

# Besparingsgetallen energiebesparende maatregelen

op basis van werkelijke verbruiksgegevens



De verantwoordelijkheid voor de inhoud berust bij RIGO en ECN Beleidsstudies. Het gebruik van cijfers en/of teksten als toelichting of ondersteuning in artikelen, scripties en boeken is toegestaan mits de bron duidelijk wordt vermeld. RIGO en ECN aanvaarden geen aansprakelijkheid voor drukfouten en/of andere onvolkomenheden.

# Besparingsgetallen energiebesparende maatregelen

op basis van werkelijke verbruiksgegevens

*Opdrachtgever:*

Agentschap NL

*Auteurs:*

M. Menkveld (ECN)

K. Leidelmeijer (RIGO)

P. Vethman (ECN)

E. Cozijnsen (RIGO)

*Uitgave*

mei 2012

*Rapportnummer*

P15320

ECN-E- -12-013



# Summary

## S.1 Background and method

On assignment of NLA Agency, RIGO and ECN have established the indicative savings of energy saving measures in existing dwellings based on actual (measured) energy use data. This is done with statistical analysis on a database with energy uses and data on energy saving measures in dwellings.

This database is made by combination of data on dwellings from the energy label database of NLA Agency and registrations of actual electricity and gas use from the customer files of Statistics Netherlands. The energy label database contains the data used for the label calculation of the dwellings that have received a label. The information consists of the heating system, the type of boiler, insulation, the type of glass, the type of ventilation system, but also the type of dwelling, the size of the dwelling and the year of construction. Linkage of these databases by Statistics Netherlands leads to a file containing data on over 600.000 dwellings.

The relations between energy saving measures and energy cannot simply be calculated by comparing average uses of dwellings with a high-efficiency boiler and dwellings with an improved-efficiency boiler. After all, these dwellings will most likely have more differences with regard to other features (for example the extent to which double glazing has been installed). Comparison of these averages would lead to an overestimation of the effect of implementing a high-efficiency boiler. The energy use in dwellings that have a high-efficiency boiler is expected to be lower because of a combination of (other) measures. To arrive at useful statements about savings and effects, certain features of the dwellings and other measures were verified in the analyses. A statistical check of variables examines whether the variable has any influence on a (possible) relation, and if this is true, the influence is subsequently 'corrected' mathematically.

The statistical analysis has not only been conducted for the actual energy use data from the customer files, but also on the energy use data in the energy label database that were calculated according to the energy label method. The energy savings of a measure based on the calculated energy use must be the same as the theoretical energy saving when the statistical analysis is functioning and yielding reliable results. The theoretical energy savings are conducted with reference buildings in the 'Energiebesparingsverkenner' or ISSO-publication 82.3.

Moreover, the results were compared to previous, comparable analyses of data files from WoOn and HOME.

## S.2 Results

For a number of saving measures, indicative savings based on actual energy use could be determined. However, not for all. The data file of the energy label database lacked data on the Rc values of insulated facades, roofs and flooring; only the distinction between insulated and non-insulated surface was known. Therefore, the statistical analysis showed only an insignificant or very limited saving result for insulation. The data file of the energy label database also lacked data on the presence of a solar boiler or PV.

The analyses of the dwellings that had a heat pump according to the label database did not yield unequivocal and valid results. Particularly the situation of significant gas uses (according to customer files) that were unexpectedly found (heat pump without gas heating) raises doubts about the usability of the data. The impression rises that the usage data for part of this group of dwellings match insufficiently with the reading data and may have bearing on a situation in which the heat pump was not yet or no longer present.

The analysis did yield usable results for a number of saving measures (see Table S.1).

A high-efficiency condensing combi boiler with hot water heating turns out to realise lower savings than theoretically anticipated. The theoretical saving is 24 to 30% compared to a conventional boiler and 10 to 16% for an improved-efficiency boiler. The savings based on actual energy use turn out to be roughly half of the theoretical savings. There is a margin, because the saving depends on the relation between demand for tap water and space heating, given that the difference in efficiency for tap water is slightly higher compared to space heating. In the framework of this study, savings were also determined for a high-efficiency solo boiler and the high-efficiency condensing combi-boiler was compared to an improved-efficiency boiler combined with a kitchen geyser, bathroom geyser or boiler. The savings based on actual use are also lower here compared to the savings based on calculated usage.

The results of Lowe-E glazing are also uncertain. The saving based on calculated usage was much lower than theoretically anticipated, which means that the statistical analysis yields an underestimated saving because there is too much correction for the relation with other measures. For this reason, we have used a bandwidth in which the actual saving lies between the lower limit of the saving based on actual energy use and the upper limit that is constituted by the theoretical saving. For the theoretical savings is assumed that the low-E glazing is used in heated rooms. When the low-E glazing is used in rooms that are not heated, the savings are lower.

The saving in gas use of balanced ventilation with heat recovery was determined through comparison with dwellings that have mechanical ventilation. It is reasonable to expect that these dwellings will show only few differences for the other features. The savings based on actual use (8 to 10%) are slightly lower than theoretically anticipated (9 to 11%). The saving realised by draught-proofing and an insulated outside door turns out to be unidentifiable in the analyses based on actual use (not significant), whereas the analyses based on calculated use do yield a saving that approaches the theoretical saving. Previous analyses with WoON data for draught-proofing have taken into account the influence of heating behaviour and did find a 6% saving, which is why a bandwidth has been presented as a result.

**Table S.1 Indicative energy saving data based on actual energy use**

<b>Saving measure</b>	<b>Indicative saving data based on actual use</b>
High-efficiency condensing combi boiler compared to increased-efficiency combi boiler	5 - 8%
High-efficiency condensing combi boiler compared to conventional combi boiler	13 - 16%
High-efficiency condensing combi boiler compared to increased-efficiency solo boiler combined with kitchen or bath geyser	9-12%
High-efficiency condensing combi boiler compared to increased-efficiency solo boiler combined with gas fired boiler for water heating	15-20%
High-efficiency condensing combi boiler compared to high-efficiency condensing solo boiler combined with bath geyser	3-6%
High-efficiency condensing combi boiler compared to high-efficiency condensing solo boiler combined with gas fired boiler for water heating	7-9%
High-efficiency condensing solo boiler compared to increased-efficiency solo boiler	5-8%
High-efficiency condensing solo boiler compared to conventional solo boiler	11%
Low-E glazing compared to single glazing	12 - 17 m3 per m2 of glass
Low-E glazing compared to double glazing	5 -7 m3 per m2 of glass
Balanced ventilation with heat recovery	8 - 10%
Draught-proofing	0-6%
Insulated door	0%

The indicative savings based on actual use for wall, roof and floor insulation measures are forced to be the same as the theoretical energy savings. From the energy label database no useful indicators for the insulation quality of the dwellings is available. Expected is that the difference between theory and practice for insulation measures is small because these measures are not sensitive for technical problems and behavioral effects other than the rebound effect.

**Table S.2 Indicative energy saving data based on theoretical calculations**

Energy saving measure	Indicative saving data based on theoretical calculations
Wall insulation(cavity wall $R_c=1,61$ , outside wall $R_c=2,36$ ) compared to uninsulated wall	8-9 $m^3/m^2$ wall 16 – 18% of gas use*
Roof insulation 8 cm, $R_c = 2,22$ t.o.v. compared to uninsulated roof	13 $m^3/m^2$ roof 43 % of gas use*
Ground floor insulation 8 to 10 cm $R_c=2,5$ compared to uninsulated ground floor	2,5 a 2,8 $m^3/m^2$ ground floor 7 - 8% of gas use*

\*Percentages on the gas use apply for a terraced house. Indicative savings depend on the wall, roof and ground floor surface and thus on the dwelling type.



# Samenvatting

## S.1 Aanleiding en methode

In opdracht van Agentschap NL hebben RIGO en ECN besparingskengetallen bepaald voor energiebesparende maatregelen in bestaande woningen op basis van werkelijke (gemeten) energiegebruiken. Dat is gedaan door statistische analyses uit te voeren op een databestand met energiegebruiken en gegevens over energiebesparende maatregelen in woningen.

Het databestand is verkregen door gegevens van woningen uit de energielabeldatabase van Agentschap NL te koppelen met de werkelijke verbruiken van gas en elektriciteit uit de klantenbestanden van CBS. In de energielabeldatabase zijn de gegevens beschikbaar waarop de berekening van het energielabel is gebaseerd. Het gaat dan om het verwarmingssysteem, het type ketel dat aanwezig is, de aanwezigheid van isolatie, het type glas, kierdichting, het type ventilatiesysteem, maar ook het woningtype, de woninggrootte en het bouwjaar. Na koppeling met verbruiksdata door CBS ontstond zo een bestand met gegevens van ruim 600.000 woningen.

De besparingen van maatregelen kunnen niet eenvoudig worden uitgerekend door gemiddelde verbruiken te vergelijken tussen bijvoorbeeld woningen met een HR-ketel en woningen met een VR-ketel. Immers, die woningen verschillen waarschijnlijk ook op allerlei andere kenmerken van elkaar, bijvoorbeeld in de mate van voorkomen van dubbel glas. Vergelijking van de gemiddelden zou dan leiden tot een overschatting van het effect van de maatregel HR-ketel. Het verbruik in de woningen met een HR-ketel is namelijk naar verwachting mede lager door andere maatregelen. Om toch tot zinvolle uitspraken over besparingen te kunnen komen, wordt voor bepaalde kenmerken van de woningen en andere maatregelen gecontroleerd in de analyses. Bij het statistisch controleren van variabelen wordt gekeken of de variabele invloed heeft op een (mogelijk) verband en zo ja, dan wordt die invloed rekenkundig gecorrigeerd.

De statistische analyse is niet alleen uitgevoerd op de werkelijke energiegebruiken uit de klantenbestanden, maar ook op de berekende energiegebruiken in de energielabeldatabase volgens de energielabelmethodiek. De besparing van een maatregel op basis van de berekende energiegebruiken zou gelijk moeten zijn aan de theoretische besparing als de statistische analyse met controlevariabelen goed werkt. De theoretische besparing is bepaald aan de hand van voorbeeldwoningen met de Energiebesparingsverkenner of ISSO-publicatie 82.3.

De resultaten van de analyse zijn tot slot vergeleken met eerdere vergelijkbare analyses op WoON- en HOME-databestanden.

## S.2 Resultaten

Voor verscheidene besparingsmaatregelen kon een besparingskengetal worden bepaald op basis van werkelijke energiegebruiken, maar dat is niet voor alle besparingsmaatregelen gelukt. In het databestand van de energielabeldatabase ontbraken gegevens over de Rc-waarden van de geïsoleerde gevel-, dak- en vloeroppervlakte, alleen het onderscheid tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde oppervlakte was bekend. In de statistische analyse is daardoor voor isolatie een niet-significante of zeer geringe besparing gevonden. Ook ontbraken in het databestand van de energielabeldatabase de gegevens over de aanwezigheid van een zonneboiler of PV.

De analyses op de woningen waarin volgens de labeldatabase een warmtepomp is geïnstalleerd, leverden geen eenduidige en valide resultaten op. In het bijzonder de situatie dat er aanzienlijke gasverbruiken (volgens de klantenbestanden) blijken te zijn waar die niet werden verwacht (warmtepomp zonder bijverwarming op gas), doet twijfels rijzen over de bruikbaarheid van de gegevens. De indruk bestaat dat de verbruiksgegevens voor een deel van deze groep woningen onvoldoende ‘matchen’ met de gegevens uit de labelopname en wellicht betrekking hebben op een situatie waarin de warmtepomp nog niet of niet meer aanwezig was.

Voor een aantal besparingsmaatregelen heeft de analyse wel bruikbare resultaten opgeleverd (zie tabel S.1).

Een HR-combiketel blijkt minder te besparen dan in theorie verwacht. De theoretische besparing is 24 tot 30% t.o.v. een CR-ketel en 10 tot 16% t.o.v. een VR-ketel. De besparingen op basis van werkelijke energiegebruiken blijken grofweg de helft daarvan. Dit is een marge want de besparing is afhankelijk van de verhouding tussen de vraag naar tapwater en ruimteverwarming, omdat het rendementsverschil voor tapwater iets hoger is dan bij ruimteverwarming. In het kader van deze studie is ook de besparing van een HR-soloketel en de besparing van een HR-combiketel ten opzichte van een VR-ketel in combinatie met een keukengeiser, badgeiser of boiler onderzocht. De besparing ligt daar op basis van werkelijke verbruiken ook lager dan op basis van berekende verbruiken.

De resultaten van HR++ glas zijn onzeker. De besparing op basis van berekende verbruiken was veel lager dan in theorie verwacht. Dat duidt erop dat er met de controlevariabelen teveel wordt gecorrigeerd. Dat maakt het waarschijnlijk dat de besparing op basis van werkelijke verbruiken als een ondergrens mag worden gezien. Om die reden hanteren we hier een bandbreedte waarbij de werkelijke besparing ligt tussen de ondergrens van de besparing op basis van werkelijke verbruiken en de bovengrens van de theoretische besparing. De theoretische besparing gaat uit van verwarmde ruimten. Als HR++ glas wordt geplaatst in onverwarmde ruimten levert de maatregel minder besparing op.

De besparing van balansventilatie met warmteterugwinning op het gasverbruik is bepaald door vergelijking met woningen met mechanische ventilatie. Er mag verwacht worden dat die woningen relatief weinig verschillen op de overige kenmerken. De besparing op basis van werkelijke verbruiken (8 tot 10%) is iets minder groot dan in theorie verwacht mag worden (9 tot 11%). De besparing van kierdichting en een geïsoleerde buitendeur blijkt in de analyses op basis van werkelijke energiegebruiken niet waarneembaar (niet significant), terwijl de analyses op basis van berekende verbruiken wel een besparing opleveren die in de buurt komt van de theoretische besparing. In eerdere analyses met WoON-data inclusief controle voor stookgedrag is voor kierdichting wel een besparing van 6% gevonden; daarom is als resultaat een bandbreedte gepresenteerd.

**Tabel S.1 Besparingskengetallen (gasvraag) op basis van werkelijke energiegebruiken**

Besparingsmaatregel	Besparingskengetal op basis van werkelijke verbruiken
HR-combitap t.o.v. VR-combitap	5 - 8%
HR-combitap t.o.v. CR-combitap	13 - 16%
HR-combitap t.o.v. VR met keuken-/badgeiser	9 – 12%
HR-combitap t.o.v. VR met gasboiler	15 – 20%
HR-combitap t.o.v. HR met badgeiser	3 – 6%
HR-combitap t.o.v. HR met gasboiler	7 – 9%
HR-solo t.o.v. VR-solo	5-8%
HR-solo t.o.v. CR-solo	11%
HR++ glas t.o.v. enkel glas	12 - 17 m <sup>3</sup> per m <sup>2</sup> glas
HR++ glas t.o.v. dubbel glas	5 -7 m <sup>3</sup> per m <sup>2</sup> glas
Balansventilatie met warmteterugwinning	8 - 10%
Kierdichting	0-6%
Geïsoleerde deur	0%

De inschatting van de werkelijke besparingen die samenhangen met isolatie van gevel, dak en vloer zijn noodgedwongen gelijk aan de besparingen die theoretisch kunnen worden afgeleid. Uit de labeldatabase zijn namelijk geen bruikbare indicaties over de isolatiekwaliteit van de woningen beschikbaar. De verwachting is dat het verschil tussen theorie en praktijk juist bij isolatiemaatregelen beperkt zal zijn vanwege een geringe gevoeligheid voor technische problemen en gedragsreacties (anders dan een klassiek reboundeffect).

**Tabel S.2 Besparingskengetallen (gasvraag) op basis van theorie**

Besparingsmaatregel	Besparingskengetal op basis van theorie
Gevelisolatie (spouw Rc=1,61, buiten Rc=2,36) t.o.v. ongeïsoleerd	8-9 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> spouw 16 – 18% van gasvraag*
Dakisolatie 8 cm, Rc = 2,22 t.o.v. ongeïsoleerd	13 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> dak ca. 43 % van gasvraag*
Vloerisolatie 8 a 10 cm Rc=2,5 t.o.v. ongeïsoleerd	2,5 a 2,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> vloer 7 - 8% van gasvraag*

\* Percentages op de gasvraag gelden alleen voor een tussenwoning, besparingspercentage op de gasvraag is afhankelijk van gevel, dak en vloeroppervlak en dus van woningtype.



# Inhoud

<b>Summary</b>		
S.1 Background and method		i
S.2 Results		ii
S.1 Aanleiding en methode		v
S.2 Resultaten		vi
<b>Hoofdstuk 1</b>	<b>Uitgangspunten en brongegevens</b>	<b>1</b>
1.1	Doel van het onderzoek	1
1.2	Methode	1
1.3	Analyses	5
1.4	Berekende en werkelijke besparingen	9
1.5	Gebouwgebonden elektriciteit	10
1.6	Leeswijzer	10
<b>Hoofdstuk 2</b>	<b>Theoretische besparingsgetallen</b>	<b>11</b>
2.1	Ruimteverwarming en warm tapwater	11
2.2	Isolatie	13
2.3	Ventilatie	19
<b>Hoofdstuk 3</b>	<b>Analyses berekende verbruiken</b>	<b>20</b>
3.1	HR-combiketel t.o.v. VR- of CR-combiketel	20
3.2	HR-ketel solo t.o.v. VR- of CR-ketel solo	22
3.3	HR-combiketel t.o.v. HR-solo of VR-solo	24
3.4	Warmtepomp	26
3.5	Isolatie bouwdelen	28
3.6	Isolerend glas	33
3.7	Kierdichting	38
3.8	Deurisolatie	39
3.9	Mechanische afzuiging (niet vraaggestuurd)	40
3.10	Balansventilatie met wtw	43

<b>Hoofdstuk 4</b>	<b>Analyses gemeten verbruiken</b>	<b>46</b>
4.1	HR-combiketel t.o.v. VR- en CR-combiketel	46
4.2	HR-ketel solo t.o.v. VR- of CR-solo	48
4.3	HR-combiketel t.o.v. HR- of VR-solo	50
4.4	Warmtepomp	52
4.5	Isolatie bouwdelen	54
4.6	Isolerend glas	58
4.7	Kierdichting	63
4.8	Deurisolatie	64
4.9	Mechanische afzuiging (niet vraaggestuurd)	65
4.10	Balansventilatie met warmteterugwinning	68
<b>Hoofdstuk 5</b>	<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>71</b>
5.1	Methode	71
5.2	Beperkingen	71
5.3	Resultaten	72
5.4	Conclusie	79

## **Bijlagen**

<b>Bijlage 1</b>	<b>Klantenbestanden van netwerkbedrijven</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Procedures voor de controle van effecten</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Rapportage: Kengetallen energiebesparing bestaande woningbouw; Berekend op basis van WoON en HOME</b>

# Hoofdstuk 1

## Uitgangspunten en brongegevens

### 1.1 Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het opstellen van een dataset met besparingsgetallen van energiebesparende maatregelen in bestaande woningen. Het uitgangspunt is om die dataset op te stellen voor alle besparingsmaatregelen uit het EPA-maatwerkadvies en aan de hand van werkelijke (gemeten) energiegebruiken. De kengetallen moeten gebruikt kunnen worden bij communicatie-uitingen (brochures, internet), voorbeeldberekeningen, rekentools en andere instrumenten, subsidieregelingen en bij renovatieprojecten.

### 1.2 Methode

Om de gewenste dataset op te stellen is gebruikgemaakt van gegevens over woningen met een energielabel uit de energielabeldatabase. Deze gegevens zijn gecombineerd met registraties van werkelijke verbruiken van gas en elektriciteit. Om theoretische en werkelijke besparingsgetallen te bepalen, zijn clusters van woningen statistisch met elkaar vergeleken die van elkaar verschillen ten aanzien van aanwezige besparingsmaatregelen. De statistische analyses, die zijn uitgevoerd op de werkelijke verbruiken, zijn ook uitgevoerd op de berekende verbruiken (hoofdstuk 3). Daarnaast zijn – ter referentie – theoretische besparingen bepaald van voorbeeldwoningen, met de Energiebesparingsverkenner en/of ISSO-publicatie 82.3 (hoofdstuk 2). Aanvullend zijn ook analyses uitgevoerd op WoON en HOME waarin eveneens gegevens zijn opgenomen over kenmerken van woningen en installaties in combinatie met verbruiksgegevens. De bevindingen van dat onderzoek zijn meegenomen in de conclusies. De rapportage is opgenomen als bijlage 3.

#### Gegevens energielabeldatabase

In de energielabeldatabase zijn van de woningen waarvoor een energielabel is bepaald, de gegevens beschikbaar waarop die labelberekening is gebaseerd. Voor dit onderzoek is gebruikgemaakt van het door Agentschap NL in april 2011 beschikbaar gestelde bestand.

Niet alle informatie die in de labelopname wordt meegenomen, is ook opgenomen in het aangeleverde bestand; zo ontbreken de Rc-waarden van dak, gevel en vloer, of zonneboilers en pv-panelen aanwezig zijn, welk afgiftesysteem voor verwarming (vloerverwarming of radiatoren) is toegepast en welk type warmtepomp (elektrisch of gasgestookt) aanwezig is in de woning. Ook is niet bekend bij isolatie van bouwdelen welke ruimten die isolatie betreft en of dat bouwdeel grenst aan onverwarmde ruimten. Voor de ontbrekende maatregelen konden (dus) ook geen besparingsgetallen worden berekend. Het ontbreken van adequate informatie over isolatiekwaliteit betekende tevens dat hiervoor niet goed kon worden gecontroleerd in de analyses. Dat is van belang omdat daardoor ten onrechte verschillen in isolatiekwaliteit kunnen doorklinken in effecten van andere maatregelen. In paragraaf 1.3 wordt hier verder op ingegaan. De wel beschikbare gegevens zijn in navolgend overzicht opgenomen:

Soort gegevens	Afzonderlijke variabelen
Resultierend (uit de opname en berekening):	Energielabel
	Energie-index
	CO2-emissie [kg/jaar]
	Gasverbruik [m3/jaar]
	Elektraverbruik [kWh/jaar]
	Warmteverbruik [GJ/jaar]
	Primaire energie [MJ/jaar]
Opnamegegevens	Afmeldnummer
	Opnamedatum
	Opnamedag
	Opnamemaand
	Opnamejaar
Woninggegevens algemeen	
<b>Adres</b>	
<b>Bouwjaar</b>	Bouwjaar
<b>Renovatiejaar</b>	Renovatiejaar
<b>Type woning</b>	Rijwoning tussen
	Rijwoning hoek
	Vrijstaande woning
	Galerijwoning
	Portiekwoning
	Maisonnette
	Overig flat
	2-onder-1-kap
	Woongebouw met niet zelfstandige woonruimte(s)
<b>Subtype_woning (meergezins)</b>	Tussenwoning op een tussenverdieping
	Tussenwoning op de onderste bouwlaag
	Tussenwoning onder het dak
	Hoekwoning op een tussenverdieping
	Hoekwoning op de onderste bouwlaag
	Hoekwoning onder het dak
<b>Type_dak</b>	Hellend dak
	Plat dak
	Geen dak
<b>Kierdichting</b>	Kierdichting
<b>Oppervlak_BG</b>	Oppervlakte BG
<b>Oppervlak_1ste</b>	Oppervlakte 1ste
<b>Oppervlak_2e</b>	Oppervlakte 2e
<b>Oppervlak_3e</b>	Oppervlakte 3e
<b>Oppervlak_totaal</b>	Oppervlakte totaal
Installaties	
<b>Ventilatiesysteem</b>	Natuurlijk



Soort gegevens	Afzonderlijke variabelen
	Mechanische afvoer
	Vraaggestuurd
	Mechanische balans
	Decentrale mechanische ventilatie
<b>Verwarmingssysteem</b>	Individueel
	Collectief
<b>Warmteopwekker (max. 2)</b>	CR-ketel of moederhaard
	VR-ketel
	VR-ketel met elektr. ontsteking
	HR100-ketel
	HR104-ketel
	HR107-ketel
	Warmtepomp
	Externe warmtelevering
	Gebouwgebonden WKK
	Lokaal gas/olie
	Lokaal elektrisch
	Microwkk (met bijstook op gas)
	Microwkk (met bijstook op elektra)
	HRe-ketel (met bijstook op gas)
	HRe-ketel (met bijstook op elektra)
	Warmtepomp (met bijstook op gas)
	Warmtepomp (met bijstook op elektra)
<b>Tapwatersysteem</b>	Individueel
	Collectief
<b>Tapwateropwekker</b>	Combitap CR
	Combitap VR
	Combitap HR
	Keukengeiser
	Badgeiser
	Combivat CR
	Combivat VR
	Combivat HR
	Gasboiler
	Elektrische boiler (>20 L)
	Warmtepomp boiler
	Externe warmtelevering
<b>Isolatie</b>	
<b>Gevelisolatie</b>	Geen gevelisolatie [m2]
	Wel gevelisolatie [m2]
	Gevelisolatie onbekend [m2]
<b>Paneelisolatie</b>	Geen paneelisolatie [m2]
	Wel paneelisolatie [m2]

Soort gegevens	Afzonderlijke variabelen
<b>Vloerisolatie</b>	Paneelisolatie onbekend [m2]
	Geen vloerisolatie [m2]
	Wel vloerisolatie [m2]
<b>Dakisolatie</b>	Vloerisolatie onbekend [m2]
	Geen dakisolatie [m2]
	Wel dakisolatie [m2]
<b>Kozijnen</b>	Dakisolatie onbekend [m2]
	Houten/kunststof kozijnen [m2]
	Kozijn metaal/therm [m2]
<b>Glas</b>	Kozijn metaal niet therm. [m2]
	Enkel glas [m2]
	Voorzetraam [m2]
	Dubbel glas [m2]
	HR-glas [m2]
	HR+ glas [m2]
<b>Deurisolatie</b>	HR++ glas [m2]
	Geen deurisolatie [m2]
	Wel deurisolatie [m2]
<b>Gegevens ramen (1 t/m 10)</b>	Naam (raam 1)
	Oppervlakte (raam 1)
	Orientatie (raam 1)
	Type glas (raam 1)
	Type kozijn (raam 1)

In het bestand kwamen woningen soms meerdere keren voor. Dit was het geval in circa 17,5% van alle cases. In de meeste gevallen was hier sprake van verschillende opnamedata. In overleg met Agentschap NL is besloten in die gevallen de gegevens behorend bij de laatste opnamedatum te gebruiken. Bij een dubbeling én een gelijke opnamedatum is de opname genomen waarin de meeste gegevens beschikbaar waren. In totaal resteerden ruim 700.000 woningen voor nadere analyse.

Een groot deel van het bestand bestaat uit woningen van corporaties. Qua verhouding tussen sociale huurwoningen en particuliere koopwoningen is het bestand dan ook niet representatief voor de Nederlandse woningvoorraad. Voor de besparingskengetallen is dat geen probleem omdat het woningtype of de eigendomsverhouding daarvoor niet bepalend is, zie ook hoofdstuk 2.

### Verbruiksgegevens

Aan de woningen uit de labeldatabase zijn door het CBS verbruiksgegevens (gas en elektriciteit) gekoppeld op adresniveau. Wat betreft het gasverbruik was de koppeling met de 'klantenbestanden' succesvol voor ruim 644.000 woningen, wat betreft elektriciteitsgebruik voor ruim 670.000 woningen. In bijlage 1 is een verslag opgenomen van een verkenning van de gebruikswaarde van de klantenbestanden die in het kader van dit onderzoek is uitgevoerd.

De verbruiksgegevens in de klantenbestanden zijn zogenaamde 'standaard jaarverbruiken'. Dit zijn schattingen van het jaarverbruik op basis van twee meterstanden (een uit hetzelfde en een uit het vorige jaar), die op een willekeurig moment in het jaar plaatsvinden. Er wordt gecorri-

geerd voor graaddagen. Voor het aanleveren van standaard jaarverbruiken bestaat regelgeving. De informatie die de verschillende netwerkbedrijven geven, verschilt daarom nauwelijks van elkaar. De datums van meteropnames zijn niet in de klantenbestanden opgenomen. Zonder deze informatie kan de werkelijke mutatie van verbruiken niet exact in de tijd worden vastgesteld. Dat introduceert enige onzekerheid voor de analyses. Hoe groot die onzekerheid precies is, kan niet worden vastgesteld. We gaan ervan uit dat eventuele verschillen elkaar uitmiddelen en dus niet tot systematische vertekeningen leiden. De meest recente beschikbare standaardjaarverbruiken hebben betrekking op 2009. Het bijbehorende verbruik is gebaseerd op het verschil tussen een meterstand uit 2009 en 2008.

Het merendeel van de woningopnames (96%) dateert uit de periode 2008-2010. Door deze gegevens te koppelen met verbruiksgegevens uit 2009 ontstaat enige onzekerheid. Het is namelijk mogelijk dat er na 2009 nog iets is veranderd (dat in de verbruiken nog niet tot uitdrukking kan komen, maar wel in de labelopname). Controles op verschillen tussen peildata leverden echter geen relevante verschillen op. We gaan er dan ook van uit dat dit slechts in beperkte mate kan doorwerken in de resultaten.

De analyses worden dus uitgevoerd op een databestand van ruim 600.000 woningen. Voor specifieke energiebesparende maatregelen kunnen de aantallen echter veel lager zal zijn. De aantallen waar de analyses betrekking op hebben worden steeds vermeld.

### 1.3 Analyses

De relaties tussen maatregelen en energiegebruik kunnen niet eenvoudig worden uitgerekend door gemiddelde verbruiken te vergelijken tussen bijvoorbeeld woningen met een HR-ketel en woningen met een VR-ketel. Immers, die woningen verschillen waarschijnlijk ook op allerlei andere kenmerken (zoals in de mate van voorkomen van dubbel glas bijvoorbeeld). Vergelijking van de gemiddelden zou dan leiden tot een overschatting van het effect van de maatregel HR-ketel. Het verbruik in de woningen met een HR-ketel is namelijk naar verwachting mede lager door andere maatregelen.

Om toch tot zinvolle uitspraken over besparingen en effecten te kunnen komen, is een uitgebreid analyseschema opgesteld waarin per maatregel wordt gespecificeerd voor welke selectie van woningen het effect wordt bepaald (bijvoorbeeld woningen met een HR-combitap), welke segmenten binnen de selectie worden onderscheiden (bijvoorbeeld een- en meergezinswoningen) en voor welke kenmerken van de woningen en andere maatregelen wordt gecontroleerd in de analyses. Die laatste kenmerken zijn zogenaamde 'controlevariabelen'. Dit zijn variabelen die het verband tussen twee andere variabelen beïnvloeden. Bij het controleren van variabelen wordt gekeken of de variabele invloed heeft op een (mogelijk) verband en zo ja, dan wordt die invloed rekenkundig 'weggepoetst'. In bijlage 2 wordt dit nader toegelicht. Belangrijke controlevariabelen naast andere maatregelen zijn bijvoorbeeld woninggrootte (hoe groter hoe meer gasverbruik bijvoorbeeld) en bouw/renovatiejaar (hoe recenter hoe beter geïsoleerd). Het analyseschema is hierna weergegeven.

Hierin kan worden teruggevonden:

- Welke maatregelen onderzocht zouden kunnen worden (indien gegevens beschikbaar);
- welke referentiesituaties (uitgangssituaties) en welke besparingssituaties moeten worden gedefinieerd;
- welke controlevariabelen van belang zijn bij de statistische analyse.

Maatregel	Eenheid besparingskengetal	Selectie	Segmentatie	Controle	Referentie
<b>Kierdichting</b>	m3 gasbesparing per m2 kozijn oppervlak	HR-combitap	Woningtype	(Kozijnoppervlakte) Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel, vloer en dak dat is geïsoleerd) <sup>1</sup> Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	Geen kierdichting
<b>HR-ketel</b>	% gasbesparing per woning	Combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel, vloer en dak dat is geïsoleerd) Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	1. VR-combiketel 2. CR-combiketel
1. HR-glas 2. HR+ glas 3. HR++ glas	m3 gasbesparing per m2 glasoppervlakte	HR-combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel, vloer en dak dat is geïsoleerd)	1. Enkel glas 2. Dubbel glas

<sup>1</sup> Waar in de database bij isolatie 'onbekend' is ingevoerd, zijn de woningen buiten de analyse gehouden.

<sup>2</sup> Paneel en gevelisolatie worden apart geanalyseerd.

<sup>3</sup> Als controlevariabelen worden steeds de isolatiegegevens van de overige bouwdelen genomen.

Maatregel	Eenheid besparingskengetal	Selectie	Segmentatie	Controle	Referentie
<b>Isolatie gevel<sup>2</sup></b>	m3 gasbesparing per m2 geïsoleerd gevelopervlak	HR-combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel vloer en dak dat is geïsoleerd) <sup>3</sup> Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	Geen gevelisolatie
<b>Isolatie dak</b>	m3 gasbesparing per m2 geïsoleerd dakoppervlak	HR-combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel vloer en dak dat is geïsoleerd) Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	Geen dakisolatie
<b>Isolatie vloer</b>	m3 gasbesparing per m2 geïsoleerd vloeroppervlakte	HR-combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel vloer en dak dat is geïsoleerd) Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	Geen vloerisolatie

<sup>2</sup> Paneel en gevelisolatie worden apart geanalyseerd.

<sup>3</sup> Als controlevariabelen worden steeds de isolatiegegevens van de overige bouwdelen genomen.

