

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Energie en gedrag in de woning

Opgesteld voor
Ministerie van VROM DG Wonen

Rapport

Delft, juli 2003

Opgesteld door: F.J. (Frans) Rooijers
M.N. (Maartje) Sevenster
K. (Kirsten) van Loo
S. (Stephan) Slingerland



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

F.J. (Frans) Rooijers, M.N. (Maartje) Sevenster, K. (Kirsten) van Loo,
S. (Stephan) Slingerland
Energie en gedrag in de woning
Delft, CE, juli 2003

Gegevensbestand / Analyse / Huisvesting / Woningen / Huishoudens /
Energieverbruik / Consumenten / Gedrag / Gedragsbeïnvloeding / Kooldi-
oxide / Emissies / Afname

Publicatienummer: 03.3483.22

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel: 015-2150150

Fax: 015-2150151

E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever: Ministerie van VROM

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Frans
Rooijers

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkerreinen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Voorwoord

In opdracht van het Ministerie van VROM, DG Wonen heeft CE een studie uitgevoerd naar de relatie tussen het energiegebruik, het energiegedrag van huishoudens en kenmerken van die huishoudens. De belangrijkste gegevensbron hiervoor was het KWR2000+ bestand met gegevens over energiegebruik, energiegedrag, huishoudenskenmerken en woningkenmerken. Namens VROM heeft Frank Bonnerman samen met Nico Boxhoorn als opdrachtgever opgetreden.

De studie is begeleid door:

Ministerie van VROM, DG Milieu	Marten Koen
Ministerie van VROM DG Wonen	Dennis Swart
Ministerie van EZ	Linda Vodegel Matzen
RIVM	Kees Vringer
Novem	Harry Vreuls

De studie is uitgevoerd door Maartje Sevenster, Stephan Slingerland, Kirsten van Loo, onder leiding van Frans Rooijers.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding voor het onderzoek	7
1.2 Doel van het onderzoek	7
1.3 Leeswijzer	8
2 CO ₂ -emissie in de woningsector	9
2.1 Wat bepaalt de CO ₂ -emissie van woningen?	9
2.2 Determinanten	11
2.3 Ontwikkeling energiegebruik	13
3 Analyse KWR 2000+	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Wat is gedrag?	16
3.3 De invloed van het huishouden	19
3.4 De invloed van het type woning	21
3.5 Determinanten van gas- en elektriciteitsverbruik	24
3.6 Hypotheses	28
3.6.1 Buitenverlichting	28
3.6.2 Huur in- of exclusief	30
3.6.3 Grootte van de woonkamer	31
3.6.4 Isolatiegraad heeft invloed op gedrag	31
3.6.5 Isolatiegraad heeft geen invloed op verbruik	32
3.7 Conclusies	33
4 Ontwikkeling van de CO ₂ -emissie	37
4.1 Macro-ontwikkelingen	37
4.2 Energiegebruik in de woningsector	37
4.3 Ontwikkelingen tot 2030	39
4.3.1 Ruimteverwarming	40
4.3.2 Warm tapwater	40
4.3.3 Elektriciteit	40
4.3.4 Totaal effect	41
4.4 Interventiestrategieën	42
4.5 Conclusie	43
Literatuur	45
A Analyse KWR200+	49
B Ontwikkelingen 2000-2030	105

Samenvatting

Om de CO₂-emissie van de woningsector te verlagen zijn er meerdere mogelijkheden, waarvan verandering van het dagelijkse gedrag het belangrijkste onderwerp van deze studie is geweest. Gedrag hebben we gedefinieerd als elk soort gedrag van huishoudens om de CO₂-emissie te verlagen. Het stook-, ventilatie- en verlichtingsgedrag hebben we het dagelijkse gedrag genoemd: het gedrag dat dagelijks terugkeert in het bedienen van thermostaat, de lichtknopjes, de ramen en het mechanische ventilatiesysteem.



Het dagelijkse gedrag bepaalt de hoeveelheid functionele energie, oftewel hoe warm wordt de woning, hoe warm worden de slaapkamers, is het de hele dag dezelfde temperatuur. In combinatie met de isolatiekwaliteit van de woning en de kwaliteit van de installatie bepaalt dat hoeveel energie (meestal gas, maar in ongeveer 5% van de woningen ook warmte (stadsverwarming)) de woning in gaat. De isolatiekwaliteit en de installatiekwaliteit worden bepaald door het gedrag van de eigenaren van de woningen en hebben de laatste decennia gezorgd voor een spectaculaire verlaging van het gasverbruik. In 20 jaar is dat met ongeveer een derde afgenomen. Door de groei van het aantal woningen is het gasverbruik in de woningsector ondanks de afname per woning in totaal ongeveer gelijk gebleven.

Het elektriciteitsverbruik is daarentegen een groeisector, ondanks alle beleidsinspanningen om dit te veranderen. De efficiency van apparaten neemt toe, maar de groeiende welvaart zorgt voor een snellere stijging van de comfortbehoefte, de functionele vraag.

Analyse KWR

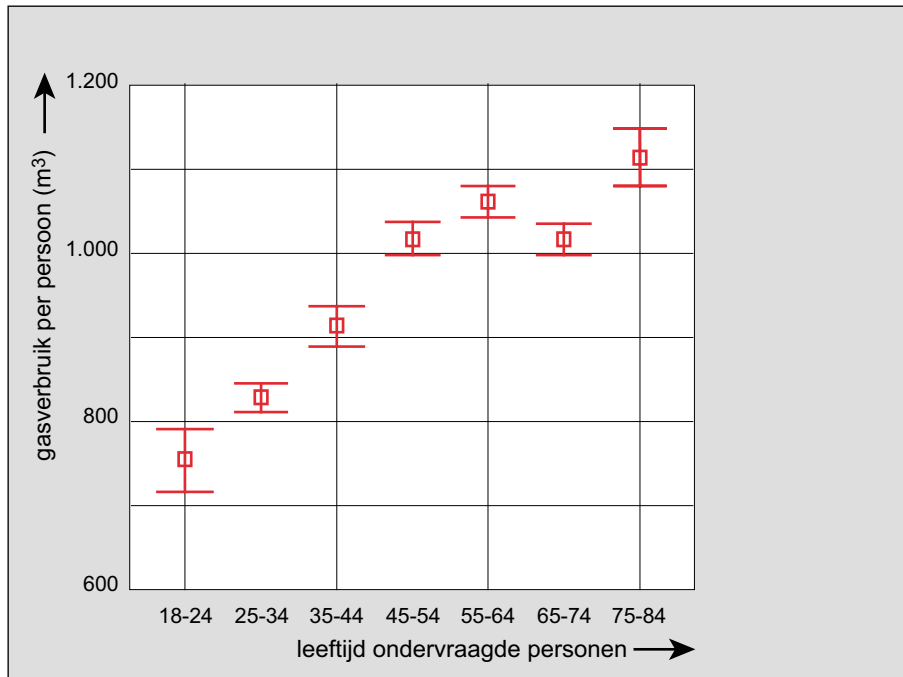
In opdracht van DG Wonen van het Ministerie van VROM hebben we een analyse uitgevoerd van het KWR-bestand dat gegevens bevat over 15.000 woningen. De analyse heeft zich gericht op het energieverbruik waarbij gezocht is naar de determinanten, de bepalende factoren voor het gas- en elektriciteitsverbruik rekeninghoudend met verschillen in woningtype (grootte, bouwkwaliteit) en verschillen in huishoudens (leeftijd, grootte, inkomen). Het bestand bevat gegevens over het feitelijk energieverbruik, de bouwkundige kwaliteit, het stook- en verlichtingsgedrag en over het huishouden.

In het onderzoek hebben we het stookgedrag bepaald door te kijken naar de gemiddelde stooktemperatuur en naar het verschil tussen de minimum en maximum stooktemperatuur (DT). Zuinig stokers hebben een grote DT en een lage gemiddelde stooktemperatuur.

Uit de analyse blijkt dat:

- zuinig stoken tot 5% lager gasverbruik per graad stooktemperatuur leidt;
- slechts een beperkte groep huishoudens zuinig stookgedrag vertoont;
- vooral ouderen een hogere gemiddelde stooktemperatuur hebben, wel zeer bewust stoken (grote DT) en daarmee een hoger gasverbruik hebben dan jongeren (zie Figuur 1);

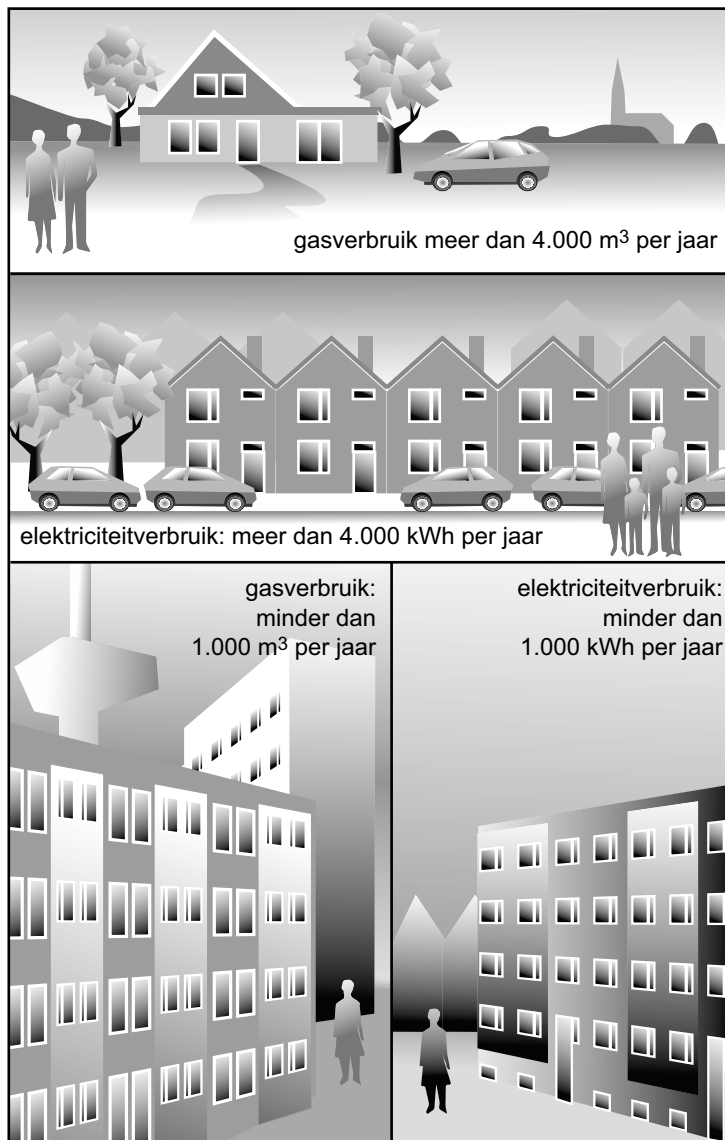
Figuur 1 Het gemiddeld gasverbruik per persoon in huishoudens met twee personen



- naarmate woningen beter geïsoleerd zijn, het gasverbruik lager is;
- in goed geïsoleerde woningen minder zuinig wordt gestookt, maar dat dat nauwelijks effect heeft op het gasverbruik (reboundeffect);
- huishoudens die veel ventileren een iets lager energiegebruik hebben dan weinig-ventileerders, terwijl de energiemodellen (EPC, EPA) het omgekeerde hanteren;
- gebruiksoppervlak, ouderdom van de bewoners, isolatie de belangrijkste verklarende factoren zijn voor het energiegebruik voor verwarming. Voor elektriciteit komt daar het inkomen bij.

In Figuur 2 zijn enkele belangrijke kenmerken van veel-stokers en zuinig-stokers gekarakteriseerd.

Figuur 2 Kenmerken van veel stokers en zuinig stokers



Verlaging van de CO₂-emissie. De vraag is op welke wijze de overheid kan trachten de CO₂-emissie van de woningsector te verlagen omdat Nederland zich heeft verbonden aan het Kyoto-protocol en naar verwachting dat een vervolg zal krijgen in de post-Kyotoperiode. Allereerst is daarvoor inzicht nodig in de ontwikkeling van CO₂-emissie, rekening houdend met de resultaten van de KWR-analyse, op basis van het huidige beleid in combinatie met belangrijke maatschappelijke ontwikkelingen. Ten behoeve hiervan zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd. De energievraag per woning voor verwarming zal verder afnemen, maar voor de elektrische functies zal er een groei blijven. In totaal zal de CO₂-emissie ten gevolge van het energiegebruik voor verwarming, warm tapwater en elektriciteitsverbruik beperkt afnemen. Hierbij zijn er factoren die leiden tot een toename en tot een afname van de CO₂-emissie:

Factoren die leiden tot een toename zijn:

- de groei van de bevolking tot 18,5 miljoen mensen in 2030;
- de groeiende welvaart die leidt tot meer vraag naar elektrische apparaten en een intensiever gebruik ervan;

- de gezinsverdunning (van 2,5 naar 2,1 personen per huishouden);
- de vergrijzing: het aantal ouderen stijgt en deze groep heeft een hoger verbruik dan jongeren.

Factoren die tot een afname leiden zijn:

- de betere isolatiekwaliteit van nieuwe woningen, maar ook van bestaande woningen (renovatie/herstructurering);
- de hogere rendementen van de apparaten en installaties;
- de hogere efficiency van elektriciteitscentrales;
- de groei van het gebruik van duurzame elektriciteit (50% in 2030).

De gemiddelde vraag per jaar voor verwarming per woning daalt nog verder en de elektriciteitsvraag per woning stijgt verder. Door de toename van het aantal huishoudens met 1,5 miljoen, stijgt zowel de energievraag voor verwarming als voor elektrische toepassingen. De afname van de CO₂-emissie in de vooruitberekeningen wordt vooral veroorzaakt door voortzetting van de stijging van het aandeel duurzame elektriciteit (van 9% nu, naar 50% in 2030).

Deze reductie die volgt uit deze indicatieve berekeningen is nog onvoldoende in het kader van de noodzakelijke reductie van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer. Extra verlaging is noodzakelijk. Hiervoor zijn verschillende interventiestrategieën te benoemen die aangrijpen op de vier soorten gedrag die in het onderzoek zijn onderscheiden:

- Het beïnvloeden van het **dagelijks gedrag** lijkt weinig zoden aan de dijk te zetten. Er is een kleine groep die zuinig stookt, en door demografische ontwikkelingen zal er eerder sprake zijn van een minder zuinig stookgedrag. Daarnaast blijkt uit literatuur dat het blijvende effect van overheidsinterventies op dit vlak klein is en slechts een beperkte groep hierop kan worden aangesproken. Ook neemt de isolatiegraad toe zodat het effect in absolute zin kleiner wordt.
- Het beïnvloeden van de **bouwkwaliteit** gebeurt reeds en moet voortgezet worden. Aanscherping zal weinig extra besparingen opleveren tenzij fors geld hierin gestopt wordt. In de bestaande woningsector zijn veel woningen die niet in aanmerking komen voor sloop (vanwege aantasting van de stedelijke waarde door na-isolatie aan de buitenzijde) en niet of nauwelijks te isoleren zijn. Als extra interventiestrategie levert dit weinig op.
- Het beïnvloeden van de rendementen van **installaties** is matig effectief, maar kostbaar voor de overheid. Dit geldt vooral voor de elektrische functies. Continuering van het beleid om zuinigere apparaten en installaties in de woning te krijgen blijft zinvol, maar is al onderdeel van de autonome ontwikkeling.
- Het beïnvloeden van de **milieukwaliteit** van energiedragers die de woning binnenkomen is effectief, redelijk eenvoudig aan te sturen en biedt een goede kans bovenop continuering van het huidige beleid met betrekking tot isolatie en installaties. In de prognoses voor 2030 wordt al rekening gehouden met een stijging van het gebruik van duurzame elektriciteit tot 50% van de elektriciteitsvraag. Hierdoor daalt de totale CO₂-emissie van de woningvoorraad al met ongeveer een kwart. Een verdere stijging van duurzame elektriciteit, maar vooral ook van duurzame warmte kan de totale CO₂-emissie nog verder reduceren.

In Tabel 1 zijn de belangrijkste kenmerken voor de interventiestrategieën weergegeven.



Tabel 1 Overzicht interventiestrategieën voor extra CO₂-reductie

	Effectiviteit	Directe kosten	Indirecte kosten	Conclusie
Dagelijks gedrag	klein	laag	Hoog	laag
Bouwkwaliteit	rvw: groot tap: klein elek: klein	rvw: hoog tap: nvt elek: nvt	rvw: matig	rvw: belangrijk tap: nvt elek: nvt
Installaties	rvw: groot tap: groot elek: matig ¹	rvw: matig tap: matig elek: laag	rvw: laag tap: laag elek: hoog ²	rvw: matig tap: belangrijk elek: matig
Energiedrager	Groot	laag ³	matig ⁴	belangrijk

rvw = ruimteverwarming; tap = warm tapwater; elek = elektrische functies

Directe kosten zijn de kosten voor de energiegebruiker. Indirecte kosten zijn de kosten van de overheid zoals subsidies maar ook uitvoeringskosten.

Zonder het beleid dat gericht is op verbetering van de bouwkwaliteit en de rendementen van installaties te stoppen, is het mogelijk om door groene elektriciteit, maar ook door groen gas en groene warmte een substantiële verlaging van de CO₂-emissie van de woningsector te bereiken. Dit is effectief en de (directe en indirecte) kosten zijn aanvaardbaar.

¹ Door rebound-effect en slechts een beperkt deel van de apparaten dat zuinig is.

² Het betreft slechts een deel van het energiegebruik, hoge transactiekosten.

³ Door REB-vrijstelling.

⁴ Inclusief REB-vrijstelling en transactiekosten.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

Het kabinet heeft te kennen gegeven te blijven streven naar het behalen van de internationaal (Kyoto en Bonn) overeengekomen doelstellingen om de CO₂-emissie te reduceren, ook in de gebouwde omgeving. In de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid van juni 1999 is aangegeven dat vooral in de bestaande woningvoorraad nog veel mogelijkheden zijn voor verlaging van de CO₂-emissies.

De vraag is daarbij welke aangrijpingspunten het Rijk heeft om die technische mogelijkheden te benutten. Om de mogelijkheden en onmogelijkheden voor het beleid op dit terrein goed in beeld te krijgen, wil VROM meer zicht krijgen op het energiegebruik van huishoudens en de relatie met het energie(gebruiks)gedrag de kenmerken van huishoudens en de woning. De laatste meting van de Kwalitatieve Woningregistratie (KWR2000+) biedt mogelijkheden voor zowel verkennend als toetsend onderzoek op dit terrein. De KWR is een periodieke opname van ongeveer 15.000 woningen door inspecteurs van het Ministerie van VROM. Vele gegevens over de bouwkundige kwaliteit, isolatieniveau, soort verwarming, energiegebruik, maar ook stookgedrag en ventilatiegedrag worden in kaart gebracht. Op basis van de KWR heeft CE een onderzoek gedaan naar de relatie tussen gedrag, woningkenmerken, kenmerken van huishoudens en het energiegebruik.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is geweest om inzicht te verwerven in:

- 1 (De verschillen in) gedrag⁵ van huishoudens inzake energiegebruik⁶ in en om de woning (ruimteverwarming in het bijzonder).
- 2 Het relatieve gewicht van energiegebruiksgedrag van huishoudens en (investeringen in) de energetische kwaliteit van de woning voor het energiegebruik van huishoudens in en om de woning.
- 3 De mogelijke 'winst' die beïnvloeding van de diverse aspecten van het energiegedrag van huishoudens in en om de woning zou kunnen opleveren.

De vraag van VROM kent twee invalshoeken bij de vraagstelling. De eerste is: geef ons inzicht in de relatie tussen gedrag van huishoudens en het energiegebruik, en ten tweede: geef ons aan of de KWR bruikbaar is voor het krijgen van inzicht in het gedrag van huishoudens en het energiegebruik. Het beantwoorden van de vraag vanuit de 1e invalshoek zou een ander soort onderzoek opleveren dan de beantwoording vanuit de 2e invalshoek. Wij hebben in overleg met de opdrachtgever de 2e invalshoek leidend laten zijn. Zoals uit de enquête van de KWR blijkt kunnen namelijk een aantal gedragskenmerken niet worden onderzocht omdat daar geen gegevens over zijn verzameld (bijvoorbeeld binnenverlichting in de woning, aanschafgedrag, keuze voor groene stroom, e.d.).

⁵ De term *gedrag of energiegebruiksgedrag* heeft hier slechts betrekking op het *dagelijkse* energiegebruiksgedrag. De keuze voor de (energetische kwaliteit van de) woning valt dus buiten het bereik van dit onderzoek. Later zullen we ook andere soorten gedrag definiëren.

⁶ Onder de term *energiegebruik* wordt hier verstaan de in de woning gebruikte hoeveelheid energie voor dagelijks gebruik, zoals ruimteverwarming en gebruik van elektrische apparatuur in en om de woning.

De uitvoering van het onderzoek bestaat uit 2 componenten:

- analyse van het KWR-bestand;
- samenhang met macro-ontwikkelingen.

1.3 Leeswijzer

In deze eindrapportage van het onderzoek komen de volgende aspecten aan de orde:

- **Hoofdstuk 2 Relevantie van dagelijks gedrag op energiegebruik**
Een beknopte beschrijving van de verschillende energiefuncties, en de stappen in de energieketen die leiden tot het energiegebruik en CO₂-emissie van de huishoudens. Hierin wordt het uitgevoerde onderzoek geplaatst in het groter geheel van onderzoek naar duurzaam bouwen, wonen en energiebesparing. Ook wordt de bijdrage van het dagelijks energiegedrag gekwantificeerd.
Voor elk van de gedragscomponenten wordt aangegeven op welke wijze die ingrijpen op het energiegebruik van de totale sector huishoudens. Tevens worden de belangrijkste invloedfactoren voor elk van de gedragscomponenten benoemd (demografische, technische en economische).
- **Hoofdstuk 3 Effecten op energiegedrag en energiegebruik**
In dit onderdeel van de rapportage worden de resultaten van het onderzoek op het analyiseniveau van het individuele huishouden en de individuele woning (het micro-niveau) gepresenteerd. Het gaat daarbij om de gebruiksprofielen van verschillende groepen huishoudens en om effecten van bepaalde kenmerken of bepaald energiegedrag op het energiegebruik op micro-niveau. Er worden conclusies getrokken over de mate van bruikbaarheid van KWR voor dit onderdeel.
- **Hoofdstuk 4 Ontwikkelingen op macro-niveau**
De te verwachten effecten voor het energiegebruik in en om de woning worden beschreven als resultante van de diverse macro-ontwikkelingen uitgesplitst naar de 4 verschillende gedragscomponenten. Geschetst worden de belangrijkste ontwikkelingen op basis van volume-effecten op macro-niveau (als gevolg van demografische, technologische, economische of andere trends) en de opgedane kennis over effecten op micro-niveau.
- **Bijlage Analyse KWR**
In bijlage A is de analyse van de KWR beschreven.
- **Bijlage Ontwikkelingen 2000-2030**
In bijlage B zijn de belangrijkste achterliggende gegevens opgenomen voor de ontwikkeling van de energievraag op macro-niveau.



2 CO₂-emissie in de woningsector

2.1 Wat bepaalt de CO₂-emissie van woningen?

De huishoudens gebruiken momenteel circa 400 PJ aardgas⁷ en 200 PJ elektriciteit⁸ hetgeen resulteert in een CO₂-emissie van ongeveer 36 Mton per jaar⁹. Dit is een significante hoeveelheid, zeker omdat er nog tal van technische maatregelen mogelijk zijn om deze CO₂-emissie te verlagen. Dit laatste is nodig in het kader van de internationale afspraken om de CO₂-emissie te verlagen naar het niveau van 1990 verminderd met 6%. In de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid is aangegeven dat er reële mogelijkheden zijn om ook vanuit de bestaande woningvoorraad een bijdrage te leveren aan de reductiedoelstellingen.

Om dit goed te kunnen doen is de eerste stap het bepalen van de determinanten van CO₂-emissie. Vervolgens zal de vraag gesteld moeten worden in welke mate (en tegen welke kosten) deze determinanten beïnvloedbaar zijn.

Het energiegebruik, en daarmee de CO₂-emissie in de gebouwde omgeving ontstaat ten gevolge van de functionele vraag naar:

- 1 Ruimteverwarming.
- 2 Warm tapwater.
- 3 Verlichting.
- 4 Overig elektriciteitsverbruik.

Voor elk van deze 4 functies worden diverse technieken gebruikt om aardgas of elektriciteit om te zetten in warmte, warmwater respectievelijk licht.



Zoals in Figuur 3 is te zien kan de weg van de functionele energievraag (behoefte aan een warme woning, licht op tafel etc) tot het verstoken van aardgas/kolen in een elektriciteitscentrale als een keten worden beschouwd. Ieder onderdeel van de keten heeft zijn eigen relatieve invloed op de uiteindelijke CO₂-emissie. Op een aantal stappen in de keten heeft het gedrag van huishoudens invloed, waarbij het noodzakelijk is om dit gedrag uiteen te ra-

⁷ 400 PJ aardgas is ruim 12 miljard m³.

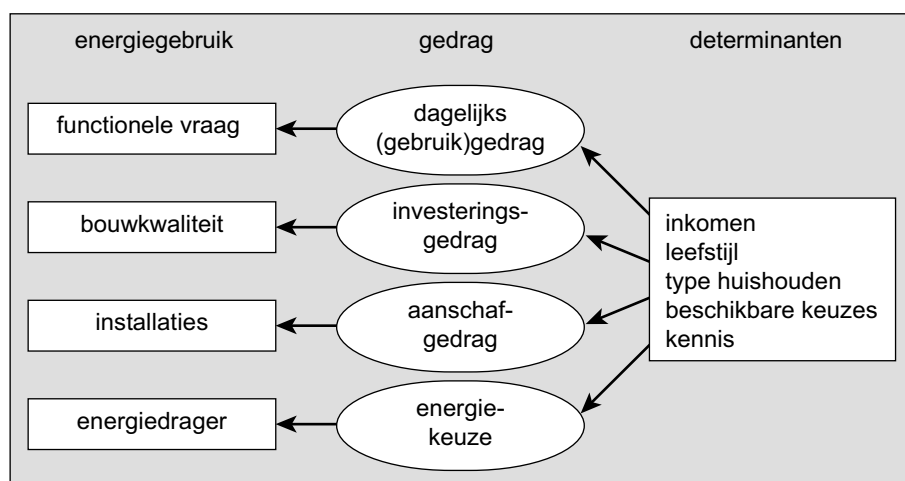
⁸ 200 PJ elektriciteit is ruim 22 miljard kWh.

⁹ Uitgaande van een gemiddelde emissiefactor van 56 kg CO₂ voor aardgas en 190 kg CO₂ per GJ elektriciteit. In de overzichten van de emissies per sector wordt de emissie ten gevolge van het elektriciteitsverbruik meestal niet opgegeven bij de woningsector, dat hebben wij hier wel gedaan.

felen in verschillend soort gedrag. Elk soort gedrag heeft vervolgens z'n determinanten en z'n beïnvloedingsmogelijkheden voor het overheidsbeleid. Voor alle duidelijkheid zullen we een onderscheid aanbrengen tussen de verschillende componenten van het gedrag die bepalend zijn voor het energiegebruik:

- woningkeuzegedrag;
- dagelijks gedrag;
- investeringsgedrag;
- aankoopgedrag apparaten;
- keuzegedrag gewone/schone energie.

Figuur 3 Energiegebruiksketen gebouwde omgeving



In dit onderzoek wordt de term "gedrag" niet gebruikt als het gaat om bewust gedrag, maar om al het gedrag dat leidt tot het gebruik van energie en daarmee tot CO₂-emissie.

De eerste gedragscomponent (waar dit onderzoek vooral op gericht is) is het **dagelijkse gedrag**. Hierbij gaat het om het stookgedrag (temperatuurniveau, welke ruimtes, deuren sluiten), verlichtingsgedrag (hoeveel lampen aan, waar, etc) en ventilatiegedrag (hoe vaak luchten, mechanisch of natuurlijk). Dit gedrag leidt tot de behoefte aan een bepaalde hoeveelheid functionele energie die een vertaling is van de comfortbehoefte van het huishouden voor de specifieke woning. Deze gedragscomponent alleen zegt dus niets over het energiegebruik, het moet in samenhang worden gezien met de volgende componenten.

De tweede component betreft het **investeringsgedrag** in de bouwkwaliteit (isolatie van ramen, muren, dak en vloer). Dit gedrag is voorbehouden aan de eigenaar van de woning maar kan beïnvloed worden door de gebruiker (huurder).

De derde component betreft het **aanschafgedrag** van apparaten en installaties, oftewel hoeveel en welke apparaten (o.a. rendement) worden aangekocht.

De vierde component betreft de keuze voor de milieukwaliteit van de **energiedragers** (op dit moment feitelijk alleen gewone elektriciteit of groene elektriciteit, maar in de toekomst waarschijnlijk een uitgebreider keuzepallet).

De relatie tussen energiegebruik en CO₂-emissie is niet eenduidig. Het energiegebruik kunnen we beter benoemen als het verbruik van energiedragers (gas, elektriciteit en/of warmte) omdat dan duidelijk wordt dat het ge-



bruik van energie niet altijd emissie van CO₂ hoeft te betekenen; de ene energiedrager heeft een hogere CO₂-emissie dan de ander.

Concreet voorbeeld hiervan is dat de CO₂-emissie van 1.500 m³ aardgas ongeveer 2.700 kg per jaar betekent, maar als diezelfde woning met hetzelfde huishouden met hetzelfde stookgedrag een warmteaansluiting heeft, kan de CO₂-emissie slechts 1.500 kg per jaar bedragen (afhankelijk van de warmtebron). Het meest extreem is het als we groene en grijze elektriciteit vergelijken van een huishouden dat 3.500 kWh elektriciteit gebruikt. Gemiddeld betekent dit een emissie van 2.200 kg CO₂, maar als dat huishouden een groene stroom-contract heeft dan is de CO₂-emissie nihil! In de toekomst kan het aantal keuzes zich wellicht uitbreiden doordat ook gasleveranciers "CO₂-vrij-gas" zullen gaan aanbieden. Deze gedragscomponent kan dan belangrijker worden.

Een nog niet benoemde component heeft betrekking op het soort woning die het huishouden kiest, groot of klein, appartement of vrijstaand. Ondanks dat er een grote correlatie is tussen het type woning en het energiegebruik (met name verwarming, zie hoofdstuk 3) is het een moeilijk beïnvloedbare component in het licht van het reduceren van de CO₂-emissies.

2.2 Determinanten

Bepalende factoren die van invloed zijn op de in paragraaf 2.1 genoemde componenten worden indirecte determinanten genoemd. Twee hoofdcategorieën die een belangrijke invloed hebben op energiegebruik zijn type woning en type huishouden (samenstelling, aantal leden, inkomen etc). Ons onderzoek zal zich op deze determinanten richten.

Uit divers onderzoek blijkt dat het moeilijk is voor de overheid om het gedrag te beïnvloeden. Daarbij zijn er echter wel verschillen waarneembaar tussen de verschillende soorten gedrag. Met de toenemende welvaart is het wel goed mogelijk om ten gevolge van veranderingen in het aankoopgedrag zuinigere apparaten en installaties in de woning te krijgen. De ervaring leert tegelijkertijd dat de energiebesparing van zuinige installaties deels teniet wordt gedaan door verandering van het dagelijks gedrag, het zogenaamde reboundeffect (extra lampen (spaarlampen) als buitenverlichting is het bekendste voorbeeld; maar ook bij zonneboilers lijkt dat effect zich voor te doen). De gedragsverandering om schone elektriciteit in plaats van gewone elektriciteit te kopen heeft de afgelopen jaren succes gehad; door vrijmaking van de energiemarkt voor groene elektriciteit in combinatie met de REB-vrijstelling¹⁰ gebruiken nu al ruim anderhalf miljoen huishoudens groene elektriciteit.

Daarnaast is bepaald gedrag, met name het dagelijks gedrag, gerelateerd aan bepaalde type huishoudens. Door demografische ontwikkelingen kunnen deze typen huishoudens in aantal toe-, dan wel afnemen en daardoor zonder dat er gedragsverandering plaatsvindt, wel leiden tot een "autonome" groei of afname van het energiegebruik.

Een andere belangrijke determinant, vooral voor het elektriciteitsverbruik, is het inkomen, hetgeen CE in de studie "Mechanisme achter de groei van het energiegebruik" aantoonbaar heeft gemaakt, zij het dat het effect voor elke energiefunctie anders uitpakt.

Er zijn meerdere wegen die naar Rome leiden, en ook meerdere wegen die een lagere CO₂-emissie per woning opleveren: wat meer isolatie en wat

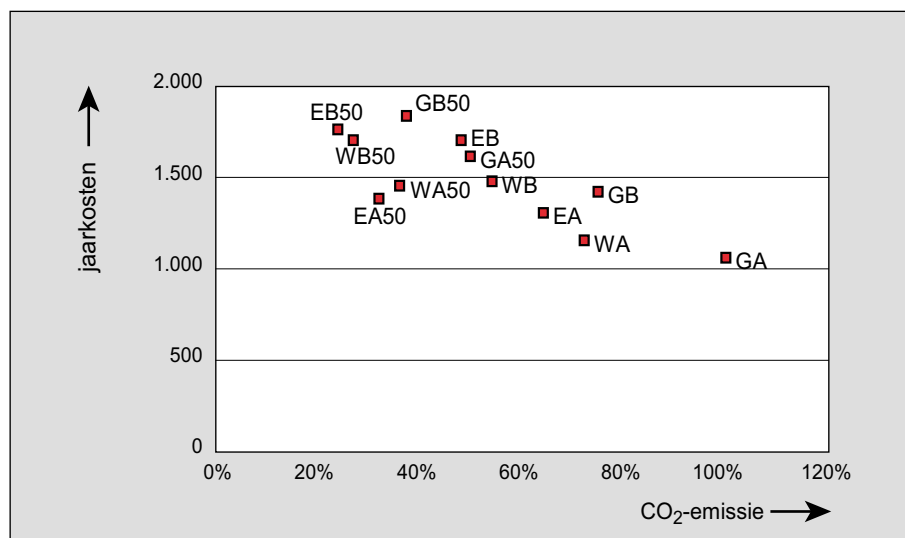
¹⁰ Voor groene elektriciteit hoefde tot nu toe geen energiebelasting (REB) betaald te worden en sinds 1 juli een lager bedrag dan grijze elektriciteit.

minder hogere rendementen, of een zonneboiler in plaats van een HR-ketel. De verhouding tussen prijs (bedrag voor verwarming van de woning) en prestatie (hoeveelheid CO₂-reductie) kunnen daarbij sterk verschillen tussen verschillende soorten maatregelen. In Figuur 4 hebben we drie soorten maatregelen met elkaar gecombineerd:

- verbetering isolatiekwaliteit;
- gebruik van energiedrager (gas, elektriciteit, warmte);
- milieukwaliteit.

De functionele energievraag, waarbij het comfortniveau bepalend is, is gelijk genomen in elk van de weergegeven punten, die een combinatie van maatregelen betreffen.

Figuur 4 Kosten en baten van CO₂-reductie



- G = gasverwarming
- E = all electric (geen gasaansluiting, een elektrische warmtepomp voor woningverwarming)
- W = warmtelevering
- A = gemiddelde bouw- installatiekwaliteit
- B = betere bouw- installatiekwaliteit
- 50 = energiedrager met duurzame energie (50% CO₂-reductie)

We hebben als voorbeeld twaalf opties weergegeven om de CO₂-emissie te verlagen: drie soorten energiedragers x twee niveaus van isolatiekwaliteit x twee niveaus van milieukwaliteit. Op de X-as staat de CO₂-emissie waarbij de CO₂-emissie van een traditionele rijtjeswoning met een gemiddelde isolatiekwaliteit en gasaansluiting (GA) op 100% is gesteld. Op de Y-as staan de kosten per jaar weergegeven die bestaan uit de kosten voor de m³s en kWh-en, maar ook voor de maatregelen.

Er zijn opties met een lagere energievraag (GB, WB en EB). Er worden dan extra isolatiemaatregelen getroffen die een vraagverlaging opleveren en/of een HR-107 ketel geplaatst. Tegelijkertijd leidt dit tot hogere kosten. Daarnaast zijn er opties met 50% duurzame energie doorgerekend (die per GJ duurder is: GA50, GB50, WA50, WB50, EA50, EB50).

Opvallend is dat de grootste besparingen haalbaar zijn met duurzame energie, waarbij de extra kosten beperkt zijn (linkerdeel van de puntenwolk).

De ligging van de punten kan per type woning en per locatie sterk verschillen, dit laatste geldt vooral voor de opties met warmtelevering (WA, WB,



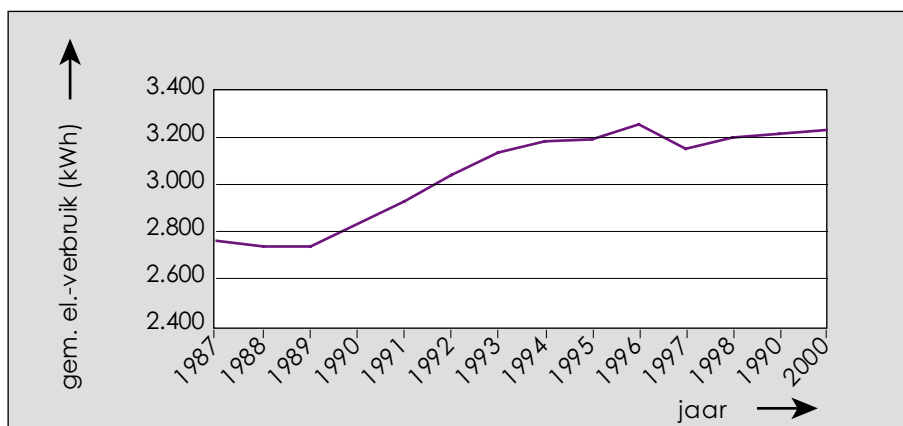
WA50 en WB50). De beschikbaarheid van een lokale warmtebron met een lage CO₂-emissie kan de kosten van de opties WA50 en WB50 sterk beïnvloeden. De kosten en CO₂-emissies van de opties met volledig elektriciteit (EA, EB, EA50 en EB50) verschillen niet sterk per locatie maar zijn veel meer afhankelijk van technologische ontwikkelingen (elektrische warmtepomp).

Wat duidelijk wordt door het figuur is dat bij een gelijke functionele energievraag, de CO₂-emissie sterk kan verschillen en dat de kosten daarvan sterk afhangen van het soort maatregelen dat getroffen wordt.

2.3 Ontwikkeling energiegebruik

Het elektriciteitsverbruik in huishoudens stijgt al jaren. Werd in 1987 nog circa 2.750 kWh verbruikt per jaar, anno 2000 ligt dat rond 3.200 kWh. Een stijging van maar liefst 20% (EnergieNed 2002). De stijging is met name een gevolg van een toename in het aantal apparaten in de woning, maar ook van intensiever gebruik van apparatuur.

Figuur 5 Huishoudelijk elektriciteitsverbruik



Bron: EnergieNed 2002

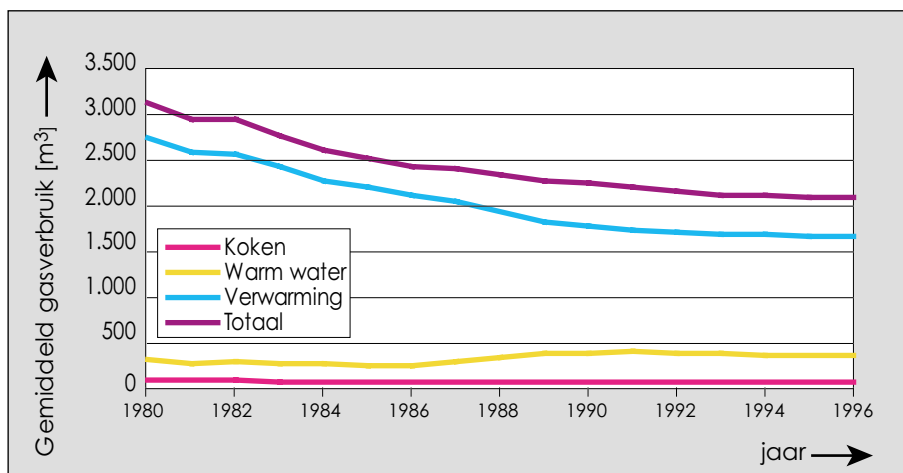
Grote verbruikers waarvan het aantal bezitters sterk is toegenomen zijn de wasdroger en de vaatwasmachine. In het afgelopen decennia is de penetratiegraad van de vaatwasmachine gestegen van circa 10% naar 40% en de penetratiegraad van de wasdroger van ongeveer 30% naar 60%. Andere apparaten die hun intrede hebben gedaan zijn de PC en de magnetron. Verder komt het vaker voor dat huishoudens meerdere exemplaren van een apparaat in gebruik hebben. Zo is het bezit van een tweede TV in circa 10 jaar toegenomen van 33% naar 45%.



