



Een blik op de toekomst met SAWEC

**Een analyse van het woninggebonden
energiegebruik voor de periode 2000-2020**

**Y.H.A. Boerakker
M. Menkveld
C.H. Volkers**

Juli 2005

ECN-C--05-070

Verantwoording

Dit project is uitgevoerd in opdracht van VROM-DG Wonen. Contactpersoon bij VROM is dhr. N. Boxhoorn. Dit project is bij ECN bekend onder nummer 77509.

Abstract

A model has been developed for the Dutch Ministry of Housing, Spatial planning and the Environment, Directorate General for Housing. This model, which is used for the calculation and analysis of (future) residential energy consumption, is named SAWEC (Simulation and analysis model for residential energy consumption and CO₂ emissions). SAWEC simulates residential energy consumption as of 1985. The model is used for the assessment of future residential gas consumption in the framework of the Reference Projections 2005-2020. This report describes a moderate growth scenario of these projections to illustrate how SAWEC operates and to demonstrate the results.

Three main conclusions can be drawn with respect to the development of residential energy consumption in the scenario until 2020:

- The total gas demand decreases despite an increase in the number of inhabited houses. This decrease is the result of a decrease in gas demand per household, with respect to both space heating and heating of tap water. Gas demand for space heating will decrease as a result of the improvement of the average degree of insulation, the application of more efficient boilers and the increase of the average outdoor temperature. This decrease in gas demand is partly counteracted by the ongoing growth in size of new houses.
- Energy consumption develops gradually as 'conventional' techniques are replaced with more efficient techniques. There were no obvious discontinuities in the development of energy savings in the period 1985-2020.
- The model makes among others a distinction between dwellings built before 1995 and after 1995. Dwellings built after 1995 use on average approximately 45% less energy per dwelling (in 2020) than the dwellings built before 1995, despite the lower energy demand before savings.

Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	6
1. Inleiding	7
2. Referentieraming: een overzicht van de belangrijkste achtergronden	8
2.1 Ontwikkeling woningbestand	8
2.2 Toekomstige klimaatontwikkeling	10
2.3 Ontwikkeling beleid	11
2.3.1 Energiebelasting	11
2.3.2 EPBD, EPN en EPA	11
2.3.3 Gevolgen van de EPN-aanscherping	12
3. Eigenschappen van SAWEC	13
3.1 Opbouw SAWEC	13
3.2 De gebruikersschil	14
4. Resultaten energiegebruik	17
4.1 Weergave resultaten	17
4.2 Ruimteverwarming	17
4.2.1 Warmtevraag voor besparing	17
4.2.2 Isolatiemaatregelen	19
4.2.3 Overige vraagbeperkende maatregelen	23
4.2.4 Warmtevraag na besparing	25
4.2.5 Verwarmingssystemen	26
4.2.6 Finaal energiegebruik	32
4.3 Verwarming van tapwater	33
4.3.1 Warm tapwatervraag	33
4.3.2 Tapwatersystemen	36
4.3.3 Energiegebruik voor besparing	39
4.3.4 Additionele tapwater opties	40
4.3.5 Energievraag na besparing	42
4.4 Energiegebruik op woningniveau	43
4.4.1 Ontwikkeling totaal gasverbruik	43
4.4.2 Ontwikkeling overig energiegebruik	45
5. Slotoverweging	47
Referenties	48
Bijlage A Temperatuurcorrectie van historische verbruiken	49
Begrippenlijst	51
Eenheden	51

Lijst van tabellen

Tabel 2.1	<i>Ontwikkeling woningbestand in het SE-scenario</i>	9
Tabel 2.2	<i>Opbouw woningbestand in SAWEC</i>	9
Tabel 2.3	<i>Opbouw woningbestand in Syswov</i>	10
Tabel 2.4	<i>Ontwikkeling van de klimaatfactor</i>	11
Tabel 3.1	<i>Indeling van het woningbestand in categorieën</i>	15
Tabel 4.1	<i>Overzicht verwarmingssystemen</i>	27
Tabel 4.2	<i>Ontwikkeling gemiddelde huishoudgrootte</i>	34
Tabel 4.3	<i>Ontwikkeling warmwatergebruik per persoon per dag</i>	34
Tabel 4.4	<i>Ontwikkeling warmwatergebruik per huishouden in SAWEC</i>	35
Tabel 4.5	<i>Ontwikkeling warmwatergebruik per huishouden bij cohortgedrag</i>	35
Tabel 4.6	<i>Tapwatersystemen</i>	36

Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Verwachte groei van het aantal huishoudens</i>	8
Figuur 2.2	<i>Ontwikkeling van de jaarlijkse graaddagen voor de periode 1906-2040</i>	10
Figuur 3.1	<i>Schematische weergave van de opbouw van SAWEC</i>	14
Figuur 3.2	<i>Hoofdmenu van SAWEC</i>	15
Figuur 4.1	<i>Ontwikkeling per woning van de 'warmtevraag vóór besparing' ruimteverwarming exclusief klimaatfactor</i>	18
Figuur 4.2	<i>Ontwikkeling per woning van de 'warmtevraag voor besparing' voor ruimteverwarming, inclusief klimaatfactor</i>	19
Figuur 4.3	<i>Besparing per woning op de warmtevraag voor ruimteverwarming door isolatie</i>	20
Figuur 4.4	<i>Ontwikkeling van de isolatie van hellend dak voor het totale woningbestand</i>	21
Figuur 4.5	<i>Ontwikkeling van de isolatie van hellend dak voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980</i>	22
Figuur 4.6	<i>Ontwikkeling van de isolatie van hellend dak voor woningen gebouwd na 1995</i>	22
Figuur 4.7	<i>Ontwikkeling van de besparing door isolatie van hellend dak voor het totale woningbestand</i>	23
Figuur 4.8	<i>Besparing per woning op de warmtevraag voor ruimteverwarming door overige vraagbeperkende maatregelen</i>	24
Figuur 4.9	<i>Ontwikkeling van woonhuisventilatie voor het totale woningbestand</i>	24
Figuur 4.10	<i>Ontwikkeling van woonhuisventilatie voor woningen gebouwd na 1995</i>	25
Figuur 4.11	<i>Ontwikkeling per woning van de 'warmtevraag na besparing' voor ruimteverwarming</i>	26
Figuur 4.12	<i>De ontwikkeling van het aandeel woningen met ICV-, LV- en collectieve systemen voor het totale woningbestand</i>	27
Figuur 4.13	<i>Ontwikkeling centrale verwarmingssystemen voor het totale woningbestand</i>	28
Figuur 4.14	<i>Ontwikkeling van de 'overige' ICV-systemen voor het totale woningbestand</i>	29
Figuur 4.15	<i>Ontwikkeling van de LV-systemen voor het totale woningbestand</i>	29
Figuur 4.16	<i>Ontwikkeling van de collectieve systemen voor het totale woningbestand</i>	30
Figuur 4.17	<i>Ontwikkeling van centrale verwarmingssystemen voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980</i>	31
Figuur 4.18	<i>Ontwikkeling van centrale verwarmingssystemen voor woningen gebouwd na 1995</i>	31
Figuur 4.19	<i>Gemiddeld gasverbruik per woning voor ruimteverwarming</i>	32
Figuur 4.20	<i>Gemiddeld gasverbruik per woning voor ruimteverwarming</i>	33

Figuur 4.21	<i>Ontwikkeling per woning van de warmtevraag voor de verwarming van tapwater</i>	36
Figuur 4.22	<i>Ontwikkeling van een deel van de combisystemen voor het totale woningbestand</i>	37
Figuur 4.23	<i>Ontwikkeling van tapwatersystemen (solo- en combisystemen) voor het totale woningbestand</i>	38
Figuur 4.24	<i>Ontwikkeling van een deel van de combisystemen voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980</i>	38
Figuur 4.25	<i>Ontwikkeling van een deel van de combisystemen voor woningen gebouwd na 1995</i>	39
Figuur 4.26	<i>Gemiddeld gasverbruik per woning voor de verwarming van tapwater (exclusief het effect van besparingsmaatregelen)</i>	40
Figuur 4.27	<i>Gemiddelde besparing per woning op de gasvraag voor verwarming van tapwater</i>	40
Figuur 4.28	<i>Ontwikkeling van de aanrechtboiler voor het totale woningbestand</i>	41
Figuur 4.29	<i>Ontwikkeling van de aanrechtboiler voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980</i>	42
Figuur 4.30	<i>Ontwikkeling van de aanrechtboiler voor woningen gebouwd na 1995</i>	42
Figuur 4.31	<i>Gemiddeld gasverbruik per woning voor de verwarming van tapwater (inclusief besparing)</i>	43
Figuur 4.32	<i>Ontwikkeling totale gasverbruik voor het totale woningbestand</i>	44
Figuur 4.33	<i>Ontwikkeling per woning van het gasverbruik voor ruimteverwarming en tapwater</i>	44
Figuur 4.34	<i>Ontwikkeling totale warmtevraag voor woningen met stadsverwarming</i>	45
Figuur 4.35	<i>Ontwikkeling totale woninggebonden elektriciteitsvraag</i>	46
Figuur 4.36	<i>Ontwikkeling van het totale olie/LPG-gebruik</i>	46
Figuur A.1	<i>Ongecorrigeerd en gecorrigeerd aardgasverbruik</i>	50

Samenvatting

In opdracht van VROM-DG Wonen is een model ontwikkeld voor de berekening en analyse van het (toekomstig) woninggebonden energiegebruik. Dit model draagt de naam SAWEC wat staat voor *Simulatie en Analyse model van het Woninggebonden Energieverbruik en CO₂-emissies*. In SAWEC wordt het energiegebruik van woningen gesimuleerd vanaf 1985. Het model is gebruikt voor de inschatting van het toekomstig gasverbruik van woningen in het kader van de Referentieramingen 2005-2020. Dit rapport beschrijft het SE-scenario uit die ramingen om te illustreren hoe SAWEC werkt en welke resultaten het oplevert.

De drie belangrijkste conclusies over de ontwikkeling van het woninggebonden energiegebruik van huishoudens tot 2020 in het SE scenario zijn:

- De totale gasvraag daalt, ondanks de toename van het aantal bewoonde woningen. Deze daling wordt veroorzaakt door een daling van de gasvraag per woning voor zowel ruimteverwarming als de verwarming van tapwater. De gasvraag voor ruimteverwarming zal afnemen als gevolg van de verbetering van de gemiddelde isolatiegraad, de toepassing van efficiëntere ketels en de stijging van de gemiddelde buitentemperatuur. Deze daling van de gasvraag wordt voor een deel tenietgedaan door het steeds groter worden van nieuwbouwwoningen.
- Het energiegebruik ontwikkelt zich geleidelijk door vervanging van meer ‘conventionele’ technieken door efficiëntere technieken. Er is in de periode 1985-2020 geen sprake van een trendbreuk.
- Als woningen gebouwd tot en met 1995 en woningen gebouwd na 1995 worden vergeleken, dan gebruiken de woningen gebouwd na 1995 gemiddeld circa 45% minder energie dan de woningen gebouwd voor 1995, ondanks dat de woningen gebouwd na 1995 een grotere energievraag vóór besparing hebben.

1. Inleiding

In opdracht van VROM-DG Wonen is een model ontwikkeld voor de berekening en analyse van het (toekomstig) woninggebonden energiegebruik. Dit model draagt de naam SAWEC wat staat voor Simulatie en Analyse model van het Woninggebonden Energieverbruik en CO₂-emissies. In het SAWEC wordt het energiegebruik van woningen gesimuleerd vanaf 1985. Het model is gebruikt voor de inschatting van het toekomstig gasverbruik van woningen in het kader van de Referentieramingen 2005-2020¹.

De ‘Referentieramingen 2005-2020’ zijn gebaseerd op twee economische scenario’s, welke zijn opgesteld door het CPB. De scenario’s dragen de namen ‘Strong Europe’ (SE) en ‘Global Economy’ (GE). In het rapport ‘Referentieramingen energie en emissies 2005-2020’ (ECN/NMP, 2005) wordt op hoofdlijnen beschreven hoe het energiegebruik in de sector Huishoudens zich in deze twee scenario’s zal ontwikkelen. In dit rapport wordt een meer gedetailleerde beschrijving gegeven van de ontwikkelingen en hun achtergronden, geïllustreerd met figuren samengesteld met behulp van SAWEC (Versie 1.42). Doel van dit rapport is te illustreren hoe SAWEC werkt en welke resultaten het oplevert. De beschrijving beperkt zich tot het SE-scenario.

In de sector huishoudens wordt vooral aardgas en elektriciteit afgenomen. Daarnaast wordt door de sector huishoudens ook ‘warmte’ afgenomen (geleverd door stadsverwarming) en in veel geringere hoeveelheden ook olie en LPG. Voor het SAWEC is het aardgasverbruik verreweg het belangrijkste. Elektriciteit wordt in SAWEC alleen meegenomen als het betrekking heeft op het woninggebonden energiegebruik. Elektriciteitsverbruik als gevolg van apparaatgebruik zoals een koelkast of TV blijft in het SAWEC buiten beschouwing, daarvoor is een afzonderlijk model ontwikkeld. Vanwege het grote aandeel aardgas in het woninggebonden energiegebruik zal in dit rapport (Hoofdstuk 4) de nadruk liggen op het aardgasverbruik.

Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden de belangrijkste achtergronden uit het rapport ‘Referentieramingen energie en emissies 2005-2020’ weergegeven, omdat deze bepalend zijn voor het totale energiegebruik. Achtereenvolgens worden de veronderstelde temperatuurstijging, de ontwikkeling van het woningbestand en de ontwikkeling van het beleid beschreven. In Hoofdstuk 3 wordt de opbouw van SAWEC schematisch weergegeven. Op basis van dit schema worden in Hoofdstuk 4 de warmtevraag, de besparingsmaatregelen en het energiegebruik besproken voor zowel ruimteverwarming als voor de verwarming van tapwater. Tenslotte zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op het totale energiegebruik (de som van het energiegebruik voor ruimteverwarming en de verwarming van tapwater). In Hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies die volgen uit de figuren en beschrijvingen uit Hoofdstuk 4.

Voor het hele rapport geldt dat niet alleen de toekomstige ontwikkelingen worden weergegeven, maar ook de historische. Hiervoor is gekozen, omdat dit tot een beter inzicht leidt hoe toekomst en verleden zich tot elkaar verhouden.

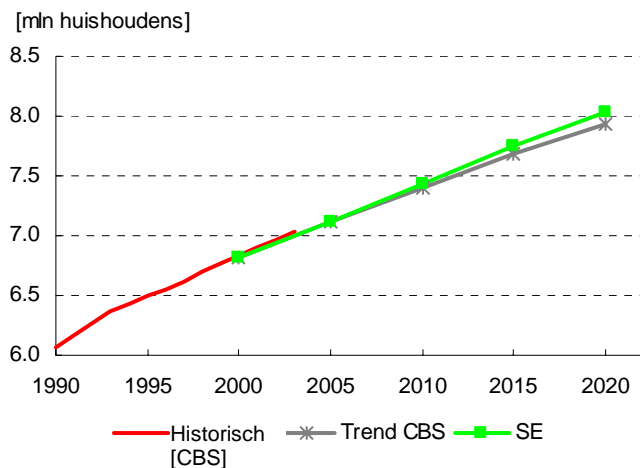
¹ De volledige titel luidt ‘Referentieramingen energie en emissies 2005-2020’, een gezamenlijk rapport van het Energieonderzoek Centrum Nederland, het Milieu- en Natuurplanbureau en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

2. Referentieraming: een overzicht van de belangrijkste achtergronden

In de sector Huishoudens wordt aardgas gebruikt voor drie functies: ruimteverwarming, de verwarming van tapwater en koken. De ontwikkeling van de totale gasvraag in de sector Huishoudens wordt bepaald door de ontwikkeling van de gemiddelde gasvraag per woning en de ontwikkeling van het aantal huishoudens. In dit hoofdstuk worden een aantal ontwikkelingen beschreven die van invloed zijn op de totale gasvraag en die uitgangspunt zijn bij het SE-scenario.

