

**ENERGIE-INTENSITEITEN VAN DE  
NEDERLANDSE WONING**

K. Vringer  
K. Blok

93037

**ENERGIE-INTENSITEITEN VAN DE  
NEDERLANDSE WONING**

K. Vringer  
K. Blok

juli 1993

93037

Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving  
Universiteit Utrecht  
Padualaan 14  
3584 CH Utrecht



## VOORWOORD

Dit rapport is tot stand gekomen door financiële ondersteuning van het ministerie van VROM (onder coördinatie van de Nederlandse Organisatie Voor Energie en Milieu (NOVEM)) en het Nationale Onderzoeks Programma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatsverandering (NOP-MLK).

In een samenwerkingsverband tussen de Interfacultaire Vakgroep Energie- en Milieukunde van de RijksUniversiteit Groningen (IVEM-RUG), de afdeling Beleidsstudies van het EnergieCentrum Nederland te Petten (ESC-ECN) en de vakgroep NatuurWetenschap en Samenleving van de Universiteit Utrecht (NW&S-UU) is gestreefd naar een volledig overzicht van de energie-intensiteiten van de producten en diensten welke tezamen het volledige consumptiepakket van huishoudens in Nederland dekken. De berekeningen van deze energie-intensiteiten zijn verantwoord in een viertal studies. Het betreft de studies:

- R. Kok, H.C. Wilting, W. Biesiot. *Energie-intensiteiten van voedingsmiddelen*. Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, Rijksuniversiteit Groningen (IVEM-RUG). Groningen, 1993.
- K.F.B. de Paauw, A.H. Perrels. *De energie-intensiteit van consumptiepakketten*. Energieonderzoek Centrum Nederland. Petten, 1993, ECN-C-93-043.
- K. Vringer, K. Blok. *Energie-intensiteiten van de nederlandse woning*. Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht (NW&S-UU), nr:93037. Utrecht, juli 1993.
- K. Vringer, J. Potting, K. Blok. *Energie-intensiteiten van de nederlandse huishoudelijke inboedel*. Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht (NW&S-UU), nr:93077. Utrecht, november 1993.

Hierbij willen wij iedereen bedanken die informatie heeft gegeven ten behoeve van het totstandkomen van dit rapport. Ook willen wij Harry Wilting, Rixt Kok, Wouter Biesiot, Adriaan Perrels en Karla de Paauw bedanken voor hun opmerkingen op concepten van dit rapport.

Kees Vringer,  
Kornelis Blok.



## SUMMARY

This study is a part of a project, called "Energy intensity of lifestyles". The target of this project is to get a view on the cumulative energy requirement of primary energy carriers for several lifestyles in the Netherlands.

In this study the energy requirement of houses is analyzed. Also is described how the energy requirement of the house is coupled with the households of the Netherlands Household Expenditure Survey.

Before one can discuss ways of reducing the energy demand of households, one needs to have quantitative information concerning the cumulative (i.e. direct and indirect) energy requirement of households. To make an overview, the energy intensities (in MJ/DFI.) of about 350 consumption categories (which cover together the total Dutch consumption package) are determined with a hybrid energy analyzing method. The used hybrid energy analyzing method combines process analysis and input-output analysis. To calculate the energy requirement of the average Dutch household the 350 energy intensities are combined with data of the Netherlands Household Expenditure Survey of 1990, which contains the spendings of 2767 representative households in the Netherlands. The energy intensities of all the 350 consumption categories are justified in four studies. This study is one of these four studies.

In this study first three reference houses are analyzed for their primary energy requirement during the complete life cycle. For this three reference houses the energy requirement is calculated to be 127, 103 and 85 MJ per m<sup>2</sup> per year for respectively a detached house, row house and flat. The total energy requirement for the complete life cycle is calculated to be respectively 669, 543 and 454 GJ. The results of the in this study calculated energy requirements are comparable with the calculated energy requirements from other studies.

The yearly energy requirement for one house can be calculated with a in this study generated formula. The yearly energy requirement for the house can be calculated by multiplying the total surface with the yearly energy requirement per m<sup>2</sup>. The surface of the living room and kitchen and the total amount of rooms are known from the Netherlands Household Expenditure Survey of 1990.

The total surface of the houses in the Netherlands Household Expenditure Survey varies from 16 to 147 m<sup>2</sup>, with an average of 70 m<sup>2</sup>. The total energy requirement of the average dutch house amounts 8.8 GJ per year, varying from 2.4 to 22.5 GJ per year. The house rent (average: DFI. 7,330 per year) has an average energy intensity of 1.2 MJ/DFI, which varies from 0.01 to 12 MJ/DFI.



**INHOUDSOPGAVE**

VOORWOORD .....	3	
SUMMARY .....	5	
INHOUDSOPGAVE.....	7	
1 INLEIDING ENERGIE-ANALYSE VAN DE WONING.....	9	
1.1 Energie-intensiteit en levensstijlen .....	9	
1.2 De gevolgde aanpak.....	10	
2 ENERGIE-ANALYSE VAN DE REFERENTIEWONINGEN.....	12	
2.1 Energie-analyse methode.....	12	
2.2 Materialenanalyse van de referentiewoningen .....	13	
2.2.1 De tuinkamerwoning.....	15	
2.2.2 De portiekwoning .....	23	
2.2.3 De totale materialenbalans van de rijtjes-, vrijstaande-, en portiekwoning.....	28	
2.3 De bouwkosten.....	31	
2.4 Makelaar en notaris.....	32	
2.5 Transport .....	33	
2.6 Het directe energieverbruik in de bouwfase .....	33	
2.7 Afval.....	33	
2.8 Restgoederen .....	33	
2.9 Het energiebeslag voor bouw, aflevering en sloop van de referentiewoningen .....	34	
3 ENERGIEBESLAG GEDURENDE DE LEVENSLLOOP VAN DE WONING.....	35	
3.1 De levensduur en leegstand van de woning.....	35	
3.2 De makelaar, notaris en verhuurdiensten.....	35	
3.3 Onderhoud aan de woning .....	35	
3.4 Totale jaarlijkse energiebeslag referentiewoningen .....	37	
4 BEREKENING ENERGIEBESLAG VAN DE WONINGEN VAN DE RESPONDENTEN UIT HET BUDGETONDERZOEK .....	39	
4.1 Energiebeslag en grootte van de referentie woningen .....	39	
4.2 Verrekening type en grootte van de woning in het budgetonderzoek.....	39	
4.3 Beperkingen bij de toekenning van het jaarlijkse energiebeslag.....	41	
5 GEMIDDELDE ENERGIEBESLAG VAN DE NEDERLANDSE WONING .....	42	
6.....	VERGELIJKING MET ANDERE STUDIES	44
LITERATUUR.....	45	
BIJLAGEN .....	47	
Bijlage A Toegevoegde basisgegevens voor EAP .....	47	
Bijlage B Plattegronden en aanzichten van de in dit rapport gebruikte NOVEM- referentiewoningen .....	48	
Bijlage C Gemaakte berekeningen voor de drie referentiewoningen en onderhoud welke met EAP zijn uitgevoerd .....	49	





## 1 INLEIDING ENERGIE-ANALYSE VAN DE WONING

In dit rapport wordt het energiebeslag van de nederlandse woning geanalyseerd. Ook wordt beschreven hoe het energiebeslag voor de woning kan worden toegerekend aan individuele huishoudens uit [Budgetonderzoek, 1993, 1].

In paragraaf 1.1 zal in het kort het project "Energie-intensiteit en levensstijlen", waar dit rapport onderdeel van uitmaakt, worden toegelicht. Vervolgens wordt in paragraaf 1.2 de aanpak van de energie-analyse van drie referentiewoningen beschreven. In hoofdstuk 2 wordt de energie-analyse van drie referentiewoningen beschreven, welke de basis vormen voor de analyse van het energiebeslag voor de woningen in het budgetonderzoek. In hoofdstuk 3 wordt het energiebeslag bepaald voor de gehele levensloop van de referentiewoningen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 besproken hoe het jaarlijkse energiebeslag van de referentiewoningen aan de huishoudens in het budgetonderzoek wordt toegekend en in hoofdstuk 5 worden de resultaten besproken. Tot slot worden de resultaten van deze studie in hoofdstuk 6 vergeleken met andere studies.

### 1.1 Energie-intensiteit en levensstijlen

Het gebruik van fossiele energiedragers is een van de hoofdoorzaken van CO<sub>2</sub>-emissies van menselijke oorsprong. Een manier om de CO<sub>2</sub>-emissie te beperken is te besparen op de energievraag van huishoudens. Een huishouden gebruikt echter niet alleen energie in de vorm van gas, elektriciteit en benzine, maar ook in de vorm van consumentenprodukten (voedsel, meubels) en diensten (loodgieter, notaris). Volgens [Engelenburg, 1991, 3] bestaat ongeveer de helft van het huishoudelijk energieverbruik uit indirect energieverbruik. Het project "Energie-intensiteit en levensstijlen" heeft tot hoofddoel een beeld te krijgen van het beslag op primaire energiedragers en de energie-intensiteit voor een aantal gedifferentieerde levensstijlen. Voordat er gekeken kan worden naar het verschil in energieverbruik tussen verschillende levensstijlen, is kwantitatieve informatie over het directe- en indirecte energieverbruik van huishoudens onontbeerlijk [Engelenburg, 1991, 3]. Op de achterliggende vraag of beïnvloeding van het consumptiepatroon, om zo de energievraag van huishoudens te verlagen, een beleidsaspect van de milieupolitiek kan zijn, wordt uiteindelijk getracht een antwoord te geven.

Om een overzicht te maken van het totale cumulatieve huishoudelijke energieverbruik is voor het gehele huishoudelijke consumptiepakket, onderverdeeld in consumptiecategorieën (afgeleid uit [Budgetonderzoek, 1993, 1]), de energie-intensiteit berekend. De energie-intensiteit, welke wordt uitgedrukt in Méga-Joules per gulden (MJ/gld), varieert per soort produkt of dienst [van Rossum, 1991, 3]. Als de energie-intensiteiten voor de consumptiecategorieën berekend is, is het mogelijk geldelijke uitgaven om te rekenen naar energiebeslag door de energie-intensiteit te vermenigvuldigen met de uitgave.

Om het energiebeslag van verschillende huishoudens te kunnen berekenen is gebruik gemaakt van [Budgetonderzoek, 1993, 1]. Het budgetonderzoek voor het jaar 1990 omvat de uitgaven van ruim 2700 huishoudens voor ongeveer 350 consumptiecategorieën in het jaar 1990.

Volgens [Budgetonderzoek,1993,1] werd in 1990 gemiddeld in Nederland f 7.330 aan huur/huurwaarde per jaar per huishouden uitgegeven, ruim 15% van het totale netto inkomen per huishouden. Om het uitgegeven bedrag aan huur voor huishoudens welke een woning huren te kunnen vergelijken met de huishoudens die een koopwoning bezitten, is voor de huishoudens uit het budgetonderzoek een (economische) huurwaarde door een deskundige geschat. Wegens het grote aandeel van de uitgave aan huur(waarde) van het totale gemiddelde huishoudbudget is getracht het energiebeslag van de woning zo goed mogelijk toe te schrijven aan de individuele huishoudens. In dit rapport wordt beschreven hoe deze individuele toedeling van het energiebeslag van de woning voor de respondenten van het budgetonderzoek plaatsvindt.

## 1.2De gevolgde aanpak

Een woning in de stad Utrecht verschilt aanzienlijk in (huur)prijs van een woning op het Groningse platteland. Ook spelen onder andere de lokale situering en leeftijd van de woning een rol. De huur of huurwaarde is om daarom geen goede maatstaf voor de fysieke kenmerken van de woning.

Het energiebeslag is dan ook niet aan de hand van de huur/huurwaarde berekend, maar volgens de hieronder beschreven aanpak, waarmee over de totale levensloop van de woning het energiebeslag wordt geanalyseerd. Bij de berekeningen in gebruik gemaakt van een hybride energie-analyse methode welke is beschreven in [Engelenburg,1991,3].

Als eerste zijn een drietal referentiewoningen geheel geanalyseerd. Er is gebruik gemaakt van twee NOVEM-referentiewoningen en een daaruit afgeleide woning. De geanalyseerde referentiewoningen betreffen:

- de portiekwoning<sup>a</sup> [Bouman 1,1988,3]
- de tuinkamerwoning<sup>b</sup> [Bouman 2,1988,3],
- een vrijstaande woning (afgeleid uit [Bouman 2,1988,3])

Hoewel de bouwwijze van de gemiddelde Nederlandse woning snel kan veranderen worden de referentiewoningen representatief geacht. Uit [Bouman 1,1988,3] en [Bouman 2,1988,3] zijn de benodigde basismaterialen voor elke referentiewoning afgeleid. Het energieverbruik in de bouwphase is berekend met als producent de sector bouwnijverheid en installatiebedrijven. Voor een schatting van de bouw- en stichtingskosten van de woning zijn gegevens uit [Bouman 1,1988,3] en [Bouman 2,1988,3] gebruikt. Het energiebeslag van de handel en diensten is gelijk aan het energiebeslag van de notaris en makelaar waarvan het energiebeslag volgens een input/output analyse is berekend. Het transport van de bouwmaterialen van de fabriek naar de bouwplaats is daarna in rekening gebracht. Bij het berekenen van de energievraag voor de afvalverwerking, is rekening gehouden met de specifieke

---

<sup>a</sup>De portiekwoning is een 3- of 4-kamer flat. Zie ook bijlage B

<sup>b</sup>De tuinkamerwoning is een 4-kamer rijtjeswoning. Zie ook bijlage B.

verwijdering van sloop- en bouwafval. Tot slot is een energie-intensiteit van de restgoederen berekend waarbij rekening is gehouden met de samenstelling van de basismaterialen. Uit deze gegevens is het energiebeslag van de drie referentiewoningen berekend voor de bouw, aflevering en sloop.

Gedurende de levensloop van de woning moet deze onderhouden worden (groot onderhoud) en verandert de woning meerdere malen van bewoner of eigenaar. De energievraag voor het onderhoud en de mutaties voor de gehele levensloop is berekend zodat het totale energiebeslag van de woning gegeven kan worden.

Om tot een eerlijke toerekening van het energieverbruik voor de woning te komen is gebruik gemaakt van een aantal fysieke kenmerken welke in het budgetonderzoek zijn opgenomen. Mede op basis van de onderstaande vier kenmerken is het energiebeslag per huishouden berekend:

- De oppervlakte van de woonkamer
- De oppervlakte van de keuken
- Het aantal vertrekken
- Het type woning<sup>a</sup>

#### *De gebruikte basisgegevens*

Voor de berekeningen is in het algemeen uitgegaan van de default gegevens in het EAP-model [Wiltling,1992,3]. Er zijn echter een aantal gegevens met betrekking tot de basismaterialen aan het EAP-model toegevoegd en de energie-kentallen voor tropisch hardhout en gezaagd naaldhout zijn aangepast (zie bijlage A).