Het gebruik van apparaten is tevens toegenomen. Zo wordt er bijvoorbeeld meer gewassen, vaker gedoucht en meer gebruik gemaakt van de PC. Ten slotte is een toename in het continuverbruik ('sluipverbruik') te zien. Dit bedraagt momenteel circa 17% van het totale elektriciteitsverbruik (bron: Consumentenbond).

In 2000 was het jaarlijks gasverbruik in een gemiddeld huishouden 1.940 m³. Het verbruik per huishouden daalt al jaren, met name omdat woningen steeds beter worden geïsoleerd en omdat het rendement van verwarmingsapparatuur toeneemt. Vooral in de jaren tachtig is het verbruik gedaald. In 1980 verbruikte een gemiddeld huishouden nog ruim 3.000 m³ per jaar, in 1990 circa 2.250 m³. Het gasverbruik voor warm tapwater is in 20 jaar met ongeveer de helft toegenomen. Door de toename van het aantal huishoudens is het totale gasverbruik ongeveer gelijk gebleven.

Figuur 6 Huishoudelijk gasverbruik



Bron: EnergieNed 2001



3 Analyse KWR 2000+

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de analyse op het niveau van het individuele huishouden en de individuele woning (het micro-niveau) gepresenteerd. Het gaat daarbij om de gebruiksprofielen van verschillende groepen huishoudens en om effecten van bepaalde kenmerken of bepaald energiegedrag op het energiegebruik op micro-niveau. De statistische analyse is uitgevoerd met behulp van SPSS. De gedetailleerde resultaten worden in Bijlage A gegeven; in dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten en conclusies gepresenteerd.

Het KWR¹¹ 2000+ bestand (kort KWR bestand) bevat de resultaten van enquêtes onder 15.002 ondervraagden (respondenten, gevallen), die hierbij optraden als vertegenwoordiger van hun huishouden. De vragen betroffen samenstelling van het huishouden, omgevingsfactoren en gedrag op het gebied van verwarming, (buiten)verlichting en ventilatie. Daarnaast is door de inspecteurs ook een woningopname gedaan, waardoor bijvoorbeeld isolatiegegevens bekend zijn. Ook is voor veel gevallen het daadwerkelijk verbruik van gas, elektriciteit en/of 'warmte' bekend.

In dit onderzoek gaat het om de gedragsfactoren en hoe die samenhangen met woning- en huishoudenkenmerken en verbruiken. Gegevens over gedrag zijn in het KWR bestand beschikbaar voor de gedragspraktijken verwarmen, buitenverlichten en ventileren.

Verwarmen en verlichten zijn bovendien gedragspraktijken die een groot aandeel hebben in het huishoudelijk energiegebruik.

Aan de hand van de beschikbare gegevens is een aantal gedragsklassen gedefinieerd. We onderscheiden drie energiefuncties met bijbehorend gedrag:

- **verwarming:** aantal ruimtes dat verwarmd wordt, gemiddelde stooktemperatuur en verschil tussen minimum en maximum stooktemperatuur. Deze gedragfactoren geven alledrie een beeld van verwarmgedrag uit verschillende invalshoeken: het aantal ruimtes en de gemiddelde stooktemperatuur geven een direct beeld van de "zuinigheid" van het gedrag in de zin van laag gasverbruik, maar het temperatuurverschil geeft een beeld van "zuinigheid" die niet direct laag gasverbruik tot gevolg heeft, maar aangeeft dat de respondenten wel denken, als voorbeeld, aan het 's nachts laagzetten van de thermostaat. Nadere toelichting staat in 3.2.
- **ventilatie:** mate van ventileren, voor vier ruimtes. Een "score" voor ventileren is afgeleid van de gegevens in het KWR, voor woonkamer, keuken, badkamer/toilet en "overige ruimtes". Nadere toelichting in 3.2.
- **verlichting:** al of niet buitenverlichting en mate van gebruik bij zelfgeschakelde buitenverlichting. Dit is alles wat vanuit het KWR bestand bekend is over verlichting. Omdat dit te summier is, wordt in de systematische analyse niet gekeken naar verlichting.

¹¹ Kwalitatieve Woningregistratie.

Dit wordt beschreven in paragraaf 3.2. Daarnaast zijn alle gevallen in het KWR bestand ingedeeld naar zowel huishoudenklasse, op grond van de samenstelling van het gezin en de leeftijd van de ondervraagde persoon (zie 3.3), als naar woningklasse, op grond van de situering en het bouwjaar van de woning (zie 3.4). Gegevens over verbruik bestaan uit gas- (warmte-) en elektriciteitsverbruiken per jaar, die door de energiebedrijven zijn aangeleverd en door Novem gecorrigeerd (zie Bijlage A.2).

Zowel voor de huishoudenklassen als voor de woningklassen is getracht die kenmerken te vinden, die de meeste invloed hebben op dagelijks gas- en elektriciteitsverbruik. Gedrag wordt hierin meegenomen als kenmerk met mogelijke invloed. Bij de analyse is ook geprobeerd de vraag te beantwoorden of er groepen huishoudens zijn te onderscheiden (in bepaalde categorieën van woningen) met een vergelijkbaar energieverbruik of -gedrag. Resultaten zijn gebaseerd op een drietal statistische analysemethoden: clusteranalyse, factoranalyse en regressie-analyse¹². De eerste methode geeft voor een bepaalde variabele, bijvoorbeeld verbruik en/of gedrag, aan of er groepen in bijvoorbeeld woningklassen of huishoudens zijn te zien met min of meer hetzelfde verbruik en/of gedrag. De tweede methode zoekt, voor bijvoorbeeld gasverbruik, groepen van determinanten die in zekere zin bij elkaar horen, zoals isolatiegraad en bouwjaar. Regressie-analyse geeft kwantitatieve verbanden tussen een variabele, bijvoorbeeld gasverbruik, en determinanten, zoals gemiddelde stooktemperatuur en/of isolatiegraad.

Tenslotte is een aantal hypothesen geformuleerd, die aan de hand van het KWR bestand worden getoetst (zie 3.6). Twee hiervan gaan over het rebound effect, in dit geval van isolatiemaatregelen. Ter afsluiting worden conclusies gepresenteerd in 3.7.

3.2 Wat is gedrag?

Gedrag is een enigszins ongrijpbare grootte, die daarom per studie zorgvuldig gedefinieerd moet worden. In dit onderzoek wordt gedrag gedefinieerd als de "consumptie van bepaalde energiefuncties". Hoe hoog staat de thermostaat 's avonds ingesteld? Hoe lang staat de ventilatie in de badkamer per dag aan? Zulke zaken worden mede beïnvloed door bijvoorbeeld kenmerken van de woning en zeggen dus niet noodzakelijk direct iets over de "houding" van de gebruiker of over de "stuurbaarheid" van dit gedrag.

In het KWR bestand zijn gegevens over de vraag naar drie "energiefuncties" beschikbaar: verwarming, ventilatie en buitenverlichting. Voor de laatste functie zijn de gegevens te summier om voor een degelijke analyse te gebruiken. Er wordt alleen naar gekeken in 3.6.1.

Stookgedrag

Om stookgedrag te classificeren, is zowel de gemiddelde stooktemperatuur die staat ingesteld belangrijk, als het aantal ruimtes dat verwarmd wordt. Hieruit worden vervolgens drie groepen gevormd: stooktemperatuur 18°C of minder, 18-19°C en 19°C of meer. Voor het aantal ruimtes dat wordt verwarmd wordt een verdeling gemaakt in twee groepen: huishoudens die alleen de woonkamer verwarmen en huishoudens die daarnaast nog andere ruimtes verwarmen. Merk op dat de temperaturen in het KWR bestand niet altijd werkelijke (gemeten) temperaturen zijn, maar de ingestelde temperatu-

¹² De specifieke analyses gebruikt (zie Bijlage A) zijn TwoStep clusteranalyse, PCA factoranalyse en multivariate lineaire regressie.



ren op thermostaten. Omdat ze hier juist gebruikt worden als gedragmeters, is dit geen probleem.



Naast gemiddelde stooktemperatuur en aantal verwarmde ruimtes, gebruiken we ook nog het “verschil tussen maximum en minimum stooktemperatuur” als een maat voor verwarmgedrag. Twee huishoudens kunnen dezelfde gemiddelde temperatuurinstelling hebben, maar bij de één is die instelling constant en bij de ander staat de stooktemperatuur in het weekend hoger en 's nachts lager ingesteld.

Details van de verwarmingclassificering staan in Bijlage A.3.1.

Getracht is op basis van het gas- en elektriciteitsverbruik groepen te onderscheiden met een vergelijkbaarstookgedrag¹³. Er blijken zeven duidelijke “clusters” te zijn, die in Tabel 2 staan beschreven. In Figuur 7 zijn de gemiddelde verbruiken voor de zeven groepen weergegeven. De groep met zowel het laagste gas- als het laagste elektriciteitsverbruik (!) heeft ook heel “zuinig” gedrag: de lage gemiddelde stooktemperatuur, niet meer dan één ruimte verwarmd en een groot verschil tussen maximum en minimum stooktemperatuur. In Figuur 7 is duidelijk te zien dat er ook een groep is met veel hoger verbruik (weer zowel voor gas als voor elektriciteit) dan alle anderen. Deze groep heeft echter niet het meest onzuinige gedrag. De groep met het meest onzuinige gedrag bestaat namelijk uit huishoudens die in beter geïsoleerde woningen wonen, waarbij het gasverbruik toch lager blijft.

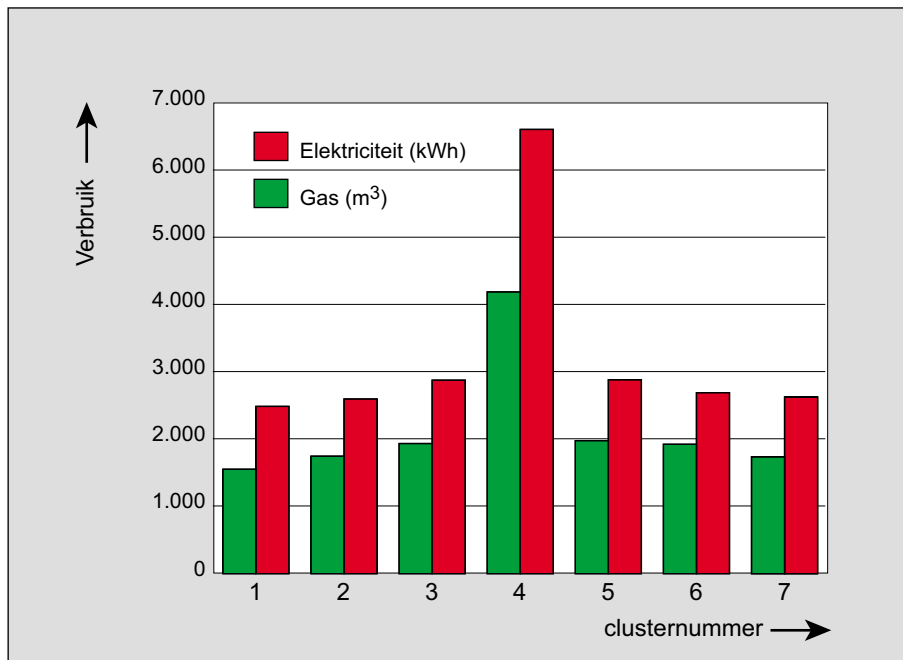
Dit is ook het geval voor het elektriciteitsverbruik, dat niet beïnvloed wordt door isolatie. Kennelijk is het “electriciteitsgedrag” (waar in het KWR bestand vrijwel niets over bekend is) van deze groep zuinig genoeg om het verbruik laag te houden. Het onzuinige verwarmgedrag is wellicht het gevolg van een “rebound effect”, dat in 3.6.4 verder wordt beschreven.

Tabel 2 Clusters in verwarmgedrag aan de hand van gas- en elektriciteitsverbruik

Cluster	Gasverbruik	Electriciteitsverbruik	Beschrijving van cluster	Gemiddeld temperatuurverschil
1	Laagst	Laagst	Meest zuinig: één ruimte, <18°C	Grootst
2	Laag	Laag	Eén ruimte, >19°C	
3			Meer ruimtes, <18°C	
4	Hoogst	Hoogst	Onzuinig: meer ruimtes, boven 18°C	Kleinst
5			Meer ruimtes, 18-19°C	
6			Meest onzuinig: meer ruimtes, >19°C	
7	Laag	Laag	Eén ruimte, 18-19°C	

¹³ Op basis van clusteranalyse, zie A.3.1.

Figuur 7 De verbruiken per cluster in stookgedrag



Ventilatie

Gegevens zijn beschikbaar over het gemiddeld aantal uren per dag¹⁴ van gebruik van mechanische, natuurlijke en/of extra¹⁵ ventilatie in een aantal ruimtes. Hieruit zijn vier ventilatiescores afgeleid, voor de woonkamer, de keuken, de badkamer plus toilet en voor "overige" ruimtes. Gebruik van mechanische ventilatie telt hierin dubbel zo zwaar als natuurlijke of extra ventilatie. De resulterende scores lopen van 1 tot 8.

In Bijlage A.3.2 staan meer details van deze classificering.

De mate van ventilatie vertoont geen duidelijke correlatie met gas- dan wel elektriciteitsverbruik. Er zijn ook geen groepen te onderscheiden, zoals we die voor verwarmgedrag wel zien. Wel is het ventilatiegedrag sterk afhankelijk van het bouwjaar ofwel de isolatiegraad van de woning. Niet alleen is er in de nieuwere woningen meer gelegenheid tot mechanische ventileren, maar er is ook meer behoefte aan ventileren.

Het ontbreken van een duidelijke toename in het gasverbruik bij toegenomen ventilatie is onverwacht, omdat modellen laten zien dat ventileren een aanzienlijk effect zou moeten hebben op het gasverbruik (zoals bijvoorbeeld in de EPC en EPA). In een één-op-één correlatie van gasverbruik en mate van ventilatie is het gasverbruik zelfs lager bij meer ventileren, ook bij natuurlijke en/of extra ventilatie.

Nader onderzoek zou meer duidelijkheid kunnen verschaffen. Hoewel de isolatiegraad een duidelijke invloed heeft op het verband tussen ventilatiescore en gasverbruik, verklaart dit niet alles. Het zou mogelijk kunnen zijn dat mensen die frisse lucht op prijs stellen ook een lagere stooktemperatuur instellen. Correctie voor stookgedrag heeft echter geen invloed op het ver-

¹⁴ Er is alleen gevraagd naar het gedrag in de winter.

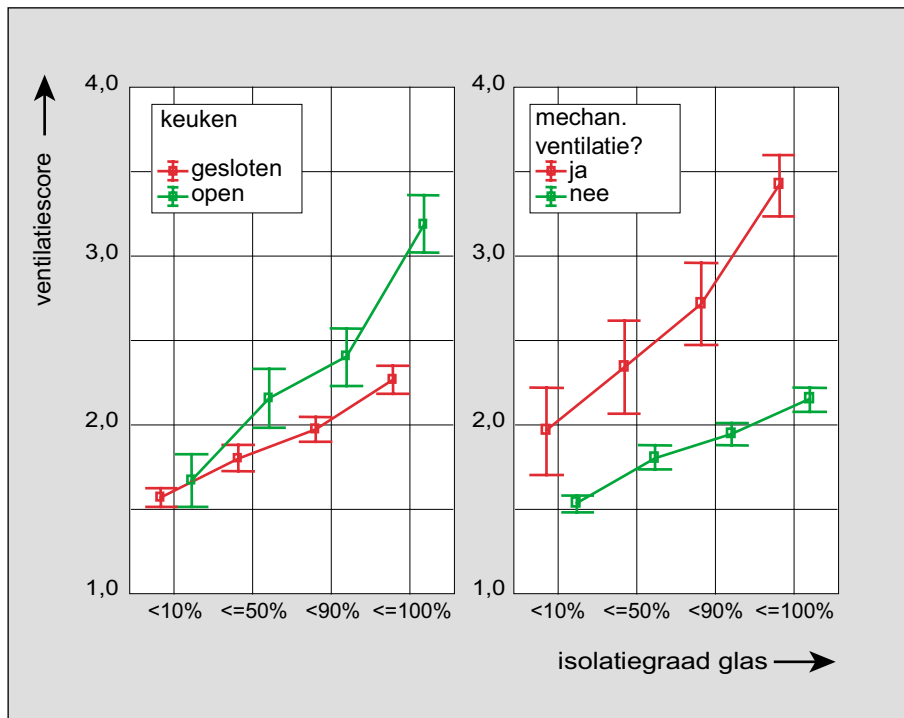
¹⁵ Natuurlijke ventilatie is met bijvoorbeeld luchtroosters, "extra" is door het openzetten van ramen of deuren.



band tussen ventilatie en gasverbruik. Het is waarschijnlijk dat het effect van ventilatie op de vochtigheidsgraad in dit alles een rol speelt. Bij een hogere vochtigheidsgraad kost het meer energie om een ruimte op temperatuur te houden. Door te ventileren zal de vochtigheidsgraad lager worden. Hoewel ook de temperatuur lager wordt tijdens het ventileren en dit een hoger verbruik tot gevolg zou kunnen hebben, wordt dit effect wellicht tenietgedaan door de verlaging van het verbruik bij lagere vochtigheidsgraad. Zodoende zou het netto effect klein of zelfs verbruikverlagend zijn, zoals in dit onderzoek is gevonden (zie A.3.2).

In woningen met meer isolatie wordt meer geventileerd. Dit is niet alleen het gevolg van het feit dat er in deze, nieuwere, woningen meer mechanische ventilatie ter beschikking is. Ook zonder mechanische ventilatie wordt er meer geventileerd, zoals te zien is in Figuur 8. Daarnaast zien we dat in woonkamers met een open keuken ook meer geventileerd wordt dan als de keuken gesloten is. Dit is overigens wel het gevolg van de beschikbaarheid van mechanische ventilatie.

Figuur 8 Ventilatiegedrag in de woonkamer



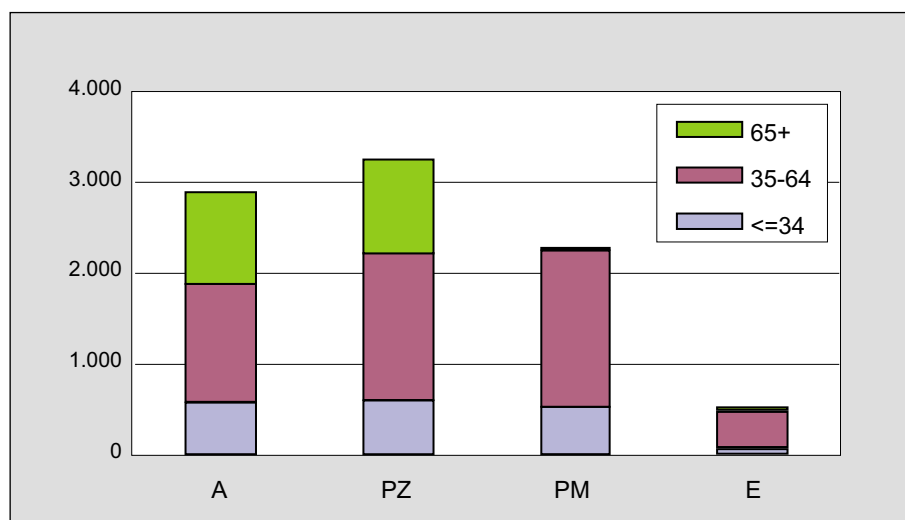
3.3 De invloed van het huishouden

Om groepen huishoudens in te delen, sluiten we zoveel mogelijk aan op de gegevensindeling van CPB, zodat de resultaten gebruikt kunnen worden bij de beschouwingen over ontwikkelingen op macroniveau (Hoofdstuk 4). In Tabel 3 worden de categorieën aangegeven die we gebruiken voor de indeling.

Tabel 3 Kenmerken huishoudens

Hoofdgroep	Subgroep
Alleenstaanden (A)	< 35
(Echt)paar zonder kind (PZ)	35-65
	> 65+
(Echt)paar met kinderen (PM)	
Eén-ouder gezin (E)	

Figuur 9 De aantallen respondenten per huishoudentype en leeftijd¹⁶



A = alleenstaande
 PZ = paar zonder kinderen
 PM = paar met kinderen
 E = één-ouder-gezin

In Figuur 9 worden aantallen respondenten voor de verschillende gezinssamenstellingen weergegeven. Tabel 4 laat de resultaten zien van een clusteranalyse¹⁷ van huishoudens op basis van de verbruiken en het verwarmgedrag (gemiddelde stooktemperatuur en temperatuurverschil). Er zijn vier hoofdgroepen, met gemiddeld verbruik en gedrag (cluster 1), hoog verbruik met gemiddeld tot onzuinig gedrag (cluster 2), laag gasverbruik met lage gemiddelde stooktemperatuur (cluster 3) en laag elektriciteitsverbruik met hoge (onzuinig) gemiddelde stooktemperatuur en groot (zuinig) temperatuurverschil (cluster 4). Deze laatste groep, die weliswaar zuinig gedrag vertoont, maar wel graag een warme omgeving heeft, bestaat uit 65+-ers. Een andere zuinige groep wordt gevormd door jongeren onder 34. Leeftijd is dus een belangrijke factor, onder andere omdat leeftijd een gemiddelde trend vertoont met het aantal kinderen en met hoeveel mensen thuis zijn. De groep tussenleeftijden is in tweeën gesplitst op basis van het al of niet hebben van kinderen.

¹⁶ Alleen gevallen zonder warmtelevering zijn hier meegenomen.

¹⁷ Zie A.7.1.



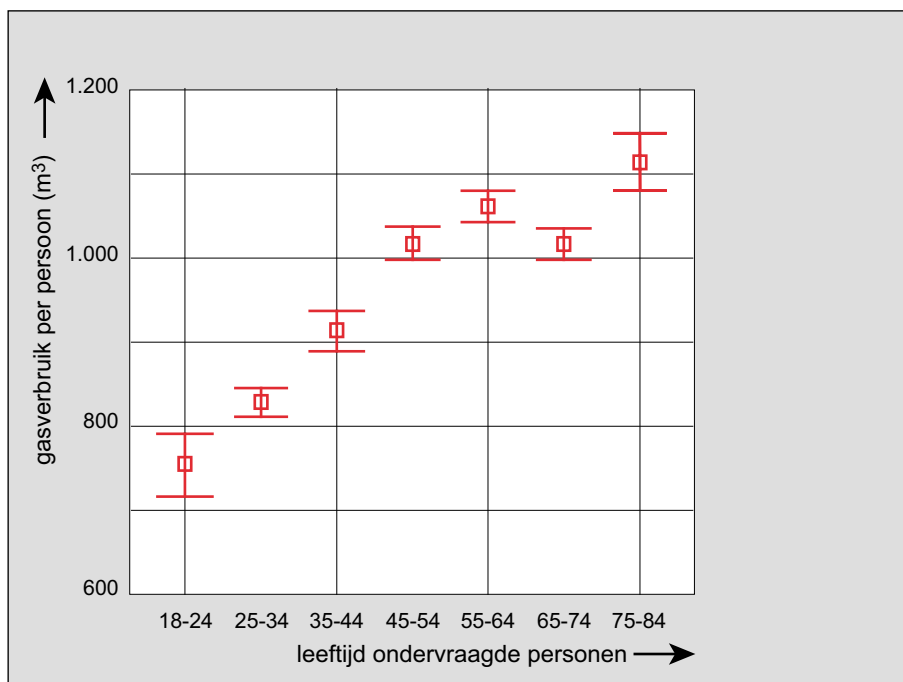
Tabel 4 Gedrag-verbruiksgroepen in huishoudens (zie Bijlage A.6)

Cluster	Gasverbruik	Elektriciteitsverbruik	Gemiddelde stooktemperatuur	DT	Beschrijving
1					Alleenstaanden en (echt)paren zonder kinderen, 35-64
2	Hoogst	Hoogst		Kleinst	(Echt)paren met kinderen of 1-oudergezinnen, meest 35-64
3	Laagst		Laagst		Alleenstaanden en (echt)paren met/zonder kinderen, onder 34
4		Laagst	Hoogst	Grootst	Alleenstaanden en (echt)paren zonder kinderen, boven 65

DT is het verschil tussen de maximum en minimum ingestelde stooktemperatuur in het huishouden.

Het is vooral het elektriciteitsverbruik waarvan de hoogte door het huishouden wordt bepaald. Het aantal personen heeft hierop veel invloed, terwijl het minder invloed heeft op het gasverbruik. Het gasverbruik is daarentegen weer sterker afhankelijk van de leeftijd van de volwassenen, zoals in Figuur 10 goed te zien is. Het gasverbruik per persoon stijgt min of meer uniform met leeftijd. Dit heeft te maken met het feit dat ouderen over het algemeen op hogere temperatuur stoken, maar ook vaker thuis zijn.

Figuur 10 Het gemiddeld gasverbruik per persoon in huishoudens met twee personen



3.4 De invloed van het type woning

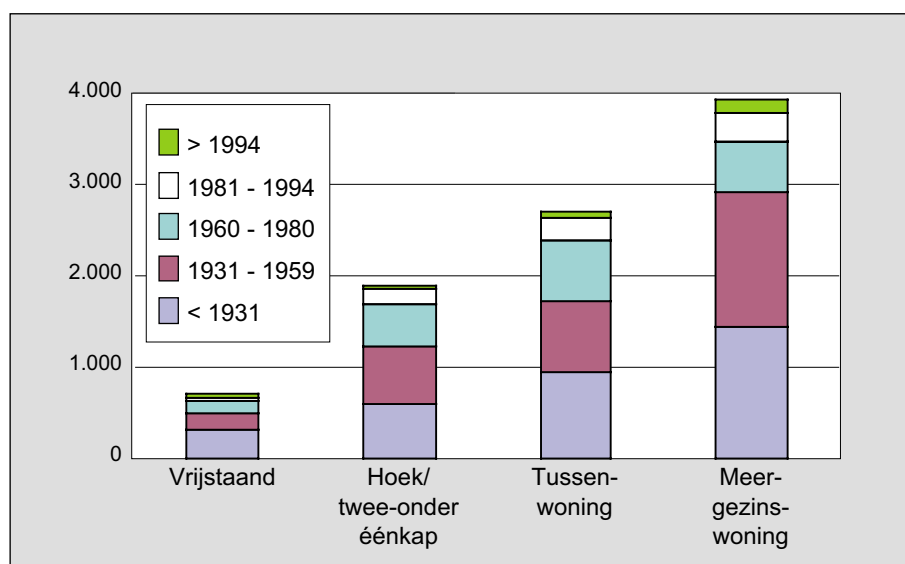
De woningen worden in groepen ingedeeld volgens de ECN classificering, zoals die in Tabel 5 staat gegeven.

Tabel 5 ECN woningklassen

Type	Bouwjaar	
Vrijstaande woning	I	< 1931
Hoekwoning / twee-onder-één-kap	II	1931-1959
Tussenwoning	III	1960-1980
Meergezinswoning	IV	1981-1994
	V	> 1994

In Figuur 11 zijn de aantallen gevallen in KWR per woningklasse weergegeven. Duidelijk is, dat de categorieën nieuwere huizen veruit in de minderheid zijn in het bestand (met name huizen gebouwd na 1994). Dit hangt onder andere samen met het feit dat de enquête vooral in verstedelijkte gebieden is afgenomen.

Figuur 11 De aantallen respondenten, per woningtype en -bouwjaar¹⁸



Ook wat betreft woningen zijn er groepen met bepaalde verbruiken en gedrag. Tabel 6 laat de resultaten zien van een clusteranalyse¹⁹ van woningklassen op basis van de verbruiken en het verwarmgedrag (gemiddelde stooktemperatuur en temperatuurverschil). Er zijn acht hoofdgroepen.

Zoals ook voor de huishoudens gold, gaat zuinig gedrag niet altijd samen met lager verbruiken. Zo hebben de woningklassen in groep 5 - de nieuwe, niet-vrijstaande woningen - de hoogste gemiddelde temperatuurinstelling, maar tegelijk het laagste gasverbruik. Deze woningen zijn allemaal voor 100% geïsoleerd (isolatiegraad gesloten gevel en beplating). Dit is wederom een teken van het optreden van een rebound effect (paragraaf 3.6.4).

De hoogste verbruiken, zowel voor gas als voor elektriciteit, komen voor in vrijstaande woningen (groep 6). Dit hangt waarschijnlijk vooral samen met

¹⁸ Alleen gevallen zonder warmtelevering zijn hier meegenomen.

¹⁹ Zie A.5.1.



de grotere oppervlakte van deze woningen. De oppervlakte van de woning is de belangrijkste determinant voor de hoogte van de verbruiken, zoals ook blijkt uit de kwantitatieve regressieanalyses (Figuur 13 en Figuur 14).

Tabel 6 Gedrag-verbruiksgroepen in woningen (zie Bijlage A.5)

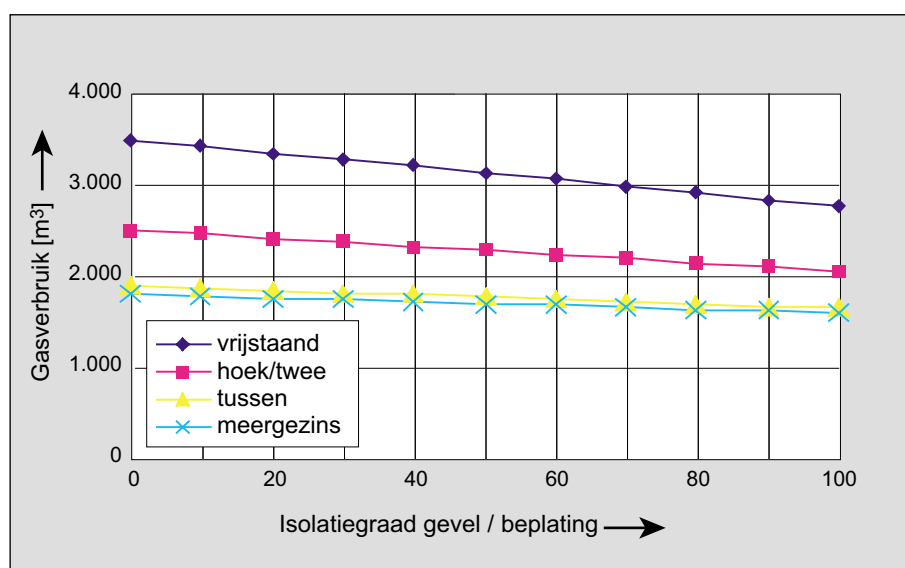
Cluster	Gasverbruik	Elektriciteitsverbruik	Gemiddelde stooktemperatuur	DT	Beschrijving
1	Hoog	Hoog		Klein	Hoek/twee-kap, bouwperiode I en III
2	Laag	Laag	Laagst	Groot	Meergezinswoningen, bouwperiode I
3					Hoek/twee-kap/tussenwoningen, bouwperiode II
4	Laag	Laagst		Grootst	Meergezinswoningen bouwperiode II
5	Laagst		Hoogst		Niet-vrijstaande woningen bouwperiode IV en V
6	Hoogst	Hoogst		Kleinst	Vrijstaande woningen, alle periodes
7					Tussenwoningen, bouwperiode I
8			Hoog		Tussen/meergezinswoningen bouwperiode III

DT is het verschil tussen maximum en minimum stooktemperatuur.

Periode I= vóór 1931, II=1931-1959, III=1960-1980, IV=1981-1994, V= na 1994.

Naast de oppervlakte, heeft ook de isolatiegraad van de woning invloed op het (gas)verbruik, met name de isolatie van gesloten gevel en beplating. Hierbij heeft de isolatie meer effect naarmate er meer buitenmuur aan de woning is (Figuur 12). Voor de vrijstaande woningen neemt het gasverbruik veel meer af met hogere isolatiegraad dan voor de tussen- en meergezinswoningen. Voor de hoek- en twee-onder-één-kapwoningen ligt de trend tussen de andere twee in.

Figuur 12 Relatie tussen gasverbruik en isolatie



3.5 Determinanten van gas- en elektriciteitsverbruik

Naast de huishoudensamenstelling en de woningklasse, zijn vele factoren van invloed op de hoogte van de verbruiken. De invloed van deze factoren of determinanten (zie Figuur 3, paragraaf 2.2) is aan de hand van regressieanalyse bepaald. De determinanten die bepalend zijn voor zowel verbruiken als verwarmgedrag zijn in de volgende componenten te groeperen:

- bouwjaar gerelateerd: isolatiegraad, hoogte van de woonkamer;
- sociale factoren: leeftijd, aantal personen in het huishouden, inkomen;
- afmeting van de woning: gebruiksoppervlakte en grootte woonkamer.

Deze componenten zijn gevonden door middel van een factoranalyse²⁰. Deze geeft kwalitatieve verbanden aan tussen determinanten op basis van hun correlatie met de variabelen voor verbruik en verwarmgedrag.

Kwantitatieve relaties²¹ tussen elektriciteit- en gasverbruik en al deze determinanten zijn bepaald aan de hand van regressieanalyse. Hierin worden lineaire verbanden bepaald tussen het verbruik (gas en elektriciteit apart) enerzijds en alle determinanten anderzijds. De resultaten zijn af te lezen uit Figuur 13 en Figuur 14.

De belangrijkste determinanten voor verbruik zijn:

- het aantal personen in het huishouden; hoe meer personen, hoe hoger het verbruik van zowel gas als elektriciteit;
- de totale gebruiksoppervlakte; hoe groter de oppervlakte, hoe hoger het verbruik van zowel gas als elektriciteit;
- de gemiddelde stooktemperatuur; hoe hoger de stooktemperatuur, hoe hoger het gasverbruik;
- leeftijd; hoe hoger de leeftijd van de bewoners, hoe hoger het gasverbruik;
- isolatie; hoe beter de isolatie van de woning, hoe lager het gasverbruik;
- inkomen; hoe hoger het totale inkomen, hoe hoger het elektriciteitsverbruik.

Elektriciteitsverbruik

In Figuur 13 zijn regressiecoëfficiënten (met een betrouwbaarheid beter dan 1%) weergegeven voor het standaardmodel voor elektriciteitsverbruik²². Het totale model verklaart 35% van de spreiding in het elektriciteitsverbruik. Hoe langer het staafje is - ongeacht of het positief of negatief is - hoe sterker het verband tussen de grootte en elektriciteitsverbruik. Het aantal personen is de belangrijkste factor in het elektriciteitsverbruik, op de voet gevolgd door de totale gebruiksoppervlakte van de woning. Naast de variabelen in deze figuur, heeft ook de herkomst van het gezin (allochtoon of autochtoon) invloed op het elektriciteitsverbruik²³. Dit blijkt echter te herleiden te zijn tot het feit dat allochtone huishoudens, met evenveel personen, kleiner behuist zijn. Deze extra factor vergroot de verklarende kracht van het model dan ook niet (nog steeds 35%).

Het verband tussen gemiddelde stooktemperatuur en elektriciteitsverbruik is waarschijnlijk een weerslag van "zuinig gedrag" en geen causaal verband. Ook de negatieve trend met de hoogte van de woonkamer is niet causaal.

²⁰ Factoranalyse met PCA, zie A.5.2 en A.7.2.

²¹ Regressiemodellen, zie A.8.

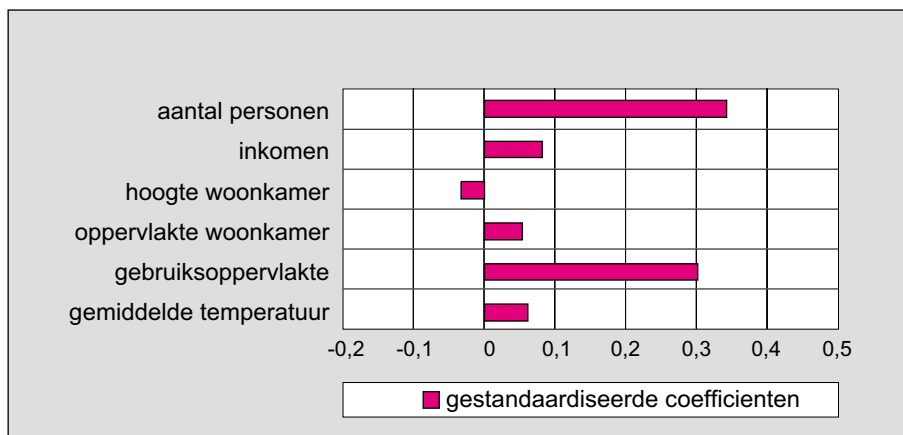
²² Voor gevallen zonder warmtelevering en met alleen de standaard verklarende variabelen (zie Tabel 44, Bijlage A.7.3).

²³ Zie uitgebreid model, Tabel 45.



Er zijn waarschijnlijk nog onderliggende variabelen die ontbreken in het KWR bestand. Zo is bijvoorbeeld niets bekend over aanwezigheid of gebruik van elektrische apparaten en binnenverlichting.

Figuur 13 Regressiecoëfficiënten elektriciteitsverbruik



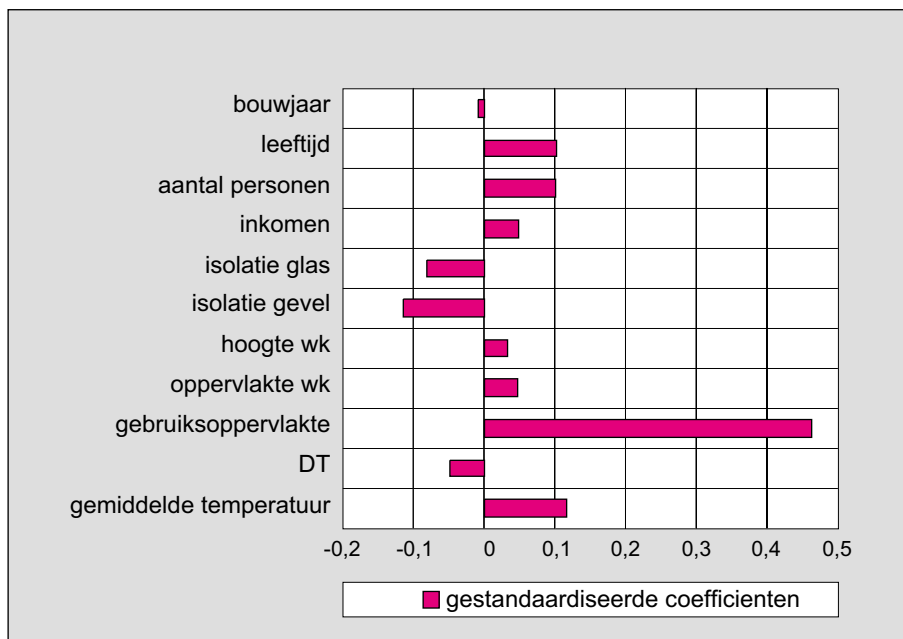
Gasverbruik

In Figuur 14 zijn regressiecoëfficiënten (met betrouwbaarheid beter dan 1%) weergegeven voor het standaardmodel voor gasverbruik²⁴. Het totale model verklaart 37% van de spreiding in het gasverbruik. De gebruiksoppervlakte is duidelijk de grootste factor in het gasverbruik, terwijl het aantal personen, dat voor elektriciteitsverbruik zeer bepalend is (Figuur 13), hier een veel kleinere rol speelt. De gedragfactoren gemiddelde stooktemperatuur en temperatuurverschil spelen bij gasverbruik een rol, evenals de isolatiegraad van de woning. Naast de variabelen in deze figuur, spelen ook de grootte van de gemeente, en het aantal ruimtes dat verwarmd wordt, een belangrijke rol in het gasverbruik²⁵. Bij toevoeging van extra variabelen wordt de verklarende kracht van het model vergroot tot 42%.

²⁴ Tabel 42 in de Bijlage A.

²⁵ Tabel 43 in Bijlage A (uitgebreid regressiemodel).

Figuur 14 Regressiecoëfficiënten gasverbruik



Inkomen

Merk op dat het inkomen geen sterke invloed op de gasverbruiken heeft; inkomen staat op de 7^{de} plaats in Figuur 14. Bij het elektriciteitsverbruik komt inkomen op de 3^{de} plaats. De één-op-één correlatie tussen inkomen en verbruik is overigens wel sterk (0,23 voor gas en 0,32 voor elektriciteit). Als gecorrigeerd wordt voor gebruiksoppervlakte, zoals te zien in Figuur 13 en Figuur 14, wordt deze correlatie veel minder sterk zoals we hebben gezien. Het gebruiksoppervlak zelf is echter mogelijk weer afhankelijk van inkomen. De één-op-één correlatie tussen deze twee variabelen is 0,35.