Maatregel	Eenheid besparingskengetal	Selectie	Segmentatie	Controle	Referentie
<b>Mechanische ventilatie</b>	Extra elektriciteitsverbruik in kWh per m2 gebruiksoppervlakte van de woning	Alle (ook warmtelevering)	Woningtype	Geen	Natuurlijke ventilatie
<b>Balansventilatie met warmterugwinning</b>	Extra elektriciteitsverbruik in kWh per m2 gebruiksoppervlak van de woning	Alle (ook warmtelevering)	Woningtype	Geen	Natuurlijke ventilatie
<b>Balansventilatie met warmterugwinning</b>	m3 gasbesparing per woning of per m2 gebruiksoppervlakte per woning	HR-combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel, vloer en dak dat is geïsoleerd) Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	
<b>Voorzetraam</b>	m3 gasbesparing per m2 glasoppervlakte	HR-combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel, vloer en dak dat is geïsoleerd)	Enkel glas
<b>Deurisolatie</b>	m3 gasbesparing per m2 deur	HR-combitap	Woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel, vloer en dak dat is geïsoleerd) Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	Geen deurisolatie

Maatregel	Eenheid besparingskengetal	Selectie	Segmentatie	Controle	Referentie
<b>Zonneboiler*</b>	m3 gasbesparing	HR-combitap	Geen of woningtype	Woninggrootte Bouwjaar of renovatiejaar Balansventilatie met WTW of ander ventilatiesysteem Isolatiegraad (% van m2 paneel, gevel, vloer en dak dat is geïsoleerd) Aandeel (% van m2 glasoppervlakte) HR-glas of dubbel glas	Geen zonneboiler
<b>Warmtepomp</b>	Elektriciteitsverbruik In kWh per woning	Individueel verwarmings-systeem	Woningtype	Woninggrootte	Geen warmtepomp

\*Voor zonneboilers kunnen geen besparingsgetallen berekend worden, omdat hierover in het energielabelbestand geen informatie beschikbaar is. Omdat geen Rc-waarden in de data beschikbaar zijn is bouwjaar ook als controlevariabele toegevoegd naast isolatiegraad. Die controle veronderstelt een lineair verband tussen bouwjaar en gasverbruik. In werkelijkheid is er een relatie tussen Rc-waarden en gasverbruik en bouwjaarklassen. Het verdient aanbeveling in een vervolgonderzoek te kijken of de controle beter verloopt als bouwjaarklassen worden gebruikt.

### Statistisch analysemodel

De invloed van de maatregelen op gas- of elektriciteitsverbruik per jaar zijn geanalyseerd in afzonderlijke analyses per maatregel.

De weergegeven waarden in navolgende hoofdstukken representeren de geschatte besparingen bij de gemiddelde waarden van de controlevariabelen in de selectie die voor de betreffende analyse is gebruikt. Doordat de selecties steeds verschillen per analyse (zie bovenstaand analyseschema) kunnen de verbruikswaarden per analyse ook iets verschillen (ze hebben betrekking op andere groepen van woningen). Voor een goed begrip moet worden opgemerkt dat dit niet betekent dat de resultaten alleen van toepassing zijn op woningen met de betreffende woninggrootte, bouwjaar. De uitwerking van de statistische controles wordt verder toegelicht in bijlage 2.

## 1.4 Berekende en werkelijke besparingen

De beschikbare gegevens laten het toe om de besparingskengetallen niet alleen op de werkelijke verbruiken (meterstanden) maar ook op de berekende verbruiken (volgens het energielabel) te bepalen met voornoemde methode. Daarmee kunnen we inzichtelijk maken in hoeverre de methode geschikt is om besparingskengetallen vast te stellen. Immers, bij de berekende verbruiken zouden plausibele kengetallen moeten ontstaan die vergelijkbaar zijn met theoretische kengetallen. Dat is echter niet noodzakelijk het geval omdat een aantal maatregelen – in het bijzonder isolatie – wordt benaderd door middel van bouwjaar en renovatie. Ook is het bij sta-

tistische correctie mogelijk dat er wordt 'over'gecorrigeerd doordat de toepassing van maatregelen waarvoor wordt gecontroleerd samenhangt met de toepassing van de maatregel waarvan het effect wordt bepaald. Ook is het mogelijk dat wordt 'onder'gecorrigeerd doordat er onbekende maatregelen of verschillen tussen woningen zijn die van invloed zijn op de uitkomst. Onjuist of onvolledig ingevoerde gegevens over woningen en maatregelen kunnen zowel tot onder- als overcorrectie leiden en zullen – zolang er geen systematische vertekeningen zijn – vooral bijdragen aan een grotere spreiding van besparingen.

De analyse van zowel berekende als werkelijke verbruiken geeft hoe dan ook de mogelijkheid om maatregelen te identificeren die meer of minder robuust zijn: waarvoor de werkelijke en berekende besparingsgetallen meer of minder verschillen. Er kan namelijk worden vergeleken op basis van identieke statistische modellen (waarin dezelfde onder- en overschattingen aan de orde zijn) op exact dezelfde dataset. Maatregelen die in werkelijkheid een besparing opleveren om en nabij de berekende besparing zijn dan robuust. Maatregelen waarvoor de verschillen groot zijn, zijn dat – blijkbaar – minder. De redenen voor de verschillen kunnen overigens divers zijn. Gedrag van bewoners biedt een verklaring. Maar ook meer technische en formele redenen (vereenvoudiging rekenmethodieken, interpretatieverschillen bij de opnamen, Rc-waarden die volgens stroomschema's worden bepaald etc.) kunnen hieraan bijdragen.

Om de plausibiliteit van de resultaten van de analyses op berekende verbruiken te toetsen, worden ze (waar mogelijk) vergeleken met de theoretische besparingen (hoofdstuk 2).

## 1.5 Gebouwgebonden elektriciteit

Waar in hoofdstuk 3 (berekende verbruiken) gesproken wordt van elektriciteitsverbruik, gaat het om gebouwgebonden elektriciteitsverbruik. Hierin is alleen het energiegebruik opgenomen ten behoeve van ruimteverwarming, de verwarming van tapwater en (mechanische of balans-ventilatie) ventilatie. Het energiegebruik ten behoeve van elektrische apparaten en dergelijke is hierin niet opgenomen. Daarmee verschillen deze verbruiken van de werkelijke verbruiken die in hoofdstuk 4 aan bod komen. Daar gaat het om totale elektriciteitsgebruiken, zowel gebouwgebonden als niet-gebouwgebonden, waardoor deze hoger zijn dan de theoretische gebruiken die in hoofdstuk 3 genoemd worden.

## 1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 komen de theoretische besparingen op basis van de energiebesparingsverkenner en analyse van ISSO-publicaties aan bod. Daarna presenteren we in hoofdstuk 3 de resultaten van de analyses op de berekende verbruiken en in hoofdstuk 4 worden de uitkomsten op de werkelijke verbruiken weergegeven. In bijlage 3 is het verslag opgenomen van de analyses op de bestanden WoON en HOME. Hoofdstuk 5 biedt een overzicht van alle resultaten en de conclusies die daaruit getrokken kunnen worden.



# Hoofdstuk 2

## Theoretische besparingsgetallen

In dit hoofdstuk worden de besparingsmaatregelen en de daaraan verbonden theoretische besparingen besproken, zoals die kunnen worden afgeleid uit de Energiebesparingsverkenner. Waar die bron geen uitsluitel gaf, is teruggegrepen op ISSO-publicatie 82.3.

Per besparingsmaatregel zijn de veronderstelde referentie- en besparingssituaties beschreven, hoe de theoretische besparing is bepaald en welke controlevariabelen van belang zijn.

Collectieve systemen zoals warmtelevering en gebouwgebonden WKK zijn input in de software voor labelopname, maar worden in dit project niet meegenomen omdat CBS in de klantenbestanden geen beschikking heeft over warmteverbruiken.

### 2.1 Ruimteverwarming en warm tapwater

De mate van isolatie bepaalt de absolute besparing van een HR-ketel, maar uitgedrukt in een percentage van het referentieverbruik zou het besparingsgetal in theorie gelijk moeten zijn. Isolatie beïnvloedt wel de verhouding tussen warmtevraag voor ruimteverwarming en tapwater en daarom kan het percentage per woningtype of afhankelijk van de isolatiegraad iets verschillend zijn. Dat geldt ook voor kierdichting en voor het ventilatiesysteem. Voor ruimteverwarming kan de efficiencywinst groter zijn dan voor tapwater. Wanneer de besparing in procenten wordt uitgedrukt dan doet gebruiksoppervlakte er niet toe. In de volgende tabel is de marge in m<sup>3</sup> gasbesparing bepaald door een woning met matige isolatie (hoge gasbesparing in m<sup>3</sup>) te nemen en een woning met goede isolatie (lage gasbesparing in m<sup>3</sup>). Een HR-combiketel kan ten opzichte van lokale verwarming tot een hoger gasverbruik leiden, de besparingscijfers zijn dan negatief.

De besparingsgetallen zijn berekend met de Energiebesparingsverkenner en gebaseerd op een vrijstaande woning, een tussenwoning en een maisonnette type hoek dak woning, met matige tot goede schilisolatie en gebouwd voor 1966. De besparingsgetallen in een situatie met een VR-ketel en geiser is alleen gebaseerd op een vrijstaande en een tussenwoning. Verder zijn de standaard (default) waarden aangehouden voor de bouwkundige en installatietechnische eigenschappen van de gekozen woningtypen.

In de labelopname moet worden aangegeven of het een combiketel met HR-WW-kwaliteitsverklaring betreft: een ketel met een hoger tapwaterrendement. Ook de temperatuur van het afgiftesysteem (radiatoren of vloerverwarming) heeft invloed op het systeemrendement van de verwarmingsinstallatie. In de gegevens die zijn gebruikt voor de analyses in navolgende hoofdstukken is geen informatie opgenomen over verhoogd tapwaterrendement of een lagetemperatuurafgiftesysteem (zie hoofdstuk 1). Daarvoor kan in de analyses niet worden gecontroleerd.

### Verwarming- en/of warm tapwaterinstallatie – conventioneel

Segmentatie: <b>Woningtype</b>	Referentiesituatie	Besparingssituatie	Besparing theorie	Controlevariabelen
Vrijstaande woning	Lokale gasverwarming en geiser	HR107-combitapketel	34–333 3–10%	<b>Mate van isolatie (matig-goed)</b> Lage temperatuurverwarming HR-WW-label Kierdichting Type ventilatiesysteem
Tussenwoning			(-12)–108 (-1.7%)–6,5 %	
Maisonnette type hoek dak			(-8) –167 (-1,1)–8,1%	
Vrijstaande woning	VR-ketel + geiser	HR107-combitapketel	174–521 13,6–15%	
Tussenwoning			102–261 12,6–14,4%	
Maisonnette type hoek dak			n.v.t.	
Vrijstaande woning	CR-combitapketel	HR107-combitapketel	457–951 24,4–29,3%	
Tussenwoning			350–575 27–33%	
Maisonnette type hoek dak			352–664 26–32,9%	
Vrijstaande woning	VR-combitapketel	HR107-combitapketel	211–559 15,9–16,1%	
Tussenwoning			137–295 16–16,2%	
Maisonnette type hoek dak			138–358 15,9–16,1%	

Niet alle combinaties van ruimteverwarming en warmtapwaterinstallaties kunnen we met de Energiebesparingsverkenner doorrekenen. Voor de vergelijking met de statistische analyses in hoofdstuk 3 en 4 is dit wel van belang. Daarom is ook een overzicht gemaakt van rendementen voor ruimteverwarming en warm tapwater op basis van ISSO-publicatie 82.3.

<b>Rendementen op bovenwaarde uit ISO 82.3</b>		
	Tapwater*	Ruimteverwarming
CR-combitap	42%	75%
VR-combitap	54%	85%
HR-combiketel	59%	95%
HR-combiketel met HR-WW-label	67,5%	95%
CR-solo	n.v.t.	75%
VR-solo	n.v.t.	85%
HR-solo	n.v.t.	95%
VR met keukengeiser	53%	85%
VR met badgeiser	56%	85%
VR met gasboiler	44%	85%
HR met badgeiser	56%	95%
HR met gasboiler	44%	95%

\* Overall rendement tapwater inclusief waakvlam en stilstandsverliezen

Uit de rendementsverschillen tussen de installaties kan een theoretische besparing worden berekend. De verhouding tussen de warmtevraag voor tapwater en de ruimteverwarming is daarbij van belang. In de tabel is verondersteld dat 80% van de warmtevraag voor ruimteverwarming is. Bij de besparing is tevens verondersteld dat het HR-combiketels met een hoog tapwaterrendement betreft (HR-WW-label), dat is ook in de energiebesparingsverkenner verondersteld. In de data uit de energielabeldatabase is niet vermeld of de HR-combiketels dit label hebben. De besparing van een HR-combiketel zonder HR-WW-label t.o.v. een VR-combiketel zou slechts 10% zijn.

		Besparingen		
Van (referentie)	Naar (besparingsmaatregel)	Tapwater	Ruimteverwarming	Totaal
CR-combitap	HR-combitap	38%	21%	24%
VR-combitap	HR-combitap	20%	11%	12%
VR met keukengeiser	HR-combitap	21%	11%	13%
VR met badgeiser	HR-combitap	17%	11%	12%
VR met gasboiler	HR-combitap	35%	11%	15%
HR met badgeiser	HR-combitap	17%	0%	3%
HR met gasboiler	HR-combitap	35%	0%	7%
CR-ketel (solo)	HR-ketel (solo)	0%	21%	17%
VR-ketel (solo)	HR-ketel (solo)	0%	11%	8%

De verhouding tussen tapwater en ruimteverwarming hangt af van het woningtype, de isolatiegraad en het aantal bewoners en gebruik van bad en douche.

## 2.2 Isolatie

In theorie is de besparing door isolatie uitgedrukt in m<sup>3</sup> per vierkante meter oppervlakte dat wordt geïsoleerd bij dezelfde sprong in Rc-waarden onafhankelijk van het woningtype of de isolatie van andere delen van de woning. Door na-isolatie wordt het warmteverlies door een

deel van de schil van de woning verminderd. Voor de besparing is de efficiency van de CV-ketel wel van belang. In deze paragraaf is verondersteld dat de woningen een HR-combiketel hebben.

### Gevelisolatie

De besparingsgetallen voor gevelisolatie zijn berekend met de Energiebesparingsverkenner en gebaseerd op een vrijstaande woning t/m 150 m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte,<sup>4</sup> een tussenwoning en een portiekflat type tussen midden woning. De referentiesituatie betreft woningen gebouwd voor 1966, waarbij de sprong van 5 cm naar 10 cm isolatie is gebaseerd op woningen van bouwjaar na 1988. Verder zijn de standaard (default) waarden aangehouden voor de bouwkundige en installatietechnische eigenschappen van de gekozen woningtypen en zijn 2 bewoners verondersteld.

De Rc-waarden zijn standaardwaarden gebaseerd op ISSO-publicatie 82.3 en kunnen afwijken van de waarden die worden gevonden in de labeldatabase, die gebaseerd zijn op andere (tussenliggende) Rc-waarden die in ISSO-publicatie 82.1 genoemd worden.

Conclusie is dat de besparing per m<sup>2</sup> gevel bij dezelfde sprong in Rc-waarden voor ieder woningtype hetzelfde is.

### Besparingskengetallen gevelisolatie

Segmentatie: woningtype	Referentiesituatie	Besparingssituatie	Besparing theorie / m <sup>2</sup>	Controlevariabelen
Vrijstaande woning	Ongeïsoleerd 0 cm Rc 0,36	Spouwmuurisolatie 5 cm Rc 1,61	958 m <sup>3</sup> / 118 m <sup>2</sup> 8 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup>	Oppervlakte bouwdeel HR-ketel (als selectie)
Tussenwoning			275 m <sup>3</sup> / 34 m <sup>2</sup> 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Portiekflat type tussen midden			207 m <sup>3</sup> / 26 m <sup>2</sup> 8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning	Ongeïsoleerd 0 cm Rc 0,36	Buitenmuurisolatie 8 cm Rc 2,36	1078 m <sup>3</sup> / 118m <sup>2</sup> 9 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning			310 m <sup>3</sup> / 34 m <sup>2</sup> 9 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Portiekflat type tussen midden			232 m <sup>3</sup> / 26 m <sup>2</sup> 9 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning	Matig geïsoleerd 5 cm Rc 1,61	Spouwmuurisolatie 8 cm Rc 2,36 Alleen woningen gebouwd na 1966	120 m <sup>3</sup> / 118 m <sup>2</sup> 1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning			35 m <sup>3</sup> / 34 m <sup>2</sup> 1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Portiekflat type tussen midden			25 m <sup>3</sup> / 26 m <sup>2</sup> 1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning	Matig geïsoleerd 5 cm Rc 1,61	Spouwmuurisolatie 10 cm Rc 2,86 Alleen woningen gebouwd na 1988	181 m <sup>3</sup> / 128 m <sup>2</sup> 1,4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning			58 m <sup>3</sup> / 42 m <sup>2</sup> 1,4 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Portiekflat type tussen midden			39 m <sup>3</sup> / 30 m <sup>2</sup> 1,3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	

<sup>4</sup> Deze aanname geldt voor de gehele rapportage voor vrijstaande woningen.

### Dakisolatie (hellend en plat)

De besparingsgetallen voor dakisolatie zijn berekend met de Energiebesparingsverkenner en gebaseerd op een vrijstaande woning, een tussenwoning en een maisonnette type tussen dak woning. De referentiesituatie betreft woningen gebouwd voor 1966, waarbij de sprong van 5 cm naar 10 cm isolatie is gebaseerd op woningen van bouwjaar na 1988. Installatie is een HR-combiketel.

Verder zijn de standaard (default) waarden in de Energiebesparingsverkenner aangehouden voor de bouwkundige eigenschappen van de gekozen woningtypen. De Rc-waarden zijn standaardwaarden gebaseerd op ISSO-publicatie 82.3 en kunnen afwijken van de waarden die worden gevonden in de labeldatabase, die gebaseerd zijn op andere (tussenliggende) Rc-waarden die in ISSO-publicatie 82.1 genoemd worden.

Conclusie is dat in theorie de besparing per m<sup>2</sup> dak bij dezelfde sprong in Rc-waarden voor ieder woningtype hetzelfde is. In werkelijkheid is wel van belang of de zolder verwarmd of onverwarmd is.

### Dakisolatie

Segmentatie: Woningtype (=type dak)	Referentiesituatie	Besparingssituatie	Besparing theorie / m <sup>2</sup>	Controlevariabelen
Vrijstaande woning (hellend)	Ongeïsoleerd 0 cm (Rc=0,22)	Dakisolatie 8 cm (Rc=2,22)	1263 m <sup>3</sup> / 96 m <sup>2</sup> 13 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Oppervlakte bouwdeel  HR-ketel (als selectie) Eventueel: Onverwarmde zolder
Tussenwoning (hellend)			723 m <sup>3</sup> / 55 m <sup>2</sup> 13 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Maisonnette type tussen dak (plat)			656 m <sup>3</sup> / 50 m <sup>2</sup> 13 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning (hellend)	Matig geïsoleerd 3 cm (Rc=0,97)	Dakisolatie 8 cm (Rc=2,22)	270 m <sup>3</sup> / 96 m <sup>2</sup> 2,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning (hellend)			154 m <sup>3</sup> / 55 m <sup>2</sup> 2,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Maisonnette type tussen dak (plat)			140 m <sup>3</sup> / 50 m <sup>2</sup> 2,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning (hellend)	Matig geïsoleerd 5 cm (Rc=1,47)	Dakisolatie 10 cm (Rc=2,72)	175 m <sup>3</sup> / 109 m <sup>2</sup> 1,6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning (hellend)			93 m <sup>3</sup> / 59 m <sup>2</sup> 1,6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Maisonnette type tussen dak (plat)			77 m <sup>3</sup> / 50 m <sup>2</sup> 1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	

### Beganegrondvloerisolatie

De besparingsgetallen voor vloerisolatie zijn berekend met de Energiebesparingsverkenner en gebaseerd op een vrijstaande woning, een tussenwoning en een 'overige flat' type tussen vloer woning. De referentiesituatie betreft woningen gebouwd voor 1966, waarbij de sprong van 0 cm naar 10 cm isolatie gebaseerd is op woningen uit de bouwperiode 1976-1988 en de sprong van 5 cm naar 10 cm isolatie op woningen van na 1988. Verder zijn de standaard (default) waarden aangehouden voor de bouwkundige en installatietechnische eigenschappen van de gekozen woningtypen. De Rc-waarden zijn standaardwaarden gebaseerd op ISSO-publicatie

82.3 en kunnen afwijken van de waarden die worden gevonden in de labeldatabase, die gebaseerd zijn op andere (tussenliggende) Rc-waarden die in ISSO-publicatie 82.1 genoemd worden. Conclusie is dat de besparing per m<sup>2</sup> vloer bij dezelfde sprong in Rc-waarden voor ieder woningtype hetzelfde is.

Segmentatie: Woningtype	Referentiesituatie	Besparingssituatie	Besparing theorie / m <sup>2</sup>	Controlevariabelen
Vrijstaande woning	Ongeïsoleerd 0 cm (Rc=0,15)	Beganegrandvloer- isolatie 8 cm (Rc=2,15)	186 m <sup>3</sup> / 73 m <sup>2</sup> 2,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Oppervlakte bouwdeel HR-ketel (als selectie)
Tussenwoning			109 m <sup>3</sup> / 43 m <sup>2</sup> 2,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Overige flat type tussen vloer			160 m <sup>3</sup> / 63 m <sup>2</sup> 2,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning	Ongeïsoleerd 0 cm (Rc=0,15)	Beganegrandvloer- isolatie 10 cm (Rc=2,65)	234 m <sup>3</sup> / 84 m <sup>2</sup> 2,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning			124 m <sup>3</sup> / 45 m <sup>2</sup> 2,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Overige flat type tussen vloer			190 m <sup>3</sup> / 70 m <sup>2</sup> 2,7 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning	Begane grondvloer- isolatie 5 cm (Rc=1,40)	Beganegrandvloer- isolatie 10 cm (Rc=2,65)	62 m <sup>3</sup> / 84 m <sup>2</sup> 0,7 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning			32 m <sup>3</sup> / 45 m <sup>2</sup> 0,7 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Overige flat type tussen vloer			60 m <sup>3</sup> / 84 m <sup>2</sup> 0,7 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	

### Isolerende beglazing

De besparingsgetallen voor isolerende beglazing zijn berekend met de Energiebesparingsverkenner en gebaseerd op een vrijstaande woning, een tussenwoning en een maisonnette hoek dak woning, gebouwd voor 1966, uitgaande van glasisolatie in alleen leefruimten en een HR-combiketel. In de verkenner is uitgegaan van houten/kunststofkozijnen (hebben dezelfde U-waarde). Gekozen is voor glas in alleen leefruimten, omdat bij glasisolatie in de gehele woning in de Energiebesparingsverkenner ook kierdichting wordt verondersteld die ook aan de besparing bijdraagt.

Conclusie is dat de besparing in m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> glas voor alle woningtypen gelijk is. Zo is in de tabel de besparing voor HR++ glas t.o.v. dubbel glas uitgedrukt in m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> glas voor ieder woningtype gelijk.

De oriëntatie van de woning beïnvloedt de besparing niet, want deze is in de referentiesituatie en in de besparingssituatie gelijk. Echter, wanneer we in de statistische analyse woningen met elkaar vergelijken met een verschillende oriëntatie zou dat wel uit kunnen maken. De genoemde U-waarden zijn isolatiewaarden voor alleen glas. In de labelopname wordt het type glas (HR++, HR+, dubbel met of zonder coating, voorzetglas of enkel glas) ingevuld en het type kozijn (hout, kunststof, metaal) die samen de U-waarde van het raam als geheel bepalen. Onduidelijk is welke aannames over het type kozijn gemaakt zijn in de Energiebesparingsverkenner.

De besparing door HR-glas, HR+ glas en 3-voudig HR-glas kan niet met de energiebesparingsverkenner worden berekend. HR-glas en HR+ glas vallen binnen de berekende besparingsintervallen voor HR++ glas.

De energiebesparingsverkenner laat geen verschil zien tussen de besparing van glasisolatie in leef- of slaapruidtes. In theorie en in de praktijk heeft wel of niet stoken in een ruimte wel invloed op de werkelijke besparing door isolerende beglazing. In de gegevens uit de energiabeldatabase is geen informatie bekend over de verdeling van aantallen m<sup>2</sup> glas in leefruimten en slaapruidten.

### Isolerende beglazing

Segmentatie: woningtype	Referentiesituatie	Besparingssituatie	Besparing m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup>	Controlevariabelen
Vrijstaande woning	Dubbel glas U=2,8	HR++ glas U=1,2	51 m <sup>3</sup> / 10 m <sup>2</sup> 5,1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Oppervlakte bouw- deel HR-ketel Eventueel: oriëntatie Slaap- en leefruimten Type kozijn
Tussenwoning			44 m <sup>3</sup> / 8,5 m <sup>2</sup> 5,2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Maisonnette tussen midden			45 m <sup>3</sup> / 8,9 m <sup>2</sup> 5,1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning	Enkel glas U=5,6	HR++ glas U=1,2	176 m <sup>3</sup> / 10 m <sup>2</sup> 17,6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Tussenwoning			150 m <sup>3</sup> / 8,5 m <sup>2</sup> 17,6 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Maisonnette tussen midden			156 m <sup>3</sup> / 8,9 m <sup>2</sup> 17,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Vrijstaande woning	Enkel glas U=5,6	Dubbel glas U=2,8	125 m <sup>3</sup> / 10 m <sup>2</sup> 12,5 m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup>	
Tussenwoning			106 m <sup>3</sup> / 8,5 m <sup>2</sup> 12,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	
Portiekflat type tussen midden			111 m <sup>3</sup> / 8,9 m <sup>2</sup> 12,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	

De U-waarde van voorzetramen is volgens ISSO 82.1 gelijk aan die van dubbel glas zonder coating. Voor voorzetramen kan dus als benadering het besparingsgetal gebruikt worden van dubbel glas ten opzichte van enkel glas.

### Deurisolatie

De besparing door deurisolatie kan niet met de besparingsverkenner worden bepaald maar is berekend op basis van formules voor transmissieverlies uit ISSO-publicatie 82.3. Als uitgegaan wordt van een deur grenzend aan buiten, dan is de besparing 12 m<sup>3</sup> gas per m<sup>2</sup> deur, voor een deur van 2,2 m<sup>2</sup> is dat 27 m<sup>3</sup> gasbesparing. Hierbij is aangenomen een gemiddeld gewenste binnentemperatuur in het stookseizoen van 20 graden, een gemiddeld ketelrendement (HR-combi) van 100% en een U-waarde van 2,0 voor een geïsoleerde deur en een U-waarde van 3,5 voor een ongeïsoleerde deur.

### Kierdichting (voor de gehele woning)

De besparingsgetallen voor kierdichting kunnen niet met de besparingsverkenner worden bepaald, maar zijn berekend op basis van de formules voor de berekening van het warmteverlies door ventilatie uit ISSO-publicatie 82.3. De besparingsgetallen zijn gebaseerd op een vrijstaan-

de woning en een tussenwoning, beide met hellend dak, en op een portiekflat met plat dak, alle gebouwd in de periode voor 1965. Kierdichting vermindert het ventilatieverlies, maar in welke mate is afhankelijk van het type ventilatiesysteem (natuurlijk, mechanisch of balansventilatie) en in hoeverre warmteterugwinning wordt toegepast. De ventilatieverliezen verminderen met 9 tot 16% in het geval van natuurlijke ventilatie en met 18 tot 25% in het geval van balansventilatie met warmteterugwinning. Van Builddesk heeft ECN van de gebruikte referentiewoningen de verschillende posten in de warmteverliesberekening gekregen die zijn gebruikt voor de berekeningen met de besparingsverkenner. Daarmee is bepaald welk deel van de warmtevraag veroorzaakt wordt door de ventilatieverliezen. De besparing op de ventilatieverliezen wordt hiermee vermenigvuldigd. Ook wordt rekening gehouden met het feit dat ruimteverwarming 80% van de gasvraag bepaalt en de warmtapwatervraag ca. 20% om de besparing op de gasvraag te bepalen.

	Warmteverliezen		Warmtewinsten		Warmtevraag ruimteverwarming [MJ]	Aandeel ventilatie t.o.v. ruimteverwarming
	transmissie [MJ]	ventilatie [MJ]	zon [MJ]	interne warmte- productie [MJ]		
Vrijstaand <1965	130384	39796	14271	23181	132728	30%
Tussenwoning < 1965	40949	17888	7323	10752	40762	44%
Portiekflat tussen midden < 1965	17492	8519	3766	6450	15796	54%

### Besparing op gasvraag door kierdichting

Segmentatie: Woningtype (= type dak) Type ventilatie	Referentiesituatie	Besparingssituatie	Besparing theorie	Controlevariabelen
Vrijstaande woning, natuurlijke ventilatie	Geen kierdichting	Kierdichting	4%	Gebruiksoppervlakte Aantal bouwlagen HR-ketel
Tussenwoning, natuurlijke ventilatie			5,5%	
Portiekflat, natuurlijke ventilatie			2%	
Vrijstaande woning, balansventilatie			6%	
Tussenwoning, balansventilatie			9%	
Portiekflat, balansventilatie			4%	

Volgens de ISSO-publicatie 82.1 wordt voor de Energie-indexberekening in de labelopname aangenomen dat er of volledige kierdichting is, of geen kierdichting. De labelopnemer zou volgens deze richtlijnen moeten aannemen dat er kierdichting is, als er:

- mechanische ventilatie is, of
- er zowel een afgedicht kruipruik, afgedichte leidingdoorvoeren en afgedichte open ramen zijn.



## 2.3 Ventilatie

### Balansventilatie

De besparing door balansventilatie kan niet met de besparingsverkenner worden bepaald, maar is berekend op basis van de formules voor de berekening van het warmteverlies door ventilatie uit ISSO-publicatie 82.3, net als bij kierdichting. De berekening is gemaakt voor een gemiddelde vrijstaande woning met hellend dak van 160 m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte en een gemiddelde portiekwoning met plat dak van 80 m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte. Verder zijn woningen verondersteld zonder kierdichting en zonder warmtepompboiler, beide maatregelen die de besparing door balansventilatie kunnen beïnvloeden. Als praktijkrendement van de warmteterugwinning bij balansventilatie is 0,9 aangenomen. In de praktijk is de besparing van balansventilatie optimaal bij kierdichting en zo ook in de praktijk toegepast. Echter door te kiezen voor geen kierdichting wordt alleen het effect van balansventilatie berekend.

De warmteverliezen door ventilatie zijn bij balansventilatie 38% (vrijstaande woning) tot 50% (portiekwoning) lager dan bij natuurlijke ventilatie of mechanische afzuiging. Ten opzichte van de gasvraag levert dit een besparing van 9 tot 11%.

Segmentatie: Woningtype	Referentiesituatie	Besparingssituatie	Besparing theorie	Controlevariabelen
Vrijstaand	Natuurlijke ventilatie	Balansventilatie met wtw	9% gasbesparing	Rendement warmteterugwinunit Kierdichting Gebruiksoppervlakte HR-ketel
Portiekwoning			11,5%	
Vrijstaand	Mechanische afzuiging	Balansventilatie met wtw	9%	
Portiekwoning			11,5%	

Naast een besparing op het gasverbruik moet rekening worden gehouden met het extra elektriciteitsverbruik van balansventilatie ten opzichte van andere ventilatiesystemen. Volgens de EPC-methodiek bedraagt het elektriciteitsgebruik per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte van balansventilatie 6,6 kWh met wisselstroom en 4,2 met gelijkstroom ventilator. Bij mechanische afzuiging is het extra elektriciteitsgebruik per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte 3,5 kWh met wisselstroom en 2,4 met gelijkstroom ventilator. Vraaggestuurde ventilatie wordt toegepast om het extra elektriciteitsverbruik te beperken. Natuurlijke ventilatie gebruikt uiteraard geen elektriciteit.

# Hoofdstuk 3

## Analyses berekende verbruiken

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten gepresenteerd van de statistische analyses waarmee het verband wordt gelegd tussen de afzonderlijke maatregelen en de berekende verbruiken binnen de energielabeldatabase. De uitkomsten dienen mede ter validatie van de gehanteerde analysemethode.

In dit hoofdstuk wordt per maatregel weergegeven wat de besparing is volgens de analyse van berekende verbruiken en welke spreiding daarin voorkomt, afhankelijk van de specifieke situatie. Steeds wordt eerst een blok basisgegevens vermeld: selectie, segmentatie, referentie, eenheid besparingsgetal en controlevariabelen. Ook worden de gemiddelde waarden voor de controlevariabelen genoemd. De besparingen in absolute verbruiken die aansluitend worden vermeld, hebben daar betrekking op. De woningen in de analyse (vermeld bij aantallen) voldoen aan de selectiecriteria en hebben geen ontbrekende gegevens op de controlevariabelen.

### 3.1 HR-combiketel t.o.v. VR- of CR-combiketel

#### Analysegegevens

##### Selectie:

- combitap
- individueel verwarmings- en tapwatersysteem

##### Segmentatie: woningtype (EG/MG)

##### Referentie: VR/CR-ketel

##### Eenheid besparingsgetal: gas in m3 per woning

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isolerend glas, aanwezigheid balansventilatie en kierdichting.