2.1 Ontwikkeling woningbestand

De bevolkingsgroei is - samen met de huishoudensgrootte - bepalend voor de omvang van het aantal huishoudens en de daarmee samenhangende woningvoorraad. In het SE-scenario neemt het aantal inwoners van Nederland sneller toe dan volgens de trendmatige ontwikkeling (CBS), zie Figuur 2.1. Het gemiddeld aantal personen per huishouden daalt in SE. Hierdoor zal in de periode 2000-2020 ook het aantal huishoudens toenemen.



Figuur 2.1 *Verwachte groei van het aantal huishoudens*

Van de ontwikkeling van het aantal huishoudens is het aantal bewoonde woningen en het totaal aantal woningen afgeleid (Tabel 2.1). Het onderscheid tussen ‘bewoonde’ woningen en ‘totaal aantal’ woningen is van belang, omdat de bewoonde woningen bepalend zijn voor het totale energiegebruik terwijl maatregelen zoals na-isolatie of de plaatsing van efficiëntere ketels betrekking hebben op het totaal aantal woningen. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de ontwikkeling van het woningbestand in het SE-scenario. Het aantal (particuliere) huishoudens is een scenariogegeven overgenomen van het ABF. Voor het jaar 2000 is zowel het aantal particuliere huishoudens als het aantal bewoonde woningen (dat is exclusief inwonende huishoudens en woonboten etc.) bekend. De verhouding tussen deze twee cijfers is constant verondersteld tot 2020. Op basis van deze verhouding en het aantal particuliere huishoudens, kan voor de toekomst het aantal bewoonde woningen worden afgeleid. Vervolgens is er rekening gehouden met leegstand (constant t.o.v. 2000) om het totaal aantal woningen te bepalen.

Om het aantal nieuwbouwwoningen te bepalen zijn er inschattingen gemaakt van het nieuwbouwtempo. Bij nieuwbouw tot 2010 is rekening gehouden met de Bouwprognoses van VROM. Het slooptempo wordt afgeleid van het totaal aantal woningen en het nieuwbouwtempo.

Tabel 2.1 *Ontwikkeling woningbestand in het SE-scenario*

SE scenario		2000	2005	2010	2015	2020
Aantal particuliere huishoudens ¹	[×1000]	6.824	7.119	7.436	7.756	8.037
Bewoonde woningen	[×1000]	6.505	6.786	7.088	7.393	7.661
Leegstand	[%]	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Totaal aantal woningen	[×1000]	6.590	6.874	7.180	7.489	7.761
			2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
Sloop	[×1000]		65	95	116	128
Nieuwbouw	[×1000]		350	400	425	400

1) Bron: ABF.

De opbouw van het woningbestand naar de Syswov-woningklassen², zoals gebruikt in SAWEC, is weergegeven in Tabel 2.2. Voor de verdeling van de woningen over de verschillende woningklassen is zoveel mogelijk aangesloten bij de Syswov-verdeling Tabel 2.3. De kleine verschillen ontstaan doordat in SAWEC het woningbestand niet wordt opgedeeld in 30 klassen, zoals in Syswov, maar in 180 klassen. Om geen negatieve woningaantallen te krijgen in ieder van de klassen, ondanks sloop, overheveling etc. waren er kleine bijstellingen nodig ten opzichte van de Syswov-verdeling.

Tabel 2.2 *Opbouw woningbestand in SAWEC*

[%]	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Eengezins	70	70	71	71	71	71	71	72
Meergezins	30	30	29	29	29	29	29	28
-1930	22	19	18	16	15	14	13	12
1931-1959	23	21	20	18	17	16	16	15
1960-1980	46	42	39	37	35	33	32	30
1981-1995	9	17	23	23	22	21	20	19
>1995	0	0	0	5	10	15	20	24
Sociale huur	39	38	38	36	34	31	29	27
Particuliere huur	19	16	14	12	10	9	8	8
Particuliere koop	43	45	48	52	56	60	63	65

De reden dat SAWEC meer woningklassen kent dan Syswov is dat SAWEC onderscheid maakt naar verschillende verwarmingsconcepten (lokale verwarming, individuele centrale verwarming en collectieve systemen) en Syswov niet, en dat in SAWEC eengezinswoningen opgesplitst worden naar drie klassen: vrijstaande woningen, rijtjeswoningen en hoekwoningen/2-onder-1-kap-woningen. In het SE-scenario is verondersteld dat de aandelen van deze woningtypen in de nieuwbouw tot 2020 niet of nauwelijks veranderen ten opzichte van de verdeling in 2000 (er is een paar procent meer vrijstaand). Wel is aangenomen dat nieuwe woningen steeds groter worden, dit leidt tot een toename van de warmtevraag met circa 3% per 5-jaarsperiode.

² Syswov is een afkorting van 'SYStem WoningVoorraad', een informatiesysteem met woningvoorraadgegevens van het Directoraat Generaal Wonen van het Ministerie van VROM.

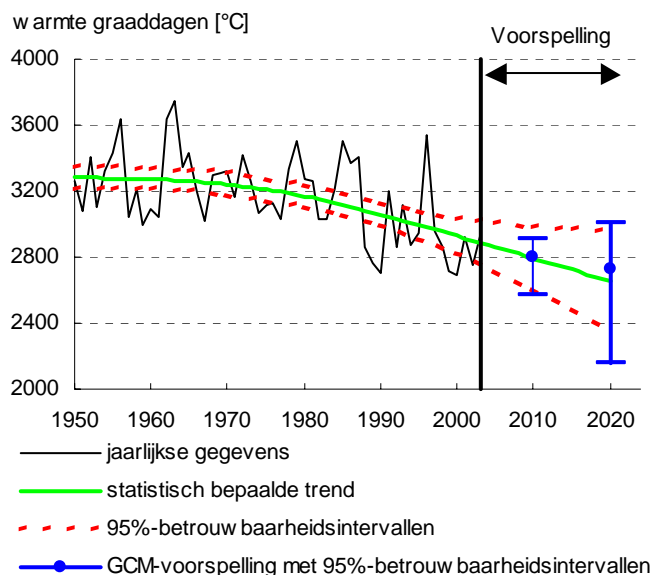
Tabel 2.3 *Opbouw woningbestand in Syswov*

[%]	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Eengezins	70	70	71	71	71	71	72	72
Meergezins	30	30	29	29	29	29	28	28
-1930	22	19	18	16	15	14	13	12
1931-1959	23	21	20	18	17	16	15	14
1960-1980	46	42	39	37	35	33	31	30
1981-1995	9	17	23	22	21	20	19	18
>1995	0	0	0	7	12	17	22	26
Sociale huur	39	38	38	36	33	31	29	27
Particuliere huur	19	16	14	12	10	9	8	8
Particuliere koop	43	45	48	52	57	60	63	65

Bron: Ministerie van VROM, SYSWOV.

2.2 Toekomstige klimaatontwikkeling

Op basis van temperatuurgegevens voor Nederland van het KNMI is door het RIVM (Visser, 2005) een analyse gemaakt van de trendmatige ontwikkeling van het aantal graaddagen voor zowel historische als toekomstige jaren (de doorgetrokken lijn in Figuur 2.2). In Figuur 2.2 is te zien dat het aantal graaddagen in de periode 1970-2000 gedaald is. Op grond van statistische analyse en klimaatmodellen wordt geconcludeerd dat deze daling in de toekomst zal doorzetten. Er kan dus gezegd worden dat winters gemiddeld minder koud zijn, waardoor het totale gasverbruik gemiddeld zal dalen (zie ook Bijlage A).



Figuur 2.2 *Ontwikkeling van de jaarlijkse graaddagen voor de periode 1906-2040*

Bron: Visser, 2004.

Als winters gemiddeld milder worden (ofwel, het aantal graaddagen gemiddeld afneemt), dan zal ook de warmtevraag voor ruimteverwarming per woning dalen. Om deze trendmatige ontwikkeling op woningniveau in SAWEC te simuleren, wordt de oorspronkelijke warmtevraag (de warmtevraag zonder dat de winters milder worden) vermenigvuldigd met een klimaatfactor. Deze klimaatfactor is weergegeven in Tabel 2.4 en komt overeen met de mate waarin het aantal

graaddagen in Figuur 2.2 afneemt ten opzichte van 1985. Uit Tabel 2.4 volgt dat de gasvraag van eenzelfde woning in 2020 15% lager zal zijn dan deze in 1985 was.

Tabel 2.4 *Ontwikkeling van de klimaatfactor*

Jaar	Klimaatfactor	Jaar	Klimaatfactor	Jaar	Klimaatfactor
1985	1.00	1997	0.95	2009	0.90
1986	1.00	1998	0.95	2010	0.90
1987	0.99	1999	0.94	2011	0.89
1988	0.99	2000	0.94	2012	0.89
1989	0.98	2001	0.93	2013	0.88
1990	0.98	2002	0.93	2014	0.88
1991	0.98	2003	0.93	2015	0.87
1992	0.97	2004	0.92	2016	0.87
1993	0.97	2005	0.92	2017	0.86
1994	0.96	2006	0.91	2018	0.86
1995	0.96	2007	0.91	2019	0.86
1996	0.96	2008	0.90	2020	0.85

2.3 Ontwikkeling beleid

Om te kunnen bepalen hoe het toekomstig energiegebruik zich in het SE-scenario ontwikkelt, zijn er aannames gedaan over het toekomstig beleid. Hieronder wordt een overzicht gegeven van het beleid zoals dat in de Referentieramingen is verondersteld.

2.3.1 Energiebelasting

De Energiebelasting (EB) blijft gehandhaafd als belastingmaatregel. De EB draagt er aan bij dat besparingsmaatregelen rendabeler worden. De hoogte van de EB is in het SE-scenario in de periode 2005-2020 voor kleingebruikers gelijk gehouden en bedraagt circa 16 €/m³ gas en circa 7 €/kWh elektriciteit.

2.3.2 EPBD, EPN en EPA

Voor woningen is naast de energiebelasting vooral regelgeving belangrijk. De Europese Richtlijn Energieprestaties Gebouwen (EPBD) verplicht de EU-lidstaten dat zij per 1 januari 2006 een methodiek hebben voor de berekening van de energieprestatie van woningen en minimum-eisen stellen aan de energieprestatie van nieuwe woningen. Tevens moet de energiecificering van bestaande woningen geregeld zijn; bij verkoop en verhuur van een woning moet de eigenaar een energiecificering kunnen overleggen. Nederland vult deze eisen in door gebruik te maken van de EPN en door een vereenvoudigde versie van de EPA. Beide instrumenten worden ook nu al ingezet.

Door middel van de EPN worden minimum eisen gesteld aan de integrale energieprestatie van nieuwbouwwoningen. De EPN heeft betrekking op het energiegebruik voor ruimteverwarming en -koeling, de bereiding van warm tapwater en ventilatie. De EPN zal per 1 januari 2006 aanscherpt worden naar 0,8. Na 2006 is er geen aanscherping meer verondersteld.

Het Energie Prestatie Advies (EPA) geldt voor de bestaande woningvoorraad. Het EPA geeft inzicht in de energieprestatie van een woning en maatregelen ter verbetering hiervan. In de loop van 2006, maar uiterlijk 1 januari 2007 gaat de EPA (in vereenvoudigde vorm) op in de EPBD-richtlijn. Het vrijwillige karakter van het laten uitvoeren van een EPA zal dan verdwijnen bij verkoop en verhuur van een woning. De resultaten van de EPA zullen vanaf dat moment worden vastgelegd in een energiecificering. Het al dan niet uitvoeren van de besparingsmaatregelen

blijft een keuze van de eigenaar, maar het advies komt op een natuurlijk moment. In SAWEC is het effect van de EPBD in bestaande woningen gelijk verondersteld aan de besparing die in het verleden met de EPA, (R)EB ((Regulerende) Energiebelasting) en de EPR (EnergiePremieRegeling) zijn gerealiseerd.

2.3.3 Gevolgen van de EPN-aanscherping

De vraag is wat de gevolgen zijn van de aanscherping van de EPN in 2006 op de toepassing van de verschillende besparingstechnieken.

Uit financiële overweging lijken hoogrendementwarmteterugwinning uit de ventilatielucht (HR-WTW) en een HR-ketel met verhoogd tapwaterrendement de meest interessante opties om te voldoen aan de aanscherping van de EPN. In de keuze tussen verschillende besparingstechnieken spelen echter niet alleen economische overwegingen een rol. Zo kent warmteterugwinning van ventilatielucht een aantal nadelen, waardoor soms de voorkeur wordt gegeven aan een financieel minder aantrekkelijke techniek. De nadelen van warmteterugwinning zijn gebruiksonvriendelijkheid (geen ramen openen), minder comfort (geluidsniveau) en mogelijke gezondheidsproblemen (bij onvoldoende onderhoud verslechtering van de kwaliteit van het binnenmilieu). Deze bezwaren worden door de marktpartijen onderkend. Ook wordt als nadeel genoemd dat het relatief complex is om ventilatiekanalen door de hele woning aan te leggen.

Marktpartijen hebben aangegeven te verwachten dat de zonneboiler op grotere schaal zal worden toegepast om aan de strengere EPN te voldoen. Een zonneboiler is soms nodig in aanvulling op HR-WTW om een EPN van 0,8 te realiseren.

De warmtepomp is vanuit financieel oogpunt de minst aantrekkelijke optie om aan de nieuwe EPN te voldoen. Op de SenterNovem-site is de warmtepomp wel opgenomen in een van de maatregelenpakketten om aan een EPN van 0,8 te voldoen³. Een groot voordeel voor het comfort in de woning is dat een warmtepomp ook kan koelen. Door steeds verdergaande isolatie van de schil, neemt de behoefte aan koeling steeds verder toe. Verwacht wordt dat warmtepompen vooral in koopwoningen zullen worden toegepast, omdat het comfortvoordeel dan ligt bij degenen die de investeringen doet.

In het SE-scenario is verondersteld dat door aanscherping van de EPN een groot deel van de woningen wordt voorzien van een HR-ketel met verhoogd tapwaterrendement en van warmteterugwinning uit ventilatielucht- ondanks dat aan deze laatste techniek bezwaren kleven. Zonneboilers worden ook toegepast, maar op kleinere schaal dan HR-ketels met een verhoogd tapwaterrendement en WTW. In sommige gevallen zal het nodig zijn een combinatie van WTW en een zonneboiler toe te passen om aan de nieuwe EPN-eis (0,8) te kunnen voldoen. Een relatief klein deel zal van de woningen zal worden voorzien van een warmtepomp. In 2000 werd minder dan 1% van de nieuwbouwwoningen voorzien van een warmtepomp. Dit aandeel kan snel toenemen indien koeling meer 'gebruikelijk' wordt. Desondanks zal naar verwachting in 2020 bij niet meer dan 10% van de nieuwbouwwoningen een warmtepomp worden toegepast. In alle gevallen zal de schilisolatie verhoogd worden naar $R_c = 4$ of $R_c = 5$.

³ www.senternovem.nl/epn/woningbouw/energiepakketten.