Bij gelijktijdig beschouwen van de correlatie tussen verbruik, oppervlak en inkomen is die tussen verbruik en oppervlak het sterkst omdat tussen die twee variabelen een onontkoombaar oorzakelijk verband ligt (gegeven een gewenste temperatuur). Dit betekent echter niet dat het inkomen niet een deel van de variantie in het gebruiksoppervlak, en daardoor verbruik, verklaart! Hoogst waarschijnlijk heeft het gebruiksoppervlak dus een indirecte invloed op het verbruik die hoger is dan de regressiemodellen suggereren.

Daar staat tegenover dat de correlatie tussen het verbruik per persoon en inkomen veel minder sterk en bovendien negatief is (-0,11 voor gas en -0,03 voor elektriciteit). De gemiddelde gezinsgrootte is namelijk groter in de hogere inkomensklassen. Als het verbruik per persoon als maat wordt gebruikt is de invloed van inkomen op verbruik dus omgekeerd.

Stookgedrag

De twee stookgedragfactoren, gemiddelde stooktemperatuur en het temperatuurverschil hebben een statistisch significante invloed op het gasverbruik. Hierbij is de invloed van het temperatuurverschil negatief, dat wil zeggen dat een groter temperatuurverschil een lager gasverbruik tot gevolg heeft, zoals ook verwacht zou worden. Het effect is wel zeer klein.

De invloed van de gemiddelde stooktemperatuur op het gasverbruik is uiteraard positief. Een graad verschil in stooktemperatuur kan een paar pro-



cent uitmaken op het jaarlijkse gasverbruik. De gemiddelde stooktemperatuur zelf is het sterkst afhankelijk van de leeftijd (zie Bijlage A.9). Een hogere stooktemperatuur reflecteert waarschijnlijk niet zozeer onzuinig gedrag als wel "kouwelijkheid"; bij 65+-ers staat de verwarming duidelijk hoger. Ook aanwezigheid speelt hierbij een rol, ouderen geven aan een groter gedeelte van de tijd aanwezig te zijn in hun woning.

Kenmerken extreme verbruikers

Naast het bepalen van de invloed van determinanten op de verbruiken, is het ook interessant te kijken welke eigenschappen te zien zijn voor groepen respondenten met extreem hoge of lage verbruiken. In Tabel 7 en Tabel 8 is een aantal kenmerken van de groepen met de hoogste en laagste gas- en elektriciteitsverbruiken bekeken.

Dit levert min of meer hetzelfde beeld als het bekijken van de gemiddelde trends, zoals in de voorgaande analyses. In de grotere woningen is het verbruik hoger, jongeren zonder kinderen hebben lagere verbruiken, hoewel ook 65+-ers lager elektriciteitsverbruik hebben. In de grote steden liggen de verbruiken lager dan in kleinere gemeentes (zie Tabel 43).

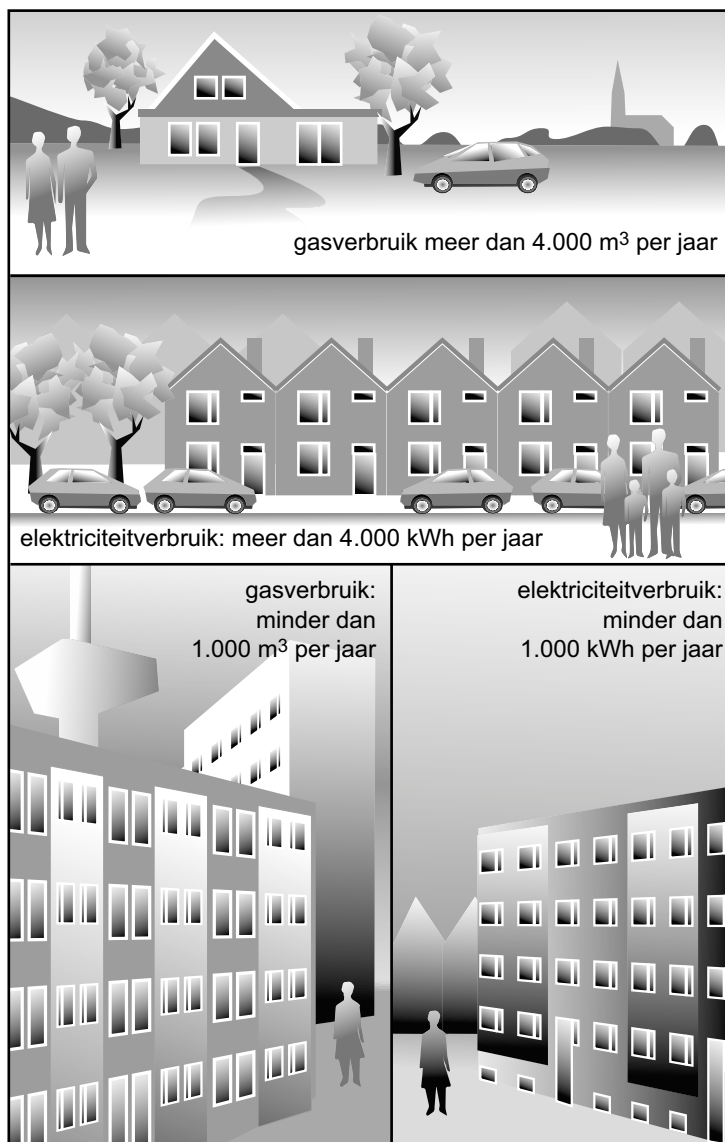
Tabel 7 Eigenschappen van de groepen extreem hoge verbruikers

	(1) Gasverbruik hoger dan 4.000 m ³ per jaar	(2) Electriciteitsverbruik hoger dan 4.000 kWh per jaar
Algemene kenmerken	Voornameijk (echt)paren, rond de 50, soms met kinderen, hoogste inkomens. Oudere, vrijstaande huizen in kleinste gemeenten (<30 duizend).	Als (1), iets vaker met kinderen en iets jonger. Hoek- en tussenwoningen.
Meest opvallend	Belangrijk hoger opleidingsniveau	Als kinderen, dan meestal twee

Tabel 8 Eigenschappen van de groepen extreem lage verbruikers

	(3) Gasverbruik lager dan 1.000 m ³ per jaar	(4) Electriciteitsverbruik lager dan 1.000 kWh per jaar
Algemene kenmerken	Jonge alleenstaanden, middellage inkomens, meergezinswoningen in de grootste steden.	Als (3), iets lagere inkomens en kleinere steden (Den Haag).
Meest opvallend	Amsterdam / Rotterdam	Ook 65+

Figuur 15 De groepen extreme verbruikers



3.6 Hypotheses

Een aantal hypothesen is opgesteld om het KWR bestand doelgericht te analyseren. Ze gaan alle vijf over de invloed van bepaalde kenmerken op verbruik of gedrag en hebben consequenties voor de mogelijkheid om door gedragsturing verbruiken te veranderen.

3.6.1 Buitenverlichting

Hypothese:

Het buitenverlichtingsgedrag heeft geen directe invloed op het verbruik, maar correleert met andere gedragskenmerken.

Deze hypothese is gebaseerd op het idee, dat het gebruik van buitenverlichting als zodanig slechts een kleine elektriciteitsvraag met zich meebrengt, maar dat het een indicator is voor een bepaalde gedragsgroep.



De eerste aanwijzing dat dit inderdaad het geval is, komt uit de waarneming dat zowel elektriciteitsverbruik als gasverbruik én totale gebruiksoppervlakte (de hoofdfactor in de hoogte van verbruik) exact dezelfde trends vertonen met “soort verlichting bij de voordeur” en “soort verlichting bij de achterdeur”. Het soort verlichting verschilt sterk per woningtype, zoals is te zien in Figuur 16.

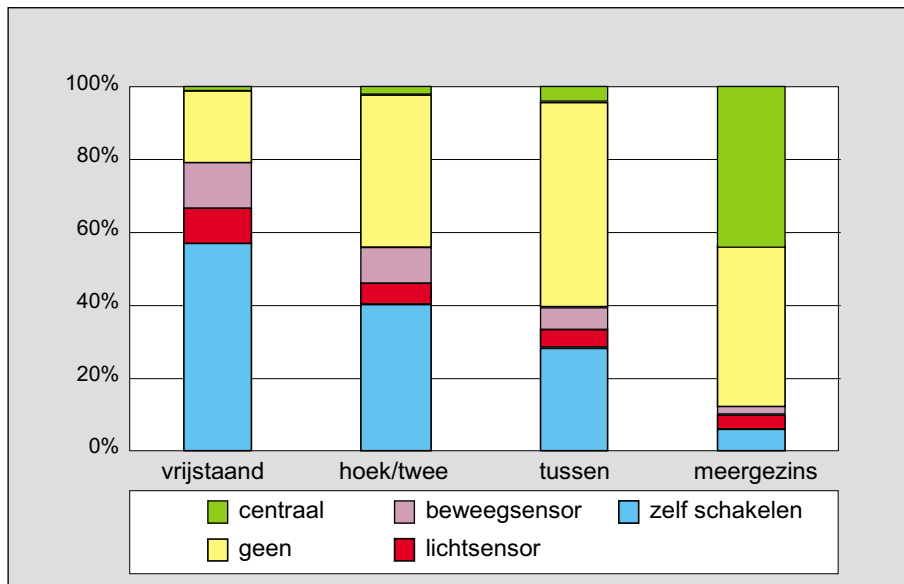


Het soort buitenverlichting is sterk afhankelijk van woningtype: van vrijstaande woningen heeft bijna 60% buitenverlichting met zelfschakeling, terwijl van de meergezinswoningen ruim 40% geen buitenverlichting heeft en ruim 40% centraal geregelde buitenverlichting. Dit valt echter onder aankoopgedrag en niet onder dagelijks gedrag (zie Hoofdstuk 2).

Er is enige correlatie tussen dagelijks gedrag (het gebruik van de buitenverlichting²⁶) en elektriciteitsverbruik. Deze valt echter grotendeels weg als rekening gehouden wordt met de gelijktijdige invloed van bijvoorbeeld oppervlakte van de woning en het aantal personen in het huishouden. Het verband tussen verlichtinggedrag en elektriciteitsverbruik is echter, met de gegevens die binnen het KWR bestand beschikbaar zijn, niet volledig verwaarloosbaar.

²⁶ Gegevens alleen beschikbaar voor de categorie “zelf schakelen”.

Figuur 16 Buitenverlichting



De hypothese kan noch verworpen noch aangenomen worden. Er is enige correlatie tussen gedrag en verbruik, maar het kan niet aannemelijk worden gemaakt dat dit (g)een causaal verband is.

3.6.2 Huur in- of exclusief

Hypothese:

In huurwoningen is het verwarmgedrag anders, als de huur inclusief energiekosten is, dan als deze direct door de huurder betaald worden.

Een belangrijke theorie in de economie zegt dat kosten en baten direct aan elkaar gekoppeld moeten zijn om besparingsprikkelers te laten werken. Als verbruikskosten, van gas- of elektriciteitsverbruik, in de huur zijn inbegrepen, worden kosten en baten (verbruik) juist ontkoppeld. Een hoger verbruik zou dan het gevolg zijn, als de theorie klopt. Dan moet nog worden achterhaald, welke gedragsverandering daar achter zou zitten.

De huurwoningen met gas- en elektriciteitskosten inbegrepen in de huur blijken voornamelijk meergezinswoningen van voor 1959 te zijn. Gevallen met warmtelevering en warmtekosten inbegrepen in de huur zijn voornamelijk meergezinswoningen uit de periode 1960-1980. Alle drie de verbruiken zijn, binnen deze woningcategorieën, hoger. Dit geldt het sterkst voor het elektriciteitsverbruik, waarbij het extra verbruik wel tot 20% kan bedragen.

Een mogelijke onderliggende factor voor elektriciteit is leeftijd; voor gevallen met huur inclusief elektriciteitskosten ligt de gemiddelde leeftijd zo'n 10 jaar lager. Voor woningen waarvoor de huur inclusief gaskosten wordt betaald ligt de gemiddelde stooktemperatuur iets hoger, maar dit kan niet het hele verschil verklaren.

Geen van de uit eerdere analyse naar voren komende verklarende variabelen, zoals gebruiksoppervlakte, aantal personen en isolatiegraad, kan de verschillen in verbruik verder verklaren.



De hypothese kan dus, aan de hand van de in het KWR bestand beschikbare gegevens, noch verworpen, noch aangenomen worden. Wel kan geconcludeerd worden dat het gemiddeld verbruik hoger ligt als de energiekosten niet direct door de huurder worden betaald.

3.6.3 Grootte van de woonkamer

Hypothese:

De grootte van de woonkamer correleert met het energieverbruik voor verwarming, ook als er geen correlatie is met verwarmgedrag.

Energieverbruik voor verwarming is niet alleen afhankelijk van de stooktemperatuur die gehandhaafd wordt maar ook van het aantal ruimtes waarin dit gebeurt en de (totale) grootte van deze ruimtes. Uit de resultaten in 3.3 en 3.4 hebben we al gezien dat de totale oppervlakte van het huis verreweg de grootste factor is achter de hoogte van het gasverbruik. Daarnaast komen ook de oppervlakte en de hoogte van de woonkamer als belangrijke factoren uit de analyse naar voren. In deze analyse is al rekening gehouden met de invloed van gemiddelde temperatuur op het gasverbruik (Figuur 14).

De oppervlakte van de woonkamer verklaart zo'n 10% van de spreiding in het gasverbruik, al of niet gecorrigeerd voor de invloed van de gemiddelde stooktemperatuur. De afmeting van de woonkamer is een determinant voor het gasverbruik en heeft bovendien geen enkele correlatie met de gemiddelde stooktemperatuur. Wel is de aanwezigheid van een open keuken van invloed op de (kwantitatieve) relatie tussen oppervlakte van de woonkamer en gasverbruik.

De hypothese is waar.

3.6.4 Isolatiegraad heeft invloed op gedrag

Hypothese:

Het stookgedrag in geïsoleerde woningen is minder zuinig dan in niet-geïsoleerde woningen.

Het "rebound effect" is een bekend verschijnsel: als men zich ervan bewust is dat het energiegebruik efficiënter is geworden, wordt men minder zorgvuldig in het gedrag. Anders gezegd, het gedrag wordt juist minder efficiënt. In ons geval zou zich dit kunnen uiten in hogere temperatuurinstelling of het verwarmen van meer ruimtes bij een hogere isolatiegraad van de woning.

Het blijkt dat de isolatiegraad invloed op het verwarmgedrag heeft, maar dat deze invloed niet heel groot is²⁷: minder dan één procent. Het temperatuurverschil, als gedragmeter, is sterker gecorreleerd met isolatiegraad dan de gemiddelde stooktemperatuur. Er is een trend om in beter geïsoleerde woningen minder te denken aan het 's nachts laagzetten van de verwarming. Deze trend is echter zwak. Of dit gedrag zich ook uit in hoger verbruik wordt in de volgende hypothese getest.

De hypothese is waar.

²⁷ Zie Tabel 21 en Tabel 49.

3.6.5 Isolatiegraad heeft geen invloed op verbruik

Hypothese:

Het energieverbruik in vergelijkbare woningen die wel of niet geïsoleerd zijn verschilt niet significant.

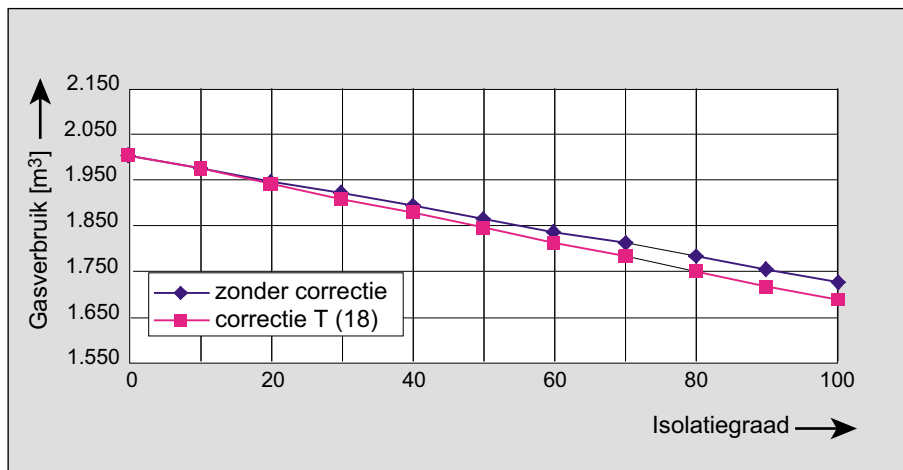
Door de in de vorige paragraaf beschreven gedragsveranderingen die gepaard gaan met verbetering van de isolatie van de woning, zou de energiewinst gecompenseerd worden. Als netto resultaat zou er geen verandering in energieverbruik optreden, ondanks de isolatiemaatregel.

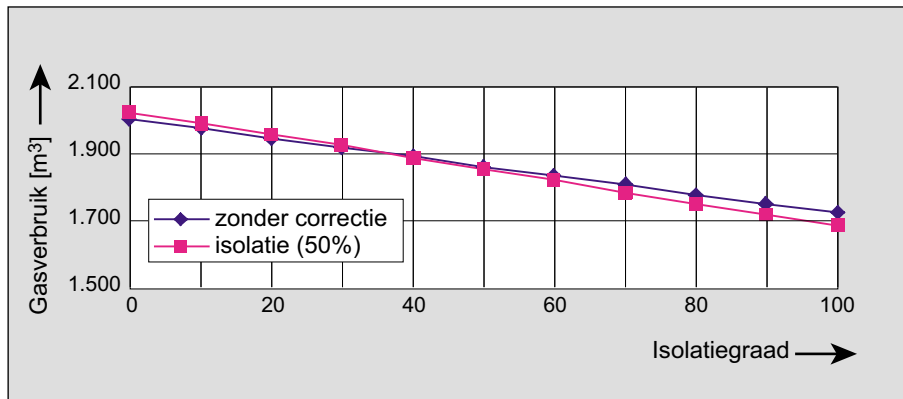
Dat dit niet het geval is, hebben we al uitgebreid gezien (bijvoorbeeld Figuur 12 en paragraaf 3.5). Voor alle woningtypes neemt het gasverbruik duidelijk af met hogere isolatiegraad, hoewel de afname het sterkste is voor vrijstaande huizen met een groot buitenmuoppervlak.

In Figuur 17 is het verband te zien tussen de isolatiegraad en het verbruik zoals afgeleid uit lineaire regressiemodellen. De lijn "zonder correctie" is voor het directe verband, de lijn "correctie T (18)" geeft het verband met correctie voor de gelijktijdige afhankelijkheid van de gemiddelde stooktemperatuur, waarbij deze lijn geldt voor gemiddelde stooktemperatuur van 18°C. Duidelijk is te zien dat wel een rebound effect optreedt, maar dat de verbetering in energie-efficiëntie van de woning zeker niet tenietgedaan wordt door deze gedragverandering. De afname van het gasverbruik is ongeveer 15% kleiner dan ze zou kunnen zijn. In de figuur is de afname van het gasverbruik tussen een isolatiegraad van 0% en 100% 250m³, terwijl deze 300 m³ zou kunnen zijn, zoals blijkt wanneer gecorrigeerd wordt voor het aangepaste stookgedrag. In het onderste deel van de figuur is te zien dat omgekeerd ook de stooktemperatuur een sterkere invloed heeft op het gasverbruik als gecorrigeerd wordt voor het rebound effect, dat wil zeggen voor de indirecte invloed van isolatiegraad op de stooktemperatuur.

De hypothese is niet waar.

Figuur 17 Reboundeffect isolatie





3.7

Conclusies

Het elektriciteitsverbruik is vooral afhankelijk van het huishouden (aantal personen) en in tweede instantie van het gebruiksoppervlak. Lager elektriciteitsverbruik is waarschijnlijk ook een teken van bewust zuinig gedrag, zoals bijvoorbeeld is af te leiden uit de correlatie tussen gemiddelde stooktemperatuur en elektriciteitsverbruik.

Het gasverbruik wordt voornamelijk bepaald door de woning (het totale gebruiksoppervlak). Daarna hebben isolatiegraad en stookgedrag (gemiddelde stooktemperatuur) ongeveer even sterke invloed. Lager gasverbruik is geen teken van bewust zuinig gedrag, maar eerder van "indirect" zuinig gedrag. Hierbij kan gedacht worden aan zaken als aanwezigheid en "kouwelijkheid"; de hoogste temperaturen en aanwezigheidspercentages zijn te vinden bij de ouderen (65+). Dit heeft (uiteraard) invloed op het gasverbruik.

De belangrijkste bepalende factoren (determinanten) voor het energiegebruik worden hieronder één voor één besproken. De eerste twee hebben de grootste invloed op het verbruik.

Gebruiksoppervlakte

De afmeting van de woning is de cruciale factor in de hoogte van de verbruiken. Deze grootte is ook de onderliggende verklaring van de lagere verbruiken (per huishouden) voor allochtone gezinnen. Ook de verbruiken per persoon hangen van het gebruiksoppervlak af, hoewel relatief minder sterk.

Aantal personen

Het aantal personen heeft vooral grote invloed op het elektriciteitsverbruik. Bij correctie voor het aantal personen, vallen enkele relaties weg. Onder andere de relatie tussen verbruiken en inkomen blijkt geheel veroorzaakt door een gelijktijdige relatie tussen het aantal personen en inkomen. Ook de relatie tussen verbruik en oppervlakte wordt (gedeeltelijk) veroorzaakt door de relatie tussen aantal personen en oppervlakte. Kennelijk zijn de grootste gezinnen te vinden in de rijkere gezinnen met grotere huizen.

Leeftijd

De leeftijd (van de ondervraagde persoon, als indicator van de leeftijd van de "aanvoerders" van het huishouden) vertoont sterke correlatie met het gasverbruik. Ook gasverbruik per persoon correleert met leeftijd.

Isolatie

De invloed van isolatie blijkt zeer goed te “meten” aan de hand van de gegevens in het KWR bestand. Zowel de isolatiegraad “gesloten gevel en beplating totaal” en “glas totaal” zijn gebruikt en vrijwel altijd een significante factor in het gasverbruik. Voor het gasverbruik per persoon is de invloed van isolatie nog duidelijker. Het rebound effect doet hooguit 15% van de verbetering in efficiëntie teniet.

Inkomen

Het inkomen heeft slechts een zwakke correlatie met het elektriciteitsverbruik en een nog zwakkere met gasverbruik, bij correctie voor variabelen als gebruiksoppervlakte. Het inkomen kan echter wel een deel van de variantie in het gebruiksoppervlak, en daardoor verbruik, verklaren. Hoogst waarschijnlijk heeft het inkomen dus een indirecte invloed op het verbruik die hoger is dan de regressiemodellen suggereren, maar de totale invloed is minder dan de één-op-één correlaties laten zien. De verbruiken per persoon nemen zelfs af met hogere inkomens.

Gedrag

De enige gedragfactor die significante invloed heeft op het (gas)verbruik is de gemiddelde stooktemperatuur. Deze grootte is sterk gekoppeld aan leeftijd, voor een deel omdat in de gemiddelde stooktemperatuur ook is verdisconteerd hoe vaak er mensen thuis zijn in het betreffende huishouden. De invloed op het gasverbruik is minder dan 5% per graad. Voor het gasverbruik per persoon is een vrijwel lineaire trend met gemiddelde stooktemperatuur te zien. Een zuinige “instelling”, die men zou kunnen afleiden uit een groot verschil tussen maximum en minimum stooktemperatuur, heeft nauwelijks invloed op verbruik.

Meer ventilatie heeft geen hoger gasverbruik tot gevolg, mogelijk zelf een lager. Wel is er een duidelijke relatie met isolatiegraad, waarbij in de beter geïsoleerde woningen meer behoefte aan ventilatie lijkt te zijn. In het algemeen wordt in bijvoorbeeld energieprestatie-berekeningen uitgegaan van modellen die aangeven dat ventilatie, met name natuurlijke of extra ventilatie, een hoger gasverbruik tot gevolg heeft. Hierbij wordt geen aandacht besteed aan de invloed van de vochtigheidsgraad in de woning. Dit is wellicht de oorzaak van de tegenstrijdigheid tussen de uitkomsten van deze statistische analyse en de modellen die algemeen gebruikt worden.

Tot slot, aanbevelingen

onderliggende factoren van het elektriciteitsverbruik blijken, aan de hand van de gegevens in het KWR bestand, moeilijk te vinden. Het gasverbruik, dat voor een deel bepaald wordt door isolatie en gemiddelde stooktemperatuur, is wellicht makkelijker aan te pakken. Een aandachtgroep zou hierbij kunnen zijn de groep 65+-ers, wat betreft stooktemperatuur. De sterke relatie van verbruiken met gebruiksoppervlakte van de woning zou wellicht meer onder de aandacht gebracht kunnen worden.

De gegevens in het KWR bestand bieden naar verhouding veel informatie over verwarmen en bijbehorende variabelen en weinig over andere functies. De volgende aanvullingen zouden nuttig kunnen zijn:

- meer informatie over gebruik van elektriciteit: koelen/vriezen, aantal TV's;
- meer informatie over intentie: groene stroom, isolatiegraad volgens bewoner,...;
- eventueel details zoals: programmeerbare thermostaat.



Daarnaast zou, vanuit statistisch oogpunt, meer aandacht kunnen worden besteed aan het definiëren van categorieën en klassen van de variabelen. Deze zouden vaker ordinaal en met lineaire intervallen kunnen worden benoemd.

Een belangrijk punt dat uit deze studie naar voren is gekomen en dat nader onderzoek verdient is het verband tussen ventilatie en gasverbruik. Mede met het oog op toepassingen in EPC en EPA zou een verklaring moeten worden gevonden voor het feit dat het gasverbruik niet toeneemt of zelfs iets afneemt bij meer ventilatie.



4 Ontwikkeling van de CO₂-emissie

4.1 Macro-ontwikkelingen

In paragraaf 2.1 is al aangegeven dat er vele factoren zijn die van invloed zijn op de uiteindelijke CO₂-emissie van de woningsector. In dit hoofdstuk zullen we op basis van macro-ontwikkelingen, (statistische) gegevens over demografische, technische en economische ontwikkelingen (o.a. toenemende grootte van de woning, aantallen woningen, meer tweeverdieners, duurzaam bouwen, toenemende welvaart, meer 65+), aangeven hoe de conclusies uit de KWR-analyse doorvertaald kunnen worden naar de ontwikkelingen van de CO₂-emissie op de langere termijn.

We maken een onderscheid in drie energiefuncties (ruimteverwarming, tapwater, elektrische apparaten) omdat de effecten van de macro-ontwikkelingen op elk van die energiefuncties verschillend zijn.

Vervolgens is voor elk van de andere gedragscomponenten deze exercitie uitgevoerd. Daarbij hebben de verschillende macro-ontwikkelingen een verschillend effect op de betreffende gedragscomponenten. De technische ontwikkelingen hebben bijvoorbeeld een groter effect op het aankoopgedrag (en de bijbehorende invloed op het energiegebruik).

Na samenvoeging van de effecten op elk van de gedragscomponenten ontstaat een beeld van het te verwachten energiegebruik in de woningsector en daarmee de relevantie van het dagelijks gebruikgedrag op het totale energiegebruik. De resultaten geven een indicatie van het energiegebruik en de CO₂-emissie op basis van de huidige inzichten.

We hebben gekozen voor een uitsplitsing naar de vier verschillende gedragscomponenten en pas daarna samen te voegen. Hierdoor ontstaat het meeste inzicht en zal worden bepaald welke bijdrage het dagelijks gedrag heeft op het totale energiegebruik. Het geeft daarmee ook een goed handvat voor strategieën om het energiegebruik en/of de CO₂-emissie te verlagen.

4.2 Energiegebruik in de woningsector

Het energiegebruik door huishoudens bedraagt in totaal circa 400 PJ gas voor verwarming en 200 PJ brandstof voor het elektriciteitsgebruik²⁸ waarbij er een grote differentiatie is naar woningtype/huishouden. In Tabel 9 zijn de woningaantallen in het jaar 2000 aangegeven en het gemiddelde energiegebruik uitgesplitst naar de drie functies ruimteverwarming, warm tapwater en elektriciteit.

²⁸ Het elektriciteitsverbruik voor de huishoudens bedraagt 80 PJ, met een gemiddeld rendement over de keten van productie tot en met distributie van 40% en 10% duurzame energie betekent dat een brandstofverbruik van 200 PJ.

Tabel 9 Aantal woningen in 2000 en het gemiddelde energiegebruik

	Aantal woningen [*1000]	Ruimteverwarming [GJ/]	Tapwater [GJ/]	Elektriciteit [GJ/]	CO ₂ -emissie [ton/won.]	Totale CO ₂ -emissie [Mton/]
1 vrijstaand voor 66	514	90	11	26	9,9	5,1
2 2/1 kap voor 66	393	69	11	20	7,7	3,0
3 rij+hoekwoning voor 46	501	56	11	17	6,5	3,3
4 rij+hoekwoning 46-65	669	49	10	14	5,7	3,8
5 galerijwoning voor 66	127	31	6	5	3,0	0,4
6 portiekwoning voor 66	524	33	8	4	2,9	1,5
7 bovenwoning voor 66	345	36	8	5	3,3	1,1
8 vrijstaand 66-88	295	100	13	20	9,6	2,8
9 2/1 kap 66-88	301	64	13	16	6,9	2,1
10 rij+hoekwoning 66-75	654	53	11	12	5,7	3,7
11 rij+hoekwoning 76-79	165	51	12	11	5,4	0,9
12 rij+hoekwoning 80-88	469	42	12	8	4,4	2,0
13 galerijwoning 66-88	243	24	6	4	2,4	0,6
14 portiekwoning 66-88	206	34	7	5	3,1	0,6
15 appartement 66-88	235	32	6	4	2,7	0,6
16 woningen vanaf 1989	949	35	14	12	4,8	4,5
totaal	6588					36
gemiddeld			51	11	12	5,5
		1.600 m ³	340 m ³	3.500 m ³		

Bron: Dit overzicht is afgeleid van de woningaantallen in KWR en het onderzoek "Beleidsmodel energiegebruik bestaande bouw" dat CE heeft uitgevoerd voor Novem.

De CO₂-emissie is berekend met de waarden voor 2000 van 190 kg CO₂ per GJ elektriciteit, 56 kg CO₂ per GJ aardgas (bron EnergieNed, Elektriciteitsproductie en Milieu).

Het totale energiegebruik is 330+70 = 400 PJ aardgas en 80 PJ elektriciteit (oftewel 200 PJ brandstof) met een totale CO₂-emissie van 36 Mton/jaar.

Besparingen op dit gebruik zijn mogelijk door aanpassing van:

Dagelijks gedrag

Ervaringen uit het verleden laten zien dat pogingen tot beïnvloeding van het dagelijks gedrag vaak beperkte resultaten opleveren. Ook leeft het onderwerp energiebesparing op dit moment in de maatschappij minder dan in het verleden. Dit kan echter sterk veranderen. Ongeveer 10% van de huishoudens heeft een "zuinige" levensstijl. Dit is al verdisconteerd in het gemiddelde. De toenemende welvaart zorgt dat de comfortbehoefte stijgt. Vooral het gebruik van elektriciteit neemt sterk toe (zie 2.3).

Investeringsgedrag

Sinds de oliecrises van de jaren zeventig zijn veel woningen (gedeeltelijk) geïsoleerd en is de bouwkundige kwaliteit van woningen die daarna zijn gebouwd sterk verbeterd. Hierdoor is het verbruik voor verwarming van woningen met circa 30% gedaald in de afgelopen 20 jaar. In bijlage B, Tabel 52 is per woningtype aangegeven welke besparingen redelijkerwijs nog mogelijk zijn.



Aankoopgedrag

Rendementen van apparaten en installaties zijn met name het afgelopen decennium sterk verbeterd (HR-ketel, spaarlampen, A-label witgoed). Tegelijkertijd is het aantal lichtpunten per huishouden toegenomen, zijn de koelkasten groter geworden e.d. Zowel de rendementen van elektrische apparaten als van verwarmingsinstallaties kan nog fors worden verbeterd.

Keuzegedrag energiedragers

Sinds 1996 leveren energiebedrijven "groene elektriciteit". Ondersteund door stimulerende maatregelen in de Regulerende Energie Belasting zijn de kosten voor huishoudens vergelijkbaar aan de kosten van gewone elektriciteit. In 2002 is de markt voor groene elektriciteit geliberaliseerd, vooruitlopend op een algehele liberalisering van de energiemarkt voor kleinverbruikers. Het gevolg hiervan is geweest dat ruim anderhalf miljoen huishoudens nu groene elektriciteit gebruiken, waardoor een CO₂-reductie van ongeveer 3 Mton per jaar is bereikt. Dit aantal huishoudens kan nog verder toenemen.

4.3 Ontwikkelingen tot 2030

Op basis van diverse literatuur kan een inschatting worden gemaakt van ontwikkelingen die een effect hebben op de CO₂-emissie van de huishoudens in de komende 25 jaar. Natuurlijk zijn deze ontwikkelingen uiterst onzeker, maar ze geven wel een houvast bij het kiezen van interventies om de klimaatdoelstellingen te realiseren. Vooral de economische ontwikkelingen zijn over een periode van 25 jaar onzeker. We baseren ons op verkenningen van SCP en CBS die ook die onzekerheden verdisconteren in hun modellen. We rekenen daar waar mogelijk met het scenario "European Coordination". In dit scenario groeit het BBP met gemiddeld 2,75% per jaar.

Voor elk van de 4 gedragscomponenten is in bijlage B in beeld gebracht hoe de beïnvloedbaarheid wordt ingeschat. Een dergelijk overzicht laat zien wat de waarde is van het beïnvloeden van elk van de gedragscomponenten.

Allereerst zijn de macro-ontwikkelingen in kaart gebracht. Hiervoor zijn cijfers van CPB en CBS gebruikt, maar ook cijfers van het Ministerie van VROM over sloop, herstructurering en nieuwbouw. Jaarlijks worden 20.000 woningen gesloopt. Dit betreft met name woningen in de naoorlogse gestapelde bouw. Netto komen er 1,5 miljoen woningen bij in 30 jaar. Er is hiervoor een spreadsheetmodel gebruikt om de ontwikkelingen op diverse relevante gebieden te kunnen samenvoegen:

- de ontwikkeling van de functionele energievraag (uitgesplitst naar 3 energiefuncties, namelijk ruimteverwarming, tapwater, elektrische apparaten);
- de ontwikkeling van het rendement van installaties en rendementen;
- de ontwikkeling van de CO₂-emissie per eenheid energiedrager;
- de ontwikkeling van het aantal woningen.

Hierbij hebben o.a. meer tweeverdieners, duurzaam bouwen, toenemende welvaart, meer 65+ e.d. hun effect op elk van de gedragscomponenten.

In hoofdstuk 3 zijn de belangrijkste determinanten genoemd voor het energiegebruik per woning. Door demografische en welvaartsontwikkelingen zal de ontwikkeling als volgt zijn:

- aantal personen per huishouden
dit zal afnemen van 2,5 naar 2,1 personen per huishouden
- gebruiksoppervlak
dit zal toenemen door de bouw van grotere woningen en sloop van kleine woningen
- leeftijd van de bewoners
deze zal toenemen door toenemende vergrijzing

- gemiddelde stooktemperatuur
door de relatie met de leeftijd zal ook deze toenemen door toenemende vergrijzing
- inkomen
deze zal toenemen door de groeiende welvaart
- isolatiekwaliteit
deze zal toenemen door betere isolatiekwaliteit van nieuwe woningen, en door na-isolatie van bestaande woningen

4.3.1 Ruimteverwarming

De functionele vraag per woningtype van de bestaande woningen zal iets toenemen. Op dit moment wordt meestal de gehele woning verwarmd met een CV-installatie, er is echter nog een groep woningen uit de periode voor 1966 waar nog relatief veel lokale verwarming aanwezig is. De verwachting is dat deze woningen worden gesloopt of gerenoveerd inclusief de aanleg van een CV-verwarming. Nieuwe woningen zijn gemiddeld groter dan bestaande woningen en omdat het gebruik sterk samenhangt met het gebruiksoppervlak zal dit voor die woningen leiden tot een hogere functionele vraag dan het gemiddelde van de bestaande woningen. Ook door toename van het aantal ouderen, die hogere stooktemperatuur hanteren, zal de functionele vraag iets toenemen.

De bouwkundige isolatie zal nog verder toenemen en gemiddeld leiden tot een besparing van 15%. Door vervanging van CV-installaties door HR-ketels, warmtepompen, micro WK zal het jaarrendement naar verwachting met gemiddeld 25% toenemen. De energievraag voor ruimteverwarming neemt hierdoor per woning af van 51 GJ/jr tot 40 GJ/jr, een daling van 20%. Het totale aantal woningen stijgt met ongeveer 1,5 miljoen tot 8,1 miljoen zodat per saldo het gasverbruik voor ruimteverwarming daalt met 3%. In bijlage B.3 zijn de achterliggende cijfers toegelicht.

4.3.2 Warm tapwater

Hier verwachten we twee tegengestelde ontwikkelingen. De functionele vraag per woningtype zal verder toenemen doordat het gebruik van warm water sterk welvaart gebonden is en afhankelijk is van het aantal personen. Gerekend wordt met een stijging van 50% over 30 jaar. Daar tegenover staat dat door vervanging van de warmwater-installaties door HR-ketels, warmtepompen, micro WK het jaarrendement naar verwachting met gemiddeld 25% toeneemt. De energievraag voor warm tapwater neemt hierdoor per woning toe van 11 GJ/jr tot 14 GJ/jr. Het totale verbruik voor warm water stijgt sterker door de toename van het aantal huishoudens, in totaal met 50%.

4.3.3 Elektriciteit

Ook hier zien we twee tegengestelde ontwikkelingen. Door steeds weer nieuwe toepassingen en voortschrijdende penetratie van nieuwe apparaten neemt de functionele vraag fors toe, we rekenen met een verdubbeling in 30 jaar. Een deel van die stijging wordt gecompenseerd door hogere rendementen (gemiddeld 50%). Maar per saldo stijgt het elektriciteitsgebruik per huishouden van 3.400 kWh (12 GJe) tot 4.500 kWh (16 GJe). En door toename van het aantal huishoudens stijgt de elektriciteitsvraag van 80 naar 130 PJ/jaar. De hogere rendementen bij de productie van elektriciteit en bijdrage van duurzame energiebronnen (50% van de huishoudens zal groene

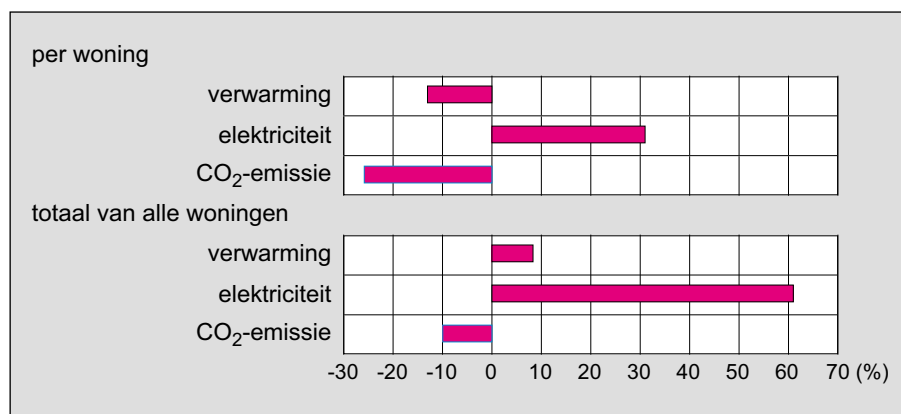


elektriciteit gebruiken), zorgen ervoor dat het afneemt (van 200 naar 130 PJ), bij een drastische groei van het aantal kWh'en.

4.3.4 Totaal effect

In Figuur 18 zijn de belangrijkste kwantitatieve effecten weergegeven. Hierbij is het gebruik voor ruimteverwarming en warmtapwater samengevoegd tot 'verwarming'. De energievraag voor ruimteverwarming en tapwater per woning daalt van 62 (= 51 + 11) GJ/j naar 54 (= 40 + 14) GJ/j (paragraaf 4.3.1 en 4.3.2). Dit betekent een afname van 13%. Voor alle woningen tezamen stijgt de energievraag voor ruimteverwarming en tapwater met 8%.