##### Gemiddelden controlevariabelen:

- woninggrootte = 89 m2
- bouwjaar = 1972
- aandeel gevelisolatie = 77%
- aandeel paneelisolatie = 78%
- aandeel vloerisolatie = 40%
- aandeel dakisolatie = 76%
- aandeel HR of dubbel glas = 78%

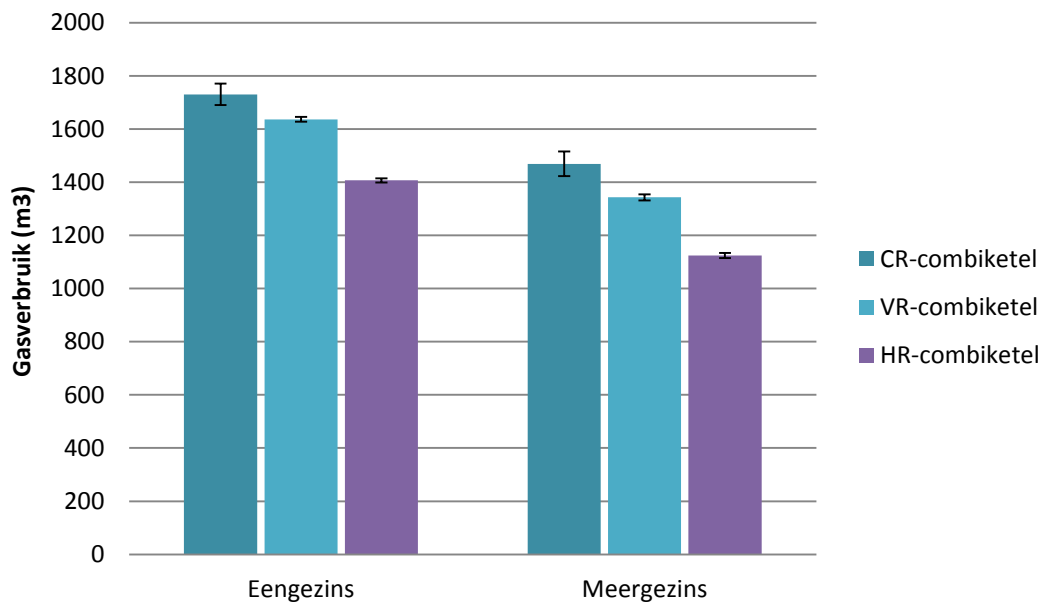
##### Aantal waarnemingen:

	HR	VR	CR
EG	114.657	37.535	636
MG	31.207	54.667	480

Het vervangen van een CR- of VR-combiketel door een HR-combiketel levert volgens de analyses op berekende verbruiken een significante gasbesparing op in zowel een- als meergezinswoningen. Ten opzichte van een CR-combiketel levert een HR-combiketel in eengezinswoningen gemiddeld een gasbesparing op van 323 kubieke meter per jaar (19%). In meergezinswoningen is dat op jaarbasis gemiddeld 344 kubieke meter (23%). Het verschil in besparing tussen eengezins- en meergezinswoningen is net niet significant zoals kan worden gezien aan de overlappende intervallen in besparingen in onderstaande tabel.

Ten opzichte van een VR-combiketel wordt met een HR-combiketel gemiddeld 229 kubieke meter gas bespaard in eengezinswoningen (14%) en 219 kubieke meter in meergezinswoningen (16%).

		Gasbesparing					
		in m3			in %		
		Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR t.o.v. CR	274,8	322,9	371,1	16,3%	18,7%	21,0%
	HR t.o.v. VR	212,1	229,2	246,2	13,0%	14,0%	15,0%
Meergezins	HR t.o.v. CR	288,7	344,4	400,2	20,3%	23,4%	26,4%
	HR t.o.v. VR	197,9	218,5	239,1	14,9%	16,3%	17,7%



### 3.2 HR-ketel solo t.o.v. VR- of CR-ketel solo

#### **Analysegegevens**

##### **Selectie:**

- Individueel verwarmings- en tapwatersysteem
- Woningen met keukengeiser, badgeiser of gasboiler

##### **Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

##### **Referentie:** VR- en CR-soloketel

##### **Besparingseenheid:** gas in m<sup>3</sup> per woning

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isolerend glas aanwezigheid van balansventilatie en kierdichting

##### **Gemiddelden controlevariabelen:**

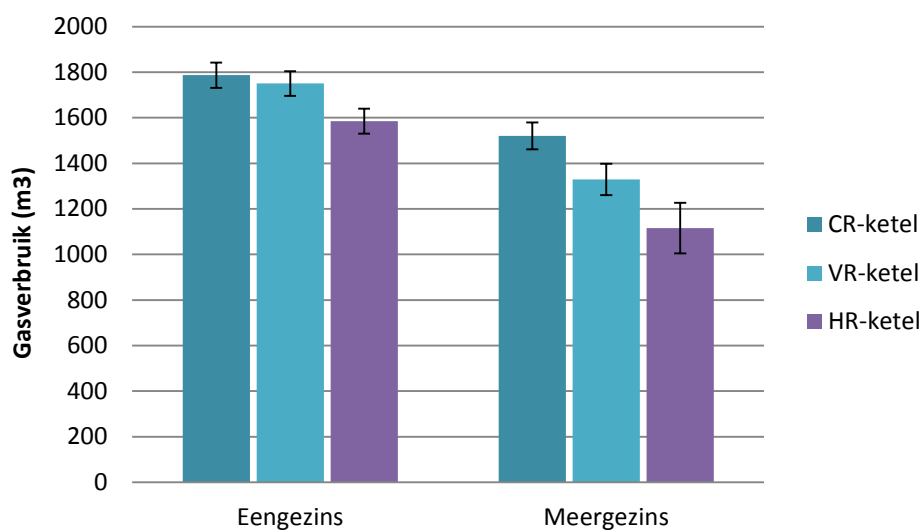
- woninggrootte = 85 m<sup>2</sup>
- bouwjaar = 1961
- aandeel gevelisolatie = 62%
- aandeel paneelisolatie = 65%
- aandeel vloerisolatie = 24%
- aandeel dakisolatie = 60%
- aandeel HR of dubbel glas = 68%

##### **Aantal waarnemingen:**

	HR	VR	CR
EG	1.341	4.328	2.652
MG	119	583	1.894

Een HR-ketel levert volgens de analyse op berekende verbruiken zowel in een- als in meergezinswoningen een gasbesparing op ten opzichte van VR- en CR-ketels. In eengezinswoningen bedraagt deze besparing respectievelijk gemiddeld 166 tot 202 kubieke meter per jaar.

In meergezinswoningen is dat op jaarbasis gemiddeld 215 tot 405 kubieke meter. Het verschil in besparing tussen een- en meergezinswoningen is net niet significant zoals kan worden gezien aan de overlappende intervallen in besparingen in de volgende tabel.



		Gasbesparing					
		in m3			in %		
		Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR t.o.v. CR	92,5	201,7	311,0	5,3%	11,3%	16,9%
	HR t.o.v. VR	57,2	165,7	274,1	3,4%	9,5%	15,2%
Meergezins	HR t.o.v. CR	235,0	404,8	574,5	16,1%	26,6%	36,4%
	HR t.o.v. VR	34,5	214,6	394,6	2,7%	16,1%	28,2%

### 3.3 HR-combiketel t.o.v. HR-solo of VR-solo

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** individueel verwarmings- en tapwatersysteem

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** HR- en VR-ketel i.c.m. keuken-/bad geiser of boiler

**Besparingseenheid:** gas in m3 per woning

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isolerend glas, aanwezigheid van balansventilatie en kierdichting

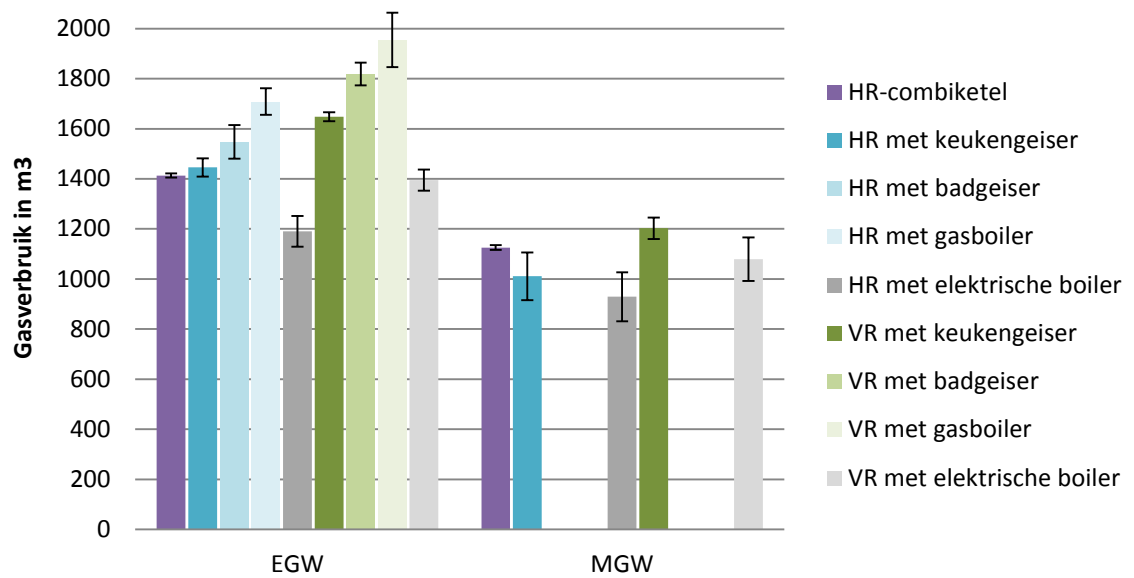
#### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 90 m<sup>2</sup>
- bouwjaar = 1972
- aandeel gevelisolatie = 77%
- aandeel paneelisolatie = 78%
- aandeel vloerisolatie = 42%
- aandeel dakisolatie = 75%
- aandeel HR of dubbel glas = 78%

#### **Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
HR combiketel	114.664	31.260
HR met keukengeiser	773	109
HR met badgeiser	219	6
HR met gasboiler	349	4
VR met keukengeiser	3.760	558
VR met badgeiser	485	19
VR met gasboiler	83	6

Een HR-combiketel levert volgens de analyse van berekende verbruiken een significante gasbesparing op ten opzichte van solo HR- of VR-ketels met een badgeiser of een gasboiler. Dit geldt zowel voor een- als voor meergezinswoningen. Wat betreft de combinatie HR-ketel/keukengeiser is er geen significant verschil ten opzichte van een HR-combiketel. Ten opzichte van de combinatie VR-ketel/keukengeiser levert een HR-combitap in meergezinswoningen een gasbesparing op van gemiddeld 77 kubieke meter per jaar.



		Gasbesparing					
		in m³			in %		
	HR-combiketel t.o.v.:	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR met keukengeiser*	-	-	-	-	-	-
	HR met badgeiser	59,6	134,8	209,9	4,0%	8,7%	13,0%
	HR met gasboiler	234,0	295,2	356,4	14,1%	19,1%	20,2%
	VR met keukengeiser	209,5	235,4	261,3	12,9%	14,3%	15,7%
	VR met badgeiser	352,3	405,9	459,5	19,9%	22,3%	24,6%
	VR met gasboiler	425,1	541,9	658,8	23,0%	27,7%	31,9%
Meergezins	HR met keukengeiser*	-	-	-	-	-	-
	HR met badgeiser	Te weinig waarnemingen			Te weinig waarnemingen		
	HR met gasboiler	Te weinig waarnemingen			Te weinig waarnemingen		
	VR met keukengeiser	24,8	77,3	129,7	2,1%	6,4%	10,4%
	VR met badgeiser	Te weinig waarnemingen			Te weinig waarnemingen		
	VR met gasboiler	Te weinig waarnemingen			Te weinig waarnemingen		

\* niet significant

### 3.4 Warmtepomp

#### 3.4.1 Opmerkingen vooraf

- In het analysebestand is niet aangegeven of de warmtepompen elektrisch zijn of op gas. Aangezien er in Nederland (nog) geen individuele warmtepompen op gas op de markt zijn, veronderstellen we dat alle warmtepompen elektrisch zijn, al dan niet met bijverwarming (op gas of elektriciteit).
- Uit de beschikbare gegevens is niet eenduidig op te maken of er naast de elektrische warmtepomp een gasgestookte bijverwarming aanwezig is voor momenten met een hoge warmtevraag. Hoewel in het bestand bij de warmtepompen wel onderscheid gemaakt wordt m.b.t. bijstook op gas en elektra (aparte categorieën), lijken de analyses erop te wijzen dat dit onderscheid niet consistent gemaakt is. Hieronder worden de (opmerkelijke) resultaten van de analyses beschreven.
- De analyse beperkt zich tot individuele warmtepompen. Collectieve warmtepompen zijn niet meegenomen omdat het energiegebruik van collectieve systemen geen onderdeel uitmaakt van de klantenbestanden, de klantenbestanden bevatten alleen het gas- en elektriciteitsverbruik van individuele woningen.

#### 3.4.2 Invloed op gasverbruik

##### Analysegegevens

**Selectie:** individueel verwarmings-en tapwatersysteem

**Segmentatie:** geen

**Referentie:** HR-combitap

**Besparingseenheid:** gas in m<sup>3</sup> per jaar

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, vloer en dak), aantal isolerend glas en kierdichting

##### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- Bouwjaar = 1973
- Woninggrootte = 90 m<sup>2</sup>
- Gevelisolatie = 78%
- Vloerisolatie = 42%
- Dakisolatie = 75%
- Isolerend glas = 78%

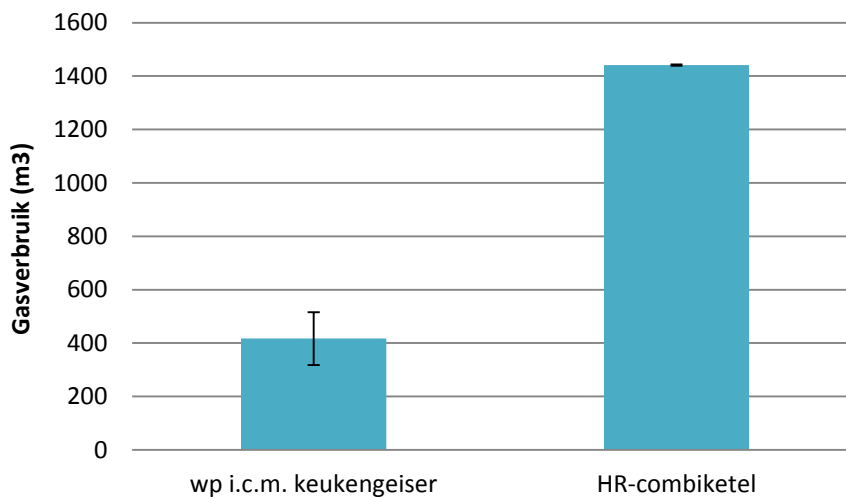
##### **Aantal waarnemingen:**

	N
wp i.c.m. keukengeiser	102
wp met gasbijstook i.c.m. HR-combitap	33
HR-combiketel	113.520



Volgens de berekende verbruiken is het gasverbruik in woningen met een warmtepomp in combinatie met een keukengeiser fors lager dan in woningen met een HR-combiketel.

Opmerkelijk is dat er geen berekende gasverbruiken beschikbaar zijn voor woningen waarin een warmtepomp (met bijstook op gas) gecombineerd wordt met een warmtepompboiler.



### 3.4.3 Invloed op elektriciteitsverbruik

#### Analysegegevens

**Selectie:** individueel verwarmings-en tapwatersysteem

**Segmentatie:** geen

**Referentie:** HR-combitap

**Besparingseenheid:** elektriciteit in kWh per jaar

**Controle:** woninggrootte en aanwezigheid van ventilatiesysteem

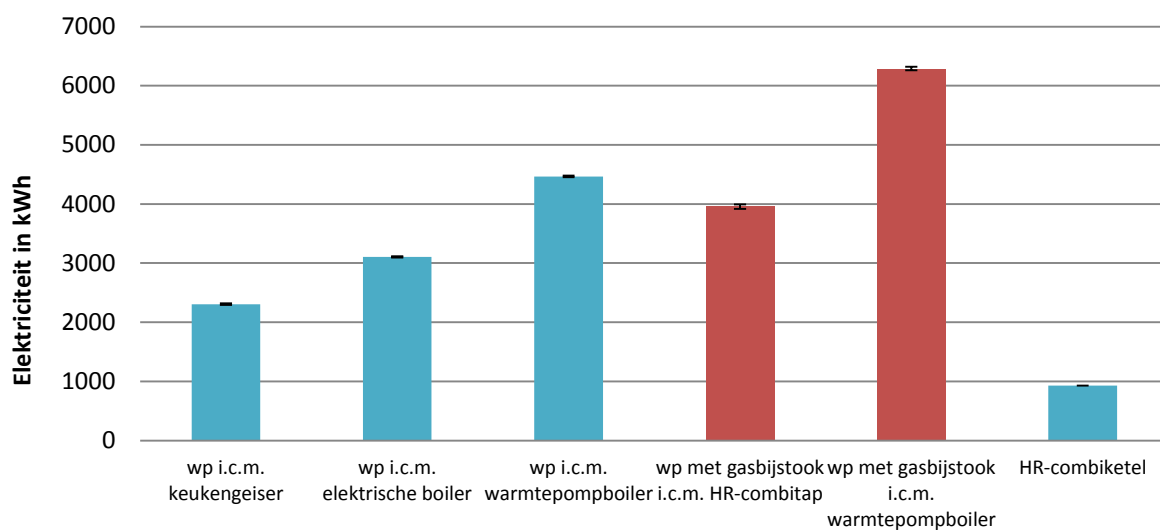
**Gemiddelden controlevariabelen:**

- Woninggrootte = 85 m²

**Aantal waarnemingen:**

	N
wp i.c.m. keukengeiser	459
wp i.c.m. elektrische boiler	572
wp i.c.m. warmtepompboiler	515
wp met gasbijstook i.c.m. HR-combitap	49
wp met gasbijstook i.c.m. warmtepompboiler	70
HR-combiketel	343001

Volgens de analyse op berekende verbruiken wordt met een warmtepomp significant meer elektriciteit gebruikt dan met een HR-combiketel. De mate waarin dat het geval is, hangt af van de tapwatervoorziening die naast de warmtepomp gebruikt wordt.



Opvallend is dat volgens de analyses op berekende verbruiken de warmtepomp met gasbijstook i.c.m. een warmtepompboiler meer elektriciteit gebruikt dan dezelfde combinatie zonder gasbijstook.

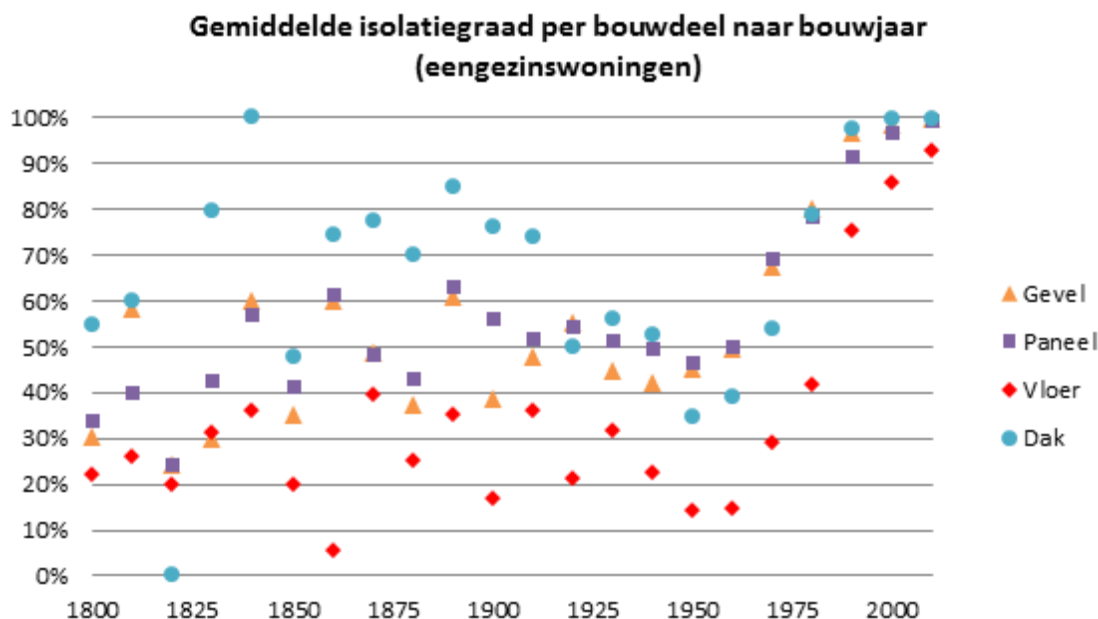
Daarnaast is opvallend dat de warmtepomp i.c.m. een elektrische boiler een lager elektriciteitsverbruik heeft dan de warmtepomp i.c.m. een elektrische warmtepompboiler. In principe zou een warmtepompboiler efficiënter moeten zijn dan een elektrische boiler. We vragen ons hier daarom af of met een elektrische boiler wellicht een kleine elektrische boiler in de keuken bedoeld wordt en met de elektrische warmtepompboiler een boiler met een groter vermogen voor warm tapwater (ook voor de douche).

## 3.5 Isolatie bouwdelen

### 3.5.1 Relatie met bouwjaar

In de energielabeldatabase is voor verschillende bouwdelen (gevels, panelen, vloeren en daken) het aantal vierkante meters opgenomen dat geïsoleerd is, niet geïsoleerd is of waarvan de isolatie onbekend is. De isolatiegraad is berekend door het aantal geïsoleerde vierkante meters te delen door de totale oppervlakte van het betreffende bouwdeel. Woningen waarvan (voor een deel) de isolatie van het bouwdeel onbekend is, zijn buiten beschouwing gelaten.

Als gekeken wordt naar de isolatiegraad van de bouwdelen, is een sterke samenhang te zien met het bouwjaar van in het bijzonder naoorlogse woningen. Navolgende figuur, waarin de gemiddelde isolatiegraad naar bouwjaar is weergegeven, laat zien dat in vooroorlogse woningen een redelijke variatie bestaat in de mate van isolatie. Dat hangt logischerwijs samen met renovatie. Daarna neemt de spreiding af en wordt de isolatiegraad voor alle bouwdelen geleidelijk hoger. Voor de gevel-, paneel- en dakisolatie geldt dat de gemiddelde isolatiegraad voor woningen die tegen het einde van de 20<sup>e</sup> eeuw gebouwd zijn, richting de 100% loopt.



### 3.5.2 Gevelisolatie

#### Analysegegevens

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen zonder panelen

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:** meergezinswoningen naar ligging in gebouw

**Besparingseenheid:** gas in m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> geïsoleerd oppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, m<sup>2</sup> vloerisolatie, m<sup>2</sup> dakisolatie, m<sup>2</sup> isolerend glas, glasoppervlak, geveloppervlak, vloeroppervlak, dakoppervlak, aanwezigheid balansventilatie.

**Aantal waarnemingen met gevelisolatie:**

Eengezins	53.790
Meergezins tussenwoning	43.149
Meergezins aan dak	3.186
Meergezins aan bg	2.668

Bij isolatiekengetallen worden geen besparingen met en zonder isolatie (als categorisch onderscheid) gegeven, maar de besparingen per m<sup>2</sup> geïsoleerd oppervlak (continu). Om die reden worden dan ook geen gemiddelde waarden voor de controlevariabelen vermeld. Die zijn hierbij niet van toepassing.

In de beschikbare gegevens uit de energielabeldatabase staat alleen hoeveel m<sup>2</sup> geveloppervlakte van de woning geïsoleerd is of ongeïsoleerd. Er zijn geen gegevens bekend over Rc-waarden en of het spouwmuurisolatie of buitengevelisolatie betreft.

Om voor zoveel mogelijk relevante factoren te kunnen controleren, zijn de meergezinswoningen opgesplitst in tussenwoningen, woningen grenzend aan het dak en woningen grenzend aan de begane grond. Bij de analyses voor de twee laatstgenoemde woningtypen is gecontroleerd voor respectievelijk het dakoppervlak en het vloeroppervlak, wat voor tussenwoningen vanzelfsprekend niet van toepassing is.

De analyse op basis van theoretische verbruiken wijst uit dat de isolatie van 1 vierkante meter gevel voor eengezinswoningen gemiddeld een gasbesparing oplevert van 0,18 kubieke meter per jaar. In meergezins tussenwoningen levert gevelisolatie per vierkante meter een gasbesparing op van 2,2 kubieke meter per jaar. Voor meergezinswoningen die aan het dak of de begane grond grenzen, zijn op basis van de theoretische verbruiken geen significante besparingen vast te stellen.

Gasbesparing (m3) per m2 geïsoleerd geveloppervlakte			
	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	0,01	0,18	0,35
Meergezins tussenwoning	2,00	2,21	2,42
Meergezins aan dak*	-	-	-
Meergezins aan bg*	-	-	-

\* niet significant

### 3.5.3 Paneelisolatie

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen met panelen

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:** meergezinswoningen naar ligging in gebouw

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 geïsoleerd oppervlak

**Controle:** m2 gevelisolatie, m2 vloerisolatie, m2 dakisolatie, m2 isolerend glas, glasoppervlak, paneeloppervlak, geveloppervlak, vloeroppervlak, dakoppervlak, woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, aanwezigheid balansventilatie

Bij isolatiekengetallen worden geen besparingen met en zonder isolatie (als categorisch onderscheid) gegeven, maar besparingen per m2 geïsoleerd oppervlak (continu). Om die reden worden dan ook geen gemiddelde waarden voor de controlevariabelen vermeld. Die zijn hierbij niet van toepassing.

**Aantal waarnemingen met paneelisolatie:**

Eengezins	56.469
Meergezins tussenwoning	43.293
Meergezins aan dak	3.962
Meergezins aan bg	2.447

Om voor zoveel mogelijk relevante factoren te kunnen controleren zijn de meergezinswoningen opgesplitst in tussenwoningen, woningen grenzend aan dak en woningen grenzend aan begane grond. Bij de analyses voor de twee laatstgenoemde woningtypen is gecontroleerd voor respectievelijk dakisolatie en vloerisolatie, wat voor tussenwoningen vanzelfsprekend niet nodig is.

Volgens de analyse op theoretische verbruiken levert paneelisolatie in eengezinswoningen per vierkante meter gemiddeld een gasbesparing op van ruim 18 kubieke meter per jaar. In meergezinswoningen die grenzen aan de begane grond is dat ruim 25 kubieke meter per jaar. Voor de overige meergezinswoningen is op basis van de theoretische verbruiken geen significante besparing vast te stellen voor paneelisolatie. Opvallend is dat paneelisolatie voor deze typen woningen een ongunstig effect zou hebben op het gasverbruik, dus een toename van het gasverbruik in plaats van een afname.

Gasbesparing (m3) per m2 geïsoleerd paneeloppervlakte			
	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	16,05	18,45	20,85
Meergezins tussenwoning*	-	-	-
Meergezins aan dak*	-	-	-
Meergezins aan bg	13,78	25,46	37,14

\* niet significant

### 3.5.4 Dakisolatie

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:**

- 1) meergezinswoningen grenzend aan dak
- 2) dakvorm (hellend/plat)

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 geïsoleerd oppervlak

**Controle:** m2 vloerisolatie, m2 gevel/paneelisolatie, m2 isolerend glas, vloeroppervlak, gevel-/paneeloppervlak, dakoppervlak, glasoppervlak, woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, aanwezigheid balansventilatie

Bij isolatiekengetallen worden geen besparingen met en zonder isolatie (als categorisch onderscheid) gegeven, maar besparingen per m2 geïsoleerd oppervlak (continu). Om die reden worden dan ook geen gemiddelde waarden voor de controlevariabelen vermeld. Die zijn hierbij niet van toepassing.

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Hellend dak	105.702	2.846
Plat dak	9.818	4.778

Op basis van de theoretische verbruiken levert dakisolatie een significante gasbesparing op voor eengezinswoningen. De grootte van de besparing is afhankelijk van het type dak. In eengezinswoningen met een hellend dak levert 1 vierkante meter isolatie een besparing op van

0,19 kubieke meter per jaar. Voor woningen met een plat dak bedraagt de gemiddelde gasbesparing ruim 1 kubieke meter.

In meergezinswoningen die grenzen aan een hellend dak levert dakisolatie volgens deze analyses geen besparing, maar juist een hoger gasverbruik op (van gemiddeld 2,6 kubieke meter per jaar). Deze uitkomst is niet plausibel en moet worden toegeschreven aan het ontbreken van informatie over de isolatiewaarden en daarmee samenhangende onvoldoende mogelijkheden om statistisch te controleren. Voor meergezinswoningen die aan een plat dak grenzen is geen significant effect van dakisolatie vast te stellen.

Gasbesparing (m3) per jaar per m2 geïsoleerd dakoppervlakte		Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	hellend dak	0,05	0,19	0,33
	plat dak	0,19	1,07	1,94
Meergezins	hellend dak**	1,91	2,59	3,28
	plat dak*	-	-	-

\* niet significant

\*\* effect in tegengestelde richting

### 3.5.5 Vloerisolatie

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:** meergezinswoningen aan begane grond

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 geïsoleerd oppervlak

**Controle:** m2 gevel/paneelisolatie, m2 dakisolatie, m2 isolerend glas, vloeroppervlak, gevel-/paneeloppervlak, dakoppervlak, glasoppervlak, woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, aanwezigheid balansventilatie

Bij isolatiekengetallen worden geen besparingen met en zonder isolatie (als categorisch onderscheid) gegeven, maar besparingen per m2 geïsoleerd oppervlak (continu). Om die reden worden dan ook geen gemiddelde waarden voor de controlevariabelen vermeld. Die zijn hierbij niet van toepassing.

**Aantal waarnemingen:**

EG	115.520
MG (begane grond)	5.319

Vloerisolatie levert volgens de analyse van theoretische verbruiken een significante gasbesparing op in zowel een- als meergezinswoningen. De gemiddelde besparing is in meergezinswoningen met 2,3 kubieke meter (per vierkante meter) iets groter dan in eengezinswoningen. Daarin levert 1 vierkante meter vloerisolatie volgens deze analyses gemiddeld een gasbesparing van 1,8 kubieke meter per jaar op.

Gasbesparing (m3) per m2 geïsoleerd vloeroppervlakte			
	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	1,66	1,79	1,93
Meergezins (BG)	1,81	2,30	2,80

### 3.6 Isolerend glas

#### 3.6.1 HR++ glas

##### **Analysegegevens**

##### **Selectie:**

- HR-combitap
- Individueel verwarmings- en tapwatersysteem

**Aanvullende selectie:** woningen waarin slechts 1 glassoort aanwezig is

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** enkel en dubbel glas

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 glasoppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen en vloer), aanwezigheid balansventilatie en kierdichting

##### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 83 m2
- bouwjaar = 1977
- aandeel gevelisolatie = 81%
- aandeel paneelisolatie = 84%
- aandeel vloerisolatie = 40%

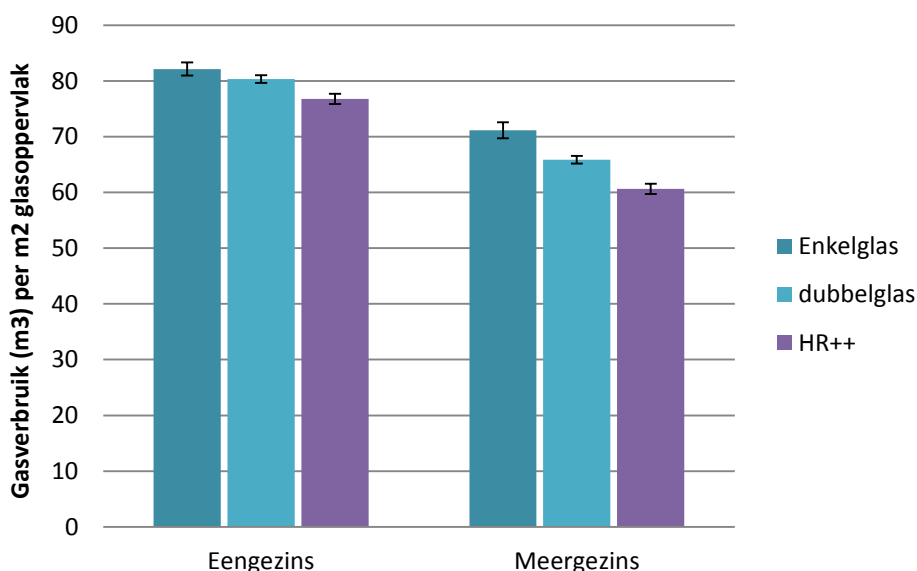
##### **Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Enkel glas	4.766	2.849
Dubbel glas	30.491	41.895
HR++ glas	17.487	15.278

In beide woningtypen levert HR++ glas volgens de analyse van berekende verbruiken een significante gasbesparing op ten opzichte van enkel en dubbel glas. Voor eengezinswoningen met HR++ glas ligt het gemiddelde jaarlijkse gasverbruik respectievelijk 5,4 en 3,6 kubieke meter lager. Voor meergezinswoningen is dat 10,5 en 5,2 kubieke meter.

		Gasbesparing					
		in m3			in %		
	HR++ t.o.v.:	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	enkel glas	3,28	5,37	7,45	4,1%	6,5%	8,9%
	dubbel glas	1,97	3,56	5,15	2,5%	4,4%	6,4%
Meergezins	enkel glas	8,16	10,52	12,88	11,7%	14,8%	17,7%
	dubbel glas	3,62	5,22	6,81	5,6%	7,9%	10,2%

Het verschil in besparing tussen een- en meergezinswoningen is significant voor de maatregel 'van enkel glas naar HR++ glas'. Daar is geen technische verklaring voor. Wel is het zo dat isolerend glas meer besparing oplevert in verwarmde ruimten (bijvoorbeeld woonkamer) dan in onverwarmde ruimten (bijvoorbeeld slaapkamers). Waarschijnlijk zijn er in meergezinswoningen minder onverwarmde ruimten dan in eengezinswoningen en levert HR++ glas daardoor gemiddeld in de gehele woning meer besparing op. Mogelijk is er sprake van een verschil in de effectiviteit van de statistische controles voor een- en meergezinswoningen. Ook kunnen problemen in de registratie (welk type glas is toegepast) hebben bijgedragen aan deze verschillen.