3. Eigenschappen van SAWEC

3.1 Opbouw SAWEC

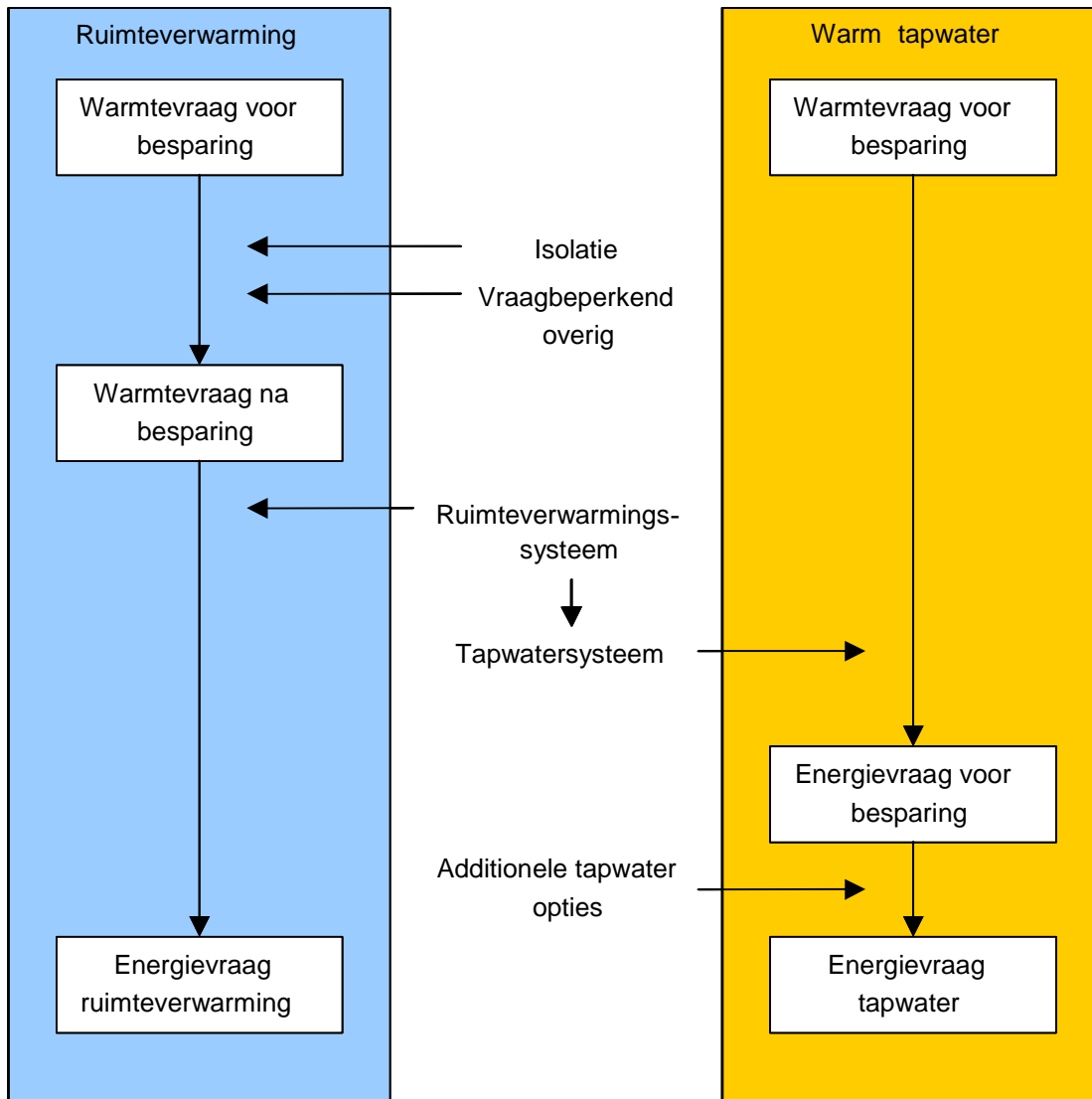
In SAWEC wordt het totale energiegebruik in verschillende stappen bepaald. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen het energiegebruik voor ruimteverwarming en het energiegebruik voor de verwarming van tapwater. Het aardgasverbruik voor ‘koken’ is exogeen. Hierdoor ligt het totale gasverbruik volgens SAWEC iets lager dan het totale gasverbruik volgens de Referentieramingen waarin het gasverbruik voor koken is meegenomen (zie Paragraaf 4.4.1).

Uitgangspunt voor de berekening van het energiegebruik voor ruimteverwarming is de ‘warmtevraag vóór besparing’, ofwel de warmtevraag van een ongeïsoleerde woning (zie Figuur 3.1). Er wordt achtereenvolgens berekend in welke mate isolatiemaatregelen en ‘overige vraagbeperkende maatregelen’ penetreren en welk effect dit heeft op de warmtevraag. Deze besparingen tezamen leveren de ‘warmtevraag na besparing’. Vervolgens wordt bepaald welke verwarmingssystemen aanwezig zijn en wat hun rendement is. Op basis van dit rendement kan uit de ‘warmtevraag na besparing’ het ‘energiegebruik voor ruimteverwarming’ worden bepaald.

Een soortgelijke berekening vindt plaats om het energiegebruik voor de verwarming van tapwater te bepalen. Uitgangspunt is de ‘warmtevraag voor besparing’. De besparingsmaatregelen zijn in het geval van tapwater afhankelijk van het type tapwatersysteem. Een waterbesparende douchekop is bijvoorbeeld niet in combinatie met alle geisertypen mogelijk en de beperking van leidingverliezen zal in het geval van een combiketel een rol spelen, in geval van een geiser (die al dicht bij het tapwaterpunt geplaatst is) niet. Daarom kan de penetratie en het effect van besparingsmaatregelen pas berekend worden, als bekend is welke typen tapwatersystemen er gebruikt worden.

De penetratie van de verschillende tapwatersystemen hangt voor een deel af van de geplaatste verwarmingssystemen. Als er bijvoorbeeld een combiketel aanwezig is, zal deze niet alleen als verwarmingsketel dienst doen, maar ook als tapwatersysteem. Als er bijvoorbeeld voor ruimteverwarming gebruik wordt gemaakt van lokale verwarming (gaskachels), kan er voor het tapwatersysteem gekozen worden uit een gasgeiser, gasboiler, elektrische boiler en warmtepompboiler. Wanneer bekend is welke tapwatersystemen er gebruikt worden en wat het rendement is, kan ‘de energievraag vóór besparing’ worden berekend. Vervolgens kan berekend worden welke besparingsmaatregelen toegepast worden en in welke mate, en welke besparingen ze opleveren. Als dit bekend is, volgt hieruit het finale energiegebruik.

Energiegebruik



Figuur 3.1 Schematische weergave van de opbouw van SAWEC

3.2 De gebruikersschil

In de Paragrafen 4.2 en 4.3 zullen de belangrijkste blokken uit Figuur 3.1 worden besproken voor respectievelijk ruimteverwarming en de verwarming van tapwater. Hierbij zullen een aantal figuren worden getoond, die grotendeels zijn samengesteld vanuit de gebruikersschil van SAWEC. SAWEC kent een gebruikersschil die is verdeeld in drie delen: de invoer, de berekening en de analyse (zie Figuur 3.2)⁴. Om de resultaten van de Referentieramingen in detail te bekijken is alleen het ‘analyse-deel’ van belang; invoer en berekening hebben reeds plaatsgevonden.

⁴ Voor een uitgebreide beschrijving van de bediening van de gebruikersschil wordt verwezen naar Hoofdstuk 6 van het rapport ‘Ontwikkeling van SAWEC, Versie 1.22 van H. Jeeninga en C.H. Volkers, ECN-C-03-067).

Figuur 3.2 Hoofdmenu van SAWEC

De analyse van de rekenresultaten kan op groot detailniveau plaatsvinden. Voor de verschillende typen maatregelen kan een analyse worden uitgevoerd voor woningen van verschillende typen, verschillende bouwjaarklassen, verschillende eigendomsverhoudingen en verschillende aanbodsinstallaties of een combinatie hiervan. In totaal bestaan er 180 combinaties, ofwel woningklassen, die geanalyseerd kunnen worden. De onderverdeling per categorie is weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Indeling van het woningbestand in categorieën

Categorie	Onderverdeling per categorie
Woningtype	Vrijstaand, rijtjeswoning, 2-onder-1 kap/hoekwoning, meergezinswoning
Bouwjaar	<1930, 1931-1959, 1960-1980, 1981-1995, >1995
Eigendom	Sociale huur, particuliere huur, particuliere koop
Aanbodinstallatie	Lokale verwarming, ICV, collectief systeem

Vanuit de gebruikersschil zijn twintig typen maatregelen te analyseren, ieder met verschillende kwaliteiten. In Figuur 3.2 is bij 'Type maatregel' 'Raam beneden' weergegeven, waarbij kan worden gekozen uit zes verschillende kwaliteiten ofwel zes verschillende U-waarden.

Voor de presentatie van de analyseresultaten kan worden gekozen uit vier categorieën (zie Figuur 3.2): Resultaat, Energieverbruik, CO₂-emissie en Financien.

In Figuur 3.2 is binnen de categorie ‘Resultaat’ gekozen voor het tonen van de ‘Penetratie’. De analyseresultaten zullen bestaan uit de percentages waarin de verschillende isolatiewaarden voorkomen.

De gegevens kunnen worden getoond voor het totale woningbestand, per woning of per woning met optie. In Figuur 3.2 is de optie analyse ‘Per woning’ aangevinkt. ‘Per woning’ staat voor een woning zoals die gemiddeld voorkomt in de te analyseren woningklasse⁵. In het geval dat de resultaten worden weergegeven in percentages, bestaat er geen onderscheid tussen de figuren van een gemiddelde woning en de figuren van het totale woningbestand. Dit onderscheid bestaat pas als figuren worden weergegeven in absolute eenheden, zoals bij de warmtevraag en het energiegebruik het geval is. Indien wordt gekeken naar het totale woningbestand, zal het absolute energiegebruik dalen door twee factoren: sloop en energiebesparende maatregelen. Door naar een gemiddelde woning te kijken blijft het effect van sloop buiten beschouwing. Daardoor is het effect van energiebesparende maatregelen beter zichtbaar.

Ten slotte kan de keuze worden gemaakt de analyseresultaten te tonen in tabel- of grafiekvorm. De grafiek bestaat uit een lijndiagram.

⁵ In een woningklasse (bijvoorbeeld vrijstaand, gebouwd voor 1930, particuliere koop, ICV-installatie) heeft in 2020 gemiddeld 7% van het totaal aantal woningen enkelglas, 27% dubbelglas, 21% HR-glas, 23% HR+-glas en 22% HR++-glas. Als dan ‘per woning’ wordt gekeken, dan wordt een woning getoond die voor 7% voorzien is van enkelglas, voor 27% van dubbelglas, voor 21% van HR-glas etc.

4. Resultaten energiegebruik

4.1 Weergave resultaten

In Paragraaf 3.2 is beschreven op welke manieren de analyseresultaten weergegeven kunnen worden. Hieronder is beschreven hoe de analyseresultaten in dit rapport zijn weergegeven.

Om dit rapport overzichtelijk te houden is er voor gekozen de resultaten niet voor alle 180 woningklassen afzonderlijk te tonen. Dit zou een veelheid aan cijfers en figuren opleveren die het rapport onleesbaar zouden maken. Er worden in Paragraaf 4.2 en 4.3 twee typen figuren weergegeven: staafdiagrammen en lijndiagrammen.

De staafdiagrammen zijn gebaseerd op cijfers die afkomstig zijn uit SAWEC, maar de staafdiagrammen zelf zijn niet rechtstreeks vanuit de gebruikersschil op te roepen. Er is gekozen om in deze diagrammen de gemiddelde woning weer te geven en om daarnaast de woningen gebouwd tot en met 1995 en na 1995 apart weer te geven. In 1995 is de EPN-norm ingevoerd en woningen gebouwd na 1995 zullen daarom verschillen van de woningen gebouwd voor 1995. Door weergave van een gemiddelde woning en de woningen gebouwd tot en met 1995 en na 1995 wordt inzichtelijk wat er gebeurt met het totale woningbestand, en hoe de bestaande bouw en nieuwbouw aan deze ontwikkelingen bijdragen.

De lijndiagrammen zijn veelal rechtstreeks vanuit de gebruikersschil samengesteld. Deze diagrammen zullen steeds worden gegeven voor het totale woningbestand en tevens voor een van de bouwjaarklassen voor 1995 (1960-1980) en de bouwjaarklasse na 1995 (>1995). Het is in versie 1.42 van SAWEC niet mogelijk om vanuit de gebruikersschil alle woningen gebouwd tot en met 1995 in een figuur weer te geven, zoals dat in de staafdiagrammen gebeurt.

Vanuit de gebruikersschil zijn twintig typen maatregelen te analyseren, ieder met verschillende kwaliteiten. Als voor ieder van deze typen maatregelen drie figuren zouden worden afgedrukt zou dat zestig figuren opleveren. Daarom zullen er per subparagraaf slechts figuren worden getoond voor één type maatregel.

In dit rapport worden voor besparingsmaatregelen de analyseresultaten weergegeven in de categorie 'Resultaat'. De analyseresultaten voor verwarmingssystemen zullen worden weergegeven in de categorie 'Energiegebruik'. 'CO₂-emissie' en 'Financiën' blijven buiten beschouwing.

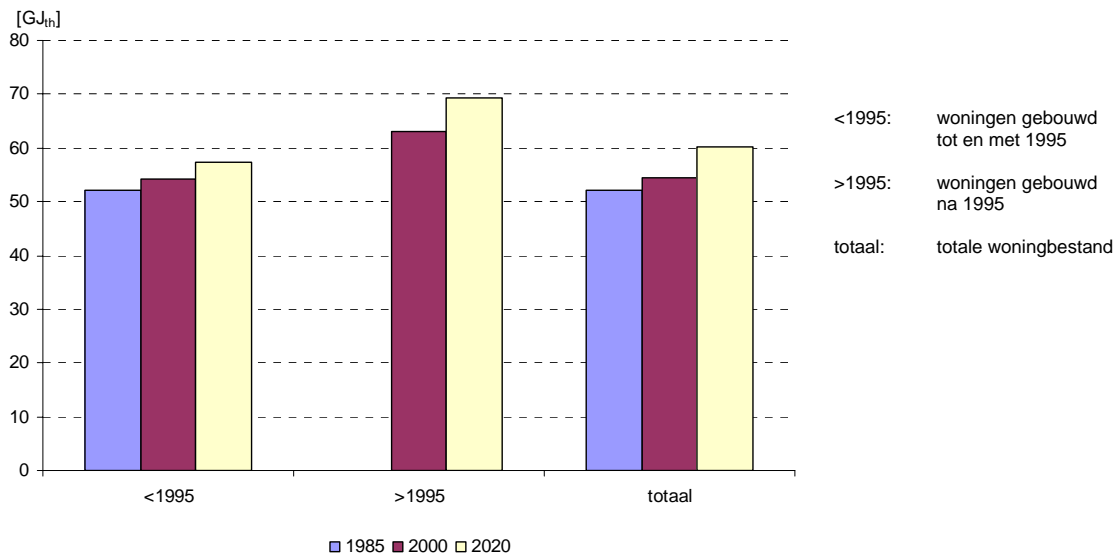
De analyseresultaten die betrekking hebben op absolute eenheden, zullen worden weergegeven 'Per woning'. Bij een gemiddelde woning blijft het effect van sloop buiten beschouwing, waardoor het effect van energiebesparende maatregelen beter zichtbaar is. Bij analyseresultaten weergegeven in percentages, zijn de resultaten eveneens weergegeven 'Per woning'. Indien de percentages worden weergegeven voor 'Totaal' dan zullen de grafieken er precies hetzelfde uitzien als bij weergave 'Per woning'.

4.2 Ruimteverwarming

4.2.1 Warmtevraag voor besparing

Uitgangspunt van de berekening van het gasverbruik voor ruimteverwarming is 'warmtevraag voor besparing'. De 'warmtevraag vóór besparing' komt overeen met de warmtevraag van een woning zonder enige vorm van isolatie.