Figuur 18 Veranderingen in de energievraag en CO₂-emissie (2000-2030)



Duidelijk wordt uit doorrekening van deze afzonderlijke effecten dat dit leidt tot een toenemende totale energievraag in de woningvoorraad. De belangrijkste factor hierin is de groei van het aantal woningen (+1,5 miljoen) ten gevolge van een verwachte bevolkingsgroei (15,8 naar 18,4 miljoen) en een voortzetting van de gezinsverdunding (van 2,5 naar 2,1 personen per huishouden).

Tabel 10 Energiegebruik en CO₂-emissie woningsector 2030

situatie 2030		Aantal woningen (*1000000)	Ruimteverwarming per jaar	Tapwater per jaar	Elektriciteitsvraag Per jaar	CO ₂ -emissie Per jaar	CO ₂ -emissie Per jaar
	Gemiddeld per woning		40 GJ	14 GJ	16 GJ	4,0 ton	
			1.260 m ³	430 m ³	4.500 kWh		
	Totaal	8,1	325 PJ	110 PJ	130 PJ		33 Mton

Het totale energiegebruik voor zowel verwarming (325 + 110 = 435 PJ aardgas) als voor elektriciteit (130 PJ brandstof) zal stijgen. Ondanks deze stij-

ging van de energievraag daalt de totale CO₂-emissie. Dit wordt veroorzaakt door de hogere efficiency bij de elektriciteitsproductie en vooral door het gebruik van duurzame elektriciteit (50%). Hierdoor daalt de CO₂-emissie van elektriciteit van 165 kg nu, naar 65 kb CO₂ per GJ in 2030. De totale CO₂-emissie komt daarmee op ongeveer 33 Mton/jaar. Dit zou een reductie van de CO₂-emissie inhouden tussen 2000 en 2030 van 36 naar 33 Mton per jaar, ofwel van circa 10%.

4.4 Interventiestrategieën

Er is weliswaar sprake van een verlaging van de CO₂-emissie, maar in het kader van de IPCC-berekeningen (Intergovernmental Panel on Climate Change), is dat nog onvoldoende om tot een succesvolle aanpak van het versterkte broeikaseffect te komen. Om de CO₂-emissie van de woningen verder te verlagen zijn er meerdere strategieën voor de rijksoverheid mogelijk om dit te bereiken. Daarbij gaat het steeds om het beïnvloeden van een of meerdere gedragscomponenten van de huishoudens (of woningeigenaren) en andere intermediaire partijen. We onderscheiden hier 4 strategieën die gerelateerd zijn aan de eerder genoemde gedragscomponenten. Bij de afweging is het belangrijk om de effectiviteit, de directe kosten en de indirecte kosten te beschouwen. In het kader van dit onderzoek is het niet mogelijk geweest om dit systematisch in kaart te brengen. Wel kan op basis van de beschikbare kennis bij CE een kwalitatieve indicatie worden gegeven. In Tabel 11 is dit overzicht gegeven. Onder de effectiviteit verstaan we de CO₂-reductie die feitelijk optreedt als de interventiestrategie wordt uitgevoerd. Hierbij wordt ook rekening gehouden met het blijvende effect van de interventie. Onder de directe kosten verstaan we de kosten die het huishouden betaalt om zijn gedrag te effectueren (bijvoorbeeld de kosten van dubbel glas of de extra kosten van een extra zuinige koelkast). Onder de indirecte kosten verstaan we de kosten die de overheid maakt voor de interventie waarbij zowel de kosten van eventuele subsidies als transactiekosten worden begrepen. De conclusie is gebaseerd op alle drie de criteria.

Interventie bewonersgedrag

Slechts een beperkte groep huishoudens is bereid om zijn gedrag aan te passen en dat ook na een actieperiode (actie Zuinig Stoken, Ecoteams, ed.) te continueren. De groep is ongeveer 5 à 10% van de huishoudens en die groep realiseert een besparing van ongeveer 15% op zijn verbruik [1,2]. Door toename van de isolatiekwaliteit wordt de invloed van een zuinig stookgedrag kleiner. De indirecte kosten van diverse campagnes zijn hoog omdat het aantal mensen dat werkelijk bereikt wordt beperkt is en er blijvende attentie nodig is om het zuinige gedrag te handhaven.

Interventie bouwkundige kwaliteit

De afgelopen decennia is het overheidsbeleid vooral gericht geweest op verhoging van de bouwkundige kwaliteit van woningen. Dat blijft belangrijk en zal gekoppeld moeten zijn aan de renovaties en herstructureringen omdat een versnelling extra kostbaar zal zijn. In de prognose is deze verdergaande verbetering meegenomen. Een deel van het nu nog niet geïsoleerde woningbezit (met name voor-oorlogse portiekwoningen, eerste sociale woningbouw) is technisch niet of nauwelijks te isoleren [5]. Ook het extra isoleren van woningen die nu matig geïsoleerd zijn is uiterst kostbaar. De nieuwbouwwoningen hebben een hoog niveau van isolatie dat door aanscherping van de EPN nauwelijks kan worden verhoogd (de meeste extra maatregelen worden getroffen in de sfeer van installaties). Als interventiestrategie voor extra besparingen lijkt dit daarom niet zinvol.



Interventie installaties en apparaten

Het beïnvloeden van het aanschafgedrag van huishoudens heeft de afgelopen jaren goed gewerkt. Het aantal zuinige installaties is sterk toegenomen (HR-ketels, spaarlampen, A-koelkasten e.d.). Tegelijkertijd is echter het aantal apparaten sterk toegenomen (penetratie wasdrogers, vaatwassers, woningkoelers). Bovendien blijken de transactiekosten om subsidie te verstrekken zeer hoog [11]. Aanscherping van de EPC kan ervoor zorgen dat de rendementen van verwarmingsinstallaties toenemen. In de prognose is al een forse rendementsverbetering opgenomen, maar deze kan hoger worden door gebruik van nieuwe generatie verwarmingsinstallaties (micro-WK, brandstofcel).

Interventie milieukwaliteit energiedrager

Ruim anderhalf miljoen huishoudens zijn nu overgeschakeld op groene elektriciteit en realiseren een CO₂-reductie van ongeveer 3 Mton per jaar. Voor warmte en gas is tegen vergelijkbare kosten "schone" warmte of "schoon" gas te leveren. De effectiviteit is bijzonder groot, de technische mogelijkheden zijn ruim aanwezig, zodat dit een belangrijke interventie is voor verlaging van de CO₂-emissie. Als alle elektriciteit voor de huishoudelijke sector uit duurzame bronnen zou komen zou dat een extra verlaging van de CO₂-emissie in 2030 van 8 Mton opleveren. Maar ook voor de verwarming van woningen zijn schone en duurzame warmte opties voorhanden.

Tabel 11 Overzicht interventiestrategieën voor extra CO₂-reductie

	Effectiviteit	Directe kosten	Indirecte kosten	Conclusie
Dagelijks gedrag	klein	laag	hoog	laag
Bouwkwaliteit	rvw: groot tap: klein elek: klein	rvw: hoog tap: nvt elek: nvt	rvw: hoog	rvw: onbelangrijk tap: nvt elek: nvt
Installaties	rvw: groot tap: groot elek: matig ²⁹	rvw: matig tap: matig elek: laag	rvw: laag tap: beperkt elek: hoog ³⁰	rvw: matig tap: belangrijk elek: matig
Energiedrager	groot	laag ³¹	matig ³²	belangrijk

rvw = ruimteverwarming; tap = warm tapwater; elek = elektrische functies.

Directe kosten zijn de kosten van de energiegebruikers. De indirecte kosten zijn de kosten van het overheidsbeleid zoals subsidies, maar ook uitvoeringskosten.

4.5 Conclusie

Duidelijk is dat de hiervoor geschetste ontwikkelingen leiden tot een toenemende energievraag maar door de toenemende efficiency van de productie van elektriciteit en gebruik van duurzame energie neemt de CO₂-emissie met ongeveer 10% af. Vanzelfsprekend bevatten de geschetste ontwikkelingen veel onzekerheden en zijn ze sterk afhankelijk van keuzes van overheid en burgers op vele terreinen. Desondanks is duidelijk te constateren dat een forse reductie van de CO₂-emissie in de woningsector nieuwe interventies vereist. Vooral het verbeteren van de milieukwaliteit van de energiedragers die aan de woning worden geleverd (warmte, gas en elektriciteit) kan tegelij-

²⁹ Door rebound-effect en slechts een beperkt deel van de apparaten dat zuinig is.

³⁰ Het betreft slechts een deel van het energiegebruik, hoge transactiekosten.

³¹ Door REB-vrijstelling.

³² Inclusief REB-vrijstelling en transactiekosten.

kertijd met de toenemende energievraag zorgen voor een (fors) dalende CO₂-emissie.



Literatuur

- [1] Belemmeringen voor gedragsverandering en de rol van sociale dilemma's Raad voor het MilieuBeheer november 1996
- [2] Beleidsmodel energiegebruik bestaande woningbouw, CE, 1997
- [3] Bijdragen van sociaal instrumentarium aan gedragsverandering, VROM/DGM 1993-1997, juni 1997
- [4] Bijschatting energieverbruik KWR 2000, ABF Research, 2002
- [5] Energiebesparing in Blijdorp/Bergpolder, CE, 1998
- [6] Energieverbruik van gebouwgebonden energiefuncties in woningen en utiliteitsgebouwen, ECN, 1999
- [7] Energieverbruik van energiezuinige woningen, ECN, 2001
- [8] European Union Energy Outlook to 2020, Directorate-General for Energy, 1999
- [9] KWR '94 – '96 Analyse Energie en Water, VROM / Novem / EnergieNed, 1998
- [10] KWR 2000: Energiebesparende maatregelen in de woningvoorraad, KWR 2000 maakt de balans op, VROM, 2002
- [11] Mechanisme achter de groei van het energiegebruik, CE, 1999
- [12] Potentieel van grootschalige warmtelevering in de bestaande woningbouw, CE, 1993
- [13] Referentiewoningen, Novem, CE 1999
- [14] Regionale Bouwprognoses 2002 – 2007, SEO Amsterdam, 2002
- [15] Statistisch Jaarboek 2003, CBS, 2003
- [16] Toepassing WAPRO, versie 1999, RIVM, 2000
- [17] Warmtevraagprognose macroniveau, CE, 1994
- [18] www.cbs.nl
- [19] www.scp.nl
- [20] Primos prognose 2001, ABF Research, februari 2002
- [21] Nederlandse consumptie en energiegebruik in 2030, RIVM, februari 2001
- [22] Cijfers over wonen 2002, VROM, maart 2002



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Energie en gedrag in de woning

Bijlagen

Rapport

Delft, juli 2003

Opgesteld door: F.R. (Frans) Rooijers
M.N. (Maartje) Sevenster
K. (Kirsten) van Loo
S. (Stephan) Slingerland





A Analyse KWR200+

A.1 Inleiding

In deze bijlage worden de details van de analyse van het KWR³³ 2000+ bestand (kort KWR bestand), uitgevoerd met SPSS, gegeven. Het KWR bevat de resultaten van enquêtes onder 15.002 ondervraagden (gevallen), die hierbij optraden als vertegenwoordiger van hun huishouden. De vragen betroffen woningkenmerken, inclusief isolatiegegevens, samenstelling van het huishouden, omgevingsfactoren en gedrag op het gebied van verwarming, verlichting en ventilatie. Daarnaast is voor veel gevallen ook het daadwerkelijk verbruik van gas, elektriciteit en/of 'warmte' bekend. In dit onderzoek gaat het om de gedragsfactoren en hoe die samenhangen met woning- en huishoudenkenmerken en verbruiken.

Er is dan ook gebruik gemaakt van een subset van alle variabelen; deze subset van 480 primaire variabelen wordt beschreven in A.11. Uit deze variabelen zijn voor dit onderzoek secundaire variabelen afgeleid. Deze worden in de tekst, bij de desbetreffende onderdelen, geïntroduceerd en staan ook expliciet genoemd, met volledig afleidingsalgoritme, in A.12.

Het bestand wordt geanalyseerd vanuit een viertal invalshoeken:

- gedragklassen;
- woningklassen;
- huishoudenklassen;
- hypothesen.

Voor de eerste drie invalshoeken is steeds de vraag, of er bepaalde groepen zijn waar sterke correlaties tussen gedrag, of andere kenmerken, en verbruik optreden. Bij de hypothesen gaat het er om of deze wel of niet getoetst kunnen worden met de gegevens van het KWR bestand.

Voor dit onderzoek zijn de woningtypes en bouwjaarclassen volgens ECN gehanteerd, die beide primaire KWR variabelen zijn. Voor de onderverdeling van huishoudens sluiten wij zoveel mogelijk aan bij indelingen die het CPB hanteert. Aan de hand van drie leeftijdsklassen – grenzen op 35 jaar en 65 jaar – en 5 samenstellingstypes – alleenstaand / stel / stel met kind(eren) / 1-ouder gezin / overig – worden in principe 15 huishoudentypes gedefinieerd. Het onderscheid naar leeftijd wordt echter alleen gemaakt voor de alleenstaanden en stellen zonder kind.

Tabel 12 Krustabel woningklassen (alle gevallen waarvoor gegevens bekend zijn)

Type	Bouwjaar					
	< 1931	1931 - 1959	1960 - 1980	1981 - 1994	> 1994	
Vrijstaand	542	276	221	58	42	1.139
Hoek/twee	873	926	690	255	56	2.800
Tussen	1.269	1.058	987	359	80	3.753
Meergezins	2.084	2.216	2.215	587	184	7.286
	4.768	4.476	4.113	1.259	362	14.978

³³ Kwalitatieve Woningregistratie.

Tabel 13 Huishoudenklasse (alle gevallen waarvoor gegevens bekend zijn)

	Leeftijdklasse			
	<=34	35-64	65+	
alleenstaand	987	2.059	2.017	5.063
ep/vp	1.006	2.439	1.746	5.191
ep/vp + kind	830	2.563	77	3.470
een-ouder	117	627	66	810
overig	155	134	26	315
	3.095	7.822	3.932	14.849

In Tabel 12 en Tabel 13 wordt de verdeling van alle gevallen van het KWR bestand over de verschillende woning- en huishoudenklassen gegeven. Duidelijk is, dat de categorieën nieuwere huizen ondervertegenwoordigd zijn in het bestand (met name huizen gebouwd na 1994). Bij de huishoudens zijn de klassen '1-ouder gezin' en 'overig' sterk in de minderheid. Deze verhoudingen zijn overigens een exacte weerspiegeling van de totale nationale huishoudensamenstelling³⁴. De leeftijdsverdeling binnen het KWR bestand wijkt af van de nationale leeftijdsopbouw, ook wanneer in aanmerking genomen wordt dat mensen onder de 20 niet als "vertegenwoordiger van het huishouden" zullen zijn ondervraagd in de enquêtes. De ouderen lijken iets oververtegenwoordigd in het KWR bestand.

Het KWR bestand is opgesplitst in een aantal sub-bestanden om makkelijker mee te kunnen werken. De eerste splitsing is gedaan naar gevallen met en zonder warmtelevering (zie A.2; 2184 respectievelijk 12787 gevallen). Daarna is uit beide bestanden een selectie gemaakt van de gevallen met betrouwbare warmteverbruik- respectievelijk gasverbruikgegevens. De twee bestanden die zodoende gebruikt zijn voor de specifieke analyses zijn KWR_met_warmOK en KWR_zonder_gasOK. Het meest wordt het laatste bestand gebruikt, omdat het eerste vooral uit gevallen in meergezinswoningen uit de periode 1960-1980 bestaat en zodoende niet goed bruikbaar is voor algemene analyses.

De opbouw van deze bijlage is als volgt. Eerst wordt in A.2 besproken hoe de verschillende verbruiken (van gas, warmte en elektriciteit) in het bestand zijn opgenomen en welke voorbeholden hierdoor gemaakt moeten worden wat betreft de in deze analyse te beschouwen gevallen. Daarna wordt in paragraaf A.3 het bestand ingedeeld in gedragklassen en geanalyseerd vanuit deze klassen. Vervolgens wordt in paragraaf A.4 ingegaan op de indeling van de woningklassen en in A.5 wordt het KWR bestand geanalyseerd vanuit deze klassen. In paragrafen A.6 en A.7 gebeurt hetzelfde, maar dan voor klassen huishoudens. In A.8 wordt de systematische analyse afgerond en conclusies gepresenteerd.

In A.9 wordt een vijftal vooraf vastgestelde hypothesen getoetst en in A.10 wordt in een case studie gekeken naar gevallen met warmtelevering. De paragrafen A.11 en A.12 zijn van puur technische aard en bevatten gegevens over gebruikte en nieuw aangemaakte variabelen.

De belangrijkste conclusies en resultaten van de analyse worden in Hoofdstuk 3 van het hoofddocument gepresenteerd en samengevat. Een waarschuwing moet gegeven worden bij de interpretatie van de kwantitatieve gegevens: omdat het KWR bestand geen exacte doorsnede is van de Neder-

³⁴ Gegevens CBS voor 2000.



landse bevolking kunnen (veel) getallen niet als nationaal representatief worden beschouwd!

A.2 Gegevens over de verbruiken

In het KWR bestand zijn voor een deel van de gevallen warmte-, elektriciteit en gasverbruiken bekend. De gegevens komen uit verschillende bronnen. Als gevolg hiervan zijn er drie sets verbruiken: (1) volgens aanlevering Novem, (2) na correctie NOVEM, (3) met bijschatting ABF.

De eerste set komt direct van energiebedrijven, de tweede set bestaat uit deze zelfde gegevens maar met enige correcties uitgevoerd door NOVEM. De derde set bestaat uit schattingen van ontbrekende verbruiken, op basis van kenmerken van woning en huishouden, door het bureau ABF. Het aantal correcties is klein, zodat de 1^{ste} en 2^{de} set grotendeels hetzelfde blijken. Het aantal gevallen waarvoor tenminste één van de verbruiken is geschat is echter groot: ongeveer één-derde van het totaal aantal. Deze schattingen zijn gemaakt aan de hand van modellen met een groot aantal regressoren. Voor verschillende groepen "gebruikscombinaties" (gas voor koken, elektriciteit voor tapwater,...) zijn afzonderlijke modellen gemaakt.

Als het goed is, geven de subsets met en zonder bijschattingen dezelfde gemiddelde uitkomsten. Het is echter onvermijdelijk dat de modelschattingen een onrealistische spreiding hebben, waardoor het gebruik van de gevallen met bijgeschatte verbruikswaarden een vertekend beeld zou opleveren. Om te voorkomen dat een eventuele relatie tussen bepaalde gegevens slechts afkomstig is van het algoritme dat is gebruikt bij het bijschatten, werken we in de beschrijvende analyse uitsluitend met oorspronkelijk aangeleverde en door Novem gecorrigeerde³⁵ waarden.

Om een eerlijke vergelijking te kunnen maken met het gasverbruik in woningen zonder warmtelevering, worden voor de gevallen met warmtelevering gas- en warmteverbruiken (in m³ gas) opgeteld tot een nieuwe variabele. Dit resulteert in 734 gevallen met een geldig "effectief gasverbruik". Daarnaast zal het warmteverbruik (na correctie en omzetting naar m³ gas) ook apart worden bekeken, omdat dan 1.270 gevallen kunnen worden meegenomen.

Tabel 14 Beschikbare verbruiksgegevens in het KWR bestand met aantallen gevallen (Aan = volgens aanlevering Novem; Nov (def) = na (definitieve) correctie Novem; ABF = met bijschatting door ABF). De in dit onderzoek gebruikte verbruiken staan in grijs aangegeven

Geen warmtelevering (12787)						Wel warmtelevering (2184)								
Gas			Elektriciteit			Gas			Warmte			Elektriciteit		
						Opgeteld tot "effectief gasverbruik" (734)								
Aan	Nov Def	ABF	Aan	Nov	ABF	Aan	Nov Def	ABF	Aan	Nov Def	ABF	Aan	Nov	ABF
9.764	9.678	12.787	9.861	9.747	12.787	1.415	1.098	2.181	182	1.270	2.184	1.729	1.713	2.184

³⁵ Hierbij zijn ook nog apart in april 2003 aangeleverde correctie in gas/warmte voor 45 gevallen meegenomen. De variabelen die zijn gebruikt zijn daarom gdefnov, ejaarnov en wdefnov.

A.3 Classificering en analyse van gedrag

A.3.1 Verwarmgedrag

Om verwarmgedrag te classificeren, moet gekeken worden naar zowel de gemiddelde stooktemperatuur als naar het aantal ruimtes dat verwarmd wordt. Bij de bepaling of in de woonkamer of in meerdere ruimtes wordt verwarmd, kijken we alleen naar woonkamer, slaapkamers en badkamer. Op de vraag naar het verwarmgedrag in deze ruimtes waren de mogelijk antwoorden: "altijd (1)", "af en toe (2)" en "zelden of nooit (3)". Van de gevallen met geldige gegevens voor de variabele "verwarming woonkamer", valt 8% van het totale KWR bestand in klasse 2 of 3. Deze 8% vormt de groep "niet-verwarmers".

Daarnaast onderscheiden we nog zes gedragsgroepen, namelijk koud-, middel- en warmstokers, in woonkamer of meerdere ruimtes:

- temperatuur < 18°C, alleen woonkamer (KE);
- temperatuur < 18°C, meerdere ruimtes (KV);
- temperatuur tussen 18-19°C, alleen woonkamer (ME);
- temperatuur tussen 18-19°C, meerdere ruimtes (MV);
- temperatuur 19°C of meer, alleen woonkamer (WE);
- temperatuur 19°C of meer, meerdere ruimtes (WV).

De stooktemperatuur wordt gemiddeld over de gegeven thermostaatinstellingen dan wel stooktemperaturen voor overdag, 's avonds, 's nachts³⁶ en in het weekend volgens de formule gegeven in A.12.

Tabel 15 Krustabel stooktemperatuur en aantal ruimtes (voor gevallen zonder warmtelevering met bekend elektriciteit- en gasverbruik, volgens aanlevering Novem)

		Ruimtes verwarmd		Totaal	"Niet" stokers
		Meer	Eén		
Gemiddelde stooktemperatuur	<18	1.924	1.308	3.232	331
		24,1%	16,4%	40,5%	
	18-19	1.811	854	2.665	140
		22,7%	10,7%	33,4%	
	>19	1.417	657	2.074	108
		17,8%	8,2%	26,0%	
Totaal		5.152	2.819	7.971	579
		64,6%	35,4%	100,0%	

Ter vergelijking is de klasse "niet stokers" ook weergegeven in bovenstaande tabel. Deze klasse blijkt voor een kwart te bestaan uit alleenstaanden tussen 35-64 (voor huishoudens) en ook voor een kwart uit meergezinswoningen van voor 1931 (voor woningtypen). Van de "niet-stokers" zegt 80% dat er altijd of meestal iemand thuis is. Deze groep wordt verder buiten beschouwing gelaten, al heeft het "niet stoken" een licht verlagend effect op het gasverbruik.

³⁶ Merk op dat, in tegenstelling tot wat in het KWR SPSS bestand staat, de nachttemperatuur ook voor het weekend geldt (zie bewoners opname).



Van de 4 “direct gemeten” temperaturen zijn de dag- en de nachttemperatuur de belangrijkste (gas)verbruikverklarende variabelen. De eerste correleert vrijwel volledig met de gemiddelde stooktemperatuur en de tweede (negatief) met het verschil tussen min-max stooktemperatuur, DT. Daarom worden alleen gemiddelde stooktemperatuur en DT verder als verwarmgedragvariabelen gebruikt.

In A.5 en A.7 hebben we al gezien dat vooral de gemiddelde stooktemperatuur een direct verklarende variabele (voor gasverbruik) blijkt te zijn.

Zoals uit Tabel 15 blijkt, zijn de drie temperatuurbereiken zo gekozen dat ze ongeveer even grote aantallen gevallen betreffen. Het middelste bereik is slechts 1 graad “breed”, wat betekent dat de spreiding in de gemiddelde stooktemperatuur klein is (standaard deviatie van de verdeling is 1.4°C). Dit is van dezelfde orde van grootte als de te verwachten³⁷ fout in de temperatuurgegevens zit. Naast het hanteren van deze klassen zal daarom voor de te analyseren types woningen en huishoudens ook waar nodig de verdeling van de gemiddelde stooktemperatuur bekeken worden.

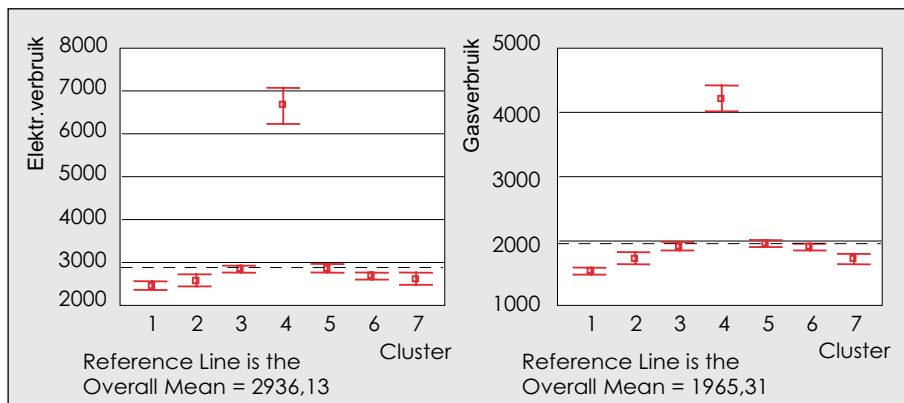
Tabel 16 Clusters in verwarmgedrag aan de hand van gas- en elektriciteitsverbruik (gevallen zonder warmtelevering). Zie A.5.1 voor een beschrijving van de TwoStep Cluster analyse

Cluster	Gasverbruik	Elektriciteitsverbruik	Beschrijving van cluster	Gemiddeld DT voor cluster
1	Laagst	Laagst	Meest zuinig: één ruimte, <18°C	Grootst
2	Laag	Laag	Eén ruimte, >19°C	
3			Meer ruimtes, <18°C	
4	Hoogst	Hoogst	Onzuinig: meer ruimtes, boven 18°C	Kleinst
5			Meer ruimtes, 18-19°C	
6			Meest onzuinig: meer ruimtes, >19°C	
7	Laag	Laag	Eén ruimte, 18-19°C	

Uit de clusteranalyse is te zien, dat op basis van de gas- en elektriciteitsverbruiken het bestand in principe is op te splitsen in “verwarmgedrag” groepen zoals te verwachten uit de definitie van verwarmgedrag: in 2 maal 3 groepen. Het verband is echter niet één op één, er zijn 7 clusters gevonden. De groep met het meest onzuinige gedrag (cluster 6) heeft gemiddelde gebruiken, terwijl de groep met extreem hoge verbruiken (cluster 4) gemiddeld tot onzuinig gedrag vertoont. In dit cluster is wel de gemiddelde DT het kleinst.

³⁷ De temperaturen worden alleen in hele graden gegeven, zodat de “fout” erop van de orde van een graad is.

Figuur 19 Clusteranalyse gas- en elektriciteitsgebruik



Uit meerdere tests blijkt dat het meest zuinige gedrag wel samengaat met de laagste verbruiken, maar het minst zuinige gedrag niet met de hoogste verbruiken. In het laatste geval gaat het waarschijnlijk om goed geïsoleerde woningen, waarover meer in A.9.4.

Om na te gaan waar de extreem hoge verbruiken voor cluster 4 vandaan komen en waarom cluster 6 met het meest onzuinige gedrag toch gemiddelde verbruiken laat zien, zijn voor de gevallen in deze clusters de woning- en huishoudenklassen geïnventariseerd (Tabel 17 tot en met Tabel 20).

Tabel 17 Kruistabel woningklassen voor cluster 4 (zie Figuur 19). De gele cellen geven de groep met het hoogste percentage aan

Type	Bouwjaar					
	< 1931	1931 - 1959	1960 - 1980	1981 - 1994	> 1994	
Vrijstaand	51	28	42	9	4	134
	13,0%	7,1%	10,7%	2,3%	1,0%	34,1%
Hoek/twee	45	43	29	3	1	121
	11,5%	10,9%	7,4%	0,8%	0,3%	30,8%
Tussen	47	20	18	2	0	87
	12,0%	5,1%	4,6%	0,5%	0,0%	22,1%
Meergezins	30	14	4	3	0	51
	7,6%	3,6%	1,0%	0,8%	0,0%	13,0%
Totaal	173	105	93	17	5	393
	44,0%	26,7%	23,7%	4,3%	1,3%	100,0%



Tabel 18 Kruistabel woningklassen voor cluster 6

Type	Bouwjaar					
	< 1931	1931 - 1959	1960 - 1980	1981 - 1994	> 1994	
Vrijstaand	28	11	16	4	5	64
	2,3%	0,9%	1,3%	0,3%	0,4%	5,2%
Hoek/twee	53	84	62	25	11	235
	4,3%	6,9%	5,1%	2,0%	0,9%	19,2%
Tussen	108	110	108	50	12	388
	8,8%	9,0%	8,8%	4,1%	1,0%	31,6%
Meergezins	144	209	91	64	31	539
	11,7%	17,0%	7,4%	5,2%	2,5%	44,0%
Totaal	333	414	277	143	59	1226
	27,2%	33,8%	22,6%	11,7%	4,8%	100,0%

Tabel 19 Huishoudenklassen voor cluster 4

	Leeftijdsklasse			
	<=34	35-64	65+	
alleenstaand	8	17	28	53
	2,0%	4,3%	7,1%	13,5%
ep/vp	7	78	47	132
	1,8%	19,8%	11,9%	33,5%
Ep/vp met kind	25	152	7	184
	6,3%	38,6%	1,8%	46,7%
Eén-ouder	0	12	1	13
	0,0%	3,0%	0,3%	3,3%
Overig	2	9	1	12
	0,5%	2,3%	0,3%	3,0%
Totaal	42	268	84	394
	10,7%	68,0%	21,3%	100,0%

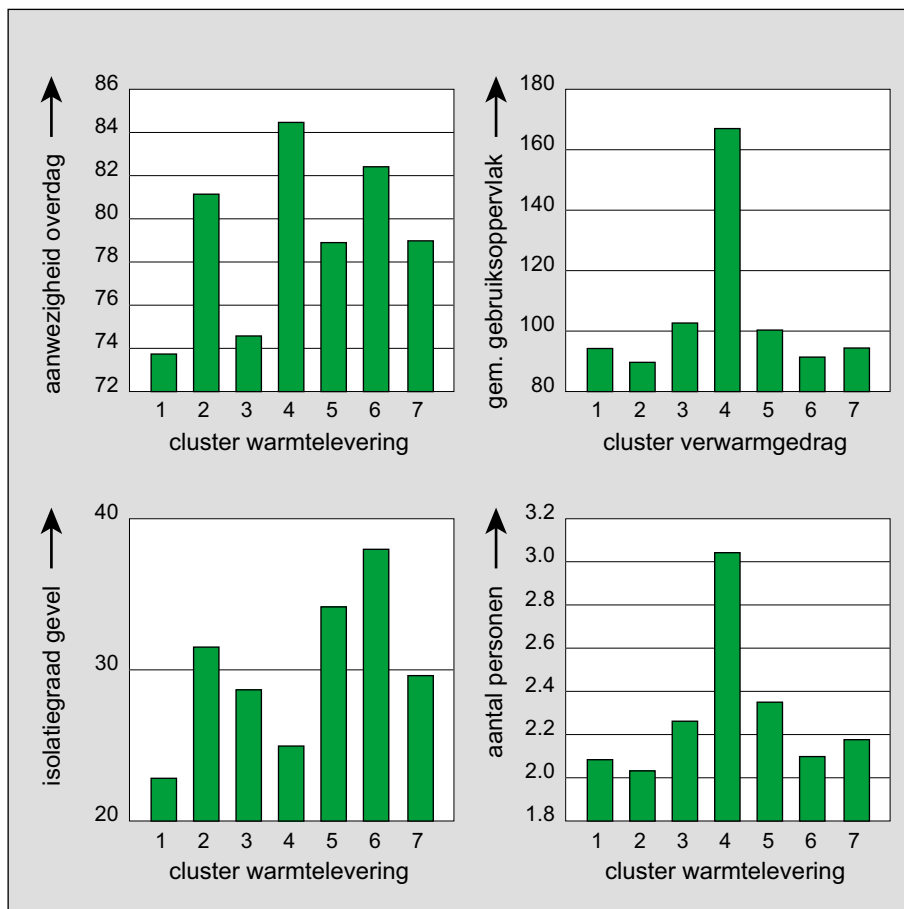
Tabel 20 Huishoudenklassen voor cluster 6

	Leeftijdsklasse			
	<=34	35-64	65+	
alleenstaand	52	137	193	382
	4,2%	11,2%	15,7%	31,1%
ep/vp	33	224	220	477
	2,7%	18,2%	17,9%	38,8%
Ep/vp met kind	64	191	9	264
	5,2%	15,6%	0,7%	21,5%
Eén-ouder	12	61	8	81
	1,0%	5,0%	0,7%	6,6%
Overig	10	12	2	24
	0,8%	1,0%	0,2%	2,0%
Totaal	171	625	432	1228
	13,9%	50,9%	35,2%	100,0%

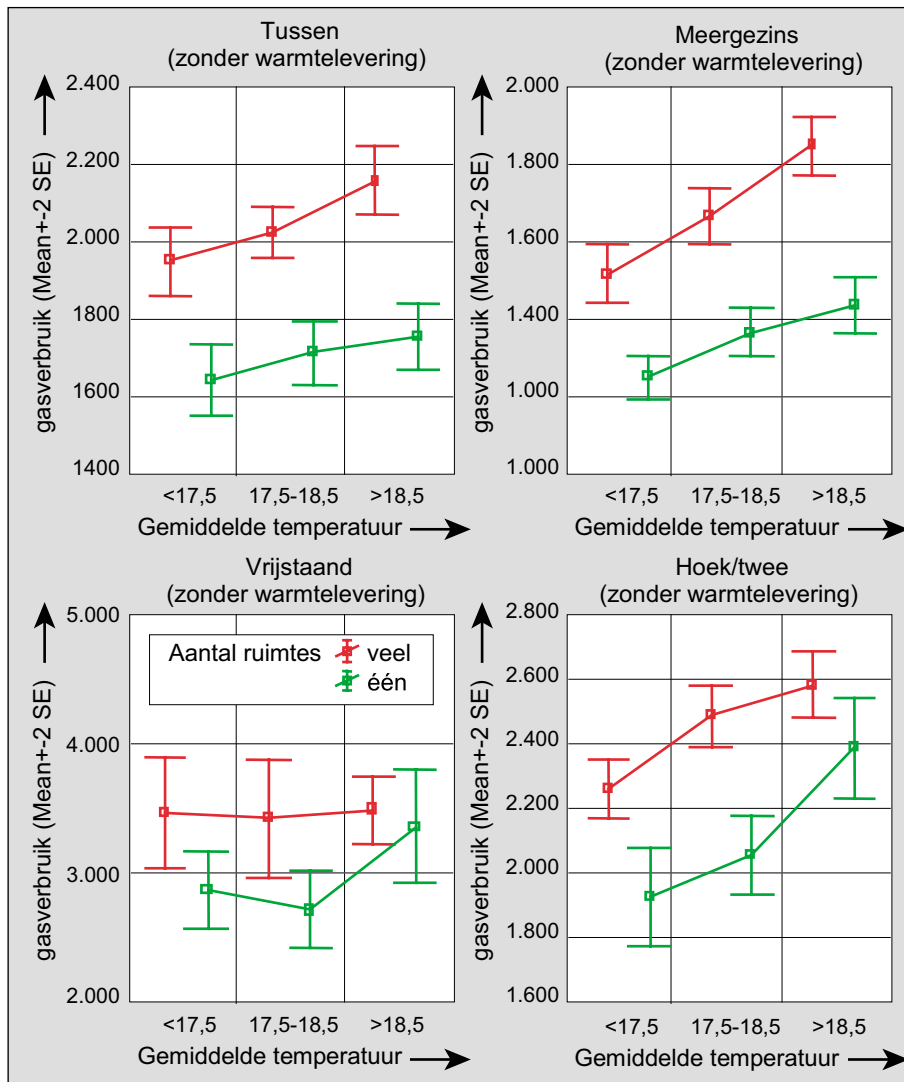
Hoewel de tabellen laten zien dat de gevallen uit cluster 4 voornamelijk te vinden zijn in de gezinnen met kinderen, leeftijd ouders tussen 35 en 64, en gemiddeld oudere en grotere woningen, geeft Figuur 20 een duidelijker

beeld van het verschil in gezinsgrootte en woninggrootte. Ook zijn de woningen voor cluster 4 duidelijk ouder dan alle andere clusters. Het aanwezigheidspercentage is iets hoger; merk op dat voor cluster 1 met het laagste verbruik het aanwezigheidspercentage het laagst is.

Figuur 20 Gemiddelde gebruiksoppervlakte en bouwjaar van de woning, aantal personen en aanwezigheid overdag per cluster (Tabel 16). Het gebruiksoppervlak en de gezinsgrootte zijn het grootst en de woningen zijn het oudst voor cluster 4. Aanwezigheidspercentage is iets groter voor cluster 4. Ook het inkomen ligt gemiddeld belangrijk hoger voor cluster 4 dan voor alle andere. Ondanks het hogere aantal personen, heeft cluster 4 echter ook de hoogste gemiddelde verbruiken per persoon



Figuur 21 Gemiddeld gasverbruik als functie van gemiddelde stooktemperatuur, voor de 4 verschillende woningtypen. De relatie wordt gegeven voor gevallen die meer ruimtes stoken en gevallen die alleen de woonkamer stoken



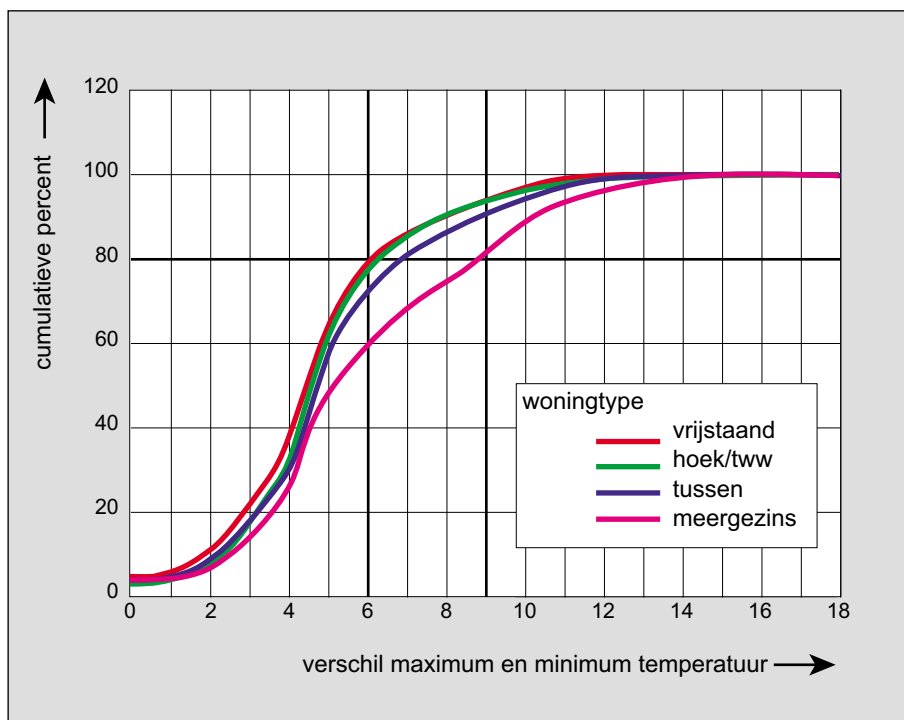
Dat er een duidelijk verschil is in energieverbruik tussen de gevallen die één ruimte verwarmen en die meer ruimtes verwarmen is te zien in bovenstaande figuren. Met name bij de meergezins- en tussenwoningen is het gemiddeld gasverbruik lager voor gevallen die alleen de woonkamer verwarmen, ongeacht de gemiddelde stooktemperatuur. In bovenstaande figuren is ook te zien dat de grootte van de woning van invloed is op het gasverbruik, aangenomen dat de woningen gemiddeld groter worden van meergezins naar vrijstaand. Deze trend met woningoppervlakte zal worden geverifieerd in A.5 en A.7.

Naast gemiddelde stooktemperatuur wordt ook gekeken naar het verschil tussen de opgegeven minimum en de maximum temperatuur (wederom wordt "stooktemperatuur=0" vertaald naar 10°C, zie A.12) als mogelijke gedragsvariabele. Deze variabele duiden we aan met DT.