### 3.6.2 Soorten HR-glas

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen waarin slechts 1 glassoort aanwezig is

**Segmentatie:** EG/MG

**Referentie:** HR(+)-glas

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 glasoppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (panelen en vloer), aanwezigheid balansventilatie

**Gemiddelden controlevariabelen:**

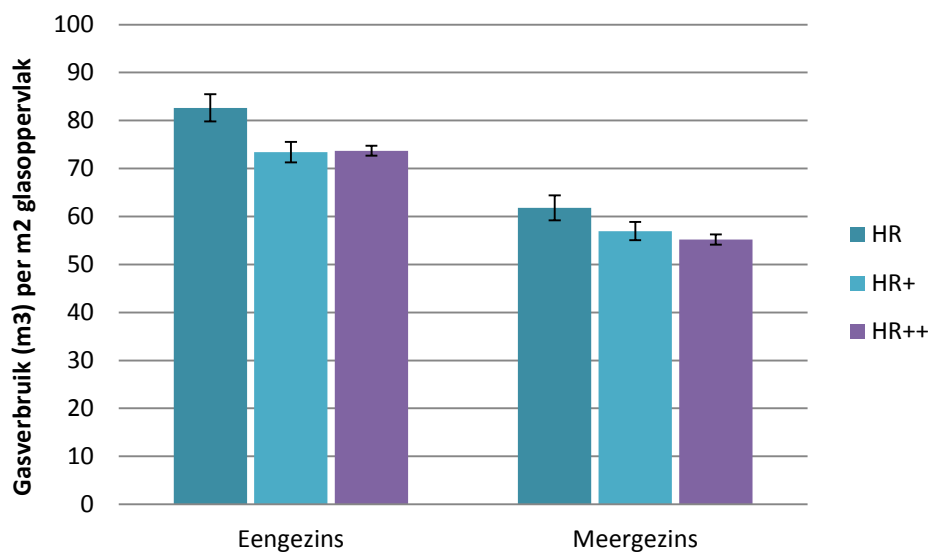
- woninggrootte = 83 m2
- bouwjaar = 1977
- aandeel paneelisolatie = 85%
- aandeel vloerisolatie = 37%

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
HR	636	731
HR+	1.161	1.382
HR++	8.783	5.953

De analyse op berekende verbruiken laat zien dat het gemiddelde gasverbruik in een- en meer-gezinswoningen met HR+ of HR++ glas lager ligt dan het gasverbruik in woningen waarin 'ge-woon' HR-glas aanwezig is. HR++ glas levert ten opzichte van HR+ glas geen significante gasbesparing op. In eengezinswoningen met HR++ glas ligt het gemiddelde gasverbruik een fractie hoger dan in eengezinswoningen met HR+ glas, maar dit verschil is niet significant.

Deze uitkomst is niet plausibel en moet vermoedelijk worden toegeschreven aan de combinatie van problemen in de registratie (welk type glas is toegepast) en het ontbreken van informatie over de isolatiewaarden en daarmee samenhangende onvoldoende mogelijkheden om in de analyse statistisch te controleren.



		Gasbesparing					
		in m3			in %		
		Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR+ t.o.v. HR	4,24	9,2	14,20	5%	11%	17%
	HR++ t.o.v. HR	5,10	8,9	12,78	6%	11%	15%
	HR++ t.o.v. HR+ *	-	-	-	-	-	-
Meergezins	HR+ t.o.v. HR	0,29	4,8	9,35	0%	8%	15%
	HR++ t.o.v. HR	2,91	6,6	10,24	5%	11%	16%
	HR++ t.o.v. HR+ *	-	-	-	-	-	-

\* niet significant

### 3.6.3 Voorzetramen

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen waarin slechts 1 glassoort aanwezig is

**Segmentatie:** geen

**Referentie:** enkel glas

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 glasoppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevel/vloer/dak)

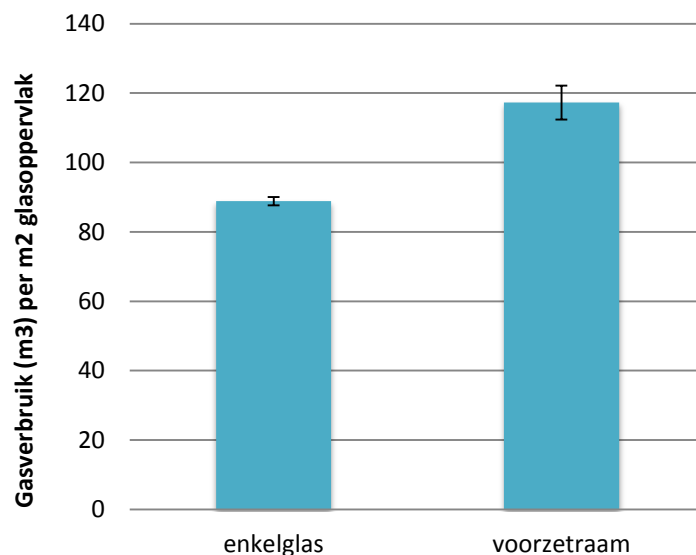
#### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 90 m2
- bouwjaar = 1961
- aandeel gevelisolatie = 47%
- aandeel vloerisolatie = 33%
- aandeel dakisolatie = 50%

#### **Aantal waarnemingen:**

Enkel glas	4.416
Voorzetraam	277

Ervan uitgaande dat voorzetramen alleen gebruikt worden bij enkel glas, mag verwacht worden dat het gasverbruik in woningen waar geen voorzetramen aanwezig zijn, hoger is. Op basis van de berekende verbruiken wordt echter een tegengesteld resultaat gevonden, ook als wordt gecontroleerd voor kierdichting en kozijntype. Deze uitkomst is daarmee niet waarschijnlijk.



	Gasverbruik (m3) per m2 glasoppervlakte		
	Ondergrens	Gemiddeld	Bovengrens
Enkel glas	90,14	91,46	92,78
Voorzetraam	111,17	117,34	123,52

Deze uitkomst is niet plausibel en moet vermoedelijk worden toegeschreven aan de combinatie van problemen in de registratie (wanneer is sprake van een voorzetraam) en onvoldoende mogelijkheden om in de analyse statistisch te controleren voor in het bijzonder isolatiewaarden.

### 3.7 Kierdichting

#### **Analysegegevens**

##### **Selectie:**

- HR-combitap
- individueel verwarmings- en tapwatersysteem

##### **Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

##### **Referentie:** geen kierdichting

##### **Eenheid besparingsgetal:** gas in m3 per m2 kozijnoppervlak

##### **Controle:** woninggrootte, bouw/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isolerend glas, aanwezigheid balansventilatie

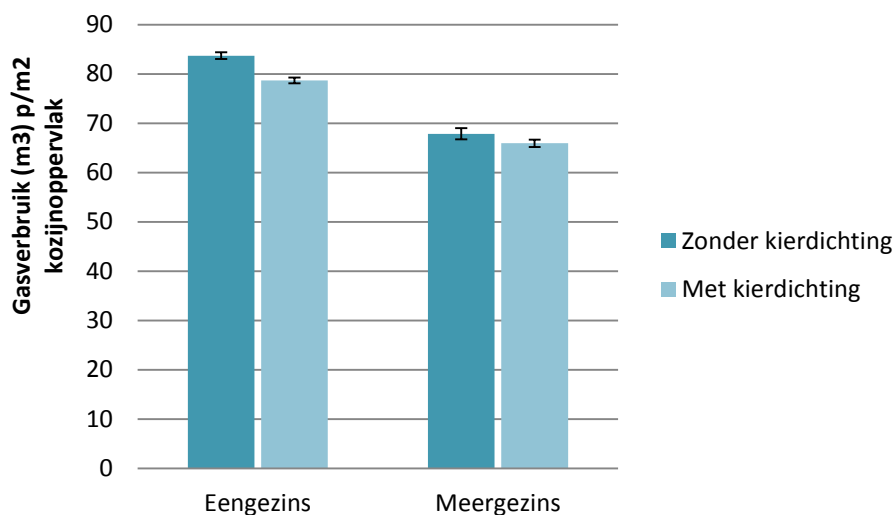
##### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 90 m2
- bouwjaar = 1973
- aandeel gevelisolatie = 78%
- aandeel paneelisolatie = 78%
- aandeel vloerisolatie = 43%
- aandeel dakisolatie = 75%
- aandeel HR of dubbel glas = 79%

##### **Aantal waarnemingen in deze analyse:**

	EG	MG
Met kierdichting	82.589	25.679
Zonder kierdichting	32.030	5.545

De analyse op berekende verbruiksgegevens laat zien dat het aanbrengen van kierdichting een significante invloed heeft op het gasverbruik in zowel een- als meergezinswoningen. In eengezinswoningen levert kierdichting gemiddeld een gasbesparing op van 5 kubieke meter per jaar per m2 kozijnoppervlakte, wat neerkomt op een gemiddelde besparing van 6%. In meergezinswoningen is dat gemiddeld 2 kubieke meter, wat een gasbesparing van gemiddeld 3% betekent.



Gasbesparing per m2 kozijnoppervlakte						
	in m3			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	3,74	5,03	6,33	4,5%	6,0%	7,5%
Meergezins	0,06	1,94	3,82	0,1%	2,9%	5,5%

### 3.8 Deurisolatie

#### Analysegegevens

**Selectie:** HR-combitap

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG tussen)

**Referentie:** geen deurisolatie

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 deuroppervlak

**Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 94 m2
- bouwjaar = 1971
- aandeel gevelisolatie = 77%
- aandeel vloerisolatie = 51%
- aandeel dakisolatie = 71%
- aandeel HR of dubbel glas = 76%

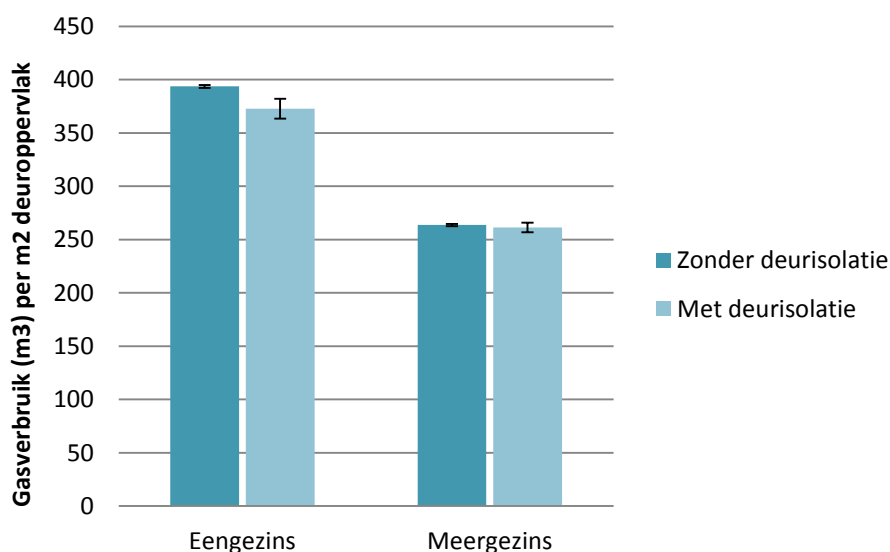
**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG tussen
Met deurisolatie	5.384	5.673
Zonder deurisolatie	106.975	82.960

De isolatie van deuren levert volgens de analyse op berekende verbruiken in eengezinswoningen een gemiddelde gasbesparing op van 21 kubieke meter (5,6%). In meergezinswoningen levert deurisolatie volgens deze analyse geen significant verschil in gasverbruik op.

	Gasbesparing per m2 kozijnoppervlakte					
	in m3			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	10,20	20,88	31,57	2,6%	5,6%	8,0%
Meergezins*	-	-	-	-	-	-

\* niet significant



### 3.9 Mechanische afzuiging (niet vraaggestuurd)

#### 3.9.1 Invloed op elektriciteitsgebruik

##### Analysegegevens

**Selectie:** alles (ook warmtelevering)

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** natuurlijke ventilatie

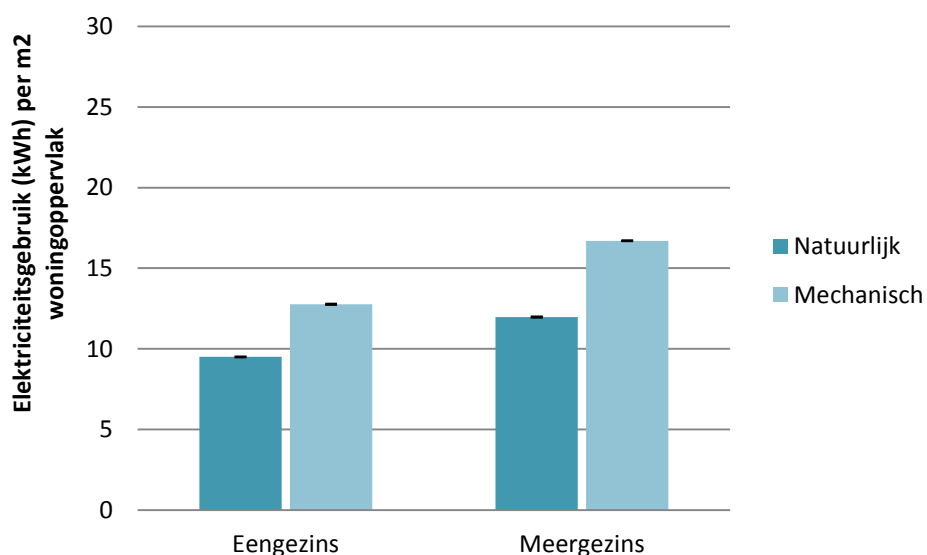
**Besparingseenheid:** gebouwgebonden elektriciteit in kWh per m2 woningoppervlak

**Controle:** geen

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	214.368	122.780
Mechanische afzuiging	114.266	230.992

In woningen waarin mechanische afzuiging aanwezig is, wordt volgens de theoretische gebruiken meer elektriciteit gebruikt dan in woningen waarin alleen op natuurlijke wijze geventileerd wordt. In eengezinswoningen wordt per jaar gemiddeld 3,3 kilowattuur per m<sup>2</sup> woningoppervlakte meer gebruikt (34%), in meergezinswoningen is dat gemiddeld 4,7 kilowattuur (40%). Volgens de analyses op de berekende verbruiken levert mechanische ventilatie ten opzichte van natuurlijke ventilatie een meerverbruik op van gemiddeld 3,3 kilowattuur per jaar in eengezinswoningen en 4,7 kilowattuur in meergezinswoningen.



	Meerverbruik elektriciteit per m <sup>2</sup> woningoppervlakte					
	in kWh			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	3,18	3,26	3,33	33,4%	34,2%	35,1%
Meergezins	4,66	4,73	4,80	38,8%	39,5%	40,2%

### 3.9.2 Invloed op gasverbruik

#### Analysegegevens

**Selectie:** alle woningen (ook met warmtelevering)

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** natuurlijke ventilatie

**Besparingseenheid:** gasverbruik in m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> woningoppervlak

**Controle:** bouwjaar, isolatie gevel/paneel/vloer/dak, isolerend glas en aanwezigheid van kierdichting.

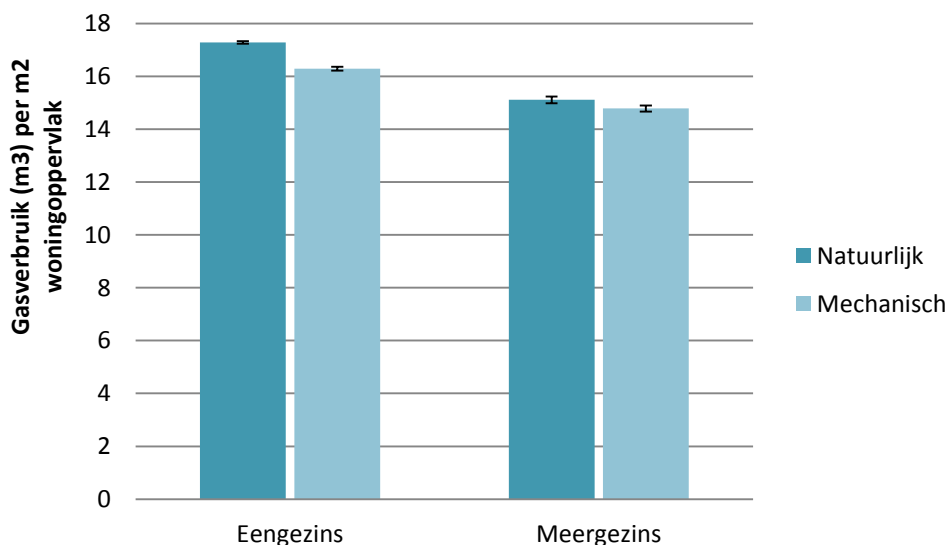
#### Gemiddelden controlevariabelen:

- Bouwjaar = 1972
- Aandeel gevelisolatie = 77%
- Aandeel paneelisolatie = 78%
- Aandeel vloerisolatie = 42%
- Aandeel dakisolatie = 74%
- Aandeel HR of dubbel glas = 78%

#### Aantal waarnemingen:

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	67.561	9.667
Mechanische afzuiging	43.423	19.516

Hoewel mechanische ventilatie in theorie geen gasbesparende maatregel is, wordt op basis van de berekende verbruiken gevonden dat het gemiddelde gasverbruik in woningen met een mechanisch afzuigstelsel lager ligt dan in woningen waarin alleen natuurlijke ventilatie aanwezig is. In eengezinswoningen ligt het verbruik gemiddeld 1 kubieke meter (6%) lager en in meergezinswoningen is dat gemiddeld een derde kubieke meter (2%).





Gasbesparing per m2 woningoppervlakte						
	in m3			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	0,86	0,99	1,11	5,0%	5,7%	6,4%
Meergezins	0,08	0,33	0,57	0,6%	2,2%	3,7%

### 3.10 Balansventilatie met wtw

#### 3.10.1 Invloed op gasverbruik

##### Analysegegevens

##### Selectie:

- HR-combiketel
- Individueel verwarmings- en tapwatersysteem

##### Segmentatie: EG/MG

##### Besparingseenheid: gas in m3 per m2 woningoppervlakte

##### Referentie: natuurlijke ventilatie

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar, isolatie gevel/paneel/vloer/dak en aanwezigheid van kierdichting

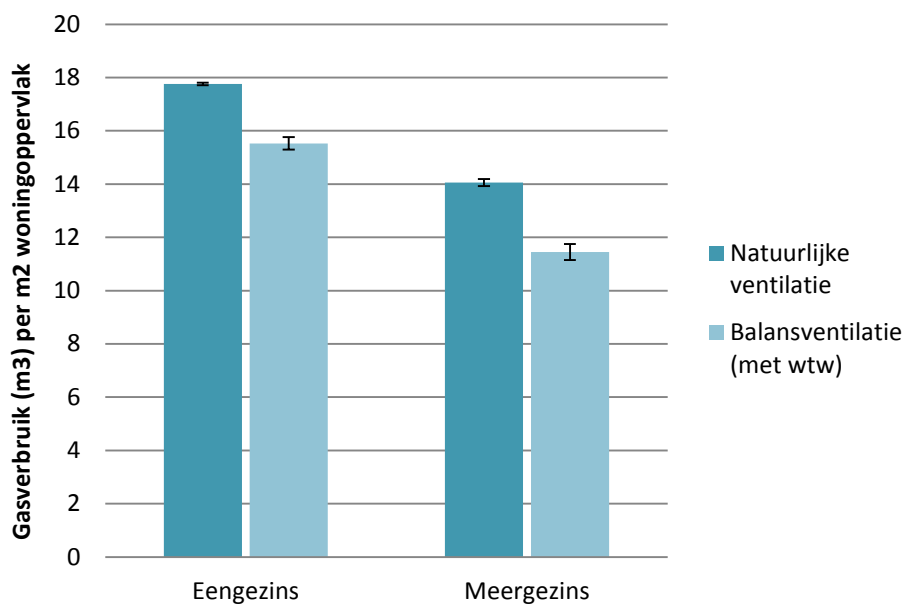
##### Gemiddelden controlevariabelen:

- woninggrootte = 89 m2
- bouwjaar = 1966
- aandeel gevelisolatie = 68%
- aandeel paneelisolatie = 69%
- aandeel vloerisolatie = 35%
- aandeel dakisolatie = 65%

##### Aantal waarnemingen:

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	67.688	9.670
Balansventilatie	2.822	1.727

De analyse op basis van berekende verbruiken laat zien dat balansventilatie zowel in een- als in meergezinswoningen een gasbesparing oplevert. In eengezinswoningen is dat een jaarlijkse besparing van gemiddeld 2,2 kubieke meter (14%). In meergezinswoningen wordt met balansventilatie met gemiddeld 2,6 kubieke meter (22%) iets meer gas bespaard.



	Gasbesparing per m² woningoppervlakte					
	in m³			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	1,94	2,23	2,52	11,0%	12,6%	14,1%
Meergezins	2,17	2,61	3,04	15,6%	18,6%	21,5%

### 3.10.2 Invloed op elektriciteitsgebruik

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** woningen zonder warmtepomp of elektrische boiler (incl. warmtelevering)

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** natuurlijke ventilatie

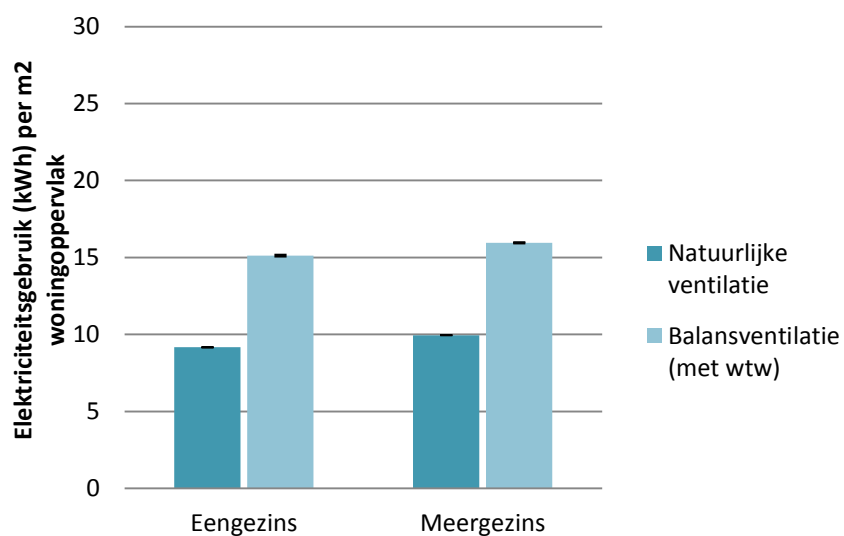
**Besparingseenheid:** gebouwgebonden elektriciteit in kWh per m² woningoppervlak

**Controle:** geen

#### **Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	211.318	114.059
Balansventilatie	4.726	10.493

Op basis van berekende verbruiken blijkt het gebouwgebonden elektriciteitsgebruik in woningen met balansventilatie gemiddeld hoger dan in woningen waarin alleen op natuurlijke wijze geventileerd wordt. Zowel in een- als in meergezinswoningen wordt gemiddeld bijna 6 kilowattuur per jaar meer gebruikt. In eengezinswoningen is dat een verschil van 63% en in meergezinswoningen van 48%. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat niet gecontroleerd is voor huishoudenskenmerken zoals het aantal personen en de aanwezigheid en het gebruik van elektrische apparaten.



Meerverbruik elektriciteit (gebouwgebonden) per m2 woningoppervlakte						
	in kWh			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	5,88	5,96	6,03	64,1%	65,0%	65,8%
Meergezins	5,95	6,01	6,06	59,8%	60,4%	61,0%

# Hoofdstuk 4

## Analyses gemeten verbruiken

In dit hoofdstuk wordt de relatie gelegd tussen de maatregelen die zijn opgenomen in de energielabeldatabase en de gemeten verbruiken. De analyses zijn identiek aan die in het voorgaande hoofdstuk. Verschillen hebben uitsluitend betrekking op de verbruiksgegevens: werkelijk (dit hoofdstuk) en berekend (vorig hoofdstuk).

De analysegegevens in de kaders aan het begin van iedere paragraaf zijn in dit hoofdstuk anders dan in hoofdstuk 2. Omdat niet van alle adressen in de energielabeldatabase een werkelijk verbruik in de klantenbestanden beschikbaar is, zijn de analyses toegepast op een iets kleiner aantal waarnemingen. De gemiddelde kenmerken van het cluster van waarnemingen kan dan ook verschillen met die in hoofdstuk 2.

### 4.1 HR-combiketel t.o.v. VR- en CR-combiketel

#### Analysegegevens

**Selectie:** combitap

- Individueel verwarmings- en tapwatersysteem

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** VR/CR-combiketel

**Eenheid besparingsgetal:** m3 gas per woning

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isolerend glas, aanwezigheid balansventilatie en kierdichting.

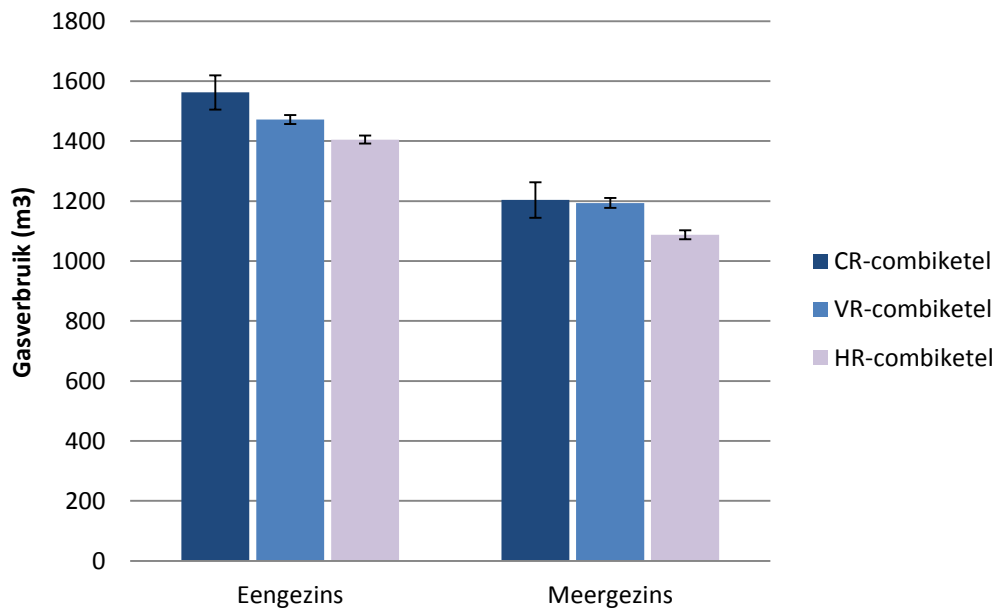
**Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 90 m<sup>2</sup>
- bouwjaar = 1972
- aandeel gevelisolatie = 76%
- aandeel paneelisolatie = 79%
- aandeel vloerisolatie = 37%
- aandeel dakisolatie = 77%
- aandeel HR-of dubbel glas = 77%

**Aantal waarnemingen:**

	HR	VR	CR
EG	60248	20498	362
MG	17646	11391	341

Het vervangen van een CR- of VR-combiketel door een HR-combiketel levert een significante gasbesparing op in zowel een- als meergezinswoningen. Ten opzichte van een CR-combiketel levert een HR-combiketel in eengezinswoningen gemiddeld een gasbesparing op van 157 kubieke meter per jaar (10%). In meergezinswoningen is dat op jaarbasis gemiddeld 116 kubieke meter (10%). Ten opzichte van een VR-combiketel wordt met een HR-combiketel gemiddeld 67 kubieke meter gas bespaard in eengezinswoningen (5%) en 106 kubieke meter in meergezinswoningen (9%).



		Gasbesparing					
		in m3			in %		
		Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR t.o.v. CR	86,5	157,0	227,6	5,7%	10,1%	14,1%
	HR t.o.v. VR	39,1	67,0	94,9	2,7%	4,6%	6,4%
Meergezins	HR t.o.v. CR	41,8	116,1	190,4	3,7%	9,6%	15,1%
	HR t.o.v. VR	74,8	106,2	137,7	6,4%	8,9%	11,4%

Het verschil in besparing tussen een- en meergezinswoningen is niet significant voor de maatregel 'HR t.o.v. CR' zoals kan worden gezien aan de overlappende intervallen in besparingen in de volgende tabel. Voor de maatregel HR t.o.v. VR is het een grensgeval (ondergrens van 6,4% bij meergezinswoningen is gelijk aan de bovengrens van 6,4% bij eengezinswoningen). De indruk bestaat dat aan deze verschillen geen inhoudelijke betekenis moet worden toegekend. Gelet op het groter aantal waarnemingen bij de eengezinswoningen, gaan we ervan uit dat die inschatting het meest betrouwbaar is.

## 4.2 HR-ketel solo t.o.v. VR- of CR-solo

### Analysegegevens

#### Selectie:

- Individueel verwarmings- en tapwatersysteem
- Woningen met keukengeiser, badgeiser of gasboiler

#### Segmentatie: woningtype (EG/MG)

#### Referentie: VR- en CR-soloketel

#### Besparingseenheid: gas in m3 per woning

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isolerend glas, aanwezigheid van balansventilatie en kierdichting

#### Gemiddelden controlevariabelen:

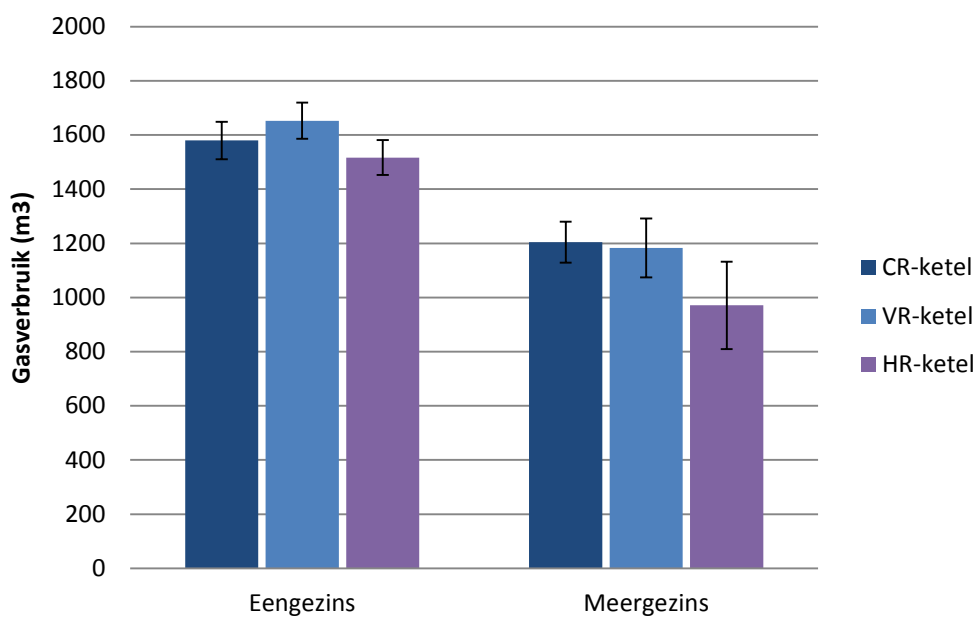
- woninggrootte = 91 m<sup>2</sup>
- bouwjaar = 1964
- aandeel gevelisolatie = 63%
- aandeel paneelisolatie = 69%
- aandeel vloerisolatie = 25%
- aandeel dakisolatie = 63%
- aandeel HR of dubbel glas = 70%

#### Aantal waarnemingen:

	HR	VR	CR
EG	894	2.401	1.231
MG	62	176	952

Op basis van de werkelijke verbruiken kan alleen een besparing worden vastgesteld voor HR-soloketels ten opzichte van VR-soloketels in eengezinswoningen. Gemiddeld is deze besparing 136 kubieke meter per jaar.

Voor de meergezinswoningen zijn er te weinig waarnemingen van HR-(solo)ketels om daarvoor afzonderlijke besparingen te kunnen vaststellen.



		Gasbesparing					
		in m3			in %		
		Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR t.o.v. CR*	-	-	-	-	-	-
	HR t.o.v. VR	4,3	135,6	266,9	0,3%	8,2%	15,5%
Meergezins	HR t.o.v. CR*	-	-	-	-	-	-
	HR t.o.v. VR*	-	-	-	-	-	-

\* niet significant

### 4.3 HR-combiketel t.o.v. HR- of VR-solo

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

- Individueel verwarmings- en tapwatersysteem

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** HR- en VR-ketel i.c.m. geiser of boiler

**Besparingseenheid:** gas in m3 per woning

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isoselerend glas, aanwezigheid van balansventilatie en kierdichting

#### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 91 m2
- bouwjaar = 1972
- aandeel gevelisolatie = 76%
- aandeel paneelisolatie = 78%
- aandeel vloerisolatie = 40%
- aandeel dakisolatie = 76%
- aandeel HR of dubbel glas = 77%

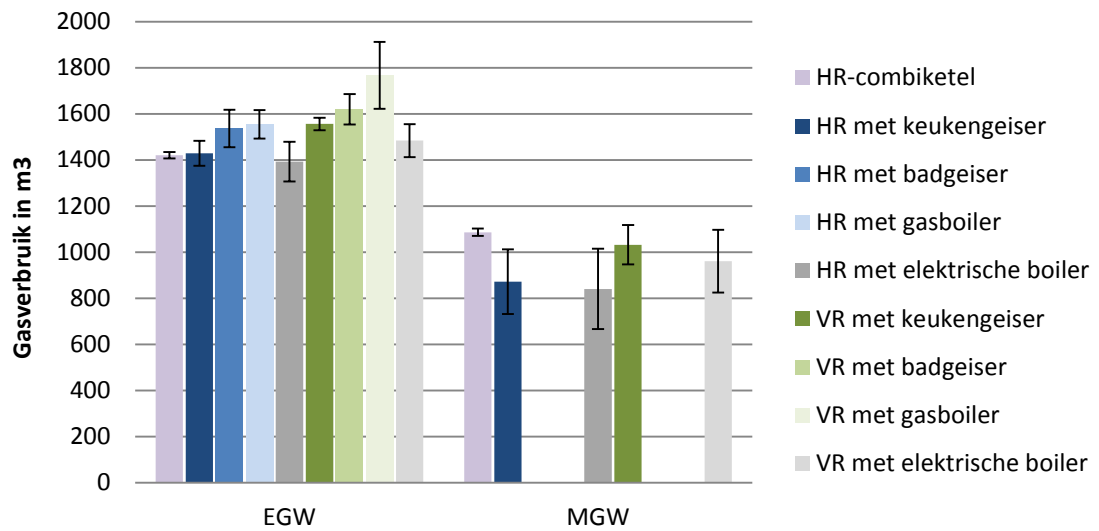
#### **Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
HR-combiketel	60.179	17.669
HR met keukengeiser	411	59
HR met badgeiser	176	3
HR met gasboiler	307	0
VR met keukengeiser	2.077	161
VR met badgeiser	269	12
VR met gasboiler	55	3

Een HR-combiketel levert in eengezinswoningen een significante gasbesparing op ten opzichte van HR- of VR-soloketels i.c.m. een badgeiser of een gasboiler. Ten opzichte van de combinatie HR-ketel/keukengeiser is voor eengezinswoningen op basis van de werkelijke verbruiken geen significante besparing vast te stellen.