---

<sup>a</sup>In het budgetonderzoek zijn 6 typen woningen onderscheiden. Deze betreffen:

- vrijstaande woning	(11% / 10%)
- woning waaraan 1 of twee zijden is aangebouwd	(61% / 52%)
- portiek-, boven- en benedenwoning	(22% / 30%)
- boerderij of tuinderswoning	(2% / 2%)
- woning met winkel of werkplaats	(1% / 1%)
- anders	(2% / 4%)

De percentages betreffen respectievelijk het ongewogen en gewogen aandeel woningtypen van de huishoudens in de steekproef van het budgetonderzoek van 1990. De weging van de steekproef door het CBS vindt plaats op basis van een aantal variabelen om zoveel mogelijk een landelijke afspiegeling van de huishoudelijke uitgaven te verkrijgen.

## 2ENERGIE-ANALYSE VAN DE REFERENTIEWONINGEN

In dit hoofdstuk wordt de energie-analyse van de referentiewoningen besproken voor de bouw, aflevering en sloop. Als eerste wordt in paragraaf 2.1 kort ingegaan op de gebruikte energie-analyse methode. Vervolgens wordt in paragraaf 2.2 de materialenbalans en in paragraaf 2.3 de bouwkosten besproken. Dit zijn de belangrijke invoergegevens voor de gebruikte energie-analyse methodiek. Daarna wordt in paragraaf 2.4 en 2.5 het energieverbruik voor de tussenhandel (makelaar en notaris) en het transport besproken. Vervolgens wordt in paragraaf 2.6 het directe energieverbruik gedurende de bouwfase besproken en in paragraaf 2.7 en 2.8 wordt de energievraag voor de afvalverwerking en de restgoederen besproken. Tot slot wordt in paragraaf 2.9 het totale energiebeslag voor bouw, aflevering en sloop van de referentiewoningen berekend.

### 2.1Energie-analyse methode

Als basis voor de berekening van de energie-intensiteit van de produkten en diensten is een hybride energie-analyse methode gebruikt welke beschreven is in [Engelenburg,1991,3]. Om het gebruik van de hybride energie-analyse methode te vereenvoudigen heeft de IVEM-RUG hiervoor een computerprogramma gemaakt, het "Energie Analyse Programma" (EAP) [Wilting,1992,3].

De hybride energie-analyse methode welke in [Engelenburg,1991,3] is beschreven is deels op proces-analyse en deels op input/output-analyse gebaseerd. Met de methode worden de qua energieverbruik belangrijke onderdelen van de levensketen van het te berekenen produkt (of dienst) met behulp van een proces-analyse doorgerekend, terwijl de rest van de keten wordt doorgerekend met behulp van een input-output analyse. Alle energievragende onderdelen gedurende de levenscyclus van een produkt/dienst worden in rekening gebracht. Het EAP programma bevat een set basisgegevens met gegevens over basisprodukten, verpakkingen, transportmiddelen, producent, handel/diensten, direct energieverbruik en afvalverwerking. Deze basisgegevens zijn in het algemeen gebruikt voor de analyse. In sommige gevallen zijn gegevens aan het EAP programma toegevoegd. In dat geval wordt hiervan uitdrukkelijk melding gemaakt. Niet voor alle produkten en diensten of onderdelen daarvan is de hybride energie-analyse methode (volledig) geschikt. Ook dat wordt uitdrukkelijk vermeld. De methode wordt hieronder stapsgewijs doorgelopen.

Met de gebruikte *hybride energie-analyse methode* wordt stapsgewijs het energiebeslag berekend van het te analyseren produkt of dienst, in dit geval een woning. In de eerste stap wordt een stroomdiagram van de produktieketen van de grondstoffen tot en met de afvalverwerking voor de energievragende onderdelen opgesteld. Vervolgens wordt een massabalans opgesteld waarin alleen de basisgoederen staan waarvan de prijs en de GER bekend zijn. Daarna wordt een financiële balans opgesteld en wordt aan ieder onderdeel van de produktieketen een prijskaartje gehangen. De vierde stap bestaat uit het bepalen van de energiestromen ten gevolge van de basisgoederen en in de vijfde stap wordt het directe energieverbruik bij productie bepaald. Het energieverbruik voor de goederen en bewerkingen van deze goederen welke niet in de basisgoederen zijn

opgenomen/verdisconteerd (verder restgoederen genoemd), wordt berekend via de input/output energie-analyse methode. Bij de bepaling van de energie-intensiteit van de restgoederen wordt de energetische bijdrage van de sectoren van waaruit de reeds in de analyse meegenomen basisgoederen worden geleverd, bij de berekening van deze energie-intensiteit op nul gesteld. Dit om dubbel telling te voorkomen. In de volgende stap wordt het energieverbruik voor de afschrijvingen van de producerende sector in rekening gebracht. Tot slot wordt het energieverbruik voor transport, handel en de afvalverwerking in rekening gebracht en de energie-intensiteit in MJ/gld berekend.

Opgemerkt moet worden dat het directe energieverbruik van het consumptiegoed (denk aan de verwarming gedurende het gebruik van de woning) bij het gebruik van de hybride energie-analyse methode in deze studie buiten beschouwing is gelaten. Dit omdat er in het budgetonderzoek aparte consumptie categorieën zijn opgenomen voor het gas- en elektriciteitsverbruik.

## **2.2 Materialenanalyse van de referentiewoningen**

In deze paragraaf wordt de materialenbalans voor drie referentiewoningen behandeld. Aan de hand van de gegevens van de NOVEM-referentiewoningen [Bouman 1,1988,3][Bouman 2,1988,3] zijn de materialenbalansen opgesteld. Indien niet anders vermeld, zijn de gegevens afkomstig uit [Bouman 2,1988,3] voor de analyse van de tuinkamerwoningen en uit [Bouman 1,1988,3] voor de analyse van de portiekwoningen. Aannames en andere bronnen zijn uitdrukkelijk vermeld. In paragraaf 2.2.1 en 2.2.2 worden respectievelijk de tuinkamerwoning en de portiekwoning besproken. Vervolgens worden de samenstelling, de (in eerste instantie) gemaakte verwaarlozingen en de totale materialenbalans van de referentiewoningen besproken (paragraaf 2.2.3).

Bij het opstellen van de materialenbalans zijn een aantal algemene gegevens gebruikt. Een  $m^3$  specie heeft een samenstelling van 328 kg cement, 973 liter (1313 kg) zand en 71 liter (35,5 kg) kalk [Briedé,1977,2]. Voor betonwerk is per  $m^3$  van een samenstelling uitgegaan van 280 kg cement, 0,44  $m^3$  (594 kg) zand en 0,89  $m^3$  (1200 kg) grind. Veelal zijn in [Bouman 1,1988,3] en [Bouman 2,1988,3] de benodigde hoeveelheden materialen gegeven in  $m^2$  of  $m^3$ . Om deze gegevens om te rekenen naar kilogrammen is gerekend met de soortelijke gewichten welke in tabel 1 zijn vermeld.

Tabel 1 Gebruikte soortelijke gewichten

materiaal	soortelijk gewicht (kg/m <sup>3</sup> )	bron
PVC	1400	[Briedé,1977,2]
zand	1350	[Briedé,1977,2]
grind	1350	aangenomen
staal/ijzer	7900	[BINAS,1977,2]
koper	8900	[BINAS,1977,2]
vurehout	580	[Bouman,1988,3]
gips	957	uit [Briedé,1977,2] afgeleid
multiplex	350	schatting
polystyreenschuim (PS)	30	gemiddelde uit [Briedé,1977,2]
meranti (tropisch hardhout)	550	[Bouman,1988,3]
glas	2500	[Fraanje,1990,3]
houtplaten	580	aangenomen
kalkzandsteen	1800	[Briedé,1977,2]
polyetheen (PE)	930	[BINAS,1977,2]
glas/steenwol	35	[Fraanje,1990,3]
zink	6900	[BINAS,1977,2]

### 2.2.1 De tuinkamerwoning

Om de materialenanalyse van de tuinkamerwoning ook te kunnen gebruiken voor de analyse van een vrijstaande woning zijn de benodigde materialen opgedeeld in 3 modules, namelijk;

Module A: Materialen voor elke vrijstaande en rijtjeswoning (omvat alle materialen exclusief de materialen voor de woningscheidende wand en de kopgevel).

Module B: Materialen voor de woningscheidende wand

Module C: Materialen voor de kopgevel

De benodigde materialen voor de tuinkamerwoning worden per element besproken.

#### Module A materialen voor elke vrijstaande en rijtjeswoning

**Grondwerk** Aan zand moet een oppervlak van 6 maal 5 meter, 100 mm dik worden bedekt. Dat is per m<sup>2</sup> woningoppervlak 135 kg. Andere benodigde materialen voor de besloten grondbalans zijn voorlopig verwaarloosd, evenals variaties in de structuur van de ondergrond.

**Buitenriolering en drainage** [van Rossum, 1991, 3] schat het materialenbeslag van de buitenriolering als volgt: een PVC pijp met een doorsnee van 12,5 cm, een wanddikte van 3,2 mm en een lengte van 7,5 meter. De totale inhoud is in dat geval 9,4 dm<sup>3</sup> wat gelijk staat aan 13,2 kg PVC. Niet berekend zijn de drainageleiding en de hemelwaterafvoer.

**Bestrating** De bestrating bestaat uit betontegels van 300 x 300 x 45 mm, per tegel 4,05 dm<sup>3</sup>. Er gaan 11 tegels in een m<sup>2</sup>. Er is dus 0,045 m<sup>3</sup> beton per m<sup>2</sup> nodig. De nokkentegels zijn buiten beschouwing gelaten.

**Terreininventaris** De terrassenscheiding bestaat uit een schutting van een dubbele laag ongeschaafd vurehout van 19 x 150 mm planken, met 2 staanders van tropisch hardhout 2,5 meter x 9 cm x 9 cm en een oppervlak van 1,8 m x 1,8 m. Aan vurehout is dan 0,068 m<sup>3</sup>, en dus 39,7 kg vurehout nodig. Aan tropisch hardhout is 0,02 m<sup>3</sup> nodig, dat is 11,1 kg hardhout. De erfafscheiding is gemaakt van perkoenpalen met een doorsnee van 8 cm, wat een gewicht oplevert van 2,9 kg per strekkende meter. Geschat wordt dat per meter bepaling 0,5 meter perkoenpaal benodigd is. Het draad dat tussen de perkoenpalen wordt gespannen is buiten beschouwing gelaten.

**Heiwerk** Het fundament van de berging bestaat per dubbele berging uit 4 houten palen van 12 meter met betonoplagers van 2 meter



lang met een doorsnee van 0,31 meter. Aan vurehout is dan  $0,9 \text{ m}^3$  per paal nodig en dus  $1,81 \text{ m}^3$  vurehout (1049 kg) per woning. Aan beton is per paal  $0,151 \text{ m}^3$  nodig, dus  $0,3 \text{ m}^3$  per woning. Eventuele wapening van deze heipalen is niet berekend.

**Betonwerk**Onder de langsgevels liggen funderingsbalken van  $400 \times 500 \text{ mm}$  en 10,2 meter lang waar  $2,04 \text{ m}^3$  beton per woning voor nodig is. Voor de wapening is 70 kg staal per  $\text{m}^3$  nodig, dat is per woning 143 kg.

De werkvloeren zijn van 50 mm dik stampbeton gemaakt en over een oppervlakte van  $0,3 \times 10,2 \text{ m}$  aangebracht waarvoor  $0,15 \text{ m}^3$  beton nodig is.

Voor de funderingsbalken van de berging van  $300 \times 300 \text{ mm} \times 9,9 \text{ m}$  is  $0,891 \text{ m}^3$  nodig en 53,3 kg aan staal voor de wapening van  $60 \text{ kg/m}^3$ .

**Metselwerk**Het metselwerk voor de buitenspouwbladen bevat volgens

[Briedé,1977,2] 72 waalstenen van 1,7 kg per  $\text{m}^2$  halfsteens muur. Per  $\text{m}^2$  is dan 122 kg aan bakstenen benodigd. Tevens is volgens [Briedé,1977, 2] 1,96 tot 2,35 hectoliter per 1000 stenen aan specie nodig. Bij een gemiddelde van 2,16 hectoliter voor 1000 stenen is per  $\text{m}^2$  muur 0,15 hectoliter nodig.

Het metselwerk voor de binnenspouwbladen van de langsgevels is uitgevoerd met kalkzandstenen van het maasformaat ( $214 \times 102 \times 82 \text{ mm}$ ). De stenen wegen per stuk: 3,3 kg [Briedé,1977,2] en er kunnen er 97 in een  $\text{m}^2$  [Briedé,1977,2]. Voor de benodigde hoeveelheid specie wordt aangenomen dat dezelfde hoeveelheid per  $\text{m}^2$  nodig is als voor de buitenspouwbladen. Het vertinnen (met specie bedekken) van de binnenspouwbladen wordt voorlopig verwaarloosd.

De spouwmuurisolatie, waarvan het te bedekken deel gelijk is gesteld aan het oppervlak van het buitenmetselwerk, bestaat uit 75 mm dik steen- of glaswol. Volgens [Fraanje,1990,3] komt het gewicht neer op  $35 \text{ kg/m}^3$  ( $2,6 \text{ kg/m}^2$ ), wat een totaal van 68 kg steen- of glaswol per woning inhoud.

De binnenwanden zijn van gipsblokken gemaakt welke 70 mm dik zijn. Volgens [Briedé,1977,2] wegen deze blokken  $67 \text{ kg/m}^2$ . Er is per woning ongeveer  $57,3 \text{ m}^2$  (3840 kg) aan gipsblokken nodig.

Het trasraam van trasraamklinkers, tot 6 lagen boven maaiveld wordt voorlopig verwaarloosd.

**Systeemvloeren**

De begane grond van de woning heeft een systeemvloer welke bestaat uit betonnen liggers. De liggers bevatten

ongeveer (afgeleid uit de tekeningen in [Bouman,1988,3])  $0,01 \text{ m}^3$  beton per strekkende meter. Deze liggers worden om de 50 cm geplaatst zodat per  $\text{m}^2$  vloer  $0,02 \text{ m}^3$  beton aan liggers nodig is. Tussen de betonnen liggers worden volgens de tekeningen uit [Bouman 2,1988,3] polystyreen elementen geplaatst van ca. 20 cm dik. Aan polystyreen is dan per  $\text{m}^2$   $0,2 \text{ m}^3$  (6 kg) nodig. De vloer wordt vervolgens afgedekt met een ca. 12 cm dikke betonlaag (inclusief de deklaag) waarvoor  $0,12 \text{ m}^3$  per  $\text{m}^2$  nodig is. Voor de wapening van de vloer wordt aangenomen (gelijk aan de betonnen vloeren van de portiekwoning [Bouman 2,1988,3]) dat 45 kg staal per  $\text{m}^2$  vloer nodig is. Per woning is dan  $45,9 \text{ m}^2$  systeemvloer nodig.