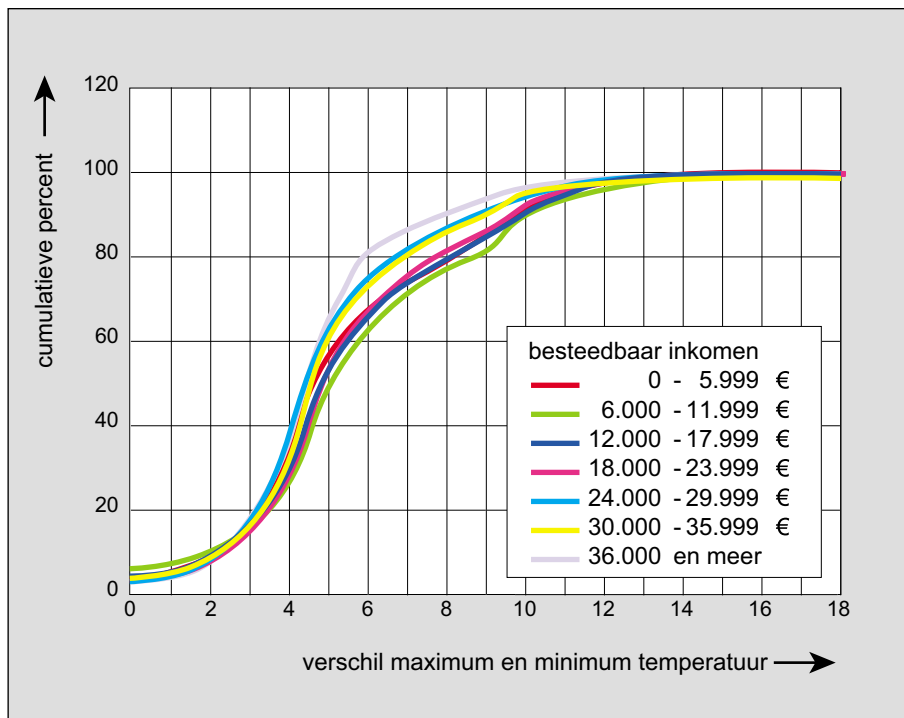
In Figuur 22 en Figuur 23 wordt de verdeling van deze variabele bekeken voor verschillende woningtypes (zonder differentiatie naar bouwjaar). Hieruit blijkt dat in meergezinswoningen DT het grootste is. Dit kan geïnterpreteerd

worden als een signaal van zuiniger verwarmgedrag, omdat in deze woningen kennelijk meer wordt gedacht aan het laagzetten van de temperatuur gedurende de nacht (in de meeste gevallen is de nachttemperatuur de laagste). Als een definitie van “zeer zuinig” gedrag zou zijn, dat DT groter is dan 9 graden, dan is van de meergezinswoningen 20% zeer zuinig, terwijl van de vrijstaande woningen slechts 5% in deze categorie zou vallen.

Figuur 22 De cumulatieve verdeling van het verschil tussen de uitersten van de temperatuurinstellingen (gevallen zonder warmtelevering), gedifferentieerd naar woningtype. Deze cumulatieve verdeling geeft aan welk percentage van de gevallen een waarde lager dan de betreffende waarde op de x-as heeft. Deze figuur laat zien dat, bijvoorbeeld, voor alle woningtypes, 25% van de gevallen een verschilwaarde heeft die kleiner is dan 4 graden. Op het niveau 80% is echter groot verschil: van de vrijstaande woningen heeft 80% een DT kleiner dan 6 graden, van de meergezinswoningen heeft 80% een DT kleiner dan 9 graden



Figuur 23 Als Figuur 18, gedifferentieerd naar inkomen



Er is echter ook een duidelijke relatie met inkomen, waarbij de hoogste inkomens het minst "zuinige" gedrag vertonen. Hoewel ook binnen de meergezinswoningen als groep een trend te zien is van kleinere DT met hoger inkomen, is inkomen niet de hoofdoorzaak van dit gedrag. Uit Tabel 21 blijkt dat gebruiksoppervlakte, isolatiegraad en leeftijd de grootste verklarende factoren zijn voor de gedragvariabele DT. Het oorzakelijk verband dat achter het "zuiniger" gedrag in de meergezinswoningen ligt, is wellicht een combinatie van lager inkomen en lagere isolatiegraad ofwel minder "compense-rend" gedrag (zie rebound effect, A.9.4).

Tabel 21 Regressiemodel voor DT als functie van enkele verklarende variabelen (gevallen zonder warmtelevering). De belangrijkste variabelen zijn: gebruiksoppervlakte, de isolatiegraden en de leeftijd. De laatste is de enige waarvoor de coëfficiënt positief is: ouderen vertonen een "zuiniger" gedrag

	Coëfficiënt	Gestandaardiseerd	Significantie	
Constante	5,444		,000	
Gebruiksoppervlakte totaal in m ²	-,007	-,109	,000	X
Oppervlakte woonkamer in m ²	-,014	-,052	,000	
Hoogte woonkamer in cm	,002	,022	,055	
Besteedbaar inkomen in euro-ton	-0,81	-,047	,000	
Leeftijd ondervraagde persoon	,011	,063	,000	X
Isolatiegraad gesloten gevel / beplating in %	-,004	-,060	,000	X
Isolatiegraad glas totaal in %	-,006	-,078	,000	X
Bouwjaar woning	,000	,011	,269	
Aantal personen in huishouden	,035	,015	,198	

A.3.2 Ventilatiegedrag

Gegevens zijn beschikbaar over het gemiddeld aantal uren per dag van gebruik van mechanische, natuurlijke en/of extra ventilatie in een aantal ruimtes. Hieruit komen 12 variabelen, namelijk het aantal ventilatie-uren:

- per ruimte: woonkamer, keuken, badkamer, overig;
- per type ventilatie: mechanisch, natuurlijk (roosters), extra (ramen, deuren).

Er is alleen gevraagd naar het gedrag in de winter. Het aantal uren per dag wordt niet expliciet gegeven, maar in vier klassen onderverdeeld: geen ventilatie, < 1 uur/dag, > 1 uur/dag, permanente ventilatie. Opgemerkt moet worden dat afzuigkappen hierbij **niet** tot mechanische ventilatie zijn gerekend en dat alleen voor gesloten keukens is gevraagd naar mechanische ventilatie in de keuken.

We definiëren:

- voor elke ruimte en techniek worden twee klassen gemaakt: weinig ventilatie (minder dan 1 uur per dag) en veel ventilatie (meer dan 1 uur per dag);
- voor elke ruimte worden deze scores (1 of 2) voor de verschillende technieken opgeteld, waarbij mechanische ventilatie dubbel telt;
- resulterende scores geven per ruimte aan of veel (score 5 of groter) of weinig (score 4 of minder) wordt geventileerd.

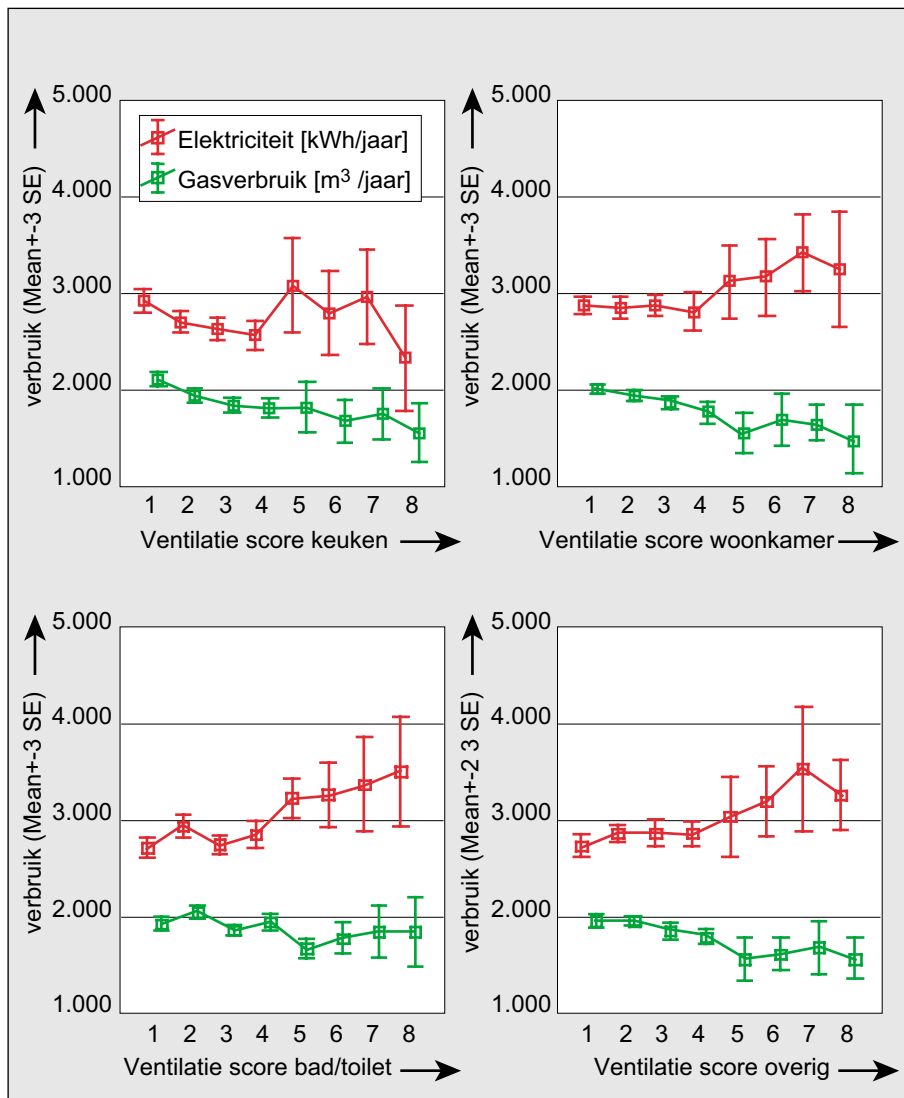
We hebben hierbij dus de **aanname** gemaakt, dat mechanische ventilatie meer effect heeft dan natuurlijke of extra ventilatie, voor zelfde aantal uren per dag.

De ventilatiescores vertonen alle vier een significante correlatie met gasverbruik, met een coëfficiënt rond $-0,1$. Bij correctie voor de verklarende variabelen (zie A.5.2) zijn deze correlaties echter totaal weg. Voor elektriciteitsverbruik geldt hetzelfde (bivariate coëfficiënten $-0,05$ tot $+0,08$). Regressiecoëfficiënten zijn eveneens niets significant, maar altijd grootst voor ventilatie bad/toilet "ventbtce". De ventilatiescores worden in de algemene regressie- en correlaties niet meegenomen (A.5.3, A.7.3), maar wel in enkele kwalitatieve analyses (A.5.1, A.7.1).

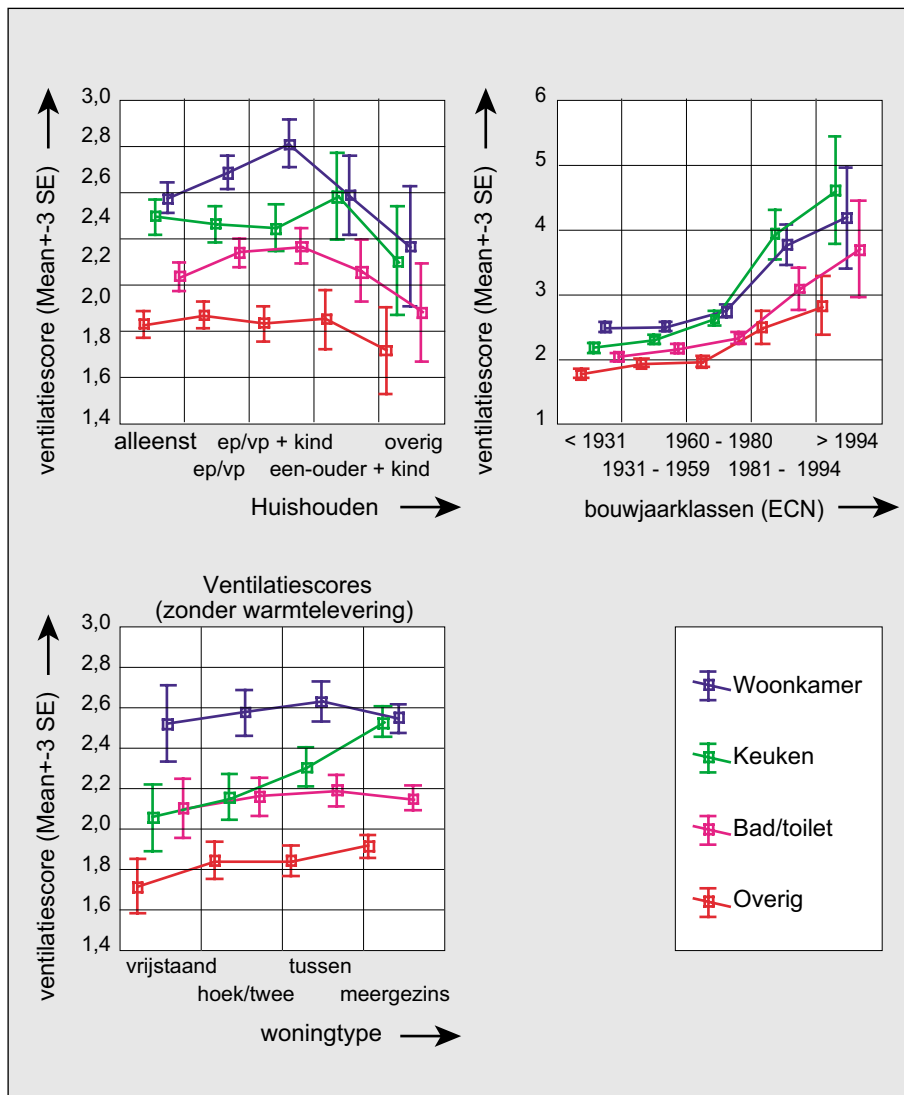
In Figuur 24 is ook te zien dat er geen duidelijke verband is tussen verbruik en ventilatiegedrag in het algemeen. Alleen bij toenemende ventilatie in badkamer/toilet is enige toename van het elektriciteitsverbruik te zien, maar dit is waarschijnlijk een correlatie met onderliggende factoren. Zoals al gezegd verdwijnt de correlatie tussen ventilatie in badkamer/toilet bij correctie voor de set verklarende variabelen, met name door de samenhang met aantal personen in het huishouden (de hoogste score voor ventilatie in badkamer/toilet gehaald wordt voor de (echt)paren met kinderen, zie Figuur 25).



Figuur 24 De relatie tussen ventilatiescore en verbruik



Figuur 25 Trends in ventilatiescores met verschillende grootheden. Alleen met bouwjaarclassie is een duidelijke relatie te zien



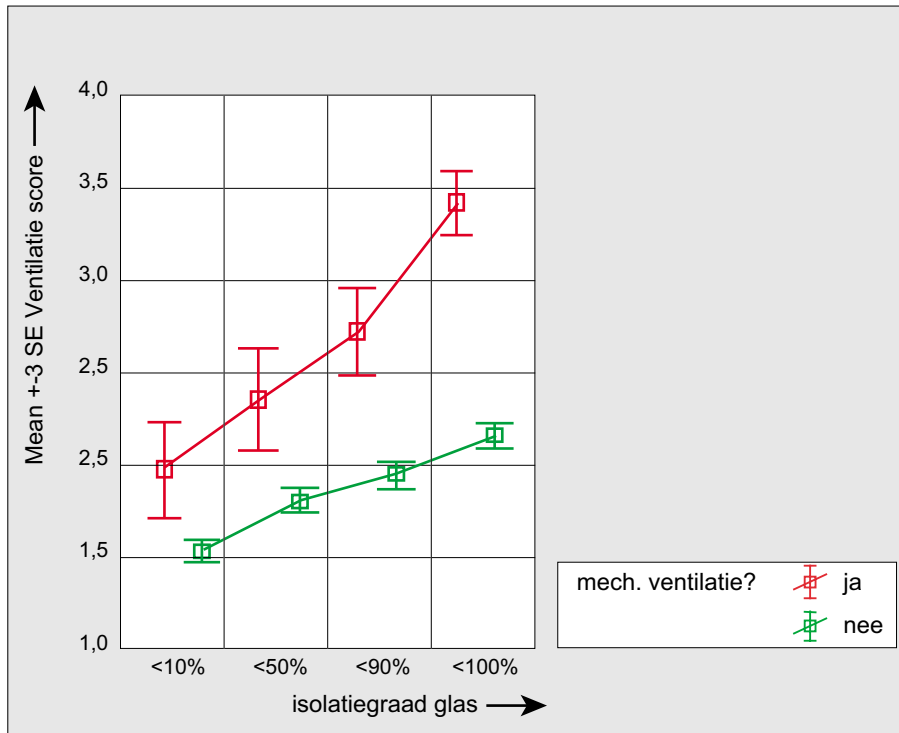
Het ventilatiegedrag in badkamer en toilet lijkt vooral afhankelijk van huishoudensamenstelling, terwijl ventilatiegedrag in de keuken vooral een trend vertoont met woningtype. Alle ventilatiescores vertonen een zeer sterke trend met bouwjaar. Dit uit zich ook in een sterke correlatie tussen isolatiegraad en ventilatiescore. Op het eerste gezicht zou men dit kunnen toeschrijven aan grotere beschikbaarheid van mechanische ventilatie in nieuwere woningen, die tevens een hogere isolatiegraad hebben. Er is echter meer aan de hand, zoals blijkt uit Figuur 26. In beter geïsoleerde woningen wordt sowieso meer geventileerd, ook niet-mechanisch. Dit heeft overigens geen invloed op de gas- of elektriciteitsverbruiken. Hoewel de gemiddelde elektriciteitsverbruiken hoger liggen in woningen met aanwezigheid van mechanische ventilatie, is de hoogte niet afhankelijk van het gebruik van deze ventilatie.

Alles wijst er op, dat in beter geïsoleerde woningen meer behoefte is aan frisse lucht en dat de hogere ventilatie scores in deze woningen niet alleen toe te schrijven zijn aan de aanwezigheid en gebruik van mechanische ventilatie.

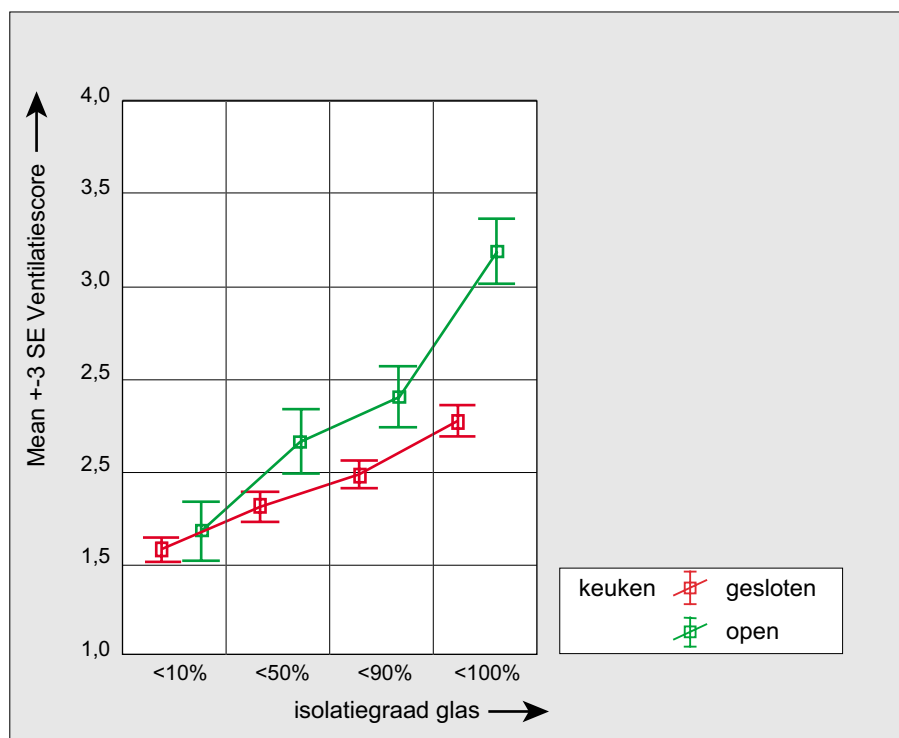


Deze behoefte aan frisse lucht is ook af te leiden uit Figuur 27. Indien er een open keuken in de woning is, wordt aanmerkelijk meer geventileerd in de woonkamer. Voor zowel open als gesloten keukens is wederom een trend met isolatie te zien.

Figuur 26 Trend tussen isolatiegraad en ventilatiescores. Bij afwezigheid van mechanische ventilatie in de woning is er nog steeds een trend met isolatiegraad, alleen worden, als gevolg van de definitie van ventilatiescore, minder hoge waarden score gehaald. De trends zijn te zien voor alle vier ventilatiescores en voor alle isolatiegraden (glas, gesloten gevel en beplating)



Figuur 27 Ventilatie in de woonkamer, met en zonder open keuken



A.3.3 Verlichtinggedrag

Wat betreft verlichtinggedrag zijn alleen gegevens beschikbaar over het soort buitenverlichting bij de voor- en/of achterdeur en over de tijdstippen waarop deze verlichting aanstaat. Er zijn echter te weinig gevallen met bekende data om conclusies te kunnen trekken over de invloed van dit verlichtinggedrag. Zoals in bovenstaande figuur is te zien, lijkt type buitenverlichting gerelateerd te zijn aan woningtype, maar gegevens over het daadwerkelijk gebruik van de verlichting wordt alleen gegeven voor het type "zelf schakelen".

We beschouwen de verlichting alleen voor hypothese 1 (zie A.9.1) en gebruiken dan de vier variabelen zoals die in het KWR bestand beschikbaar zijn (type voor/achter verlichting, aan/uit voor beide in geval van "zelf schakelen").

Tabel 22 Kruistabel voor verlichting bij de voordeur met woningtype

	Vrijstaand	Hoek/twee	Tussen	Meergezins	Totaal
zelf schakelen	393	771	754	227	2145
	18,3%	35,9%	35,2%	10,6%	100,0%
licht-sensor	73	116	143	153	485
	15,1%	23,9%	29,5%	31,5%	100,0%
beweeg-sensor	73	183	154	90	500
	14,6%	36,6%	30,8%	18,0%	100,0%
geen verlichting	135	775	1512	1686	4108
	3,3%	18,9%	36,8%	41,0%	100,0%
centraal geregeld	13	63	124	1737	1937
	,7%	3,3%	6,4%	89,7%	100,0%



A.4 Indeling van de klassen woningen

Voor dit onderzoek zijn woningtype en bouwjaarklasse volgens definitie van ECN gehanteerd, die beide primaire KWR variabelen zijn. De resulterende indeling heeft 20 woningklassen, zoals ook al in Tabel 12 te zien was, gevormd uit 4 types woningen (vrijstaand, hoekwoningen en twee-onder-één-kap, tussenwoningen, meergezinswoningen) en 5 bouwjaarclasses (vóór 1931, 1931-1959, 1960-1980, 1981-1994, na 1994).

In Tabel 23 en Tabel 24 zijn de aantallen gevallen per woningklasse gegeven voor de groepen zonder, respectievelijk mét, warmtelevering. In het bestand zonder warmtelevering zijn in de categorie na 1994 voor de meeste woningtypes zeer weinig gevallen voorhanden. In het bestand met warmtelevering zijn alleen voor meergezinswoningen genoeg gevallen voorhanden om een zinvolle statistische analyse te maken.

De analyse zal zich hoofdzakelijk richten op het bestand van gevallen zonder warmtelevering.

Tabel 23 Kruistabel woningklassen voor gevallen zonder warmtelevering (met bekend gas- en elektriciteitsverbruik na correctie Novem)

Type	Bouwjaar					
	< 1931	1931 - 1959	1960 - 1980	1981 - 1994	> 1994	
Vrijstaand	314	172	153	34	17	690
	3,4%	1,9%	1,7%	0,4%	0,2%	7,5%
Hoek/twee	590	645	469	174	37	1.915
	6,4%	7,0%	5,1%	1,9%	0,4%	20,7%
Tussen	934	789	684	245	54	2.706
	10,1%	8,5%	7,4%	2,7%	0,6%	29,3%
Meergezins	1.429	1.499	537	343	117	3.925
	15,5%	16,2%	5,8%	3,7%	1,3%	42,5%
Totaal	3.267	3.105	1.843	796	225	9.236
	35,4%	33,6%	20,0%	8,6%	2,4%	100,0%

Tabel 24 Kruistabel woningklassen voor gevallen mét warmtelevering (met bekend warmteverbruik na correctie). Merk op dat het grootste deel van deze woningen in de categorie "meergezinswoningen 1960-1980" valt

Type	Bouwjaar					
	< 1931	1931 - 1959	1960 - 1980	1981 - 1994	> 1994	
Vrijstaand		2			1	3
		0,2%			0,1%	0,2%
Hoek/twee	2		6	14	3	25
	0,2%		0,5%	1,1%	0,2%	2,0%
Tussen	7	5	26	20	3	61
	0,6%	0,4%	2,1%	1,6%	0,2%	4,8%
Meergezins	52	166	856	84	20	1178
	4,1%	13,1%	67,6%	6,6%	1,6%	93,0%
Totaal	61	173	888	118	27	1.267
	4,8%	13,7%	70,1%	9,3%	2,1%	100,0%

A.5 Analyse vanuit woningklassen

De onderstaande kruistabellen geven een eerste inzicht in verbruik en gedrag binnen de verschillende woningtypes en bouwjaarclassen. De laatste is gegeven voor meergezinswoningen omdat daarin alle bouwjaren goed vertegenwoordigd zijn.

Tabel 25 Gemiddelden van gedragvariabelen en gebruiken per woningtype (gevallen zonder warmtelevering). STD staat voor standaarddeviatie

	vrijstaand	hoek/twee	tussen	meer
Gasverbruik	3.187,1	2.331,2	1.906,5	1.479,2
Gas STD	1.644,7	993,4	845,8	761,4
Elektriciteit	4.380,1	3.322,3	2.993,8	2.264,5
Elektriciteit STD	2.557,7	1.794,0	1.495,4	1.223,9
Gemiddelde stooktemperatuur	18,3	18,2	18,2	18,1
Verschil min-max temperatuur	5,1	5,4	5,6	6,3
Ventilatie woonkamer	1,9	2,1	2,1	2,1
Ventilatie keuken	2,1	2,2	2,3	2,6
Ventilatie bad/toilet	2,7	2,8	2,9	2,7
Ventilatie overig	2,3	2,4	2,5	2,4
Bouwjaar	1928	1941	1941	1935
Aantal personen	2,7	2,5	2,4	1,8
N (alle variabelen geldig)	484	1.219	1.705	2.933

Tabel 26 Gemiddelden van gedragvariabelen en gebruiken in meergezinswoningen per bouwjaarklasse (gevallen zonder warmtelevering). STD staat voor standaarddeviatie (I = vóór 1931, etc.)

	Periode I	Periode II	Periode III	Periode IV	Periode V
Gasverbruik	1.569,8	1.507,8	1.377,4	1.247,0	1.119,2
Gas STD	870,1	701,3	655,3	620,8	579,2
Elektriciteit	2.288,9	2.246,6	2.160,9	2.298,6	2.555,7
Elektriciteit STD	1.320,3	1.182,6	1.201,7	1.063,6	1.029,7
Gemiddelde stooktemperatuur	17,9	18,2	18,2	18,4	18,6
Verschil min-max temperatuur	6,4	6,5	6,3	5,6	5,4
Ventilatie woonkamer	1,9	2,0	2,0	3,2	3,6
Ventilatie keuken	2,3	2,4	3,0	3,9	4,3
Ventilatie bad/toilet	2,5	2,5	2,9	3,7	4,0
Ventilatie overig	2,1	2,2	2,4	3,5	4,3
Bouwjaar	1909	1943	1966	1988	1996
Aantal personen	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8
N (alle variabelen geldig)	1.040	1.276	442	136	32

In bovenstaande tabellen valt het volgende op:

- de spreiding (STD) in de verbruiken neemt af met bouwjaar;
- de verbruiken zijn het grootste voor vrijstaande woningen;
- gasverbruik neemt af met bouwjaar, elektriciteitsverbruik neemt iets toe;
- de gezinsgrootte is het kleinst in meergezinswoningen;
- ventilatiescores nemen sterk toe met bouwjaar (zie ook A.3.2);
- temperatuur neemt toe met bouwjaar (zie ook A.3.1 en A.9.4);
- DT grootst in meergezinswoningen, maar neemt af met bouwjaar (zie ook A.3.1 en A.9.4).



A.5.1 Cluster analyse

Als eerste inventarisatie van groepen met eenzelfde verbruik en/of gedrag is een cluster analyse gemaakt (TwoStep), met als continue variabelen gas- en elektriciteitsverbruik, gemiddelde stooktemperatuur en maximum minus minimum temperatuur (DT).

Als categorische variabelen zijn woningtype en bouwjaarklasse gebruikt. In Tabel 27 worden de hieruit gevonden 8 clusters gegeven met typering van verbruik en verwarmgedrag en beschrijving van de woningen die in het cluster vallen. Opvallend is dat de vrijstaande woningen een groep op zich vormen zonder invloed van bouwjaar, met de hoogste verbruiken, en dat de groep met het minst zuinige gedrag wat betreft gemiddelde stooktemperatuur het laagste gasverbruik heeft. Hier is het effect van isolatie in deze nieuwere woningen (cluster 5) duidelijk.

Wat betreft gemiddeld verbruik, zijn de clusters allemaal significant verschillend (tot 2%) behalve woningclusters 2 en 4, die zowel voor gas als elektriciteit niet significant verschillen en woningclusters 3, 5 en 7 die alleen voor elektriciteit niet significant verschillen.

Tabel 27 Clusters in woningtype (gevallen zonder warmtelevering). Deze 8 clusters zijn gebruikt voor de definitie van de variabele "wclustce" (zie A.12)

Cluster	Gasverbruik	Elektriciteitsverbruik	Gemiddelde stooktemperatuur	DT	Beschrijving
1	Hoog	Hoog		Klein	Hoek/twee-kap uit bouwperiode I en III
2	Laag	Laag	Laagst	Groot	Meergezinswoningen uit bouwperiode I
3					Hoek/twee-kap/tussenwoningen uit bouwperiode II
4	Laag	Laagst		Grootst	Meergezinswoningen uit bouwperiode II
5	Laagst		Hoogst		Niet-vrijstaande woningen uit bouwperiode IV en V
6	Hoogst	Hoogst		Kleinst	Vrijstaande woningen uit alle periodes
7					Tussenwoningen uit bouwperiode I
8			Hoog		Tussen/meergezinswoningen uit bouwperiode III

In Tabel 28 worden groepen woningen gegeven die voortkomen uit een clusteranalyse van één enkele gebruik- of gedragvariabele. Diverse consistente groepen kunnen worden geïdentificeerd voor verbruiken en verwarmgedrag. De vrijstaande woningen, de meergezinswoningen van vóór 1931, evenals tussenwoningen van vóór 1931, woningen van ná 1980 en de bouwperiode 1960-1980 komen steeds als samenhangende groepen terug.

De ventilatiescores geven enigszins afwijkende resultaten. Deze scores zijn in Tabel 27 niet meegenomen omdat ze geen significante correlatie vertonen met verbruiken (zie A.3.2).

Tabel 28 Clusters in woningtype voor gebruik- en gedragvariabelen apart; voor elke variabele is aangekruist welke clusters voorkomen (V=vrijstaand, H=hoek/twee-onder-1-kap, T=tussenwoning, M=meergezins)

woningen	V	H	Niet-V (div)	H/T (div)	M	M	T		Niet-V	Niet-M (div)	H/M	
		< 1980 (div)	1960- 1980	1931- 1980 (div)	1931- 1959	< 1931	< 1931	>1981	> 1981	< 1980	< 1959	>1960
Gasverbruik	x	x	x	x	x	x	x		x			
Elektriciteit- verbruik	x	x	x	x	x	x	x		x			
Temperatuur (gem.)	x	x	x	x	x	x	x	x				
DT	x	x	x	x	x	x	x	x				
Aantal ruimtes	x	x	x	x	x	x	x	x				
Ventilatie woonkamer										x	x	x
Ventilatie keuken				x	x	x				x		x
Ventilatie bad/toilet										x	x	x
Ventilatie overig	x	x	x	x	x	x	x	x				

A.5.2 Factor analyse

Als eerste inventarisatie van welke verklarende variabelen een rol spelen bij eventuele correlaties tussen gebruik en gedrag, is een Factor Analyse gemaakt (PCA, op correlatie, met rotatie). In een factor analyse worden onderliggende "componenten" gezocht die een groot deel van de correlaties in een set waargenomen variabelen "verklaren". Ze wordt hier gebruikt als kwalitatieve analyse. Met de Clusteranalyse zijn trends in gebruik-gedragcombinaties gezien, hier worden mogelijk onderliggende redenen gezocht.

Hierbij kunnen alleen continue (interval, ratiogeschaald) variabelen worden beschouwd. Het is daarom niet mogelijk een typering van de gemeente (grootte) mee te nemen, omdat de variabelen die daarop betrekking hebben in het KWR bestand allen nominaal zijn. Om dezelfde reden kan de aanwezigheid overdag³⁸ niet meegenomen worden. Dit geldt ook voor de "hoogste opleiding ondervraagde persoon", maar deze variabele correleert sterk met het inkomen, dat wel als continue variabele is gegeven in KWR.

Als verklarende variabelen zijn gebruikt:

- pershh aantal personen in het huishouden;
- gbototw totale gebruiksoppervlakte;
- opwkw oppervlakte woonkamer;
- hgtwkw hoogte woonkamer;

³⁸ In paragraaf A.8 worden de gemeentegrootte en aanwezigheid overdag wel beschouwd, maar dit wordt apart gedaan vanwege de hier genoemde reden.



- ibggplx isolatiegraad gesloten gevel en beplating;
- isoglx isolatiegraad glas;
- inkbesx besteedbaar inkomen WBO;
- lftop leeftijd ondervraagde persoon;
- bjaarx bouwjaar.

Als manifeste variabelen (gebruik en gedrag) daarnaast ook:

- gdefnov gasverbruik per jaar;
- ejaarnov elektriciteitsverbruik per jaar;
- tempavce gemiddelde stooktemperatuur;
- tempmima verschil tussen maximum en minimum temperatuur (DT).

De variabelen worden bij de analyses steeds in continue vorm gebruikt, ook al worden om grafische redenen in figuren vaak de overeenkomstige ge-classificeerde variabelen gebruikt (bijvoorbeeld bouwjaar versus bouwjaar-klasse).

De gevonden hoofdcomponenten (principal components) zijn lineaire combinaties van de geteste verklarende variabelen. In Tabel 29 worden ze beschreven voor de gevallen zonder warmtelevering³⁹. Voor elke groep woningen zijn 3 componenten gevonden en deze zijn ook steeds vrijwel hetzelfde. De componenten maken zeer inzichtelijk welke factoren van invloed zijn op gebruik en gedrag.

In hoofdlijnen bestaan de componenten uit (in willekeurige volgorde):

- A (bouwtechnische factoren): isolatiegraad en bouwjaar;
- B (sociale factoren): leeftijd, inkomen, aantal personen;
- C (afmetingsfactoren): totale oppervlakte, grootte woonkamer.

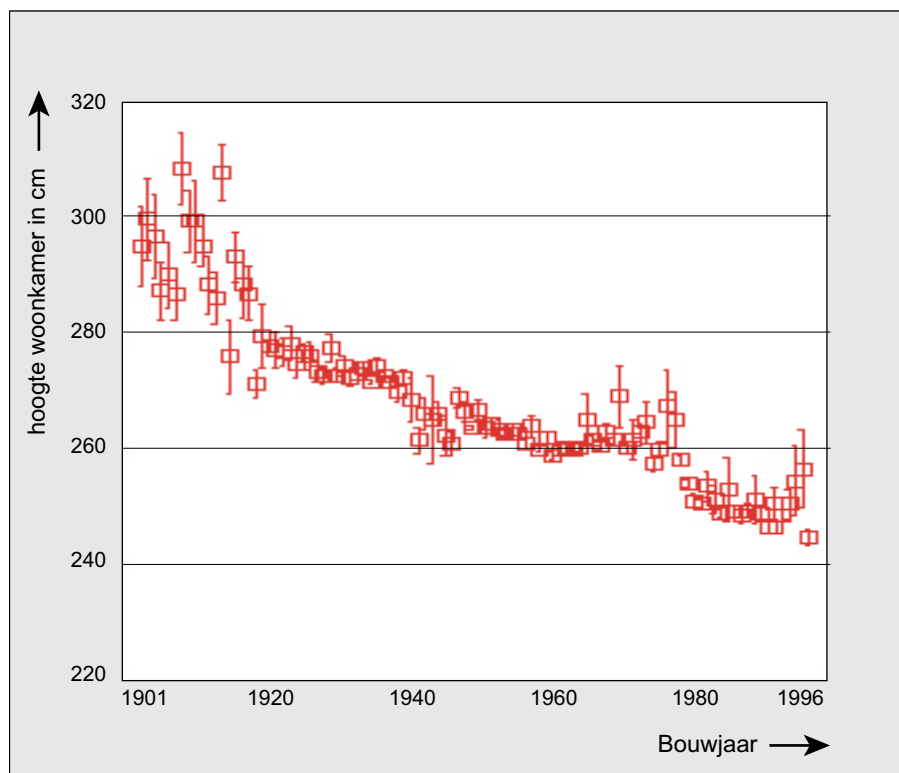
Zoals blijkt uit de tabel, komt de hoogte van de woonkamer niet alleen voor in de component “afmeting” maar zelfs sterker in de component “bouwtechnische factoren”. De verklaring hiervoor is te zien in Figuur 28: in de loop der jaren (van de 20^{ste} eeuw) is de gemiddelde hoogte van de woonkamer afgenomen. Er is hier sprake van een sterke correlatie, maar geen causaal verband.

³⁹ De gevallen met warmtelevering zijn immers vnl meergezinswoningen 1960-1980.

Tabel 29 Factoren met grootste aandeel in de geroteerde hoofdcomponenten (dwz met eigenwaarde groter dan 1) per type woning (zonder warmtelevering) voor correlaties in alle manifeste en verklarende variabelen in de tekst genoemd. De eerste kolom geeft het percentage van de totale variatie dat door de drie hoofdcomponenten wordt verklaard. Als grootheden in twee hoofdcomponenten ongeveer even sterk terugkomen staat de net iets minder sterke tussen haakjes

	PCA %	Comp 1	Comp 2	Comp 3
Vrijstaand	56	Gebruiksopp., opp. woonkamer, hoogte wk (inkomen)	Inkomen, aantal personen, leeftijd o.p.	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar
Hoek/twee onder 1 kap	58	Gebruiksopp., opp. woonkamer (hoogte woonkamer)	Inkomen, aantal personen, leeftijd o.p.	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar, hoogte woonkamer
Tussenwoningen	62	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar, hoogte woonkamer	Gebruiksopp., opp. woonkamer, (hoogte wk, inkomen)	Inkomen, aantal personen, leeftijd o.p.
Meergezinswoningen	56	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar, hoogte woonkamer	Gebruiksopp., opp. woonkamer, (hoogte woonkamer)	Inkomen, aantal personen, leeftijd o.p.

Figuur 28 De hoogte van de woonkamer vertoont een sterke correlatie met bouwjaar. Daarom komt de hoogte waarschijnlijk ook naar voren in de hoofdcomponent "bouwtechnische factoren" samen met isolatiegraad (Tabel 29)



A.5.3 Regressie en correlatie

Na de voorgaande kwalitatieve analyses wordt hier gekeken naar de kwantitatieve samenhang tussen gedrag- en gebruikvariabelen. Zoals al gezegd in A.3.2 vertonen de verschillende ventilatiescores wel (significante) bivariate correlaties met gas- en elektriciteitsverbruik, maar bij correctie voor de verklarende variabelen (zie A.5.2) zijn deze correlaties totaal weg. Hier worden dan ook alleen de bivariate en partiële correlaties bepaald tussen gas- en elektriciteitsverbruik enerzijds en gemiddelde stooktemperatuur en DT anderzijds.

Zoals te verwachten is de gemiddelde stooktemperatuur sterker gecorreleerd met gasverbruik dan met elektriciteitsverbruik. Het verschil tussen minimum en maximum stooktemperatuur, DT, laat echter met beide verbruiken een ongeveer even sterke, negatieve, correlatie zien. De partiële correlatiecoëfficiënten voor DT zijn over het algemeen iets kleiner (in absoluut zin) dan de bivariate. Dit wijst op de mogelijkheid dat DT een indicator is voor andere variabelen.

Voor de gemiddelde stooktemperatuur zijn de partiële correlatiecoëfficiënten over het algemeen groter dan de bivariate. Deze variabele is dus hoogst waarschijnlijk direct van invloed op de verbruiken. Deze invloed is wel beperkt: de partiële correlatiecoëfficiënt is niet hoger dan ongeveer 0,2.