In meergezinswoningen levert een HR-combiketel geen significante besparingen op ten opzichte van HR- of VR-ketels in combinatie met een keukengeiser. De analyse op werkelijke verbruiken laat zelfs zien dat in meergezinswoningen het gasverbruik gemiddeld hoger ligt bij gebruik van een HR-combiketel ten opzichte van de combinatie HR-ketel/keukengeiser.





		Gasbesparing in m3					
		in m3			in %		
	HR-combiketel t.o.v.:	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR met keukengeiser*	-	-	-	-	-	-
	HR met badgeiser	20,4	115,7	211,0	1,4%	7,5%	13,0%
	HR met gasboiler	58,5	133,9	209,3	3,9%	8,7%	12,9%
	VR met keukengeiser	94,5	135,2	175,9	6,2%	8,7%	11,1%
	VR met badgeiser	118,7	199,0	279,3	7,6%	12,3%	16,6%
	VR met gasboiler	187,6	346,2	504,9	11,6%	19,6%	26,4%
Meergezins	HR met keukengeiser*	-	-	-	-	-	-
	HR met badgeiser	Te weinig waarnemingen			Te weinig waarnemingen		
	HR met gasboiler						
	VR met keukengeiser*	-	-	-	-	-	-
	VR met badgeiser	Te weinig waarnemingen			Te weinig waarnemingen		
	VR met gasboiler						

\* niet significant

## 4.4 Warmtepomp

### 4.4.1 Invloed op gasverbruik

#### Analysegegevens

**Selectie:** individueel verwarmings-en tapwatersysteem

**Segmentatie:** geen

**Referentie:** HR-combitap

**Besparingseenheid:** gas in m<sup>3</sup> per jaar

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, vloer en dak), aandeel isolerend glas en kierdichting

#### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- Bouwjaar = 1972
- Woninggrootte = 91 m<sup>2</sup>
- Gevelisolatie = 77%
- Vloerisolatie = 42%
- Dakisolatie = 75%
- Isolerend glas = 78%

#### **Aantal waarnemingen:**

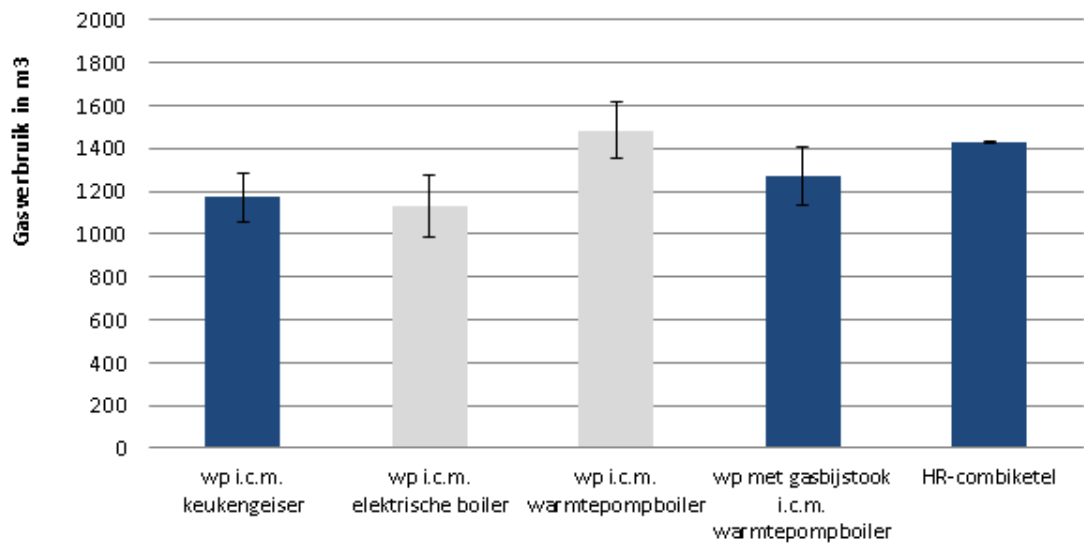
wp i.c.m. keukengeiser	97
wp i.c.m. elektrische boiler	61
wp i.c.m. warmtepompboiler	77
wp met gasbijstook i.c.m. HR-combitap	7
wp met gasbijstook i.c.m. warmtepompboiler	69
HR-combiketel	156.444

Volgens de analyses op werkelijke verbruiken ligt het gasverbruik in woningen met een HR-combiketel significant hoger dan in woningen met een warmtepomp i.c.m. een keukengeiser, i.c.m. een elektrische boiler of in woningen met een warmtepomp met bijstook op gas i.c.m. een warmtepompboiler. De resultaten uit deze analyses roepen echter wel enkele vraagtekens op.

Voor twee groepen (in de grafiek in het grijs weergegeven) is het vreemd dat er (hoge) werkelijke verbruiken vermeld zijn. Zowel de warmtepomp als de tapwatervoorziening werken op elektriciteit, dus gas wordt in deze woningen eventueel alleen gebruikt om te koken. Daarnaast is het opmerkelijk dat het gasverbruik in de woningen met warmtepomp en warmtepompboiler, lager is in woningen waar op gas wordt bijgestookt dan in de woningen waar niet wordt bijgestookt op gas. Het lijkt erop dat in deze woningen wel bijstook plaatsvindt op gas (m.b.v. een ketel), terwijl dat volgens de opnamegegevens niet het geval is.

Ook het gasverbruik in de woningen met een warmtepomp i.c.m. een keukengeiser is aan de hoge kant, aangezien gas in deze woningen hooguit voor koken en de verwarming van tapwater gebruikt wordt. Ook hier bestaat het vermoeden dat op enige wijze bijgestookt wordt op gas, maar dat dat niet als zodanig in het bestand is opgenomen.

De warmtepomp i.c.m. een HR-combiketel laat geen significant lager gasverbruik zien dan de HR-combiketel, maar het aantal waarnemingen is te klein om daar conclusies aan te verbinden.



#### 4.4.2 Invloed op elektriciteitsgebruik

##### Analysegegevens

**Selectie:** individueel verwarmings-en tapwatersysteem

**Segmentatie:** geen

**Referentie:** HR-combitap

**Besparingseenheid:** elektriciteit in kWh per jaar

**Controle:** woninggrootte en aanwezigheid van ventilatiesysteem

**Verbruiken zijn weergegeven bij:**

- Woninggrootte = 86 m2

**Aantal waarnemingen:**

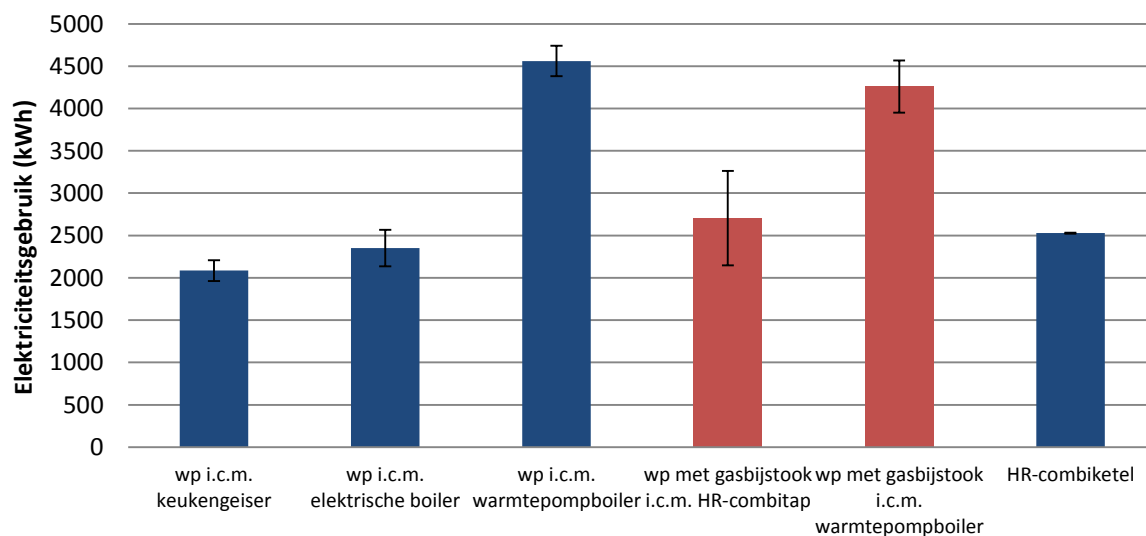
wp i.c.m. keukengeiser	449
wp i.c.m. elektrische boiler	149
wp i.c.m. warmtepompboiler	212
wp met gasbijstook i.c.m. HR-combitap	22
wp met gasbijstook i.c.m. warmtepompboiler	72
HR-combiketel	334.846

De analyses op de werkelijke verbruiken laten zien dat beide warmtepompen i.c.m. een warmtepompboiler een hoger elektriciteitsverbruik hebben dan woningen met een HR-combiketel. Dit meerverbruik is echter een stuk lager dan volgens de analyses op de berekende verbruiken het geval is.

De warmtepomp i.c.m. een HR-combiketel laat geen significant hoger elektriciteitsverbruik zien. Dat sluit aan bij wat we zien bij het gasverbruik.

Het werkelijke elektriciteitsverbruik van de warmtepomp i.c.m. een elektrische boiler of een keukengeiser is lager (elektrische boiler niet significant) dan bij de HR-combiketel. Dit onder-

steunt het vermoeden dat in deze woningen wel een gasgestookte bijstookvoorziening aanwezig is, wat volgens het opnamebestand niet het geval is.



## 4.5 Isolatie bouwdelen

### 4.5.1 Gevelisolatie

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen zonder panelen

**Referentie:** woningen zonder gevelisolatie

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:** meergezinswoningen naar ligging in gebouw

**Besparingseenheid:** gas in m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> geïsoleerd oppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, m<sup>2</sup> vloerisolatie, m<sup>2</sup> dakisolatie, m<sup>2</sup> isolerend glas, glasoppervlak, geveloppervlak, vloeroppervlak, dakoppervlak, aanwezigheid balansventilatie

#### **Aantal waarnemingen:**

Eengezins	66.978
Meergezins tussenwoning	38.067
Meergezins aan dak	3.231
Meergezins aan bg	2.471

Om voor zoveel mogelijk relevante factoren te kunnen controleren, zijn de meergezinswoningen opgesplitst in tussenwoningen, woningen grenzend aan het dak en woningen grenzend aan de begane grond. Bij de analyses voor de twee laatstgenoemde woningtypen is gecontroleerd

voor respectievelijk het dakoppervlak en het vloeroppervlak, wat voor tussenwoningen vanzelfsprekend niet van toepassing is.

De analyse op basis van werkelijke verbruiken wijst uit dat de isolatie van 1 vierkante meter gevel voor eengezinswoningen gemiddeld een meerverbruik oplevert van 0,88 kubieke meter gas per jaar. In meergezinswoningen die niet grenzen aan dak of begane grond levert gevelisolatie per vierkante meter een gasbesparing op van 5,1 kubieke meter per jaar. Voor meergezinswoningen die aan het dak of de begane grond grenzen is de jaarlijkse besparing respectievelijk 2,4 en 3 kubieke meter per vierkante meter.

Gasbesparing (m3) per m2 geïsoleerd geveloppervlakte			
	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins*	-	-	-
Meergezins tussenwoning	4,763	5,065	5,367
Meergezins aan dak	1,410	2,407	3,405
Meergezins aan bg	1,745	2,973	4,200

\* niet significant

#### 4.5.2 Paneelisolatie

##### Analysegegevens

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen met panelen

**Referentie:** woningen zonder paneelisolatie

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:** meergezinswoningen naar ligging in gebouw

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 geïsoleerd oppervlak

**Controle:** m2 gevelisolatie, m2 vloerisolatie, m2 dakisolatie, m2 isolerend glas, glasoppervlak, paneeloppervlak, geveloppervlak, vloeroppervlak, dakoppervlak, woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, aanwezigheid balansventilatie

**Aantal waarnemingen:**

Eengezins	68.177
Meergezins tussenwoning	42.347
Meergezins aan dak	4.032
Meergezins aan bg	2.428

Om voor zoveel mogelijk relevante factoren te kunnen controleren zijn de meergezinswoningen opgesplitst in tussenwoningen, woningen grenzend aan het dak en woningen grenzend aan de begane grond. Bij de analyses voor de twee laatstgenoemde woningtypen is gecontroleerd voor respectievelijk dakisolatie en vloerisolatie, wat voor tussenwoningen vanzelfsprekend niet nodig is.

Volgens de analyse op werkelijke verbruiken levert paneelisolatie in eengezinswoningen en meergezinswoningen aan de begane grond een hoger gasverbruik op in plaats van een besparing. Deze effecten zijn niet significant. Voor meergezinswoningen grenzend aan het dak of op

een tussenlaag wijzen de resultaten wel in de te verwachten richting, maar is op basis van de werkelijke verbruiken geen significante besparing vast te stellen voor paneelisolatie.

Gasbesparing (m3) per m2 geïsoleerd paneeloppervlakte			
	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins*	-	-	-
Meergezins tussenwoning*	-	-	-
Meergezins aan dak*	-	-	-
Meergezins aan bg*	-	-	-

\* niet significant

#### 4.5.3 Dakisolatie

##### Analysegegevens

**Selectie:** HR-combitap

**Referentie:** woningen zonder dakisolatie

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:**

- 1) meergezinswoningen grenzend aan dak
- 2) dakvorm (hellend/plat)

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 geïsoleerd oppervlak

**Controle:** m2 vloerisolatie, m2 gevel/paneelisolatie, m2 isolerend glas, vloeroppervlak, gevel-/paneeloppervlak, dakoppervlak, glasoppervlak, woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, aanwezigheid balansventilatie

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Hellend dak	127.994	3.073
Plat dak	10.435	4.431

Op basis van de werkelijke verbruiken levert dakisolatie een significante gasbesparing op voor eengezinswoningen. De grootte van de besparing is afhankelijk van het type dak. In eengezinswoningen met een hellend dak levert 1 vierkante meter isolatie een besparing op van 3,3 kubieke meter per jaar. Voor woningen met een plat dak bedraagt de gemiddelde gasbesparing 0,75 kubieke meter.

In meergezinswoningen die aan een hellend dak grenzen, is de besparing door dakisolatie gemiddeld 2,1 kubieke meter per jaar. In meergezinswoningen die grenzen aan een plat dak levert dakisolatie volgens deze analyses geen significante besparing op.

Gasbesparing (m3) per jaar per m2 geïsoleerd dakoppervlakte		Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	hellend dak	3,31	3,44	3,56
	plat dak	0,00	0,75	1,50
Meergezins	hellend dak	1,28	2,08	2,88
	plat dak*	-	-	-

\* niet significant

#### 4.5.4 Vloerisolatie

##### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Referentie:** woningen zonder vloerisolatie

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Aanvullende segmentatie:** meergezinswoningen aan begane grond

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 geïsoleerd oppervlak

**Controle:** m2 gevel/paneelisolatie, m2 dakisolatie, m2 isolerend glas, vloeroppervlak, gevel-/paneeloppervlak, dakoppervlak, glasoppervlak, woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, aanwezigheid balansventilatie

**Aantal waarnemingen:**

EG	141.760
MG (begane grond)	5.116

Vloerisolatie levert volgens de analyse van werkelijke verbruiken een significante gasbesparing op in zowel een- als meergezinswoningen. De gemiddelde besparing is in meergezinswoningen met 2,5 kubieke meter (per vierkante meter) groter dan in eengezinswoningen. Daarin levert 1 vierkante meter vloerisolatie volgens deze analyses gemiddeld een gasbesparing van 0,7 kubieke meter per jaar op.

Gasbesparing (m3) per m2 geïsoleerd vloeroppervlakte			
	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	0,62	0,70	0,78
Meergezins (BG)	2,01	2,54	3,08

## 4.6 Isolerend glas

### 4.6.1 HR++ glas

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen waarin slechts 1 glassoort aanwezig is

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** enkel en dubbel glas

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 glasoppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen en vloer), aanwezigheid balansventilatie en kierdichting

#### **Gemiddelden controlevariabelen:**

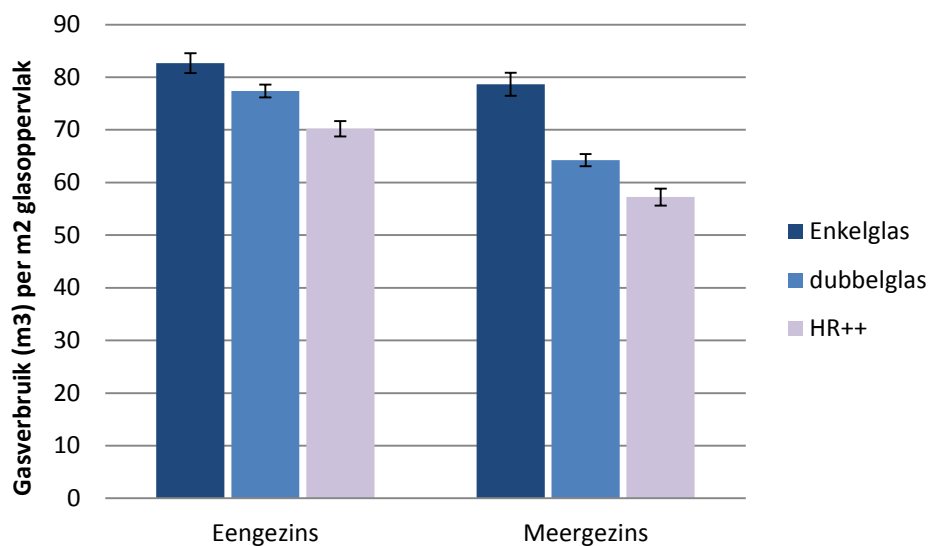
- woninggrootte = 84 m2
- bouwjaar = 1976
- aandeel gevelisolatie = 79%
- aandeel paneelisolatie = 86%
- aandeel vloerisolatie = 38%

#### **Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Enkel glas	2.446	1.529
Dubbel glas	14.367	19.920
HR++ glas	7.619	4.174

In beide woningtypen levert HR++ glas een significante gasbesparing op ten opzichte van enkel en dubbel glas. Voor eengezinswoningen met HR++ glas ligt het gemiddelde jaarlijkse gasverbruik respectievelijk 12,4 en 7,1 kubieke meter lager. Voor meergezinswoningen is de besparing ten opzichte van enkel glas 21,4 kubieke meter en ten opzichte van dubbel glas 7 kubieke meter.





		Gasbesparing					
		in m3			in %		
	HR++ t.o.v.:	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	enkel glas	9,12	12,44	15,77	11,3%	15,1%	18,7%
	dubbel glas	4,49	7,14	9,80	5,9%	9,2%	12,5%
Meergezins	enkel glas	17,62	21,44	25,26	23,0%	27,2%	31,2%
	dubbel glas	4,23	7,03	9,82	6,7%	10,9%	15,0%

Het verschil in besparing tussen een- en meergezinswoningen is – net als bij de berekende verbruiken - significant voor de maatregel ‘van enkel glas naar HR++ glas’. Daar is geen technische verklaring voor. Wel is het zo dat isolerend glas meer besparing oplevert in verwarmde ruimten (bijvoorbeeld woonkamer) dan in onverwarmde ruimten (bijvoorbeeld slaapkamers). Waarschijnlijk zijn er in meergezinswoningen minder onverwarmde ruimten dan in eengezinswoningen en levert HR++ glas daardoor gemiddeld in de gehele woning meer besparing op. Mogelijk is er sprake van een verschil in de effectiviteit van de statistische controles voor een- en meergezinswoningen. Ook kunnen problemen in de registratie (welk type glas is toegepast) hebben bijgedragen aan deze verschillen.

#### 4.6.2 HR+/++ -glas

##### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen waarin slechts 1 glassoort aanwezig is

**Segmentatie:** EG/MG

**Referentie:** HR-glas

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 glasoppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (panelen en vloer), aanwezigheid balansventilatie

##### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- Woninggrootte = 90 m2
- Bouwjaar = 1976
- Aandeel gevelisolatie = 82%
- Aandeel paneelisolatie = 85%
- Aandeel vloerisolatie = 45%

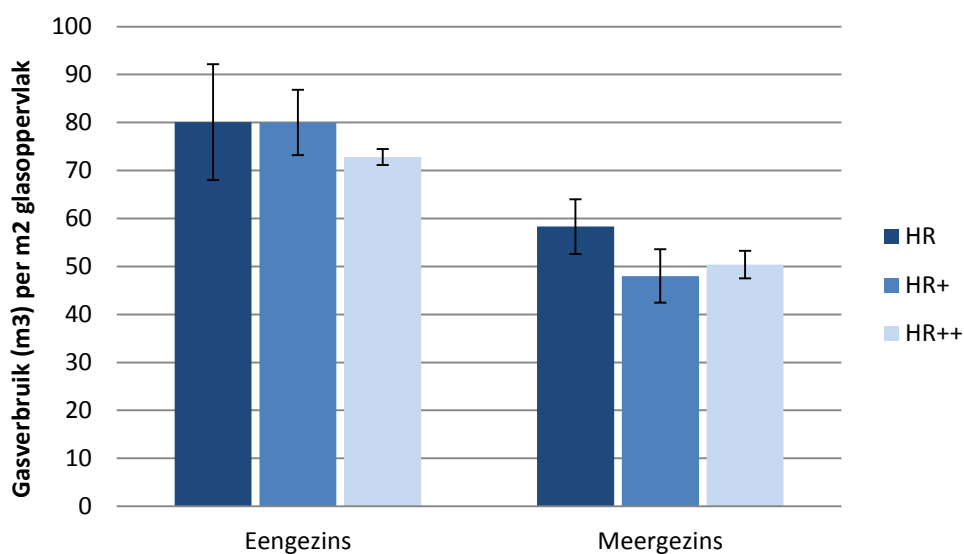
##### **Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
HR	452	232
HR+	609	551
HR++	6.459	1.761

De analyse op werkelijke verbruiken laat zien dat het gemiddelde gasverbruik in een- en meergezinswoningen met HR+ of HR++ glas niet significant lager ligt dan het gasverbruik in woningen waarin 'gewoon' HR-glas aanwezig is.

In eengezinswoningen met HR+ glas is het gasverbruik nagenoeg gelijk aan het verbruik in woningen met HR-glas. In woningen met HR++ glas ligt het gemiddelde verbruik wel lager dan bij woningen met HR(+)-glas, maar dat verschil is (zoals gezegd) niet significant.

In meergezinswoningen is dit laatste ook het geval. Daarnaast is in meergezinswoningen met HR+ glas het gasverbruik wel lager dan in woningen met HR-glas (niet significant). In meergezinswoningen met HR++ glas ligt het gemiddelde gasverbruik een fractie hoger dan in meergezinswoningen met HR+ glas.



		Gasbesparing					
		in m3			in %		
		Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	HR+ t.o.v. HR*	-	-	-	-	-	-
	HR++ t.o.v. HR*	-	-	-	-	-	-
	HR++ t.o.v. HR+*	-	-	-	-	-	-
Meergezins	HR+ t.o.v. HR*	-	-	-	-	-	-
	HR++ t.o.v. HR*	-	-	-	-	-	-
	HR++ t.o.v. HR+*	-	-	-	-	-	-

\* niet significant

In paragraaf 3.6.2 is al aangegeven dat er twijfels zijn bij de opnames van de verschillende typen glas. We achten deze uitkomsten om dezelfde reden niet indicatief voor de werkelijke besparingen bij toepassing van de verschillende typen glas.

### 4.6.3 Voorzetramen

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** HR-combitap

**Aanvullende selectie:** woningen waarin slechts 1 glassoort aanwezig is

**Segmentatie:** geen

**Referentie:** enkel glas

**Besparingseenheid:** gas in m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup> glasoppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar/renovatiejaar, isolatiegraad (gevel/vloer/dak)

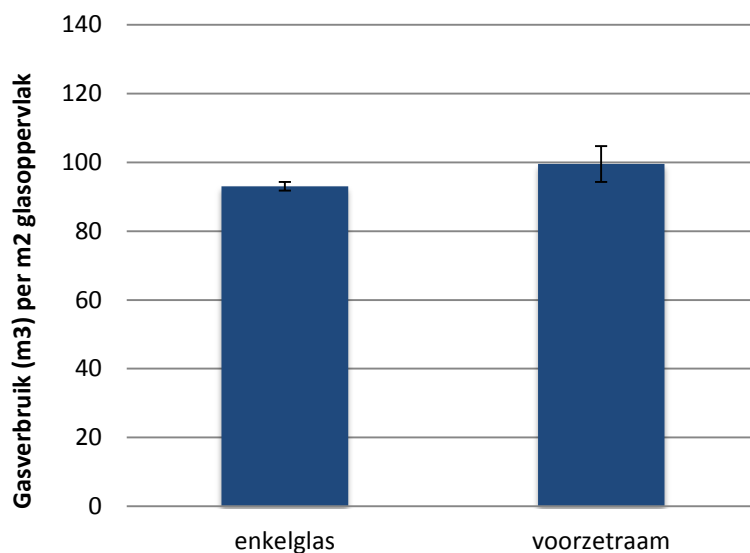
#### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 87 m<sup>2</sup>
- bouwjaar = 1962
- aandeel gevelisolatie = 51%
- aandeel vloerisolatie = 27%
- aandeel dakisolatie = 56%

#### **Aantal waarnemingen:**

Enkel glas	4.472
Voorzetraam	281

Ervan uitgaande dat voorzetramen alleen gebruikt worden bij enkel glas, mag verwacht worden dat het gasverbruik in woningen waar geen voorzetramen aanwezig zijn, hoger is. Op basis van de werkelijke verbruiken wordt echter (net als bij de theoretische verbruiken) een tegengesteld resultaat gevonden.



	Gasverbruik (m <sup>3</sup> ) per m <sup>2</sup> glasoppervlakte		
	Ondergrens	Gemiddeld	Bovengrens
Enkel glas	91,73	92,99	94,24
Voorzetraam	94,24	99,45	104,67

## 4.7 Kierdichting

### Analysegegevens

**Selectie:** HR-combitap

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** geen kierdichting

**Eenheid besparingsgetal:** gas in m3 per m2 kozijnoppervlak

**Controle:** woninggrootte, bouw/renovatiejaar, isolatiegraad (gevels, panelen, vloer en dak), aandeel isolerend glas, aanwezigheid balansventilatie

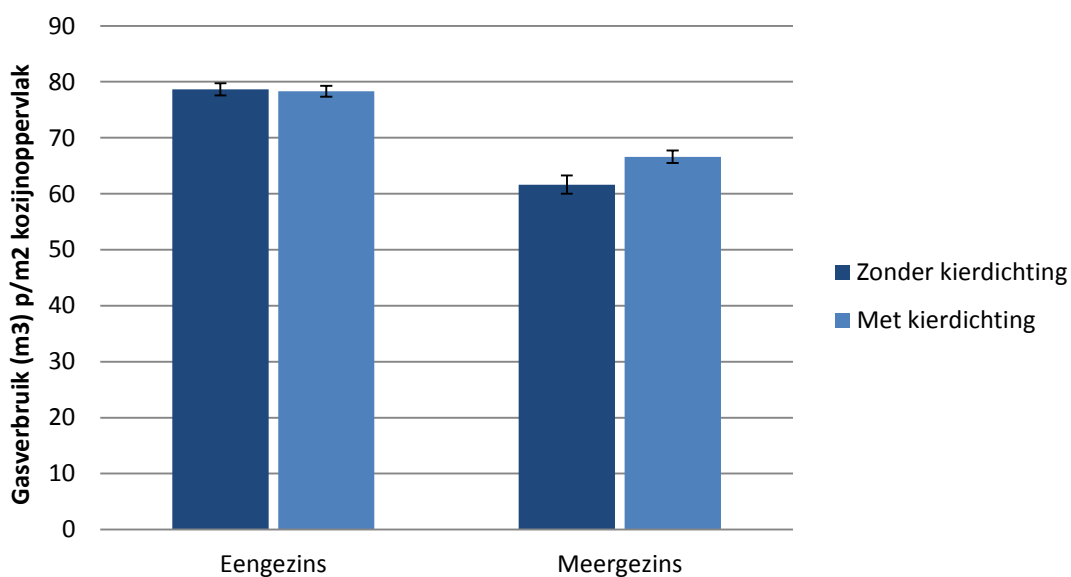
#### **Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 92 m2
- bouwjaar = 1972
- aandeel gevelisolatie = 77%
- aandeel paneelisolatie = 78%
- aandeel vloerisolatie = 40%
- aandeel dakisolatie = 76%
- aandeel HR of dubbel glas = 78%

#### **Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Met kierdichting	43.919	14.409
Zonder kierdichting	16.260	3.260

De analyse op werkelijke verbruiksgegevens laat zien dat het aanbrengen van kierdichting in eengezinswoningen geen significante invloed heeft op het gasverbruik.



	Gasbesparing per m2 kozijnoppervlakte					
	in m3			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins*	-	-	-	-	-	-
Meergezins*	-	-	-	-	-	-

\* niet significant

## 4.8 Deurisolatie

### Analysegegevens

**Selectie:** HR-combitap

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** geen deurisolatie

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 deuroppervlak

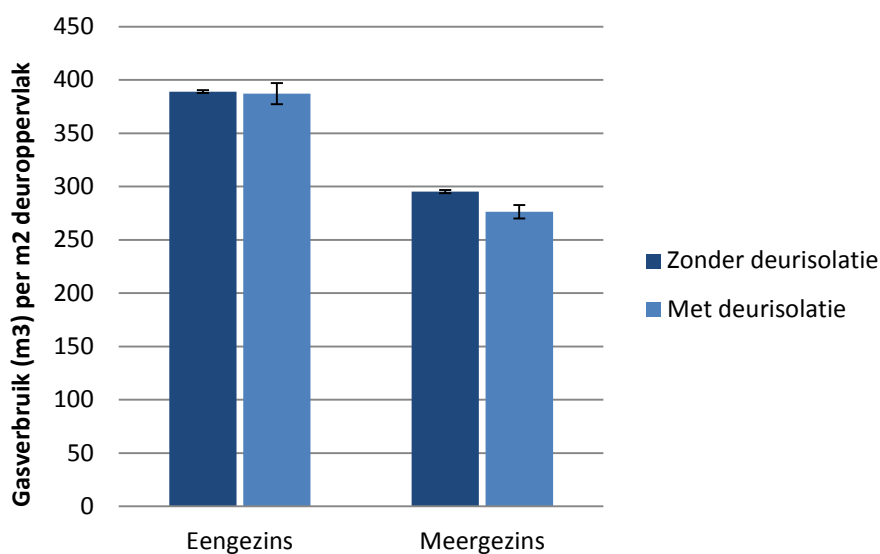
**Gemiddelden controlevariabelen:**

- woninggrootte = 95 m2
- bouwjaar = 1970
- aandeel gevelisolatie = 76%
- aandeel vloerisolatie = 50%
- aandeel dakisolatie = 71%
- aandeel HR of dubbel glas = 76%

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG tussen
Met deurisolatie	4.576	4.321
Zonder deurisolatie	109.300	75.829

De isolatie van deuren levert in eengezinswoningen geen significante gasbesparing op. In meergezinswoningen is dat wel het geval. Daarin levert elke vierkante meter deurisolatie een gasbesparing op van gemiddeld 19 kubieke meter per jaar.



	Gasbesparing per m2 deuropervlakte					
	in m3			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins*	-	-	-	-	-	-
Meergezins	11,08	18,98	26,87	3,9%	6,9%	10,0%

\* niet significant

## 4.9 Mechanische afzuiging (niet vraaggestuurd)

### 4.9.1 Invloed op elektriciteitsgebruik

#### **Analysegegevens**

**Selectie:** alles (ook warmtelevering)

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** natuurlijke ventilatie

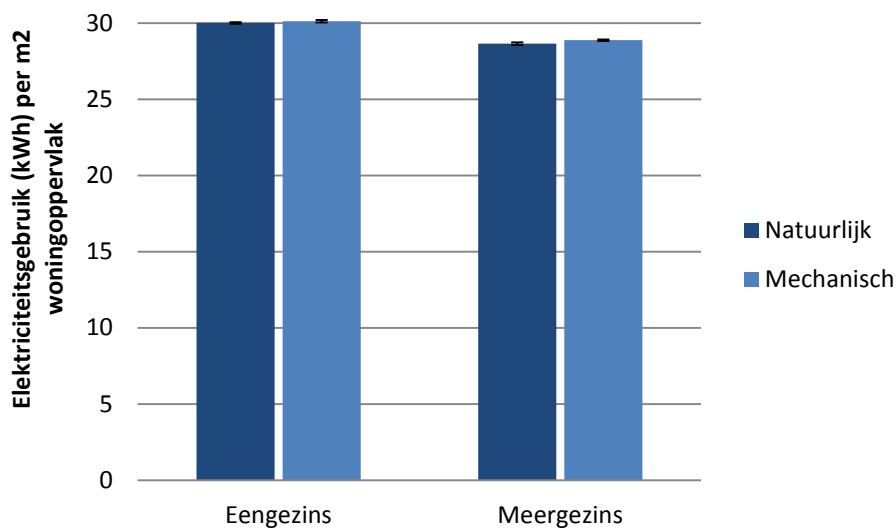
**Besparingseenheid:** elektriciteit in kWh per m2 woningoppervlak

**Controle:** geen

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	215.640	114.687
Mechanische afzuiging	110.646	204.656

In eengezinswoningen waarin mechanische afzuiging aanwezig is, wordt volgens de werkelijke gebruiken nagenoeg evenveel elektriciteit gebruikt als in woningen waarin alleen op natuurlijke wijze geventileerd wordt. In meergezinswoningen wordt bij aanwezigheid van mechanische afzuiging iets meer elektriciteit gebruikt (0,22 kWh/0,8%).