De vloer van de schuur is bijna op dezelfde wijze opgebouwd als die van de begane grond van de woning. De polystyreen elementen zijn echter vervangen door lichtgewicht betonnen elementen. Dit heeft tot gevolg dat in plaats van het polystyreenschuim,  $0,2 \text{ m}^3$  lichtgewicht beton per  $\text{m}^2$  vloer nodig is. Bij een aangenomen soortelijk gewicht van  $500 \text{ kg/m}^3$  [Briedé,1977,2], is dan 100 kg (ca.  $0,05 \text{ m}^3$  gewoon beton) per  $\text{m}^2$  nodig. Per  $\text{m}^2$  vloer is dan  $0,17 \text{ m}^3$  beton nodig. Ook hier is aangenomen dat voor de wapening 45 kg staal per  $\text{m}^3$  beton nodig is.

**Breedplaatvloer** De verdiepingsvloeren bestaan uit 180 mm dik beton verdiepingen met een afdeklaag van 3 cm zodat totaal  $0,21 \text{ m}^3$  beton per  $\text{m}^2$  vloer nodig is. Aangenomen is dat voor de wapening 45 kg staal per  $\text{m}^3$  beton nodig is. Per woning is  $75 \text{ m}^2$  aan verdiepingsvloeren nodig.

**Houten draagconstructies** Het dak van de berging bestaat uit 19 mm dik multiplex ( $6,65 \text{ kg/m}^2$ ). Voor de draagbalken is aangenomen dat er 2 balken van 63 mm x 163 mm nodig zijn met een lengte van 2,4 meter.

Het dak van de woning bestaat uit houten spanten en dakelementen op een drager van multiplex met een (uit de tekening) geschatte dikte van 1 cm. Daaruit volgt dat aan multiplex  $0,01 \text{ m}^3$  (3,5 kg) multiplex per  $\text{m}^2$  nodig is. Per  $\text{m}^2$  zijn 3 daklatten nodig welke geschat worden op een dikte van  $2 \times 2 \text{ cm}$  ( $1,2 \text{ dm}^3$  hout per  $\text{m}^2$ ). Aangenomen wordt dat per woning 1 spant benodigd is met een totale lengte van 6 meter en een aangenomen dikte van  $63 \times 163 \text{ mm} = 0,06 \text{ m}^3$  vurehout. De 7 dwarsbalken hebben een lengte van 5,1 meter met een dikte van  $63 \times 163 \text{ mm}$ . Het vurehout gebruik komt dan op 3,11 kg per  $\text{m}^2$  dak.

De dakisolatie is van 55 mm dik polyurethaan (1,65 kg/m<sup>2</sup> dak en 107 kg polyurethaan per woning).  
Verwaarloosd worden voorlopig de gordingen en de dakrand afwerking van de kopgevel.

Dakbedekking en De dakbedekking van de schuur bestaat uit een dakramen dubbele bitumineuze afdekking. Aangenomen wordt dat dit 2,5 kg per m<sup>2</sup> weegt [Jellema,1983,2]. De dakrand van de schuur is voorzien van een aluminium daktrim. Geschat wordt dat deze per strekkende meter een kilo aluminium bevat. De omtrek van het dak per schuur is 8,9 meter. Het dak van de woning is afgedekt met betonnen sneldakpannen met een gewicht van 4,6 kg per stuk [Briedé,1977,2]. Per m<sup>2</sup> zijn 9 dakpannen nodig zodat er per m<sup>2</sup> 41,4 kg beton nodig is. Extra benodigheden voor de dakramen, zoals lood, worden voorlopig verwaarloosd.

Goten en hemelwater- Voor de schuur is een 1/2 regenpijp per woning nodig. afvoeren De geschatte doorsnee is 70 mm [Jellema,1983,2] bij een dikte van 3,2 mm, en een lengte van 2,4 meter. Per woning is dan 2,3 kg PVC nodig.

Voor de afwatering van het dak van de woning zijn 2 regenpijpen van PVC nodig. De doorsnee is geschat op 100 mm met een wanddikte van 2 mm. Er is 1 pijp nodig van 2,5 meter en 1 van 8,8 meter, wat totaal 10,08 kg pvc betekend.

De goten zijn van titaanzink gemaakt met een dikte van 0,8 mm. De breedte van het zink is geschat op 44 cm waaruit volgt dat de goten per m<sup>2</sup> 2,4 kg zink bevatten. Per woning is 10,2 meter nodig zodat per m<sup>2</sup> dak 0,4 kg zink nodig is.

KanalenDe mechanische ventilatie en de spiraalgefelsde, sendzimir verzinkte ventilatiekanalen worden voorlopig verwaarloosd.

Kozijnen, ramen en deurenDe voor- en achterdeur bestaan uit 40 mm dik meranti. Uit de tekeningen uit [Bouman 2,1988,3] wordt een oppervlak van 1,7 m<sup>2</sup> hout per deur geschat. Hieruit is afgeleid dat er per buitendeur 20,5 kg meranti nodig is. De grootte van de balken waaruit het deurkozijn bestaat wordt geschat op 90 x 144 mm bij 7,9 m. Het kozijn heeft dan een gewicht van 56 kg meranti. Aan glas is 0,77 m<sup>2</sup> voor de deur zelf nodig en 0,25 m<sup>2</sup> voor het bovenlicht. Er zijn twee buitendeuren per woning nodig.

De binnendeuren zijn 40 mm dik en hebben een oppervlak van 1,7 m<sup>2</sup>. Aangenomen wordt dat de binnendeuren uit triplex bestaat met een roosterwerk van laatjes van

binnen [Jellema, 1983,2]. Geschat wordt dat er 4 mm dik triplex is gebruikt en 1 latje vurehout per 4 cm van 0,5 cm dik, 3,2 cm breed en 2 meter lang. Totaal zijn 21 latjes nodig. Voor de massieve rand van de binnendeur is een balk van 7,5 cm breed, 3,2 cm diep en 3,7 meter lang nodig. Totaal is dan per binnendeur 8,7 kg vurehout en 4,8 kg triplex nodig.

De binnendeurkozijnen zijn gemaakt van een stuk plaatstaal van geschat 1 mm bij 210 mm bij ongeveer 7,5 meter. Er is dan ca. 12,5 kg staal per deurkozijn nodig. Per woning zijn 8 binnendeuren nodig.

De vurehouten deur van de schuur heeft een geschatte dikte van 40 mm en is ongeveer 0,83 x 2 meter. Totaal is dan 38,5 kg vurehout per schuurdeur nodig.

De ramen en kozijnen zijn van meranti gemaakt. De maten van de kozijnbalken zijn 67 x 144 mm voor de bovenkant van de kozijnen en 90 x 114 mm voor de onderkant van de kozijnen. Er is alleen gerekend met kozijnbalken van 67 x 144 mm. De planken voor de ramen meten 54 x 67 mm. Uit de tekeningen in [Bouman 2, 1988,3] is geschat dat er ca. 200 kg meranti nodig is voor de raamkozijnen en 12,5 kg meranti voor de ramen (16,1 kg meranti per m<sup>2</sup> kozijnoppervlak). Het oppervlak van de ruiten (exclusief de buitendeuren) is 5,1 m<sup>2</sup> dubbelglas. Hieruit volgt dat per m<sup>2</sup> kozijn ca. 0,4 m<sup>2</sup> dubbelglas nodig is. Voor de massabepaling is er gerekend met dubbelglas van 2 x 4 mm (20 kg per m<sup>2</sup> dubbel glas).

Het hang en sluitwerk (geschat op f 300 excl btw) en de aftimmering boven de kozijnen worden voorlopig verwaarloosd.

Houten en metalen Benodigd is een gesloten trap van vurehout naar de trappen en hekkeneerste verdieping. Volgens [van Rossum, 1991,3] zijn hiervoor 13 treden, 4 cm dik met een oppervlak van 0,2 m<sup>2</sup> nodig met afsluitingen aan de achterkant van 1 cm dik x 19 cm hoog en 93 cm breed. Dit geeft een totaal van 0,12 m<sup>3</sup> aan vurehout. Hier zijn echter 2 zijstukken bij opgeteld met een aangenomen dikte van 5 cm, 3,7 meter lengte en een breedte van 25 cm, wat een totaal van 0,21 m<sup>3</sup> aan vurehout geeft.

Voor een open trap naar zolder is volgens de bovenstaande berekening (echter exclusief de afsluitingen tussen de trap treden) 0,19 m<sup>3</sup> vurehout nodig. De muurleuningen met een doorsnee van 38 mm zijn van meranti gemaakt. Totaal is ongeveer 4,6 kg hardhout voor de muurleuningen per woning nodig. Het traphek van vurehout en de muurleuninghouders worden voorlopig verwaarloosd.

**Pleisterwerk binnenspouwblad en onderdorpels** wordt aangenomen dat er voor het pleisterwerk 1 cm mortel met de samenstelling van de gewone metselmortel is gebruikt. Volgens [van Rossum, 1991,3] bestaat een pleisterlaag uit ca. 9 mm mortel en 1 mm gipspleister. Er wordt aangenomen dat er voor het pleisterwerk 1 cm mortel met de samenstelling van de gewone metselmortel is gebruikt. Totaal is voor de woning 22,1 m<sup>2</sup> nodig. Het pleisterwerk van de neggen en het spuitwerk in het toilet, de keuken, de badkamer en de plafonds wordt voorlopig verwaarloosd, evenals de kunststenen onderdorpels voor de toilet en badkamer.

**Tegelwerk** Voor de wandtegels is gerekend met tegels van 0,6 cm dik en 100 tegels per m<sup>2</sup>. Voor een m<sup>2</sup> is dan ongeveer 10 kg nodig (totaal 20,3 m<sup>2</sup>).

De vloertegels wegen ongeveer 20 kg/m<sup>2</sup> (5 m<sup>2</sup> vloertegels per woning). Wegens het ontbreken van een GER van tegels en het feit dat klei de voornaamste grondstof is van tegels, is het totaalgewicht toegerekend aan bakstenen. De verglaasde ijzerklinker raamdorpelstenen worden voorlopig verwaarloosd.

**Behang** Per woning moet 170 m<sup>2</sup> muur worden behangen. Er is een gewicht van 175 g/m<sup>2</sup> geschat voor het behang, zodat per woning 29,75 kg aan papier nodig is.

**Binnentimmerwerk en binneninrichting** De vensterbanken bestaan uit spaanplaat met een totale lengte van 6,4 meter en een breedte van 15 tot 20 cm. Als wordt aangenomen dat de vensterbanken een dikte van 20 mm hebben is totaal ongeveer 12 kg spaanplaat per woning nodig (ca. 0,9 kg per m<sup>2</sup> raamkozijn oppervlak).

De plinten zijn van meranti (9 x 45 mm) en hebben een gewicht van 0,22 kg/m (totaal 68 meter per woning).

Het keukenblok is 2,1 meter lang. Geschat wordt dat deze 70 cm diep is en 1 meter hoog. Tevens wordt aangenomen dat de voorkant en de zijkanten van 1,5 cm dik spaanplaat zijn gemaakt en de achterzijde van 0,5 mm spaanplaat. Totaal is dan ongeveer 75 kg spaanplaat per keukenblok nodig. Verder wordt aangenomen dat het werkblad van staal is gemaakt en een dikte heeft van 3 mm, wat het gewicht op 34 kg brengt.

**Binnenriolering** Volgens [van Rossum, 1991,3] is 20 kg PVC voor de binnenriolering nodig.

**Waterinstallatie** Volgens [van Rossum, 1991,3] is 21,6 kg koper per woning nodig.

- Gasinstallatie** Volgens [van Rossum,1991,3] is 8 kg koper per woning nodig.
- Sanitair** Per woning is volgens [van Rossum,1991,3] 24 kg porselein nodig. Wegens het ontbreken van gegevens voor de berekening van de energie-intensiteit van porselein, is het sanitair voorlopig verwaarloosd.
- Elektrische installatie** Als wordt aangenomen dat per vertrek een PVC-buis van 15 mm doorsnee en 1 mm dikte nodig is, met een lengte van 8 meter is per woning 2,6 kg PVC nodig. Door iedere leiding lopen 3 koperdraden (24 m koperdraad) met een doorsnee van 1,5 mm met een totaalgewicht van 357 gram aan koper per vertrek (1,89 kg koper per woning).
- CV-installatie** Volgens [van Rossum,1991,3] is voor de radiatoren 80 kg aan staal voor een woonkamer van 26 m<sup>2</sup> nodig (3,1 kg/m<sup>2</sup>). Voor de keuken ligt deze verhouding op 3,7 kg/m<sup>2</sup>, voor de slaapkamers 2,1 kg/m<sup>2</sup> of 23 kg per slaapkamer en voor de overige ruimtes (gang, badkamer en toilet) 20 kg per woning. Voor de radiatoren en de leidingen is dan per m<sup>2</sup> vloeroppervlak 1,6 kg aan staal nodig.
- Aan leidingen is volgens [van Rossum,1991,3] ca. 30 kg staal per woning (3,8 kg staal per radiator) nodig. Voor diversen is vervolgens nog 5 kg koper en 1 kg staal nodig [van Rossum,1991,3]. Voor de rookgasdoorvoer is 1 kg aluminium nodig en 0,7 kg HDPE. Het HDPE wordt verwaarloosd. Voor de CV-ketel (zie analyse van de CV-ketel) is 20,1 kg staal, 14 kg aluminium, 0,25 kg koper en 0,44 kg polystyreen nodig.
- Verder zijn de knieschotten op slaapkamers, stofdorrels, meterkast, kasten in slaapkamers, warmwater-toestellen, een bad of douchebak, hoekstalen in de vloeren en een gipsplaten plafond in de badkamer voorlopig verwaarloosd. Volgens een ruwe schatting bedraagt het totaal aan verwaarlozingen ongeveer 3% van het totaalgewicht.

### **Module B materialensamenstelling woningscheidende wand**

- Heiwerk** Voor de woning zijn per wand 3 betonpalen (0,32 m bij 0,32 m) van 20 m lengte nodig (6,1 m<sup>3</sup> beton per wand). Voor de wapening (70 kg staal per m<sup>3</sup> beton) is per wand 430 kg staal nodig.
- Betonwerk** Voor de funderingsbalken (400 x 500 mm) onder de woningscheidende wand met een totale lengte van 9 meter is 1,8 m<sup>3</sup>

beton en 126 kg staal ( $70 \text{ kg/m}^3$  staal per  $\text{m}^3$  beton) nodig. Voor de stampbetonnen werkvloeren van 50 mm dik over een oppervlakte van 400 mm x 9 meter is  $0,18 \text{ m}^3$  beton nodig.

**Metselwerk** Voor het metselwerk van de woningscheidende wand welke bestaat uit 230 mm brede kalkzandsteen-elementen, is 414 kg kalkzandsteen per  $\text{m}^2$  nodig. De lijm waarmee de elementen op elkaar worden gelijmd wordt voorlopig verwaarloosd. De woningscheidende wand is  $52 \text{ m}^2$  groot.

### **Module C materialensamenstelling per kopgevel**

**Heiwerk** Zie de woningscheidende wand

**Betonwerk** Zie de woningscheidende wand

**Metselwerk** Voor het metselwerk van het buitenspouwblad geldt hetzelfde als voor het metselwerk van het buitenspouwblad van de langsevels. Totaal is de kopgevel  $62 \text{ m}^2$  groot.