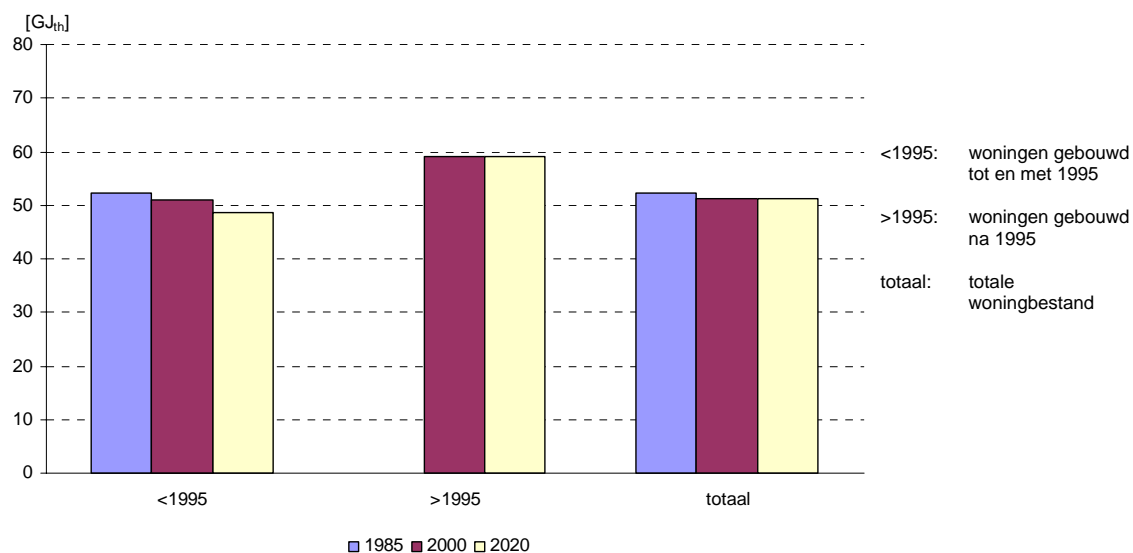
In Figuur 4.1 is de ‘warmtevraag voor besparing’ weergegeven, waarbij nog géén klimaatcorrectie is uitgevoerd (zie Paragraaf 2.2), ofwel, de warmtevraag waarbij het aantal graaddagen niet wijzigt ten opzichte van 1985.



Figuur 4.1 *Ontwikkeling per woning van de 'warmtevraag vóór besparing' ruimteverwarming exclusief klimaatfactor*

Indien het aantal graaddagen gelijk blijft ten opzichte van 1985 zal de gemiddelde ‘warmtevraag voor besparing’ toenemen (zie Figuur 4.1). Deze toename wordt veroorzaakt door het feit dat kleinere woningen (met een lagere ‘warmtevraag voor besparing’) relatief vaker worden gesloopt dan de wat grotere woningen. De sterke stijging van de warmtevraag bij de woningen gebouwd na 1995 wordt veroorzaakt door de trend dat nieuwbouwwoningen steeds groter worden.

Als de klimaatfactor uit Tabel 2.4 wel wordt meegenomen en dus wordt verondersteld dat de winters gemiddeld milder worden, zal de ‘gemiddelde warmtevraag voor besparing’ circa 15% lager dan in Figuur 4.1 (zie Figuur 4.2). Dus doordat het aantal graaddagen afneemt zal de ‘warmtevraag vóór besparing’ dalen. Bij de woningen gebouwd na 1995 wordt de daling van het aantal graaddagen vrijwel geheel gecompenseerd door het steeds groter worden van de woningen.



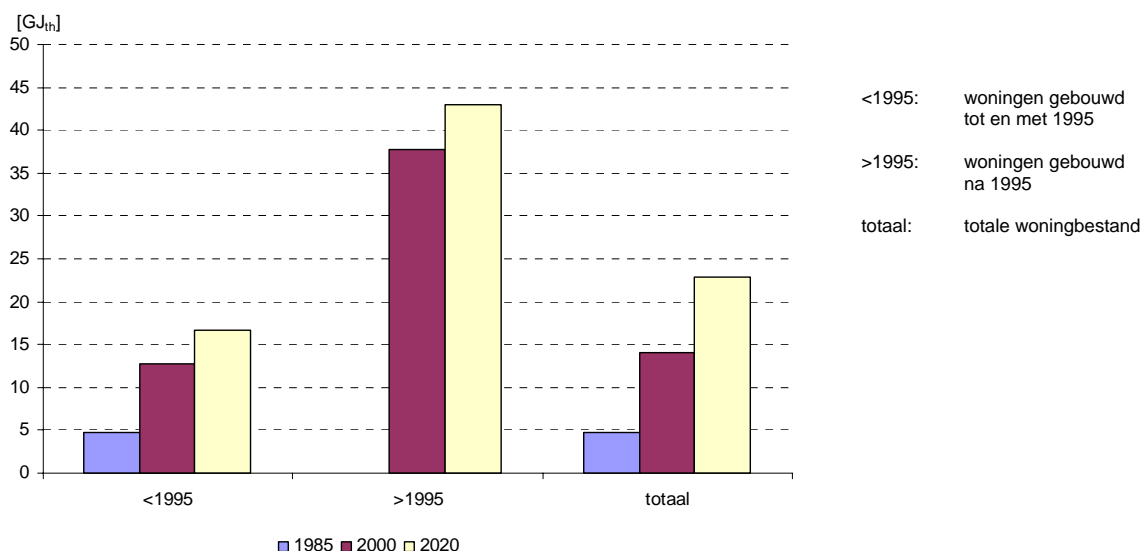
Figuur 4.2 *Ontwikkeling per woning van de ‘warmtevraag voor besparing’ voor ruimteverwarming, inclusief klimaatfactor*

Voor het totale woningbestand in Figuur 4.2 is er een afname van de warmtevraag zichtbaar in de periode 1985-2000. In de periode 2000-2020 blijft de gemiddelde warmtevraag vrijwel constant. Deze ontwikkeling is een gevolg van nieuwbouw. De woningen die erbij komen (gebouwd na 1995) hebben een hogere ‘warmtevraag voor besparing’ dan de bestaande woningen (gebouwd voor 1995). Door de bouw van nieuwbouwwoningen wordt de afname van het aantal graaddagen - en dus de daling van de warmtevraag voor besparing - gemiddeld tenietgedaan.

4.2.2 Isolatiemaatregelen

Er zijn verschillende gebouwdelen die (voor zover aanwezig) geïsoleerd kunnen worden: hellend dak, plat dak, vloer, spouwmuur, buitenmuur, raam beneden, raam boven en de deur. Deze gebouwdelen kunnen met verschillende kwaliteiten geïsoleerd worden. Een dak kan bijvoorbeeld geïsoleerd worden met isolatiemateriaal van verschillende diktes (ofwel: met verschillende Rc-waarden⁶). De warmteverliezen door ramen kunnen beperkt worden door verschillende typen isolerend glas: dubbel glas, HRglas, HR+glas, HR++glas etc. Hoe beter de kwaliteit van de isolatielaag, des te lager zullen de warmteverliezen zijn. Lage warmteverliezen komen overeen met een grote energiebesparing ten opzichte van een ongeïsoleerd casco. In Figuur 4.3 is een overzicht gegeven van de totale besparing op de warmtevraag door isolatie van de verschillende gebouwdelen. De staven geven de omvang van de besparing aan, die gerealiseerd wordt ten opzichte van de ‘warmtevraag voor besparing’ (zie Figuur 4.2). Hoe hoger de staven, des te beter is de woning geïsoleerd. Wanneer van de ‘warmtevraag voor besparing’ de besparingen uit Figuur 4.3 worden afgetrokken, blijft de ‘warmtevraag na besparing’ over (zie ook Figuur 4.11).

⁶ Hierbij geldt: hoe hoger de Rc-waarde (ofwel: warmteweerstand), des te meer warmte wordt er door het materiaal tegengehouden en des te kleiner zullen de warmteverliezen zijn.



Figuur 4.3 *Besparing per woning op de warmtevraag voor ruimteverwarming door isolatie*

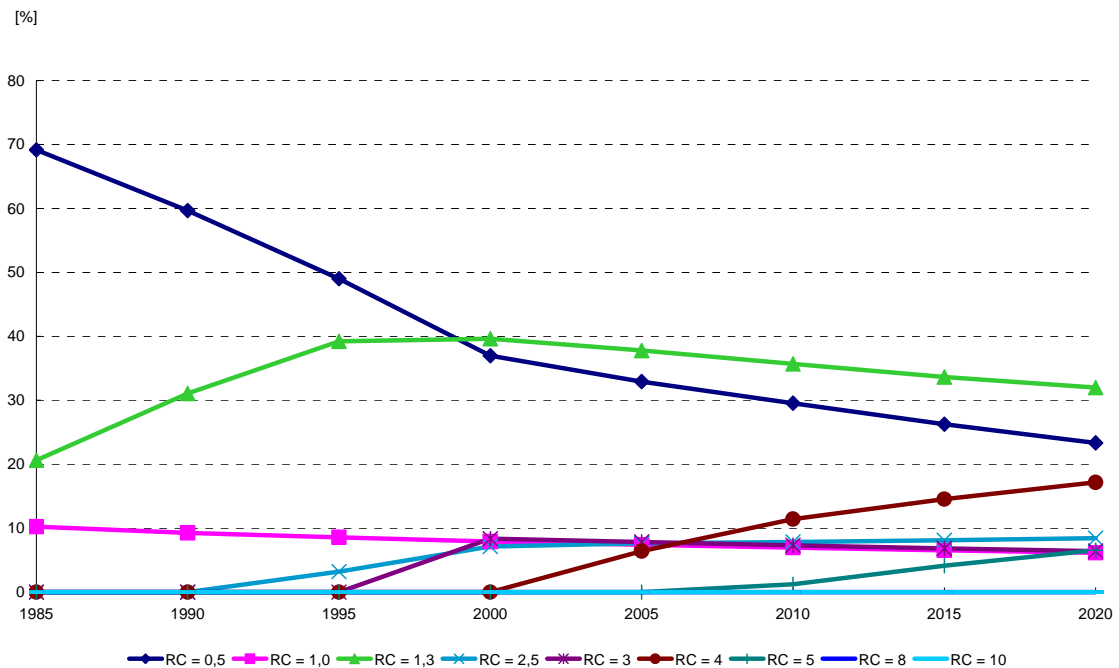
Uit Figuur 4.3 volgt dat de besparing in alle woningklassen toeneemt in de periode 1985-2020. Deze besparing is hoofdzakelijk gevolg van isolatie. Bij de woningen gebouwd tot en met 1995 speelt daarnaast ook mee dat oudere, relatief slecht geïsoleerde woningen, vaker gesloopt worden dan de nieuwere, beter geïsoleerde woningen. Voor de woningen gebouwd voor 1995 geldt dat de toename van de besparing in de periode 1985-2000 groter is dan in de periode 2000-2020, ondanks dat de laatste periode vijf jaar langer is dan de eerste. De reden hiervan is dat er tussen 1985 en 2000 omvangrijke isolatie programma's zijn geweest waarbij na-isolatie gesubsidieerd werd. In de periode 2000-2003 is er nog financiële ondersteuning geweest in de vorm van de EnergiePremieRegeling (EPR), maar de jaren daarna zal er nauwelijks nog financiële ondersteuning plaatsvinden. Een andere reden voor de minder sterke toename van de isolatie in de periode 2000-2020 is dat de gebouwdelen die het gemakkelijkst na te isoleren zijn, reeds voor een deel geïsoleerd zijn. Dat maakt lastiger om in de toekomst eenzelfde besparing te realiseren als in het verleden is gedaan.

De woningen gebouwd na 1995 worden aanzienlijk beter geïsoleerd dan de woningen gebouwd voor 1995, dit blijkt uit de hogere besparing op de warmtevraag. De hoge mate van isolatie is onder andere het gevolg van de invoering van de EPN. Voor het totale woningbestand geldt dat de gemiddelde besparing hoger ligt dan de besparing van woningen gebouwd voor 1995, maar sterk achterblijft bij de besparingen van woningen gebouwd na 1995. Dit komt doordat de woningen gebouwd voor 1995 in het jaar 2020 nog een relatief groot aandeel van het totale woningbestand vormen.

In de Figuren 4.4 tot en met 4.7 is voor een specifieke besparingsmaatregel (isolatie van hellend dak) weergegeven hoe de verschillende kwaliteiten zich verhouden in de periode 1985-2020. In Figuur 4.4 is een groot scala aan isolatiekwaliteiten of Rc-waarden te zien. Opvallend is de sterke daling van het aandeel dak met een Rc-waarde van 0,5. Een Rc-waarde van 0,5 komt overeen met een ongeïsoleerd dak. De afname van het aandeel is dan ook het gevolg van na-isolatie. Alle Rc-waarden groter dan 0,5 komen overeen met een geïsoleerd dak. Een hellend dak dat reeds geïsoleerd is, zal in SAWEC niet verder geïsoleerd worden. Daarom nemen alle overige Rc-waarden minder sterk af dan de waarde $Rc=0,5$.

Dat andere Rc-waarden eveneens afnemen is een gevolg van twee effecten. Enerzijds is dit (bijvoorbeeld bij een Rc-waarde van 1,0) een gevolg van sloop. Een Rc-waarde van 1,0 zal voorkomen bij de wat oudere woningen die relatief vaak gesloopt zullen worden.

Anderzijds zullen de aandelen van de lagere Rc-waarden afnemen, doordat er nieuwbouwwoningen bij worden geplaatst met (steeds) hogere isolatiewaarden. In Figuur 4.4 is bijvoorbeeld te zien hoe het aandeel dak met een Rc-waarde van 1,3 geleidelijk afneemt na 1990 doordat er isolatie met hogere Rc-waarden wordt toegepast⁷.

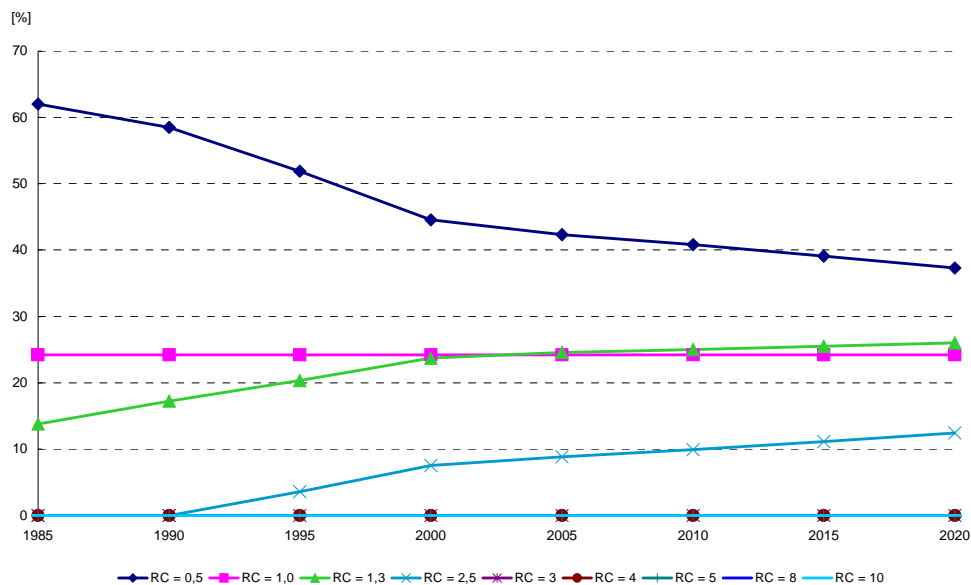


Figuur 4.4 *Ontwikkeling van de isolatie van hellend dak voor het totale woningbestand*

In Figuur 4.5 is nogmaals de penetratie van de verschillende kwaliteiten weergegeven, maar alleen voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980. Het valt direct op dat het aandeel ongeïsoleerd veel minder sterk daalt dan in de vorige figuur. Dit komt doordat nu alleen wordt gekeken naar bestaande woningen. Hierdoor zal een daling alleen plaats vinden als gevolg van na-isolatie. Nieuwbouw en sloop spelen geen rol meer⁸. Isolatie met een Rc-waarde van 1 blijft relatief constant. Dat komt omdat het geïsoleerd oppervlak betreft, dat niet nageïsoleerd zal worden. Het aandeel isolatie met een Rc-waarde van 1,3 en 2,5 vertoont een stijging. Hieruit volgt dat het ongeïsoleerde dak (Rc=0,5) wordt nageïsoleerd met deze isolatiewaarden. Aanvankelijk wordt nageïsoleerd met Rc=1,3. Vanaf de periode 1990-1995 vindt ook na-isolatie plaats met Rc=2,5.