Tabel 30 Verbruik-gedrag correlaties per woningtype, voor gevallen zonder warmtelevering. De getallen in witte cellen zijn significant tot 1%, in de grijze cellen tot 5%. De coëfficiënten zijn Pearson correlaties, zowel biviaat als partieel. DT is het verschil tussen minimum en maximum stooktemperatuur

	EJAARNOV			GDEFNOV		
	Gemiddelde T	DT	Tgem-DT	Gemiddelde T	DT	Tgem-DT
Vrijstaand	0,08	-0,11	-0,25			-0,25
Partieel	0,10		-0,33	0,08		-0,29
Hoek/twee		-0,06	-0,17	0,13	-0,05	-0,17
Partieel	0,08		-0,19	0,17		-0,20
Tussen		-0,06	-0,18	0,11	-0,09	-0,18
Partieel	0,07		-0,20	0,18	-0,11	-0,20
Meergezins	0,08	-0,06	-0,20	0,19	-0,08	-0,20
Partieel	0,09		-0,22	0,20	-0,08	-0,22

Lineaire regressie modellen zijn gemaakt voor zowel gas- als elektriciteitsverbruik, met alle verklarende variabelen plus gemiddelde stooktemperatuur en DT als predictoren. In Tabel 31 worden voor de gemiddelde stooktemperatuur en DT de gestandaardiseerde coëfficiënt (β) en de significantie (σ) gegeven. Daarnaast wordt de R^2 voor het hele model gegeven (een schatting van de fractie van de variantie die door het model wordt verklaard). Tenslotte wordt voor eventuele andere predictoren, waarvoor de significantie van de regressiecoëfficiënt beter is dan tot 1%, de gestandaardiseerde coëfficiënt gegeven.

Tabel 31 Regressiemodellen voor elektriciteitsgebruik en gasverbruik, per woningtype, voor gevallen zonder warmtelevering. De percentages geven de significantie aan (σ) van de coëfficiënten (β) die erboven staan

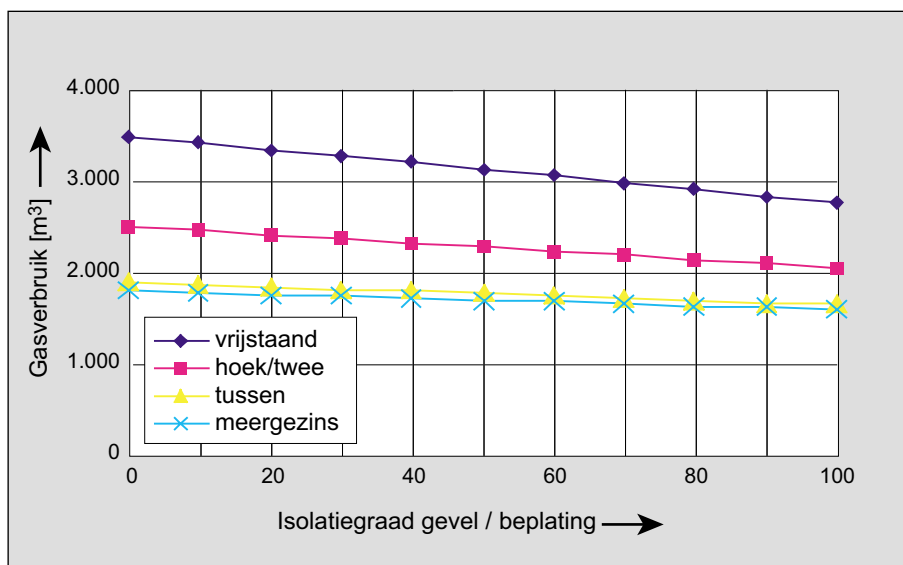
	EJAARNOV				GDEFNOV			
	R2	β , σ gem. temp.	β , σ DT	Variabelen $\sigma < 0.01$ (β)	R2	β , σ gem. temp.	β , σ DT	Variabelen $\sigma < 0.01$ (β)
Vrijstaand	0,23	0,08	-0,02	Opp. (0,19) Inkomen (0,12) Personen (0,31)	0,19	0,08	0,00	Opp. (0,3) Isolatie gevel(-0,19)
		2%	58%			2,8%	91%	
Hoek/twee	0,30	0,07	0,01	Opp. (0,26) Hoogte woonkamer (-0,08) Inkomen (0,09) Personen (0,38)	0,34	0,14	-0,00	Opp. (0,38) Opp. woonk. (0,11) Isolatie gevel(-0,20) Isolatie glas(-0,11) Inkomen (0,06) Personen (0,10) Leeftijd (0,13)
		0%	68%			0%	86%	
Tussen	0,30	0,06	-0,01	Opp. (0,23) Opp. woonkamer (0,07) Inkomen (0,07) Personen ((0,37)	0,33	0,14	-0,07	Opp. (0,41) Hoogte wk (0,06) Isolatie gevel(-0,13) Isolatie glas(-0,14) Personen (0,09) Leeftijd (0,09)
		0%	68%			0%	0%	
Meerge- zins	0,27	0,08	0,01	Opp. (0,26) Opp. woonk (0,05) Inkomen (0,10) Personen (0,30)	0,27	0,17	-0,04	Opp. (0,30) Hoogte wk. (0,08) Isolatie gevel(-0,10) Isolatie glas(-0,12) Inkomen (0,07) Personen (0,10) Leeftijd (0,12)
		0%	70%			0%	0,7%	

De gegevens uit de regressiemodellen geven een kwantificering van de hoofdcomponenten, die in de factoranalyse zijn gevonden. Bij gegeven woningtype is het aantal personen de grootste factor in het elektriciteitsverbruik en de totale gebruiksoppervlakte de grootste factor in het gasverbruik. Voor het temperatuurverschil DT zijn de coëfficiënten over het algemeen verwaarloosbaar klein en niet significant. Voor de gemiddelde stooktemperatuur zijn de gestandaardiseerde coëfficiënten rond 0,1-0,15 en altijd significant.

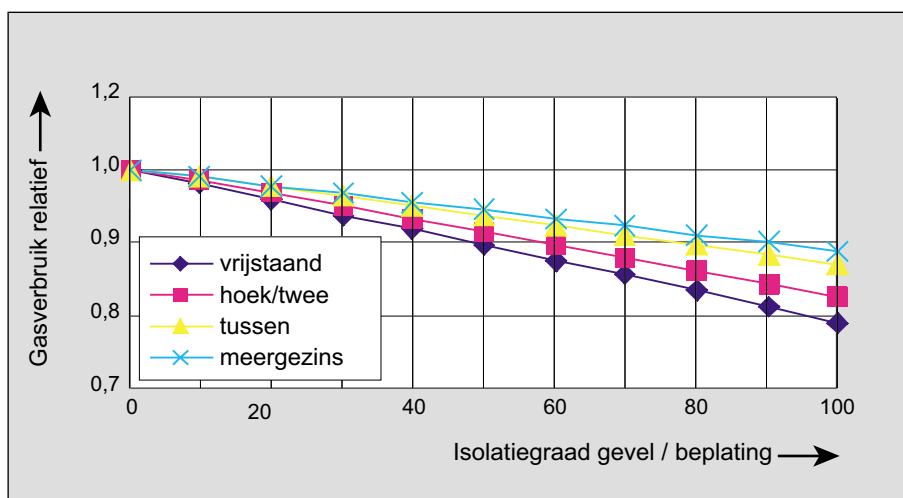
Het effect van isolatie is minder naar mate het buitenmuuroppervlak van de woning kleiner is (-0,2 voor vrijstaande woningen; -0,1 voor meergezinswoningen). In Figuur 29 en Figuur 30 is dit goed te zien.



Figuur 29 De regressiemodellen voor gasverbruik uit Tabel 31. De relaties geven duidelijk aan dat voor de verschillende woningtypes de isolatiegraad verschillend effect heeft op het gasverbruik, ook als gecorrigeerd wordt voor andere factoren. Dit is waarschijnlijk het gevolg van steeds kleiner oppervlak aan buitenmuren van vrijstaande woningen naar meergezinswoningen



Figuur 30 Als Figuur 29, genormeerd op 1 voor isolatiegraad 0%



A.6 Indeling van de klassen huishoudens

Voor de onderverdeling van huishoudens sluiten wij zoveel mogelijk aan bij indelingen die het CPB hanteert. Aan de hand van drie leeftijdsklassen – grenzen op 35 jaar en 65 jaar – en 5 samenstellingstypes – alleenstaand / stel / stel met kind(eren) / 1-ouder gezin / overig – worden in principe 15 huishoudentypes gedefinieerd. Voor de resulterende indeling is in Tabel 13 de verdeling van alle gevallen in het KWR bestand te zien.

In Tabel 32 en Tabel 33 zijn de aantallen per huishoudenklasse gegeven voor de groepen zonder, respectievelijk mét, warmtelevering. Alleen de gevallen waarvoor de nodige energieverbruiken bekend zijn in het KWR bestand worden gegeven. In de verdere analyse wordt de categorie “overig”

grotendeels buiten beschouwing gelaten en de indeling naar leeftijd niet gehanteerd voor de gezinnen met kinderen.

Tabel 32 Huishoudenklassen (gevallen zonder warmtelevering met bekend elektriciteit- en gasverbruik na correctie Novem). De leeftijdklassen zullen voornamelijk voor de categorieën alleenstaand en (echt)paar zonder kinderen worden gebruikt

	Leeftijdklasse			
	<=34	35-64	65+	
alleenstaand	585	1.290	1.029	2.904
	6,4%	14,1%	11,2%	31,7%
ep/vp	615	1.598	1.045	3.258
	6,7%	17,4%	11,4%	35,5%
ep/vp + kind	536	1.699	55	2.290
	5,8%	18,5%	,6%	25,0%
een-ouder	76	413	37	526
	0,8%	4,5%	0,4%	5,7%
overig	102	77	18	197
	1,1%	0,8%	0,2%	2,1%
Totaal	1.914	5.077	2.184	9.175
	20,9%	55,3%	23,8%	100,0%

Tabel 33 Huishoudenklassen (alleen mét warmtelevering, gevallen met bekend warmteverbruik na correctie). Merk op dat ruim een kwart van deze huishoudens in de categorie alleenstaand 65+ valt

	Leeftijdklasse			
	<=34	35-64	65+	
alleenstaand	74	169	305	548
	6,7%	15,3%	27,6%	49,6%
ep/vp	66	145	178	389
	6,0%	13,1%	16,1%	35,2%
Ep/vp met kind	20	80	1	101
	1,8%	7,2%	0,1%	9,1%
Eén-ouder	10	32	4	46
	0,9%	2,9%	0,4%	4,2%
Overig	7	11	3	21
	0,6%	1,0%	0,3%	1,9%
Totaal	177	437	491	1.105
	16,0%	39,5%	44,4%	100,0%

A.7 Analyse vanuit huishoudens

De analyse van het KWR bestand vanuit de huishoudens volgt dezelfde lijn als die van de woningen. Onderstaande kruistabel geeft een eerste inzicht in verbruik en gedrag binnen de verschillende huishoudentypes.

Het volgende valt hierin op:

- de jongste huishoudens hebben het laagste gasverbruik en de laagste gemiddelde stooktemperatuur;
- het elektriciteitsverbruik is vooral afhankelijk van het aantal personen;



- de oudste huishoudens hebben een grotere DT (verschil minimum en maximum stooktemperatuur).

Tabel 34 Gemiddelden van gedragvariabelen en gebruiken per huishoudenklasse (gevallen zonder warmtelevering). STD staat voor standaarddeviatie. A=alleenstaand, PZ=(echt)paar zonder kinderen, PM=(echt)paar met kinderen, E=één-ouder gezin, I=onder 34, II=35 tot 64, III=65+

	A I	A II	A III	PZ I	PZ II	PZ III	PM	E
Gasverbruik	1.315,0	1.519,8	1.874,5	1.644,9	2.066,8	2.088,1	2.230,1	1.895,5
Gas STD	812,8	880,1	998,5	822,3	1.026,9	1.106,0	1.178,3	873,7
Elektriciteit	1.880,1	1.971,0	1.902,2	2.514,1	3.130,9	2.640,0	4.027,2	2.820,9
Elektriciteit STD	1.119,8	1.033,8	997,0	1.516,7	1.450,4	1.268,1	1.968,4	1.321,7
Gemiddelde stooktemperatuur	17,6	17,9	18,7	17,6	18,2	18,6	18,2	18,1
Verschil min-max stooktemperatuur	6,1	5,9	6,2	5,7	5,6	6,2	5,5	5,9
Ventilatie woonkamer	2,0	2,1	2,0	2,0	2,2	2,1	2,2	2,0
Ventilatie keuken	2,3	2,5	2,5	2,1	2,4	2,5	2,4	2,5
Ventilatie bad/toilet	2,6	2,8	2,5	2,8	2,9	2,8	3,0	2,6
Ventilatie overig	2,1	2,4	2,2	2,3	2,5	2,4	2,6	2,3
Aantal personen							3,8	2,5
N (alle variabelen geldig)	424	907	844	391	1024	827	1380	400

A.7.1 Cluster analyse

Als eerste inventarisatie van groepen met eenzelfde verbruik en/of gedrag is een cluster analyse gemaakt (TwoStep), met als continue variabelen gas- en elektriciteitsverbruik, gemiddelde stooktemperatuur en maximum minus minimum stooktemperatuur (DT). Als categorische variabelen zijn samenstelling van huishouden en leeftijd van de ondervraagde persoon gebruikt.

Tabel 35 Clusters in huishoudentype (gevallen zonder warmtelevering)

Cluster	Gasverbruik	Elektriciteitsverbruik	Gemiddelde stooktemperatuur	DT	Beschrijving
1					Alleenstaanden en (echt)paren zonder kinderen, 35-64
2	Hoogst	Hoogst		Kleinst	(Echt)paren met kinderen of 1-oudergezinnen, meest 35-64
3	Laagst		Laagst		Alleenstaanden en (echt)paren met/zonder kinderen, onder 34
4		Laagst	Hoogst	Grootst	Alleenstaanden en (echt)paren zonder kinderen, boven 65

Wat betreft gemiddeld verbruik, verschillen alle clusters significant (tot 2%), behalve clusters 1 en 3 in gemiddeld elektriciteitsverbruik. In de middenleeftijden lijkt het al dan niet hebben van kinderen de voornaamste factor te zijn – dit is uiteraard ook de groep waarvoor dit het meest speelt. Daarnaast is leeftijd de bepalende factor.

Uit Tabel 36 blijkt dat bij beschouwing van verwarm- en gebruikvariabelen apart meer gedifferentieerde clusters worden gevonden dan voor de woningklassen. Wat betreft de huishoudens is de clustering minder consistent dan voor de woningklassen. Voor verwarmgedrag en –verbruik lijkt voornamelijk de leeftijd een rol te spelen, voor overige gedrag- en verbruikvariabelen hebben ook het aantal personen in en de samenstelling van het huishouden invloed. Er is nog steeds een lijn te zien dat leeftijd en het al dan niet hebben van kinderen de hoofdfactoren zijn.

Tabel 36 Clusters in huishoudentype voor gebruik- en gedragvariabelen apart (I=<34, II=35-64, III=65+; A=alleenstaand, PZ=(echt)paar zonder kinderen, PM=(echt)paar met kinderen, E=één-ouder gezin, O=overig)

huishoudens			PZ/PM	E/O	PZ	PZ/PM	A	PM	A	PZ/PM	A	A/PM	A/E	PZ/PM	PM/E	A/PZ
	II	I, III	I		III	II	I,III	II	II	I,III	III	I		I,II		II
gasverbruik	x	x														
elektraverbruik			x	x	x	x	x	x	x							
temperatuur (gem.)	x	x														
DT				x		x		x	x	x	x	x				
aantal ruimtes		xx				x		x					x			
ventilatie woonkamer						x							x	x		
ventilatie keuken		xx													x	x
ventilatie bad/toilet				x				x		x	x	x				xx
ventilatie overig				x		x		x	x	x	x	x				

A.7.2 Factor analyse

Als eerste inventarisatie van welke verklarende variabelen een rol spelen bij eventuele correlaties tussen gebruik en gedrag, is een Factor Analyse gemaakt (PCA, correlatie, met rotatie). In een factor analyse worden onderliggende “componenten” gezocht die een groot deel van de correlaties in een set waargenomen variabelen “verklaren”. Ze wordt hier gebruikt als kwalitatieve analyse. Met de Cluster analyse zijn trends in gebruikgedragcombinaties gezien, hier worden mogelijk onderliggende redenen gezocht.

De beperkingen van deze analyse en de gebruikte verklarende en manifeste variabelen zijn al beschreven in paragraaf A.5.2. De enige aanpassing die voor de analyse van huishoudenklassen moet worden gemaakt is dat de



variabele “pershh” – het aantal personen – niet meegenomen kan worden omdat deze niet normaal verdeeld is per groep, maar voor de meeste groepen zelfs maar één waarde heeft.

Tabel 37 Factoren met grootste aandeel in de geroteerde hoofdcomponenten (met eigenwaarde groter dan 1) per type huishouden (zonder warmtelevering) voor correlaties in alle manifeste en verklarende variabelen in de tekst genoemd. De eerste kolom geeft het percentage van de totale variatie dat door de drie hoofdcomponenten wordt verklaard

	PCA %	Comp 1	Comp 2	Comp 3
Alleenstaanden	57	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar, hoogte woonkamer	Gebruiksopp., opp. woonkamer (hoogte woonkamer)	Leeftijd ondervraagde persoon, inkomen (bouwjaar)
(echt) paar zonder kind	61	Gebruiksopp., opp. woonkamer (hoogte woonkamer)	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar, hoogte woonkamer	Leeftijd o.p., inkomen
(Echt)paar met kind	60	Gebruiksopp., opp. woonkamer, inkomen (hoogte woonkamer)	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar, hoogte woonkamer	Leeftijd o.p.
Eén-ouder gezin	60	Isolatie gevel, isolatieglas, bouwjaar, hoogte woonkamer	Gebruiksopp., opp. woonkamer, inkomen	Leeftijd o.p.

De gevonden hoofdcomponenten (principal components) zijn lineaire combinaties van de geteste verklarende variabelen. In Tabel 37 worden ze beschreven voor de gevallen zonder warmtelevering⁴⁰. Voor elke groep huishoudens zijn 3 componenten gevonden en deze zijn ook steeds grotendeels hetzelfde. De componenten maken zeer inzichtelijk welke factoren van invloed zijn op gebruik en gedrag.

Evenals voor de woningklassen bestaan de componenten in hoofdlijnen uit (in willekeurige volgorde):

A (bouwtechnische factoren): isolatiegraad en bouwjaar.

B (sociale factoren): leeftijd, inkomen.

C (afmeting): totale oppervlakte, grootte woonkamer (inkomen).

Ook vanuit de huishoudenklassen gezien, valt de hoogte van de woonkamer onder de bouwtechnische component (zie ook Figuur 28). Het aantal personen is hier overigens niet meegenomen, omdat deze voor sommige huishoudenklassen constant is.

A.7.3 Regressie en correlatie

Hier wordt gekeken naar de kwantitatieve samenhang tussen gedrag- en gebruikvariabelen. In Tabel 38 worden de bivariate en partiele correlaties gegeven tussen gas- en elektriciteitsverbruik enerzijds en gemiddelde stooktemperatuur en DT anderzijds.

⁴⁰ De gevallen met warmtelevering zijn immers vnl. meergezinswoningen 1960-1980 en voor een groot deel huishoudens met 1 of 2 volwassenen, meest 65+.

Net als bij de woningklassen is de gemiddelde stooktemperatuur sterker gecorreleerd met gasverbruik dan met elektriciteitsverbruik. Het temperatuurverschil DT laat met beide verbruiken een ongeveer even sterke, negatieve, correlatie zien. De partiële correlatiecoëfficiënten voor DT zijn over het algemeen iets kleiner (in absoluut zin) dan de bivariate. Dit wijst wederom op de mogelijkheid dat DT een indicator is voor andere variabelen.

Voor de gemiddelde stooktemperatuur zijn de partiële correlatiecoëfficiënten over het algemeen groter dan de bivariate. Deze variabele is hoogst waarschijnlijk direct van invloed op de verbruiken. Deze invloed is wel beperkt: de partiële correlatiecoëfficiënt is niet hoger dan ongeveer 0,2.

Tabel 38 Verbruik-gedrag correlaties per huishoudentype en woningtype, voor gevallen zonder warmtelevering. De getallen in witte cellen zijn significant tot 1%, in de grijze cellen tot 5%. De coëfficiënten zijn Pearson correlaties, zowel biviaat als partieel. DT is het verschil tussen minimum en maximum stooktemperatuur

	EJAARNOV			GDEFNOV		
	Gemiddelde T	DT	Tgem-DT	Gemiddelde T	DT	Tgem-DT
Alleenstaand	0,05	-0,10	-0,19	0,19	-0,12	-0,19
Partieel	0,08	-0,05	-0,21	0,18	-0,11	-0,21
(Echt)paar	0,08	-0,12	-0,20	0,11	-0,14	-0,20
Partieel	0,11	-0,05	-0,24	0,14	-0,10	-0,24
(Echt)paar+		-0,05	-0,18	0,05	-0,07	-0,18
Partieel	0,06		-0,19	0,12	-0,06	-0,19
Eén-ouder			-0,13	0,16		-0,13
Partieel	0,10		-0,12	0,21		-0,12

Lineaire regressie modellen zijn gemaakt voor zowel gas- als elektriciteitsverbruik, met alle verklarende variabelen (zie A.5.2) plus gemiddelde stooktemperatuur en DT als predictoren. In Tabel 39 worden voor de gemiddelde stooktemperatuur en DT de gestandaardiseerde coëfficiënt (β) en de significantie (σ) gegeven. Daarnaast wordt de R^2 voor het hele model gegeven (een schatting van de fractie van de variatie die door het model wordt verklaard). Tenslotte wordt voor eventuele andere predictoren, waarvoor de significantie van de regressiecoëfficiënt beter is dan tot 1%, de gestandaardiseerde coëfficiënt gegeven.

De gegevens uit de regressiemodellen geven een kwantificering van de hoofdcomponenten, die in de factoranalyse werden gevonden. Bij gegeven huishouden is de totale gebruiksoppervlakte de grootste factor in het gas- en elektriciteitsverbruik. Merk wel op dat ook in deze analyse het aantal personen niet als variabele is meegenomen.

Voor het temperatuurverschil DT zijn de coëfficiënten over het algemeen verwaarloosbaar klein en niet significant. Voor de gemiddelde stooktemperatuur zijn de gestandaardiseerde coëfficiënten rond 0,1-0,15 en altijd significant.

In de regressiemodellen wordt bevestigd wat we al eerder hadden gezien: de leeftijd speelt een grotere rol bij de alleenstaanden en stellen zonder kinderen, met een twee keer zo grote coëfficiënt als voor de stellen met kinderen.



Voor de categorie “een-ouder gezinnen” is maar één significante factor gevonden, naast de gemiddelde stooktemperatuur. Dit is mogelijk slechts een weerslag van het kleinere aantal gevallen in deze categorie (ongeveer een vijfde van de andere 3 categorieën).

Tabel 39 Regressiemodellen voor elektriciteitsverbruik (ejaarnov) en gasverbruik (gdefnov), per huishoudentype, voor gevallen zonder warmtelevering. De percentages geven de significantie aan (σ) van de coëfficiënten (β) die erboven staan

	EJAARNOV				GDEFNOV			
	R2	β , σ gem. temp.	β , σ DT	Variabelen $\sigma < 0.01$ (β)	R2	β , σ gem. temp.	β , σ DT	Variabelen $\sigma < 0.01$ (β)
Alleenstaand	0,14	0,07	-0,03	Opp. (0,33) Opp. woonk. (0,06) Inkomen (0,05) Leeftijd (-0,09)	0,34	0,14	-0,07	Opp. (0,42) Opp. woonkamer (0,05) Isolatie gevel(-0,10) Isolatie glas (-0,11) Leeftijd (0,13)
		0%	6%			0%	0%	
(Echt)paar	0,17	0,10	-0,02	Opp. (0,34) Opp. woonkamer (0,08) Hoogte woon- kamer (-0,06) Inkomen (0,07)	0,38	0,10	-0,06	Opp. (0,47) Opp. woonk. (0,08) Isolatie gevel(-0,13) Isolatie glas(-0,09) Inkomen (0,09) Leeftijd (0,12)
		0%	15%			0%	0%	
(Echt)paar+	0,18	0,06	0,01	Opp. (0,37) Inkomen (0,08) Leeftijd (0,08)	0,30	0,1	-0,03	Opp. (0,48) Isolatie gevel(-0,13) Isolatie glas(-0,07) Leeftijd (0,06)
		0,3%	57%			0%	11%	
Eén-ouder	0,21	0,09	0,02	Opp. (0,34)	0,27	0,18	-0,03	Opp. (0,45)
		3%	61%			0%	51%	

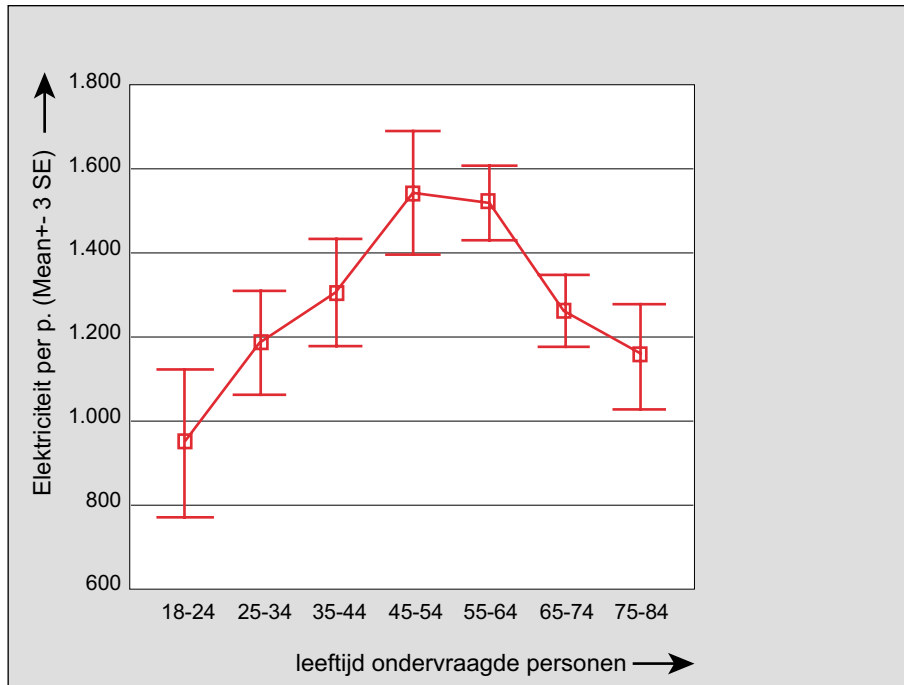
A.8 Overzicht systematische analyse

Hoewel er een duidelijke (zwakke) relatie is tussen de gemiddelde stooktemperatuur en het gasverbruik, wordt het laatste vooral bepaald door eigenschappen van de woning (zowel isolatiegraad als afmeting). De gemiddelde stooktemperatuur reflecteert niet zozeer bewust zuinig gedrag als wel aanwezigheid en “kouwelijkheid” (hoogste temperaturen en aanwezigheid bij 65+).

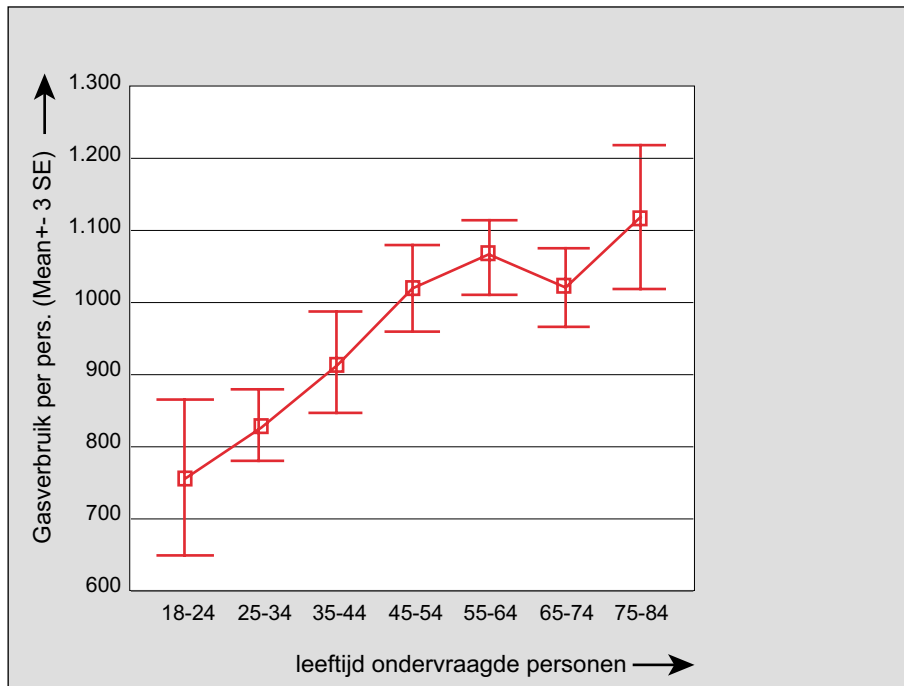
Interessant is dat er ook een correlatie lijkt te bestaan – in de zin van onderliggende factoren – tussen elektriciteitsverbruik en het verschil tussen minimum en maximum stooktemperatuur DT. Dit zou kunnen wijzen op wel bewust zuinig gedrag, waarbij het “s nachts laagzetten van de thermostaat” overigens weinig effect heeft op het gasverbruik. Het elektriciteitsverbruik is wellicht sterker gekoppeld aan zuinig gedrag omdat het minder sterk aan comfortgevoel bijdraagt, zoals stooktemperatuur dat wel doet. Zoals is te zien in Figuur 31, gaat ook het elektriciteitsverbruik per persoon veel lager

voor de categorie 65+ als rekening wordt gehouden met het feit dat in deze leeftijdsgroep een huishouden meestal uit 1 of 2 personen bestaat.

Figuur 31 Elektriciteitsverbruik per persoon afhankelijk van leeftijd, voor huishoudens met twee personen



Figuur 32 Als vorige figuur, voor gasverbruik per persoon. De trend van toenemend verbruik met stijgende leeftijd blijft duidelijk



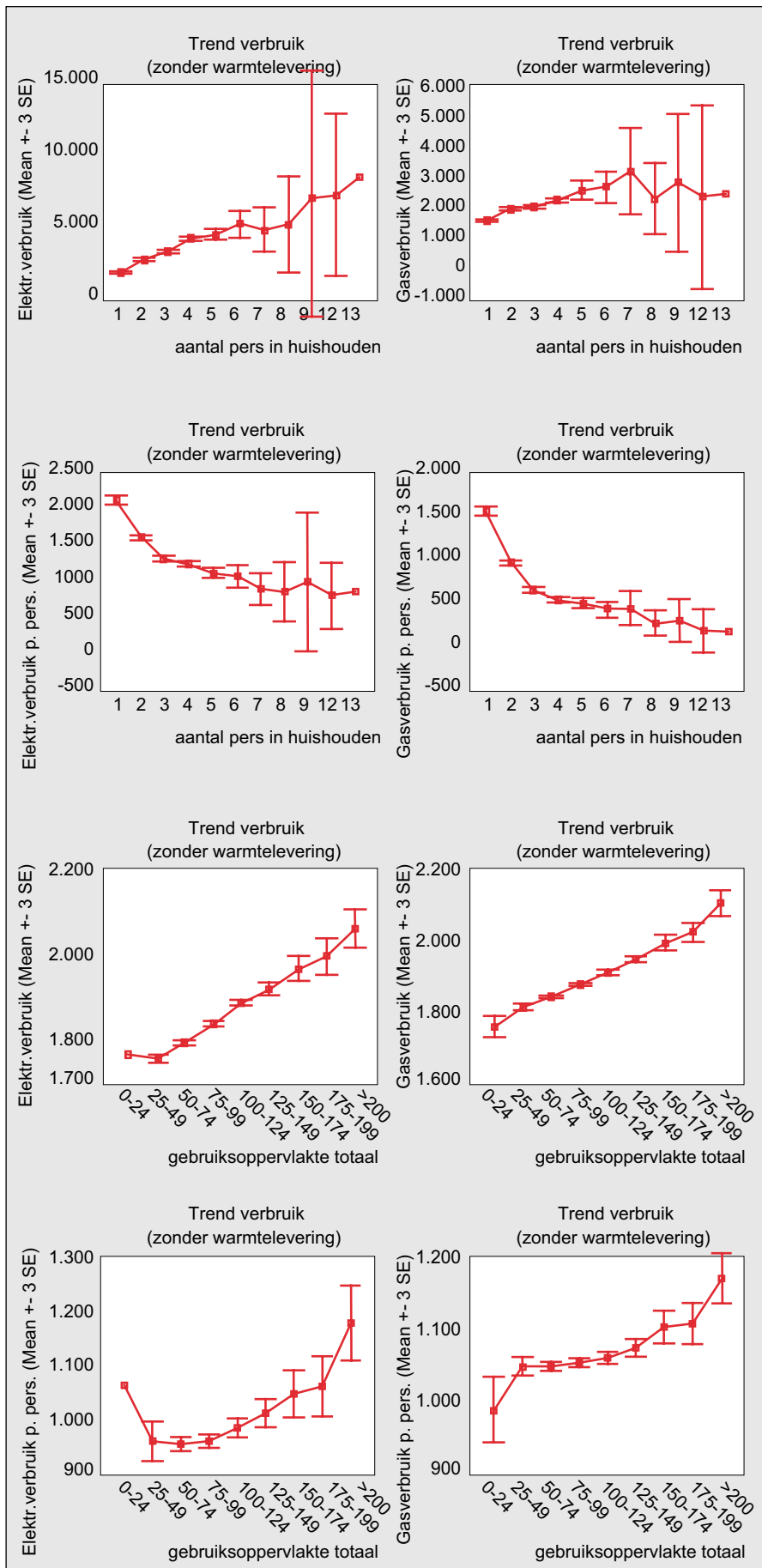
Om de grootte van de gevonden relaties (A.5.3, A.7.3) tussen verklarende variabelen en gebruik te kunnen beoordelen zijn de niet-gestandaardiseerde coëfficiënten belangrijk. In Tabel 40 laten we deze zien, voor regressiemodellen voor het hele bestand (met dezelfde verklarende variabelen als in A.5.2). Behalve voor het gas- en elektriciteitsverbruik per huishouden per jaar, zoals tot nu toe is gebruikt, worden ook de regressiemodellen voor de verbruiken per persoon gegeven. Gezien de te verwachten en gevonden afhankelijkheid van de verbruiken van het aantal personen, kan dit een andere kijk op “zuinigheid” geven, zowel wat betreft gedrag als verbruik.

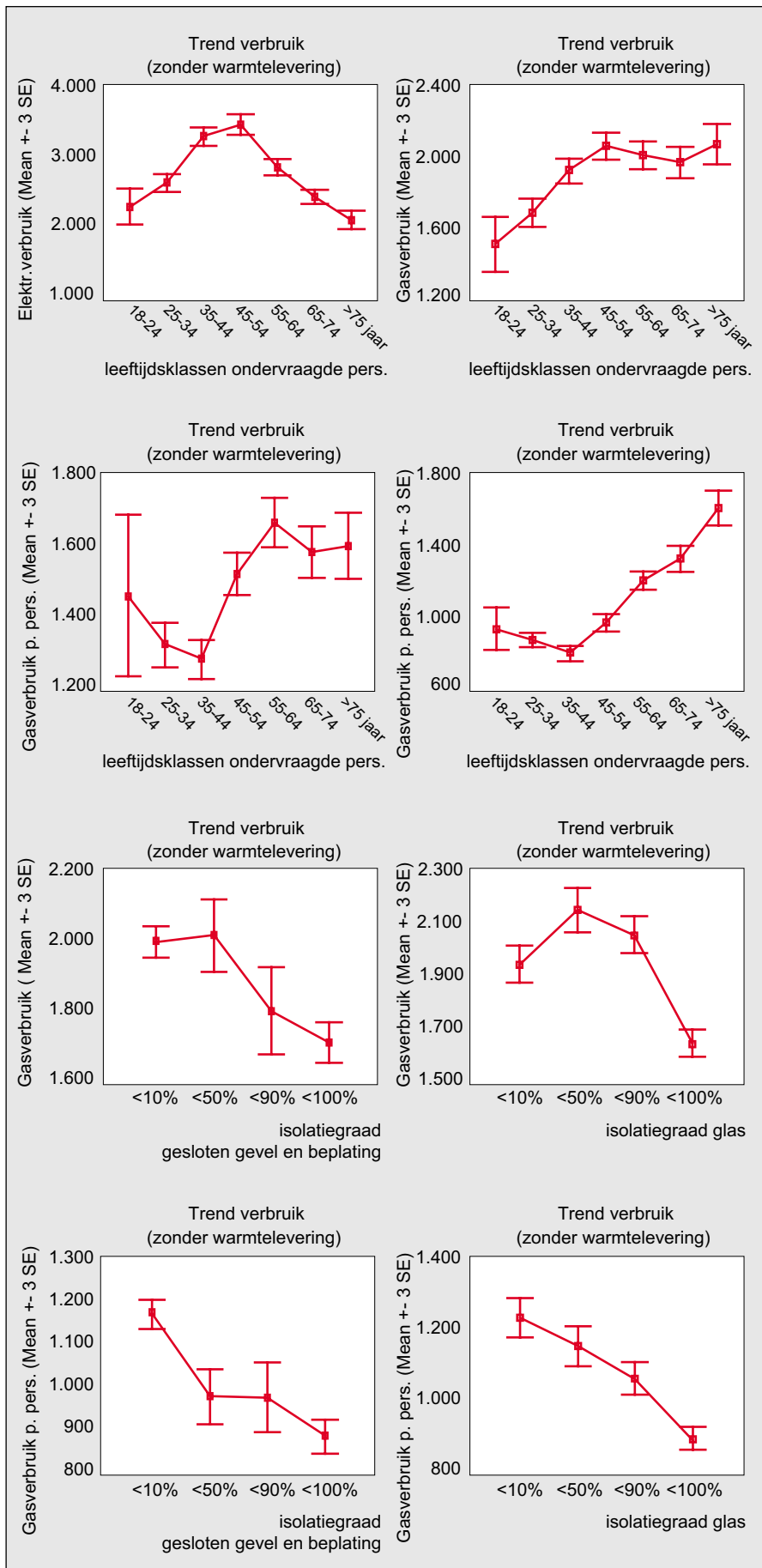
Tabel 40 Regressiecoëfficiënten (niet-gestandaardiseerd; met correctie voor covarianten) voor het hele bestand van gevallen zonder warmtelevering, voor zover significant. De regressie is bepaald zowel voor de totale verbruiken als voor de verbruiken per persoon (de gegevens zijn niet gewogen, de coëfficiënten zijn dus niet nationaal representatief)

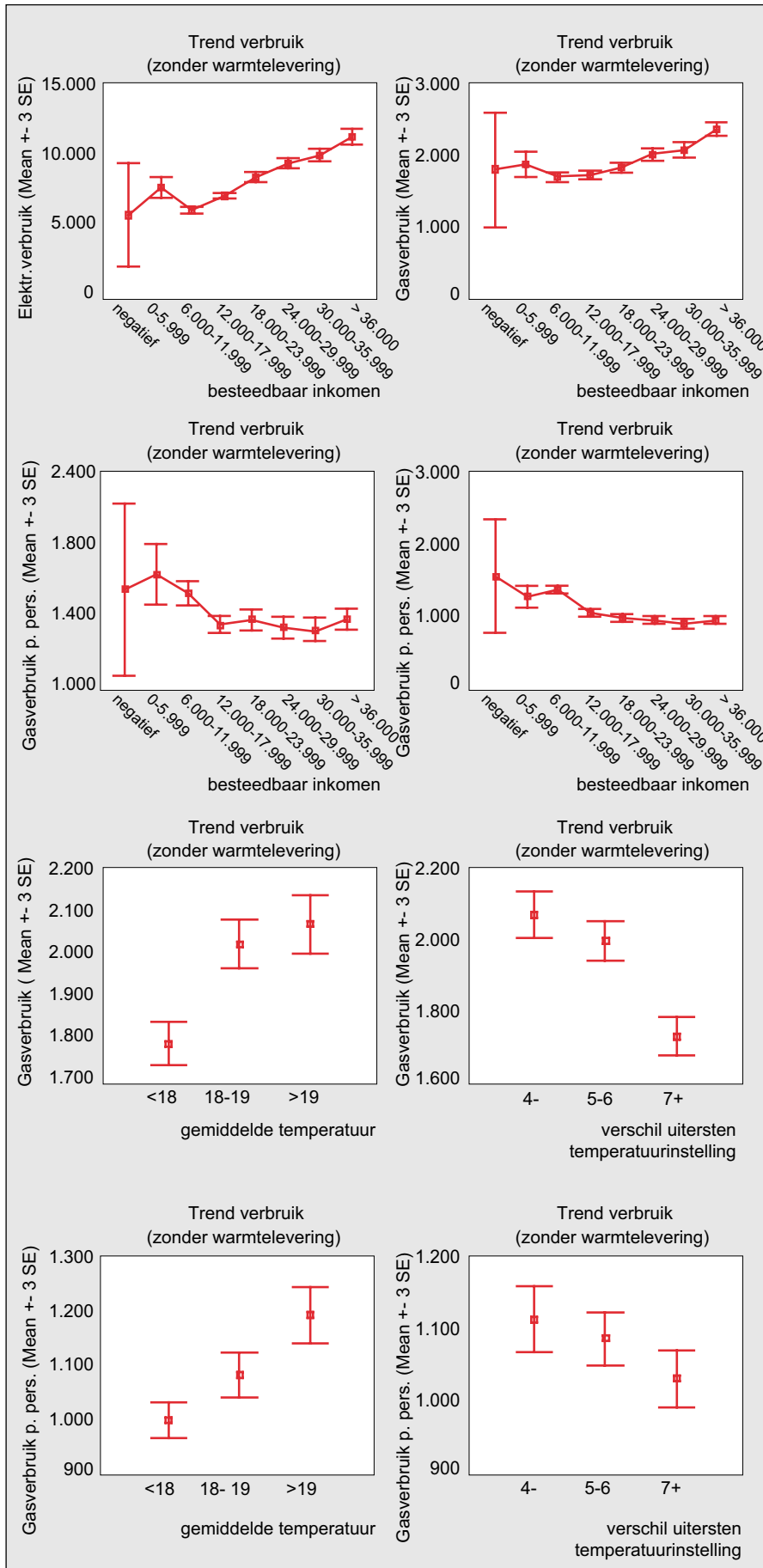
	Elektriciteitsverbruik KWh/jaar	Gasverbruik m ³ /jaar	Elektriciteitsverbruik per persoon KWh/jaar/persoon	Gasverbruik per persoon m ³ /jaar/persoon
Totale oppervlakte (vierkante meter)	+12	+11	+6	+6
Aantal personen (persoon)	+487	+91	-356	-342
Leeftijd (jaar)	-2	+7	-2	+14
Isolatie gevel (procent)	0,4	-3	0	-1,7
Isolatie glas (procent)	0,7	-2	+0,4	-1,6
T gemiddeld (graad)	+73	+85	+36	+51
DT (graad)	(niet significant)	-19	-7	-14

Voor de relatie tussen inkomen en verbruik - voor het hele bestand - zijn de coëfficiënten niet significant. Uit de figuren op de volgende vier bladzijden blijkt dat de trend voor tussen inkomen en verbruik, die voor de totale verbruiken wel degelijk bestaat, niet te zien is voor de verbruiken per persoon. Zowel het elektriciteits- als gasverbruik per persoon is onafhankelijk van het inkomen, in ieder geval voor de inkomens boven 12.000 euro/jaar.