**Binnenspouwblad kopgevel** Het binnenspouwblad van de kopgevel is gemaakt van kalkzandsteen-blokken van 150 mm dik. Per  $\text{m}^2$  binnenspouwblad is dan  $270 \text{ kg/m}^2$  aan kalkzandsteen nodig. De benodigde hoeveelheid specie voor het vertinnen van de binnenspouwbladen is gelijkgesteld aan de hoeveelheid specie welke voor het buitenmetselwerk nodig is.

**Isolatiemateriaal** Voor de isolatie is 75 mm dikke glas of steenwol gebruikt. Aangenomen is dat het te isoleren oppervlak gelijk is aan het metselwerk van het buitenspouwblad.

**Vloeren verdieping** Zie voor berekening module A. Per kopgevel is  $0,5 \text{ m}^2$  extra vloer nodig.

**Ramen en kozijnen** Voor het raam in de kopgevel is 16,6 kg meranti en  $0,9 \text{ m}^2$  glas nodig.

### 2.2.2 De portiekwoning

In [Bouman 1,1988,3] zijn de materialen voor de portiekwoning per portiek, welke uit 7 woningen bestaat, beschreven. Eén portiek omvat drie 3-kamerwoningen en vier 4-kamerwoningen. De gehele portiekflat omvat 4 portieken. Hieronder zijn de benodigde materialen per portiek gegeven.

**Grondwerk** Voor 28 woningen (de gehele flat) moet een oppervlak van 63,6 x 12 meter, 100 mm dik met wit zand worden bedekt (per portiek 191 m<sup>2</sup>). Andere benodigde materialen voor de besloten grondbalans zijn voorlopig verwaarloosd.

**Buitenriolering en drainage** Aangenomen is dat de benodigdheden voor de buitenriolering gelijk zijn aan die voor de hierboven beschreven tuinkamerwoning (dus 92,4 kg per portiek).

Niet berekend zijn de drainageleiding en de hemelwaterafvoer.

**Bestrating** De benodigde materialen zijn gelijk aan die voor de tuinkamerwoning (0,045 m<sup>3</sup> beton per m<sup>2</sup>). Er is 30 m<sup>2</sup> aan bestrating nodig per portiek. De nokkentangels zijn buiten beschouwing gelaten.

**Terreininventaris** De terrassenscheiding is gelijk aan die van de tuinkamerwoning. Er is echter 1 schutting nodig per portiek. Voor de erfafscheiding met perkoenpalen is per portiek 20 meter afscheiding nodig. De berekening is gelijk aan die voor de tuinkamerwoning.

**Heiwerk** Voor de fundering van een geheel blok van 28 woningen zijn 68 betonpalen van 0,32 x 0,32 meter breed en 20 m lang nodig (2,05 m<sup>3</sup> beton per paal). Dit is een hoeveelheid beton van 34,81 m<sup>3</sup> per portiek. Voor de wapening is 70 kg staal per m<sup>3</sup> beton nodig (2437 kg ijzer per portiek)

**Betonwerk** De funderingsbalken onder de woningscheidende wanden en kopgevels zijn 400 x 700 mm groot en onder de langsgevels 250 x 600 mm en hebben per woningblok een lengte respectievelijk 108 en 127,2 meter (12,3 m<sup>3</sup> beton per portiek) met een wapening van 90 kg staal per m<sup>3</sup> beton (1110 kg staal per portiek).

De werkvloeren zijn van 50 mm dik stampbeton gemaakt en over een oppervlakte van 0,4 x 108 meter plus 0,25 x 127,2 aangebracht waarvoor 0,94 m<sup>3</sup> beton nodig is. De betonnen wanden hebben een dikte van 200 mm en een wapening van 2,5 kg staal per m<sup>3</sup>. Totaal is 370,2 m<sup>2</sup> + 120 m<sup>2</sup> per kopgevel (2 kopgevels per 4 portieken )



- aan betonwanden nodig. Hiervoor is  $86,3 \text{ m}^3$  beton per portiek nodig.
- De verdiepings- en dakvloeren zijn van 180 mm dik beton met een wapening van 45 kg staal per  $\text{m}^3$ . Totaal is  $751,2 \text{ m}^2$  aan vloer nodig per portiek ( $135,2 \text{ m}^3$  beton en 6085 kg staal).
- De trappen en balkons zijn van prefab-beton gemaakt. Geschat wordt dat per portiek ca. 15 meter trap nodig welke een gemiddelde dikte van 18 cm heeft en een breedte van 1,3 meter. Voor de trap is dan  $3,5 \text{ m}^3$  nodig per portiek. Bij een wapening van 70 kg staal per  $\text{m}^3$  beton is dan 245 kg staal nodig. Voor de vloeren van de 6 balkons per portiek met een totaal oppervlak van  $55,3 \text{ m}^2$  en een aangenomen dikte van 200 mm is  $11,06 \text{ m}^3$  beton per portiek nodig. Als voor de wapening 70 kg staal per  $\text{m}^3$  beton nodig is, is 774,3 kg aan staal voor de balkons vereist.
- Metselwerk** Aan metselwerk van buitenspouwbladen is per portiek  $186,4 \text{ m}^2$  plus een halve kopgevel van  $144 \text{ m}^2$  is totaal  $258,4 \text{ m}^2$  nodig. De bouwmaterialen per  $\text{m}^2$  buitenspouwblad zijn net zo berekend als die per  $\text{m}^2$  buitenspouwblad van de tuinkamerwoning.
- Aan isolatie van de spouwmuren is totaal  $24 \text{ m}^2$  aan glaswol nodig (zie berekening tuinkamerwoning).
- Aan binnenspouwbladen en kalkzandstenen binnenmuren is totaal  $100,1 \text{ m}^2$  per portiek nodig. De berekening is gelijk aan die van de tuinkamerwoning.
- De binnenwanden van de woningen zijn gemaakt van gipsblokken van 70 mm dik ( $67 \text{ kg/m}^2$ ). Per portiek is  $417 \text{ m}^2$  nodig. Het trasraam is voorlopig verwaarloosd.
- Systeemvloeren** De vloer van de begane grond is een systeemvloer met dezelfde specificaties als die van de tuinkamerwoning en het bijbehorende schuurtje. Per portiek is  $87,5 \text{ m}^2$  aan systeemvloer onder de portiekwoning onder de begane grond nodig en  $87,5 \text{ m}^2$  aan systeemvloer onder de 7 schuurtjes.
- Dekvloeren** Voor de dekvloeren, welke 2 cm dikker zijn dan die van de tuinkamerwoning, moet voor  $580 \text{ m}^2$  (totaal  $11,6 \text{ m}^3$  beton) worden bijgeteld. De in [Bouman 1,1988,3] opgevoerde slijtlaag ( $62 \text{ m}^2$  per portiek) wordt voorlopig verwaarloosd.
- Houten draagconstructies** Per portiek is  $147,3 \text{ m}^2$  aan geprefabriceerde binnenspouwbladen met een draagconstructie van vurehouten stijlen en regels nodig. De prefab binnenspouwbladen zijn van binnen naar buiten opgebouwd uit:

- 10 mm gipsvezelplaat (1407 kg)
- 0,15 mm PE folie (20 kg)
- 90 mm steen/glaswol (466 kg)
- 3,2 mm asbestcement (0,47 m<sup>3</sup>)

Als benadering voor asbestcement (wat in werkelijkheid voor 10 tot 75% asbest bevat [Briedé,1977,2]) wordt aangenomen dat dit voor 100% uit specie bestaat. Het in de binnenspouwbladen verwerkte hout wordt voorlopig verwaarloosd.

**Metalen draagconstructies** Er zijn per portiek 2 hijsbalken van staal nodig. Er is een schatting van het gewicht van de hijsbalken gemaakt: 500 kg per balk.

De oplegging van bordesplaten in de trappenhuizen is uitgevoerd met verzinkte en tweemaal gebitumeerde hoekstalen. In [Bouman 1,1988,3] is reeds een hoeveelheid staal van 1700 kg per portiek gegeven. De mechanische ventilatie, de spiraalgefelsde, sendzimir verzinkte ventilatiekanalen en de ventilatieschoorstenen van betonelementen worden verwaarloosd.

**Kozijnen, ramen en deuren** Voor de kozijnen, ramen en deuren is uitgegaan van dezelfde samenstelling als van de tuinkamerwoning. De hoeveelheden zijn alleen op basis van het in [Bouman 1,1988,3] gegeven oppervlak berekend en het aantal in de tekening getelde deuren.

Totaal is per woning 17,22 m<sup>2</sup> aan raamkozijn nodig (120,6 m<sup>2</sup> per portiek).

De panelen van melamine plaat worden voorlopig verwaarloosd (per woning aan buiten kozijn 3,15 m<sup>2</sup> en aan binnen kozijn 0,9 m<sup>2</sup>)

Aan gedeeltelijk beglaasde buitendeuren zijn totaal 22 deuren nodig (1 per portiek en 3 per woning).

De woningtoegangsdeur is een massieve deur. Aangenomen wordt dat deze 40 mm dik is en een oppervlak van 1,77 m<sup>2</sup> heeft (38 kg meranti). Het kozijn is vergelijkbaar gesteld aan die van de andere buitendeuren (56,3 kg meranti per kozijn).

De toegangsdeuren van de berging zijn volgens [Bouman 1,1988,3] van multiplex gemaakt. Er is echter aangenomen dat de schuurdeuren gelijk zijn aan die van de tuinkamerwoning.

De binnendeuren en kozijnen zijn dezelfde als die van de tuinkamerwoning. Er zijn totaal per portiek 46 deuren nodig.

Het hang en sluitwerk (geschat op f 300 excl btw), de raamdorpelstenen en de aftimmering boven de kozijnen worden voorlopig verwaarloosd.

Traphekken e.d. De in de trappenhuizen gebruikte traphekken zijn van verzinkt staal met een houten leuning. Ook zijn aan de muurzijde houten muurleuningen aangebracht.

De muurleuningen zijn gelijkgesteld aan de muurleuningen van de tuinkamerwoning. Er is per verdieping ongeveer 3,7 meter leuning nodig (totaal ca. 21 kg. meranti).

Er is aangenomen dat de hoogte van de traphekken ongeveer 1,1 meter bedraagt, waarbij de afstand tussen de spijlen 10 cm bedraagt [Jellema,1983,2]. Er is geschat dat de spijlen 1,5 cm dik zijn. Totaal is voor 15 meter 165 meter spijl nodig ( $0,029 \text{ m}^3$  staal). De spijlen zijn onder en boven bevestigd aan een ijzeren lint van 4 cm breed en 1 cm dik over 17 meter. Totaal is voor het traphek 313 kg staal nodig.

De balkonhekken bestaan uit een buisprofiel van 40 mm doorsnee en om iedere 11 cm een koppelstaaf van 12 mm dik. Aangenomen wordt dat het balkonhek 1,1 meter hoog is en de buizen een wand van 2 mm dik hebben. Totaal is dan per portiek 544,8 kg aan staal nodig.

Een privacy scherm tussen de balkons (3 per portiek) bestaat uit een massieve kunststoffen plaat van 1 cm dik en heeft een oppervlak van  $3,75 \text{ m}^2$  ( $0,11 \text{ m}^3$  per portiek). Als aangenomen wordt dat het HDPE betreft, dan is 104 kg HDPE per portiek nodig.

Dakbedekking De dakrand is voorzien van een aluminium daktrim. Geschat wordt dat deze per strekkende meter 1 kg weegt. Per portiek is dan 40,6 kg nodig.

De dakbedekking betreft een dubbele bitumineuze afdekking met een aangenomen gewicht van  $2,5 \text{ kg} / \text{m}^2$  [Jellema,1983,2]. Het afschot is van 8 cm dik polystyreen gemaakt. Per portiek is  $190,8 \text{ m}^2$  aan dakbedekking en afschot nodig.

De afwatering bestaat uit 11,8 meter regenpijp van PVC. De afmetingen van de pijp zijn gelijkgesteld aan die van de tuinkamerwoning. Per portiek is dan 10,4 kg PVC nodig.

Pleisterwerk Aan pleisterwerk is  $25,3 \text{ m}^2$  per portiek nodig. De berekening is hetzelfde als die bij de tuinkamerwoning.

Het pleisterwerk van de neggen, het spuitwerk in het toilet, de keuken, de badkamer en de plafonds wordt voorlopig verwaarloosd, evenals de kunststenen onderdorpels voor het toilet en badkamer.

Tegelwerk Het tegelwerk van de tuinkamerwoning is hetzelfde als van de portiekwoning. Per woning is 203 kg aan wandtegels

nodig en 100 kg aan vloertegels. De plinttegels in het trappenhuis en raamdorpelstenen worden voorlopig verwaarloosd.

**Behang** Er moet per portiek 1086 m<sup>2</sup> worden behangen waarvoor, analoog aan de tuinkamerwoning, 190 kg papier nodig is.

**Metaalwerken** De hoekstalen in dekvloeren en de nachtventilatie van aluminium roosters worden voorlopig verwaarloosd.

**Plafonds en wandsystemen** Per portiek is 109 m<sup>2</sup> aan 25 mm dikke (2,7 m<sup>3</sup>) houtwolcementplaten-plafonds nodig. Geschat wordt dat in houtwolcement 50% metselcement en 50% hout zit. Totaal is dan 783 kg hout, 442,8 kg portlandcement, 1772,5 kg zand en 47,9 kg kalk nodig. De houtwol-sandwich isolatie in de bergingen en bergingsgangen wordt voorlopig verwaarloosd.

**Binnentimmerwerk en** Zie voor de uitwerkingen van de berekeningen de binneninrichtinganalyse van de tuinkamerwoning. Voor de vensterbanken is 113 kg spaanplaat nodig (ca. 0,9 kg/m<sup>3</sup> raamkozijn). Voor de plinten (totaal 476 meter) is 105 kg meranti nodig. Voor het keukenblok is 50 kg spaanplaat en 34 kg staal nodig.

**Beglazing** Er is per portiek 90 m<sup>2</sup> dubbel glas nodig wat 9,2 kg per m<sup>2</sup> weegt. Het enkelglas in de bovenlichten van de binnendeuren wordt voorlopig verwaarloosd.

**Binnenriolering** Analoog aan de analyse van de tuinkamerwoning wordt geschat dat voor de binnenriolering 15 kg PVC per woning nodig is.

Voor de waterinstallatie, het sanitair, de gasinstallatie, de elektrische installatie en de CV-installatie zijn dezelfde cijfers genomen als voor de tuinkamerwoning.

Verder zijn de knieschotten op de slaapkamers, stofdorpels, meterkast, kasten in slaapkamers, warmwatertoestellen en een bad of douchebak voorlopig verwaarloosd.