Meerverbruik elektriciteit per m2 woningoppervlakte						
	in kWh			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins*	-	-	-	-	-	-
Meergezins	0,08	0,22	0,36	0,3%	0,8%	1,2%

\* niet significant

#### 4.9.2 Invloed op gasverbruik

##### Analysegegevens

**Selectie:** alle woningen (ook met warmtelevering)

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** natuurlijke ventilatie

**Besparingseenheid:** gasverbruik in m3 per m2 woningoppervlak

**Controle:** geen

**Gemiddelden controlevariabelen:**

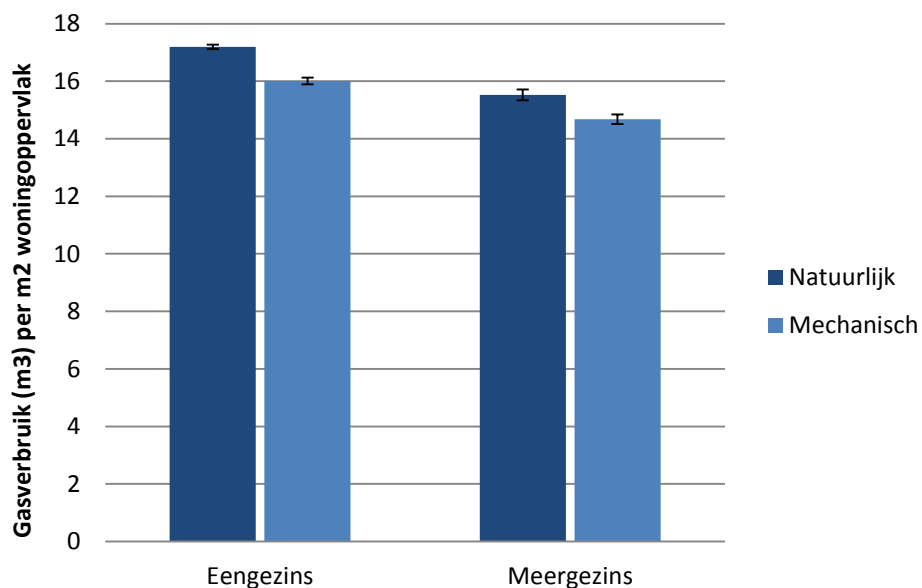
- Bouwjaar = 1971
- Aandeel gevelisolatie = 76%
- Aandeel paneelisolatie = 78%
- Aandeel vloerisolatie = 39%
- Aandeel dakisolatie = 76%
- Aandeel HR of dubbel glas = 78%

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	36.753	5.804
Mechanische afzuiging	22.320	10.969



In woningen met een mechanisch afzuigsysteem ligt (op basis van werkelijke verbruiken) het gemiddelde gasverbruik lager dan in woningen waarin alleen natuurlijke ventilatie aanwezig is. In eengezinswoningen ligt het verbruik gemiddeld 1,2 kubieke meter (7%) lager en in meergezinswoningen is dat gemiddeld 0,85 kubieke meter (5,5%)



Gasbesparing per m2 woningoppervlakte						
	in m3			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	1,00	1,19	1,38	5,8%	6,9%	8,0%
Meergezins	0,49	0,85	1,21	3,2%	5,5%	7,7%

## 4.10 Balansventilatie met warmteterugwinning

### 4.10.1 Invloed op gasverbruik

#### Analysegegevens

**Selectie:** HR-combiketel

**Segmentatie:** EG/MG

**Besparingseenheid:** gas in m3 per m2 woningoppervlak

**Referentie:** natuurlijke ventilatie

**Controle:** woninggrootte, bouwjaar, isolatie gevel/paneel/vloer/dak, kierdichting.

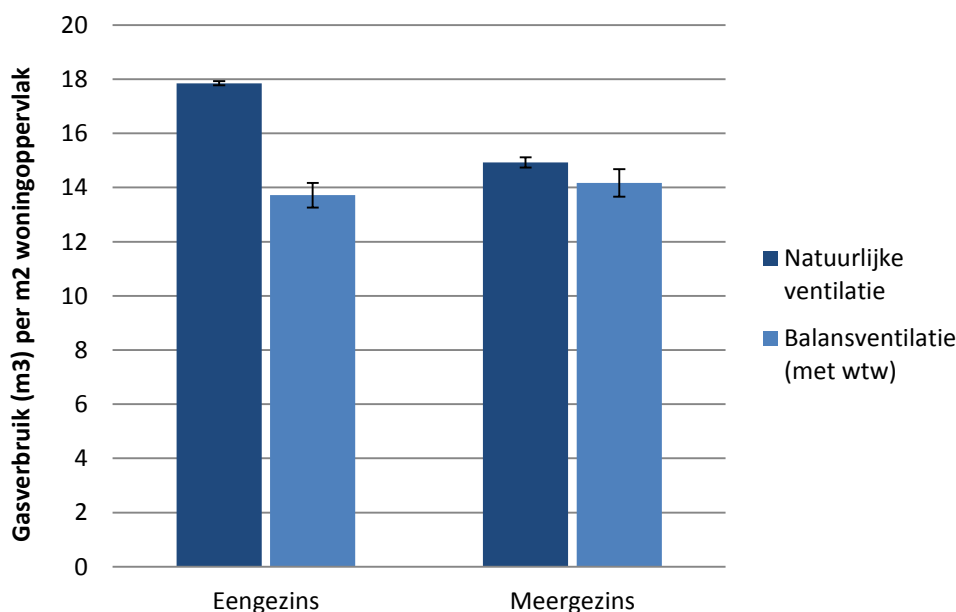
#### Gemiddelden controlevariabelen:

- woninggrootte = 92 m2
- bouwjaar = 1966
- aandeel gevelisolatie = 68%
- aandeel paneelisolatie = 70%
- aandeel vloerisolatie = 32%
- aandeel dakisolatie = 66%

#### Aantal waarnemingen:

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	36.766	5.809
Balansventilatie	933	747

De analyse op basis van werkelijke verbruiken laat zien dat balansventilatie zowel in een- als in meergezinswoningen een gasbesparing oplevert. In eengezinswoningen is dat een jaarlijkse besparing van gemiddeld 4 kubieke meter (23%). In meergezinswoningen is de besparing met balansventilatie minder groot, gemiddeld 0,76 kubieke meter (5%) op jaarbasis.



Gasbesparing per m2 woningoppervlakte						
	in m3			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins	3,61	4,13	4,66	20,3%	23,2%	26,0%
Meergezins	0,07	0,76	1,46	0,5%	5,1%	9,6%

#### 4.10.2 Invloed op elektriciteitsgebruik

##### Analysegegevens

**Selectie:** woningen zonder warmtepomp of elektrische boiler (incl. warmtelevering)

**Segmentatie:** woningtype (EG/MG)

**Referentie:** natuurlijke ventilatie

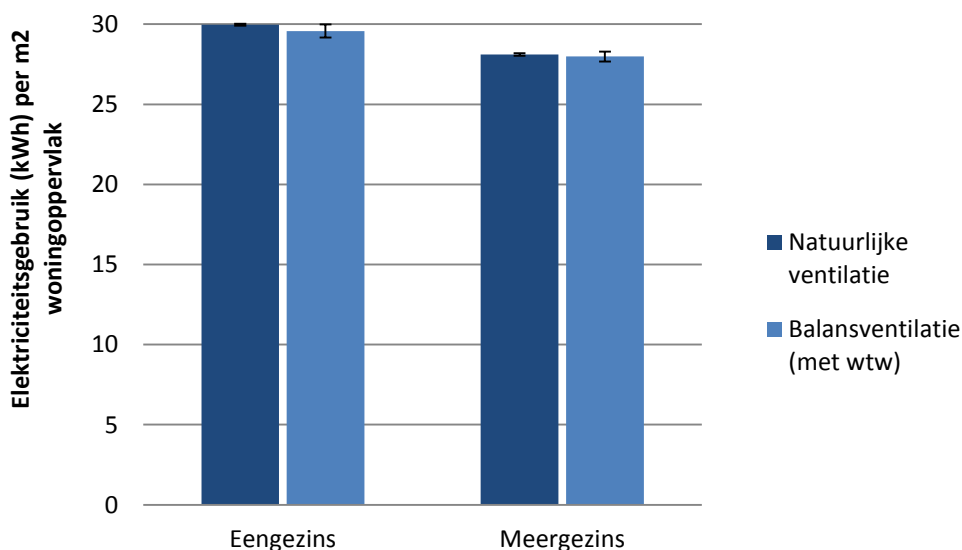
**Besparingseenheid:** gebouwgebonden elektriciteit in kWh per m2 woningoppervlak

**Controle:** geen

**Aantal waarnemingen:**

	EG	MG
Natuurlijke ventilatie	212.604	107.483
Balansventilatie	4.398	7.866

Op basis van werkelijke verbruiken komt uit de analyses naar voren dat het elektriciteitsgebruik in woningen met balansventilatie gemiddeld lager is dan in woningen waarin alleen op natuurlijke wijze geventileerd wordt. Voor beide woningtypen levert de analyse geen significant verschil op. Ook hier dient opgemerkt te worden dat niet gecontroleerd is voor huishoudenskenmerken zoals het aantal personen en de aanwezigheid en het gebruik van elektrische apparaten.



Meerverbruik elektriciteit per m2 woningoppervlakte						
	in kWh			in %		
	Min.	Gemiddeld	Max.	Min.	Gemiddeld	Max.
Eengezins*	-	-	-	-	-	-
Meergezins*	-	-	-	-	-	-

\* niet significant

# Hoofdstuk 5

## Samenvatting en conclusies

In dit onderzoek stonden besparingen door specifieke energiebesparende maatregelen in woningen centraal. Daartoe zijn theoretische besparingen zoals die uit de besparingsverkenner en ISSO-publicaties kunnen worden afgeleid, berekende besparingen (afgeleid uit de energielabeldatabase) en werkelijke in de praktijk gerealiseerde besparingen door huishoudens geanalyseerd. In dit hoofdstuk worden de verschillende gegevens gecombineerd om te komen tot een inschatting van werkelijke besparingen door energiebesparende maatregelen.

Het vaststellen van de werkelijke besparingen is gedaan door combinatie van gegevens over afzonderlijke woningen uit de Energielabeldatabase van Agentschap NL met verbruiksgegevens voor gas en elektriciteit uit de klantenbestanden van energiebedrijven van diezelfde woningen. De koppeling van gegevens is door CBS uitgevoerd. Aanvullend zijn analyses uitgevoerd op de bestanden WoON en HOME waarin ook informatie is opgenomen over de toepassing van energiebesparende maatregelen in woningen en de werkelijke verbruiken van gas en elektriciteit.

### 5.1 Methode

Per energiebesparende maatregel is gespecificeerd ten opzichte van welke referentie de besparing wordt bepaald (bijvoorbeeld een HR-ketel t.o.v. een VR-ketel), en voor welk segment is geanalyseerd (bijvoorbeeld een gezinswoningen met individuele verwarming). Verder zijn, omdat het toepassen van specifieke maatregelen in de regel niet onafhankelijk is van de toepassing van andere maatregelen, analysemodellen opgesteld waarin relevante controlevariabelen zijn benoemd (bijvoorbeeld: dubbel glas of bouw/renovatiejaar als proxy voor isolatiekwaliteit).

De functionaliteit van de analysemodellen is getest door de maatregelen allereerst statistisch in verband te brengen met de berekende verbruiken die in de energielabeldatabase zijn opgenomen. Daarna zijn de analyses herhaald op de werkelijke, door de energiebedrijven geregistreerde verbruiken. De besparing is gerelateerd aan de theoretische besparing om aan te kunnen geven in welke mate maatregelen robuust zijn (waarbij theorie en praktijk dicht bij elkaar liggen) dan wel 'gevoelig' (voor gedrag van bewoners of de technische uitvoering van de maatregel) of waarvoor de aannames over de besparingen wellicht niet geheel juist waren. Waar het verschil tussen theorie en praktijk door wordt veroorzaakt, is geen onderwerp van dit onderzoek geweest. Te denken valt echter aan gedrag van bewoners, verschillen in uitvoeringskwaliteit, maar wellicht ook in de aannames bij de berekeningswijzen.

### 5.2 Beperkingen

De analyses zijn uitsluitend uitgevoerd voor de maatregelen waarvoor enige massa aan waarnemingen in de energielabeldatabase beschikbaar is. Dat betekent dat er geen inzicht is ontstaan in de besparingen door maatregelen die nog weinig zijn toegepast (in de woningen die van een energielabel zijn voorzien) en maatregelen die niet separaat zijn geregistreerd in de database. Verder is door problemen met de uitvoer van de energielabeldatabase een aantal 'maatregelen' aan de analyses onttrokken. Ontbrekende informatie - die in beginsel wel onderdeel uitmaakt van de labelopname - was de isolatiekwaliteit van gevel, dak en vloerisolatie (Rc-waarden) en de aanwezigheid van zonnepanelen (PV) en zonneboiler. De verwachting be-

staat dat als deze maatregelen kunnen worden geëxporteerd uit de labeldatabase ook hiervoor besparingsgetallen kunnen worden vastgesteld.

## 5.3 Resultaten

We bespreken hier op hoofdlijnen de resultaten voor maatregelen die betrekking hebben op respectievelijk warmteopwekking, isolatie en ventilatie. Daarbij presenteren we de bevindingen uit de verschillende analyses per type maatregel. De besparingen worden in de regel uitgedrukt als m3 (gas) per m2 (oppervlakte van gevel, dak, ramen, vloeroppervlakte en dergelijke). Om een beeld te geven van de onderlinge verschillen in effectiviteit van de maatregelen, zijn de uitkomsten gepresenteerd als besparingen op de totale gasrekening voor een standaard woningtype. Daarbij is gekozen voor de eengezinstussenwoning. We gaan bij de berekeningen verder uit van een – op zichzelf arbitrair gekozen – jaarverbruik van circa 1660 m3.<sup>5</sup> Dit verbruik wordt uitsluitend gebruikt om tussen maatregelen te kunnen vergelijken en heeft verder geen invloed op de hoogte van de besparingsgetallen. In de tabellen is steeds weergegeven bij welke oppervlaktematen de gepresenteerde besparing geldig is. In de voorgaande hoofdstukken kunnen de cijfers ook voor andere woningtypen worden gevonden.

### 5.3.1 Warmteopwekking

De besparingen die voor maatregelen met betrekking tot warmteopwekking naar voren komen, zijn opgesomd in tabel 5-1.

De eerste energiebesparende maatregel in de tabel betreft de vervanging van een CR-combitap installatie door een HR-combitap. Die maatregel zou volgens de theorie (zie hoofdstuk 2) een besparing van 24 tot 30% van de totale gasvraag kunnen realiseren. Uit de analyse van de berekende waarden zoals die in de labeldatabase zijn gehanteerd volgt een wat kleinere besparing. Denkbaar is dat dit is veroorzaakt door onvolledige statistische correctiemogelijkheden. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren als woningen met een HR-combitap ook altijd beter geïsoleerd zijn dan woningen met een CR-combitap. Daarvoor kan – door de beperkte gegevens over isolatiekwaliteit in het bestand – niet afdoende worden gecontroleerd.

De gemeten besparing op basis van de werkelijke verbruiken komt nog wat lager uit. Het verschil tussen berekende en gemeten besparingen is wel vergelijkbaar omdat hierbij dezelfde correcties zijn toegepast. In een weer iets ander model en bij een andere steekproef (WoON/HOME) komt de besparing ongeveer uit in het midden tussen de besparingen op basis van de berekende en gemeten verbruiken uit de labeldatabase. Het lijkt het meest realistisch om de verhouding tussen de gemeten en berekende besparing als uitgangspunt te nemen en die toe te passen op de theoretische besparing om te komen tot een realistische inschatting van de werkelijke besparing bij deze maatregel. Die komt dan uit op circa 16% van de totale gasvraag.

Bij de vervanging van een VR-combiketel door een HR-combiketel (de volgende maatregel) komen de theoretische en de berekende besparing uit de labelopnames ongeveer overeen. De werkelijke besparing zou bij deze maatregel dan ook kunnen worden gebaseerd op de gemeten besparing (de statistische analyse werkt immers goed). Echter die gemeten besparing is wel opmerkelijk lager dan de besparing van de HR-soloketel t.o.v. de VR-soloketel. Terwijl de besparing op ruimteverwarming hetzelfde zou moeten zijn en daar in theorie een kleine besparing op tapwaterbereiding bij komt. We combineren beide resultaten in 1 marge. Ook bij de maatregel

<sup>5</sup> WoON 2006 - verbruik tussenwoning met label G. Het is ook ongeveer het verbruik in een eengezinstussenwoning uit de periode 1946-1965 van 100 m2 met een matige isolatie, dubbel glas en een CR-combiketel zoals dat uit de Besparingsverkenner naar voren komt.

‘van een VR-ketel met keukengeiser naar een HR-combitap’ komen theoretische en berekende besparingen uit de labelopnames overeen. De werkelijke besparing kan dan ook bij deze maatregel worden gebaseerd op de gemeten besparing. De besparing zou dan neerkomen op circa 9% van de totale gasvraag van een woning. Voor een tussenwoning met een gasverbruik van 1660 m<sup>3</sup> per jaar komt dat dan neer op een besparing van circa 150 m<sup>3</sup>.

**tabel 5-1 Besparing op totale gasvraag bij maatregelen gericht op het systeem van warmteopwekking (indicaties voor eengezinstussenwoningen)**

Van: (referentie)	Naar: (maatregel)	Theo- rie*	Labeldatabase**		WoON	Inschatting werkelijke besparing totaal		
			Berekend	Gemeten		%	m <sup>3</sup>	Aannames en opmerkingen
Bij totaal verbruik (vóór maatregel) van ca. 1660 m3								
CR-combitap	HR-combitap	24-30%	19%	10%	14%	13-16	215-265	omdat berekende besparing lager is dan theoretische besparing is de inschatting evenredig hoger dan de gemeten besparing (aanname: onvoldoende controle mogelijk)
VR-combitap	HR-combitap	10-16%	14%	5%		5-8	85	
VR met keukegeiser	HR-combitap	13-14%	14%	9%		9	150	
VR met badgeiser	HR-combitap	12%	22%	12%		12	200	
VR met gasboiler	HR-combitap	15%	28%	20%		15-20	250-330	
HR met badgeiser	HR-combitap	3%	9%	8%		3-6	50-100	
HR met gasboiler	HR-combitap	7%	19%	9%		7-9	115-150	
CR-ketel (solo)	HR-ketel (solo)	17%	11%	n.s.		11	180	
VR-ketel (solo)	HR-ketel (solo)	8%	10%	8%		5-8	80-130	

\* waarde genomen voor tussenwoningen omdat die het meest representatief zijn voor de labelsteekproef

\*\* waarden genomen voor eengezinswoningen omdat die konden worden vergeleken met de theoretische waarden

De volgende maatregel in de tabel is die waarbij een VR-ketel met badgeiser wordt vervangen door een HR-combitap. De theoretische inschatting is een besparing van 12%. Als we ervan uitgaan dat de berekende besparing – net als bij de VR-ketel met keukengeiser – valide is, dan kan ook hier een verwachte werkelijke besparing (op basis van het gemeten minderverbruik) worden vastgesteld. Hetzelfde geldt voor de maatregel waar de VR-ketel met gasboiler is vervangen door een HR-combitap.

Voor een aantal maatregelen, de vervanging van een VR-ketel met gasboiler, een HR-ketel met badgeiser en een HR met gasboiler door een HR-combiketel vinden we een grotere besparing in de analyse op basis van berekende en gemeten verbruiken dan in theorie verwacht. Dat is opmerkelijk, maar niet onmogelijk. De hogere besparing kan veroorzaakt worden doordat het hier gaat om woningen met een hoog aandeel tapwater in de totale warmtevraag. We combineren de theoretische besparing met de gevonden hogere waarde in een marge. Er is een maatregel waarvoor geen besparing kon worden vastgesteld met de gemeten verbruiken: die waarbij een CR-ketel wordt vervangen door een HR-ketel (solo). Het beperkte aantal gevallen waarbij een HR-soloketel wordt geplaatst is hier vooral debet aan, evenals het eveneens beperkte aantal CR-ketels. Tegelijkertijd is het niet waarschijnlijk dat dit geheel geen besparing oplevert. Daarom gaan we uit van de besparing op de berekende verbruiken. Voor de besparing van een HR-soloketel t.o.v. een VR-soloketel zijn wel voldoende waarnemingen om de statistische analyse uit te voeren. De werkelijke verbruiken laten zien dat in woningen met een HR-soloketel het verbruik gemiddeld 8% lager ligt dan in woningen met een VR-ketel. Dat komt overeen met de theoretische besparing.

### 5.3.2 Warmtepomp

De analyses op de woningen waarin volgens de labeledatabase een warmtepomp is geïnstalleerd leveren geen eenduidige en valide resultaten op. In het bijzonder de situatie dat er aanzienlijke gasverbruiken (volgens de klantenbestanden) blijken te zijn waar die niet werden verwacht (warmtepomp zonder bijverwarming op gas), doet twijfels rijzen over de bruikbaarheid van de gegevens. De indruk bestaat dat de verbruiksgegevens voor een deel van deze groep woningen onvoldoende ‘matchen’ met de opnamegegevens en wellicht betrekking hebben op een situatie waarin de warmtepomp nog niet of niet meer aanwezig was.

### 5.3.3 Isolatie bouwdelen

De inschatting van de werkelijke besparingen die samenhangen met isolatie van gevel, dak en vloer zijn noodgedwongen<sup>6</sup> gelijk aan de besparingen die theoretisch kunnen worden afgeleid. Om een inschatting te kunnen geven van de orde van grootte van besparingen vergeleken met andere maatregelen is het van belang om die hier toch te presenteren. Maar ook kan worden verwacht dat het verschil tussen theorie en praktijk juist bij isolatiemaatregelen beperkt zal zijn vanwege een geringe gevoeligheid voor technische problemen en gedragsreacties (anders dan een klassiek reboundeffect).

<sup>6</sup> Uit de labeledatabase zijn, zoals aangegeven, geen bruikbare indicaties over de isolatiekwaliteit van de woningen beschikbaar.



**tabel 5-2 Besparing op totale gasvraag bij maatregelen gericht op isolatie van bouwdelen (indicaties van besparingen voor eengezinstussenwoningen)**

Van: (referentie)	Naar: (maatregel)	Theorie	Labeldatabase	WoON	Inschatting besparing gasrekening totaal		
		m3/m2	Bere- kend	Geme- ten	%	m <sup>3</sup> totaal	Aannames en opmerkin- gen
Bij totaal verbruik (vóór maatregel) van ca. 1660 m3							
gevelisolatie					uitgaande van opp. gevel = 34 m2		
ongeïsoleerd	spouwmuur		geen bruikbare waarden i.v.m. ontbrekende Rc-waarden; orde van grootte van werkelijke en berekende besparingen is vergelijkbaar		16	270	theoretische waarde = werkelijke besparing
0 cm Rc 0,36	5 cm Rc 1,61	8			18	305	
	buitenmuur						
	8 cm Rc 2,36	9			2	35	
matig geïsoleerd	spouwmuur	1					
5 cm Rc 1,61	8 cm Rc 2,36						
	spouwmuur	1,4				3	50
	10 cm Rc 2,86						
dakisolatie (hellend dak)					uitgaande van opp. dak = 55m2		
ongeïsoleerd			geen bruikbare waarden i.v.m. ontbrekende Rc-waarden; orde van grootte van werkelijke en berekende besparingen is vergelijkbaar		43	715	theoretische waarde = werkelijke besparing
0 cm	8 cm (Rc=2,22)	13			9	155	
(Rc=0,22)							
matig geïsoleerd	8 cm (Rc=2,22)	2,8			5	275	
3 cm (Rc=0,97)							
matig geïsoleerd	10 cm	1,6					
5 cm (Rc=1,47)	(Rc=2,72)						
beganegrondvloerisolatie					uitgaande van opp. vloer = 45 m2		
ongeïsoleerd			geen bruikbare waarden i.v.m. ontbrekende Rc-waarden; orde van grootte van werkelijke en berekende besparingen is vergelijkbaar		7	115	theoretische waarde = werkelijke besparing
0 cm	8 cm (Rc=2,15)	2,5			8	125	
(Rc=0,15)							
	10 cm	2,8			2	30	
	(Rc=2,65)						
5 cm	10 cm	0,7					
(Rc=1,40)	(Rc=2,65)						

### 5.3.4 Isolatie beglazing

De gemeten besparingen in relatie tot isolatie van beglazing komen uit op tussen de 50 en 67% van de theoretische besparingen. Tegelijkertijd moet worden opgemerkt dat deze uitkomst wel met de nodige onzekerheid is omgeven. Allereerst bleek de gemeten besparing bij de woningen in de labeldatabase groter dan de berekende besparing bij diezelfde woningen. De vraag is hoe dat kan. De berekende besparing is veel lager dan de theoretische besparing. Dat duidt erop dat er met de controlevariabelen teveel wordt gecorrigeerd. Dat maakt het echter waarschijnlijk dat de gemeten besparing een ondergrens is van de te realiseren besparingen. Hierbij wordt immers hetzelfde analysemodel gebruikt als bij de berekende besparingen. Om die reden hanteren we hier een bandbreedte waarbij de werkelijke besparing ligt tussen de ondergrens van de gemeten besparing en de bovengrens van de theoretische besparing. De theoretische besparing gaat uit van verwarmde ruimten. Als HR++ glas wordt geplaatst in onverwarmde ruimten dan levert de maatregel minder besparing op.

**tabel 5-3 Besparing op totale gasvraag bij isolatie van beglazing (indicaties van besparingen voor eengezinstussenwoningen)**

Van: (referentie)	Naar: (maatregel)	Theorie*	Labeldatabase**		WoON				
					Geme- ten	Inschatting besparing gasrekening totaal			
			Berekend	Geme- ten					
		$m^3/m^2$	$m^3/m^2$	$m^3/m^2$	% t.o.v. totaal	$m^3/m^2$	%	$m^3$ totaal	Aannames en opmerkingen
Bij totaal verbruik (vóór maatregel) van ca. 1660 $m^3$									
Uitgaande van opp. ramen: 18 $m^2$									
enkel glas U=5,6	dubbel glas U=2,8	12,5	1,8	5,3	5-12	5-13	90-215		berekende waarde is onwaarschijnlijk; gemeten waarde is ondergrens
	HR++ glas U=1,2	17,6	5,4	12,4	19%	12-17	13-18	215-305	WoON-effect is wel erg hoog
dubbel glas U=2,8	HR++ glas U=1,2	5,2	3,6	7,1	11%	5-7	5-8	90-125	deelfactor overgenomen van 'enkel' naar HR++
* waarde genomen voor tussenwoningen omdat die het meest representatief zijn voor de labelsteekproef									
** waarden genomen voor eengezinstwoningen omdat die konden worden vergeleken met de theoretische waarden									

### 5.3.5 Kierdichting en isolatie buitendeur

Bij zowel kierdichting als isolatie van de buitendeur kon geen besparing worden vastgesteld op basis van de gemeten verbruiken bij de woningen in de labeldatabase. Omdat er wel een bere-

kende besparing kon worden vastgesteld die in dezelfde orde van grootte ligt als de theoretische besparing, is het aannemelijk dat dit niet ligt aan het analysemodel. Het lijkt dan ook waarschijnlijk dat de besparing in werkelijkheid ook beperkt zal zijn.

Bij kierdichting moet hier wel enig voorbehoud worden gemaakt omdat met de analyses in het WoON wel een effect van kierdichting is vastgesteld dat in dezelfde orde van grootte ligt als de theoretische besparing. In WoON kon daarbij ook worden gecontroleerd voor stookgedrag. Om die reden presenteren we de ingeschatte besparing hier als een bandbreedte tussen 0 en 6%.

**tabel 5-4 Besparing op totale gasvraag bij isolatie van buitendeur en kierdichting (indicaties van besparingen voor eengezinstussenwoningen)**

Van: (referentie)	Naar: (maatregel)	Theorie*		Labeldatabase**		WoON			
		Berekend		Gemeten		Inschatting besparing gasrekening totaal			
		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	%	%	m <sup>3</sup> totaal	Aannames en opmerkingen
Bij totaal verbruik (vóór maatregel) van ca. 1660 m <sup>3</sup>									
kierdichting ***									
geen kier- dichting	kierdichting gehele woning bij natuurlijke ventilatie	5,5%	5	5%	n.s.	6%	0-6	0-100	valide inschatting is lastig; WoON on- dersteunt theoreti- sche berekeningen; daarom overgeno- men
	kierdichting gehele woning bij balansventi- latie	6%	5	5%	n.s.		0-6	0-100	
buitendeur									
niet geïso- leerd	wel geïsoleerd	12	1,6%	21	3%	n.s.	0%	0	uitgaande van: buitendeur 2,2 m2 valide inschatting is lastig; geen bespar- ing gemeten ter- wijl berekende besparing groter is dan theoretische besparing

\* waarde genomen voor tussenwoningen omdat die het meest representatief zijn voor de labelsteekproef

\*\* waarden genomen voor eengezinstussenwoningen omdat die konden worden vergeleken met de theoretische waarden

\*\*\*berekend naar kozijnoppervlakte (17,7 m<sup>2</sup>)

### 5.3.6 Ventilatie

In theorie is er geen verschil tussen de besparing van balansventilatie met warmteterugwinning ten opzichte van mechanische afzuiging of natuurlijke ventilatie. Bij de analyses met de label-database bleek echter de besparing ten opzichte van natuurlijke ventilatie beduidend groter te zijn dan ten opzichte van mechanische ventilatie. Ook hierbij speelt het gebrek aan inzicht in de isolatiekwaliteit van de woningen vermoedelijk een rol. Daarom is de besparing alleen uitgerekend voor de vergelijking tussen balansventilatie met warmteterugwinning en woningen met mechanische ventilatie. Er mag immers worden verwacht dat die relatief weinig van elkaar verschillen op de overige kenmerken. De berekende besparingen blijken dan relatief goed in overeenstemming met de theoretische besparingen. De gemeten besparingen zijn iets minder groot (circa 90% van de berekende besparingen) dan de theoretische besparingen maar komen er aardig in de buurt.

**tabel 5-5 Besparing op totale gasvraag bij balansventilatie met wtw (indicaties van besparingen voor eengezinstussenwoningen) en meerverbruik elektriciteit**

Van: (referentie)	Naar: (maatregel)	Theo- rie*	Labeldatabase**		WoON				
			Berekend		Gemeten		Inschatting besparing gasrekening totaal		
			m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	%	m <sup>3</sup> totaal	Aannames en opmerkingen
Bij totaal verbruik (vóór maatregel) van ca. 1660 m <sup>3</sup>									
<b>besparing gas</b>							Uitgaande van gebruiksopp. 90m <sup>2</sup>		
natuurlijke ventilatie	balans-ventilatie met wtw***	9-11%							
			2,0	11%	1,8	10%	-	8-10%	135-165
mechanische ventilatie	balans-ventilatie met wtw	9-11%							

Van: (referentie)	Naar: (maatregel)	Theo- rie*	Labeldatabase**				WoON	
			Berekend		Gemeten		Inschatting totaal	besparing gasrekening
			m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	%	m <sup>3</sup> totaal
			Aannames en opmerkingen					
meerverbruik elektriciteit								
natuurlijke ventilatie	balans- ventilatie met wtw						niet aannemelijk dat dit in de praktijk anders zal zijn	
	wisselstroom	6,6	kWh/m2					
	gelijkstroom	4,2	kWh/m2					
mechani- sche venti- latie	balans- ventilatie met wtw							
	wisselstroom	3,1	kWh/m2					
	gelijkstroom	1,8	kWh/m2					
<div>* bandbreedte overgenomen tussen vrijstaand en portiekwoning</div> <div>** verschil tussen verbruiken bij balansventilatie en mechanische afzuiging, gemiddeld over eengezins- en meergezinswoningen</div> <div>*** zonder kierdichting en zonder warmtepompboiler</div>								

## 5.4 Conclusie

Het vaststellen van valide besparingsgetallen op basis van werkelijke verbruiken in een woningbestand met een meetmoment is geen eenvoudige exercitie. Werkelijke besparingen kunnen het best worden vergeleken door in de tijd (voor en na de maatregel) te vergelijken. Als op één moment tussen verschillende woningen wordt vergeleken, is het nodig om – als het effect van een maatregel moet worden gemeten - te controleren voor alle overige verschillen tussen die woningen. Die overige verschillen kunnen immers ook van invloed zijn op het energiegebruik. Een dergelijke controle kan alleen goed gebeuren als de relevante kenmerken van woningen ook bekend zijn. In dit onderzoek bleek dat problematisch te zijn voor niet de minste maatregel: de isolatie van bouwdelen.

Ondanks de mitsen en maren konden voor een reeks van maatregelen toch besparingsgetallen worden opgesteld. In vrijwel alle gevallen bleken de werkelijke besparingen wat minder groot te zijn dan de theoretische besparingen.



