenheid meranti	



Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur
Mer_asbl.	O1al_extr.	4.0 kg	
	O1bei_prod.	3.4 kg	
	O1but_prod.	0.58 kg	
	O1lo_prod.	13.3 kg	
	O1men_prod.	0.83 kg	
	O1mer_prod.	91.2 kg	
	O1purs_prod.	0.85 kg	
	O1pvch_extr.	1.1 kg	
	O1pvcw_extr.	1.0 kg	
	O1pvcw_kala.	15.2 kg	
	O1st_verz.	0.44 kg	
	O1verd_prod.	72e-4 kg	
	O1vu_prod.	11.3 kg	
	O1mer_asbl.	1 st	gemonteerd amb. meranti kozijn
	A1mer_asbl.	22.8 kg	meranti
	A2mer_asbl.	1.1 kg	vuren
	A3mer_asbl.	0.042 kg	verf
A4mer_asbl.	15.2 kg	week PVC	
U1mer_asbl.	2.2 kg	terpentine (KWS)	
L1mer_asbl.	2.3e-2 kg	weekmaker	
Mer_stor_fe.	O1mer_stor_fe	1 st	afdank van 1 meranti kozijn fe
	A1mer_stor.	4.37 kg	verf
	A2mer_stor.	0.603 kg	polybuteenkit
	A3mer_stor.	71.1 kg	meranti
	A4mer_stor.	0.884 kg	FUR schuim
	A5mer_stor.	1.14 kg	hard PVC
	A6mer_stor.	1.04 kg	week PVC
	A7mer_stor.	0.458 kg	staal
	A8mer_stor.	10.6 kg	vuren
	L1mer_stor.	6.9e-5 kg	zink
	L2mer_stor.	2.2e-3 kg	ijzer
	L3mer_stor.	0.026 kg	weekmaker
L4mer_stor.	5.2e-3 kg	fluoride	
Mer_gebr_fe.	O1bei_prod.	4.6 kg	
	O1but_prod.	2.3 kg	
	O1purs_prod.	3.4 kg	
	O1pvcw_extr.	3.0 kg	
	O1en_cv.	5.6e3 MJ	
	O1mer_gebr_fe.	1 st	50 jaar onderhoud meranti kozijn
	A1mer_gebr.	2.3 kg	polybuteenkit
	A2mer_gebr.	3.4 kg	FUR schuim
	A3mer_gebr.	3.0 kg	week PVC
	U1mer_gebr.	2.8 kg	terpentine

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
Mer_asbl_fe.	O1al_extr.	4.16 kg		
	O1bei_prod.	3.54 kg		
	O1but_prod.	0.603 kg		
	O1lo_prod.	13.8 kg		
	O1men_prod.	0.863 kg		
	O1mer_prod.	94.8 kg		
	O1purs_prod.	0.884 kg		
	O1pvch_extr.	1.14 kg		
	O1pvcw_extr.	1.04 kg		
	O1pvcw_kala.	15.8 kg		
	O1st_verz.	0.458 kg		
	O1verd_prod.	7.5e-3 kg		
	O1vu_prod.	11.8 kg		
	O1mer_asbl_fe.	1 st	geasbleerd amb. meranti kozijn fe	
	A1mer_asbl.	23.7 kg	meranti	
	A2mer_asbl.	1.14 kg	vuren	
	A3mer_asbl.	4.37e-2 kg	verf	
A4mer_asbl.	15.8 kg	week PVC		
U1mer_asbl.	2.29 kg	terpentine		
L1mer_asbl.	2.4e-2 kg	weekmaker		
Mer_prod.	G1mer_prod.	1 kg	meranti (uit Zuidoost Azië)	
	O1en_elec.	18.4 MJ		
	O1mer_prod.	1 kg	in timmerfabriek verwerkt meranti	
	A1mer_prod.	0.42 m <sup>2</sup>	aangetast tropisch woud	
Men_prod.	G1men_prod.	kg	lood	
	G2men_prod.	0,24 kg	olie	
	G3men_prod.	0,10 kg	naftaleen	
	O1men_prod.	kg	loodmenie	
O1_cent.	G1ol_cent.	23.8e-3 kg	olie	
	O1ol_cent.	1 MJ	therm. en. uit olie voor centrale	
	A1ol_cent.	70e-6 kg	verbrandingsafval	
	U1ol_cent.	160e-6 kg	stikstofoxyde	
	U2ol_cent.	567e-6 kg	zwaveldioxyde	
	U3ol_cent.	23e-6 kg	stof	
	U4ol_cent.	6.3e-6 kg	KWS	
	U5ol_cent.	19e-6 kg	koolmonoxyde	
U6ol_cent.	94.2e-3 kg	kooldioxyde		
FURg_prod.	G1purg_prod.	0.30 kg	olie	
	O1en_elec.	95.2 MJ		
	O1purg_prod.	1 kg	profiel van giet_FUR	
	U1purg_prod.	0.015 kg	CFK11	
FURs_prod.	G1purs_prod.	0.30 kg	olie	
	Epurs_prod.	87.2 MJ		
	O1purs_prod.	1 kg	open cellenband van FUR_schuim	
	U1purs_prod.	0.3 kg	kooldioxyde	

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur
PVC_stor.	O1pvc_stor.	1 st	afdank van 1 PVC kozijn
	A1pvc_stor.	1.9 kg	verf
	A2pvc_stor.	0.44 kg	polybuteenkit
	A3pvc_stor.	1.3 kg	EPT
	A4pvc_stor.	1.9 kg	meranti
	A5pvc_stor.	1.3 kg	FUR schuim
	A6pvc_stor.	38.3 kg	hard PVC
	A7pvc_stor.	10.3 kg	staal
	A8pvc_stor.	22.2 kg	vuren
	L1pvc_stor.	4.6e-6 kg	cadmium
	L2pvc_stor.	1.6e-3 kg	zink
	L3pvc_stor.	5.2e-2 kg	ijzer
	L4pvc_stor.	50e-4 kg	fluoride
	PVC_gebr.	O1alk_prod.	0.22 kg
O1but_prod.		1.8 kg	
O1ept_prod.		3.9 kg	
O1purs_prod.		5.2 kg	
O1en_cv.		6.1e3 MJ	
O1pvc_gebr.		1.24 st	50 jaar onderhoud PVC kozijn
A1pvc_gebr.		1.8 kg	polybuteen
A2pvc_gebr.		3.9 kg	EPT
A3pvc_gebr.		5.2 kg	FUR schuim
U1pvc_gebr.	0.072 kg	terpentine (KWS)	
PVC_func.	O1pvc_asbl.	1.24 st	
	O1pvc_gebr.	1 st	
	O1pvc_stor.	1.24 st	
	O1pvc_func.	1 st	functionele eenheid PVC
PVC_asbl.	O1alk_prod.	1.2 kg	
	O1but_prod.	0.44 kg	
	O1ept_prod.	1.3 kg	
	O1mer_prod.	2.1 kg	
	O1men_prod.	0.68 kg	
	O1purs_prod.	1.3 kg	
	O1pvc Extr.	38.3 kg	
	O1st_verz.	10.6 kg	
	O1verd_prod.	72e-4 kg	
	O1vu_prod.	24.7 kg	
	O1pvc_asbl.	1 st	gemonteerd PVC kozijn
	A1pvc_asbl.	0.4 kg	hard PVC
	A2pvc_asbl.	2.5 kg	vuren
	A3pvc_asbl.	0.21 kg	meranti
A4pvc_asbl.	0.012 kg	verf	

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
PVC_stor_fe.	01pvc_stor_fe.	1 st	afdank van 1 PVC kozijn fe	
	A1pvc_stor.	2.36 kg	verf	
	A2pvc_stor.	0.546 kg	polybuteenkit	
	A3pvc_stor.	1.61 kg	EPT	
	A4pvc_stor.	2.36 kg	meranti	
	A5pvc_stor.	1.61 kg	FUR schuim	
	A6pvc_stor.	47.5 kg	hard PVC	
	A7pvc_stor.	12.8 kg	staal	
	A8pvc_stor.	27.5 kg	vuren	
	L1pvc_stor.	5.7e-6 kg	cadmium	
	L2pvc_stor.	1.98e-3 kg	zink	
	L3pvc_stor.	0.0645 kg	ijzer	
	L4pvc_stor.	6.2e-3 kg	fluoride	
	PVC_gebr_fe.	01alk_prod.	0.22 kg	
01but_prod.		1.8 kg		
01ept_prod.		3.9 kg		
01purs_prod.		5.2 kg		
01en_cv.		6.1e3 MJ		
01pvc_gebr_fe.		1.24 st	50 jaar onderhoud PVC kozijn	
A1pvc_gebr.		1.8 kg	polybuteenkit	
A2pvc_gebr.		3.9 kg	EPT	
A3pvc_gebr.		5.2 kg	FUR schuim	
U1pvc_gebr.	0.072 kg	terpentine		
PVC_asbl_fe.	01alk_prod.	1.49 kg		
	01but_prod.	0.546 kg		
	01ept_prod.	1.61 kg		
	01mer_prod.	2.60 kg		
	01men_prod.	0.843 kg		
	01purs_prod.	1.61 kg		
	01pvch_extr.	47.5 kg		
	01st_verz.	13.1 kg		
	01verd_prod.	8.9e-3 kg		
	01vu_prod.	30.6 kg		
	01pvc_asbl_fe.	1 st	geasbleerd PVC kozijn fe	
	A1pvc_asbl.	0.496 kg	hard PVC	
	A2pvc_asbl.	3.10 kg	vuren	
	A3pvc_asbl.	0.26 kg	meranti	
	A4pvc_asbl.	0.0149 kg	verf	
	PVC_h_extr.	01pvch_comp.	1.005 kg	
01en_elec.		4 MJ		2
01pvch_extr.		1 kg	hard PVC	
A1pvch_extr.		0.005 kg	procesafval PVC	2
PVC_w_extr.	01pvcw_comp.	1.005 kg		
	01en_elec.	4 MJ		2
	01pvcw_extr.	1 kg	week PVC	
	A1pvcw_extr.	0.005 kg	procesafval PVC	

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
PVCw_kala.	O1pvcw_comp.	1.01 kg		
	O1en_elec.	6 MJ		
	O1pvcw_kala.	1 kg	gekalandeerd week PVC (folie)	2
	Alpvcw_kala.	0.01 kg	PVC procesafval	2
PVCh_comp.	O1pvc_prod.	0.77 kg		
	G1pvc_comp.	31e-3 kg	Ba/Cd-stabilisator (poeder)	14
	O1en_elec.	7 MJ		2
	O1pvc_comp.	1 kg	hard PVC	
	Alpvc_comp.	0.003 kg	procesafval PVC	2
	U1pvc_comp.	6.2e-6 kg	cadmium	14
L1pvc_comp.		12e-6 kg	cadmium	14
PVCw_comp.	O1pvc_prod.	0.70 kg		
	G1pvcw_comp.	0.30 kg	weekmaker (di_2_eth.hex.phtal.)	17
	O1en_elec.	7 MJ		2
O1pvcw_comp.	1 kg	week PVC		
PVC-prod.	G1pvc_prod.	0.468 kg	olie	60
	G2pvc_prod.	1.016 kg	steenzout	60
	G3pvc_prod.	0.193 m3	gas	
	O1pvc_prod.	1 kg	PVC	
	Alpvc_prod.	0.010 kg	afval chloorproductie	5
	A2pvc_prod.	0.063 kg	mijnafval steenzout	5
	A3pvc_prod.	0.015 kg	gemengd (schadelijke samenstel.)	5
	A4pvc_prod.	0.015 kg	afval door verbranding	60
	U1pvc_prod.	1.4e-3 kg	vinylchloride	8
	U2pvc_prod.	1.7e-3 kg	1.2 dichloorethaan	8
	U3pvc_prod.	3.9e-4 kg	koolmonoxyde	60
	U4pvc_prod.	2.7e-3 kg	stikstofoxyde	60
	U5pvc_prod.	3.9e-4 kg	stof	60
	U6pvc_prod.	2.5e-3 kg	zwaveldioxyde	60
	U7pvc_prod.	2.8e-7 kg	kwik	60
	U8pvc_prod.	3e-7 kg	chloor	60
	U9pvc_prod.	1.3e-4 kg	zoutzuur	60
	U10pvc_prod.	14e-4 kg	KWS	60
	L1pvc_prod.	3e-4 kg	2 chloorethaan	8
	L2pvc_prod.	1.2e-3 kg	trichloorethaan	8
	L3pvc_prod.	5.7e-6 kg	vinylchloride	8
	L4pvc_prod.	19e-6 kg	fenol	60
L5pvc_prod.	4e-6 kg	lood	5	
L6pvc_prod.	1.7e-8 kg	kwik	60	
O1en_elec.	23.2 MJ			
St_verz.	O1st_wals.	0.97 kg		
	G1st_prod.	0.03 kg	zink	
	O1en_elec.	9.2 MJ		1
	O1st_verz.	1 kg	verzinkt staal	
St_wals.	O1st_prod.	1 kg		
	O1en_elec.	2.14 MJ		1
	O1st_wals.	1 kg	gewalst staal	