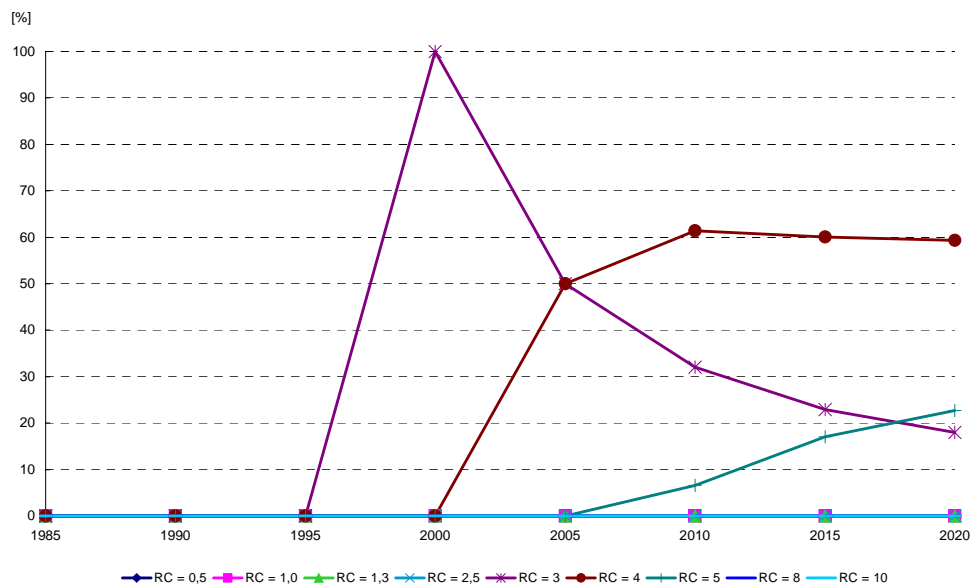
⁷ Hierbij dient gerealiseerd te worden dat het model rekent met zichtperiodes van vijf jaar⁷. Als Figuur 4.4 weergeeft dat een maatregel bijvoorbeeld in 2000 een aandeel van 0% heeft (zoals het geval is met Rc=4) en in 2005 een aandeel heeft dat groter dan 0% is, dan betekent dit dat deze Rc-waarde in de periode 2000-2005 voor het eerste werd toegepast.

⁸ Dat sloop geen rol meer speelt komt doordat SAWEC rekent met de sloop van gemiddelde woningen in die bouwjaarklasse. Door sloop van een 'gemiddelde' woning uit de bouwjaarklasse 1960-1980, zullen de aandelen isolatie in deze klasse niet wijzigen.



Figuur 4.5 *Ontwikkeling van de isolatie van hellend dak voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980*

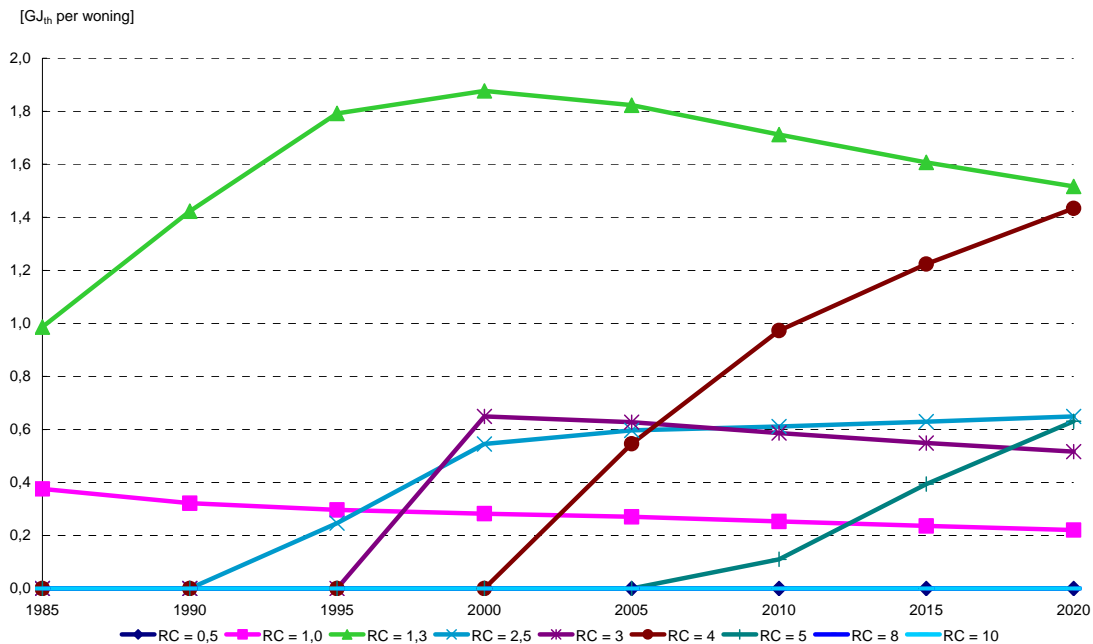
In Figuur 4.6 is het verloop van de verschillende aandelen grillig. Dit komt omdat hier wordt gekeken naar nieuwbouwwoningen. In de periode 1995-2000 worden woningen gebouwd met een dakisolatie met de waarde $R_c=3$, hierdoor stijgt dit aandeel tot 100%. In de daarop volgende periode worden woningen gebouwd met een dakisolatie met de waarde $R_c=4$. Het aandeel woningen met $R_c=3$ bedraagt nu nog maar de helft van het totaal. Hierdoor zal het aandeel $R_c=3$ dalen van 100% naar circa 50%. In de periodes daarna zal dit aandeel nog verder dalen, omdat alle woningen die er bij gebouwd worden isolatiewaarden hebben die hoger zijn dan $R_c=3$. In de periode 2005-2010 neemt zowel het aandeel $R_c=4$ als het aandeel $R_c=5$ toe. Dit houdt in dat in die betreffende periode beide isolatiewaarden naast elkaar zijn toegepast.



Figuur 4.6 *Ontwikkeling van de isolatie van hellend dak voor woningen gebouwd na 1995*

In Figuur 4.7 zijn nogmaals de verschillende isolatiekwaliteiten weergegeven, maar nu is per kwaliteit ook weergegeven in welke mate ze besparen op de warmtevraag van een kaal casco. Als deze figuur wordt vergeleken met Figuur 4.4 dan valt op dat de lijn van $R_c=0,5$ ontbreekt. Dit komt omdat $R_c=0,5$ overeen komt met een ongeïsoleerd hellend dak en dus niet bijdraagt

aan de besparing op de warmtevraag. De lijnen voor de hogere Rc-waarden lopen relatief steiler dan in Figuur 4.4. Dit is logisch indien bedacht wordt dat de besparing op de warmtevraag hoger is bij hogere Rc-waarden.

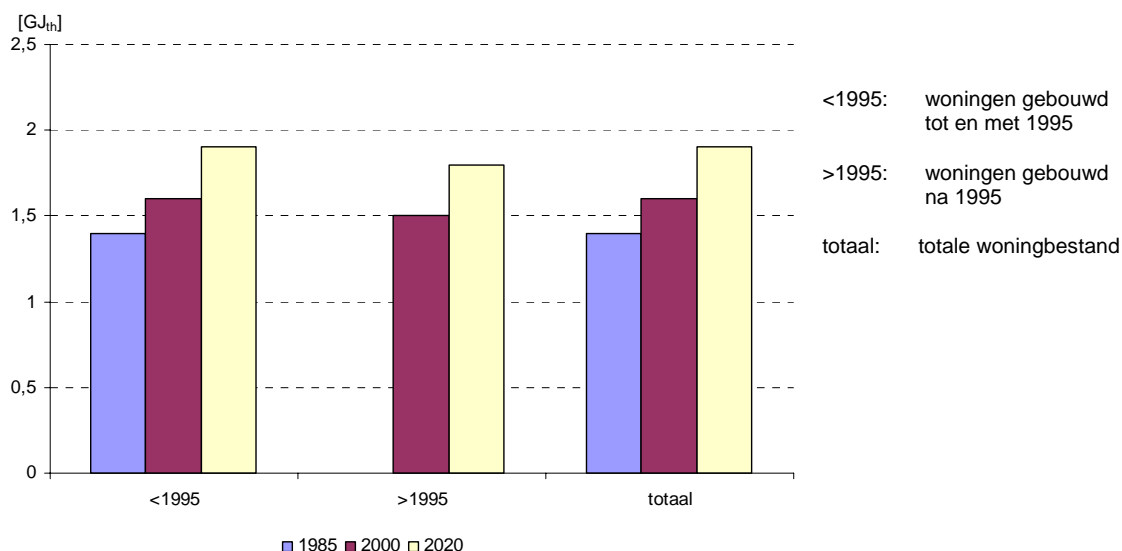


Figuur 4.7 *Ontwikkeling van de besparing door isolatie van hellend dak voor het totale woningbestand*

4.2.3 Overige vraagbeperkende maatregelen

De maatregelen die vallen in de categorie ‘overige vraagbeperkende maatregelen’ zijn zong gericht verkavelen, woonhuisventilatie, leidingisolatie en waterzijdig inregelen. Daarnaast is in SAWEC ook PV opgenomen in deze categorie. Maar dat is voor deze analyse minder interessant, omdat PV-panelen geen betrekking hebben op de vraag naar ruimteverwarming. In Figuur 4.8 is voor de verschillende jaren weergegeven wat de besparing op de kale warmtevraag is als gevolg van de ‘overige vraagbeperkende maatregelen’.

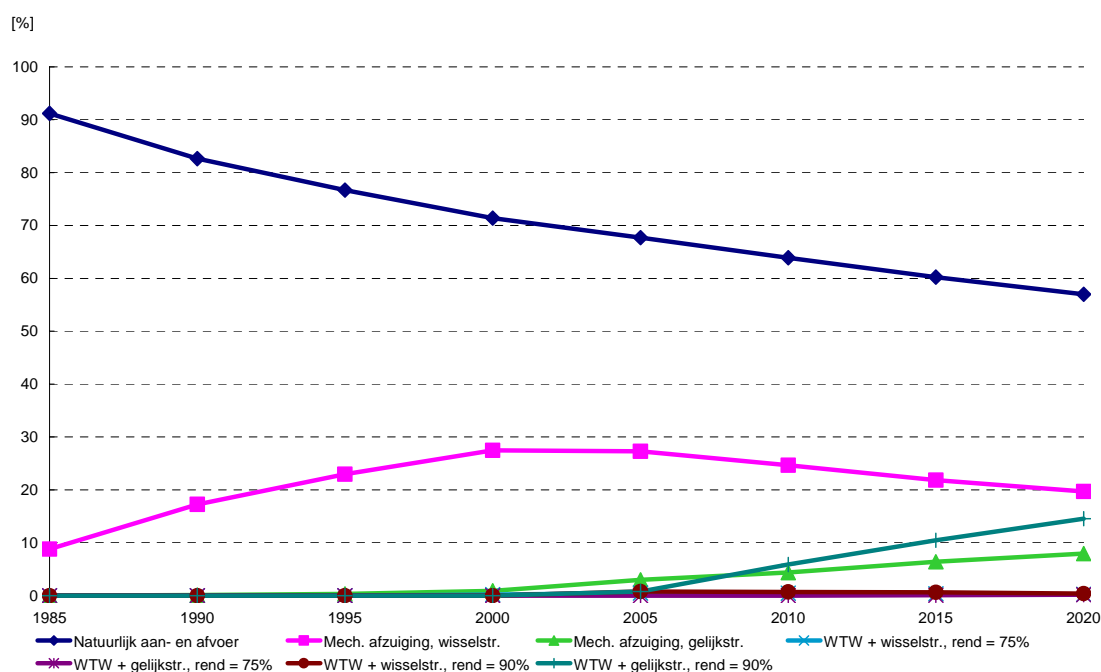
Het eerste wat opvalt aan Figuur 4.8 is dat de besparingen door ‘overige vraagbeperkende maatregelen’ aanzienlijk lager zijn dan de besparingen als gevolg van isolatiemaatregelen (zie Figuur 4.3). De besparing door de ‘overige vraagbeperkende maatregelen’ neemt voor de woningen van alle bouwjaren toe in de periode 2000-2020.



Figuur 4.8 *Besparing per woning op de warmtevraag voor ruimteverwarming door overige vraagbepurende maatregelen*

In de Figuren 4.9 en 4.10 is de ontwikkeling van een van de ‘overige vraagbepurende maatregelen’ weergegeven: woonhuisventilatie. Er bestaan verschillende ventilatie methoden: natuurlijke ventilatie, mechanische afzuiging (gelijkstroom/wisselstroom) en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (gelijkstroom/wisselstroom). Warmteterugwinning (WTW) kan plaatsvinden met verschillende rendementen (75% en 90%).

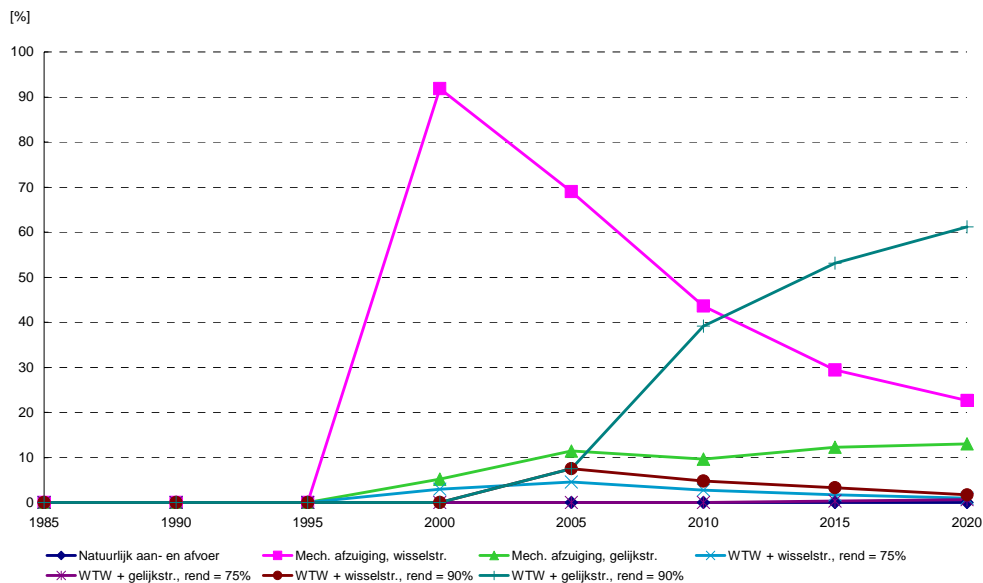
In Figuur 4.9 neemt het aandeel ‘natuurlijk aan- en afvoer’ gedurende de hele periode sterk af. Deze afname is een gevolg van de bouw van nieuwe woningen waarbij andere ventilatiesystemen worden toegepast. Hetzelfde effect is waar te nemen bij mechanische afzuiging. Aanvankelijk neemt het aandeel hiervan toe, omdat mechanische afzuiging werd toegepast in woningen gebouwd in de periode 1980-1995. Daarna worden in de nieuwbouw ook andere systemen toegepast. Als gevolg hiervan neemt na 2005 het aandeel mechanische afzuiging relatief gezien af.