### 2.2.3 De totale materialenbalans van de rijtjes-, vrijstaande-, en portiekwoning

*De samenstelling van de referentie rijtjes-, vrijstaande-, en portiekwoning* is als volgt berekend. Aangezien er geen vrijstaande NOVEM-referentiewoning bestaat is de vrijstaande woning afgeleid van de NOVEM-referentiewoning 'tuinkamerwoning'. Als basis voor de berekening van de materialen-samenstellingen van de drie referentiewoningen is uitgegaan van het feit dat aan iedere woning een evenredig deel van de gezamenlijk gebruikte bouwelementen (onder andere de kopgevel van de rijtjeswoning en het dak van de portiekwoning) wordt toegerekend. Globaal gezien bestaat de tuinkamerwoning uit drie modules, te weten de woningscheidende wand (B), de kopgevel (C) en het deel wat zich tussen de woningscheidende wanden en de kopgevels bevindt (A). De NOVEM-referentiewoning 'tuinkamerwoning' is in rijtjes van acht woningen gebouwd. Voor de materialen samenstelling van de rijtjeswoning<sup>a</sup> ( $S_r$ ) geldt dan:

$$S_r = A + \frac{7}{8} B + \frac{2}{8} C \quad (1)$$

Voor de samenstelling van een vrijstaand huis ( $S_v$ ) geldt dan:

$$S_v = A + 2 C \quad (2)$$

Eén portiek bestaat uit drie 3-kamerwoningen en vier 4-kamerwoningen. Als equivalent van de portiekwoning wordt uitgegaan van 1/7 van het totale portiek.

*De gemaakte verwaarlozing van materialen* omvat volgens een ruwe schatting ongeveer 3% van het totaal gewicht van de woningen. Daarnaast komt volgens [Fraanje, 1990,3] per woning gemiddeld 2 tot 8 ton aan bouwafval vrij. Er wordt aangenomen dat gemiddeld 5 ton per woning aan bouwafval vrijkomt. Dit is ongeveer 3,5 % van het totale berekende nieuwbouwgewicht. Daarom wordt 6,5 % van het berekende nieuwbouwgewicht van de hier geanalyseerde nieuwbouwwoningen bij de basismaterialen opgeteld. Dit wordt evenredig verdeeld over alle basismaterialen.

In tabel 2 zijn de benodigde basismaterialen voor de hierboven beschreven modulen voor de vrijstaande/rijtjeswoning van de portiekwoning weergegeven per bouwelement. In tabel 3 staan de benodigde basismaterialen voor een geheel portiek, welke uit 7 portiekwoning bestaat. Vervolgens zijn in tabel 4 de hoeveelheden van de benodigde basismaterialen voor de referentiewoningen per woning gegeven, berekend met behulp van de hierboven genoemde formules.

---

<sup>a</sup>De rijtjes woning is gelijk aan de NOVEM-referentiewoning 'tuinkamerwoning'.

Tabel 2 Benodigde basismaterialen per module voor de rijtjes en de vrijstaande woning.

materialen (in kg gegeven)	multi-		vure-	tropisch	bak kalkzand		dubbel- glas- spaan-		alum- poly-	bitu-	totaal benodigd voor één woning						
	cement zand	grind	plex	hout	hardhout	PVC	staal	steen	steen	gips		kalk	zink	glas	wol	plaat koper inium styreen men PUR	papier
MODULE A, MATERIALEN VOOR ELKE																	
VRIJSTAANDE EN RIJTJESWONING																	
grondwerk		4050															30,0 m <sup>2</sup>
buiten riolering						13											
bestrating / betontegels	69	147	297														5,5 m <sup>2</sup>
terrassen scheiding terrasscherm					40	11											3,2 m <sup>2</sup>
perkoenpalen					27												18,8 m bepaling
heiwerk heipalen	84	360	177		1049												
fundering betonwerk	863	1831	3701				197										
metstel buitspouw- woning	134	539						3221		15							26,4 m <sup>2</sup>
blad schuur	126	508						3038		14							24,9 m <sup>2</sup>
muurisolatie													69				26,4 m <sup>2</sup>
binnenspouwmuren	112	451						7072		12							22,1 m <sup>2</sup>
binnenmuren								3839									57,3 m <sup>2</sup>
systeemvloeren begane grond	1285	2726	5508				207							275			45,9 m <sup>2</sup>
schuur	336	713	1440					54									8,0 m <sup>2</sup>
verdieping	4418	8610	18900				709										75,0 m <sup>2</sup>
houten draag- dak schuur				106	26												8,0 m <sup>2</sup>
constructies al. daktrim schuur														9			voor 8,0 m <sup>2</sup>
dakbedekking schuur															20		8,0 m <sup>2</sup>
dak woning	366	777	1567	229	203										108		65,3 m <sup>2</sup>
regenpijpen							13										voor 73,3 m <sup>2</sup> dak woning en schuur
dakgoten										26							voor 65,3 m <sup>2</sup> dak woning
kozijnenwerk buitendeur						154											2
glas buitendeur													20				2 voor 2 buitendeuren
schuurdeur					39												1







Tabel 3 Benodigde basismaterialen voor de portiekwoning per portiek van 7 woningen

PORTIEKWONING		cijfers per portiek gegeven (totaal 7 wooneenheden)										totaal benodigd																
materialen (in kg gegeven)		cement	zand	grind	plex	hout	vure- trepisch	hardhout	PVC	staal	steen	gips	kalk	zink	glas	dubbel- glas- spaan-	alum- poly- bitu-	weil	plaat	koper	inlum	styreen	men	PUR	papier	voor	één	portiek
grondwerk		25751																										190,8 m <sup>3</sup>
buiten riolering									92																			
bestrating/betontegels		378	801	1620																								30,0 m <sup>2</sup>
terrassen scheiding schutting						40	11																					3,2 m <sup>2</sup>
peetkoeppalen						29																						20,0 m bepaling
helwerk		9747	20577	41772				2437																				
betonwerk		3696	7841	15840				1110																				431,5 m <sup>2</sup>
		24164	51262	103560				216																				751,2 m <sup>2</sup>
betonnen vloeren		37860	80318	162259				6085																				
trappen		980	2079	4200				245																				
balkons		3097	6570	13272				774																				55,3 m <sup>2</sup>
metseel buitopouw- woning		1313	5271							31525			142															258,4 m <sup>2</sup>
blad isolatie binnenspouwblad																												24,0 m <sup>2</sup>
binnenspouwblad en binnenwanden		509	2042								32032		55															100,1 m <sup>2</sup>
binnenmuren gips												27939																417,0 m <sup>2</sup>
systeemvloeren																												87,5 m <sup>2</sup>
begane grond woning		2450	5198	10500				394																				87,5 m <sup>2</sup>
begane grond anders		3675	7796	15750				591																				580,0 m <sup>2</sup>
cementdekvloeren		3248	6890	13920																								147,3 m <sup>2</sup>
houten draagconstructie binnenspouwblad		154	617																									
houten draagconstructie hijsbalken																												2
met. draagconstructie hijsbalken																												
oplegging bordeplaten																												
kozijnenwerk																												1
kozijnkozijnen																												
portiekbalkondeuren																												voor 120,6 m <sup>2</sup> zaamoppervlak
woningtoegangsdeuren																												22
																												7



Tabel 4 Basismaterialen referentiewoningen

Soort materiaal	vrijstaande woning (kg)	rijtjes woning (kg)	portiek woning (kg)	GER (MJ/kg)
Cement	14645	11336	13966	4,5
Zand	37664	28750	34265	0,1
Grind	54564	45294	58224	0,1
Multiplex	398	398	34	39,5
Vurehout	1794	1794	231	33
Hardhout	458	427	674	34
PVC	52	52	34	58
Staal	2833	2314	2604	23,4
Baksteen	23105	9007	5253	3,1
Kalkzandsteen	37437	31331	4873	0,8
Gips	4089	4089	4465	0,8
Kalk	185	68	41	0,02
Zink	28	28	0	61
Vlakglas	153	151	136	21
Glaswol	416	116	9	20
Spaanplaat	93	93	25	21,1
Koper	39	39	39	100
Aluminium	25	25	22	198
PS	294	294	150	85
Bitumen	21	21	73	42
PUR	115	115	0	190
Papier	32	32	29	46
Totaal	178.440	135.774	125.147	

### 2.3De bouwkosten

Volgens [Bouman 1,1988,3] en [Bouman 2,1988,3] bedragen de bouwkosten (exclusief de grond) voor de rijtjeswoning (tuinkamerwoning) *f* 71.509 inclusief winst, risico en *f* 7.675 aan stedenbouwkundige elementen en exclusief BTW (prijspeil 1-6-1987).

Voor de vrijstaande woning zijn de bouwkosten afgeleid van de bouwkosten van de tuinkamerwoning. Zo moeten per woning in plaats van een kwart kopgevel, twee kopgevels worden gebouwd. Volgens [Bouman 2,1988,3] is de kopgeveltoeslag bij 1 kopgevel per 4 woningen *f* 2.396 zodat de bouwprijs van de vrijstaande woning op *f* 88.281 (excl.BTW) komt.

De bouwkosten van de portiekwoning komt per portiek van 7 woningen op gemiddeld *f* 488.714 inclusief winst, risico en *f* 10.398 aan stedenbouwkundige elementen en exclusief BTW (prijspeil 1-6-1987). Dit is respectievelijk *f* 69.816 en *f* 1.485 per woning.

De bouwkosten moeten nu nog geïndexeerd worden van de prijzen van 1987 naar die van 1990. Volgens [Stat.zakb.,1992,1] zijn de prijzen van nieuwbouw-woningen tussen 1988 en 1990 met 5,7% gestegen. Er wordt een prijsstijging van 6% aangenomen. De bouwprijs voor de referentiewoningen wordt in tabel 5 weergegeven. De bouwprijs inclusief BTW is gebruikt voor de energie-analyse van de referentiewoningen.

Tabel 5 De bouwkosten van de referentiewoningen.

woningtype	bouwprijs excl. BTW (gld)	bouwprijs incl. BTW (gld)
vrijstaande woning	93.578	110.890
rijtjeswoning	75.800	89.822
portiekwoning 74.005	87.696	

## 2.4 Makelaar en notaris

In de tussenhandel spelen de makelaar en notaris een rol. De energie-intensiteit van de makelaar, welke onder "groothandel, tussenpersonen in de groothandel en detailhandel" (sector 41) valt, bedraagt 1,88 MJ/gld. De energie-intensiteit van de notaris welke onder de "zakelijke dienstverlening" valt (sector 50) bedraagt 0,95 MJ/gld. Beide energie-intensiteiten zijn met een volledige input/output analyse met de standaardwaarden uit het EAP-programma berekend. Aangezien de diensten van de makelaar niet veel verschillen van die van de zakelijke dienstverlening wordt ook voor de makelaar een energie-intensiteit van 0,95 MJ/gld aangenomen.

In [van Rossum, 1991, 3] is gegeven dat de makelaar en notaris samen 3,15% (makelaar 1,85%; notaris 1,3%) van de stichtingskosten voor hun rekening nemen. De stichtingskosten bestaan echter uit de grondkosten plus de bouwprijs. De gemiddelde grondprijs bedraagt f 112 per m<sup>2</sup> voor sociale huurwoningen en f 150 per m<sup>2</sup> voor sociale koopwoningen [Kerngeg.VROM, 1991, 1]. Omdat daarnaast ook nog hogere grondprijzen voorkomen wordt verder uitgegaan van een grondprijs van f 150 per m<sup>2</sup> (ex. BTW).

De oppervlakten per woningtype zijn afgeleid van tekeningen uit [Bouman 1, 1988, 3] en [Bouman 2, 1988, 3]. In tabel 6 is het energiebeslag van de tussenhandel per referentiewoning gegeven. De stichtingskosten zijn opgebouwd uit de bouwprijs en de grondprijs inclusief BTW. Over de stichtingskosten is de marge van de makelaar en notaris van totaal 3,15% berekend. De marge is vervolgens met de hierboven genoemde energie-intensiteit van 0,95 MJ/gld vermenigvuldigd, waarmee het energiebeslag voor de handel wordt verkregen.

Tabel 6 Energiebeslag van de tussenhandel.

type woning	bouwprijs	benodigd grond oppervlak	stichtings- kosten	marge makelaar & notaris	energie- beslag makelaar & notaris
	(gld)	(m <sup>2</sup> )	(gld)	(gld)	(MJ)
vrijstaande woning	110.890	269	158.705	3999	4749
rijtjeswoning	89.822	151	116.662	3675	3491
portiekwoning	87.696	81	102.007	3213	3053

## 2.5 Transport

Voor het transport van de basisgoederen is een standaardafstand van 100 km per vrachtauto genomen. Vele bouwmaterialen komen echter (deels) uit het buitenland, maar in de gebruikte energiekentallen van de basismaterialen zit het vervoer naar Nederland reeds inbegrepen.

## 2.6 Het directe energieverbruik in de bouwfase

Voor de berekening van het energieverbruik van de bouwnijverheid zijn enkele standaard gegevens van EAP aangepast. De energieprijis voor de sector bouwnijverheid en installatiebedrijven komt op 15,7 gld/GJ [NEH,1992,1]. Het in EAP opgenomen directe energieverbruik is inclusief het energiebeslag voor het bitumen in de wegenbouw.

Volgens [NEH,1992,1] lag het energieverbruik van de bouwnijverheid en installatiebedrijven in 1989 op 12,17 PJ. Omgerekend naar primaire energie betekent dit 15,67 PJ. Bij een omzet van f 72.469 miljoen in 1989 komt de directe energie-intensiteit op 0,21 MJ/gld.

## 2.7 Afval

[Fraanje,1990,3] meldt dat 53% van het bouw en sloopa<sup>f</sup>val als secundaire grondstof (voornamelijk in de vorm van puin) wordt hergebruikt, 1 tot 2% terecht komt in verbrandings installaties en de rest wordt gestort. Aangezien het materiaal dat als secundaire grondstof wordt gebruikt in hoge mate in kwaliteit is gedaald en (nog) niet hoogwaardig wordt toegepast, wordt voor het hergebruikte deel van het afval alleen het energiebeslag voor inzameling en transport in rekening gebracht. Bij de analyse zijn de volgende cijfers gebruikt;

- 100% van het afval wordt ingezameld en getransporteerd
- 2% van het afval wordt verbrand met warmtebenutting
- 45% wordt gestort zonder gaswinning.

Het energieverbruik voor de sloop van de woningen zelf wordt verwaarloosd.

## 2.8 Restgoederen

Bij de bepaling van de energie-intensiteit van de *restgoederen* voor de sector bouwnijverheid (sector 40) zijn sector 29 (bouwmaterialen, aardewerk en glasindustrie), sector 26 (chemische basisproduktenindustrie), sector 21 (hout en meubelindustrie), sector 22 (papier en kartonindustrie), sector 4 (overige delfstoffenwinning), sector 30 (basismetalaalindustrie) en sector 31 (metaalproduktenindustrie) op nul gezet. De energie-intensiteit voor de restgoederen komt dan op 1,4 MJ/gld.

Voor de afschrijving van de gebruikte machines, kantoren en dergelijke welke in de bouwsector gemaakt zijn is een voor Nederland gemiddelde energie-intensiteit gebruikt van 4,1 MJ/gld [Engelenburg,1991,3].

## 2.9 Het energiebeslag voor bouw, aflevering en sloop van de referentiewoningen

In tabel 7 is het resultaat van de energie-analyse welke volgens de standaardmethodiek (met behulp van de hybride energie-analyse methode) is uitgevoerd voor de drie referentiewoningen opgenomen. Voor deze analyse zijn de cijfers uit tabel 4 en tabel 5 gebruikt voor de basismaterialen en de bouw prijs. Voor het transport en het energieverbruik door de bouwnijverheid zijn de in paragraaf 2.6 besproken waarden genomen. De bepaling van de energie-intensiteit van de restgoederen en de wijze van afvalverwerking zijn in paragraaf 2.7 en paragraaf 2.8 beschreven.