Procesnaam	inputs/outputs	omschrijving	literatuur	
St_prod.	G1st_prod.	1.454 kg	ijzererts	1
	G2st_prod.	0.128 kg	kalksteen	1
	O1en_elec.	18.8 MJ		1
	O1st_prod.	1 kg	staal	
	A1st_prod.	4 kg	mijnafval ijzerertswinning	1
	A2st_prod.	0.050 kg	onverwerkbaar slakken Hoogovens	1
	A3st_prod.	0.025 kg	oxykalkslib (chemisch afval)	1
Vur_prod.	G1vu_prod.	1.556 kg	vuren (uit Noord_Europa)	
	O1en_elec.	10 MJ		20
	O1vu_prod.	1 kg	in timmerfabriek verwerkt vuren	
Verd_prod.	G1verd_prod.	0.70 kg	fluor	
	O1verd_prod.	1 kg	bifluoriden (KF.HF en NH <sub>4</sub> F.HF)	

Bijlage 4	Opmerkingen bij de procesdefinities
Proces	Opmerkingen
Algemeen	De cijfers tussen rechte haken [] refereren naar de nummers in de literatuurlijst. Deze bijlage heeft betrekking op de procesdefinities zoals deze gegeven zijn in bijlage 3. De term 'produktie' wordt in de procesdefinities gehanteerd voor het productieproces, in de tekst van het rapport staat de term productie voor de fase die de grondstofwinning, productie van materialen, assemblage en montage van het kozijn omvat.
Al-stort (aluminium)	De opdrachtgever verzamelt vóór de sloop zelf meestal de aluminium kozijnen voor hergebruik of recycling. De rest, die wel bij slopers terecht komt, wordt ook hergebruikt (door particulieren) of gaat naar de oud-aluminiumhandel [29]. mag aangenomen worden dat dit aluminium dus geheel gerecycled wordt. Bij de aluminiumproductie is dit hergebruik al ingecalculleerd, inclusief emissies. Bij het storten van de giet-PUR koudebruggen moet rekening worden gehouden met het vrijkomen van 50% van de CFK's daarin [59]. Zie gPUR-productie voor schattingen van het CFK-gebruik.
Al-gebruik	Na 20 jaar moet het gemoffeld aluminium opnieuw geverfd worden [51] (minstens elke 8 jaar [27]) met een grondverf op basis van zinkchromaat.
Al-assemblage	Het glas wordt gevat in een PVC-profiel, de koudebruggen zijn van giet-PUR, andere profielen zijn van sponsrubber EPT en schuim-PUR. Het aluminiumkozijn zit in een vuren stelkozijn en de aftimmering is van meranti. Het hout moet geschilderd worden. Energiegebruik voor het zagen van de profielen (15 J/mm, [1]) is niet meegenomen, evenmin als milieueffecten van de gebruikte tweekomponentenlijm.
Al-moffelen	De (veel gebruikte [30]) TGIC polyester systeemlak lijkt nog het meeste op alkydverf, en wordt als zodanig doorberekend. Er wordt uitgegaan van een droge laklaag van 0,050 mm en 5% oplosmiddel, opgebracht door spuiten met een overspray (verlies) van gemiddeld 60% [48]. Wegens gebrek aan gegevens is geen energiegebruik voor het moffelen meegenomen. Deze zullen wel relevant zijn.
Al-extrusie	Geen emissies van betekenis [1]. Van eventueel aluminiumafval wordt aangenomen dat het na smelten weer in het proces ingezet kan worden. Energieverlies hierdoor wordt verwaarloosd. Energiegebruik: 59 J/mm <sup>3</sup> [1]; grove gemiddelde waarde; het is niet duidelijk of voorverwarmen en 6 uur naverwarmen bij deze waarde meegenomen is [36].

- Al-walsen Emissies t.g.v. smeermiddelen en koelvloeistoffen onbekend. Afval wordt intern hergebruikt [1].  
-E: 81 J/mm<sup>3</sup> [1]
- Al-productie 70% Primaire en 30% secundaire aluminiumproductie. In verband met de situatie voor Nederland is gekozen voor het model "fossiele brandstoffen" [3] voor de energieopwekking. Kooldioxyde-emissies zijn alleen van primaire productieprocessen; niet door energieopwekking. Ter vergelijking van het energieverbruik volgens de berekening op basis van [3]:  
E-inhoud 14 MJ/kg Al  
E-proces 208 MJ/kg Al  
E-transport 6,3 MJ/kg Al  
Recycling 30%  
Totaal 166 MJ/kg Al  
Wegens gebrek aan gegevens is het legeren niet meegenomen. G1, G2 en G3 inclusief bauxiet voor kryolietproductie. Voor de kryolietproductie wordt verder nog als grondstof H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> gebruikt wat afval van de fosfaatwinning is [3]. Grondstoffen anode calcineren:  
307,7 kg petroleumcokes  
73,5 kg steenkool-teer-pek  
8,6 kg vulpoeder  
(78,1 kg andererechten) [3]
- A1 (mijnafval bauxietwinning): 7-10 ton waarbij de ruimtelijke gevolgen voor het voormalig winningsgebied van belang is [1] en 0,58 kg resterend [3]  
-A2 (mijnafval zoutwinning): 20 kg volgens [1]; bijna 29 kg volgens [3]
- Alk-productie (alkydverf) Alkydverf (we gaan uit van witte verf) bestaat voor 33% uit oplosmiddel (terpentine of xyleen; in ieder geval KWS), 33% alkydhars en 33% titaandioxyde [33]. Er wordt van uitgegaan dat voor glycerol en het oplosmiddel uiteindelijk nafta als grondstof is gebruikt, en voor ftaalzuuranhydride naftaleen. De koolstof- en waterstofcomponenten zijn bepalend geweest voor de hoeveelheid benodigde nafta. Hiervan is de energieinhoud afgetrokken van de gegeven energievereiste uit [20]. Emissies oplosmiddel tijdens productie 0,2% [58].
- Bei-productie (beits) Voor de beitsproductie zie alkydverf, met samenstelling 60% oplosmiddel, 20-25% alkydhars en 15-20% pigment (titaandioxyde). Emissies oplosmiddel evenveel als bij alkydverf.
- But-productie (polybuteenkit) De productie van polybuteenkit is wegens gebrek aan gegevens gelijkgesteld aan die van polypropreen.
- EPT-productie Hiermee wordt zowel EPDM als EPT bedoeld; de ongeconjugeerde dienen (1-10%) in EPDM worden dus weggelaten. Voor de productie wordt het gemiddelde genomen van de productie van HDPE en PP.



- E: gemiddeld 72 MJ voor produktie en 5 MJ voor extrusie
- Iro-assemblage (iroko)** Het glas wordt gevat in aluminium profielen, glaslatten en polybuteenkit met week PVC rugvulling. Andere profielen zijn van aluminium of week PVC. Boven onder- en bovendorpel ligt een loodslabbe. Aftimmering met i. Het hout wordt gebeitst i.p.v. gelakt (60% oplosmiddel i.p.v. 33% [33]).
- Iro-produktie** Voor 1 m<sup>3</sup> Afrikaans tropisch hout wordt ruwweg 770 m<sup>2</sup> bos aangetast (zowel kaalkap als selectieve kap) [50]. Gewichtsverlies door drogen 40% [19]. Houtverlies door verwerken is bij de assemblage in rekening gebracht.  
-E: produktie, transport en verwerken
- Ke-energie (kernenergie)** Uitgaande van 4,74 TWh elektrische energie per jaar. Afval inclusief ontmanteling, splijstofelementen, kernsplijtings- en opwerkingsafval.
- Mer-assemblage (meranti)** Het glas wordt gevat in aluminium profielen, glaslatten en polybuteenkit met week PVC rugvulling. Andere profielen zijn van aluminium of week PVC. Boven onder- en bovendorpel ligt een loodslabbe en er wordt Aeroduxlijm [24] gebruikt bij het verlijmen van merantikozijn en vuren stelkozijn. Aftimmering met meranti. Het hout wordt gebeitst i.p.v. gelakt (60% oplosmiddel i.p.v. 33% [33]). De muur wordt na het kozijn gemetseld waardoor het met PVC-folie van 0,6 mm dikte moet worden beschermd.
- Mer-produktie** Voor 1 m<sup>3</sup> Aziatisch tropisch hout wordt ruwweg 250 m<sup>2</sup> bos aangetast (bijna uitsluitend selectieve kap) [50]. Geen gewichtsverlies door droging [19]. Houtverlies door verwerken is bij de assemblage in rekening gebracht.  
-E: produktie, transport en verwerken
- FURg-produktie (giet PUR)** De emissies bij de produktie van giet-PUR worden gelijkgesteld aan die van PUR-schuim. Alleen de emissies van CFK's zijn apart toegevoegd. Ongeaggregeerde gegevens hierover worden geheimgehouden dus is hiervoor een schatting gemaakt. Uit [59]: in Nederland wordt jaarlijks zo'n 10,2 miljoen kg isolatieschuim geïnstalleerd, en het gebruik van CFK's in schuimplastics is 3115 ton per jaar. Een (ruime) schatting komt dan op maximaal 0,305 kg CFK's per kg isolatiemateriaal. Daarvan komt bij harde PUR-soorten 5% vrij bij de produktie, en 50% in de 75 jaar daarna. Het energiegebruik van de produktie wordt ook gelijkgesteld aan die van PUR-schuim (98 MJ), maar het spuitgieten vraagt 10 MJ. De energieinhoud van de nafta is hier vanaf getrokken. Hiertoe is uitgegaan van difenylmethaan 4,4 diisocyaanat en glycerol als grondstoffen, waarvan het koolstofdeel op nafta is teruggevoerd.