Figuur 4.9 *Ontwikkeling van woonhuisventilatie voor het totale woningbestand*

De woonhuisventilatie voor de woningen gebouwd in de periode 1960-1980 is niet in een figuur weergegeven. De reden hiervoor is dat alle woningen in deze klasse natuurlijke ventilatie hebben. Dit aandeel blijft constant gedurende de gehele periode 1985-2020 omdat de overstap op mechanische ventilatie of gebalanceerde ventilatie ingrijpende werkzaamheden vereist. Het enige moment waarop zo'n overstap zou kunnen plaatsvinden is tijdens renovatieprojecten. In het SE-scenario is aangenomen dat het ook dan niet gebeurt.

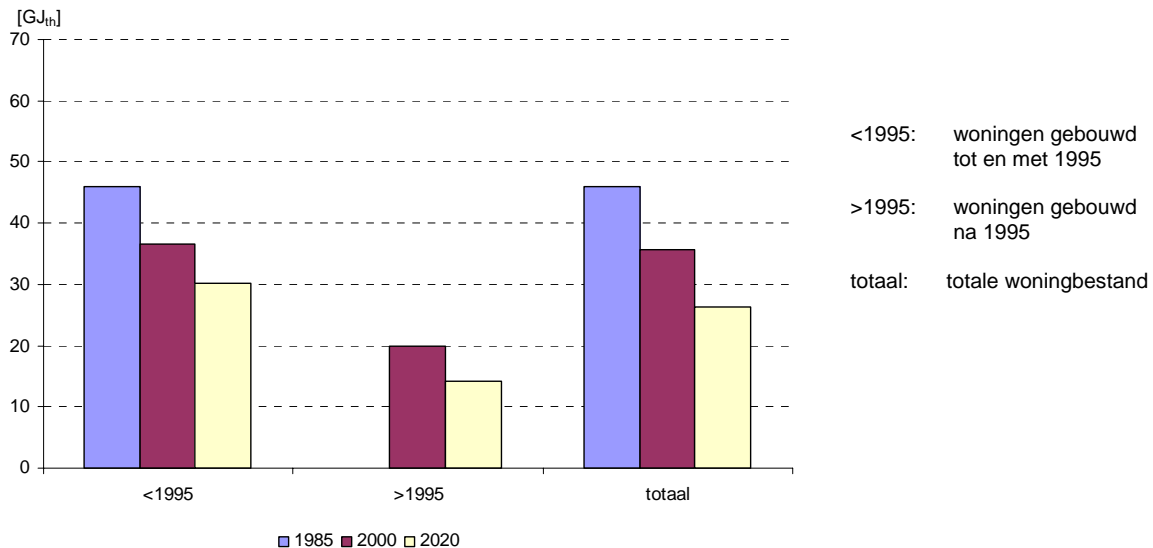
De woningen die in de periode 1995-2000 worden gebouwd zijn nog grotendeels voorzien van mechanische afzuiging. Vanaf 2000 wordt mechanische afzuiging relatief minder belangrijk doordat WTW op steeds grotere schaal wordt toegepast (Figuur 4.10). Na 2005 zullen naar verwachting de meeste nieuwbouwwoningen worden voorzien van HR-WTW op gelijkstroom.



Figuur 4.10 Ontwikkeling van woonhuisventilatie voor woningen gebouwd na 1995

4.2.4 Warmtevraag na besparing

Als voor ruimteverwarming de warmtevraag voor besparing bekend is (Figuur 4.2) en de besparing op de warmtevraag (Figuur 4.3 en Figuur 4.8) dan kan hieruit de warmtevraag na besparing worden afgeleid. Deze is weergegeven in Figuur 4.11.



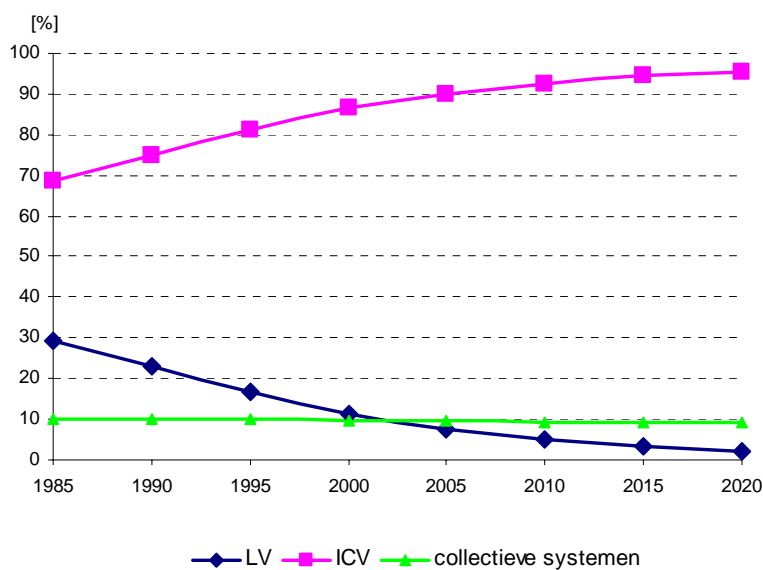
Figuur 4.11 *Ontwikkeling per woning van de 'warmtevraag na besparing' voor ruimteverwarming*

In Figuur 4.11 is te zien dat de warmtevraag na besparing daalt in de gehele periode 1985-2020. Voor het totale woningbestand geldt dat de gemiddelde daling in de periode 1985-2000 ongeveer even groot is als de daling van de woningen gebouwd voor 1995. In de periode 2000-2020 is de gemiddelde daling voor het totale woningbestand groter dan de daling bij de woningen gebouwd voor 1995. Dit komt doordat de woningen gebouwd na 1995 (met een lage warmtevraag) in de periode 2000-2020 een steeds groter deel van het totale woningbestand gaan vormen. Enerzijds is dit een gevolg van sloop, die vooral plaatsvindt bij woningen gebouwd voor 1995. Anderzijds is dit een gevolg van nieuwbouw in de klasse 'gebouwd na 1995'.

Verder valt in Figuur 4.11 op dat de woningen gebouwd na 1995 als gevolg van goede isolatie in 2000 al een lagere warmtevraag hebben dan de woningen 'gebouwd voor 1995' in 2020 bereiken.

4.2.5 Verwarmingssystemen

De verwarmingssystemen kunnen in drie categorieën worden ingedeeld: ICV-systemen (Individuele Centrale Verwarmingssystemen), LV-systemen (Lokale Verwarmingssystemen) en collectieve systemen. De ontwikkeling van het aandeel ICV-, LV- en collectieve systemen is weergegeven in. Uit deze figuur volgt dat het aandeel woningen met LV (gaskachels en oliekachels) sterk is afgenomen in de periode 1985-2000. Uit de figuur blijkt tevens dat LV-systemen werden vervangen door ICV-systemen.



Figuur 4.12 De ontwikkeling van het aandeel woningen met ICV-, LV- en collectieve systemen voor het totale woningbestand

De drie categorieën verwarmingssystemen zoals weergegeven in Figuur 4.12 zijn verder onder te verdelen, zoals is weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Overzicht verwarmingssystemen

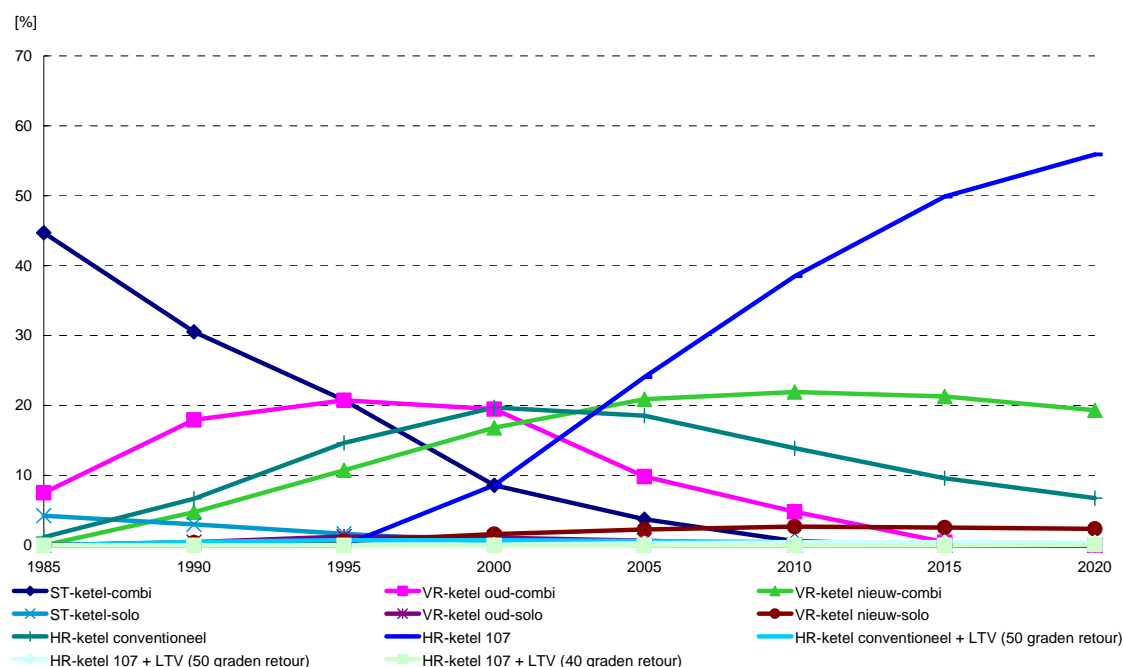
ICV-systemen	LV-systemen	Collectieve systemen
ST-ketel-solo (STandaard-ketel-solo)	Gaskachel*	Blokverwarming*
ST-ketel-combi (Standaard-ketel-combi)	Oliekachel	Stadverwarming
VR-ketel oud-solo		
VR-ketel oud-combi		
VR-ketel nieuw-solo		
VR-ketel nieuw-combi		
HR-ketel conventioneel		
HR-ketel 107		
Heteluchtverwarming 80%		
Heteluchtverwarming 85%		
Absorptie warmtepomp*		
Elektrische warmtepomp*		
Micro warmtekracht Stirling		
Micro warmtekracht brandstofcel		
Olieketel		

* Van deze systemen bestaat er zowel een 'conventionele' als een 'efficiënte' versie.

Alle warmtepompsystemen en alle micro warmtekracht systemen uit Tabel 4.1 worden gecombineerd met een lage temperatuur verwarmingssysteem (LTV). Ook de HR-ketel conventioneel en de HR-ketel 107 kunnen gecombineerd worden met een lage temperatuur verwarmingssysteem. In het geval van de HR-ketel 107 kan er bovendien onderscheid gemaakt worden naar een LTV van 40°C of 50°C retourtemperatuur.

Omdat het aantal verwarmingssystemen groot is, zijn de ICV-systemen, LV-systemen en de collectieve systemen in aparte figuren weergegeven. De ICV-systemen zijn opgesplitst in twee figuren: een met alle warmtepompsystemen, warmtekrachtsystemen, heteluchtverwarmings-

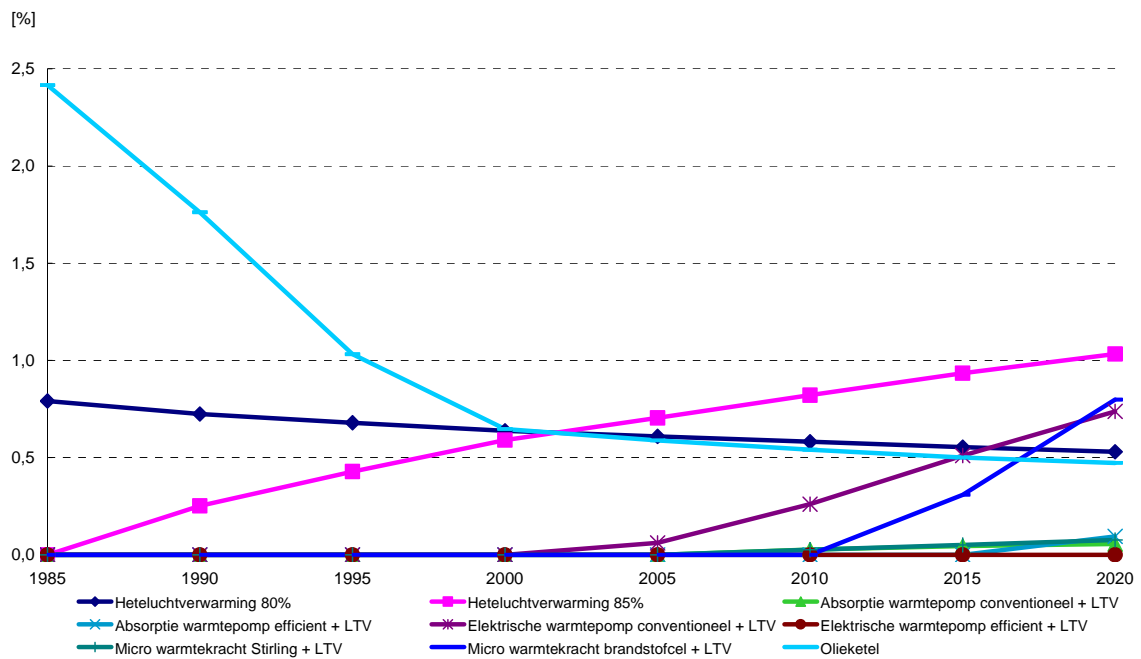
systemen en olietkels en de andere met alle ST-, VR- en HR-ketels. De figuren geven weer welk aandeel van het totale woningbestand van een bepaald verwarmingssysteem is voorzien. Omdat het totale woningbestand wordt weergegeven in vier verschillende figuren (figuur 4.13 tot en met figuur 4.16), zullen de percentages van de afzonderlijke figuren samen optellen tot 100%. Alleen de figuur met ST-, VR- en HR-ketels zal ook worden weergegeven voor de woningklassen 1960-1980 en >1995.



Figuur 4.13 *Ontwikkeling centrale verwarmingssystemen voor het totale woningbestand*

Ondanks dat Figuur 4.13 slechts een deel van de ICV-systemen laat zien, is er nog een veelheid van lijnen aanwezig. Er zijn echter slechts vijf verwarmingssystemen die een aandeel groter dan 10% halen: de ST-ketel-combi, de HR-ketel conventioneel, VR-ketel-oud-combi, de VR-ketel nieuw-combi en de HR-107 ketel. In 1985 was het merendeel van de woningen met een ICV-installatie voorzien van een ST-ketel-combi. Deze ketel wordt in de periode 1985-2000 in hoog tempo vervangen door drie keteltypen: de VR-ketel-oud-combi, de HR-ketel conventioneel en de VR-ketel-nieuw-combi. De som van de aandelen van deze drie keteltypen is in 2000 hoger dan het totaal aantal ST-ketel-combi's dat in 1985 aanwezig is. Dit komt omdat deze drie keteltypen ook werden geplaatst in woningen waar werd overgestapt van lokale verwarming (gaskachels) naar centrale verwarming (zie Figuur 4.15). De vervanging van de gaskachels vond grotendeels in dezelfde periode plaats als de vervanging van de ST-ketel-combi.

Ook na 2000 vinden er aanzienlijke wijzigingen plaats in de opbouw van het ketelbestand. In de periode 1995-2000 komt er een nieuw keteltype op de markt, de HR-107 ketel, waarvan het aandeel in hoog tempo toeneemt. Na 2000 beginnen als gevolg hiervan de aandelen van de VR-ketel-oud-combi en de HR-ketel-conventioneel terug te lopen. Het aandeel van de VR-ketel-nieuw-combi stijgt in de periode 2000-2005 nog licht. De daarop volgende tien jaar blijft het aandeel constant, na 2015 neemt het aandeel licht af. De reden dat de VR-ketel-nieuw-combi stand houdt naast de HR-107 ketel is voor een belangrijk deel gevolg van het feit dat niet alle woningtypen even geschikt zijn voor de HR-107 ketel. Voor de HR-107 ketel dient er namelijk direct bij de ketel een afvoer van de rookgassen naar de buitenlucht aanwezig te zijn. In appartementen is een dergelijke afvoer niet altijd te realiseren. Een VR-ketel-nieuw-combi zal in appartementen dus relatief vaak worden toegepast.