Tabel 7 Totale energiebeslag en energie-intensiteit voor de bouw, aflevering en sloop van de referentiewoningen in GJ.

	vrijstaande- woning	rijtjes- woning	portiek woning
bouwprijs, incl. BTW (gld)	110.890	89.822	87.685
stichtingskosten, incl. BTW (gld)	158.705	116.662	102.007
marge handel, incl. BTW (gld)	3.999	3.675	3.213
<b>totale kosten (gld)</b>	<b>162.704</b>	<b>120.337</b>	<b>105.220</b>
basismaterialen	413	328	219
producent	19	15	15
energiebeslag handel	4,7	3,5	3,1
transport	45	34	31
afval	46	35	32
restgoederen en afschrijving	53	46	52
<b>totale energiebeslag bouw &amp; aflevering(GJ)</b>	<b>581</b>	<b>462</b>	<b>352</b>
<b>energie intensiteit (MJ/gld)</b>	<b>3,6</b>	<b>3,8</b>	<b>3,3</b>



### **3ENERGIEBESLAG GEDURENDE DE LEVENSLOOP VAN DE WONING**

Grootheden welke naast het energiebeslag voor de bouw, aflevering en sloop het jaarlijkse energiebeslag van de woning beïnvloeden zijn:

- levensduur en leegstand woning (paragraaf 3.1)
- tussentijdse handel en diensten (paragraaf 3.2)
- onderhoud (paragraaf 3.3)

Deze grootheden worden in de volgende sub-paragrafen beschreven. In paragraaf 3.4 wordt tenslotte het totale jaarlijkse energiebeslag voor de referentiewoningen gegeven.

#### **3.1De levensduur en leegstand van de woning**

De gemiddelde *leeftijd* van woningen welke in 1990 uit de roulatie werden genomen bedraagt volgens [Stat.zakb.,1992,1] 68 jaar. In deze statistiek zitten niet alleen woningen welke worden gesloopt, maar ook woningen welke zijn samengevoegd met andere woningen of woningen die omgebouwd worden tot kantoor. Ook zegt dit getal niets over de te verwachten levensduur van de hier omschreven referentiewoningen. Aangezien geen beter getal voorhanden is wordt aangenomen dat de referentiewoningen na 68 jaar worden gesloopt.

Op 1 april 1990 stonden in Nederland ruim 133.000 woningen *leeg* op een totaal woningbestand van 5,9 miljoen woningen [Stat.zakb.,1992,1], wat een gemiddelde leegstand van 2,3% inhoudt. Hieruit volgt dat gedurende de gehele levensduur van de woning van 68 jaar deze ongeveer 1,5 jaar leeg staat. Deze leegstand wordt in rekening gebracht door alleen met de bewoonde levensduur (66,5 jaar) van de woning te rekenen.

#### **3.2De makelaar, notaris en verhuurdiensten**

Een koopwoning wordt gedurende haar levensduur meerdere malen verkocht of aan andere huurders verhuurd. Aangenomen wordt dat een huishouden gemiddeld 10 jaar<sup>a</sup> in dezelfde woning woont. Het energieverbruik voor de makelaar en notaris dient dan per woning vermenigvuldigd te worden met 6,8 om tot het totale energieverbruik voor deze diensten te komen. Er wordt aangenomen dat voor huurwoningen, waar diensten van de woningverhuurders geleverd worden, vergelijkbare cijfers gelden. Dit houdt in dat voor iedere referentiewoning 5,8 maal het energiebeslag van de handel bij het totale energiebeslag, welke in tabel 7 is gegeven opgeteld dient te worden.

#### **3.3Onderhoud aan de woning**

---

<sup>a</sup>Afgeleid uit het Woning Behoeften Onderzoek 1989-1990 van het CBS [Goedgeluk,1993,5].

De woningen welke in 1990 aan de woningvoorraad werden onttrokken hebben zoals aangegeven een gemiddelde levensduur van 68 jaar. Aan de hand van de onderhoudsplanningen welke in [Bouman 1,1988,3] en [Bouman 2,1988,3] zijn opgenomen is bepaald welke onderdelen één of meerdere malen vervangen zullen moeten worden. Aangezien de hoeveelheid en aard van de materialen komen hieronder genoemde onderdelen in aanmerking om in de energie-analyse van het onderhoud mee te nemen. Voor de tuinkamerwoning komen hiervoor aanmerking [Bouman 2,1988,3]:

- dakgoten	20 jaar
- dubbelglas	20 jaar
- aluminium daktrim	12 jaar
- dakbedekking schuur	24 jaar
- CV-installatie	15 jaar
- regenpijpen	25 jaar
- terrasscherm	25 jaar

Voor de portiekwoning komen hiervoor in aanmerking [Bouman 1,1988,3]:

- dubbelglas	20 jaar
- aluminium daktrim	12 jaar
- dakbedekking + isolatie	24 jaar
- CV-installatie	15 jaar
- regenpijpen	25 jaar
- terrasscherm	25 jaar

Hieruit volgt een materialengebruik voor de gehele levensduur van de referentiewoningen welke in tabel 8 is weergegeven.

Tabel 8 Materialengebruik voor onderhoud gedurende de levensduur van de referentiewoningen.

materiaal	vrijstaande- en rijtjeswoning (kg)	portiekwoning (kg)
vurehout	73	10
hardhout	20	3
PVC	24	3
zink	67	0
vlakglas	362	302
aluminium	44	29
polystyreen	0	127
bitumen	37	133

De onderhoudskosten van de rijtjes- en vrijstaande woning bedragen volgens [Bouman 2,1988,3] f 600 per jaar (exclusief BTW). Dit is inclusief het onderhoud van de CV en reserveringen (respectievelijk f 108 en f 127). De jaarlijkse onderhoudskosten van de portiekwoning bedragen volgens [Bouman 1,1988,3] f 795 per portiekwoning (excl.BTW). Dit is inclusief het onderhoud van de CV en reserveringen (respectievelijk f 108 en f 161). In tabel 9 zijn de jaarlijkse onderhoudskosten en de onderhoudskosten voor de gehele levensduur gegeven. Bij de berekening van het energiebeslag van het onderhoud van de woning wordt

het onderhoudscontract voor de CV en de reservepost niet meegerekend. Dit omdat dit verbruik reeds op andere wijze in het budgetonderzoek is verdisconteerd.

Tabel 9(Jaarlijkse) onderhoudskosten voor de tuinkamer- en portiekwoning.

Portiek- woning	Tuinkamer- woning	
Jaarlijkse totale onderhouds kosten (prijspeil 1987) ex. BTW	600	795
Jaarlijkse totale onderhouds kosten (prijspeil 1990) ex. BTW	752	840
Jaarlijkse onderhouds kosten (prijspeil 1990) ex. BTW, reservepost en onderhoudscontract CV	457	701
Totale onderhouds kosten voor gehele levensduur (prijspeil 1990) ex. BTW, reservepost en onderhoudscontract CV 47.697	31.088	

Het energiebeslag voor het onderhoud is met het EAP model berekend. De sectoren welke op nul zijn gezet voor de berekening van de restgoederen betreffen de bouwmaterialen-, aardewerk- en glasindustrie (sector 29), de hout- en meubelindustrie (sector 21), chemische basisproductenindustrie (sector 26), en de basismetalaalindustrie (sector 30). De energie-intensiteit van de restgoederen komt dan op 1,7 MJ/gld.

De sector bouwnijverheid en installatiebedrijven is de producent en voor de tussenhandel is de groothandel hout- en bouwmaterialen genomen. Voor het transport is gerekend met standaardafstanden; 100 km met een vrachtauto en 10 km met een bestelauto.

Het energiebeslag voor het onderhoud van de rijtjes- en vrijstaande-woning komt dan neer op 60,6 GJ (1,95 MJ/gld) en per portiekwoning op 83,6 (1,75 MJ/gld) over de gehele levensduur van de referentiewoningen. Het energieverbruik voor het onderhoud bedraagt dus ongeveer 1 GJ per jaar. In bijlage C is de energie-analyse opgenomen.

Over de aansluiting op het budgetonderzoek tenslotte het volgende. Groot onderhoud wordt bij verhuur normaliter in de huurprijs inbegrepen. Het budgetonderzoek rekent groot onderhoud van eigenaar-bewoners niet tot verbruik. Het groot onderhoud wordt (net als bij huurders) in de huurwaarde verdisconteerd. Deze constructie houdt in dat voor de berekening van de energie-intensiteit van de woning de over de technische levensduur van de woning vervangen onderdelen en de gevraagde arbeid bij de woning inbegrepen moeten worden.

### 3.4 Totale jaarlijkse energiebeslag referentiewoningen

Om tot een goede toewijzing van het energieverbruik per respondent-huishouden uit het budgetonderzoek te komen moet het hierboven berekende energieverbruik

van de referentiewoningen omgeslagen worden op verbruik per bewoond jaar. Als basis voor de berekening van het totale jaarlijkse energiebeslag van de referentiewoningen wordt het in het vorige hoofdstuk berekende totale energiebeslag gebruikt.

In tabel 10 is de opbouw weergegeven van het energieverbruik van de referentiewoningen in GJ. Ter vergelijking zijn tevens het woonoppervlak (oppervlak van de woonkamer, keuken en slaapkamers), het totale oppervlak (woonoppervlak inclusief toilet, gangen, kasten e.d.) en de bruto inhoud volgens [Bouman 1,1988,3] en [Bouman 2,1988,3] van de woningen gegeven. Tevens is het energiebeslag per (woon)oppervlak en per bruto inhoud gegeven. Het jaarlijkse energiebeslag van de referentiewoningen is gebruikt voor differentiatie van het energieverbruik van de respondenten in het budgetonderzoek.

Tabel 10 Energiebeslag en oppervlakten van de referentiewoningen over de gehele levensduur, inclusief onderhoud en diensten.

	vrijstaande woning	rijtjes woning	portiek woning
<b>energiebeslag</b>			
bouw, incl. 1e oplevering (GJ)	581	462	352
mutaties (diensten) (GJ)	27,3	20,3	18,0
onderhoud over gehele levensduur (GJ)	60,6	60,6	83,6
totaal voor 68 jaar (GJ)	669	543	454
totaal per bewoond jaar (GJ/jaar)	10,1	8,2	6,8
<b>oppervlakten en inhoud</b>			
woonoppervlak (m <sup>2</sup> )	58,6	58,6	64,0
overig oppervlak (m <sup>2</sup> )	20,6	20,6	16,7
totale oppervlak (m <sup>2</sup> ) 79,3	79,3	80,7	
bruto inhoud (m <sup>3</sup> )	345	321	293
<b>jaarlijks energiebeslag</b>			
per woonoppervlak (GJ/m <sup>2</sup> )	0,17	0,14	0,11
per totale oppervlak (GJ/m <sup>2</sup> )	0,127	0,103	0,085
per bruto inhoud (GJ/m <sup>3</sup> )	0,0291	0,0254	0,0233

## **4BEREKENING ENERGIEBESLAG VAN DE WONINGEN VAN DE RESPONDENTEN UIT HET BUDGETONDERZOEK**

Er kan nu een jaarlijks energiebeslag toegewezen worden aan de woningen van de huishoudens die voorkomen in het budgetonderzoek. De grootheden waarmee rekening gehouden wordt bij de individuele toewijzing van het energiebeslag per jaar zijn het woningtype en de grootte van de woning. Het energiebeslag per jaar is reeds bekend voor drie referentiewoningen. In deze paragraaf wordt beschreven hoe de grootte van de woning wordt verdisconteerd in de individuele toekenning van het energiebeslag per jaar.

### **4.1Energiebeslag en grootte van de referentie woningen**

De inhoud van een woning is een goede maat om de bouwkosten te benaderen [Planol.kenget.,19xx,2]. De hoogte van de vertrekken verschilt tegenwoordig tussen de verschillende nieuwbouw-woningen niet veel en is dan ook voor alle woningen gelijkgesteld. Aangenomen wordt dat de inhoud (en dus ook het oppervlak) een goede maat is voor het energiebeslag van de woning. Het in tabel 10 gegeven energiebeslag per jaar per totaal oppervlak wordt gebruikt voor de toerekening van het jaarlijkse energiebeslag van de woning. Dus voor de toerekening van het jaarlijkse energiebeslag wordt per m<sup>2</sup> van het totale oppervlak van de woning 0,123 of 0,101 of 0,083 GJ voor respectievelijk de vrijstaande woning, rijtjeswoning en portiekwoning gerekend.

### **4.2Verrekening type en grootte van de woning in het budgetonderzoek**

Het woningtype is een gegeven in het budgetonderzoek. De galerijflats, boven- en benedenwoningen zijn in het budgetonderzoek echter in dezelfde categorie ingedeeld als portiekwoningen, zodat tussen deze typen woningen geen onderscheid gemaakt kan worden. Tevens zijn hier boerderijen en tuinderswoningen tot de vrijstaande woningen gerekend en woningen met een winkel in het pand tot de portiekwoningen. De (overigens kleine) categorie "anders", waarin woonboten, woonwagens en dergelijke vallen, wordt gerekend tot de portiekwoningen.

Een indicatie van de grootte van de woning komt in het budgetonderzoek tot uiting in een drietal variabelen; de grootte van de woonkamer, de grootte van de keuken en het aantal vertrekken. Voor het bepalen van het woonoppervlak zijn de oppervlakten van de woonkamer, keuken en slaapkamers van belang. De oppervlakten van de woonkamer en keuken worden gegeven in het budgetonderzoek. Het totale oppervlak van de andere vertrekken is niet bekend. Wel is het totaal aantal vertrekken (kamers met minimaal één raam en één deur en ook de open keuken tellen alle mee als vertrek), exclusief een eventuele badkamer en WC, bekend. Volgens de norm uit 1976 moet de minimale grootte van nieuwbouw-woningen van de hoofdslaapkamer 11 m<sup>2</sup> zijn [Planol.kenget., 19xx,2]. Volgens de wensen van de bewoners moeten de afmetingen van de hoofdslaapkamer echter ruim 13 m<sup>2</sup> [Planol.kenget.,19xx,2] bedragen. De grootte van de overige slaapkamers ligt volgens de genoemde norm [Planol.kenget., 19xx, 2]

ongeveer 3 m<sup>2</sup> lager. Aangenomen wordt dat de eerste slaapkamer gemiddeld 12 m<sup>2</sup> meet en elke volgende slaapkamer 9 m<sup>2</sup>. Hieruit volgt dat voor de schatting van het totale woonoppervlak het oppervlak van de woonkamer en keuken bij elkaar worden opgeteld, plus voor de derde ruimte 12 m<sup>2</sup> en voor elke volgend vertrek 9 m<sup>2</sup>. Bij het totale woonoppervlak moet nog een aantal m<sup>2</sup> worden opgeteld voor de overige ruimtes als kasten, gangen, wc en badkamer. Aangenomen wordt dat dit deels afhankelijk is van de grootte van het woonoppervlak, met een minimum van 10 m<sup>2</sup>. Uit [Bouman 1,1988,3] en [Bouman 2,1988,3] blijkt dat het afhankelijk gestelde aantal m<sup>2</sup> aan diversen (totaal aantal m<sup>2</sup> aan diversen - 10 m<sup>2</sup>) gelijk is aan 0,10 tot 0,18 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> woonoppervlak. Er wordt 0,14 m<sup>2</sup> aan diversen per m<sup>2</sup> woonoppervlak aangenomen.