- FURs-productie (schuim FUR)** De emissies zijn minstens even hoog als die bij de PVC productie [2] en worden als zodanig overgenomen. Het energieverbruik is inclusief schuimen [2]; voor de aftrek van de energieinhoud van de nafta: zie PURg-productie, alleen wordt hier een polyol (een vijfvoudige alcohol) i.p.v. glycerol genomen. Bij zachte FUR-schuimen met een soortelijk gewicht boven de 25 kg/m<sup>3</sup>, zoals dit schuim, wordt water als schuimmiddel gebruikt [59].
- PVC-assemblage** Het glas wordt gevat in EPT profielen; het kozijn zelf is van PVC + gechloteerd polyethyleen en gemodificeerd PVC, verstijfd met verzinkt stalen profielen en verder opgevuld met krijt [14]. Andere profielen zijn van schuim-PUR en week PVC. Het ventilatiesysteem is van hard PVC. Het kozijn zit in een vuren stelkozijn en wordt met meranti afgetimmerd. Het hout wordt geschil-derd. Er wordt uitgegaan van 1% profielafval tijdens de assemblage.  
-Olpvch-extr: 36,7 kg kozijnprofiel + 1,6 kg bevesti-gingsprofiel  
-Energie voor thermisch verlossen en verzagen is niet meegenomen.
- PVCh-extrusie (PVC hard)** Geen relevante emissies [[2].  
-E: grove gemiddelde waarde  
-A1 (procesafval PVC): resterend afval na hergebruik; gemiddelde van uiteenlopende waarden
- PVCw-extrusie (PVC week)** Wordt gelijk gesteld aan de extrusie van hard PVC.
- PVCh-compounding** Er wordt zo'n 23% aan toeslagstoffen bijgemengd. Behalve 4% stabilisatoren zijn nog meer chemicaliën toegevoegd: slagvastheidsmodifiërs (7%), Kleurstoffen (TiO<sub>2</sub> 2%), antioxydanten e.d. [14].  
-E: schatting, voor mengen (5 MJ/kg) en granuleren (2 MJ/kg) [2] resp. [43]  
-A1 (procesafval PVC): 0,1 - 0,5% (bij dry blending) [2]  
-U1 (cadmium): van hoeveelheid Cd in G1 (>10% [14]; schatting 20%): 0,1% [2]  
-I1 (cadmium): idem: 0,2% [2]
- PVCw-compounding** Er wordt zo'n 35% aan additieven toegevoegd, waarvan het grootste deel weekmakers en nog geen 2% stabilisa-tor (b.v. tincarboxylaate) [17].  
-G1 (weekmaker): 30% van Olpvc-prod [14]  
-E: schatting zie PVCh
- PVC-productie** Etheenproductie door destillatie en stoomkraken uit aardolie, chloorproductie door diafragma-, membraan- en kwikelectrolyse [2] van steenzout. De productie van het mengsel van PVC, gechloteerd polyethyleen en gemodificeerd PVC wat bij de Nederlandse kozijnproduk-tie wordt gebruikt wordt qua proces gelijk gesteld aan

de PVC-productie. Voor de emissiegegevens wordt uitgegaan van het meest recent rapport hierover [60]. Ter vergelijking:

[60]: 0,57 EVL en 3,86 EWW

[2]: 0,70 EVL en 2,69 EWW

[5]: 1,23 EVL en 0,93 EWW

-A1 (afval chloorproductie): Percentage chloorproductie met kwikcellen 20%; kwikgehalte  $\pm$  240 ppm

-Energie en kooldioxyde-emissies

Voor emissies door energiegebruik wordt het meest op de Nederlandse situatie toepasbare model gebruikt: het "Model Kunststoffindustrie (BRD)" uit [60], waarvoor de energievoorziening door de kunststoffenfabriek zelf model staat. In dit rapport staat slechts een deel van de energiebehoefte van de PVC-productie weergegeven in MJ<sub>elec</sub>. Op grond van alleen deze hoeveelheid kan berekend worden wat de emissie van kooldioxyde is. In het rapport staan verder wel het grondstofverbruik en de emissies van de overige energieopwekking vermeld, maar niet de bijbehorende kooldioxyde-emissies. Een klein deel van de totale emissies van kooldioxyde zijn dus niet bekend.

-L1 t/m L3 Volgens [8] ontstaan emissies tijdens de productie van vinylchloride en PVC van 2-chloorethanol, trichloorethanol en vinylchloride.

St-walsen  
(staal)

Geen extern afval en geen relevante emissies [1]. Vast afval in de vorm van hardzink (10% van G1) en zinkas (15%) gaan naar de pigmentindustrie en worden dus niet als afval meegerekend.

-E: 180 MJ/m<sup>2</sup> bij laagdikte 0,1 mm [1]

St-verzinken

Laagdikte 0,080 mm. Emissies worden aangegeven voor een laagdikte van 1 mm ([1]).

-E: 180 MJ/m<sup>2</sup> bij laagdikte 0,10 mm; bij staaldikte 2,5 mm dus 9,23 MJ/kg

St-productie

Staalproductie incl. ruwijzerproductie, schrootbereiding (22% van totale metaalinzet [1]), kalksteenwinning en kalk- en zuurstoffabrikage. De genomen emissiewaarden (uit [1]) wijken af van die van [4]. Ter vergelijking:

[4]: 1,44 EVL en 11,04 EWW

[1]: 3,40 EVL en 4,20 EWW

-A3 (oxykalkslib): mogelijk intern her te gebruiken c.q. inmiddels hergebruikt; in dat geval ontstaat 2 kg secundair afzuigstof (ook chemisch afval)

Vur assemblage  
(vuren)

Het glas wordt gevat in aluminium profielen, glaslatten en polybuteenkit met week PVC rugvulling. Andere profielen zijn van aluminium of week PVC. Boven onder- en bovendorpel ligt een loodslabbe. Aftimmering met meranti. De muur wordt na het kozijn gemetseld waardoor het met PVC-folie van 0,6 mm dikte moet worden beschermd.

Vu-produktie  
(vuren)

Alleen het gewichtsverlies door drogen is meegenomen  
(uit [20]); het houtverlies door verwerken is bij de  
assemblage in rekening genomen.

-E: produktie, transport en verwerken

Verd produktie  
(verduurzaming)

Hier zijn verder geen emissie- of energiegebruikscij-  
fers van bekend.

## Bijlage 5 Beoordeling en koppeling van de processen

## Algemeen

Eenheden Verontreinigde Lucht (EVL-) en Eenheden Verontreinigd Water (EVW-)waarden worden berekend op basis van de MAC-TGG resp. OVD-waarden. EVL = 1000 m<sup>3</sup> maximaal potentiëel vervuilde lucht; 1 EVW = 1000 l maximaal potentiëel vervuilde water. De onderstaande cijfers dienen dus als volgt geïnterpreteerd te worden: 1 kg chlooremisatie naar lucht veroorzaakt 333 EVL wat overeenkomt met 333 000 m<sup>3</sup> maximaal potentiëel verontreinigde lucht. De zuurequivalenten (ZE) worden berekend op basis van streefwaarden voor verzuring. 1 ZE = 1 000 m<sup>2</sup> maximaal potentiëel verzuurde bodem.

Luchtemissies  
(EVL per kg)

ammoniak	55.5
cadmium	50 000
chloor	333
1.2 dichloorethaan	5
fenol	52.6
fluoride	400
ftaalzuuranhydride	167
koolmonoxide	34.5
KWS	2
kwik	20 000
lood	6 670
stikstofdioxide	111
PAK	5 000
zwaveldioxide	76.9
stof	100
terpentine (KWS)	2
titaandioxide	100
vinylchloride	357
zink	200
zoutzuur	143

Aan de gehanteerde normen kleeft een aantal beperkingen. Zo komen in MAC-waarden mogelijk kanker-  
verwekkende of kankerbevorderende eigenschappen  
vaak nog niet tot uitdrukking (b.v. 1.2.-dichloor-  
ethaan). Tevens zijn deze waarden opgesteld voor  
de maximale aanvaardbare concentratie op de  
werkplek en niet als zodanig voor het milieu in  
ruime zin. Opvallend is dat de verhouding tussen  
stoffen van toelaatbare stoffen sterk kunnen  
verschillen. De verhouding tussen CO : dichlooret-  
haan is bij de MAC-waarden 1 : 7; bij milieukwali-  
teitsnormen is deze verhouding 1 : 1000.

De hoeveelheid milieugebonden luchtnormen (MIC-  
waarden) is te gering om te kunnen gebruiken voor  
de aggregatie van verschillende emissiewaarde  
lucht. Van de bovenstaande verbindingen die naar  
lucht worden uitgestoten zijn slechts voor 2  
stoffen streefwaarden voorhanden (VROM, 1990) te  
weten cadmium en fenol. Voor een aantal andere

verbindingen zoals stof, SO<sub>2</sub> bestaan bestuurlijk vastgelegde grenswaarden. Gezien de verschillen in onderbouwing van deze waarden en het geringe aantal worden vooralsnog de EVL's bepaald aan de hand van MAC-waarden.

Wateremissies (EVW per g)	ammoniak	0.67
	BOD (biol.zuurst.)	0.14
	cadmium	333
	2_chloorethanol	p.m.
	fenol	200
	fluoride	1000
	kwik	3333
	lood	33.3
	PAK (& teer)	5000
	titaandioxyde	p.m.
	trichloorethanol	p.m.
	vinylchloride	p.m.
	ijzer	2
	zink	1
Zuuremissies (ZE per kg)	ammoniak	0.686
	stikstofoxyde	0.254
	zwaveldioxyde	0.781

#### Afval algemeen

De volgende afvalstoffen worden op grond van samenstelling als schadelijk bestempeld:

verf  
polybuteenkit  
polybuteen  
giet PUR  
PUR schuim  
lijm  
afval verbranding  
afval door verbranding  
verbrandingsafval  
hoog actief vast afval  
middel en laag actief vast afval  
vlieg- en bodemas na hergebr.  
gemengd (schadelijke samenstel.)  
onverwerkbare slakken Hoogovens  
oxykalkslib (chemisch afval)

Metalen en resterende plastics zijn via uitloging meegenomen; voor EPT zijn geen additieven bekend.

#### Productie algemeen

De gemiddelde economische levensduur van woningen op basis van de gemiddelde leeftijd is nu 34 jaar, maar zal tot 2000 stijgen tot 40 jaar [51]. De feitelijke levensduur van de Nederlandse woning is 70 - 75 jaar [42]. De gemiddelde levensduur van een woning wordt gesteld op 50 jaar. De functionele eenheid is gesteld op 50 kozijnjaren, ofwel voor 1 woning gedurende 50 jaar een kozijn. De

gemiddelde levensduur van elk van de typen kozijnen blijft onder de 50 jaar. Voor dat deel van de levensduur van de woning waarin het gemonteerde kozijn niet meer kan voorzien, wordt de hoeveelheid kozijnen (voor 50 kozijnjaren) verhoogd met eenzelfde deel van het montageproces. Konkreet de hoeveelheid kozijnen voor 1 woning gedurende 50 jaar:

vuren	(38 jaar)	1.24 stuks
meranti	(48 " )	1.04 " "
iroko	(48 " )	1.04 " "
aluminium	(43 " )	1.14 " "
kunststof	(38 " )	1.24 " "

But_prod. (p.kg)	0.15	EVL	[2]
	3.65	EWV	[2]
EPT_prod. (p.kg)	0.12	EVL	[2]
	2.63	EWV	[2]
PURg-prod. (p.kg)	0.70	EVL	[2]
	2.685	EWV	[2]
PURs-prod. (p.kg)	0.70	EVL	[2]
	2.685	EWV	[2]
St-verz. (p.kg)	0.077	EVL	[1]
	3.6e-3	EWV	[1]
St-prod. (p.kg)	3.40	EVL	[1]
	4.20	EWV	[1]

## Bijlage 6 Berekening warmteverlies door de gevels van het raam

Voor een eenvoudige constructie geldt de volgende formule voor de warmtestroom:

$$Q = \frac{\Delta T \times A}{R_{\text{tot}}} \quad [\text{W}] \quad (1)$$

waarin  $Q$  = de warmtestrooming door de constructie in Watt

$T$  = het temperatuurverschil over de constructie in °C of °K

$A$  = het oppervlak van de constructie

en  $R_{\text{tot}}$  = de totale warmteweerstand van de constructie

Nu is  $R_{\text{tot}}$  opgebouwd uit de overgangsweerstanden  $R_i$  en  $R_u$  (resp. de inwendige weerstand voor de overgang van het binnenmilieu naar de constructie, en de uitwendige weerstand voor de overgang van de constructie naar het buitenmilieu) en de warmteweerstand van de constructie,  $R_c$ . Voor een enkelvoudige constructie geldt dan:

$$Q = \frac{\Delta T \times A}{R_i + R_c + R_u} \quad [\text{W}] \quad (2)$$

De 3 weerstanden staan hierbij "in serie" en worden gewoon opgeteld. Voor de  $R_i$  en  $R_u$  zijn standaardwaarden bekend en ook voor  $\Delta T$  is een standaardwaarde.