De afhankelijkheid van het gebruiksoppervlak is iets minder groot, maar nog steeds duidelijk, voor de verbruiken per persoon. De trends met isolatiegraad glas en gemiddelde stooktemperatuur worden zelfs duidelijker. Het verband tussen leeftijd en verbruik per persoon verandert sterk. Als hierbij echter weer in aanmerking wordt genomen dat ook het verbruik per persoon nog afhangt van de gezinssamenstelling (zie Figuur 31 en Figuur 32 eerder).







A.8.1 Niet-continue variabelen

In de analyse in de vorige paragrafen zijn alleen continue variabelen meegenomen, omdat strikt genomen alleen deze variabelen zinvolle regressiemodellen opleveren. Er is echter nog een aantal variabelen dat van belang zou kunnen zijn. Enkele hiervan kunnen wel “gecontinueerd” worden, anderen zijn “ja/nee” vragen en kunnen als binaire variabelen meegenomen worden. Naast de verklarende variabelen uit A.5.2 beschouwen we hier de invloed van:

- grootte van de gemeente (gehercodeerd, zie A.12);
- aanwezigheid overdag (gehercodeerd, zie A.12);
- verwarming : binair (cv of lokaal);
- zonnecollector: binair (ja of nee);
- allochtoon: binair (ja of nee);
- open keuken: binair (ja of nee);
- beheervorm: binair (huur of koop);
- aanwezigheid mechanische ventilatie: binair (ja of nee);
- aantal ruimtes verwarmd: binair (één of meer).

Omdat al is gebleken dat de verbanden tussen verbruiken en verklarende variabelen niet veel verschillen tussen woning- en huishoudenklassen⁴¹, wordt hier de analyse op het hele bestand KWR_zonder_gasOK gemaakt. Hierin worden de huishoudenklassen gedeeltelijk gerepresenteerd door het aantal personen en leeftijd en de woningklassen door bouwjaar en gebruiksoppervlak (zie Figuur 33).

De resultaten van de factoranalyse staan in Tabel 41. In de componenten 1,2 en 3 zien we de componenten terug die ook eerder werden gevonden (zie Tabel 29 en Tabel 37), met in component 2 als extra grootheden het al dan niet hebben van een open keuken en/of mechanisch ventilatiesysteem. Deze grootheden passen goed bij de isolatiegraden; alle vier hangen samen met moderne technische staat van de woning en dus ook bouwjaar. In component 1 is een extra grootheid de beheervorm.

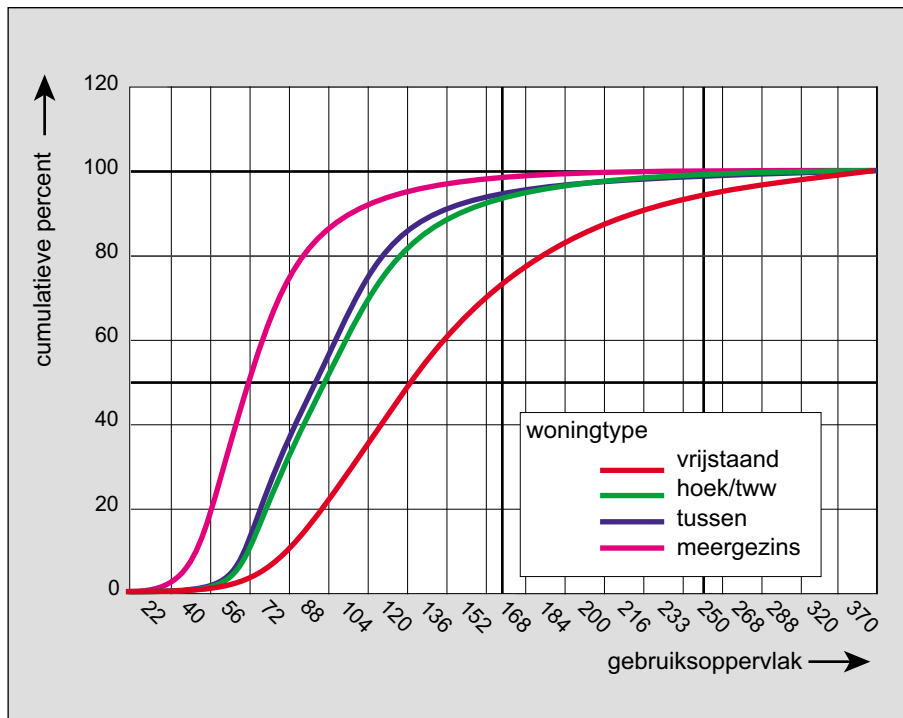
De extra componenten wijzen op de invloed van type en hoeveelheid verwarming (nr. 4) en sociale factoren naast gezinssamenstelling (nr. 5). Hoofdcomponent 6 heeft geen éénduidige betekenis.

Tabel 41 Factoren met grootste aandeel in de geroteerde hoofdcomponenten voor het hele bestand (manifeste variabelen gas-, elektriciteitsverbruik, gemiddelde stooktemperatuur en DT). Zie A.5.2 voor uitleg van factoranalyse

Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5	Comp 6
Gebuuksopp., opp. woonkamer, hoogte woonkamer, inkomen, beheervorm	Isolatie gevel, isolatie glas, bouwjaar, open keuken, mechanisch ventilatiesysteem (hoogte woonkamer)	Leeftijd, aantal personen (inkomen)	CV/lokaal, Aantal ruimtes verwarmd	Gemeentegrootte Allochtoon / autochtoon (bouwjaar)	Aanwezigheid overdag Zonnecollector

⁴¹ De enige relatie die per woningtype verschilt is die tussen gasverbruik en isolatiegraad.

Figuur 33 De verdeling van gebruiksoppervlakte voor de verschillende woningtypes. Voor meergezinswoningen is de maximale oppervlakte ongeveer 180 m², terwijl van de vrijstaande woningen nog 20% daarboven ligt



In Tabel 42 tot en met Tabel 45 worden de resultaten van de regressieanalyse gegeven voor het hele bestand, zonder en met de extra verklarende variabelen.

Voor het gasverbruik heeft alleen "aanwezigheid zonnecollector" geen significant effect. De belangrijkste extra factor is gemeentegrootte. Het verband tussen gemiddelde stooktemperatuur en gasverbruik blijft onveranderd met toevoeging van de extra variabelen, maar het verband tussen DT en gasverbruik wordt veel minder sterk en is ook niet langer significant.

Voor het elektriciteitsverbruik zijn voor meerdere van de extra variabelen de correlaties niet significant. Het verschil tussen allochtone en autochtone gezinnen (zie ook Figuur 34) is de belangrijkste extra factor, samen met het aantal ruimtes dat verwarmd wordt. Van de oorspronkelijke afhankelijke variabelen wordt alleen voor "leeftijd" het verband sterker én meer significant bij toevoeging van de extra variabelen. Dit is opmerkelijk; de correctie voor "aanwezigheid overdag" lijkt de factor te zijn die dit het meest beïnvloedt.

Tabel 42 Regressiemodel voor het hele bestand (zonder warmtelevering) voor gasverbruik, met standaard verklarende variabelen. B is de coëfficiënt, beta de gestandaardiseerde coëfficiënt. R^2 is 0,37

	B	beta	significantie
Constate	-1.295,677		0,000
Gemiddelde stooktemperatuur	85,429	0,116	0,000
Verschil maximum en minimum temperatuur (DT)	-18,645	-0,049	0,000
Gebruiksoppervlakte (GBO) totaal in m ²	11,162	0,463	0,000
Oppervlakte woonkamer in m ²	4,763	0,046	0,000
Hoogte woonkamer in cm	1,435	0,032	0,000
Isolatiegraad gesloten gevel totaal en beplating totaal in %	-2,923	-0,115	0,000
Isolatiegraad glas totaal in %	-2,253	-0,082	0,000
Besteedbaar inkomen (WBO-definitie) in euro's	0,003	0,048	0,000
Aantal personen in huishouden	90,662	0,101	0,000
Leeftijd ondervraagde persoon	6,568	0,102	0,000
Bouwjaar woning definitief	-0,127	-0,009	0,262

Tabel 43 Regressiemodel voor het hele bestand (zonder warmtelevering) voor gasverbruik, inclusief extra verklarende variabelen. B is de coëfficiënt, beta de gestandaardiseerde coëfficiënt. R^2 is 0,42

	B	beta	significantie
Constate	-265,766		0,398
Gemiddelde stooktemperatuur	82,768	0,110	0,000
Verschil maximum en minimum temperatuur (DT)	0,709	0,002	0,846
Gebruiksoppervlakte (GBO) totaal in m ²	10,445	0,430	0,000
Oppervlakte woonkamer in m ²	5,021	0,049	0,000
Hoogte woonkamer in cm	1,692	0,038	0,000
Isolatiegraad gesloten gevel totaal en beplating totaal in %	-2,882	-0,114	0,000
Isolatiegraad glas totaal in %	-2,602	-0,093	0,000
Besteedbaar inkomen (WBO-definitie) in euro's	0,004	0,054	0,000
Aantal personen in huishouden	57,662	0,065	0,000
Leeftijd ondervraagde persoon	4,587	0,071	0,000
Bouwjaar woning definitief	-0,295	-0,020	0,019
Semi continu			
Aanwezigheid overdag in procent	1,326	0,051	0,000
Grootte gemeente in duizend inwoners	-0,493	-0,119	0,000
Binair			
Aantal ruimtes verwarmd	-240,753	-0,108	0,000
Verwarming (CV/lokaal)	-197,778	-0,074	0,000
Beheervorm (huur/koop)	47,626	0,022	0,024
Aanwezigheid mechanisch ventilatiesysteem in woning	81,253	0,033	0,000
Open of gesloten keuken	-125,495	-0,054	0,000
Autochtoon of allochtoon obv nationaliteit en geboorteland ouders (Rigo)	73,254	0,017	0,048
Aanwezigheid zonnecollector	30,053	0,002	0,841

Tabel 44 Als Tabel 42, voor elektriciteitsverbruik. R^2 is 0,35

	B	beta	significantie
Constante	-402,768		0,382
Gemiddelde stooktemperatuur	72,516	0,062	0,000
Verschil maximum en minimum temperatuur (DT)	-6,007	-0,010	0,265
Gebruiksoppervlakte (GBO) totaal in m ²	11,754	0,301	0,000
Oppervlakte woonkamer in m ²	8,839	0,053	0,000
Hoogte woonkamer in cm	-2,362	-0,033	0,000
Isolatiegraad gesloten gevel totaal en beplating totaal in %	0,350	0,009	0,372
Isolatiegraad glas totaal in %	0,675	0,016	0,104
Besteedbaar inkomen (WBO-definitie) in euro's	0,009	0,083	0,000
Aantal personen in huishouden	487,332	0,343	0,000
Leeftijd ondervraagde persoon	-1,693	-0,017	0,081
Bouwjaar woning definitief	-0,015	-0,001	0,933

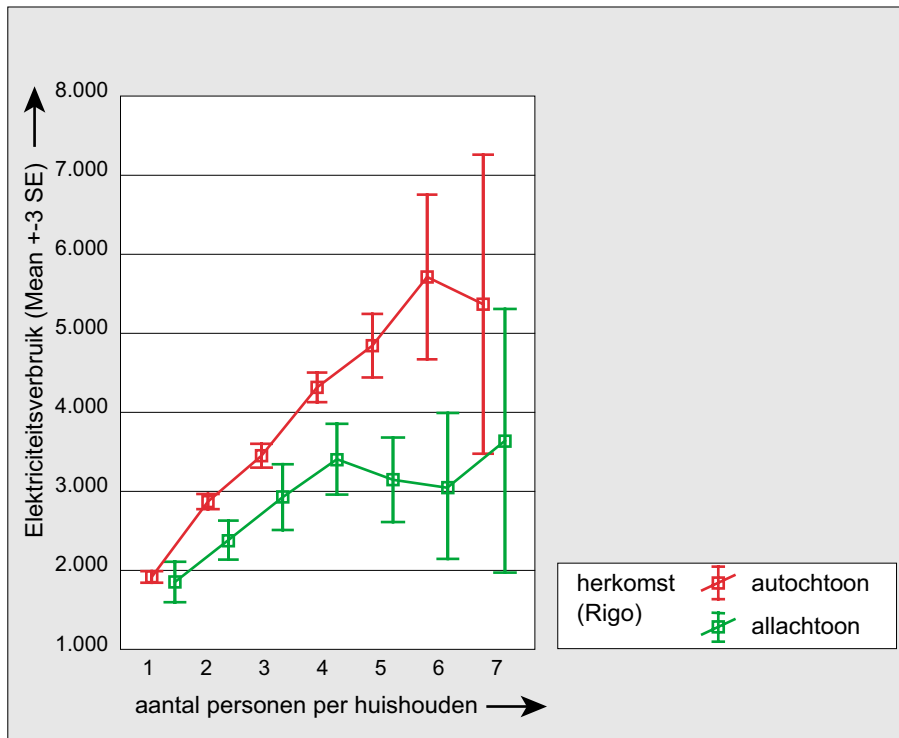
Tabel 45 Als Tabel 43, voor elektriciteitsverbruik. R^2 is 0,35

	B	beta	significantie
Constante	251,644		0,639
Gemiddelde stooktemperatuur	75,772	0,063	0,000
Verschil maximum en minimum temperatuur (DT)	3,215	0,005	0,608
Gebruiksoppervlakte (GBO) totaal in m ²	10,921	0,277	0,000
Oppervlakte woonkamer in m ²	6,585	0,039	0,001
Hoogte woonkamer in cm	-2,306	-0,032	0,001
Isolatiegraad gesloten gevel totaal en beplating totaal in %	-0,184	-0,005	0,674
Isolatiegraad glas totaal in %	0,423	0,010	0,356
Besteedbaar inkomen (WBO-definitie) in euro's	0,008	0,077	0,000
Aantal personen in huishouden	471,645	0,332	0,000
Leeftijd ondervraagde persoon	-3,019	-0,029	0,009
Bouwjaar woning definitief	-0,157	-0,007	0,457
Semi continu			
Aanwezigheid overdag in procent	0,931	0,022	0,030
Grootte gemeente in duizend inwoners	-0,211	-0,032	0,001
Binair			
Aantal ruimtes verwarmd	-180,064	-0,051	0,000
Verwarming (CV/lokaal)	-14,030	-0,003	0,757
Beheervorm (huur/koop)	134,516	0,039	0,000
Aanwezigheid mechanisch ventilatie-systeem in woning	-107,196	-0,027	0,006
Open of gesloten keuken	67,737	0,018	0,066
Autochtoon of allochtoon obv nationaliteit en geboorteland ouders (Rigo)	-355,594	-0,052	0,000
Aanwezigheid zonnecollector	273,803	0,009	0,292

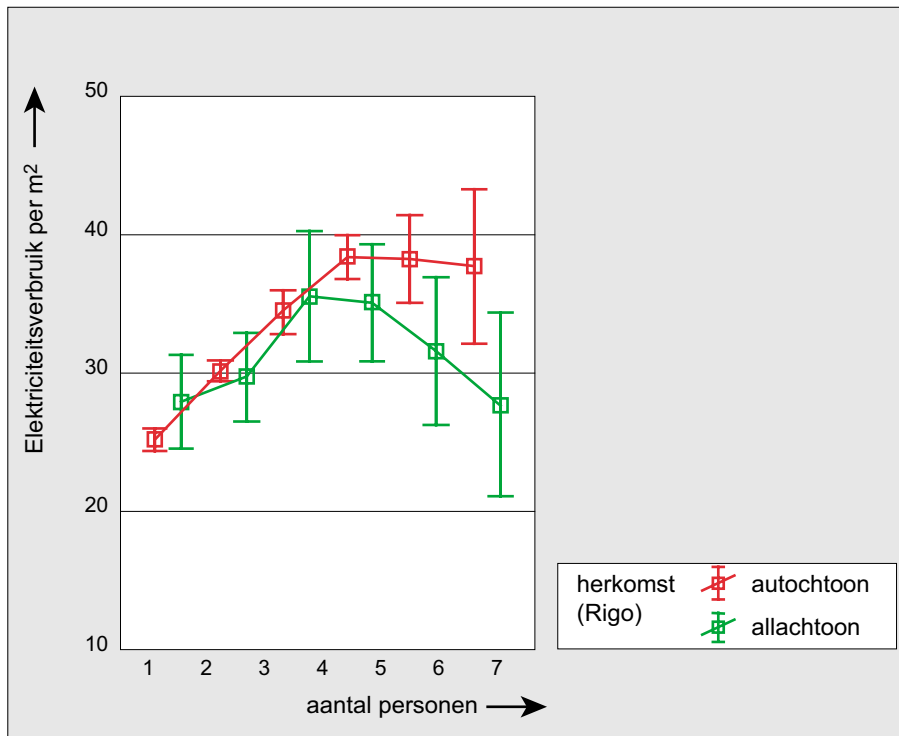
Het regressiemodel voor elektriciteitsverbruik verandert nauwelijks bij toevoeging van de extra variabelen.



Figuur 34 De hoogte van - met name - het elektriciteitsverbruik is enigszins afhankelijk van de herkomst van het gezin. Dit is voornamelijk het gevolg van een gemiddeld kleiner huis (oppervlakte) voor allochtone gezinnen, bij gelijk aantal personen en inkomensklasse



Figuur 35 Het elektriciteitsverbruik per eenheid oppervlakte is vrijwel niet afhankelijk van herkomst. Ook per inkomensklasse is het gemiddeld verbruik per m² voor allochtonen en autochtonen exact hetzelfde



A.8.2 Conclusies systematische analyse

Elektriciteit

Het elektriciteitsverbruik is vooral afhankelijk van het huishouden (aantal personen) en in tweede instantie van het gebruiksoppervlak. Lager elektriciteitsverbruik is waarschijnlijk ook een teken van bewust zuinig gedrag.

Gas

Gasverbruik wordt voornamelijk bepaald door de woning (het totale gebruiksoppervlak). Daarna hebben isolatiegraad en gedrag (gemiddelde stooktemperatuur) ongeveer even sterke invloed. Lager gasverbruik is geen teken van bewust zuinig gedrag, maar eerder van "indirect" zuinig gedrag. Hierbij kan gedacht worden aan zaken als aanwezigheid en "kouwelijkheid"; de hoogste temperaturen en aanwezigheidspercentages zijn te vinden bij de ouderen (65+). Dit heeft (uiteraard) invloed op het gasverbruik.

Gebruiksoppervlakte

De afmeting van de woning is de cruciale factor in de hoogte van de verbruiken. Deze grootte is ook de onderliggende verklaring van de lagere verbruiken (per huishouden) voor allochtone gezinnen. Ook de verbruiken per persoon hangen van het gebruiksoppervlak af, hoewel relatief minder sterk.

Aantal personen

Het aantal personen heeft vooral grote invloed op het elektriciteitsverbruik. Bij correctie voor het aantal personen, vallen enkele relaties weg. Onder andere de relatie tussen verbruiken en inkomen blijkt geheel veroorzaakt door een gelijktijdige relatie tussen het aantal personen en inkomen. Ook de relatie tussen verbruik en oppervlakte wordt (gedeeltelijk) veroorzaakt door de relatie tussen aantal personen en oppervlakte. Kennelijk zijn de grootste gezinnen te vinden in de rijkere gezinnen met grotere huizen.

Leeftijd

De leeftijd (van de ondervraagde persoon, als indicator van de leeftijd van de "aanvoerders" van het huishouden) vertoont sterke correlatie met het gasverbruik. Ook gasverbruik per persoon correleert met leeftijd.

Isolatie

De invloed van isolatie blijkt zeer goed te "meten" aan de hand van de gegevens in het KWR bestand. Zowel de isolatiegraad "gesloten gevel en beplating totaal" en "glas totaal" zijn gebruikt en vrijwel altijd een significante factor in het gasverbruik. Voor het gasverbruik per persoon is de invloed van isolatie nog duidelijker.

Gedrag

De enige gedragfactor die significante invloed heeft op het (gas)verbruik is de gemiddelde stooktemperatuur. Deze grootte is wel sterk gekoppeld aan leeftijd. De invloed op het gasverbruik is minder dan 5% per graad. Voor het gasverbruik per persoon is een vrijwel lineaire trend met gemiddelde stooktemperatuur te zien. Een zuinige "instelling", die men zou kunnen afleiden uit een groot verschil tussen maximum en minimum stooktemperatuur (DT), heeft geen invloed op verbruik. Ventilatie heeft geen invloed op verbruik. Wel is er een duidelijke relatie met isolatiegraad, waarbij in de beter geïsoleerde woningen meer behoefte aan ventilatie lijkt te zijn.



A.9 Hypotheses

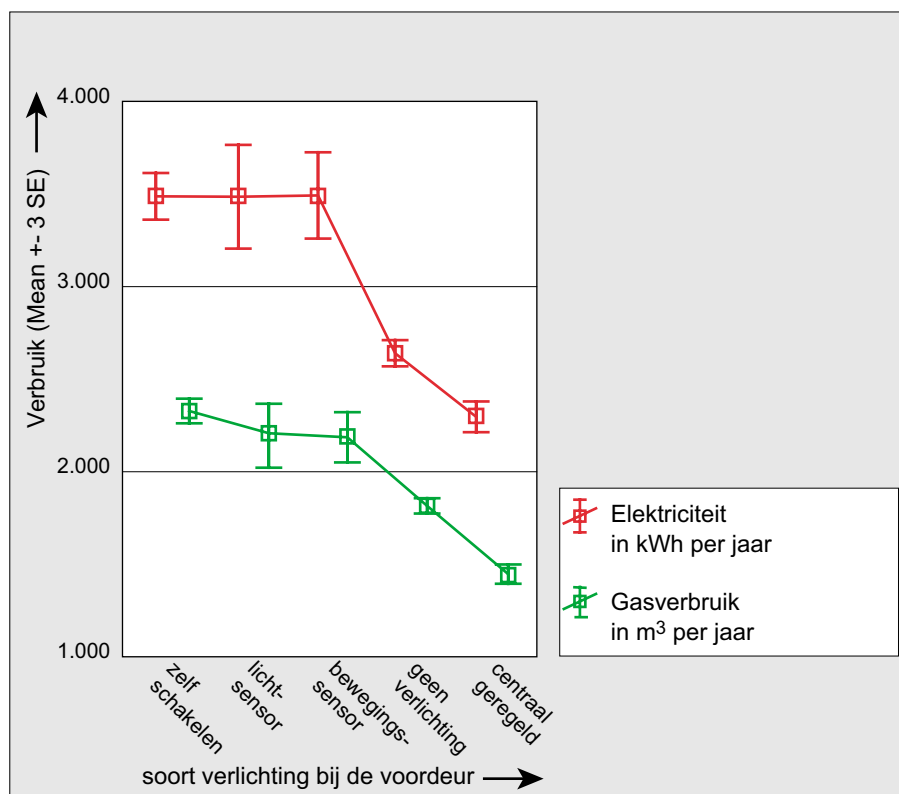
A.9.1 Hypothese 1: buitenverlichting

- *Het (buiten)verlichtingsgedrag heeft geen directe invloed op het verbruik, maar correleert met andere gedragskenmerken.*

Deze hypothese is gebaseerd op het idee, dat het gebruik van buitenverlichting als zodanig slechts een kleine energievraag met zich meebrengt, maar dat het een indicator is voor een bepaalde gedragsgroep.

Zoals al besproken in A.3.3 zijn er niet genoeg gegevens voorhanden om conclusies te trekken omtrent algemeen verlichtingsgedrag. In Figuur 36 is te zien dat er een trend is tussen elektriciteitsverbruik en type voordeurverlichting⁴². De trend is echter exact hetzelfde voor het gasverbruik. Dit is een eerste aanwijzing dat de buitenverlichting een indicator is voor, en geen oorzaak van, het verbruik.

Figuur 36 Gas- en elektriciteitsverbruik voor verschillende types verlichting bij de voordeur. De trend voor de beide gebruiken komt ook terug in het gebruiksoppervlak. Zoals eerder gezien, is het oppervlak een belangrijke factor in de verbruiken van gas en elektriciteit in een woning. Kennelijk is er een sterk verband tussen de grootte van de woning en het type buitenverlichting dat wordt gebruikt



⁴² Gevallen zonder warmtelevering en met bekend gasverbruik.

Tabel 46 Correlatie tussen buitenverlichting en elektriciteitsverbruik (de kwantitatieve verbanden kunnen niet als zodanig worden opgevat, omdat de variabele voor de buitenverlichting nominaal is)

	Bivariaat	Partieel (correctie voor gas verbruik)	Partieel (correctie voor aantal personen, isolatie, oppervlakte)
Correlatie coëfficiënt	-0,27	-0,15	-0,10
R2 voor regressie			0,35
Regressiecoëfficiënt			-0,09
Aantal personen			0,37
Isolatie			0,03
Oppervlakte			0,31

Zoals in Tabel 46 is te zien, valt het verband tussen buitenverlichting en elektriciteitsverbruik grotendeels weg als gecorrigeerd wordt voor de gebruikelijke factoren als aantal personen en gebruiksoppervlakte (zie ook A.5.3 en A.7.3).

Dit is een sterke indicatie van de mogelijkheid dat er een correlatie bestaat tussen het buitenverlichting- en ander elektriciteitsverbruikend gedrag. Dit zou kunnen worden opgevat als een teken dat het "gevoel van veiligheid" dat wordt geacht bij buitenverlichting een rol te spelen niet los staat van andere gedragfactoren. Om echter aan te kunnen tonen dat het gebruik van buitenverlichting inderdaad niet (significant) bijdraagt aan de hoogte van het elektriciteitsverbruik zijn meer gegevens nodig over verder gebruik van elektrische apparaten en voorzieningen.

A.9.2 Hypothese 2: huur in/exclusief

- *In huurwoningen is het verwarmgedrag anders, als de huur inclusief energiekosten is, dan als deze direct door de huurder betaald worden.*
Door de huur inclusief te maken, worden kosten en energiegebruik ontkoppeld, waardoor eventuele besparingsprikkel niet meer werken. Dit zou tot gevolg hebben dat het energiegebruik groter wordt.

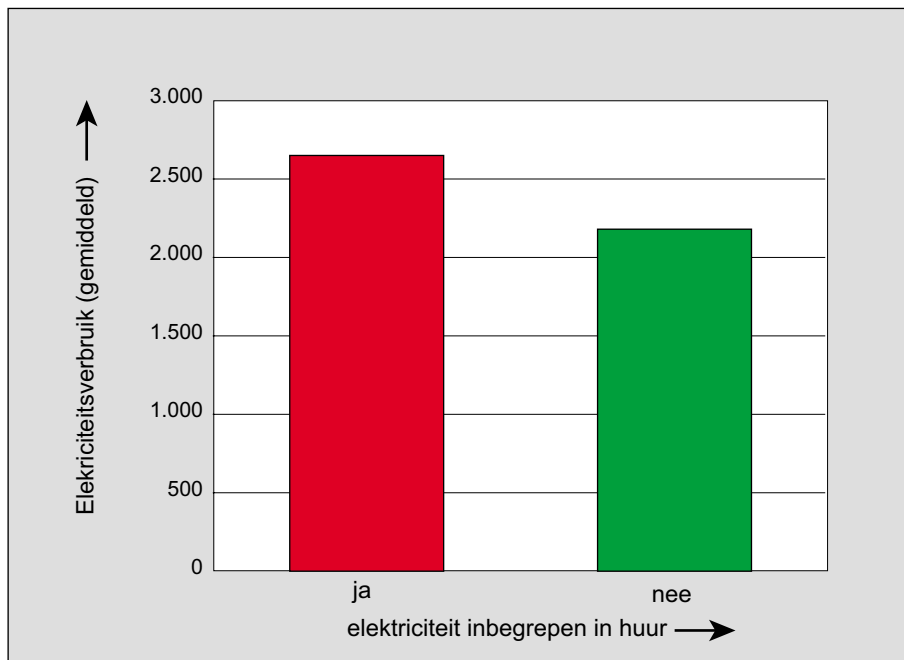
Er zijn 350 gevallen zonder warmtelevering met gas- en/of elektriciteitskosten inbegrepen in de huur, en zo'n 500 gevallen met warmtelevering. Van die laatste groep valt vrijwel 100% in de categorie meergezinswoningen en 80% in de bouwjaarklasse 1960-1980. Van de 350 gevallen zonder warmtelevering valt het merendeel (75%) in de bouwjaarclassen vóór 1959.

Tabel 47 Woningklassen voor gevallen met elektriciteit inbegrepen in huur

	< 1931	1931 - 1959	1960 - 1980	1981 - 1994	> 1994	
vrijstaand	12	5	2	0	0	19
hoek/twee	6	4	3	1	0	14
tussen	24	8	11	1	0	44
meergezins	48	50	13	5	3	119
	90	67	29	7	3	196



Figuur 37 Elektricitetsverbruik in meergezinswoningen van voor 1959



In Figuur 37 is gekeken naar het elektriciteitsverbruik voor gevallen die wél (91 gevallen) en niet elektriciteit in de huur inbegrepen hebben (2.100). Het gemiddeld verbruik is hoger voor gevallen die elektriciteit in de huur inbegrepen hebben. De KS test geeft een (tweezijdige) kans van minder dan 0,033 voor de nulhypothese (dat de verdeling van verbruiken voor gevallen⁴³ die wél en niet elektriciteit in de huur inbegrepen hebben hetzelfde is). Dit betekent dat deze nulhypothese verworpen kan worden. Voor alle gevallen tezamen is deze kans zelfs kleiner dan 0,001.

Tabel 48 Woningklassen voor gevallen met gaskosten inbegrepen in huur

	< 1931	1931 - 1959	1960 - 1980	1981 - 1994	> 1994	
vrijstaand	12	4	3	0	0	19
hoek/twee	13	16	5	1	1	36
tussen	39	17	17	2	0	75
meergezins	71	72	26	14	4	187
	135	109	51	17	5	317

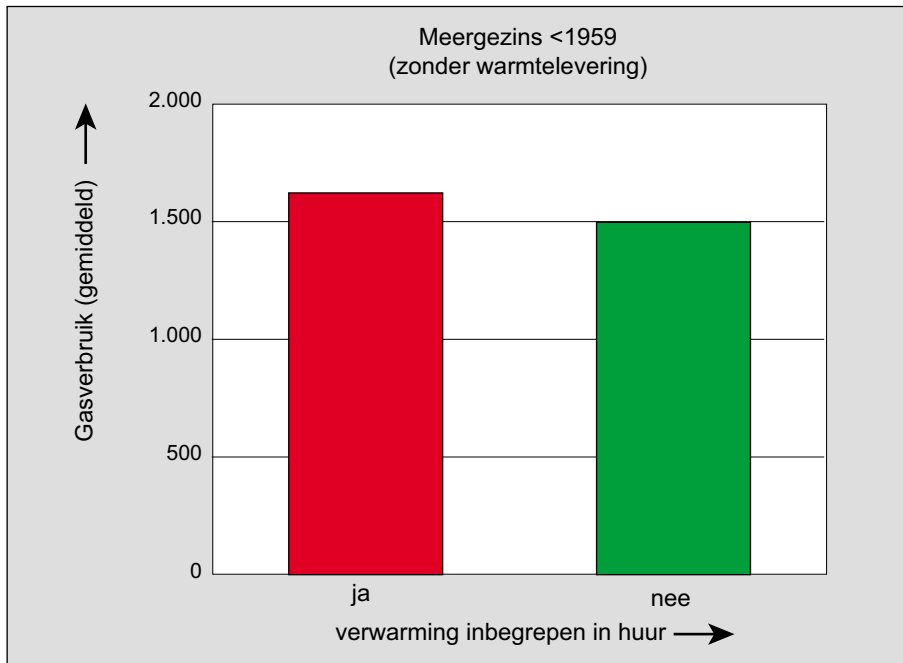
Gevallen met warmtelevering: vrijwel volledig in meergezinswoningen van 1960-1980. Verschil "effectief gasverbruik " voor dit type huurwoningen tussen in/exclusief is significant (0,004 KS). Het gaat om 100 m³ van 890 m³, ongeveer 11%.

Voor verwarming inbegrepen in de huur geldt min of meer hetzelfde. In onderstaande figuur is te zien dat ook hiervoor het verbruik hoger ligt, als de kosten inbegrepen zijn in de huur. De KS-test geeft geen significant verschil aan tussen de twee categorieën als alleen naar de meergezinswoningen van voor 1959 wordt gekeken (kans dat verdelingen gelijk zijn 0,225). Voor de

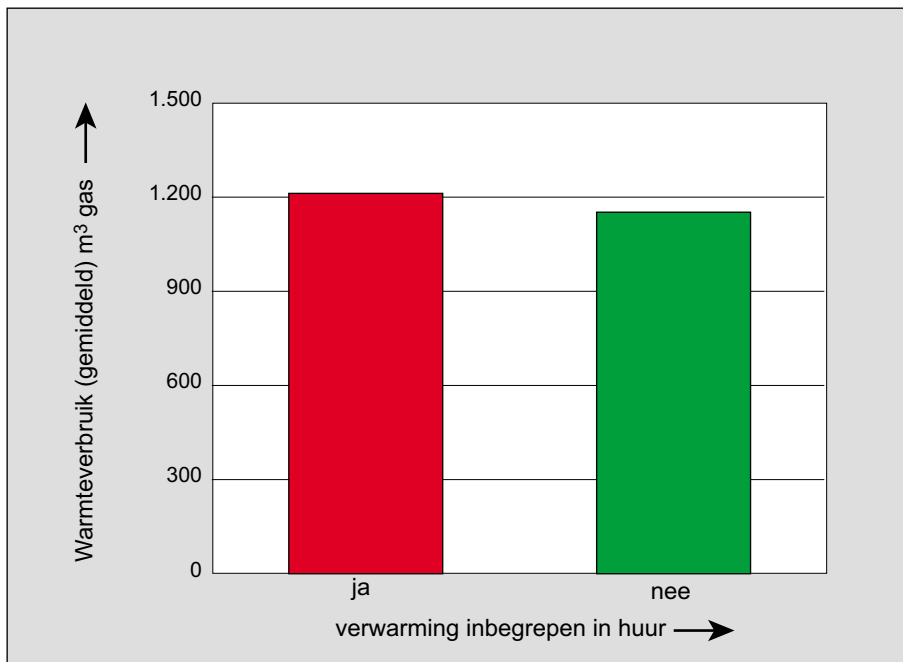
⁴³ Het gaat hier om meergezins-huurwoningen van voor 1959 zonder warmtelevering met bekend gasverbruik.

hele groep van gevallen met huur inclusief is de verdeling van gasverbruiken wel significant anders dan voor gevallen met huur "exclusief" (kans kleiner dan 0,005 dat ze gelijk zijn).

Figuur 38 Gemiddeld gasverbruik voor meergezinswoningen van voor 1959 met verwarming wel en niet inbegrepen in de huur



Figuur 39 Gemiddeld warmteverbruik (in m³ gas equivalenten) voor meergezinswoningen van 1960-1980, met warmtelevering



Er is dus een significant verschil in gas-, elektriciteit- en warmteverbruik tussen huurwoningen mét en zonder het verbruik in de huur inbegrepen. Voor de laatste gevallen zijn de verbruiken lager. De stelling dat in het eerste geval geen prikkel voor besparing wordt gegeven wordt hierdoor dus onderbouwd.

De verklaring achter de correlatie voor verwarming wordt niet gegeven door:

- inkomen, aantal personen, grootte gemeente;
- type cv-ketel, isolatiegraad, gebruiksoppervlakte.

Er is wel een verschil, hoewel niet significant, in gemiddelde stooktemperatuur tussen gevallen met huur in- en exclusief verwarming. Voor de meergezinswoningen van vóór 1959 is het verschil tussen de twee groepen 0,2 graad. Dat hierdoor het hele verschil van 120 m³ wordt verklaard is onwaarschijnlijk. Voor het elektriciteitsverbruik is evenmin precies vast te stellen waar het verschil van ruim 400 kWh door wordt veroorzaakt. Hier is wel een duidelijk verschil in leeftijd: de groep met huur inclusief elektriciteitskosten is gemiddeld bijna 10 jaar jonger. Zoals al eerder uit correlaties naar voren kwam, hebben ouderen een zuiniger gedrag dat zich uit in lager elektriciteitsverbruik.

De hypothese kan niet bewezen worden. De verbruiken verschillen significant, maar er is geen voldoende verklarend verschil in gedrag gevonden. Een deel van het gasverbruik is gevolg van hogere temperatuur, een deel van het verschil in elektriciteitsverbruik komt deels voor rekening van leeftijdsverschillen.