# Bijlagen





# Bijlage 1

## Klantenbestanden van netwerkbedrijven

### Achtergrond

Voor dit onderzoek is een koppeling gemaakt tussen de energielabeldatabase en de klantenbestanden van CBS. Een klantenbestand bestaat uit de standaardjaarverbruiken (sjv's) van de klanten van een energiebedrijf.

Om een beter beeld te krijgen van de 'waarde' van de klantenbestanden is informatie ingewonnen bij drie netwerkbedrijven over de klantenbestanden die zij leveren aan CBS. Er is informatie verzameld bij de volgende partijen:

- Enexis: dhr. Guus Gilissen, ketenmanager en dhr. Andy Hamstra, datacontrole (interview 9 mei 2011, Weert).
- Stedin: dhr. Ralph Maassen, teamleider Allocatie & Reconciliatie Elektriciteit (interview 7 juni 2011, Rotterdam).
- Alliander: dhr. Martin Stronks, database marketeer (mail 4 mei 2011).

De volgende voor het onderzoek belangrijke vragen zijn besproken:

1. In hoeverre zijn de verbruiken uit de klantenbestanden gebaseerd op werkelijk gemeten verbruik?
2. Wanneer en hoe regelmatig worden de verbruiken gemeten?
3. Wat zijn andere voor het onderzoek belangrijke aandachtspunten?

### Bevindingen

Dit zijn de voor het onderzoek belangrijkste bevindingen:

- Voor het aanleveren van standaardjaarverbruiken bestaat regelgeving, de informatie die de verschillende netwerkbedrijven geven verschilt daarom nauwelijks van elkaar.
- Het sjv is een verbruik dat wordt berekend op basis van het verschil tussen twee meterstanden. Het sjv is altijd geldig per een bepaalde datum, vaak is dat 1 januari. Zo zeggen de netwerkbedrijven dat, maar dat is verwarrend want het sjv is een verbruik over een periode (jaar) en niet een stand op een bepaalde datum. Een vastgesteld sjv is altijd gebaseerd op een gekwalificeerde opname (zgn. 'harde' opname, of fysiek uitgevoerd door het netwerkbedrijf of doorgegeven door de klant). Wettelijk moet die minimaal een keer per jaar worden uitgevoerd. Een fysieke opname door de meteropnemer moet wettelijk eens in de drie jaar plaatsvinden.
- Per aansluiting wordt een nieuw standaardjaarverbruik vastgesteld als op basis van een nieuwe gekwalificeerde meterstand het verbruik over een nieuwe relevante verbruiksperiode bekend is. Een relevante verbruiksperiode is de kleinst mogelijke verbruiksperiode van minimaal 300 dagen die tevens de gehele maanden januari en februari omvat (voor gas) of 120 dagen (voor elektriciteit).
- Meteropnames vinden plaats op een willekeurig moment in het jaar, niet per se op 1 januari. Het verbruik tussen de meest recente opname en het einde van het jaar is onbekend en wordt daarom geschat. Dit gebeurt op basis van profiel fracties, dit zijn jaar-

curves van het verbruik van een steekproef van huishoudens. Hiervoor worden gemeten (historische) verbruiken op kwartierniveau gebruikt, die jaarlijks bijgewerkt worden. Voor 10 categorieën (en subcategorieën) huishoudens worden jaarcurves opgesteld (bron: interview Stedin). Het gemeten verbruik wordt over de laatste relevante verbruiksperiode gecorrigeerd voor druk, temperatuur en calorische waarde zoals beschreven in de meetcode gas. Het sjv is dus een voor graaddagen gecorrigeerd verbruik.

- Het sjv is een berekend en dus *geschat verbruik*, weliswaar gebaseerd op werkelijke metingen.

Een voorbeeld: het standaardjaarverbruik voor 2009 (met geldigheidsdatum 1 januari 2010) is gebaseerd op het verschil tussen een meterstand uit 2009 en 2008. Als de meest recente datum van de twee meterstanden augustus 2009 was, wordt deze stand geëxtrapoleerd naar een stand per 1 januari 2010. Het sjv is het verschil tussen die stand en de stand van 1 januari 2009.

- Een belangrijk probleem is dat uit de klantenbestanden de datums<sup>7</sup> van meteropnames niet bekend zijn. Deze informatie is bekend bij de netwerkbedrijven, maar zij mogen die mogelijk niet geven.
- Overige eventuele beperkingen aan de klantenbestanden:
  - Het is mogelijk dat appartementen geen individuele aansluiting, en dus geen meterstand per woning hebben. Volgens Enexis komt dit niet vaak voor.
  - In sommige gevallen betreft het sjv een schatting op basis van andere sjv's. Dit doet zich bijvoorbeeld voor bij nieuwbouw.
  - Een deel van de huishoudens (volgens Enexis ca. 3 à 4%) levert de meterstand te laat aan, waardoor het netwerkbedrijf het sjv moet schatten.
  - Teruggeleverde elektriciteit van zonnepanelen is niet gespecificeerd in de klantenbestanden.

## Conclusie

De standaardjaarverbruiken zijn schattingen van het jaarverbruik op basis van twee meterstanden (een uit hetzelfde en een uit het vorige jaar), die op een willekeurig moment in het jaar plaatsvinden. De datums van meteropnames zijn niet in de klantenbestanden opgenomen. Zonder deze informatie kan de werkelijke mutatie van verbruiken en dus het effect van besparende maatregelen met minder zekerheid bepaald worden.

Een voorbeeld: we richten ons in het project op de klantenbestanden van 2009 en ook de energielabels die in 2009 zijn afgemeld. Stel dat een energielabel is afgemeld in augustus 2009, na het nemen van energiebesparende maatregelen en het jaarverbruik is gebaseerd op een meterstand in 2008 en een tweede meterstand in april 2009. Dan geeft het jaarverbruik geen goede weergave van het verbruik na realisatie van de energiebesparende maatregelen.

<sup>7</sup> Schrijfwijze om verwarring te voorkomen met 'data' als term voor kwantitatieve informatie.

## Bijlage 2

### Procedures voor de controle van effecten

Dat het van belang is om controles toe te passen blijkt uit navolgend voorbeeld.

#### Voorbeeld t.b.v. controle: HR-ketels in goed geïsoleerde woningen (fictieve getallen)

Stel, in qua isolatie gelijkwaardige woningen met een HR-ketel wordt 20% minder gas verbruikt dan wanneer er geen HR-ketel is geïnstalleerd:

		HR-ketel		
		ja	nee	
isolatiegraad	laag	1760	2200	-20%
	midden	1440	1800	-20%
	hoog	1200	1500	-20%

Stel, in slecht geïsoleerde woningen is de penetratiegraad van HR-ketels lager dan in goed geïsoleerde woningen, bijvoorbeeld zoals hieronder weergegeven.

		HR-ketel		
		ja	nee	
isolatiegraad	laag	10%	90%	100%
	midden	50%	50%	100%
	hoog	90%	10%	100%

Stel, we hebben een steekproef van 900 woningen, die als volgt verdeeld is:

		HR-ketel		
		ja	nee	
isolatiegraad	laag	30	270	300
	midden	150	150	300
	hoog	270	30	300
		450	450	900

Dan vinden we – als de verbruiken worden gemiddeld over de isolatiegraden - geen besparing van 20% maar van 35%.

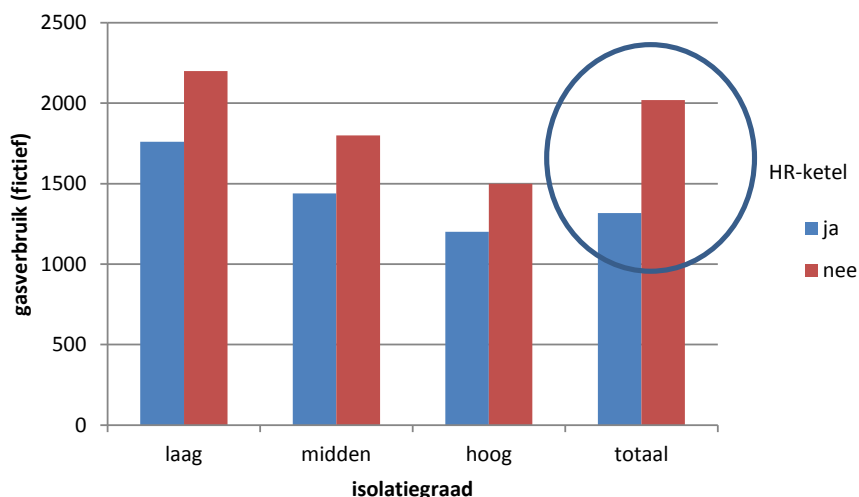
		HR-ketel		
		ja	nee	
totaal		1.317	2.020	-35%

De besparing wordt overschat omdat er binnen de groep van woningen met een HR-ketel weinig waarnemingen zijn van woningen met een slechte isolatie (N=30) en veel met een goede isolatie (N=270). En het omgekeerde is het geval in woningen zonder HR-ketel. Daarin zitten juist veel woningen met een slechte isolatie.

In het totaal van woningen zonder HR-ketel, weegt dus door dat dit vaak slecht geïsoleerde woningen zijn, waardoor het gemiddelde gasverbruik in die groep meer in de buurt ligt van de woningen met een slechte isolatie. En omgekeerd, in het totaal van de woningen met een HR-

ketel weegt sterk door dat dit vaak goed geïsoleerde woningen zijn. Het gemiddelde gasverbruik ligt in die groep dus dichterbij de buurt van dat van de goed geïsoleerde woningen. Het gevolg is dat het verschil voor het totaal groter is dan het verschil binnen de afzonderlijke isolatieklassen (zie figuur 1).

**figuur 1** Gasverbruik in woningen met en zonder HR-ketel, naar de isolatiegraad van de woningen en voor het totaal in de steekproef (fictief voorbeeld)



Zonder controle voor de isolatiegraad treedt er dus een dubbeltelling op (in het effect van de HR-ketel zit ook het effect van isolatie). Door te controleren voor de samenhang tussen de isolatiegraad en de aanwezigheid van een HR-ketel, kan het 'zuivere' effect van een HR-ketel worden vastgesteld. Een eenvoudige manier om dit te doen is – zoals in dit rekenvoorbeeld – de vertekening in de steekproef weg te nemen door per isolatiegraad gelijke aantallen te veronderstellen. Dan is het rekenkundig gemiddelde per kolom:

	HR-ketel		
	ja	nee	
gemiddeld	1.467	1.833	-20%

Dan wordt het effect niet meer 'verstoorde' door de vertekeningen in de steekproef.

## Procedures

In de analyses waarvan de uitkomsten in deze rapportage zijn weergegeven worden de controles statistisch opgelost omdat ook rekening moet worden gehouden met de verschillen tussen de individuele huishoudens waarop de gemiddelden zijn berekend. De wijzen waarop de controles plaatsvinden, staan bekend onder de noemers:

- Variantieanalyse (bij een samenhang tussen twee of meer verklarende categorische variabelen)
- Regressieanalyse (bij een samenhang tussen twee of meer verklarende continue variabelen)
- Covariantieanalyse (bij een combinatie van bovenstaande samenhangen)

Het voorbeeld zoals hierboven beschreven, wordt opgelost met variantieanalyse. Met die analyse wordt nagegaan of de scores (van individuele waarnemingen) te maken hebben met:

- Individuele variatie (de afwijkingen van de waarnemingen binnen een cel ten opzichte van het gemiddelde in een cel), ook wel de errorvariatie
- Variatie samenhangend met de invloed van factor A (in het voorbeeld bijvoorbeeld de rijvariatie in isolatiegraad)
- Variatie samenhangend met de invloed van factor B (als A de rijvariatie is, dan is B de kolomvariatie: wel/geen HR-ketel)
- De interactie tussen A en B.

Op die manier kan ook worden bepaald of de effecten significant zijn. Dat hangt namelijk ook af van de individuele variatie (de verschillen tussen huishoudens binnen een groep).

Hoe dat werkt, kan wellicht het best worden duidelijk gemaakt met het 'afpellen van kwadraten' (sum of squares). Daarmee wordt inzichtelijk hoe de variatie in scores wordt bepaald door elk van de hiervoor genoemde 'bronnen' van variatie.

Stel, de tabel uit het voorbeeld:

	ja	nee	
laag	1760	2200	1980
midden	1440	1800	1620
hoog	1200	1500	1350
totaal	1467	1833	1650

...is niet gebaseerd op 900 waarnemingen maar op 12 (2 in elke cel). Dan zou die er als volgt uit kunnen zien:

	ja	nee	
laag	1500	2500	1980
	2020	1900	
midden	1800	1600	1620
	1080	2000	
hoog	1400	1700	1350
	1000	1300	
	1467	1833	1650

De totale variatie in de cellen wordt bepaald door per cel de afwijking (deviatie) ten opzichte van het gemiddelde te nemen. De som van de kwadraten van de deviaties bepaalt vervolgens de totale variatie (totale kwadratensom).

deviaties

	ja	nee
laag	-150	850
	370	250
midden	150	-50
	-570	350
hoog	-250	50
	-650	-350

kwadratensom:

22.500	722.500
136.900	62.500
22.500	2.500
324.900	122.500
62.500	2.500
422.500	122.500

totale kwadratensom:

2.026.800

De eerste stap is dan om te bepalen hoeveel van de totale variatie wordt bepaald door individuele verschillen (dus niet toe te schrijven aan de invloeden van A (isolatiegraad) en B (wel/geen HR-ketel)). Dat gebeurt door de individuele cellen binnen de combinaties AB te middelen. De resterende variatie is dan toe te schrijven aan de effecten A en B. Het verschil tussen het resterende deel en de totale kwadratensom is de individuele variatie. In dit voorbeeld is dat 40% van de totale variatie.

	ja	nee		kwadratensom:	
laag	110	550	330	12.100	302.500
	110	550		12.100	302.500
midden	-210	150	-30	44.100	22.500
	-210	150		44.100	22.500
hoog	-450	-150	-300	202.500	22.500
	-450	-150		202.500	22.500
				resterende kwadratensom:	
				1.212.400	

individuele variatie (of errorvariatie):

$$2.026.800 - 1.212.400 = 814.400 (=40\% \text{ van totaal})$$

Het hoofdeffect van de isolatiegraad (A) wordt vervolgens bepaald door de afwijking ten opzichte van het rijgemiddelde te bepalen:

	ja	nee		kwadratensom:	
laag	-220	220	0	48.400	48.400
	-220	220		48.400	48.400
midden	-180	180	0	32.400	32.400
	-180	180		32.400	32.400
hoog	-150	150	0	22.500	22.500
	-150	150		22.500	22.500
				resterende kwadratensom:	
				413.200	

variatie als gevolg van A:

$$1.212.400 - 413.200 = 799.200 (=39\% \text{ van totaal})$$

Het hoofdeffect van de HR-ketel (B) wordt vervolgens bepaald door de afwijking ten opzichte van het kolomgemiddelde te bepalen:

	ja	nee		kwadratensom:	
laag	-36,67	36,67	0	1.344	1.344
	-36,67	36,67		1.344	1.344
midden	3,33	-3,33	0	11	11
	3,33	-3,33		11	11
hoog	33,33	-33,33	0	1.111	1.111
	33,33	-33,33		1.111	1.111
	0	0		resterende kwadratensom:	
				9.867	

variatie als gevolg van B:

$$413.200 - 9.867 = 403.333 (=20\% \text{ van totaal})$$

De toets van de effecten vindt plaats door per effect eerst de kwadratensom te delen door het aantal vrijheidsgraden (in de regel: df (degrees of freedom) = k-1). Dat levert de variantie (MS: Mean Square) op. Die wordt vervolgens per bron gedeeld door de MS-error (de individuele variatie). Als de resulterende waarde (toetsgrootte: F) groter is dan 1, is de variatie als gevolg van een maatregel in beginsel groter dan de individuele variatie. Hoe meer waarnemingen, hoe kleiner de MS-error en hoe signifikanter het effect. De grenswaarden kunnen in de meeste statistiekboeken worden opgezocht.

In dit voorbeeld zijn de verschillen gebaseerd op een klein aantal waarnemingen en dus niet significant. Als vergelijkbare variaties aan de orde zijn bij honderden waarnemingen is dat vanzelfsprekend wel het geval.

**Tabel A Variantieanalyse uitkomstentabel**

Variatiebron	Kwadratensom	df	MS (variantie)	F-waarde (MS-effect/ MS-error)	p	Verklaarde variantie
Isolatiegraad (A)	799.200	2	399600	2,94	n.s.	39%
HR-ketel (B)	403.333	1	403333,3	2,97	n.s.	20%
Hoofdeffecten	1.202.533	3	400844,4	2,95	n.s.	59%
Interactie (AxB)	9.867	2	4933,3	0,04	n.s.	1%
A+B	1.212.400	5	242480	1,79	n.s.	
Individuele variatie (error)	814.400	6	135733,3			40%
Totaal	2.026.800	11	184254,5			

De grootte van het besparende effect van de HR-ketel kan worden vastgesteld op de tabel waar de andere effecten uit zijn gehaald.

### Samenhang tussen continue variabelen

Samenhang tussen twee continue variabelen (bijvoorbeeld als isolatiegraad niet in klassen maar Rc-waarden wordt uitgedrukt), wordt bepaald in termen van correlaties. Een correlatie tussen twee variabelen kan worden berekend volgens de formule:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - m_x)(y_i - m_y) / (n - 1)}{s(x)s(y)}$$

Waarbij

- $x_i$  en  $y_i$  staan voor de waarnemingen op de variabelen x en y voor huishouden  $i$
- $m_x$  staat voor het gemiddelde van x
- $s(x)$  staat voor de standaardafwijking van x

Waar drie variabelen met elkaar samenhangen, bijvoorbeeld gasverbruik (afhankelijk), Rc-waarde van de woning en rendement van de ketel, moet – om het effect van het rendement op het verbruik te bepalen – worden gecontroleerd voor de samenhang tussen het rendement en de isolatiegraad. Dat is in essentie niet anders dan in bovenstaand voorbeeld. Maar door de andere meetniveaus van de variabelen wordt nu gebruikgemaakt van correlatie- of regressie-analyse in plaats van variantieanalyse. Bij de effecten, waarbij wordt gecontroleerd voor de samenhang tussen andere variabelen, spreekt men over zogenaamde *partiële correlaties*. Als de onderlinge correlaties ( $r$ ) bekend zijn, kunnen die worden berekend volgens:

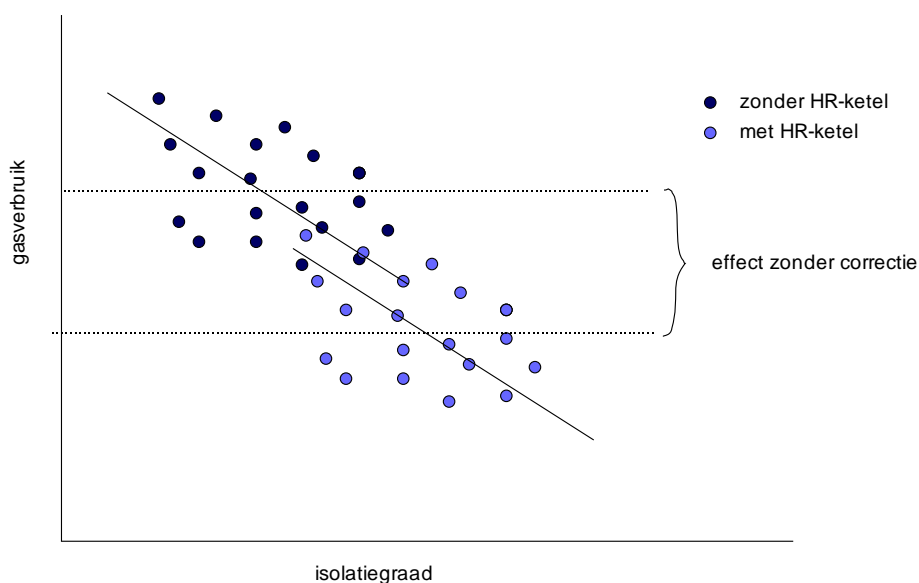
$$r_{12.3} = \frac{r_{12} - r_{13} * r_{23}}{\sqrt{(1 - r_{13}^2)(1 - r_{23}^2)}}$$

### Combinatie van continue en categorische variabelen

De covariantieanalyse is een combinatie van de variantieanalyse en de regressieanalyse. De effecten van categorische variabelen (zoals de aanwezigheid van een HR-ketel) worden dan onderzocht door uit de relatie eerst het effect van bijvoorbeeld de isolatiegraad (als continue variabele) te halen. Hoe dat werkt kan het best worden geïllustreerd met een grafisch voorbeeld.

In onderstaande figuur wordt de (fictieve) relatie tussen isolatiegraad en gasverbruik weergegeven, zoals die kan worden afgeleid uit verbruiken van een steekproef van huishoudens. Binnen de steekproef kunnen twee groepen worden onderscheiden: een van huishoudens met een HR-ketel en een van huishoudens zonder HR-ketel. We zien dat het gemiddelde verbruik in de groep zonder HR-ketel een stuk hoger ligt dan in de groep met een HR-ketel. We zien ook dat het verbruik sterk samenhangt met de isolatiegraad en dat de isolatiegraad gemiddeld hoger is in de groep met een HR-ketel. Als we nu geen rekening houden met de verschillende isolatiegraden, dan komen we op een flink besparend effect van de HR-ketel.

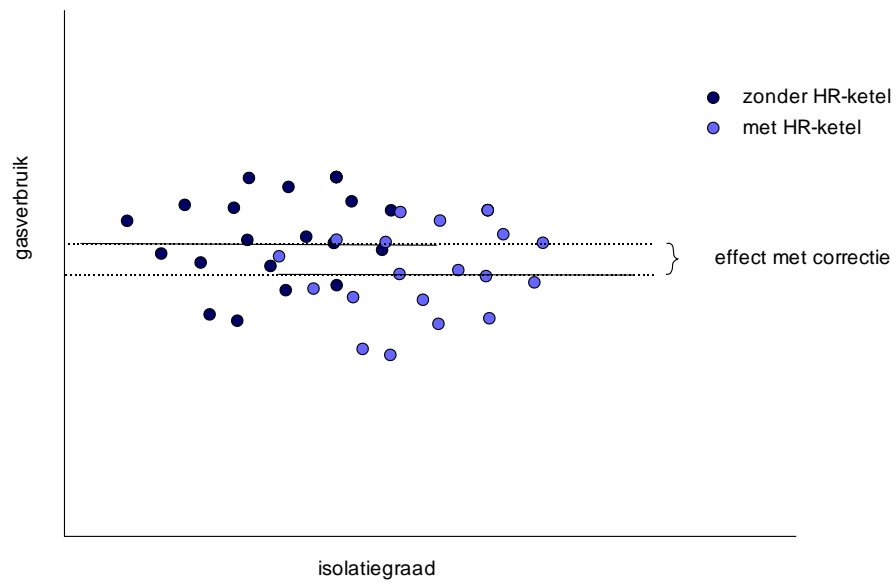
**figuur 2** Relatie tussen isolatiegraad en gasverbruik (fictief) voor woningen met en zonder HR-ketel



In de covariantieanalyse wordt gecontroleerd voor de relatie tussen isolatiegraad (de covariant in de analyse) en het gasverbruik. Dat wordt geïllustreerd in de volgende figuur. De gemiddelden in de groepen (met en zonder HR-ketel) worden bepaald alsof er geen onderscheid in isolatiegraad bestaat. Er resteert dan nog steeds een verschil, maar dat is in dit voorbeeld aanzienlijk minder groot dan zonder correctie. Deze correctie kan in beginsel twee kanten op werken. Als de samenhang tussen isolatiegraad en de aanwezigheid van een HR-ketel omgekeerd was geweest (vaker een HR-ketel in woningen met een lage isolatiegraad) dan was het effect van de HR-ketel in de analyse zonder correctie juist onderschat (of zelfs negatief), en was het effect door correctie zichtbaar geworden.



**figuur 3** Gasverbruik (fictief) voor woningen met en zonder HR-ketel, gecontroleerd voor isolatiegraad





# Bijlage 3

## Energiebesparingsgetallen o.b.v. WoON en HOME

# Kengetallen energiebesparing bestaande woningbouw

Berekend op basis van WoON en HOME

## Inhoudsopgave

<b>Hoofdstuk 1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Aanpak	1
<b>Hoofdstuk 2</b>	<b>Analysemodel</b>	<b>2</b>
2.1	Uitgangspunten	2
2.2	Uitwerking analysemodellen	2
<b>Hoofdstuk 3</b>	<b>Besparingsgetallen</b>	<b>5</b>
3.1	Inleiding	5
3.2	Kierdichting	5
3.3	HR-ketel	7
3.4	Leidingisolatie	8
3.5	Thermostaatkranen op radiatoren	10
3.6	Waterbesparende douchekop	11
3.7	Dubbel glas (in de woonkamer)	12
<b>Hoofdstuk 4</b>	<b>Samenvatting en conclusie</b>	<b>15</b>

# Hoofdstuk 1

## Inleiding

### 1.1 Achtergrond

Agentschap NL wil een dataset met besparingsgetallen van energiebesparende maatregelen in bestaande woningen op basis van werkelijke energiegebruiken. ECN en RIGO hebben in een inventarisatiefase onderzocht hoe tot een dergelijke dataset gekomen zou kunnen worden. Na inventarisatie van de woning- en bewonersonderzoeken WoON en HOME bleek het mogelijk te zijn om met behulp van deze twee bestanden een deel van de gewenste besparingsgetallen te bepalen, namelijk voor kierdichting, mechanische ventilatie, HR-ketel, leidingisolatie, thermostaatkranen op radiatoren en waterbesparende douchekoppen. Van deze maatregelen hebben we het effect van mechanische ventilatie niet onderzocht omdat deze maatregel niet geacht wordt invloed op het gasverbruik te hebben. Dat is anders voor balansventilatie met warmterugwinning maar daarvan zijn in de onderzoeken nog onvoldoende waarnemingen beschikbaar. In deze rapportage worden de besparingsgetallen die op basis van WoON en HOME kunnen worden opgesteld voor genoemde maatregelen beschreven.

### 1.2 Aanpak

Er is gestreefd naar besparingsgetallen die zoveel mogelijk enkelvoudig en specifiek zijn. Met andere woorden: de besparingsgetallen moeten betrekking hebben op afzonderlijke maatregelen en ze moeten voor alle relevante contexten gelden waarin een bepaalde maatregel genomen kan worden. Onder de context worden verschillende woning- en huishoudenkenmerken verstaan zoals woningtype, bouwperiode en huishoudengrootte. Voor dit soort contextvariabelen dient bij het opstellen van de besparingsgetallen minstens gecontroleerd te worden.

De aanpak is als volgt geweest:

1. In samenwerking met ECN zijn de kenmerken van woningen en huishoudens benoemd die theoretisch van invloed zouden kunnen zijn op energiegebruik.
2. Per energiebesparende maatregel is vervolgens een analysemodel opgesteld, waarin alle beschikbare relevante woning- en huishoudenkenmerken zijn opgenomen.
3. Per maatregel zijn zowel in het WoON als in HOME de analyses uitgevoerd. Dit heeft geresulteerd in besparingsgetallen per maatregel en per bronbestand.

Hierna worden allereerst de analysemodellen behandeld, daarna komen per maatregel de besparingsgetallen aan bod, zoals die uit de analyses in WoON en HOME naar voren zijn gekomen.

# Hoofdstuk 2

## Analysemodel

Het is van belang om bij het vaststellen van besparingsgetallen op basis van empirische gegevens (werkelijke verbruiken en geconstateerde toepassingen), gebruik te maken van controles. Daartoe is in overleg met ECN voor elke maatregel die wordt onderzocht een analysemodel opgesteld. Het algemene principe in het analysemodel en de uitwerking per maatregel wordt in dit hoofdstuk besproken. In bijlage 2 wordt nader ingegaan op de wijze waarop controles in statistische zin plaatsvinden.

### 2.1 Uitgangspunten

In het analysemodel onderscheiden we:

- Maatregelen – de maatregelen waarvan het besparingseffect wordt vastgesteld (bijvoorbeeld: kierdichting)
- Selectie – het segment waarbinnen het effect wordt vastgesteld (bijvoorbeeld woningen met een HR-ketel)
- Segmentatie – contextkenmerken waarvoor het effect afzonderlijk wordt vastgesteld (bijvoorbeeld: een- en meergezinswoningen)
- Controle – contextkenmerken waarvoor in de analyse wordt gecontroleerd omdat ze samenhangen met de toepassing van de maatregel en/of het effect van de maatregel (bijvoorbeeld: isolatiegraad bij de maatregel kierdichting)
- Referentie – de conditie waarmee de toepassing van de maatregel wordt vergeleken om het effect van de maatregel te bepalen (bijvoorbeeld: geen kierdichting).

### 2.2 Uitwerking analysemodellen

In Tabel 2-1 wordt een overzicht gegeven van het analysemodel dat per maatregel is gehanteerd.<sup>8</sup> Voor alle gevallen geldt dat de gekozen elementen betrekking hebben op in de bronbestanden beschikbare gegevens. Daarom is bijvoorbeeld de combinatie bouwjaar/jaar van na-isolatie opgenomen en niet de feitelijke isolatiegraad van de woningen. Die laatste is de preferente controlevariable, maar is niet beschikbaar en wordt om die reden benaderd via bouwjaar en jaar van na-isolatie.

<sup>8</sup> Zie ook Menkveld e.a.(2009), *Besparingskentallen voor besparing in de bestaande woningbouw*, ECN en RIGO i.o.v. Agentschap NL waarin de beschikbaarheid van gegevens is beschreven.

**Tabel 2-1    Overzicht analysemodellen per maatregel**

Maatregel	Selectie	Segmentatie	Controle	Referentie
Kierdichting	HR-combitap	Woningtype (EG/MG)	Bouwjaar/ jaar van na-isolatie Woninggrootte Kozijnoppervlakte Mechanische ventilatie Gemiddelde stooktemperatuur Isolatiepercentage (vloer, dak en gevel)	Geen kierdichting
HR-ketel	Combitap	Woningtype (EG/MG)	Bouwjaar/ jaar van na-isolatie Woninggrootte Bijverwarming Mechanische ventilatie Kierdichting Aantal baden per week Doucheminuten per week Gemiddelde stooktemperatuur Open haard Isolatiepercentage (vloer, dak en gevel)	VR-ketel
Leidingisolatie	HR-combitap EGW	X	Bouwjaar/ jaar van na-isolatie Woninggrootte Gemiddelde stooktemperatuur Bijverwarming Open haard Isolatiepercentage (vloer, dak en gevel)	Geen (of gedeeltelijk) leidingisolatie
Thermostaat-kranen	HR-combitap	X	Bouwjaar/ jaar van na-isolatie Woninggrootte Woningtype Gemiddelde stooktemperatuur Bijverwarming Open haard Isolatiepercentage (vloer, dak en gevel)	Gewone radiator-knoppen
Waterbespa- rende douchekop	HR-combitap	X	Doucheminuten per week Leeftijd Huishoudensgrootte	Geen waterbesparen- de douchekop
Dubbel glas (HR)	HR-combitap	X	Bouwjaar/ jaar van na-isolatie Mechanische ventilatie Woninggrootte Kozijnoppervlakte Gemiddelde stooktemperatuur	Enkel glas of dubbel glas

Ter illustratie: het effect van de maatregel ‘kierdichting’ wordt uitgerekend binnen een selectie van woningen met een HR-combitapinstallatie. Binnen deze selectie wordt een vergelijking gemaakt tussen eengezinswoningen en meergezinswoningen. Daarbij gaat het om de vergelijking van het gasverbruik in woningen met kierdichting versus woningen waarin geen kierdichting aanwezig is (de referentiegroep). Om ‘verstorende’ effecten te voorkomen wordt er gecontroleerd voor het bouwjaar, het jaar van na-isolatie, woninggrootte, kozijnoppervlakte, de toepassing van mechanische afzuiging, het stookgedrag van de bewoners en het isolatiepercentage van daken, vloeren en gevels.

## Selectie

Omdat in verreweg de meeste woningen tegenwoordig een HR-ketel aanwezig is in combinatie met een combitap, en dit in de nabije toekomst de norm zal zijn, zijn alleen deze woningen in de analyses meegenomen. Dit betekent automatisch dat bij alle berekeningen gecontroleerd is voor het type ketel en de wijze waarop het tapwater verwarmd wordt.

## Referenties

De effecten van maatregelen konden niet met alle in beginsel wenselijke referenties worden bepaald. Er zijn twee beperkingen. De eerste betreft het aantal waarnemingen. Om een goede referentiewaarde te kunnen bepalen, zijn voldoende waarnemingen nodig. Daardoor vielen bepaalde referentiegroepen af. De tweede reden is dat het mogelijk moet zijn om een referentie enigszins vergelijkbaar te maken. In sommige gevallen zijn de verschillen tussen twee situaties ook op andere aspecten dan de maatregel zelf erg groot terwijl een goede correctie niet mogelijk is. Zo is de toepassing van lokale verwarming zo specifiek verbonden aan bouwperiodes dat er geen goede correctie voor mogelijk is. Maar ook het energiegedrag is essentieel anders bij lokale verwarming, in het bijzonder voor wat betreft het aantal kamers dat wordt verwarmd. Er is in de analysebestanden echter onvoldoende informatie beschikbaar over dit energiegedrag om ervoor te kunnen controleren. Om die reden valt de referentie 'lokale verwarming' dus af. Er is, met andere woorden, steeds gekozen voor de best vergelijkbaar te maken referenties.