Echter,  $R_c$  is materiaal-afhankelijk en wordt bepaald door de warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$ , en de dikte van het materiaal  $d$ . Analoog aan elektrische schakelingen wordt nu aangenomen dat de verschillende (warmte-) weerstanden in een complexe constructie "parallel" staan, waarbij de warmtestroom voor elk materiaaloppervlak apart wordt bepaald:

$$R_{c1} = \frac{d}{\lambda_1} \quad \text{en} \quad Q = \frac{\Delta T \cdot A_1}{R_i + R_u + R_{c1}} + \frac{\Delta T \cdot A_2}{R_i + R_u + R_{c2}} + \frac{\Delta T \cdot A_3}{R_i + R_u + R_{c3}}$$

waarbij  $\lambda_1$  de warmtegeleidingscoëfficiënt is, en  $A_1$ ,  $A_2$  en  $A_3$  de oppervlakken van de materialen 1, 2 en 3 zijn. Tenslotte is aangenomen dat de holle metalen profielen hun warmte volledig verspreiden (door de extreem lage warmteweerstand) terwijl de holle PVC-profielen hun warmte maar beperkt door de wanden verspreiden, waardoor de holle luchtkamers een relevante rol spelen bij de warmtegeleiding van het PVC-kozijn.

De gebruikte gegevens zijn:

$\lambda$ glas	= $8.0e^{-4}$	W. mm. $K^{-1}$ . $mm^{-2}$	[18]
$\lambda$ lucht	= $2.4e^{-5}$	" "	[18]
$\lambda$ giet-PUR	= $1.7e^{-4}$	" "	[18]
$\lambda$ PVC	= $1.7e^{-4}$	" "	[18]
$\lambda$ naaldhout	= $1.13e^{-4}$	W. mm. $K^{-1}$ . $mm^{-2}$ . $s^{-1}$	[19]
$\lambda$ hardhout	= $1.44e^{-4}$	W. mm. $K^{-1}$ . $mm^{-2}$ . $s^{-1}$	[19]

$$R_i = 1.3e^5 \text{ mm}^2 \cdot K \cdot W^{-1} \quad [77]$$

$$R_u = 0.4e^5 \text{ mm}^2 \cdot K \cdot W^{-1} \quad [77]$$

$$\Delta T = 13^\circ \text{ (gedurende 7 maanden, [57])}$$



Passen we (2) toe op het dubbel glas, dan volgt:

$$\text{uit bestektekening: } A = 4.9e^6 \text{ mm}^2 \\ 2 \times 4 \text{ mm glas} + 12 \text{ mm lucht}$$

De warmteweerstand is weer een "serieschakeling" van 2x glas en 1x lucht

$$Q = \frac{13 \times 4.9e^6}{1.7e^5 + R_c} \quad \text{met} \quad R_c = R_{\text{glas}} + R_{\text{lucht}} + R_{\text{glas}} = \frac{8}{8e^{-4}} + \frac{12}{2.4e^{-5}} \\ R_c = 5.1e^5 \text{ mm. K. W}^{-1}$$

$$Q_{\text{glas}} = 93.7 \text{ W}$$

Voor 7 maanden, met inbegrip van de zonbenuttingsindex wordt het warmteverlies door het glas hiermee 774 MJ/jr [57].

Voor kunststof kozijnen volgt:

$$\text{Uit bestektekening: } A_1 = 7.5e^5 \text{ mm}^2 \text{ (8mm PVC en 20 mm lucht)} \\ A_2 = 2.3e^5 \text{ mm}^2 \text{ (75 mm PVC)}$$

$$Q = \frac{13 \times 7.6e^5}{1.7e^5 + 8.8e^5} + \frac{13 \times 2.3e^5}{1.7e^5 + 3.8e^5} = 9.4 + 5.4 = 14.8 \text{ W}$$

Dit is 16% van het totale warmteverlies. Per jaar wordt het warmteverlies hiermee  $\frac{14.8}{93.7} \times 774 = 122 \text{ MJ/jaar}$

Voor aluminium kozijnen volgt:

$$\text{Uit bestektekening: } A = 3.4e^5 \text{ mm}^2$$

De warmteweerstand is een "parallelschakeling" van de koudebruggen (giet-PUR, 10 mm), luchtstroken tussen de twee aparte aluminium profiëden en een strook doorlopend aluminium langs de opening van het raam. Omdat deze laatste strook veruit de laagste weerstand heeft, bepaalt deze  $R_c$  (= 122 mm  $\text{K.W}^{-1}$ ). Deze  $R_c$  wordt verwaarloosbaar ten opzichte van  $R_i$  en  $R_j$ , die de totale warmteweerstand bepalen. Echter, alleen over de smalle strook waar het aluminium direct warmte uitwisselt met de buitenlucht. Uit de bestektekening blijkt dat dit  $72.4e^3 \text{ mm}^2$  is. Voor het overige profiel geldt:  $\frac{1}{R_c} = \frac{1.7e^{-4}}{10} + \frac{2.4e^{-5}}{13}$

$$Q_{\text{aluminium}} = \frac{13 \times 72.4e^3}{1.7e^5} + \frac{13 \times 2.7e^5}{1.7e^5 + 5.3e^4} = 5.5 + 15.7 = 21.2 \text{ W}$$

Dit is 18% van het totale warmteverlies, ofwel 169 MJ/jaar.

Voor yuren kozijnen volgt:

uit bestekening:  $A_1 = 5.5e^5 \text{ mm}^2$  (114 mm),  $A_2 = 2.6e^5 \text{ mm}^2$

$$Q = \frac{13 \times 5.5e^5}{1.7e^5 + 1.0e^6} + \frac{13 \times 2.6e^5}{1.7e^5 + 4.8e^5} = 6.1 + 5.2 = 11.3 \text{ W}$$

Dit is 12% van het totale warmteverlies ofwel 93 MJ/jaar

Voor meranti en iroko kozijnen is alleen  $\lambda$  hoger dan van naaldhout:

$$Q = \frac{13 \times 5.5e^5}{1.7e^5 + 7.9e^5} + \frac{13 \times 2.6e^5}{1.7e^5 + 3.8e^5} = 7.4 + 6.2 = 13.6 \text{ W}$$

Dit is 15% van het totale warmteverlies, ofwel 112 MJ/jaar

Tabel 3.3 A: ALUMINIUM KOZIJN absolute waarden van de milieu-effecten (E+03 betekent 10<sup>3</sup>)

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort
<b>GRONDSTOFFEN</b>					
	2 componentenlijm	kg	0	0	0
	ba/cd_stabilisator (poeder)	kg	4.62E-02	4.61E-02	0
	bauxiet	kg	1.51E+02	1.51E+02	0
	gas	m3	3.72E+02	1.17E+02	2.55E+02
	harder bij de lijm	kg	0	0	0
	ijzererts	kg	8.84E-01	8.84E-01	0
	kalksteen	kg	2.88E+00	2.87E+00	0
	kolen	kg	1.53E+02	1.45E+02	7.12E+00
	lood	kg	0	0	0
	meranti	kg	7.30E+00	7.30E+00	0
	naftaleen	kg	4.52E+00	4.43E+00	8.64E-02
	olie	kg	6.68E+01	6.05E+01	6.24E+00
	secundair aluminium	kg	1.35E+01	1.35E+01	0
	steenzout	kg	1.28E+01	1.27E+01	0
	titaandioxyde	kg	9.16E+00	8.98E+00	1.78E-01
	uraniumerts	kg	2.59E-01	2.25E-01	3.33E-02
	vuren	kg	5.09E+01	5.09E+01	0
	weekmaker (di_2_eth.hex.p	kg	7.22E-01	7.21E-01	0
	zink	kg	1.88E-02	1.88E-02	0
<b>AFVAL</b>					
	aangetast tropisch woud	m2	3.06E+00	3.07E+00	0
	afgevangen stof bayerproces	kg	5.87E+00	5.86E+00	0
	afval chloorproductie	kg	2.83E-02	2.83E-02	0
	afval door verbranding	kg	4.25E-02	4.24E-02	0
	afval kalkbereiding	kg	6.77E-01	6.76E-01	0
	afval verbranding	kg	8.94E+00	8.93E+00	0.00E+00
	ept	kg	4.02E+00	0	2.90E+00
	gemengd (schadelijke samenstel	kg	4.25E-02	4.24E-02	0
	giet pur	kg	3.42E+00	0	0
	hard pvc	kg	1.48E+00	0	0
	hoog actief vast afval	m3	1.70E-06	1.48E-06	2.19E-07
	lijm	kg	0	0	0
	meranti	kg	7.34E+00	7.30E-01	0
	middel/laag actief vast afval	m3	4.17E-06	3.63E-06	5.37E-07
	mijnafval zoutwinning	kg	1.08E+00	1.08E+00	0
	mijnafval bauxietwinning	kg	3.61E+02	3.61E+02	0
	mijnafval ijzerertswinning	kg	2.43E+00	2.43E+00	0
	mijnafval steenzout	kg	1.78E-01	1.78E-01	0
	mijnafval van kolen	kg	9.95E+00	8.66E+00	1.28E+00
	mijnafval voor verbranding	kg	1.90E+01	1.90E+01	0
	slakken hoogovens	kg	3.04E-02	3.04E-02	0
	oxykalkslib (chemisch afval)	kg	1.52E-02	1.52E-02	0
	polybuteenkit	kg	1.28E+00	0	1.00E+00
	procesafval pvc	kg	2.38E-02	2.38E-02	0
	pur_schuim	kg	6.68E+00	0	5.20E+00
	red mud bayerproces	kg	6.77E+01	6.76E+01	0
	staal	kg	6.27E-01	0	0

vervolg tabel 3.3 A: aluminiumkozijn absolute waarden van de milieueffecten

vervolg AFVAL

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort
verbrandingsafval	kg	6.71E-03	5.84E-03	8.64E-04	0
verf	kg	2.38E+00	1.99E-01	3.60E-01	1.82E+00
vlieg en bodemas na hergebr.	kg	4.75E+00	4.14E+00	6.13E-01	0
vuren	kg	3.27E+01	3.31E+00	0	0
week_pvc	kg	2.39E+00	0	0	2.39E+00

UITSTOOT NAAR LUCHT

1.2_dichloorethaan	kg	4.81E-03	4.81E-03	0	0
cadmium	kg	1.35E-04	1.19E-04	1.63E-05	0
cfk11	kg	5.76E-01	5.13E-02	0	5.24E-01
chloor	kg	5.87E-02	5.86E-02	0	0
fluoride	kg	1.88E-02	1.83E-02	4.46E-04	0
ftaalzuuranhydride	kg	2.31E-03	2.26E-03	4.48E-05	0
kooldioxyde	kg	7.94E+02	3.20E+02	4.74E+02	0
koolmonoxyde	kg	7.32E-01	7.28E-01	4.54E-03	0
kwik	kg	1.42E-05	1.24E-05	1.72E-06	0
kws	kg	1.29E+00	1.28E+00	2.64E-03	0
pak	kg	2.23E-07	1.94E-07	2.87E-08	0
stikstofoxyde	kg	4.49E+00	3.84E+00	6.39E-01	0
stof	kg	2.10E+00	2.10E+00	2.89E-03	0
teer	kg	3.16E-03	3.16E-03	0	0
terpentine	kg	1.53E+01	1.49E+01	3.80E-01	0
vinylchloride	kg	3.96E-03	3.96E-03	0	0
zoutzuur	kg	3.68E-04	3.67E-04	0	0
zwaveldioxyde	kg	8.52E+00	8.41E+00	9.55E-02	0