Figuur 4.14 *Ontwikkeling van de 'overige' ICV-systemen voor het totale woningbestand*

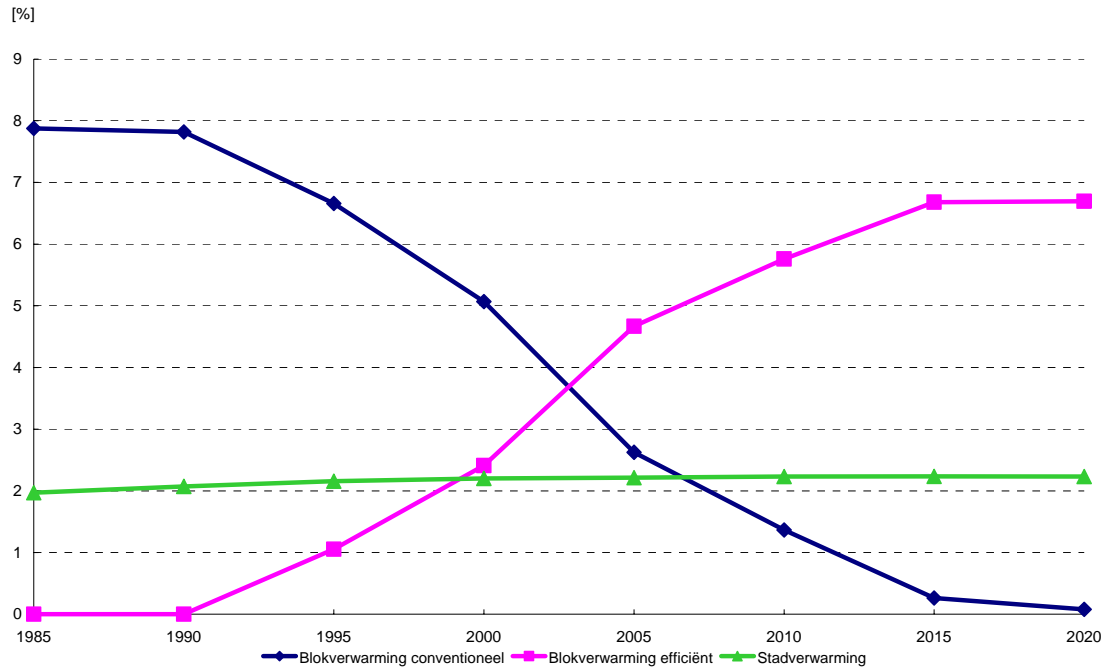
In Figuur 4.14 is een overzicht gegeven van een aantal ICV-systemen: heteluchtverwarming, de absorptie warmtepomp, de elektrische warmtepomp, het micro warmtekrachtsysteem en de olieketel. Het aandeel van al deze systemen blijft ruim onder de 3%.



Figuur 4.15 *Ontwikkeling van de LV-systemen voor het totale woningbestand*

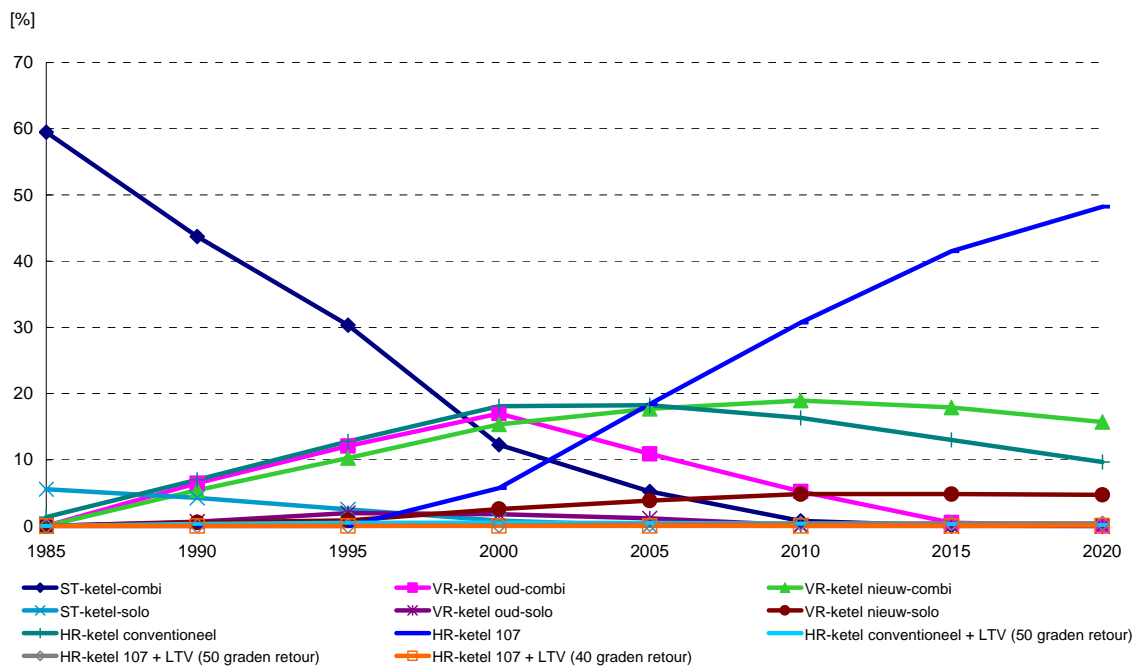
In Figuur 4.15 is te zien dat het aandeel woningen met een kachel sterk afneemt na 1985. Lokale verwarmingssystemen worden op grote schaal vervangen door ICV-systemen, zoals ook in Figuur 4.13 is te zien.

Het totaal aantal woningen met een collectief verwarmingssysteem komt in de periode 1985-2020 niet boven de 10% uit. In Figuur 4.16 is duidelijk te zien hoe een minder efficiënt systeem (blokverwarming conventioneel) langzaam vervangen wordt door een efficiënter systeem (blokverwarming efficiënt). In 2020 zijn bijna alle conventionele blokverwarmingssystemen vervangen door efficiëntere.



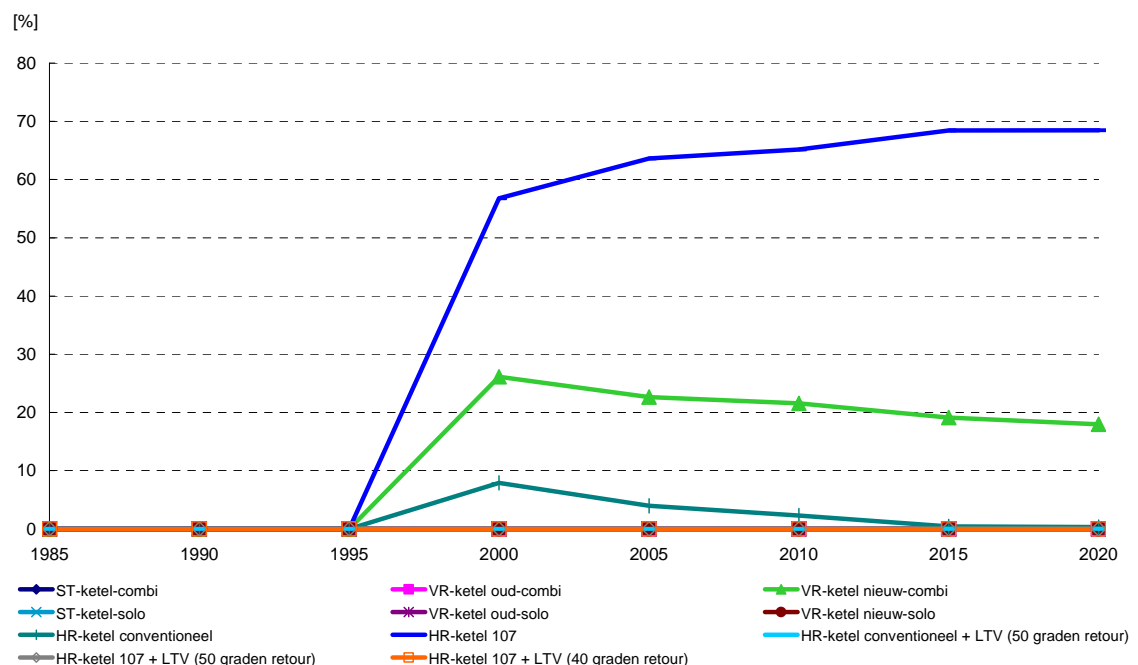
Figuur 4.16 *Ontwikkeling van de collectieve systemen voor het totale woningbestand*

In Figuur 4.17 zijn de verwarmingssystemen uit Figuur 4.13 weergegeven voor de woningen gebouwd in de periode 1960-1980. Het verloop van beide figuren is grotendeels hetzelfde. Het aandeel ST-ketel-combi is in de klasse 1960-1980 in 1985 echter hoger dan in het totale woningbestand. Het aandeel VR-ketel oud-combi is in deze klasse in 1985 juist lager dan in het totale woningbestand. Het aandeel van de HR-107 ketel is in 2020 circa 5% lager dan in Figuur 4.13. De reden hiervoor is dat de HR-107 ketel vooral op grote schaal wordt toegepast bij nieuwbouwwoningen (zie Figuur 4.18).



Figuur 4.17 *Ontwikkeling van centrale verwarmingssystemen voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980*

In de woningen gebouwd na 1995 worden voornamelijk drie typen verwarmingssystemen toegepast: de HR-107 ketel, de VR-ketel nieuw-combi en de HR-ketel conventioneel. Het aandeel van de HR-ketel conventioneel komt echter niet boven de 10% uit. De HR-ketel conventioneel wordt na 2000 ook niet meer toegepast. In 2015 zijn alle conventionele HR-ketels vervangen door efficiëntere typen.

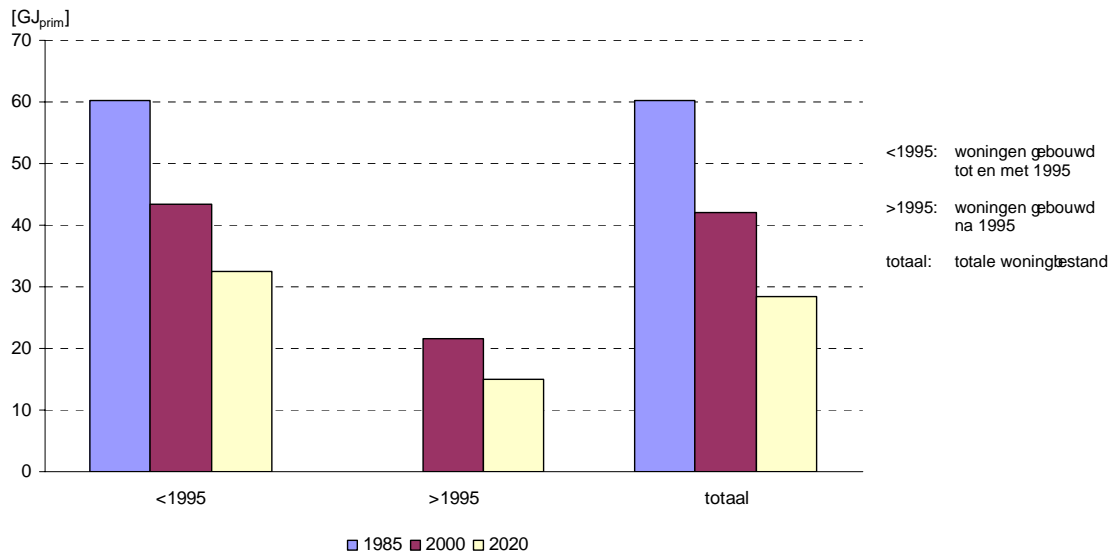


Figuur 4.18 *Ontwikkeling van centrale verwarmingssystemen voor woningen gebouwd na 1995*

4.2.6 Finaal energiegebruik

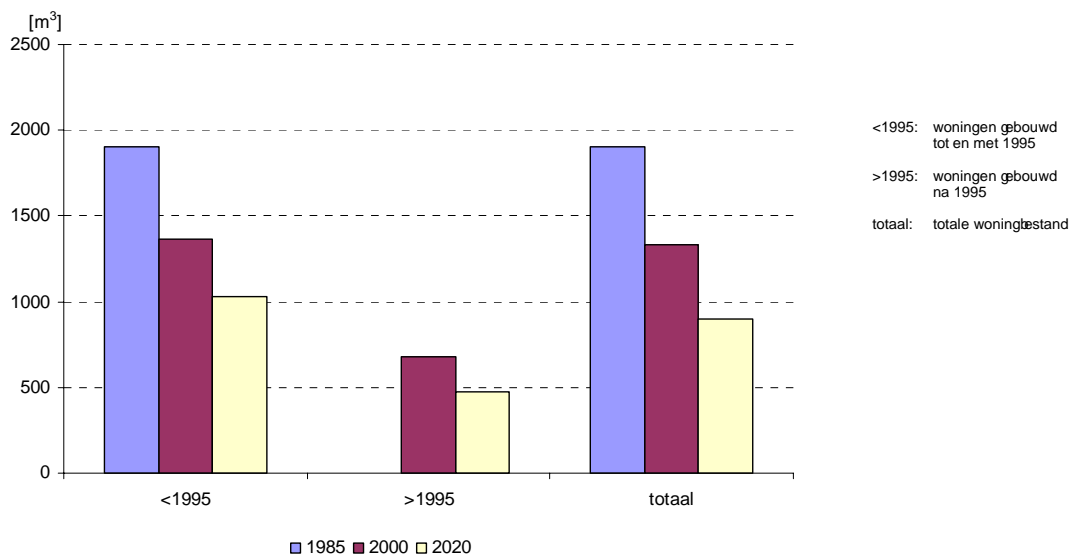
Als de opbouw van het ketelbestand bekend is (en daarmee het gemiddelde omzettingsrendement), kan bepaald worden hoeveel energie nodig is om aan de warmtevraag na besparing te voldoen. Er worden drie typen energie gebruikt om aan de warmtevraag te voldoen: warmte, gas en elektriciteit⁹. Warmte wordt afgenomen door woningen die aangesloten zijn op een stadsverwarmingssysteem (circa 2% van de woningen in 2000). Veruit het grootste deel van de woningen (97% in 2000) maakt gebruik van gas voor ruimteverwarming (dit is inclusief de woningen die zijn aangesloten op blokverwarming). Zowel woningen aangesloten op een warmtenet als woningen aangesloten op een gasnet maken gebruik van elektriciteit voor ruimteverwarming in de vorm van hulpenergie, zoals het elektriciteitsverbruik door pompen en regelsystemen. Daarnaast is er nog een klein aantal woningen dat alleen elektriciteit gebruikt voor ruimteverwarming, door middel van een elektrische warmtepomp. Het aandeel bedraagt in 2000 nog geen procent van het woningbestand.

In Figuur 4.19 is de gasvraag weergegeven voor de woningen aangesloten op het gasnet. Figuur 4.19 vertoont geen verrassende ontwikkeling. Qua opbouw komt deze figuur - zoals te verwachten was - overeen met de warmtevraag na besparing. In Figuur 4.20 is voor de woningen met een aansluiting op het gasnet het gasverbruik voor ruimteverwarming nogmaals weergegeven, maar nu in kubieke meter per woning.



Figuur 4.19 Gemiddeld gasverbruik per woning voor ruimteverwarming

⁹ Voor een klein deel van de woningen wordt ook nog LPG/olie gebruikt om in de warmtevraag te voorzien, maar dit aandeel is minder dan 1% in 2000 en dit aandeel zal in de toekomst alleen maar afnemen.