A.9.3 Hypothese 3: grootte woonkamer

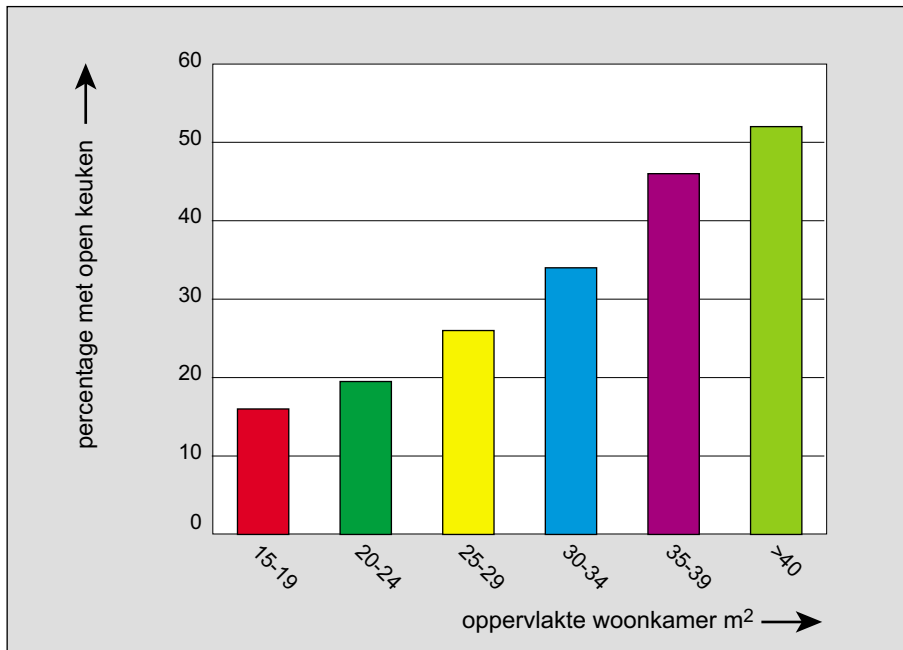
- *De grootte van de woonkamer correleert sterk met het energieverbruik voor verwarming, ook als er geen correlatie is met verwarmgedrag.*
Energieverbruik voor verwarming is niet alleen afhankelijk van de temperatuur die gehandhaafd wordt maar ook van het aantal ruimtes waarin dit gebeurt en de grootte van deze ruimtes. Het idee is dat vooral de grootte van de woonkamer hierin een rol speelt.

Deze hypothese is al afdoend bewezen door de resultaten van de systematische analyse. De oppervlakte en de hoogte van de woonkamer komen altijd als significante factor uit de regressieanalyse, waarbij ook de gemiddelde temperatuur (verwarmgedrag) wordt meegenomen.

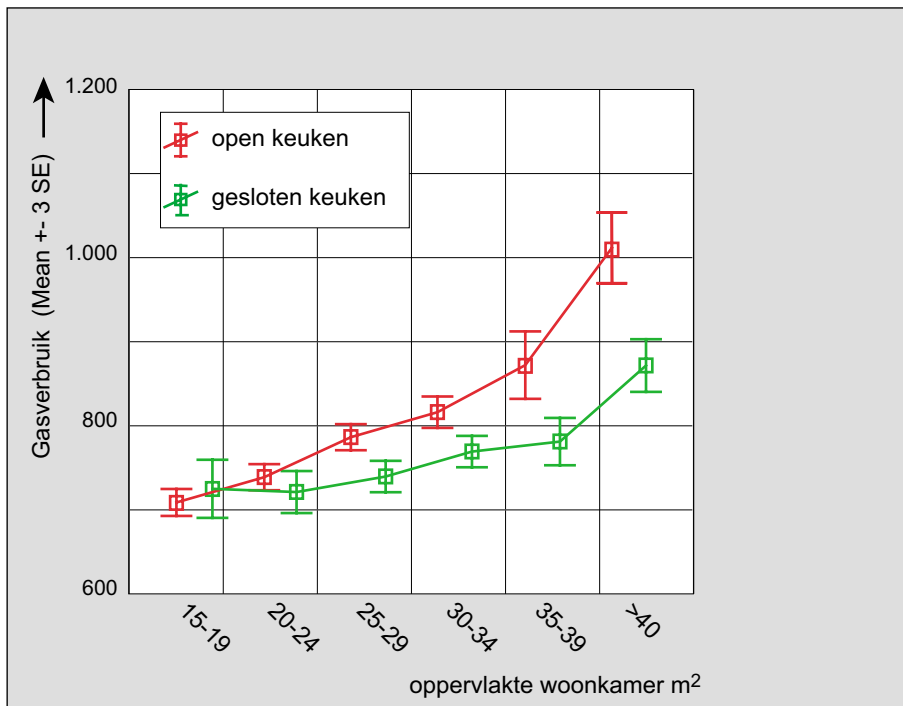
Interessant is dat het open of gesloten zijn van de keuken invloed heeft op de relatie gasverbruik - oppervlakte woonkamer. Het percentage open keukens is groter voor grotere woonkamers (Figuur 40). Een open keuken lijkt echter een verlagend effect te hebben op het gasverbruik (Figuur 41). Door dit mee te nemen is dus het verband tussen gasverbruik en oppervlakte van de woonkamer nog sterker.

De hypothese is waar.

Figuur 40 Grotere woonkamers hebben vaker een open keuken dan die met kleinere oppervlakte



Figuur 41 Het gasverbruik is gemiddeld lager voor woonkamers met een open keuken, voor dezelfde oppervlakte van de woonkamer

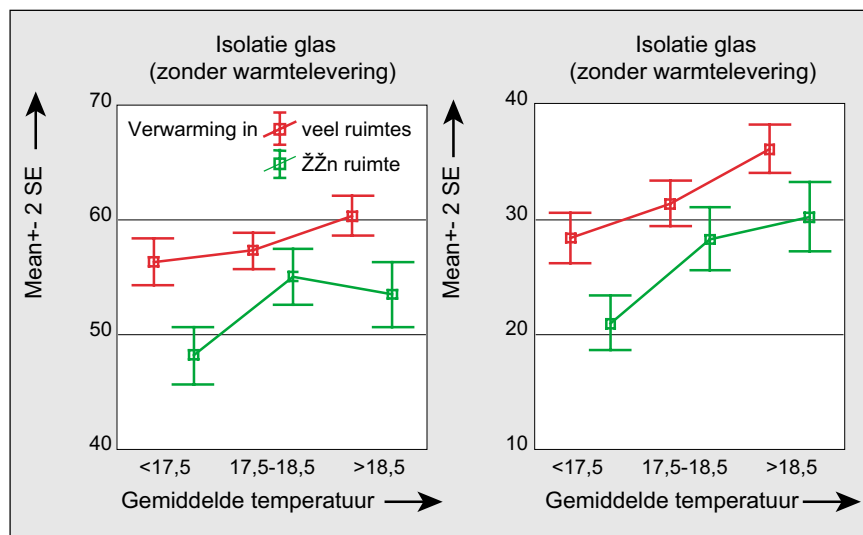


A.9.4 Hypothese 4: rebound isolatie

- *Het stookgedrag in geïsoleerde woningen is minder zuinig dan in niet-geïsoleerde woningen.*

Het “rebound effect” is een bekend verschijnsel: als men zich ervan bewust is dat - in dit geval - het energiegebruik efficiënter is geworden, wordt men minder zorgvuldig in het gedrag. Anders gezegd, het gedrag wordt juist minder efficiënt. Dit bijvoorbeeld kan zich uiten in hogere temperatuurinstelling of het verwarmen van meer ruimtes.

Figuur 42 Gemiddelde isolatiegraden per stookgedraggroep



In de bovenstaande figuren is direct te zien dat er een correlatie bestaat tussen stookgedrag en isolatiegraad (percentage dubbel glas totaal respectievelijk isolatie gesloten gevel totaal). Zowel de gemiddelde stooktemperatuur als het aantal ruimtes waarin verwarmd wordt stijgt met hogere isolatiegraad (het sterkst met isolatie gesloten gevel en beplating, het rechterdeel van figuur). De correlaties zijn zwak, maar wel significant. Ook per woningtype apart geeft de KS test een significant afwijkende verdeling van stooktemperatuur voor isolatiegraad <10% en >90% (zowel gevel+beplating als glas).

De bivariate afhankelijkheid tussen stooktemperatuur en isolatiegraad (hierbij is de isolatiegraad gesloten gevel en beplating “ibggplx” gehanteerd) geeft een coëfficiënt van 0,002 graad per procent. Aangezien de meeste woningen ofwel in de klasse <10% ofwel >90% vallen, kan dit worden opgevat als een verschil in stooktemperatuur van 0,2°C tussen de niet- en totaalgeïsoleerde woningen. De partiële afhankelijkheid is half zo groot, zoals is te zien in Tabel 49, dus het daadwerkelijk verschil tussen niet- en totaalgeïsoleerde woningen zou eerder 0,1°C bedragen.

Tabel 49 Regressiemodel voor gemiddelde stooktemperatuur (hele bestand zonder warmtelevering)

	B	Beta	Sig.
(Constance)	17,182		0,000
Isolatiegraad gesloten gevel en beplating in %	0,001	0,037	0,001
Gebruiksoppervlakte in m2	-0,001	-0,027	0,046
Oppervlakte woonkamer in m2	0,000	-0,002	0,883
Hoogte woonkamer in cm	-0,002	-0,039	0,001
Isolatiegraad glas totaal in %	0,001	0,023	0,039
Besteedbaar inkomen in euro's	-3,384E-06	-0,038	0,001
Aantal personen in huishouden	0,128	0,105	0,000
Leeftijd ondervraagde persoon	0,020	0,223	0,000
Bouwjaar woning definitief	9,378E-05	0,005	0,616
Aanwezigheid overdag in procent	0,003	0,061	0,000
Groote gemeente in duizend inwoners	6,260E-05	0,011	0,272

Regressiemodellen per woningtype geven dezelfde relaties. Verreweg de belangrijkste factor in het bepalen van de gemiddelde stooktemperatuur is de leeftijd, met als tweede factor het aantal personen. Voor DT zijn de belangrijkste factoren beide isolatiegraden en inkomen als op-twee-na grootste factor. Deze genoemde factoren zijn ook voor alle woningtypes significant. Ook op het aantal ruimtes dat verwarmd wordt lijkt de isolatiegraad invloed te hebben, hoewel dit minder vaak significant is en het inkomen vaak een grotere factor is.

De isolatiegraad heeft dus een kleine, maar significante invloed op het gedrag, hoewel voornamelijk op DT.

A.9.5 Hypothese 5: isolatie geen correlatie met verbruik

Het gasverbruik in vergelijkbare woningen die wel of niet geïsoleerd zijn verschilt niet significant.

De technische maatregel zal gecompenseerd worden door gedragsveranderingen, met als netto resultaat geen verandering in energieverbruik ondanks de isolatiemaatregel.

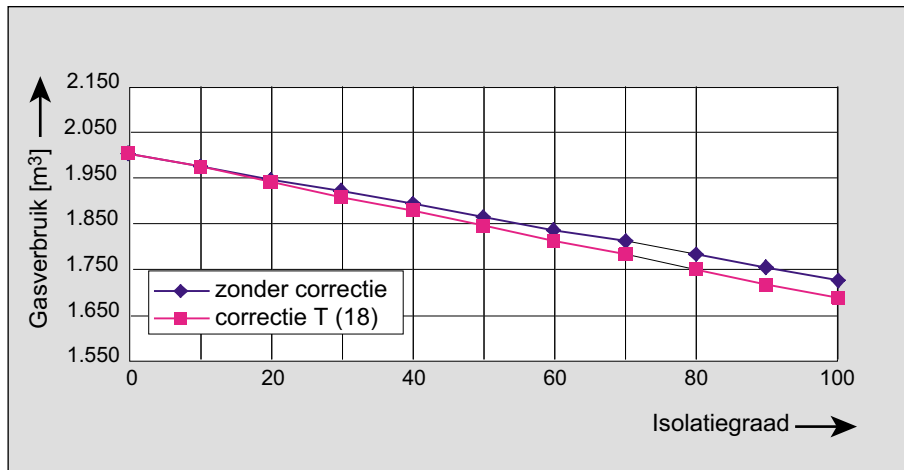
Volgens de KS test is (de verdeling van) de gasverbruiken significant anders voor isolatiegraad glas minder dan 10% dan voor isolatiegraad glas 90-100% voor alle woningtypes apart, behalve voor vrijstaande woningen. Voor de twee overeenkomstige isolatiegraden "gesloten gevel" zijn de verbruiken significant verschillend voor alle vier woningtypes.

De correlaties tussen de beide isolatiegraden en gasverbruik zijn voor alle gevallen (zonder warmtelevering en met bekende gas- en elektriciteitsverbruiken) tezamen significant met kleine, negatieve coëfficiënten. Ook de partiële coëfficiënten zijn in alle gevallen negatief en significant (zie Tabel 31 en Tabel 39).

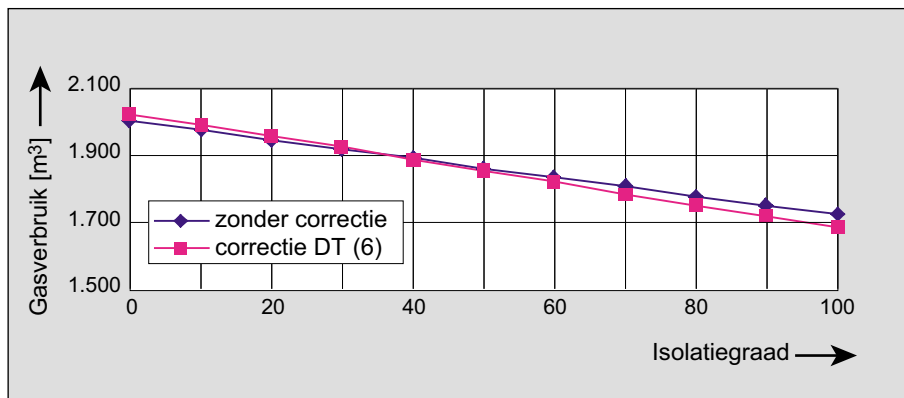
De hypothese is dus niet waar, hoewel het gasverbruik wel minder "verlaagd" is dan het zou kunnen zijn in de beter geïsoleerde woningen (zie Figuur 43 en Figuur 44). Het rebound effect is van de orde van 1 à 2% en niet van 100%.



Figuur 43 De lineaire relatie tussen gasverbruik en isolatiegraad (gesloten gevel en beplating) met en zonder correctie voor gemiddelde stooktemperatuur



Figuur 44 De lineaire relatie tussen gasverbruik en isolatiegraad (gesloten gevel en beplating) met en zonder correctie voor DT (verschil min en max. stooktemperatuur)



A.10 Case studie: warmtelevering

Zoals te zien was in Tabel 24, is het merendeel van de woningen met warmtelevering van het type “meergezinswoning 1960-1980”. Daarom is dit woningtype een geschikte groep om naar verschillen in gedrag en verbruik tussen woningen mét en zonder warmtelevering te kijken. In Tabel 50 en Tabel 51 wordt het verwarmgedrag voor de twee categorieën weergegeven. De verdelingen in stooktemperatuur zijn vrijwel exact gelijk, maar in de woningen met warmtelevering lijken minder ruimtes verwarmd te worden. Dit zou eventueel op een zuiniger gedrag wijzen.

Tabel 50 Verwarmgedrag in meergezinswoningen (1960-1980) zonder warmtelevering (met bekend gasverbruik; N=462)

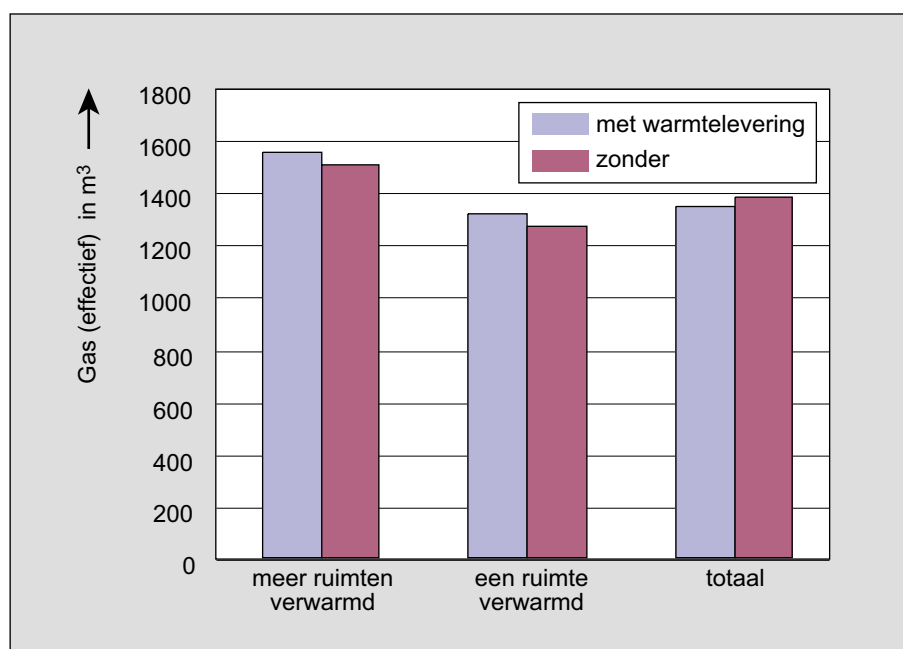
Temperatuur		Ruimtes		
		veel	één	
	<18	21,0%	20,1%	41,1%
	18-19	14,3%	11,7%	26,0%
	>19	20,3%	12,6%	32,9%
		55,6%	44,4%	100,0%

Tabel 51 Verwarmgedrag in meergezinswoningen (1960-1980) met warmtelevering (met bekend warmteverbruik; N=672)

Temperatuur		Ruimtes		
		veel	één	
	<18	9,8%	32,1%	42,0%
	18-19	6,8%	19,2%	26,0%
	>19	9,4%	22,6%	32,0%
		26,0%	74,0%	100,0%

Dit blijkt echter nauwelijks weerslag te hebben op de verbruiken, zoals is te zien in Figuur 45.

Figuur 45 Het gemiddeld gasverbruik (voor warmtelevering is dit gas- plus warmteverbruik omgerekend naar m³ gas) voor gevallen die meer ruimtes stoken, die één ruimte stoken en voor het totaal. Het verbruik ligt per categorie iets hoger voor de gevallen met warmtelevering, maar omdat minder ruimtes verwarmd worden is het totaal gemiddelde een fractie lager



Het zuiniger gedrag wordt grotendeels tenietgedaan, wellicht door lagere energie-efficiëntie van het type verwarming of de woningen. De gemiddelde isolatiegraad (gevel en beplating) is echter voor beide groepen 23% (meer-



gezinswoningen 1960-1980). Omdat de omrekeningsfactor die is gebruikt voor het bepalen van de m³-gas equivalenten voor de warmtelevering hier van cruciaal belang is, kan geen definitieve conclusie worden getrokken.

Het standaard regressiemodel (zie Tabel 42) is voor de meergezinswoningen 1960-1980 mét warmtelevering minder toereikend dan voor die zonder warmtelevering. De R² is 0,06 tegen 0,2 voor de laatste groep. Voor de groep met warmtelevering zijn alleen “aantal personen” en “leeftijd onder-vraagde persoon” significante factoren, terwijl voor de groep zonder warmtelevering gebruiksoppervlakte en inkomen de belangrijkste factoren zijn en ook gemiddelde stooktemperatuur, isolatiegraden en aantal personen en leeftijd significant zijn.

Kennelijk mist in de verklarende factoren een kenmerk dat voor de gevallen met warmtelevering essentieel is (niet gemeentegrootte of aanwezigheid overdag).

A.11 Gebruikte selectie van gegevens uit het totale KWR bestand

Kolom 1-16: gegevens over gemeente, regio, wijk, etc
Kolom 17-33: type en situering woning, dakvorm
Kolom 34-37: kamers, indeling
Kolom 38-54: details verwarming per kamer en type
Kolom 55-63: details tapwatervoorziening per ruimte en type
Kolom 64-79: details type ventilatie per ruimte
Kolom 80: zonnecollector
Kolom 81: loden waterleiding
Kolom 82-90: oppervlakten woonlagen en totaal
Kolom 91-102: oppervlakten ruimtes
Kolom 103-105: details woonkamer
Kolom 106-185: oppervlakte en isolatiegraad van muren, daken etc.
Kolom 186-189: uitvoeringsjaren na-isolatie dak, gevel, vloer, ramen
Kolom 190-229: details kozijnwerk per ruimte (enkel/dubbel, opp., etc)
Kolom 230-234: totaal raam opp, isolatiegraad dubbel glas etc.
Kolom 235-237: isolatie niet-spouw
Kolom 238-242: isolatie gesloten gevel
Kolom 243-250: opp. enkel/dubbel glas en isolatiegraad per ruimte
Kolom 251-254: opp. glas totaal, dubbel glas totaal, isolatiegraad
Kolom 255-263: gegevens serre, isolatie kozijnwerk
Kolom 264: mogelijkheid isoleren kruipruimte
Kolom 265-284: huishouden (samenstelling, aantal, leeftijden, doelgroep)
Kolom 285-292: nationaliteit, geboorteland ondervraagde en partner
Kolom 293-299: huiseigendom volgens bewoner, gemeensch.voorz.
Kolom 300-316: type keuken & badkamer, aanwezigheid garage, schuur etc
Kolom 317-318: totale privé oppervlakte
Kolom 319-320: ouderenwoning, toegangstrappen
Kolom 321-324: verhuurder volgens bewoner
Kolom 325-341: details huur (termijn, inbegrepen, subsidies...)
Kolom 342-346: hoogte andere lasten (water, kabel,...)
Kolom 347-351: huur per maand
Kolom 352-362: gegevens huur/koopstatus en waarde woning
Kolom 363-374: aanwezigheid en verwarmgedrag per ruimte
Kolom 375: wijze verwarming volgens bewoner
Kolom 376: wijze stooktemperatuur regeling
Kolom 377-380: thermostaatinstelling (overdag/avond/weekend/nacht)
Kolom 381-384: stooktemperaturen (indien geen thermostaat)

Kolom 385: aanwezigheid mechanisch ventilatiesysteem in woning
 Kolom 386-393: gedrag mechanische ventilatie per ruimte ('s winters)
 Kolom 394-401: gedrag natuurlijke ventilatie per ruimte ('s winters)
 Kolom 402-405: hoe lang extra ventilatie per ruimte ('s winters)
 Kolom 406-409: buitenverlichting (voor/achterdeur, hoe vaak aan)
 Kolom 410-421: tevredenheid woning, veiligheid, voorziening buurt
 Kolom 422-424: privé-parkeerruimte, aantal auto's
 Kolom 425-441: opleiding, werk, inkomen, thuiswerken ondervraagde & partner
 Kolom 442-454: WWS classificeringen
 Kolom 455-458: ECN classificeringen (woning en verwarming)
 Kolom 459-460: warmteverbruik NOVEM (m³ gas) en energiebrontoepassing
 Kolom 461-463: WEG bijgeschat ja/nee
 Kolom 464-469: WEG na correctie NOVEM, WEG plus bijschatting ABF
 Kolom 470-477: modelschatting per energiebrontoepassing
 Kolom 478-480: WEG volgens aanlevering NOVEM

A.12 Aangemaakte variabelen zoals beschreven in de tekst

WARMTE

Opsplitsing bestand [vblokw=1 of vstadsw=1] (2184) en [vblokw=0 en vstadsw=0] (12787). Er vallen dus 33 gevallen buiten de boot.

Om een eerlijke vergelijking te maken met het gasverbruik in woningen zonder warmtelevering worden daarom gas- en warmteverbruiken na correctie en omzetting naar m³ gas opgeteld:

$gwjaarce = gdefnov + wdefnov$

Dit kan alleen als beide getallen een geldige waarde hebben [w_abf=0 en g_abf=0] hetgeen zo is voor 734 gevallen.

VERBRUIKEN

Naast gdefnov, wdefnov, ejaarnov zijn ook gedefinieerd:

- gasppce = gdefnov/pershh
- elekppce = ejaarnov/pershh

Dit zijn de verbruiken per persoon.

En de verbruiken per oppervlakte eenheid:

- gasopce = gdefnov/gbototw
- elekopce = ejaarnov/gbototw

HUISHOUDENKLASSES

De indeling van de huishoudens gebeurt aan de hand van de variabele "samenstelling huishouden" die is gehercodeerd (naar variabele "samhhce") met:

- 8 → 1 (alleenstaand);
- 1 → 2 (echtpaar / vaste partner);
- 2 → 3 (ep/vp met kind(eren));
- 5 → 4 (één-ouder gezin);
- andere → 5 (overig).

Er zijn dus 5 huishoudtypes, waarbij de eerste twee verder worden verdeeld naar de leeftijd van de ondervraagde persoon in:

- jonger dan 34;
- 35 tot 64;
- ouder dan 65.



Hiervoor is de variabele "lftopkx" gehercodeerd naar "lftcekx":

- 1,2 → 1;
- 3,4,5 → 2;
- 6,7 → 3.

CLUSTERS

Voor zowel woningklassen als huishoudenklassen zijn clusters met consistent gedrag en gebruik gevonden (zie A.5.1 en A.7.1). Aan de hand hiervan is de variabele hclustce (waarde 1-4) en wclustce (waarde 1-8) gedefinieerd, volgens Tabel 27 en Tabel 35.

VERWARMGEDRAG

Op de vraag naar het verwarmgedrag in deze ruimtes waren de mogelijk antwoorden: "altijd (1)", "af en toe (2)" en "zelden of nooit (3)". Van de gevallen met geldige gegevens voor de variabele "verwarming woonkamer", valt 8% in klasse 2 of 3. Deze 8% vormt de groep "niet-verwarmers".

Er zijn enkele gevallen die aangeven de woonkamer slechts af en toe tot nooit te verwarmen, maar de slaapkamer altijd (5% van niet-verwarmers, 0.4% totaal) of de badkamer altijd (11% van niet-verwarmers, 0.9% totaal). Deze laatste gevallen worden echter ook onder "niet-verwarmers" meegenomen.

De temperatuur wordt gemiddeld over de gegeven thermostaatinstellingen dan wel stooktemperaturen voor overdag, 's avonds, 's nachts⁴⁴ en in het weekend volgens:

$$\frac{5}{7} \left(\frac{11T_o + 6T_a + 7T_n}{24} \right) + \frac{2}{7} \left(\frac{17T_w + 7T_n}{24} \right)$$

Probleem bij de gebruikers zonder thermostaat is dat de verwarming volledig uit kan staan ("stooktemperatuur 0" in het bestand). Hierbij is uiteraard niet de stooktemperatuur nul, zowel het wel als het niet meenemen van deze gevallen zou de statistieken vertekenen. De laagste daadwerkelijke temperatuurwaarde in het bestand is 11°C. We hebben er daarom voor gekozen die gevallen met "stooktemperatuur 0" een daadwerkelijke stooktemperatuur van 10°C mee te geven.

Voor het aantal ruimtes dat gestookt worden, worden de variabelen verwarming woonkamer, verwarming slaapkamer en verwarming badkamer gebruikt. Deze worden gehercodeerd naar "verwnrce" volgens:

- If (verwwk = 1) dan verwnrce=min(verwbk,verwsk) (1="V", 2-3="E"). In verwklce 1=1 en 2,3=2

NIET CONTINUE VARIABELEN

Vanuit de semi-ordinale variabele gemgr is een ordinale variabele gemgrcex gemaakt, met evenveel waardes, via:

RECODE

gemgr (1=763) (2=593) (3=440) (4=233) (5=150) (6=75)
(7=40) (8=15) INTO gemgrcex .

⁴⁴ Merk op in tegenstelling tot wat in het SPSS bestand staat, de nachttemperatuur ook voor het weekend geldt (zie bewoners opname).

Hierbij staat 1 voor Amsterdam, 2 voor Rotterdam, 3 voor Den Haag, 4 Utrecht en 5-8 voor intervallen van aantallen inwoners, waarvan het gemiddelde is geschat.

Hetzelfde is gedaan met de variabele aandag (altijd/meestal/niet/50%/wisselend) naar de variabele aandgcex:

RECODE aandag (1=100) (2=0) (3=50) (4=25) INTO aandgcex.



B Ontwikkelingen 2000-2030

Om een goed inzicht in het lange-termijn verloop van het energiegebruik in Nederlandse huishoudens te verkrijgen is het noodzakelijk allereerst de huidige woning- en huishoudenverdelingen in kaart te brengen. Onderstaand zijn de verdelingen gegeven anno 2000 naar huur en koop en een indeling naar verschillende huishoudtypes.

B.1 Ontwikkeling aantal huishoudens

Woningen; anno 2000:

	Koopwoning	Huurwoning
Totaal aantal woningen	3.394.000	3.111.000

Bron CBS Voorburg / Heerlen december 2002

Huishoudens; anno 2000:

Totaal huishoudens	6.824.000
Eenpersoonshuishoudens	2.286.000
Paren zonder kinderen	2.059.000
Paren met kinderen	2.128.000
Eenoudergezin	262.000
Andere huishoudens	89.000

Bron CBS Voorburg / Heerlen december 2002

Om tot prognoses van het energiegebruik voor het jaar 2030 te komen is het van belang de verwachte ontwikkelingen wat betreft het aantal woningen en huishoudensamenstelling in kaart te brengen. Hieronder volgen een aantal aannames zoals deze gebruikt worden in scenarioberekeningen t.b.v. de Milieuverkenningen.

Bevolkingsontwikkeling

2000	15.801.099	
2010	16.815.730	+ 6.4%
2020	17.694.733	+ 5.2%
2030	18.416.442	+ 4.1%

Bron RIVM Rapport 703717 007, oktober 2000 (EC prognoses)

Gemiddeld aantal personen per huishouden

2000	2,5
2010	2,3
2020	2,1

Bron: European Commission, EU Energy Outlook to 2020, november 1999

Huishoudens met thuiswonende kinderen; anno 2030	2.588.156
---	-----------

Bron CBS Voorburg / Heerlen 06-01-2003

Dit leidt tot de volgende ontwikkeling van het aantal huishoudens:

1995	6.480.000
2010	7.287.000
2020	7.803.000
2030	8.300.000

Bron Centraal PlanBureau, Werkdocument 101, februari 1998

Inschatting 2030: CE, 2003

B.2 Woningvraagontwikkeling

1995	6.244.000	
2010	7.124.000	+ 9.8%
2020	7.664.000	+ 7.6%

Bron Centraal PlanBureau, Werkdocument 101, februari 1998

2000	6.487.000
------	-----------

Bron CBS Voorburg / Heerlen 04-02-2003

	Bevolkingsgroei	Woningaanbouw
2000 - 2010	+ 6.4%	+ 9.8%
2010 - 2020	+ 5.2%	+ 7.6%
2020 - 2030	+ 4.1%	+ 5.6% *

* Dit percentage is verkregen door de verhouding van de relatieve woninggroei van de periodes 2000 - 2010 en 2010 - 2020 tot de relatieve bevolkingsgroei door te trekken voor de periode 2020 - 2030. Dit geeft 1.8% meer woningen per 1% bevolkingsgroei.

Een woningontwikkeling van 5.6% betekent 8,1 miljoen woningen voor het jaar 2030. Hierin ligt de daling in gemiddelde gezinsgrootte naar 2.1 personen / gezin reeds besloten.

B.3 Energiegebruik

De volgende gegevens over het huidige energiegebruik per huishouden voor ruimteverwarming, tapwaterverwarming en elektriciteitsverbruik zijn bekend.

Gemiddeld energieverbruik per huishouden:

	Gemiddeld per woning
Gas; anno 2000	1.940 m ³

Bron: J. Bijlman in "Verwarming en Ventilatie", juni 2002

	Gemiddeld per huishouden	Aantal huishoudens	Nationaal verbruik
Elektriciteit; anno 1999	3.220(kWh) = 12 GJ	6.524.000	80 PJ

Bron: EnergieNed, "Basisonderzoek Electriciteitsverbruik Kleinverbruikers", april 2002



Tabel 52 Gegevens bouwkundige isolatie

		bouwkundige maatregelen				
		glas	vloer	dak	muren	WTW
woningtype						
1	vrijstaand voor 66	59%	16%	44%	30%	0%
2	2/1 kap voor 66	57%	9%	41%	24%	0%
3	rij+hoekwoning voor 46	47%	11%	41%	19%	0%
4	rij+hoekwoning 46-65	61%	6%	38%	32%	0%
5	galerijwoning voor 66	62%	3%	37%	20%	0%
6	portiekwoning voor 66	56%	8%	34%	13%	0%
7	bovenwoning voor 66	48%	9%	33%	13%	0%
8	vrijstaand 66-88	72%	38%	79%	65%	5%
9	2/1 kap 66-88	68%	45%	73%	61%	1%
10	rij+hoekwoning 66-75	62%	9%	55%	45%	0%
11	rij+hoekwoning 76-79	70%	27%	100%	83%	0%
12	rij+hoekwoning 80-88	74%	82%	100%	100%	2%
13	galerijwoning 66-88	68%	26%	87%	49%	0%
14	portiekwoning 66-88	71%	61%	82%	62%	2%
15	appartement 66-88	67%	55%	83%	64%	0%
16	woningen na 1989	100%	100%	100%	100%	5%

Bron: KWR 2000

Tabel 53 Installaties

		Gebouvvraag			Installatierendement (ow)		
		Rvw	Tap	Elek	Rvw	Tap	Elek
Woningtype		[GJ/jr]	[GJ/jr]	[GJ/jr]			
1	vrijstaand voor 66	77	9	6	95%	67%	25%
2	2/1 kap voor 66	49	6	5	77%	54%	25%
3	rij+hoekwoning voor 46	43	5	4	84%	55%	25%
4	rij+hoekwoning 46-65	37	5	3	83%	54%	25%
5	galerijwoning voor 66	18	1	1	65%	70%	25%
6	portiekwoning voor 66	19	3	1	64%	75%	25%
7	bovenwoning voor 66	21	5	1	65%	76%	25%
8	vrijstaand 66-88	86	10	5	95%	70%	25%
9	2/1 kap 66-88	48	9	4	82%	63%	25%
10	rij+hoekwoning 66-75	39	8	3	81%	59%	25%
11	rij+hoekwoning 76-79	42	9	3	92%	66%	25%
12	rij+hoekwoning 80-88	30	8	2	80%	58%	25%
13	galerijwoning 66-88	10	3	1	63%	68%	25%
14	portiekwoning 66-88	24	5	1	81%	81%	25%
15	appartement 66-88	15	3	1	65%	70%	25%
16	woningen vanaf 1989	35	13	3	100%	90%	25%

Bron: KWR 2000 mbt energievraag, Referentiewoningen (Novem) mbt rendementen

In Tabel 53 zijn de rendementen van de gebouwinstallaties weergegeven gedifferentieerd naar de 16 woningtypen die we kunnen onderscheiden. De eerste kolommen 3,4 en 5 is de gebouwvraag vermeld voor de 3 functies ruimteverwarming (RVW), warm tapwater (Tap) en elektriciteit (Elek). Deze vraag ontstaat op basis van de functionele vraag naar comfort en de bouwkundige kwaliteit van de woning (Tabel 52). In de kolommen 6,7 en 8 zijn de gemiddelde rendementen vermeld van de installaties/apparaten wederom gedifferentieerd naar de 16 woningtypen. Met name het rendement van elektrische apparaten is erg ruw en een gemiddelde van alle apparaten. Er is weinig informatie beschikbaar over de rendementen van deze apparaten.

Uit Tabel 52 en Tabel 53 blijkt dat er nog forse verbeteringen mogelijk zijn in zowel de bouwkundige kwaliteit als de rendementen van de apparaten. In 25 jaar kunnen nu alle aanwezige apparaten worden vervangen door apparaten met een hoger rendement. De praktijk maakt echter ook duidelijk dat niet alles wat kan ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd, ondanks subsidies en andere stimulerende beleidsinstrumenten. Ook zal de bouwkundige kwaliteit verbeteren door de continue verbetering van woningen. Tegelijkertijd zal echter ook door welvaartontwikkelingen het aantal woningen en de functionele vraag naar warm tapwater en elektrische functies toenemen. De verwachting is dat de functionele vraag naar ruimteverwarming verder zal toenemen in een beperkt aantal type woningen (ten gevolge van demografische ontwikkelingen). In Tabel 54 zijn deze verwachtingen weergegeven per woningtype en energiefunctie.



Tabel 54 Ontwikkelingen 2000 - 2030

woningtype		aantallen	RVW		installatie	Tap		installatie	Elek	
			functioneel	gebouw		functioneel	gebouw		functioneel	apparaten
1	vrijstaand voor 66	0	100%	23%	10%	150%	23%	10%	200%	50%
2	2/1 kap voor 66	0	100%	21%	29%	150%	21%	29%	200%	50%
3	rij+hoekwoning voor 46	-150	125%	20%	24%	150%	20%	24%	200%	50%
4	rij+hoekwoning 46-65	-150	125%	19%	23%	150%	19%	23%	200%	50%
5	galerijwoning voor 66	-30	125%	15%	61%	150%	15%	61%	200%	50%
6	portiekwoning voor 66	-50	125%	19%	78%	150%	19%	78%	200%	50%
7	bovenwoning voor 66	-25	125%	12%	51%	150%	12%	51%	200%	50%
8	vrijstaand 66-88	0	125%	8%	11%	150%	8%	11%	200%	50%
9	2/1 kap 66-88	0	125%	12%	24%	150%	12%	24%	200%	50%
10	rij+hoekwoning 66-75	0	125%	16%	25%	150%	16%	25%	200%	50%
11	rij+hoekwoning 76-79	0	100%	7%	15%	150%	7%	15%	200%	50%
12	rij+hoekwoning 80-88	0	100%	9%	30%	150%	9%	30%	200%	50%
13	galerijwoning 66-88	-50	100%	13%	52%	150%	13%	52%	200%	50%
14	portiekwoning 66-88	0	100%	15%	30%	150%	15%	30%	200%	50%
15	appartement 66-88	0	100%	28%	50%	150%	28%	50%	200%	50%
16	woningen vanaf 1989	0	100%	0%	10%	150%	0%	10%	200%	50%
17	woningen vanaf 2003	2000	100%	0%	0%	150%	0%	0%	200%	50%

kolom functioneel: stijging van de functionele vraag (100% is gelijkblijvend)

kolom gebouw: besparing door bouwkundige verbeteringen

kolom installatie: besparing door installaties met hoge rendementen

kolom apparaten: besparing door apparaten met hoge rendementen

De energiegebruikprognose kan hieruit als volgt afgeleid worden.

Tabel 55 Prognose 2030

woningtype		Energievraag [GJ/jr]				CO ₂ -emissie	
		aantallen	ruimteverwarming	warm tapwater	elektriciteit	woning [ton/won.jr]	totaal [Mton/jr]
1	vrijstaand voor 66	514	63	16	34	6,6	3,4
2	2/1 kap voor 66	393	42	13	26	4,7	1,8
3	rij+hoekwoning voor 46	351	45	13	22	4,7	1,6
4	rij+hoekwoning 46-65	519	40	13	19	4,1	2,1
5	galerijwoning voor 66	97	20	5	7	1,9	0,2
6	portiekwoning voor 66	474	19	7	5	1,7	0,8
7	bovenwoning voor 66	320	27	8	6	2,3	0,7
8	vrijstaand 66-88	295	104	17	27	8,4	2,5
9	2/1 kap 66-88	301	57	15	21	5,3	1,6
10	rij+hoekwoning 66-75	629	44	14	17	4,3	2,7
11	rij+hoekwoning 76-79	165	41	16	15	4,1	0,7
12	rij+hoekwoning 80-88	469	33	13	11	3,2	1,5
13	galerijwoning 66-88	193	14	6	6	1,5	0,3
14	portiekwoning 66-88	206	23	8	6	2,1	0,4
15	appartement 66-88	235	15	6	5	1,5	0,4
16	woningen vanaf 1989	949	32	20	16	3,9	3,7
17	woningen vanaf 2003	2000	40	15	15	4,0	8,0
	Totaal	8,1					33

Hierbij is uitgegaan van overwegend het gebruik van aardgas en een verbetering van de CO₂-emissie van elektriciteit van 165 kg/GJe naar 65 kg/GJe. Dit wordt veroorzaakt door hogere rendementen bij de productie uit fossiele brandstoffen, maar vooral doordat in 2030 50% van het huishoudelijke elektriciteitsverbruik uit duurzame bronnen komt. Een verdere verbetering is mogelijk als nog meer energie uit schone bronnen wordt gebruikt. Als alle elektriciteit uit duurzame bronnen wordt ingezet (in plaats van de 50%) dan ontstaat een reductie met 8 Mton tot de totale CO₂-emissie van 25 Mton/jr.



Tabel 56 Overzicht energiegebruik 2000 en 2030

Overzicht		2000	2030		
Per woning	Gas	1.940	1.690	m ³ /jaar	87%
	Rvw	1.600	1.260	m ³ /jaar	79%
	Tap	340	430	m ³ /jaar	127%
	Elek	3.450	4.500	kWh/jaar	127%
	Rvw	51	40	GJ/j	79%
	Tap	11	14	GJ/j	127%
	Rvw+Tap	61	54	GJ/j	87%
	Elek	12	16	GJ/j	131%
	CO ₂ -emissie	5,8	4,0	ton/jr	73%
Totaal	Rvw	330	325	PJ/j	97%
	Tap	70	110	PJ/j	156%
	Rvw+Tap	400	435	GJ/j	108%
	Elek	80	130	PJ/j	161%
	Elek (brandstof)	200	130	PJ/j	64%
	CO ₂ -emissie	36	33	Mton/j	90%