LOZING NAAR WATER

2_chloorethanol	kg	8.49E-04	8.48E-04	0	0
bod	kg	5.43E-02	5.42E-02	1.35E-04	0
cadmium	kg	1.79E-05	1.78E-05	0	0
fenol	kg	5.38E-05	5.37E-05	0	0
fluoride	kg	5.73E-03	3.47E-05	0	5.70E-03
ijzer	kg	3.08E-03	0	0	3.08E-03
kwik	kg	4.81E-08	4.81E-08	0	0
lood	kg	1.13E-05	1.13E-05	0	0
teer	kg	4.11E-05	4.10E-05	0	0
trichloorethanol	kg	3.40E-03	3.39E-03	0	0
vinylchloride	kg	1.61E-05	1.61E-05	0	0
weekmaker	kg	3.65E-03	0	0	3.65E-03
zink	kg	9.46E-05	0	0	9.46E-05

Tabel 3.3 B: VUREN KOZLIJN absolute waarden van de milieu-effecten (E+03 betekent  $10^3$ )

fase in de levensloop		totaal	produktie	gebruik	stort
<b>GRONDSTOFFEN</b>					
ba/cd_stabilisator (poeder)	kg	4.25E-02	4.24E-02	0	0
bauxiet	kg	1.66E+01	1.66E+01	0	0
gas	m3	2.00E+02	3.96E+01	1.49E+02	0
vuren	kg	1.59E+02	1.59E+02	0	0
ijzererts	kg	7.70E-01	7.70E-01	0	0
kalksteen	kg	3.75E-01	3.75E-01	0	0
kolen	kg	4.56E+01	3.20E+01	8.40E+00	0
lood	kg	0	0	0	0
looderts	kg	0	0	0	0
meranti	kg	1.49E+00	1.49E+00	0	0
naftaleen	kg	1.10E+00	5.19E-01	5.76E-01	0
olie	kg	2.16E+01	2.15E+01	6.26E+00	0
secundair aluminium	kg	1.49E+00	1.49E+00	0	0
steenzout	kg	1.87E+01	1.65E+01	2.14E+00	0
titaandioxide	kg	2.05E+00	8.58E-01	1.19E+00	0
uraniumerts	kg	1.37E-01	1.00E-01	3.67E-02	0
vuren	kg	2.18E+01	2.18E+01	0	0
weekmaker (di_2_eth.hex.p	kg	6.99E+00	6.07E+00	9.04E-01	0
zink	kg	1.64E-02	1.64E-02	0	0
<b>AFVAL</b>					
aangetast tropisch woud	m2	6.25E-01	6.26E-01	0	0
afgevangen stof bayerproces	kg	6.45E-01	6.45E-01	0	0
afval chloorproductie	kg	1.74E-01	1.52E-01	2.11E-02	0
afval door verbranding	kg	2.60E-01	2.28E-01	3.17E-02	0
afval kalkbereiding	kg	7.44E-02	7.44E-02	0	0
afval verbranding	kg	9.82E-01	9.82E-01	0	0
gemengd (schadelijke samenstel	kg	2.60E-01	2.28E-01	3.17E-02	0
vuren	kg	1.02E+02	2.55E+01	0	7.65E+01
hard pvc	kg	1.36E+00	0	0	1.36E+00
hoog actief vast afval	m3	8.98E-07	6.56E-07	2.41E-07	0
meranti	kg	1.49E+00	1.24E-01	0	1.36E+00
middel/laag actief vast afval	m3	2.21E-06	1.61E-06	5.91E-07	0
mijnafval zoutwinning	kg	1.19E-01	1.19E-01	0	0
mijnafval bauxietwinning	kg	3.97E+01	3.97E+01	0	0
mijnafval ijzerertswinning	kg	2.12E+00	2.12E+00	0	0
mijnafval steenzout	kg	1.09E+00	9.59E-01	1.33E-01	0
mijnafval van kolen	kg	5.27E+00	3.85E+00	1.41E+00	0
mijnafval voor verbranding	kg	2.09E+00	2.09E+00	0	0
slakken hoogovens	kg	2.65E-02	2.65E-02	0	0
oxykalkslib (chemisch afval)	kg	1.32E-02	1.32E-02	0	0
polybuteenkit	kg	3.02E+00	0	2.30E+00	7.19E-01
procesafval pvc	kg	3.21E-02	1.71E-02	1.50E-02	0
pur_schuim	kg	4.45E+00	0	3.40E+00	1.05E+00
pvc procesafval	kg	1.88E-01	1.88E-01	0	0
red mud bayerproces	kg	7.44E+00	7.44E+00	0	0
staal	kg	5.46E-01	0	0	5.46E-01
verbrandingsafval	kg	3.55E-03	2.60E-03	9.52E-04	0
verf	kg	6.03E+00	3.60E-02	2.40E+00	3.60E+00
vlieg en bodemas na hergebr.	kg	2.52E+00	1.84E+00	6.74E-01	0
vuren	kg	1.40E+01	1.36E+00	0	1.26E+01

vervolg tabel 3.3 B: vuren kozijn absolute waarden van de milieueffecten

vervolg AFVAL

fase in de levensloop		week	pvc	kg	2.31E+01	1.88E+01	3.00E+00	1.24E+00
-----------------------	--	------	-----	----	----------	----------	----------	----------

UITSTOOT NAAR LICHT

1.2_dichloorethaan	kg	2.95E-02	2.59E-02	3.59E-03	0
cadmium	kg	7.53E-05	5.73E-05	1.79E-05	0
chloor	kg	6.45E-03	6.45E-03	6.33E-07	0
fluoride	kg	3.52E-03	3.03E-03	4.91E-04	0
ftaalzuuranhydride	kg	5.15E-04	2.16E-04	2.99E-04	0
kooldioxyde	kg	4.43E+02	1.26E+02	2.87E+02	0
koolmonoxyde	kg	1.06E-01	9.60E-02	6.29E-03	0
kwik	kg	1.19E-05	9.43E-06	2.49E-06	0
kws	kg	1.77E-01	1.65E-01	1.19E-02	0
pak	kg	1.18E-07	8.62E-08	3.16E-08	0
stikstofoxyde	kg	1.21E+00	7.06E-01	4.27E-01	0
stof	kg	2.47E-01	2.43E-01	4.00E-03	0
teer	kg	3.47E-04	3.47E-04	0	0
terpentine	kg	2.27E+00	1.07E+00	1.20E+00	0
vinylchloride	kg	2.43E-02	2.13E-02	2.95E-03	0
zoutzuur	kg	2.26E-03	1.98E-03	2.74E-04	0
zwaveldioxyde	kg	1.37E+00	1.18E+00	1.18E-01	0

LOZING NAAR WATER

2_chloorethanol	kg	5.21E-03	4.56E-03	6.33E-04	0
bod	kg	6.76E-03	5.86E-03	9.00E-04	0
cadmium	kg	1.64E-05	1.64E-05	0	0
fenol	kg	3.30E-04	2.89E-04	4.01E-05	0
fluoride	kg	7.44E-02	3.82E-06	0	7.44E-02
ijzer	kg	2.60E-03	0	0	2.60E-03
kwik	kg	2.95E-07	2.59E-07	3.59E-08	0
lood	kg	6.95E-05	6.09E-05	8.44E-06	0
teer	kg	4.51E-06	4.51E-06	0	0
trichloorethanol	kg	2.08E-02	1.83E-02	2.53E-03	0
vinylchloride	kg	9.90E-05	8.67E-05	1.20E-05	0
weekmaker	kg	3.04E-02	2.85E-02	0	1.86E-03
zink	kg	8.18E-05	0	0	8.18E-05

Tabel 3.3 C: IROKO KOZLIJN absolute waarden van de milieu-effecten (E+03 betekent 10<sup>3</sup>)

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort
<b>GRONDSTOFFEN</b>					
ba/cd_stabilisator (poeder)	kg	3.24E-02	3.24E-02	0	0
bauxiet	kg	1.12E+01	1.12E+01	0	0
gas	m3	2.33E+02	5.52E+01	1.77E+02	0
ijzererts	kg	5.28E+00	5.27E+00	0	0
iroko hout (uit afrika)	kg	1.83E+02	1.83E+02	0	0
kalksteen	kg	6.71E-01	6.71E-01	0	0
kolen	kg	4.88E+01	3.86E+01	9.68E+00	0
lood	kg	0	0	0	0
looderts	kg	0	0	0	0
meranti	kg	3.22E+00	3.22E+00	0	0
naftaleen	kg	8.88E-01	3.81E-01	5.08E-01	0
olie	kg	1.73E+01	9.24E+00	8.84E+00	0
secundair aluminium	kg	9.98E-01	9.99E-01	0	0
steenzout	kg	5.30E+00	2.51E+00	2.79E+00	0
titaandioxyde	kg	1.68E+00	6.04E-01	1.08E+00	0
uraniumerts	kg	2.49E-01	1.47E-01	1.01E-01	0
vuren	kg	2.38E+01	2.38E+01	0	0
weekmaker (di_2_eth.hex.p	kg	1.58E+00	4.07E-01	1.18E+00	0
zink	kg	1.12E-01	1.12E-01	0	0
<b>AFVAL</b>					
aangetast tropisch woud	m2	2.22E+02	2.22E+02	0	0
afgevangen stof bayerproces	kg	4.33E-01	4.33E-01	0	0
afval chloorproductie	kg	4.50E-02	1.75E-02	2.74E-02	0
afval door verbranding	kg	6.75E-02	2.63E-02	4.12E-02	0
afval kalkbereiding	kg	4.99E-02	4.99E-02	0	0
afval verbranding	kg	6.59E-01	6.59E-01	0	0
gemengd (schadelijke samenstel	kg	6.75E-02	2.63E-02	4.12E-02	0
hard pvc	kg	1.04E+00	0	0	1.04E+00
hoog actief vast afval	m3	1.63E-06	9.66E-07	6.64E-07	0
iroko	kg	1.09E+02	2.72E+01	0	8.18E+01
meranti	kg	3.23E+00	3.22E-01	0	2.91E+00
middel/laag actief vast afval	m3	4.01E-06	2.37E-06	1.63E-06	0
mijnafval zoutwinning	kg	7.99E-02	7.99E-02	0	0
mijnafval bauxietwinning	kg	2.66E+01	2.66E+01	0	0
mijnafval ijzerertswinning	kg	1.45E+01	1.45E+01	0	0
mijnafval steenzout	kg	2.83E-01	1.11E-01	1.73E-01	0
mijnafval van kolen	kg	9.57E+00	5.67E+00	3.90E+00	0
mijnafval voor verbranding	kg	1.40E+00	1.40E+00	0	0
slakken hoogovens	kg	1.82E-01	1.81E-01	0	0
oxykalkslib (chemisch afval)	kg	9.08E-02	9.07E-02	0	0
polybuteenkit	kg	3.03E+00	0	2.40E+00	6.34E-01
procesafval pvc	kg	3.46E-02	1.51E-02	1.95E-02	0
pur schuim	kg	4.28E+00	0	3.40E+00	8.84E-01
red mud bayerproces	kg	4.99E+00	4.99E+00	0	0
staal	kg	3.74E+00	0	0	3.74E+00
verbrandingsafval	kg	6.45E-03	3.82E-03	2.63E-03	0
verf	kg	6.19E+00	3.95E-02	2.20E+00	3.95E+00
vlieg en bodemas na hergebr.	kg	4.57E+00	2.71E+00	1.86E+00	0
vuren	kg	1.53E+01	1.56E+00	0	1.37E+00
week pvc	kg	5.25E+00	0	3.90E+00	1.35E+00