Hieruit volgt dat de opbouw van het energiebeslag voor de woning in formule (3) beschreven kan worden:

$$E = E_n * (1.14 * (K + W + V_m) + 10) \quad (3)$$

- E = totale energiebeslag van de woning  
 E<sub>n</sub> = energiebeslag per m<sup>2</sup> oppervlak, afhankelijk van woningtype:  
     vrijstaande woning: 0,127 GJ/m<sup>2</sup>/jaar  
     rijtjeswoning: 0,103 GJ/m<sup>2</sup>/jaar  
     portiekflat: 0,085 GJ/m<sup>2</sup>/jaar  
 K = aantal m<sup>2</sup> keukenoppervlak  
 W = aantal m<sup>2</sup> woonkameroppervlak  
 V = totale aantal vertrekken  
 V<sub>m</sub> = aantal m<sup>2</sup> aan overige vertrekken  
     als V ≤ 2 dan V<sub>m</sub> = 0  
     als V ≥ 3 dan V<sub>m</sub> = 12 m<sup>2</sup> + (V-3) \* 9

Bij toetsing van de vereenvoudigingen op de referentiewoningen in de gegeven formule waarbij het werkelijke aantal m<sup>2</sup> aan diversen en de oppervlakten van de slaapkamers als onbekend zijn beschouwd, blijkt dat de afwijking kleiner is dan 5%.

Bij de toerekening van het energiebeslag van de woning aan de individuele respondenten in het budgetonderzoek is gebruik gemaakt van formule (3).

### **4.3 Beperkingen bij de toekenning van het jaarlijkse energiebeslag**

Met de gevolgde aanpak worden een aantal vereenvoudigingen gemaakt. Om een goede vergelijking te maken tussen de verschillende woningen wordt het bouwjaar buiten beschouwing gelaten. Oude bouwwijzen worden op deze wijze gelijkgesteld aan de huidige bouwwijze. Ook wordt het verschil tussen huurders en woning-eigenaren niet meegenomen. Eventuele verschillen in de isolatie, het onderhoud en de verwarmingswijze van de woning worden verwaarloosd. Tevens worden boerderijen en tuinderswoningen gelijkgesteld aan vrijstaande woningen en woningen met een winkel aan een portiekwoning.

De beschrijving van het aantal vertrekken in het budgetonderzoek loopt op van 1 tot en met 6 of meer vertrekken. Als een huishouden in een woning woont met meer dan 6 vertrekken, is het uiteindelijke aantal niet bekend. Noodgedwongen wordt het energiebeslag dan voor slechts 6 vertrekken berekend. Bij een woning met 6 of meer vertrekken wordt bij het aantal m<sup>2</sup> van de woonkamer en keuken, maximaal 39 m<sup>2</sup> bijgeteld. In hoeverre deze noodgedwongen aftopping van het oppervlak van de overige ruimtes juist is, is niet bekend.

Bij het onbekend zijn van de oppervlakte van de kamer en/of keuken kan geen energiebeslag worden toegekend aan de woning. Het betreft in het budgetonderzoek van 1990 6 respondenten. Aan deze zes respondenten is uitgegaan van een gemiddelde energie-intensiteit voor de uitgaven van de huur(waarde) van 1,2 MJ/gld (zie hoofdstuk 5).

## 5 GEMIDDELDE ENERGIEBESLAG VAN DE NEDERLANDSE WONING

Aan elk huishouden uit het budgetonderzoek is op basis van het woningtype, aantal vertrekken en de oppervlakten van de woonkamer en keuken een energiebeslag voor de woning toegekend.

Het uit de gegevens van het budgetonderzoek berekende totale oppervlak van de woning varieert van 16 m<sup>2</sup> tot 147 m<sup>2</sup>, waarbij het gemiddelde op ruim 70 m<sup>2</sup> ligt in het ongewogen bestand van het budgetonderzoek en als gebruik wordt gemaakt van de weging van het budgetonderzoek komt de gemiddelde woninggrootte op 67 m<sup>2</sup>. In 1987 lag volgens [VROM,1989,3] het gemiddelde woningoppervlak op 70 m<sup>2</sup>. De oppervlakten van de keuken en woonkamer liggen gemiddeld op respectievelijk 9,5 m<sup>2</sup> en 31 m<sup>2</sup> [Budgetonderzoek,1993,1]. De overige ruimtes nemen gemiddeld 26 m<sup>2</sup> voor hun rekening. Het gemiddelde totale energiebeslag van de Nederlandse woning komt volgens de in dit rapport beschreven berekening op 8,8 GJ per jaar, variërend van 2,4 tot 22,5 GJ als de bijkomende kosten<sup>a</sup> buiten beschouwing worden gelaten. Het totale energiebeslag voor alle 5,8 miljoen bewoonde woningen<sup>b</sup> komt dan op een kleine 51 PJ per jaar. Het totale directe nederlandse energieverbruik bedroeg in 1990 ongeveer 2900 PJ [NEH,1992,1], inclusief de export van energie en energie in de vorm van producten.

Bij een gemiddelde huur of huurwaarde (inclusief bijkomende kosten) van f 7.532 per jaar komt de gemiddelde energie-intensiteit van de huur of de huurwaarde van 1,2 MJ/gld, welke een grote variatie vertoont tussen de individuele huishoudens. De huur/huurwaarde heeft een relatief zwakke correlatie (correlatiefactor = ± 0,6) met het berekende jaarlijkse energiebeslag (zie figuur 1). Er is een verschil gevonden tussen de energie-intensiteit van de huur en de huurwaarde (exclusief bijkomende kosten) welke respectievelijk 1,4 en 1,1 MJ/gld bedragen.

Hieruit moet worden geconcludeerd dat de huur(waarde) geen goede voorspeller is voor het energiebeslag van de woning en de gegeven gemiddelde energie-intensiteit van 1,2 MJ/gld een beperkte waarde heeft. Hierbij dient verder nog te worden opgemerkt dat de netto woonlasten bij woning-eigenaren aanzienlijk kunnen afwijken van de huurwaarde. Daar de netto woonlasten niet bekend zijn, is dit niet berekend.

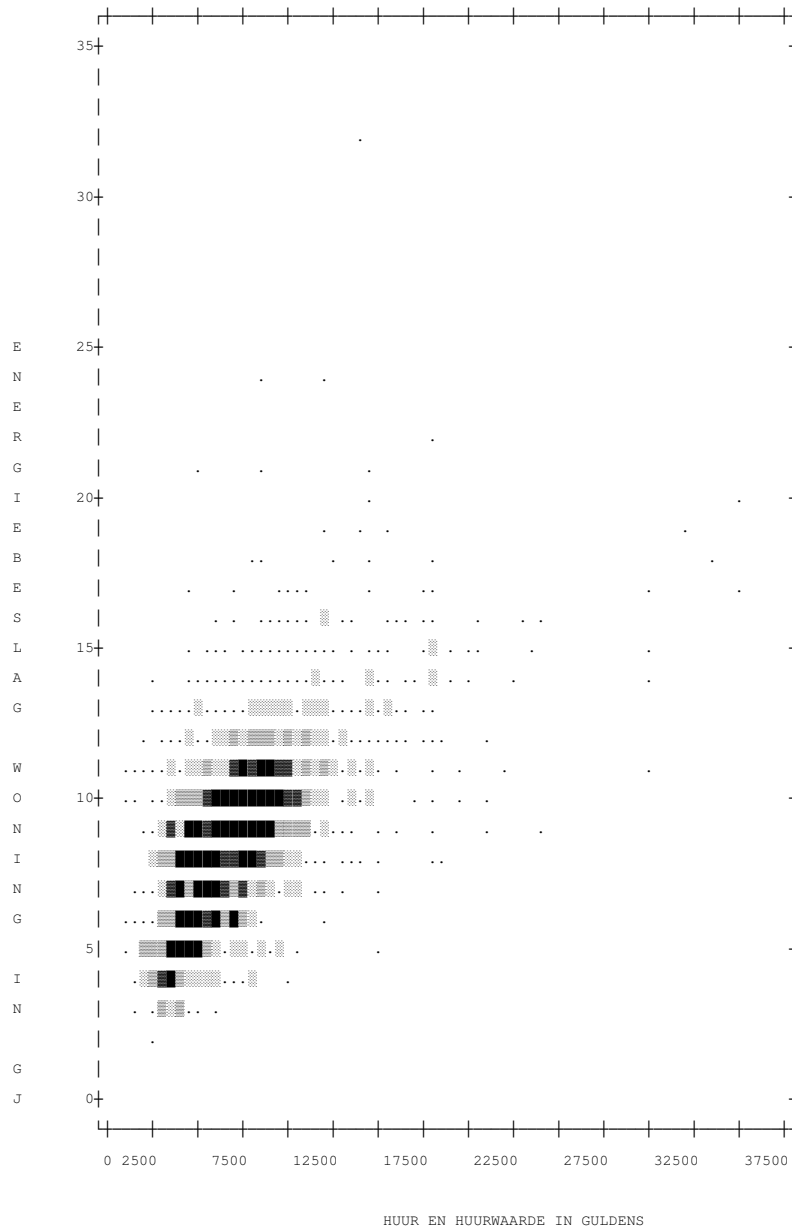
De huur(waarde) bestaat voor een aanzienlijk deel uit rente. Het verschil van de uit het budgetonderzoek berekende gemiddelde energie-intensiteit van 1,2 MJ/gld met de in tabel 7 gegeven energie-intensiteiten (variërend van 3,3 tot 3,8 MJ/gld) voor de referentiewoningen is hoogstwaarschijnlijk het gevolg van de in de huur(waarde) verdisconteerde rente. Aan de financiële diensten van een hypotheekverlener voor het verlenen van de hypotheek is geen energiebeslag toegerekend. Verwacht wordt dat de grootte van dit energiebeslag relatief zeer klein is.

---

<sup>a</sup>De bijkomende kosten bij de huur(waarde) waaronder de lift, centrale antenne, garage en diversen vallen, hebben geen (sterk) afwijkende energie-intensiteit van die van de woning zelf, zodat voor deze bijkomende kosten met dezelfde energie-intensiteit is gerekend als voor de gemiddelde woning van 1,2 MJ/gld. Het gemiddelde totale energiebeslag voor de bijkomende kosten (f 303) komt dan op 0,24 GJ per jaar.

<sup>b</sup>5,9 miljoen woningen volgens [Stat.zakb.,1992,1] minus 2,3% leegstaande woningen.





Afbeelding 1 Relatie huur(waarde) en het berekende energiebeslag voor woningen.

## 6 VERGELIJKING MET ANDERE STUDIES

Er zijn reeds eerder studies gedaan naar de energie-investering van woningen. In de bijlage van [Fraanje,1990,3] staan zeer uiteenlopende energiebehoeften voor de energie-inhoud van woningen. Het energiebeslag is sterk afhankelijk van de bouwwijze en varieert volgens één en dezelfde studie van 115 tot 430 GJ per woning.

[Fraanje,1990,3] schat het energiebeslag voor een gemiddeld nieuwe Nederlandse rijtjeswoning op 400 GJ. In deze 400 GJ zit het primaire energieverbruik voor de winning en fabricage van de bouwmaterialen (gelijk aan de basismaterialen), transport en de directe energievraag van de producent op de bouwplaats. De energievraag voor onderhoud, sloop en de notaris en makelaar ontbreken, evenals een toerekening als in deze studie is gedaan voor de 'restgoederen'. De in dit rapport berekende energiebeslag voor de rijtjes-referentiewoning komt op 462 GJ als de makelaar en notaris, sloop en restgoederen en afschrijving wel worden meegenomen. Het energiebeslag van de hier geanalyseerde rijtjeswoning komt op 377 GJ als deze posten buiten beschouwing gelaten worden, net als in [Fraanje,1990,3]. De uitkomsten van dit rapport en de schatting uit [Fraanje,1990,3] komen dus redelijk overeen.

[Anink,1992,3] geeft een waarde voor de GER van de bouwmaterialen voor de NOVEM-tuinkamerwoning tot aan de bouwplaats een GER van 310 GJ met een daarbij behorende massa van 144 ton. Met de hier gebruikte analyse komt de GER op 328 GJ en een totale massa van 136 ton. De verschillen in het energiebeslag hebben te maken met de afwijkende gebruikte cijfers voor de GER in MJ/kg voor de bouwmaterialen en de afwijkende gevonden gewichten voor de diverse bouwmaterialen.

In [van Rossum,1991,3] is hetzelfde hybride model gebruikt welke in [Engelenburg, 1991,3] is beschreven die ook in deze studie gebruikt is. De analyse in [van Rossum,1991,3] voor een traditioneel gebouwde woning met totaal 125 m<sup>2</sup> woonoppervlak waarin relatief meer (vure)hout is verwerkt dan de in deze studie behandelde woningen, is berekend dat het energiebeslag 530 GJ bedraagt (exclusief de energievraag voor onderhoud en mutaties), oftewel 4,2 MJ/m<sup>2</sup>. Voor de door [van Rossum,1991,3] behandelde moderne woning van het minimum-energie type waarin veel beton en isolatiemateriaal is verwerkt, met een woonoppervlak van 106 m<sup>2</sup> ligt het energiebeslag op 689 GJ, ofwel 6,5 GJ/m<sup>2</sup>. Voor de in deze studie behandelde rijtjeswoning ligt het energiebeslag op 5,8 GJ/m<sup>2</sup>, exclusief het (door [van Rossum,1991,3] niet meegerekende) onderhoud en mutaties. Deze gegevens zouden erop kunnen wijzen dat moderne woningen wat betreft de bouw energie-intensiever zijn dan de traditioneel gebouwde woningen. Uit [van Rossum,1991, 3] blijkt overigens dat de grotere hoeveelheid energie die nodig is bij de bouw van een energie zuinige moderne woning ten opzichte van een traditioneel gebouwde woning, in veelvoud wordt terugverdiend bij het gebruik van de woning doordat er minder energie voor de verwarming nodig is.

**LITERATUUR****1 STATISTIEKEN**

Budgetonderzoek, 1993 *Budgetonderzoek 1990*, microbestand. Centraal Bureau voor de Statistiek. Voorburg/Heerlen, 1993.

Stat.zakb., 1992 *Statistisch zakboek 1992*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag 1992.

Kerngeg.VROM, 1991 *Kerngegevens VROM 1991*. Ministerie van VROM. Den Haag, december 1991.

NEH, 1992 *De Nederlandse Energie Huishouding jaarcijfers 1990 en 1991*. Centraal Bureau voor de Statistiek. Voorburg/Heerlen, 1991 en 1992.