# Hoofdstuk 3

## Besparingsgetallen

### 3.1 Inleiding

Uit de inventarisatie van het WoON en HOME is gebleken dat met behulp van deze bestanden besparingsgetallen berekend kunnen worden voor zes energiebesparende maatregelen. De maatregelen waarvoor dat mogelijk is zijn:

1. Het aanbrengen van kierdichting
2. Het plaatsen van een HR-ketel
3. Het aanbrengen van leidingisolatie
4. Het gebruik van thermostaatkranen op radiatoren
5. Het gebruik van waterbesparende douchekoppen
6. Het aanbrengen van dubbel glas (in de woonkamer)

Deze maatregelen en bijbehorende besparingsgetallen worden hier per paragraaf behandeld. Voor de maatregelen 'kierdichting', 'thermostaatkranen op radiatoren' en 'HR-glas' zijn in het HOME geen of niet voldoende gegevens beschikbaar en zijn alleen besparingsgetallen berekend op basis van het WoON.

#### Eenheden van besparing

De besparingen worden uitgedrukt in percentages gasverbruik.

Bij het vergelijken van de besparingsgetallen uit WoON en HOME moet worden opgemerkt dat het gasverbruik in het WoON is berekend per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte en in HOME per m<sup>2</sup> woonkamer. De reden voor dit onderscheid is dat in HOME het gebruiksoppervlakte van de woning niet bekend is.

Voor de uiteindelijke besparingsgetallen (die zijn uitgedrukt als percentages) heeft het onderscheid in oppervlakte-eenheid geen invloed. In een aantal figuren wordt echter ook gasverbruik per oppervlakte-eenheid weergegeven. Dat ligt om de genoemde reden op een hoger niveau bij de analyses die betrekking hebben op HOME (gedeeld door het oppervlakte van de woonkamers) dan bij de analyses die betrekking hebben op het WoON (gedeeld door het gebruiksoppervlakte van de woning).

### 3.2 Kierdichting

#### Besparingsgetallen op basis van het WoON

In de energiemodule van het WoON is opgenomen of kierdichting in de woning aanwezig is. Deze beoordeling is uitgevoerd door een opnemer, die daarbij de volgende instructies heeft gevolgd:

*“De vraag of kierdichting aanwezig is wordt bevestigend beantwoord op het moment dat aan de volgende voorwaarden is voldaan:*

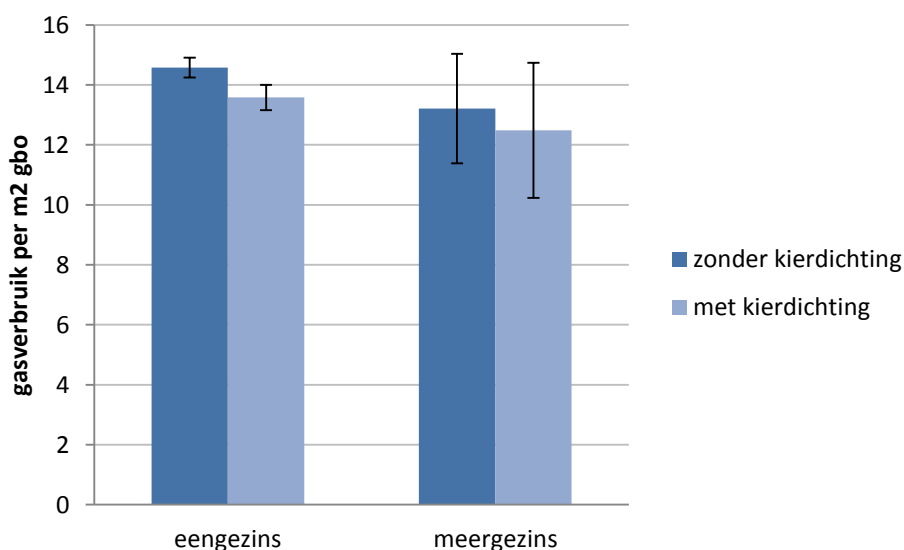
- *een eventueel aanwezig kruipruik is van voldoende afdichting voorzien;*

- *leidingdoorvoeren door de beganegrondvloer zijn voldoende afgedicht. Dit is alleen van toepassing als de beganegrondvloer de thermische schil vormt;*
- *alle te openen ramen zijn voorzien van goede tochtwering;*
- *bij aanwezigheid van gebalanceerde ventilatie is per definitie sprake van kierdichting. Bovenstaande criteria hoeven dan niet beoordeeld te worden."*

Om de energiebesparing ten gevolge van het aanbrengen van kierdichting te bepalen, is het gasverbruik in woningen met kierdichting vergeleken met het gasverbruik in woningen zonder kierdichting. Daarbij is gecontroleerd voor het bouwjaar van de woning, het jaar van na-isolatie, het kozijnoppervlakte, het gebruik van bijverwarming, de aanwezigheid van mechanische afzuiging, isolatie van dak, vloer en gevel en tot slot het stookgedrag van de bewoners.

In woningen met kierdichting wordt gemiddeld genomen 6 procent minder gas verbruikt dan in woningen waarin (volgens bovengenoemde criteria) geen kierdichting aanwezig is. Als een onderscheid naar woningtypen wordt gemaakt, blijkt dat de besparing alleen significant is in een-gezinswoningen. In de meergezinswoningen is het verschil wel in dezelfde orde van grootte, maar doordat het aantal waarnemingen aanzienlijk minder groot is, wordt geen significantie bereikt (Figuur 4).

**Figuur 4** Gemiddeld gasverbruik naar woningtype en de aanwezigheid van kierdichting



**Tabel 3-1** Besparing (% gasverbruik) door kierdichting, met betrouwbaarheidsinterval van de besparing

	Besparing in %		
	Gemiddeld	95% betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
Eengezinswoning	7%	2%	12%
Meergezinswoning	6%*	-	-
Totaal	6%	2%	12%

\* Maatregel levert geen significant verschil in gasverbruik op

### 3.3 HR-ketel

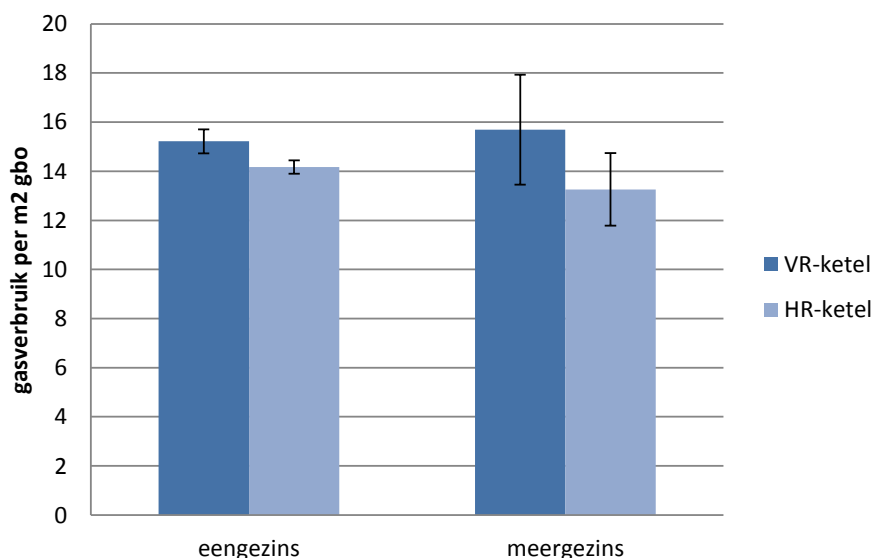
#### Besparingsgetallen op basis van het WoON

Voor het berekenen van het effect dat een HR-ketel heeft op het gasverbruik in een woning is het gemiddelde gasverbruik in woningen met een HR-ketel vergeleken met het gemiddelde gasverbruik in woningen met een VR-ketel. De woningen waarin een CR-ketel aanwezig is, zijn vanwege het beperkte aantal waarnemingen buiten beschouwing gelaten.

In de analyses is gecontroleerd voor de invloeden van het bouwjaar, jaar van na-isolatie, bijverwarming, aanwezigheid van mechanische afzuiging en open haard en tot slot het bad-, douche- en stookgedrag van de bewoners.

Vergeleken met woningen waarin VR-ketels aanwezig zijn, is het gasverbruik in woningen met HR-ketels gemiddeld 11 procent lager. Voor eengezinswoningen kan gesteld worden dat het vervangen van een VR-ketel door een HR-ketel een besparing in het gasverbruik oplevert van 2 tot 11 procent. Voor meergezinswoningen geldt dat het gemiddelde gasverbruik bij gebruik van een HR-ketel eveneens lager ligt. De besparing is echter niet significant vanwege het beperkte aantal waarnemingen.

**Figuur 5** Gemiddeld gasverbruik naar woningtype en type cv-ketel



**Tabel 3-2** Besparing (% gasverbruik) door HR-ketel, met betrouwbaarheidsinterval van de besparing

	Gemiddeld	Besparing in %	
		95% betrouwbaarheidsinterval	
		Ondergrens	Bovengrens
Eengezinswoning	7%	2%	11%
Meergezinswoning	15%*	-	-
Totaal	11%	5%	13%

\* Maatregel levert geen significant verschil in gasverbruik op

Op zichzelf zou het ook interessant zijn om te bezien in welke mate de maatregel 'HR-ketel' bijdraagt aan energiebesparing voor verschillende segmentaties in tapwatervoorziening (zoals

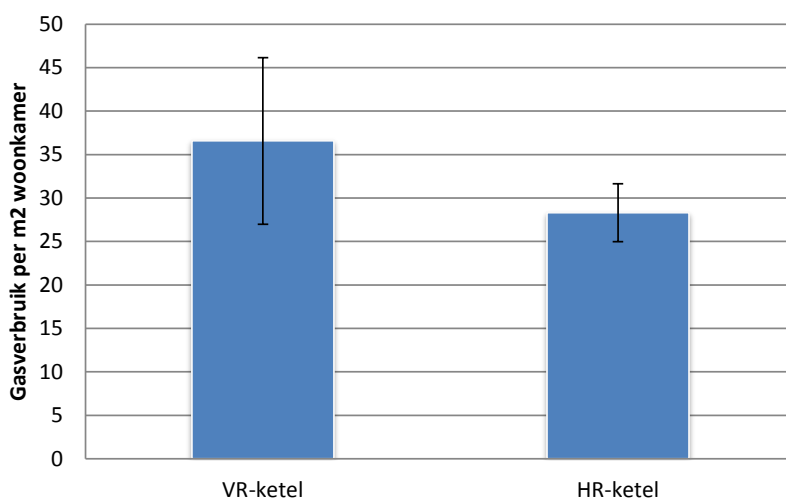
geisers en boilers). Alleen voor de combiinstallatie kunnen betrouwbare vergelijkingen worden gemaakt. Daarvoor geldt de besparing die in Tabel 3-2 is weergegeven.

### Besparingsgetallen op basis van HOME

Omdat (ook) in het HOME niet voldoende waarnemingen zijn van meergezinswoningen met een VR-ketel, kan voor deze woningen het effect van HR-ketels op het gasverbruik niet vastgesteld worden. Voor eengezinswoningen is dat wel mogelijk. De uitkomsten daarvoor zijn weergegeven in Figuur 6.

In de analyse is gecontroleerd voor de aanwezigheid van mechanische afzuiging, bijverwarming, de bouwperiode, de aanwezigheid van isolatie, het douche- en badgedrag van de bewoners en de aanwezigheid van een open haard. Volgens de berekeningen in het HOME ligt het gasverbruik bij gebruik van een HR-ketel gemiddeld 23 procent lager dan bij gebruik van een VR-ketel. Doordat het aantal waarnemingen van VR-ketels in eengezinswoningen beperkt is, is dit verschil niet significant. Dat het verschil erg groot is in vergelijking tot de uitkomsten met behulp van het WoON zou veroorzaakt kunnen worden doordat de controlevariabelen niet optimaal zijn. Zo is de bouwperiode minder nauwkeurig dan het bouwjaar en is de aanwezigheid van isolatie minder nauwkeurig dan het isolatiepercentage. Daarnaast is het in het HOME niet mogelijk om te controleren voor kierdichting, stookgedrag en het jaar van na-isolatie, wat wel wenselijk zou zijn.

**Figuur 6** Gemiddeld gasverbruik in eengezinswoningen naar keteltype



## 3.4 Leidingisolatie

### Besparingsgetallen op basis van het WoON

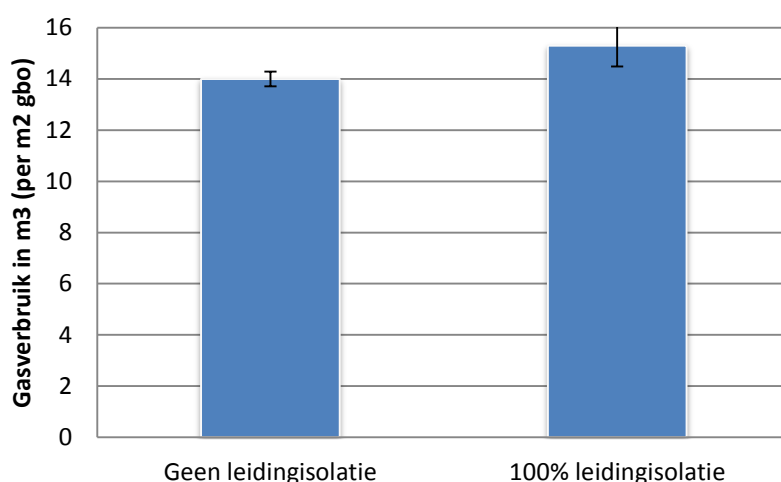
De aanwezigheid van leidingisolatie voor de woningen die in de energiemodule van het WoON zijn opgenomen, is vastgesteld door een opnemer. De instructie die de opnemer bij het beoordelen van de leidingisolatie heeft gevolgd luidt als volgt:

*“Bedoeld worden voorzieningen bestemd voor het op een doelmatige wijze beperken van het warmteverlies in c.v.-leidingen van zowel individuele als collectieve installaties. Het gaat hier om de aanwezigheid van leidingisolatie rondom de verwarmingsleidingen in onverwarmde ruimten. Een ruimte geldt als onverwarmde ruimte indien geen verwarming aanwezig is. Het al dan niet gebruikmaken van de aanwezige verwarming doet niet ter zake. Voorbeelden van onverwarmde ruimten kunnen zijn zolders, kelders, bergingen, fietsenkelders en kruipruimten.*

*Wanneer geen c.v.-installatie aanwezig is betreft de invulling 'niet van toepassing'. Wanneer wel een c.v.-installatie (met bijbehorend leidingnet) aanwezig is, maar niet kan worden achterhaald of de leidingen zijn geïsoleerd wordt 'onbekend' ingevuld."*

Vervolgens is de aanwezigheid van de leidingisolatie gesplitst in vier categorieën; 'geen leidingisolatie', 'minder dan 50%', 'meer dan 50%' en 'geheel'. Omdat te betwijfelen valt in welke mate een gedeeltelijke leidingisolatie zinvol is, is ervoor gekozen alleen de woningen zonder leidingisolatie en de woningen met gehele leidingisolatie tegen elkaar af te zetten. Omdat leidingisolatie niet of nauwelijks van toepassing is in meergezinswoningen zijn alleen eengezinswoningen geselecteerd. Verder is gecontroleerd voor het bouwjaar van de woning, het jaar van na-isolatie, het isolatiepercentage, bijverwarming, de aanwezigheid van een open haard en het stookgedrag van de bewoners. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 7.

**Figuur 7 Gasverbruik in eengezinswoningen naar aanwezigheid van leidingisolatie**



Op basis van de gegevens uit het WoON is tussen de woningen met en zonder leidingisolatie (op het randje) een significant verschil in gasverbruik te constateren. Het gasverbruik is volgens deze gegevens in woningen met leidingisolatie gemiddeld 9% hoger dan in de woningen zonder leidingisolatie.

Deze uitkomst gaat in tegen de verwachtingen, wat veroorzaakt zou kunnen worden door de manier waarop de beoordeling of er wel/geen leidingisolatie aanwezig is, heeft plaatsgevonden. De opnemer heeft alleen de zichtbare leidingisolatie in de beoordeling meegenomen, wat betekent dat de al dan niet geïsoleerde leidingen die onzichtbaar zijn (in muren en vloeren) niet geregistreerd zijn.

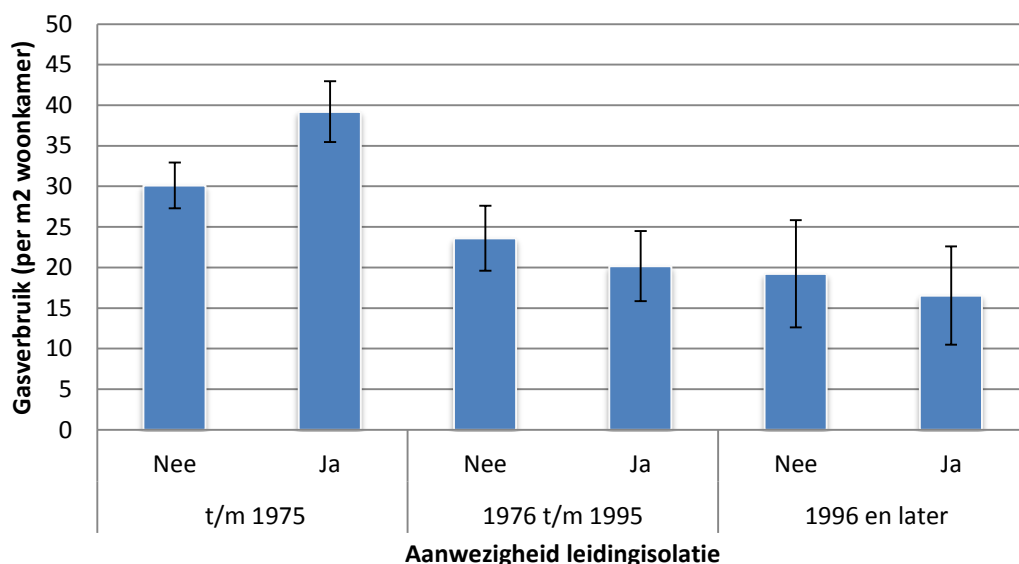
### **Besparingsgetallen op basis van HOME**

De gegevens met betrekking tot de leidingisolatie zijn in het HOME gebaseerd op antwoorden van de bewoners. Hierbij speelt waarschijnlijk net als in het WoON het probleem dat onzichtbare isolatie niet is meegenomen bij de beantwoording. De berekeningen op basis van het HOME leveren uitkomsten op die vergelijkbaar zijn met de uitkomsten op basis van het WoON. Ook hier is het gasverbruik in woningen met leidingisolatie hoger dan in woningen zonder leidingisolatie (Figuur 8). Hierbij is gecontroleerd voor het gebruik van bijverwarming, open haarden, het woningtype en de aanwezigheid van isolatie in muren, daken en gevels.

Zoals Figuur 8 laat zien, lijkt deze uitkomst in het bijzonder te gelden voor woningen die voor 1975 zijn gebouwd. In de woningen die daarna gebouwd zijn lijkt het gasverbruik wel lager te

zijn in woningen met leidingisolatie. Deze verschillen zijn echter niet significant, wat betekent dat op basis van het HOME geen betrouwbare besparingsgetallen met betrekking tot leidingisolatie berekend kunnen worden.

**Figuur 8 Gasverbruik naar bouwperiode en de aanwezigheid van leidingisolatie**

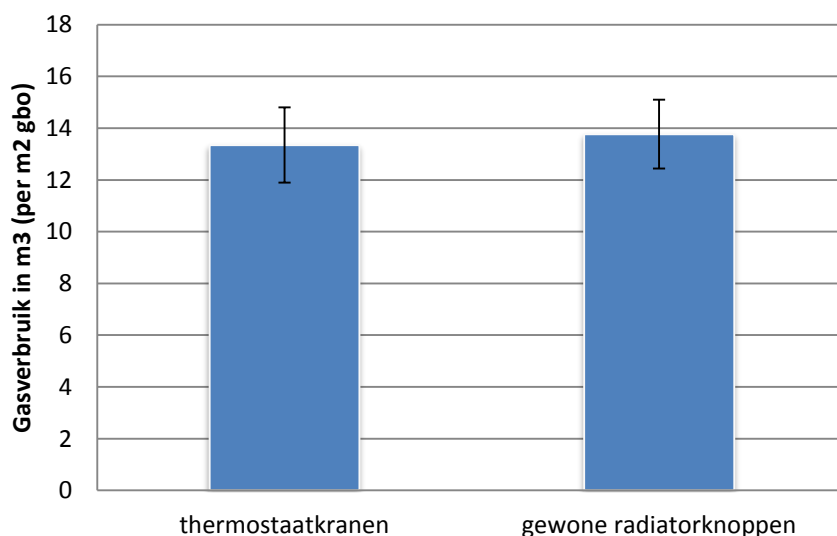


### 3.5 Thermostaatkranen op radiatoren

#### Besparingsgetallen op basis van het WoON

Om het effect van het gebruik van thermostaatkranen op het gasverbruik te bepalen is het gemiddelde gasverbruik in woningen met alleen thermostaatkranen vergeleken met het gemiddelde verbruik in woningen waarin alleen gewone radiatorknoppen aanwezig zijn. Omdat in 75% van de gevallen de aanwezigheid van thermostaatkranen samengaat met het gebruik van een combitap is ook daarop geselecteerd. Door deze selecties is het aantal waarnemingen te klein geworden om naar woningtype te segmenteren. Wel is voor het woningtype gecontroleerd, net als voor het bouwjaar van de woning, het jaar van na-isolatie, het isolatiepercentage, het gebruik van bijverwarming, een open haard en het stookgedrag van de bewoners.

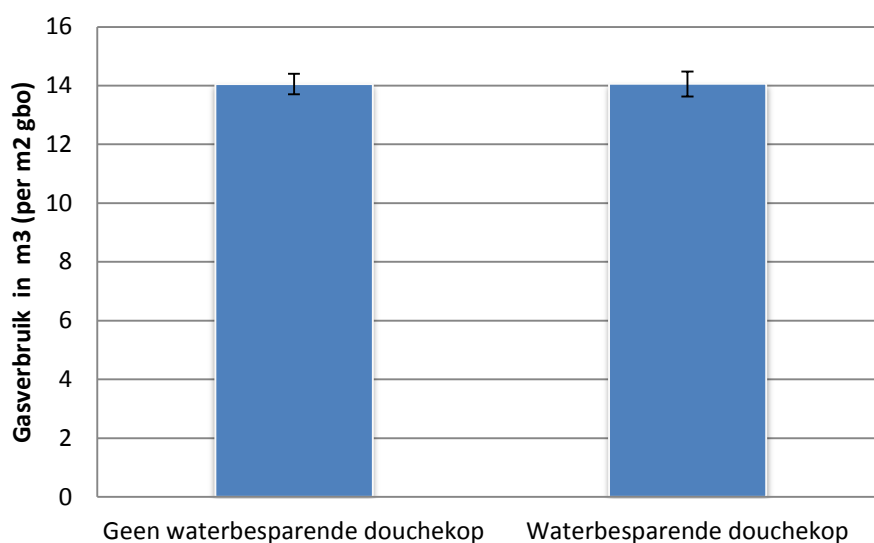
Bij het gebruik van thermostaatkranen lijkt het gemiddelde gasverbruik in de woning gemiddeld iets lager te liggen dan in woningen waarin gewone radiatorknoppen gebruikt worden voor het regelen van de temperatuur. Het verschil in gasverbruik is echter niet significant. Daarmee is het op basis van het WoON niet mogelijk om een besparing vast te stellen met betrekking tot het gebruik van thermostaatkranen.

**Figuur 9** Gasverbruik naar de wijze van temperatuurregeling

### 3.6 Waterbesparende douchekop

#### Besparingsgetallen op basis van WoON

Het verschil in gasverbruik tussen woningen waarin een waterbesparende douchekop gebruikt wordt en woningen waarin deze niet gebruikt worden is volgens de berekeningen in het WoON minimaal (namelijk 0,3%). Hierbij is gecontroleerd voor leeftijd, de grootte van het huishouden en het aantal minuten dat per week door alle personen wordt gedoucht. Zonder deze controles is het verschil ook geheel afwezig. De conclusie is dat met het WoON geen besparing kan worden vastgesteld voor het gebruik van waterbesparende douchekoppen.

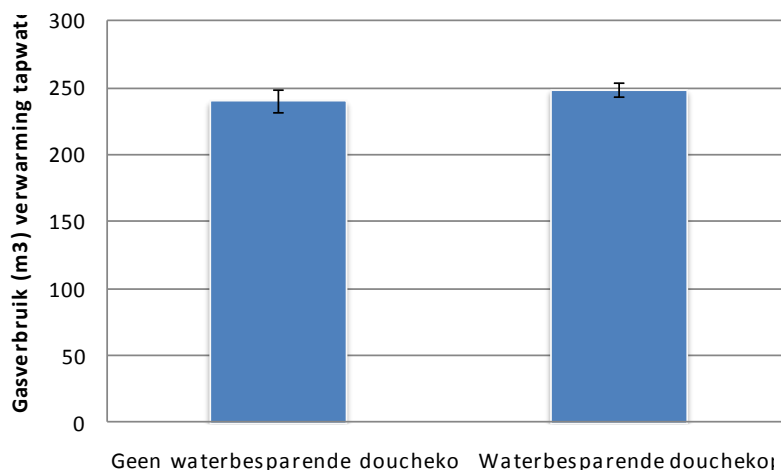
**Figuur 10** Gasverbruik naar gebruik van waterbesparende douchekop

### Besparingsgetallen op basis van HOME

In het HOME is, naast het gasverbruik voor verwarming van de woning, ook het gasverbruik voor de verwarming van tapwater berekend. Dit gasverbruik is gebruikt voor de analyse met betrekking tot het gebruik van waterbesparende douchekoppen. Desondanks wordt ook in het HOME geen betekenisvol verschil in gasverbruik gevonden bij het gebruik van een gewone dan wel een waterbesparende douchekop. Opvallend is dat het gemiddelde gasverbruik bij gebruik van een waterbesparende douchekop iets hoger is dan bij gebruik van een gewone douchekop. Wellicht wordt dit veroorzaakt doordat de controlevariabelen niet optimaal zijn. In het HOME is bijvoorbeeld de leeftijd van de kostwinner alleen in categorieën opgenomen. Daarnaast is wel controle mogelijk voor het aantal keren dat er per week in het huishouden gedoucht wordt, maar niet voor het aantal minuten dat men doucht. De controle voor het aantal personen heeft wel op de gewenste wijze plaatsgevonden.

Op basis van deze gegevens moet worden geconcludeerd dat ook met behulp van het HOME geen besparingen vast te stellen zijn met betrekking tot het gebruik van waterbesparende douchekoppen.

**Figuur 11 Gasverbruik t.b.v. tapwaterverwarming naar type douchekop**



## 3.7 Dubbel glas (in de woonkamer)

### Besparingsgetallen op basis van WoON

De besparing van de maatregel HR-glas in de woonkamer wordt vergeleken ten opzichte van de situatie dat er enkel glas of 'gewoon' dubbel glas in de woonkamer is toegepast. De besparing wordt vastgesteld voor woningen waarin een HR-combitapinstallatie aanwezig is en er wordt gecontroleerd voor bouwjaar, jaar van na-isolatie, de toepassing van mechanische ventilatie, kozijnoppervlakte en het stookgedrag van de bewoners. De woningen waar een combinatie van glastypen in de woonkamer is aangetroffen, zijn buiten beschouwing gelaten.

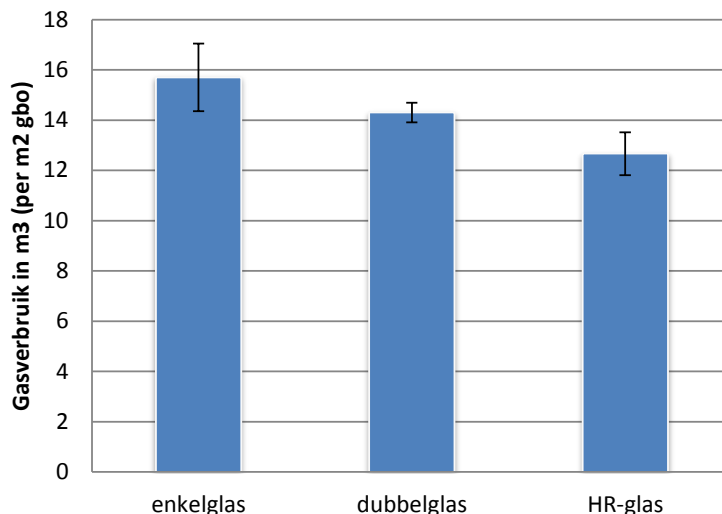
De gemiddelde besparing van de toepassing van HR-glas ten opzichte van enkel glas bedraagt 19%, waarbij de minimale besparing ligt op 6% en de maximale besparing op 31% (Tabel 3-3).

Ten opzichte van dubbel glas bedraagt de besparing door toepassing van HR-glas gemiddeld 11%, met een onder- en bovengrens van respectievelijk 3 tot 20 procent (Tabel 3-3). Deze verschillen zijn significant, zoals in Figuur 12 kan worden gezien. Door het kleine aantal waarne-



mingen van enkel glas, is met behulp van het WoON geen significante besparing vast te stellen voor de toepassing van dubbel glas ten opzichte van enkel glas.

**Figuur 12 Gasverbruik naar de toepassing van enkel-, dubbel- of HR-glas**



**Tabel 3-3 Besparing (% gasverbruik) door HR-glas met betrouwbaarheidsinterval van de besparing**

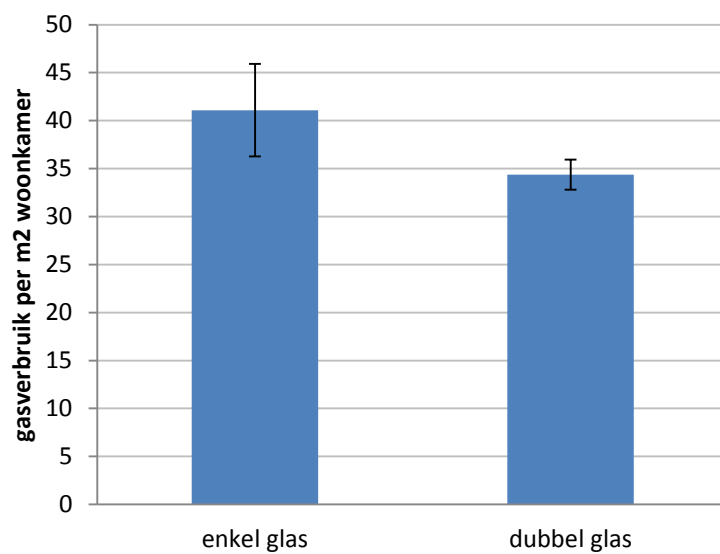
	Besparing in %		
	95% betrouwbaarheidsinterval		
	Gemiddeld	Ondergrens	Bovengrens
Dubbel glas-HR	11%	3%	20%
Enkel glas-HR	19%	6%	31%

### Besparingsgetallen op basis van HOME

In HOME kan de vergelijking niet precies op dezelfde manier worden vastgesteld als met het WoON. Het onderscheid in glastypen wordt bijvoorbeeld niet gemaakt zodat alleen een vergelijking enkel glas en dubbel glas kan worden gemaakt. Zoals ook bij eerdere maatregelen beschreven, kan niet op dezelfde manier worden gecontroleerd voor kenmerken als het bouwjaar, het kozijnoppervlakte, het jaar van na-isolatie en het stookgedrag van de bewoners.

De besparing die met HOME wordt vastgesteld, is wat hoger en komt uit op 16% (Figuur 13). De marge is wel weer groter door het kleinere aantal waarnemingen en de wat minder precieze controles die mogelijk zijn. De marge ligt tussen de 1% en 29%. Daarmee is het effect van de besparing ook in het HOME significant.

**Figuur 13** Gasverbruik naar de toepassing van dubbel glas (HOME)



# Hoofdstuk 4

## Samenvatting en conclusie

Met behulp van WoON en HOME zijn voor een aantal energiebesparende maatregelen significante besparingen vastgesteld. Dit is gebeurd op basis van een analysemodel waarbij eenduidige referenties en selecties zijn gekozen en (waar nodig) is gecontroleerd voor kenmerken van woningen, huishoudens en andere maatregelen. In Tabel 4-1 is voor alle maatregelen de vastgestelde besparing (in procenten van het gasverbruik) weergegeven, samen met de marges behorend bij het 95% betrouwbaarheidsinterval die daarbij in het achterhoofd gehouden moeten worden.

**Tabel 4-1 Overzicht gevonden besparingen (in % gasverbruik) van energiebesparende maatregelen op basis van werkelijke verbruiken**

Maatregel en referentie	bron:	minimaal	gemiddeld	maximaal
<b>Het aanbrengen van kierdichting</b>				
<i>In woningen met een HR-combitap zonder kierdichting</i>	WoON	2%	6%	12%
<b>Het plaatsen van een HR-ketel</b>				
<i>In eengezinswoningen met een VR-combitap installatie</i>	WoON	5%	9%	13%
	HOME	Geen significante besparing vastgesteld		
<b>Het aanbrengen van leidingisolatie</b>				
<i>In eengezinswoningen met een HR-combitap zonder leidingisolatie</i>	WoON	Geen significante besparing vastgesteld		
	HOME			
<b>Het toepassen van thermostaatkranen op radiatoren</b>				
<i>In woningen met een HR-combitap en gewone radiatorknoppen</i>	WoON	Geen significante besparing vastgesteld		
<b>Het gebruik van waterbesparende douche-koppen</b>				
<i>In woningen met een HR-combitap</i>	WoON	Geen significante besparing vastgesteld		
	HOME			
<b>Het aanbrengen van HR-glas</b>				
<i>In de woonkamer van woningen met een HR-combitap en enkel glas</i>	WoON	6%	19%	31%
<i>In de woonkamer van woningen met een HR-combitap en dubbel glas</i>		3%	11%	20%
<b>Het aanbrengen van dubbel glas</b>				
<i>In woningen met enkel glas</i>	HOME	1%	16%	29%