vervolg tabel 3.3 C: iroko kozijn absolute waarden van de milieueffecten

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort
<b>UITSTOOT NAAR LUCHT</b>					
1.2 dichloorethaan	kg	7.65E-03	2.98E-03	4.66E-03	0
cadmium	kg	1.28E-04	7.84E-05	4.94E-05	0
chlloor	kg	4.33E-03	4.33E-03	8.23E-07	0
fluoride	kg	4.46E-03	3.10E-03	1.35E-03	0
ftaalzuuranhydride	kg	4.21E-04	1.51E-04	2.70E-04	0
kooldioxyde	kg	5.25E+02	1.82E+02	3.40E+02	0
koolmonoxyde	kg	7.96E-02	7.20E-02	7.33E-03	0
kwik	kg	1.41E-05	8.11E-06	6.00E-06	0
lws	kg	1.24E-01	1.05E-01	1.94E-02	0
pak	kg	2.14E-07	1.27E-07	8.72E-08	0
stikstofoxyde	kg	1.22E+00	7.10E-01	5.04E-01	0
stof	kg	1.76E-01	1.67E-01	9.84E-03	0
teer	kg	2.33E-04	2.33E-04	0	0
terpentine	kg	6.11E+00	2.91E+00	3.20E+00	0
vinylchloride	kg	6.30E-03	2.46E-03	3.84E-03	0
zoutzuur	kg	5.85E-04	2.28E-04	3.57E-04	0
zwaveldioxyde	kg	1.14E+00	9.99E-01	1.37E-01	0
<b>LOZING NAAR WATER</b>					
2_chloorethanol	kg	1.35E-03	5.26E-04	8.23E-04	0
bad	kg	4.76E-03	3.95E-03	8.10E-04	0
cadmium	kg	1.25E-05	1.25E-05	0	0
fenol	kg	8.55E-05	3.33E-05	5.21E-05	0
fluoride	kg	5.20E-03	2.56E-06	0	5.20E-03
ijzer	kg	1.77E-02	0	0	1.77E-02
kwik	kg	7.65E-08	2.98E-08	4.66E-08	0
lood	kg	1.80E-05	7.02E-06	1.10E-05	0
teer	kg	3.03E-06	3.03E-06	0	0
trichloorethanol	kg	5.40E-03	2.11E-03	3.29E-03	0
vinylchloride	kg	2.56E-05	1.00E-05	1.56E-05	0
weekmaker	kg	2.08E-03	0	0	2.08E-03
zink	kg	5.62E-04	0	0	5.62E-04



Tabel 3.3 D: MERANTI KOZIJN absolute waarden van de milieu-effecten (E+03 betekent 10<sup>3</sup>)

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort
<b>GRONDSTOFFEN</b>					
ba/cd_stabilisator	kg	3.56E-02	3.55E-02	0	0
bauxiet	kg	1.39E+01	1.39E+01	0	0
gas	m3	2.35E+02	5.21E+01	1.75E+02	0
ijzererts	kg	6.45E-01	6.46E-01	0	0
kalksteen	kg	3.15E-01	3.15E-01	0	0
kolen	kg	5.03E+01	3.81E+01	8.73E+00	0
lood	kg	0	0	0	0
looderts	kg	0	0	0	0
meranti	kg	9.48E+01	9.48E+01	0	0
naftaleen	kg	8.51E-01	4.19E-01	4.32E-01	0
olie	kg	2.26E+01	2.02E+01	7.87E+00	0
secundair aluminium	kg	1.25E+00	1.25E+00	0	0
steenzout	kg	1.39E+01	1.39E+01	0	0
titaandioxyde	kg	1.63E+00	7.08E-01	9.20E-01	0
uraniumerts	kg	1.73E-01	1.37E-01	3.65E-02	0
vuren	kg	1.83E+01	1.84E+01	0	0
weekmaker (di_2_eth.hex.p	kg	5.10E+00	5.10E+00	0	0
zink	kg	1.37E-02	1.37E-02	0	0
<b>AFVAL</b>					
aangetast tropisch woud	m2	3.98E+01	3.98E+01	0	0
afgevangen stof bayerproces	kg	5.41E-01	5.41E-01	0	0
afval chloorproductie	kg	1.28E-01	1.28E-01	0	0
afval door verbranding	kg	1.92E-01	1.92E-01	0	0
afval kalkbereiding	kg	6.24E-02	6.24E-02	0	0
afval verbranding	kg	8.24E-01	8.24E-01	0	0
gemengd (schadelijke samenstel	kg	1.92E-01	1.92E-01	0	0
hard pvc	kg	1.14E+00	0	0	1.14E+00
hoog actief vast afval	m3	1.14E-06	8.97E-07	2.39E-07	0
meranti	kg	9.48E+01	2.37E+01	0	7.11E+01
middel/laag actief vast afval	m3	2.79E-06	2.20E-06	5.88E-07	0
mijnafval zoutwinning	kg	9.98E-02	9.98E-02	0	0
mijnafval bauxietwinning	kg	3.33E+01	3.33E+01	0	0
mijnafval ijzerertswinning	kg	1.78E+00	1.78E+00	0	0
mijnafval steenzout	kg	8.06E-01	8.05E-01	0	0
mijnafval van kolen	kg	6.67E+00	5.26E+00	1.40E+00	0
mijnafval voor verbranding	kg	1.75E+00	1.75E+00	0	0
slakken hoogovens	kg	2.22E-02	2.22E-02	0	0
oxykalkslib (chemisch afval)	kg	1.11E-02	1.11E-02	0	0
polybuteenkit	kg	2.90E+00	0	2.30E+00	6.03E-01
procesafval pvc	kg	1.44E-02	1.43E-02	0	0
pur schuim	kg	4.28E+00	0	3.40E+00	8.84E-01
pvc procesafval	kg	1.58E-01	1.58E-01	0	0
red mud bayerproces	kg	6.24E+00	6.24E+00	0	0
staal	kg	4.58E-01	0	0	4.58E-01
verbrandingsafval	kg	4.49E-03	3.55E-03	9.45E-04	0
verf	kg	4.41E+00	4.37E-02	0	4.37E+00
vlieg en bodemas na hergebr.	kg	3.18E+00	2.51E+00	6.70E-01	0
vuren	kg	1.18E+01	1.14E+00	0	1.06E+01
week pvc	kg	1.98E+01	1.58E+01	3.00E+00	1.04E+00

vervolg tabel 3.3 D: meranti kozijn absolute waarden van de milieueffecten

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort
<b>UITSTOOT NAAR LUCHT</b>					
1.2_dichloorethaan	kg	2.17E-02	2.17E-02	0	0
cadmium	kg	9.17E-05	7.39E-05	1.78E-05	0
chloor	kg	5.41E-03	5.41E-03	0	0
fluoride	kg	3.73E-03	3.24E-03	4.88E-04	0
ftaalzuuranhydride	kg	4.07E-04	1.77E-04	2.30E-04	0
kooldioxyde	kg	5.24E+02	1.70E+02	3.35E+02	0
koolmonoxyde	kg	9.63E-02	8.77E-02	6.47E-03	0
kwik	kg	1.25E-05	1.06E-05	1.88E-06	0
kws	kg	1.54E-01	1.43E-01	1.09E-02	0
pak	kg	1.49E-07	1.18E-07	3.14E-08	0
stikstofoxyde	kg	1.30E+00	7.63E-01	4.88E-01	0
stof	kg	2.11E-01	2.08E-01	3.16E-03	0
teer	kg	2.91E-04	2.91E-04	0	0
terpentine	kg	5.09E+00	2.29E+00	2.80E+00	0
vinylchloride	kg	1.79E-02	1.79E-02	0	0
zoutzuur	kg	1.66E-03	1.66E-03	0	0
zwaveldioxyde	kg	1.31E+00	1.14E+00	1.22E-01	0
<b>LOZING NAAR WATER</b>					
2_chloorethanol	kg	3.84E-03	3.84E-03	0	0
bod	kg	5.59E-03	4.90E-03	6.90E-04	0
cadmium	kg	1.38E-05	1.37E-05	0	0
fenol	kg	2.43E-04	2.43E-04	0	0
fluoride	kg	5.20E-03	3.20E-06	0	5.20E-03
ijzer	kg	2.18E-03	0	0	2.18E-03
kwik	kg	2.17E-07	2.17E-07	0	0
lood	kg	5.12E-05	5.11E-05	0	0
teer	kg	3.79E-06	3.79E-06	0	0
trichloorethanol	kg	1.54E-02	1.53E-02	0	0
vinylchloride	kg	7.29E-05	7.29E-05	0	0
weekmaker	kg	4.99E-02	2.39E-02	0	2.60E-02
zink	kg	6.86E-05	0	0	6.86E-05

Tabel 3.3 E: KUNSTSTOF KOZLIJN absolute waarden van de milieu-effecten (E+03 betekent 10<sup>3</sup>)

fase in de levensloop		totaal	productie	gebruik	stort
<b>GRONDSTOFFEN</b>					
ba/cd_stabilisator (poeder)	kg	1.48E+00	1.48E+00	0	0
gas	m3	2.41E+02	3.07E+01	1.87E+02	0
ijzererts	kg	1.85E+01	1.85E+01	0	0
kalksteen	kg	1.63E+00	1.63E+00	0	0
kolen	kg	3.56E+01	1.83E+01	7.46E+00	0
lood	kg	0	0	0	0
meranti	kg	2.60E+00	2.60E+00	0	0
naftaleen	kg	3.58E-01	3.23E-01	3.52E-02	0
olie	kg	3.00E+01	3.76E+01	8.05E+00	0
steenzout	kg	3.73E+01	3.73E+01	0	0
titaandioxyde	kg	5.64E-01	4.92E-01	7.26E-02	0
uraniumerts	kg	1.21E-01	8.59E-02	3.49E-02	0
vuren	kg	4.77E+01	4.76E+01	0	0
zink	kg	3.94E-01	3.93E-01	0	0
<b>AFVAL</b>					
aangetast tropisch woud	m2	1.09E+00	1.09E+00	0	0
afval chloorproductie	kg	3.68E-01	3.68E-01	0	0
afval door verbranding	kg	5.51E-01	5.51E-01	0	0
ept	kg	5.51E+00	0	3.90E+00	1.61E+00
gemengd (schadelijke samenstel	kg	5.51E-01	5.51E-01	0	0
hard pvc	kg	4.80E+01	4.96E-01	0	4.75E+01
hoog actief vast afval	m3	7.92E-07	5.63E-07	2.29E-07	0
meranti	kg	2.62E+00	2.60E-01	0	2.36E+00
middel/laag actief vast afval	m3	1.95E-06	1.38E-06	5.63E-07	0
mijnafval ijzerertswinning	kg	5.10E+01	5.08E+01	0	0
mijnafval steenzout	kg	2.32E+00	2.32E+00	0	0
mijnafval van kolen	kg	4.65E+00	3.30E+00	1.34E+00	0
slakken hoogovens	kg	6.37E-01	6.35E-01	0	0
oxykalkslib (chemisch afval)	kg	3.19E-01	3.18E-01	0	0
polybuteenkit	kg	2.35E+00	0	1.80E+00	5.46E-01
procesafval pvc	kg	3.81E-01	3.81E-01	0	0
pur_schuim	kg	6.81E+00	0	5.20E+00	1.61E+00
staal	kg	1.28E+01	0	0	1.28E+01
verbrandingsafval	kg	3.13E-03	2.23E-03	9.05E-04	0
verf	kg	2.37E+00	1.49E-02	0	2.36E+00
vlieg en bodemas na hergebr.	kg	2.22E+00	1.58E+00	6.41E-01	0
vuren	kg	3.06E+01	3.10E+00	0	2.75E+01
<b>UITSTOOR NAAR LUCHT</b>					
1.2_dichloorethaan	kg	6.25E-02	6.25E-02	0	0
cadmium	kg	3.55E-04	3.38E-04	1.70E-05	0
chloor	kg	1.10E-05	1.10E-05	0	0
fluoride	kg	1.62E-03	1.15E-03	4.67E-04	0
ftaalzuuranhydride	kg	1.42E-04	1.24E-04	1.83E-05	0
kooldioxyde	kg	5.14E+02	1.04E+02	3.54E+02	0
koolmonoxyde	kg	3.70E-02	2.60E-02	4.74E-03	0
kwik	kg	1.65E-05	1.47E-05	1.80E-06	0
kws	kg	6.05E-02	5.85E-02	2.07E-03	0
pak	kg	1.04E-07	7.39E-08	3.01E-08	0
stikstofoxyde	kg	1.02E+00	3.77E-01	4.94E-01	0