**2 BOEKEN EN TIJDSCHRIFTEN**

Bouwmarkt, 1990 *Bouwmarkt, actuele bouwkosten informatie*. 30<sup>e</sup> jaargang nr.5 mei 1990. Dewel, Den Haag.

Briedé, 1977 K.J. Briedé. *Tabellen voor bouw en waterbouwkundigen*. SMD Leiden, 1979.

BINAS, 1977 *BINAS, Informatieboek VWO-HAVO voor het onderwijs in de natuurwetenschappen*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 1977.

Jellema, 1983 *Jellema, (red.: Ir. A. van Tol). Bouwkunde, deel 9a (4e druk) en deel 9b (6e druk), bouwkunde in kort bestek*. Waltman. Delft, 1983.

Planol.kenget., 19xx *Planologische kengetallen*, (red: H.D. Tjeenk-Willink). Samson. Alphen a/d Rijn.

Boustead, 1979 I. Boustead, G.F. Hancock. *Handbook of industrial energy analyses*. John Wiley & Sons, New York 1979.

**3 ONDERZOEKSRAPPORTEN**

Engelenburg, 1991 B.C.W van Engelenburg, T.F.M van Rossum, K. Blok, W. Biesiot, H.C. Wilting. *Energiegebruik en huishoudelijke consumptie, handleiding en toepassingen*. Vakgroep Natuurwetenschap & Samenleving, Universiteit Utrecht en de Interfacultaire Vakgroep Energie- en Milieukunde, Rijksuniversiteit Groningen. Utrecht, oktober 1991.

- van Rossum,1991T.F.M. van Rossum, H.C. Wilting. *Energiegebruik en huishoudelijke consumptie; casestudies*. Vakgroep NatuurWetenschap & Samenleving, Universiteit Utrecht en de Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, RijksUniversiteit Groningen. Utrecht oktober 1991.
- Wilting,1992H.C. Wilting. *Energie Analyse Programma, handleiding*. Onderzoeksrapport no.56. Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, RijksUniversiteit Groningen. Groningen, september 1992.
- Bouman 1,1988 E.E. Bouman, J. van Ginkel. *Referentiewoningen voor energie-onderzoek (1987) Deel III Portiek-etagewoning*. Dossierr: 1-4098-09-02, NOVEM (voorheen: Project-beheerbureau Energieonderzoek (PEO)). Utrecht, juli 1988.
- Bouman 2,1988 E.E. Bouman, J. van Ginkel. *Referentiewoning voor energie-onderzoek Deel II Eengezins tuinkamerwoning (1987)*. Dossierr: 1-4098-09-02, NOVEM (voorheen: Project-beheersbureau Energieonderzoek (PEO)). Utrecht, juli 1988.
- Fraanje,1990 P. Fraanje, H. Jannink, J. Kramer, V. de Lange, P. Schmid, A. van der Zee. *Minimalisering van Milieubelasting in de Woningbouw*. Interfacultaire Vakgroep Milieukunde/UvA en de Vakgroep Afbouw-techniek en milieu-integratie/TUE. Amsterdam, september 1990.
- VROM,1989 VROM. *Kwaliteits- en kostensignalering 1988*. Ministerie van VROM, Den Haag, juni 1989.
- Anink,1992D. Anink, C. Boonstra, P.Fraanje, E. Koning, Woon/energie (red.) *Vier ecologische woningbouwprojecten vergeleken* uit de reeks 'Schoner Wonen'. Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting. Rotterdam, maart 1992.
- van Heijningen,1992R.J.J van Heijningen, J.F.M. de Castro, E. Worrell, J.H.O Hazewinkel. *Meer energiekentallen in relatie tot preventie en hergebruik van afvalstromen*. Amersfoort, december 1992.

## 5 PERSOONLIJKE MEDEDELINGEN

- Goedgeluk,1993Persoonlijke communicatie met R. Goedgeluk, dd.12 juli 1993, Universiteit Utrecht.

**BIJLAGEN****Bijlage A** Toegevoegde basisgegevens voor EAP

In tabel 11 zijn de gegevens van de aan EAP toegevoegde basismaterialen opgenomen.

Tabel 11 Toegevoegde gegevens met betrekking tot de basismaterialen in het EAP-programma

materiaal	prijs (f/kg)	GER (MJ/kg)	bron
triplex	3,40 <sup>a</sup>	39,5	[Bouwmarkt,1990,2] ; [van Heijningen,1992,3]
gipsblokken	0,25	0,77 <sup>b</sup>	[Bouwmarkt,1990,2] ; [Boustead,1979,2]
kalk	0,22	0,02	[Bouwmarkt,1990,2] ; [van Heijningen,1992,3]
vlak glas	4,10 <sup>c</sup>	21	[Bouwmarkt,1990,2] ; [Fraanje,1990,3]
spaanplaat	0,93	21,1	[Bouwmarkt,1990,2] ; [van Heijningen,1992,3]
glaswol	0,26 <sup>d</sup>	20	[Fraanje,1990,3] ; [Fraanje,1990,3]
bitumen	1,20	42	[Bouwmarkt,1990,2] ; [van Rossum,1991,3] <sup>e</sup>
tropisch hardhout		38	[van Heijningen,1992,3]
naaldhout		34	[van Heijningen,1992,3]

<sup>a</sup>± f 540 per m<sup>3</sup> [Bouwmarkt,1990,2]

<sup>b</sup>Gemiddelde energie-inhoud van natuurlijk gips [Boustead,1979,2].

<sup>c</sup>voor glas van 4 mm op maat gesneden; prijs f 41 / m<sup>2</sup> [Bouwmarkt,1990,2], bij een soortelijk gewicht van 2500 kg/m<sup>3</sup> [Fraanje,1990,3]. Daaruit volgt een prijs van f 4,10 per kilo.

<sup>d</sup>35 kg/m<sup>3</sup> [Fraanje,1990,3]. Prijs voor dekens in [Bouwmarkt,1990,2]: f 9/m<sup>3</sup> = f 0,26 per kg.

<sup>e</sup>energie-inhoud van asfalt

Bijlage BPlattegronden en aanzichten van de in dit rapport gebruikte NOVEM-referentiewoningen

Plattegrond en aanzicht van de NOVEM-referentiewoning  
'tuinkamerwoning'

Energie-intensiteiten van de nederlandse woning

juli 1993

Plattegrond en aanzicht van de NOVEM-referentiewoning  
'portiekwoning'

Bijlage CGemaakte berekeningen voor de drie referentiewoningen en onderhoud  
welke met EAP zijn uitgevoerd.

De in deze bijlage opgenomen cijfers zijn exclusief het energiebeslag van de makelaar en notaris en de grondprijs, waardoor de hier gegeven energie-intensiteiten en de totale energiebeslagen niet overeenkomen met de in tabel 7 gegeven cijfers.

Produkt: vrijstaande woning  
Gewicht produkt (kg): 178000  
Prijs incl. BTW (gld): 110890

Basisgoederen	kg	MJ/kg	MJ
-----	--	-----	--
aluminium	25	198,00	4950
baksteen	23105	3,10	71626
bitumen	21	42,00	882
cement (Portland)	14645	4,50	65903
gips(blokken)	4089	0,77	3149
glaswol	416	20,00	8320
grind	54564	0,10	5456
hardhout (gezaagd)	458	34,00	15572
kalk	185	0,02	4
kalkzandsteen	37437	0,80	29950
koper (kathodisch)	39	100,00	3900
naaldhout (gezaagd)	1794	33,00	59202
papier (grafisch)	32	46,00	1472
polystyreen (granulaat)	294	85,00	24990
PUR	115	190,00	21850
PVC (granulaat)	52	58,00	3016
spaanplaat	93	21,10	1962
staal	2833	23,40	66292
triplex	398	39,50	15721
vlakglas	153	21,00	3213
zand	37664	0,10	3766
zink	28	61,00	1708
Produktie	gld	MJ/gld	MJ
-----	---	-----	--
produktie	93578	0,20	18716
restgoederen	32427	1,40	45398
afschrijving	2152	4,10	8824
Transport	km	MJ/tonkm	MJ
-----	--	-----	--
vrachtwagen	100,00	2,50	44500
Afvalverwerking	kg	MJ/kg	MJ



## Energie-intensiteiten van de nederlandse woning

juli 1993

-----	--	-----	--
inzamelen en transport	99990	0,30	29997
inzamelen en transport	78450	0,30	23535
storten (zond. gaswinn.)	80300	0,08	6424
verbranden (m.warmteben.)	3570	-3,94	-14066

=====

Energie en geld	GJ	gld	MJ/gld
-----	--	---	-----
TOTAAL	576,2	110890	5,20

## Energie-intensiteiten van de nederlandse woning

juli 1993

Produkt: rijtjeswoning  
 Gewicht produkt (kg): 136000  
 Prijs incl. BTW (gld): 89822

Basisgoederen	kg	MJ/kg	MJ
-----	--	-----	--
aluminium	25	198,00	4950
baksteen	9007	3,10	27922
bitumen	21	42,00	882
cement (Portland)	11336	4,50	51012
gips(blokken)	4089	0,77	3149
glaswol	116	20,00	2320
grind	45294	0,10	4529
hardhout (gezaagd)	427	34,00	14518
kalk	68	0,02	1
kalkzandsteen	31331	0,80	25065
koper (kathodisch)	39	100,00	3900
naaldhout (gezaagd)	1794	33,00	59202
papier (grafisch)	32	46,00	1472
polystyreen (granulaat)	294	85,00	24990
PUR	115	190,00	21850
PVC (granulaat)	52	58,00	3016
spaanplaat	93	21,10	1962
staal	2314	23,40	54148
triplex	398	39,50	15721
vlakglas	151	21,00	3171
zand	28750	0,10	2875
zink	28	61,00	1708
Produktie	gld	MJ/gld	MJ
-----	---	-----	--
produktie	75799	0,20	15160
restgoederen	27572	1,40	38600
afschrijving	1743	4,10	7148
Transport	km	MJ/tonkm	MJ
-----	--	-----	--
vrachtwagen	100,00	2,50	34000
Afvalverwerking	kg	MJ/kg	MJ
-----	--	-----	--
inzamelen en transport	99990	0,30	29997
inzamelen en transport	35794	0,30	10738
storten (zond. gaswinn.)	61100	0,08	4888
verbranden (m.warmteben.)	2720	-3,94	-10717
=====			
Energie en geld	GJ	gld	MJ/gld
-----	--	---	-----
TOTAAL	458,2	89822	5,10

## Energie-intensiteiten van de nederlandse woning

juli 1993

Produkt: gehele portiek (totaal 7 woningen)

Gewicht produkt (kg): 876000

Prijs incl. BTW (gld): 613800

```
=====
```

Basisgoederen	kg	MJ/kg	MJ
-----	--	-----	--
aluminium	155	198,00	30690
baksteen	36769	3,10	113984
bitumen	508	42,00	21336
cement (Portland)	97764	4,50	439938
gips(blokken)	31256	0,77	24067
glaswol	066	20,00	1320
grind	407568	0,10	40757
hardhout (gezaagd)	4716	34,00	160344
kalk	288	0,02	6
kalkzandsteen	34114	0,80	27291
koper (kathodisch)	274	100,00	27400
naaldhout (gezaagd)	1620	33,00	53460
papier (grafisch)	202	46,00	9292
polystyreen (granulaat)	1048	85,00	89080
PUR	0	190,00	0
PVC (granulaat)	241	58,00	13978
spaanplaat	173	21,10	3650
staal	18227	23,40	426512
triplex	235	39,50	9283
vlakglas	950	21,00	19950
zand	239857	0,10	23986
zink	0	61,00	0
Produktie	gld	MJ/gld	MJ
-----	---	-----	--
produktie	517975	0,20	103595
restgoederen	221414	1,40	313084
afschrijving	11913	4,10	48845
Transport	km	MJ/tonkm	MJ
-----	--	-----	--
vrachtwagen	100,00	2,50	219000
Afvalverwerking	kg	MJ/kg	MJ
-----	--	-----	--
inzamelen en transport	876000	0,30	262800
storten (zond. gaswinn.)	394200	0,08	31536
verbranden (m.warmteben.)	17520	-3,94	-69029
=====			
Energie en geld	MJ	gld	MJ/gld
-----	--	---	-----
TOTAAL	2446155	613800	3,99

## Energie-intensiteiten van de nederlandse woning

juli 1993

Produkt: onderhoud rijtjes en vrijstaande woning

Gewicht produkt (kg): 625,00

Prijs incl. BTW (gld): 31088,00

```
=====
```

Basisgoederen	kg	MJ/kg	MJ
-----	--	-----	--
aluminium	44,00	198,00	8712,00
bitumen	37,00	42,00	1554,00
hardhout (gezaagd)	20,00	34,00	680,00
naaldhout (gezaagd)	73,00	33,00	2409,00
PVC (granulaat)	24,00	58,00	1392,00
vlakglas	362,00	21,00	7602,00
zink	67,00	61,00	4087,00
Productie	gld	MJ/gld	MJ
-----	---	-----	--
productie	21302,49	0,20	4260,50
restgoederen	10555,72	1,70	17944,72
afschrijving	489,96	4,10	2008,83
Transport	km	MJ/tonkm	MJ
-----	--	-----	--
bestelauto	10,00	8,50	53,13
vrachtwagen	100,00	2,50	156,25
Handel/Diensten	gld	MJ/gld	MJ
-----	---	-----	--
grt.h. hout- en bouwmat.	4932,10	2,10	10357,42
Afvalverwerking	kg	MJ/kg	MJ
-----	--	-----	--
tot. verw. gem. (z. hgb.)	625,00	-1,03	-643,75
Energie en geld	MJ	gld	MJ/gld
-----	--	---	-----
TOTAAL	60573,09	31088,00	1,95

```
=====
```



Beste Barend en Harry,

Hierbij de cijfers volgens de twee methodes voor de woning. Bij het apkktet wonen is een lijst opgenomen hoe groot de invloed is op het totale pakket wonen.

Voor de woning blijkt dat het verschil nog redelijk groot is. De lage energie-intensiteit van methode 2b vind ik zeer goed te verdedigen, aangezien er bijna geen materialen zijn die ik bij de analyse van de woning niet in rekening heb gebracht. De energie-intensiteit van de restgoederen veranderd van 4,1 in 1,4 MJ/gld als in plaats van methode 1 methode 2b wordt gebruikt.

Rest pakket wonen volgt.

Hieronder zijn de cijfers volgens de twee verschillende methoden weergegeven, alles in GJ. Alleen methode IIb wordt gerapporteerd.

	vrijstaande rijtjes- woning		portiekflat woning			
	I	IIb	I	IIb	I	IIb
<b>Bouw</b>						
Tot.bouw+handel	669	581	536	462	438	352
wv restgoederen	133	45	113	39	131	45
<b>Gedurende gebruik van de woning</b>						
Onderhoud	90	61	90	61	132	83
Handel	27	27	20	20	18	18
<b>Totaal levensduur</b>	786	669	646	543	588	450
<b>Vershil</b>		117		103		133
in %		17%		19%		30%
Energie-intensiteit (afgeleid van 2b) in MJ/gld	1,40	1,20	1,43	1,20	1,6	1,2