vervolg tabel 3.3 E: kunststof kozijn absolute waarden van de milieueffecten

fase in de levensloop		totaal	produktie	gebruik	stort
(vervolg: uitstoot naar lucht)					
stof	kg	2.48E-02	2.18E-02	3.02E-03	0
terpentine	kg	7.20E-02	0	7.20E-02	0
vinylchloride	kg	5.15E-02	5.15E-02	0	0
zoutzuur	kg	4.78E-03	4.78E-03	0	0
zwaveldioxyde	kg	5.70E-01	3.38E-01	1.00E-01	0
LOZING NAAR WATER					
2_chloorethanol	kg	1.10E-02	1.10E-02	0	0
bod	kg	4.27E-04	3.72E-04	5.50E-05	0
cadmium	kg	5.78E-04	5.73E-04	0	5.70E-06
fenol	kg	6.98E-04	6.98E-04	0	0
fluoride	kg	6.20E-03	0	0	6.20E-03
ijzer	kg	6.45E-02	0	0	6.45E-02
kwik	kg	6.25E-07	6.25E-07	0	0
lood	kg	1.47E-04	1.47E-04	0	0
trichloorethanol	kg	4.41E-02	4.41E-02	0	0
vinylchloride	kg	2.09E-04	2.10E-04	0	0
zink	kg	1.98E-03	0	0	1.98E-03

LITERATUUR (op nummer)

- 1 Duin, R. van, Kerkhoven, R., (1988) Milieu- en energieaspecten van metalen. Bureau Brandstoffen en Grondstoffen (B&G), Rotterdam. (sec. bronnen, meestal jaren '80)
- 2 Duin, R. van, de Graaf, B., (1987) (conceptrapport) Milieu- en energieaspecten van kunststoffen. Bureau Brandstoffen en Grondstoffen (B&G), Rotterdam. (sec. bronnen D + CH, meest jaren '80)
- 3 Fecker, I., (1989) Herstellung von Aluminium: Ökologische Bilanz-Betrachtungen. Aktualisierte Daten. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), St. Gallen. '89 (vnl. prim. bronnen '88 + aanvull. '74)
- 4 Thalmann, W.R., Humbel, V., (1985) Herstellung von Stahl und Weissblech: Ökologische Bilanz-Betrachtungen. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), St. Gallen. (sec. bronnen, meestal jaren '70)
- 5 Thalmann, W.R., Humbel, V., (1985) Herstellung der Kunststoffe LD-PE, HD-PE, PVC und HI-PS: Ökologische Bilanz-Betrachtungen. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), St. Gallen. (sec. bronnen, meestal jaren '70)
- 6 Reinders, M.E., (1984) Handbook of emission factors. Part 2: Industrial sources. Ministerie van VROM, SDU/DOP, 's-Gravenhage. (sec. bronnen jaren '70 en schattingen)
- 7 Bundesamt für Umweltschutz (BUS), (1984) Ökobilanzen von Packstoffen. Schriftenreihe Umweltschutz no. 24, Bern.
- 8 Bremmer, H.J., e.a., (1988) Inventarisatie halogeenkoolwaterstoffen in Nederland; afvalstromen en emissies, verwerkings- en bestrijdingstechnieken. RIVM-rapport 738608002, Bilthoven.
- 9 Schouten, A.E., van der Vegt, A.K., (1987) Plastics. Delta Press, Overberg.
- 10 Egmond van, N.D., (1986) Luchtverontreiniging ten gevolge van de uitworp van kolengestookte installaties. Nationaal Onderzoeksprogramma Kolen. Stichting Projektbeheerbureau Energieonderzoek (PEO), Utrecht.
- 11 CBS, (1987) Luchtverontreiniging, emissies door verbranding van fossiele brandstoffen in vuurhaarden 1980-1985. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- 12 CBS (1989) Luchtverontreiniging, emissies door stoken van fossiele brandstoffen in vuurhaarden 1987 en 1988. CBS-kwartaalberichten milieu 3: 22-23.
- 13 Blok, K., Fockens, S., Bijlsma, F., Okken, P.A., (1988) CO<sub>2</sub>-emissiefactoren voor brandstoffen in Nederland. Stichting Energie Centrum Nederland, Petten.
- 14 Gächter, R., Müller, H., (1983) Taschenbuch der Kunststoff-Additive. Carl Hanser Verlag München Wien.

- 15 Carlowitz, B., (1986) Kunststoff-Tabellen. Carl Hanser Verlag München Wien.
- 16 Braun, D., (1986) Simple methods for identification of plastics. Carl Hanser Verlag München Wien.
- 17 Saechtling, H., (1987) International plastics handbook: for the technologist, engineer and user. Carl Hanser Verlag München Wien.
- 18 Korfker, B., (red) (1975) Polytechnisch zakboekje. Koninklijke PENA, Arnhem.
- 19 Hout vademecum 1981
- 20 Boorsma, K., (1980) Energiebewuste materiaalkeuze. HVI, Amsterdam.
- 21 Grijp de, telefonisch onderhoud dd 12-12-1989, Dienst Volkshuisvesting Amsterdam (DHV).
- 22 Krüse, telefonisch onderhoud dd 13-12-1989, Eland Brandt Amsterdam.
- 23 Intriall Montage Leiden, telefonisch onderhoud dd 13-12-1989.
- 24 Dubelaar, telefonisch onderhoud dd 28-2-1990, Stichting Keuringsbureau Hout.
- 25 Heij, J.L., telefonisch onderhoud dd 14-12-1989, redactie Kunststof en Rubber.
- 26 Visser, J.M., telefonisch onderhoud dd 19-12-1989, Nationale Woning Raad Almere.
- 27 Broek van de, telefonisch onderhoud dd 3-1-1990, Centrum voor Onderzoek en Technisch advies (COT), Haarlem.
- 28 Sträter, telefonisch onderhoud dd 9-1-1990, organisatie voor Bouw, Markt en Technologieontwikkeling B.V. (BMT), Utrecht.
- 29 Pouw Kraan van de, telefonisch onderhoud dd 9-1-1990, sloper.
- 30 Koster, telefonisch onderhoud dd 18-1-1990, Centrum voor Onderzoek en Technisch advies (COT), Haarlem.
- 31 Compri, telefonisch onderhoud dd 18-1-1990.
- 32 Banga, telefonisch onderhoud dd 19-1-1990, Centrum Hout.
- 33 Doorgeest, telefonisch onderhoud dd 26-1-1990, Verfinstituut TNO.
- 34 Korf, telefonisch onderhoud dd 31-1-1990, Centrum voor Onderzoek en Technisch advies (COT), Haarlem.
- 35 Verschoor, telefonisch onderhoud dd 1-2-1990, KIBA.
- 36 Duin van, telefonisch onderhoud dd 8-2-1990, Bureau B&G.

- 41 Tweede Kamer, (1984-1985) Electriciteitsvoorzieningen 1990, Vergaderjaar 1984-1985, 18830.
- 42 Tweede Kamer, (1986) Evaluatie nieuwbouwprogramma.
- 43 Duin, R. van, Kerkhoven, R., (1988) Produktanalyses en produktvergelijkingen. Bureau Brandstoffen en Grondstoffen (B&G), Rotterdam.
- 44 Ansems, A.M.M., e.a. (1988) Hergebruik; mogelijkheden en knelpunten. Deel A: Disciplinegerichte probleemanalyse. TNO, Apeldoorn.
- 45 Duin, R. van, Joziassse, T.A., (1985) Energiebesparings- en milieuaspecten bij de verwerking van kunststofafval. Ministerie van VROM, SDU/DOP, 's-Gravenhage.
- 46 Veer, T.O.M. de, Jarmaat, R., (1989) Bouwen zonder tropisch hardhout. Stichting Werkgroep Behoud Tropisch Regenwoud, Amsterdam.
- 47 CBS, (1988) Waterkwaliteitsbeheer. Deel A: lozing van afvalwater 1985. Voorburg.
- 48 Ministerie van VROM, Informatiebundel autospuiterijen 1985
- 49 Mosthaf, H. en Nikles, A., (1989) Ökobilanz von Kunststoffverpackungen. BASF-Ludwigshafen.
- 50 De Boer, R.C. en Dielen, L.J.M., (1989) Tropisch bos, tropisch hout en Nederland. Stichting Bos en Hout.
- 51 Visser, J.M., (1986) Keuze-aspecten kozijnen, ramen en daken. Bouwwe-reld 83 (23): 25-27.  
  
Visser, J.M., (1989) Afwegingen bij de keuze van een kozijn. Bouwwe-reld 85 (9a): 6-7.
- 52 SRR-rapport, Montage van PVC-kozijnen.
- 53 Korf, Chr., Kettenis, J.J., de Jonker, M., (1989) Afdichtingssystemen voor gevelelementen; schuimkitband, een nieuwe schuimband-variant. Gevel Technisch Magazine (2):10-12.
- 54 Korf, Chr., Kettenis, J.J., de Jonker, M., (1988) Afdichtingssystemen voor gevelelementen. Gevel Info dec. 1988: 10-14.
- 55 Grotenbreg, W., (1989) Tropisch hout; terug naar vuren en grenen. Bouw 24 feb. 1989: 36-38.
- 56 Verband Kunststoff Industrie, PVC-Argumentarium 1989
- 57 Vos, B.H., (1989) Isolatie van gevels en daken: de warmte-doorgangscoefficiënt. De Bouwadviseur 31 (jan/feb): 46-49.
- 58 Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, (1990) Lucht-en wateremissies van de bedrijfscategorieën 293 en 295. Emissieregistratie VROM 1990, Leidschendam.
- 59 Breman, B., Zandanel, B., (1988) Poly-urethaanschuimen; alternatieven om CFK-gebruik te beperken. Chemiewinkel Rijksuniversiteit Groningen.

- 60 Thalmann, W.R., (1989) Herstellung von PVC: Ökologische Bilanz-Betrachtungen. St. Gallen.
- 61 Landelijke Coördinatie Commissie Afvalbeleid (LOCA), (1989) Voorstel tot vernieuwing van het afvalstoffenbeleid.
- 62 Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA) N.V., (1989) Locatie Sloe. Locatiegebonden milieu effect rapport; verwerking en opslag van radioactief afval.
- 63 IMP Afvalstoffen 1985-1989, Tweede Kamer 1984-1985, nr 18606
- 64 Slob, A.F.L., (1989) Beleid inzake de  $\text{NO}_x$ -emissie van CV-ketels; een verkenning van de mogelijkheden. Advies aan het ministerie van VROM. CEA, Rotterdam.
- 65 CBS, (1987) Produktiestatistieken industrie: verf-, lak-, vernis- en drukinktindustrie 1984 en 1985. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- 66 Rijsdorp, I., Huppes, G., Muis, H., Slob, A.F.L., (1989a) Coördinatie van produktgerichte studies. Centrum voor Milieukunde Leiden; Communicatie en Adviesbureau over Energie en Milieu, Rotterdam.
- 67 Rijsdorp, I., Guinée, J., Huppes, G., (1989b) Milieu-effecten van huishoudelijke verpakkingen. CML-Mededelingen 59, Centrum voor Milieukunde RU Leiden.
- 68 Druijff, E.A., (1984) Milieurelevante produktinformatie. CML-Mededelingen 15, Centrum voor Milieukunde RU Leiden.
- 69 Berg van den, M.M.H.E., Schmidt, D., van Koten-Hartogs, M., Huppes, G., de Groot, W., (1986) Potenties van produktbeleid. CML-Mededelingen 26, Centrum voor Milieukunde RU Leiden.
- 70 Arbeidsinspectie, (1989) Nationale MAC-lijst 1989. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg.
- 71 Waterleidingsbesluit, (1984) Besluit van 2 april 1984, houdende wijziging van het Waterleidingsbesluit (Stb. 1960, 345). Staatsblad 1984, 220.
- 72 Linden, van de, A.C., e.a., (1985) Bouwfysica. Hoofdbureau Bouwfysica Rijksgebouwendienst. Walltman, Delft.
- 73 VROM, (1990) Stoffen en normen 1990. Centrale Directie Voorlichting en Externe Betrekkingen, 's-Gravenhage.



LITERATUUR (alfabetisch)

- Ansems, A.M.M., e.a. (1988) Hergebruik; mogelijkheden en knelpunten. Deel A: Disciplinegerichte probleemanalyse. TNO, Apeldoorn.
- Arbeidsinspectie, (1989) Nationale MAC-lijst 1989. Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg.
- Banga, telefonisch onderhoud dd 19-1-1990, Centrum Hout.
- Bestrijdingsplan verzuring 2000, (1989) Tweede Kamer 1988-1989, 18225, nr 31. SDU uitgeverij 's-Gravenhage.
- Berg van den, M.M.H.E., Schmidt, D., van Koten-Hartogs, M., Huppes, G., de Groot, W., (1986) Potenties van produktbeleid. CML-Mededeelingen 26, Centrum voor Milieukunde RU Leiden.
- Blok, K., Fockens, S., Bijlsma, F., Okken, P.A., (1988) CO<sub>2</sub>-emissiefactoren voor brandstoffen in Nederland. Stichting Energie Centrum Nederland, Petten.
- Boer de, R.C. en Dielen, L.J.M., (1989) Tropisch bos, tropisch hout en Nederland. Stichting Bos en Hout.
- Boorsma, K., (1980) Energiebewuste materiaalkeuze. HVI, Amsterdam.
- Braun, D., (1986) Simple methods for identification of plastics. Carl Hanser Verlag München Wien.
- Breman, B., Zandanel, B., (1988) Poly-urethaanschuimen; alternatieven om CFK-gebruik te beperken. Chemiewinkel Rijksuniversiteit Groningen.
- Bremmer, H.J., e.a., (1988) Inventarisatie halogeenkoolwaterstoffen in Nederland; afvalstromen en emissies, verwerkings- en bestrijdingstechnieken. RIVM-rapport 738608002, Bilthoven.
- Broek van de, telefonisch onderhoud dd 3-1-1990, Centrum voor Onderzoek en Technisch advies (COT), Haarlem.
- Bundesamt für Umweltschutz (BfU), (1984) Ökobilanzen von Packstoffen. Schriftenreihe Umweltschutz no. 24, Bern.
- Carlowitz, B., (1986) Kunststoff-Tabellen. Carl Hanser Verlag München Wien.
- CBS, (1987) Luchtverontreiniging, emissies door verbranding van fossiele brandstoffen in vuurhaarden 1980-1985. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- CBS, (1987) Produktiestatistieken industrie: verf-, lak-, vernis- en drukinktindustrie 1984 en 1985. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- CBS, (1988) Waterkwaliteitsbeheer. Deel A: lozing van afvalwater 1985. Voorburg.

- CBS (1989) Luchtverontreiniging, emissies door stoken van fossiele brandstoffen in vuurhaarden 1987 en 1988. CBS-kwartaalberichten milieu 3: 22-23.
- Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA) N.V., (1989) Locatie Sloe. Locatiegebonden milieu effect rapport; verwerking en opslag van radioactief afval.
- Compri, telefonisch onderhoud dd 18-1-1990.
- Doorgeest, telefonisch onderhoud dd 26-1-1990, Verfinstituut TNO.
- Druijff, E.A., (1984) Milieurelevante produktinformatie. CML-Mededeelingen 15, Centrum voor Milieukunde RU Leiden.
- Dubelaar, telefonisch onderhoud dd 28-2-1990, Stichting Keuringsbureau Hout.
- Duin, R. van, Joziassse, T.A., (1985) Energiebesparings- en milieuaspecten bij de verwerking van kunststofafval. Ministerie van VROM, SDU/DOP, 's-Gravenhage.
- Duin, R. van, de Graaf, B., (1987) (conceptrapport) Milieu- en energieaspecten van kunststoffen. Bureau Brandstoffen en Grondstoffen (B&G), Rotterdam. (sec. bronnen D + CH, meest jaren '80)
- Duin, R. van, Kerkhoven, R., (1988) Milieu- en energieaspecten van metalen. Bureau Brandstoffen en Grondstoffen (B&G), Rotterdam. (sec. bronnen, meestal jaren '80)
- Duin, R. van, Kerkhoven, R., (1988) Produktanalyses en produktvergelijkingen. Bureau Brandstoffen en Grondstoffen (B&G), Rotterdam.
- Duin van, telefonisch onderhoud dd 8-2-1990, Bureau B&G.
- Egmond van, N.D., (1986) Luchtverontreiniging ten gevolge van de uitwerp van kolengestookte installaties. Nationaal Onderzoekprogramma Kolen. Stichting Projektbeheerbureau Energieonderzoek (PEO), Utrecht.
- Fecker, I., (1989) Herstellung von Aluminium: Ökologische Bilanz-Betrachtungen. Aktualisierte Daten. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), St. Gallen. '89 (vnl. prim. bronnen '88 + aanvull. '74)
- Gächter, R., Müller, H., (1983) Taschenbuch der Kunststoff-Additive. Carl Hanser Verlag München Wien.
- Grijp de, telefonisch onderhoud dd 12-12-1989, Dienst Volkshuisvesting Amsterdam (DHV).
- Grotenbreg, W., (1989) Tropisch hout; terug naar vuren en grenen. Bouw 24 feb. 1989: 36-38.
- Heij, J.L., telefonisch onderhoud dd 14-12-1989, redaktie Kunststof en Rubber.
- Hout vademecum 1981

- IMP Afvalstoffen 1985-1989, Tweede Kamer 1984-1985, nr 18606
- Intriall Montage Leiden, telefonisch onderhoud dd 13-12-1989.
- Korf, telefonisch onderhoud dd 31-1-1990, Centrum voor Onderzoek en Technisch advies (COT), Haarlem.
- Korf, Chr., Kettenis, J.J., de Jonker, M., (1988) Afdichtingssystemen voor gevelelementen. Gevel Info dec. 1988: 10-14.
- Korf, Chr., Kettenis, J.J., de Jonker, M., (1989) Afdichtingssystemen voor gevelelementen; schuimkitband, een nieuwe schuimband-variant. Gevel Technisch Magazine (2):10-12.
- Korfker, B., (red) (1975) Polytechnisch zakboekje. Koninklijke PENA, Arnhem.
- Koster, telefonisch onderhoud dd 18-1-1990, Centrum voor Onderzoek en Technisch advies (COT), Haarlem.
- Krüse, telefonisch onderhoud dd 13-12-1989, Eland Brandt Amsterdam.
- Landelijke Coördinatie Commissie Afvalbeleid (LCCA), (1989) Voorstel tot vernieuwing van het afvalstoffenbeleid.
- Linden, van de, A.C., e.a., (1985) Bouwfysica. Hoofdbureau Bouwfysica Rijksgebouwendienst. Walltman, Delft.
- Milieuprogramma 1989-1992, Voortgangsrapportage, Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 20803, nrs. 1-2
- Ministerie van VROM, Informatiebundel autospuiterijen 1985
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, (1990) Lucht- en wateremissies van de bedrijfstcategorieën 293 en 295. Emissieregistratie VROM 1990, Leidschendam.
- Mosthaf, H. en Nikles, A., (1989) Ökobilanz von Kunststoffverpackungen. BASF-Ludwigshafen.
- Pouw Kraan van de, telefonisch onderhoud dd 9-1-1990, sloper.
- Reinders, M.E., (1984) Handbook of emission factors. Part 2: Industrial sources. Ministerie van VROM, SDU/DOP, 's-Gravenhage. (sec. bronnen jaren '70 en schattingen)
- Rijsdorp, I., Huppes, G., Muis, H., Slob, A.F.L., (1989a) Coördinatie van produktgerichte studies. Centrum voor Milieukunde Leiden; Communicatie en Adviesbureau over Energie en Milieu, Rotterdam.
- Rijsdorp, I., Guinée, J., Huppes, G., (1989b) Milieu-effecten van huishoudelijke verpakkingen. CML-Mededelingen 59, Centrum voor Milieukunde RU Leiden.
- Saechtling, H., (1987) International plastics handbook: for the technologist, engineer and user. Carl Hanser Verlag München Wien.

- SER-rapport, Montage van PVC-kozijnen.
- Schouten, A.E., van der Vegt, A.K., (1987) *Plastics*. Delta Press, Overberg.
- Slob, A.F.L., (1989) *Beleid inzake de NO<sub>x</sub>-emissie van CV-ketels; een verkenning van de mogelijkheden*. Advies aan het ministerie van VROM. CEA, Rotterdam.
- Sträter, telefonisch onderhoud dd 9-1-1990, organisatie voor Bouw, Markt en Technologieontwikkeling B.V. (BMT), Utrecht.
- Thalmann, W.R., Humbel, V., (1985) *Herstellung von Stahl und Weissblech: Ökologische Bilanz-Betrachtungen*. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), St. Gallen. (sec. bronnen, meestal jaren '70)
- Thalmann, W.R., Humbel, V., (1985) *Herstellung der Kunststoffe LD-PE, HD-PE, PVC und HI-PS: Ökologische Bilanz-Betrachtungen*. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), St. Gallen. (sec. bronnen, meestal jaren '70)
- Thalmann, W.R., (1989) *Herstellung von PVC: Ökologische Bilanz-Betrachtungen*. St. Gallen.
- Tweede Kamer, (1984-1985) *Electriciteitsvoorzieningen 1990, Vergaderjaar 1984-1985*, 18830.
- Tweede Kamer, (1986) *Evaluatie nieuwbouwprogramma*.
- Veer, T.O.M. de, Jarmaat, R., (1989) *Bouwen zonder tropisch hardhout*. Stichting Werkgroep Behoud Tropisch Regenwoud, Amsterdam.
- Verband Kunststoff Industrie, *PVC-Argumentarium 1989*
- Verschoor, telefonisch onderhoud dd 1-2-1990, KITBA.
- Visser, J.M., (1989) *Afwegingen bij de keuze van een kozijn*. *Bouwereld* 85 (9a): 6-7.
- Visser, J.M., (1986) *Keuze-aspecten kozijnen, ramen en daken*. *Bouwereld* 83 (23): 25-27.
- Visser, J.M., telefonisch onderhoud dd 19-12-1989, Nationale Woning Raad Almere.
- Vos, B.H., (1989) *Isolatie van gevels en daken: de warmtedoorgangscoefficiënt*. *De Bouwadviseur* 31 (jan/feb): 46-49.
- VROM, (1990) *Stoffen en normen 1990*. Centrale Directie Voorlichting en Externe Betrekkingen, 's-Gravenhage.
- Waterleidingsbesluit, (1984) *Besluit van 2 april 1984, houdende wijziging van het Waterleidingsbesluit (Stb. 1960, 345)*. Staatsblad 1984, 220.