Figuur 4.20 Gemiddeld gasverbruik per woning voor ruimteverwarming

4.3 Verwarming van tapwater

4.3.1 Warm tapwatervraag

In het SE-scenario is een afname verondersteld van het warm tapwatergebruik per huishouden. Deze afname is gebaseerd op de verwachte ontwikkeling van de huishoudensgrootte en de verwachte ontwikkeling van het toekomstig hoofdelijk huishoudelijk warm waterverbruik in Nederland. De ontwikkeling van de huishoudensgrootte is gebaseerd op cijfers van het ABF en is een scenariogegeven. In Tabel 4.2 is de ontwikkeling van de gemiddelde huishoudensgrootte weergegeven.

Tabel 4.2 *Ontwikkeling gemiddelde huishoudgrootte*

	Gemiddelde huishoudgrootte [personen]	Index
<i>Historie</i>		
1985-1989	2,5	1,0
1990-1994	2,4	1,0
1995-1999	2,3	0,9
<i>Scenario</i>		
2020	2,2	0,9

De ontwikkeling van de warm tapwatervraag is gebaseerd op lange termijn scenario's van de VEWIN. Deze scenario's zijn berekend met een causaal model voor de inschatting van het hoofdelijk huishoudelijk waterverbruik (Baggelaar en Driehuis, 2000). Het model onderscheidt tien componenten van het huishoudelijk waterverbruik, waarvan slechts enkele betrekking hebben op warm tapwater gebruik, namelijk baden, douchen, wassen (aan de wastafel) wassen met de hand en afwassen met de hand. In het model spelen drie verklarende factoren een rol: de penetratiegraad, het gebruikersgedrag en de capaciteit van de betreffende voorziening. In het model worden acht leeftijdsklassen onderscheiden: namelijk 0-12, 13-17, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-56 en 65+ jaar. Als modelinput wordt gebruik gemaakt van informatie uit de driejaarlijkse NIPO-VEWIN-enquêtes.

De inschatting van het toekomstig gedrag van de verschillende leeftijdsklassen kan op basis van twee verschillende benaderingen voor gebruikersgedrag:

- Cohortgedrag, dit houdt in dat een deel van de bevolking met hetzelfde geboortjaar een bepaald gedrag vertoont en dit gedrag ook in de toekomst zal vertonen.
- Leeftijdsgedrag, dit houdt in dat het gedrag van mensen in de loop van hun leven zal veranderen. Naarmate mensen ouder worden zullen ze bijvoorbeeld minder vaak gaan douchen, bijvoorbeeld omdat hun huid dunner wordt en omdat ze minder mobiel worden.

Het causale model gaat uit van leeftijdsgedrag. De ontwikkeling van de warmtapwatervraag is weergegeven in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Ontwikkeling warmwatergebruik per persoon per dag*

	Liter water per persoon per dag					Totaal
	Bad	Douche	Wastafel	Afwassen hand	Wassen hand	
<i>Historie</i>						
1985	13	21	7	11	2	54
1990	9	28	5	9	2	53
1995	9	38	4	5	2	59
1998	7	40	5	4	2	57
2001	4	42	5	4	2	56
2000 berekend	5	41	5	4	2	57
<i>Scenario</i>						
2020	4	42	5	3	2	56

Bron: VEWIN/NIPO.

Ook van de ontwikkeling van het totale warm tapwaterverbruik is een index bepaald. Als deze index vermenigvuldigd wordt met de index voor de ontwikkeling van de huishoudgrootte, dan volgt hieruit de ontwikkeling van het warm tapwaterverbruik per huishouden (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 *Ontwikkeling warmwatergebruik per huishouden in SAWEC*

	Gemiddeld warm tapwaterverbruik		Ontwikkeling	Ontwikkeling warm
	[liter/persoon/dag]	Index	huishoudgrootte	tapwaterverbruik
			Index	per huishouden
				Index
<i>Historie</i>				
1985-1989	54	1,0	1,0	1,0
1990-1994	56	1,0	1,0	1,0
1995-1999	58	1,1	0,9	1,0
<i>Scenario</i>				
2015-2019	56	1,0	0,9	0,9

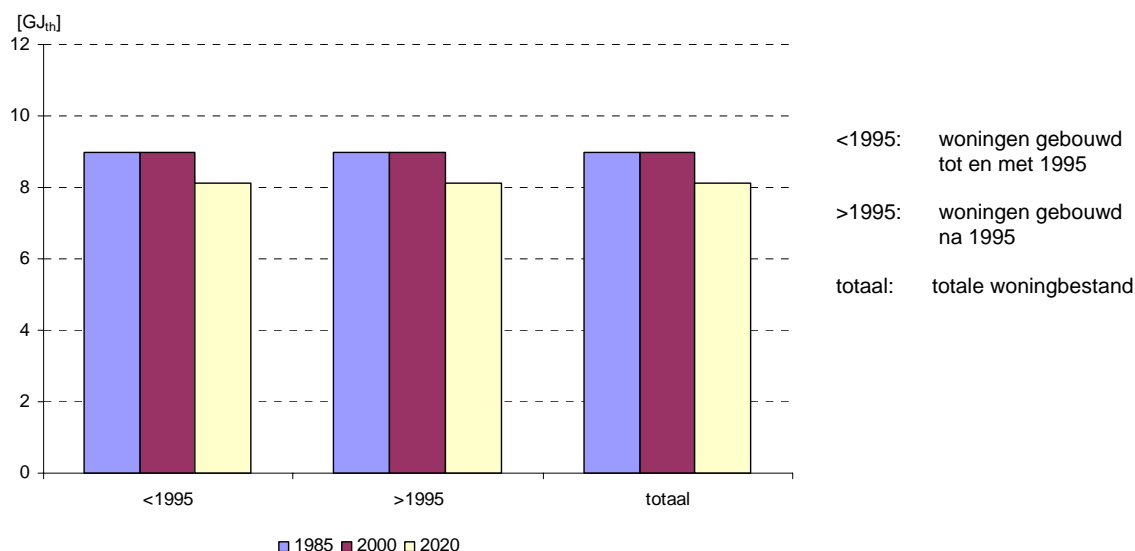
Uit Tabel 4.4 volgt dat het warm tapwatergebruik per huishouden afneemt in de periode 2000-2020¹⁰. Als niet wordt uitgegaan van leeftijdsgedrag maar van cohortgedrag, dan blijft het warm tapwaterverbruik per huishouden in de periode 2000-2020 vrijwel constant (zie Tabel 4.5). In het SE-scenario is uitgegaan van leeftijdsgedrag. Als in het SE-scenario wordt uitgegaan van cohortgedrag, zal het gasverbruik voor de sector Huishoudens in 2020 ongeveer 8 PJ hoger uitpakken dan in Figuur 4.32 is weergegeven.

Tabel 4.5 *Ontwikkeling warmwatergebruik per huishouden bij cohortgedrag*

	Gemiddeld warm tapwaterverbruik		Ontwikkeling	Ontwikkeling warm
	[liter/persoon/dag]	Index	huishoudgrootte	tapwaterverbruik
			Index	per huishouden
				Index
<i>Historie</i>				
1985-1989	54	1,0	1,0	1,0
1990-1994	56	1,0	1,0	1,0
1995-1999	58	1,1	0,9	1,0
<i>Scenario</i>				
2015-2019	62	1,2	0,9	1,0

De warmtevraag voor de verwarming van tapwater, zoals die in SAWEC is verondersteld, is weergegeven in Figuur 4.21. De daling van de warmtevraag wordt veroorzaakt door de vergrijzing. De warmtevraag voor de verwarming van tapwater is voor de verschillende bouwjaarklassen gelijk verondersteld. In werkelijkheid zal de warmtevraag voor de verwarming van tapwater sterk afhankelijk zijn van bijvoorbeeld de gezinsgrootte, maar in het model vindt op dit moment nog geen differentiatie plaats van gezinsgrootte naar bouwjaarklasse van de woning.

¹⁰ Dit rapport en de berekeningen met SAWEC sluiten aan bij de Referentieramingen 2005-2020. Na de berekeningen in het kader van de Referentieramingen 2005-2020 zijn er nieuwe cijfers van TNS-NIPO verschenen voor het huishoudelijke tapwaterverbruik en is de inschatting van het warm tapwaterverbruik in 2020 door de VEWIN bijgesteld. Op basis van deze nieuwe cijfers daalt het gasverbruik voor de verwarming van tapwater per huishoudens eveneens, maar iets minder sterk dan in Tabel 4.4 is verondersteld. Indien niet wordt uitgegaan van leeftijdsgedrag maar van cohortgedrag, zal het warm tapwatergebruik per huishouden iets verder stijgen dan in Tabel 4.5.



Figuur 4.21 Ontwikkeling per woning van de warmtevraag voor de verwarming van tapwater

4.3.2 Tapwatersystemen

Alle tapwatersystemen in SAWEC kunnen in twee typen worden ingedeeld: systemen waarbij er een apart tapwatersysteem is (solosystemen) en systemen waarbij een verwarmingssysteem zowel zorgt voor ruimteverwarming als de verwarming van tapwater (combisystemen). Voor de combisystemen geldt dat het tapwatersysteem vast staat op het moment dat het ruimteverwarmingssysteem bekend is¹¹. In het geval van een solosysteem is er bij een specifiek ruimteverwarmingssysteem keuze mogelijk tussen verschillende tapwatersystemen. Een overzicht van de solosystemen en combisystemen is weergegeven in Tabel 4.6¹². Deze tapwatersystemen zijn weer verder onder te verdelen naar doorstroom- en voorraadtoestellen, met verschillende capaciteiten.

Tabel 4.6 Tapwatersystemen

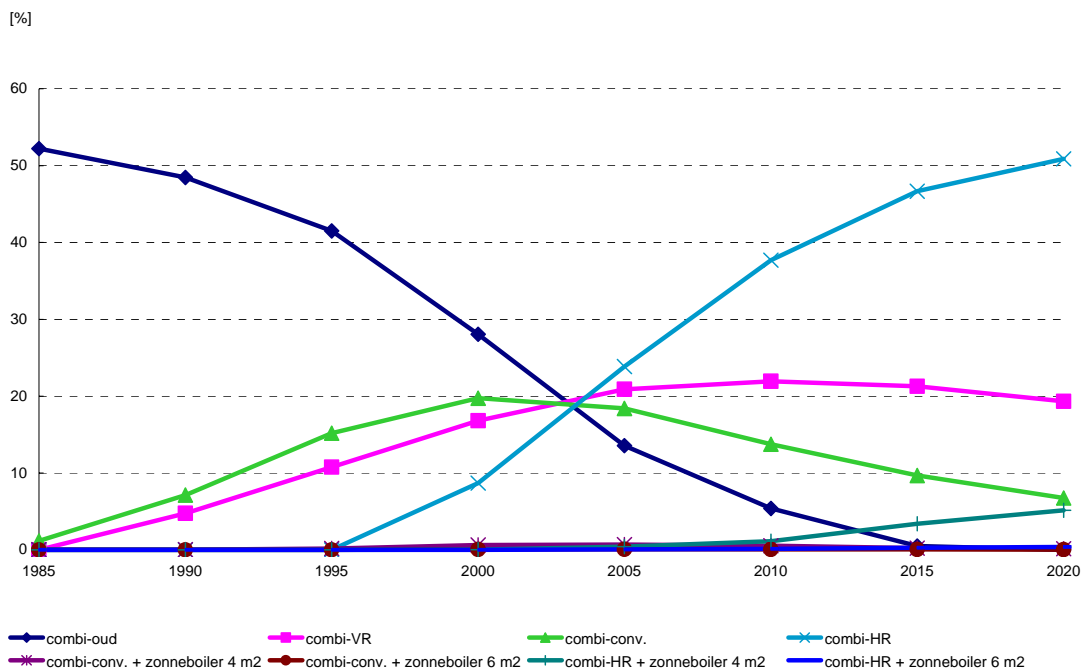
Solo-systemen	Combi-systemen
Gasgeiser - conventioneel	Combi-oud (=ST/VR-ketel-combi)
Gasgeiser - efficiënt	Combi-VR (=VR-ketel-nieuw)
Gasboiler - conventioneel	Combi-conventioneel (=HR conventioneel)
Gasboiler - efficiënt	Combi-HR (=HR 107)
Elektrische boiler - conventioneel	Absorptie warmtepomp conventioneel
Elektrische boiler - efficiënt	Absorptie warmtepomp efficiënt
Warmtepompboiler - conventioneel	Elektrische warmtepomp conventioneel
Warmtepompboiler - efficiënt	Elektrische warmtepomp efficiënt
Elektrische boiler - olie	Micro warmtekracht Stirling
	Micro warmtekracht brandstofcel
	Blokverwarming conventioneel
	Blokverwarming efficiënt
	Stadsverwarming

¹¹ In SAWEC bestaat er voor de ST-ketel-combi, de VR-ketel oud-combi, de VR-ketel nieuw-combi, de HR-ketel conventioneel en de HR-ketel 107 nog wel de keuze om deze al dan niet te combineren met een zonneboiler.

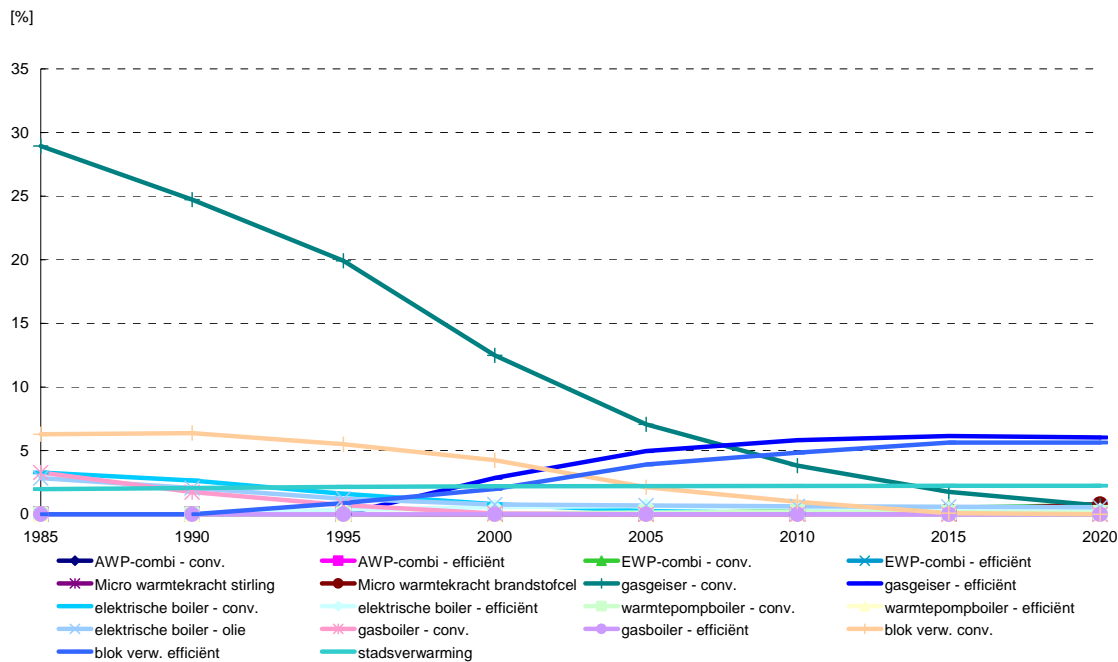
¹² Hoewel het gaat om dezelfde systemen is de naamgeving in Tabel 4.1 en Tabel 4.6 niet helemaal gelijk, daarom is in Tabel 4.6 tussen haakjes weergegeven met welke systemen uit Tabel 4.1 de verschillende installaties overeenkomen.

In Figuur 4.22 is een deel van de warmwatersystemen weergegeven: een deel van de verschillende typen combi-ketels. De overige warmwatersystemen (zowel solo- als combi-systemen) zijn weergegeven in Figuur 4.23. Omdat de warmwatersystemen over twee figuren verdeeld zijn, zal de som van de percentages uit beide figuren steeds 100% bedragen.

Uit Figuur 4.22 volgt dat het aandeel ketels dat gecombineerd wordt met een zonneboiler relatief laag blijft, in 2020 ligt dit aandeel nog altijd onder de 10%. Verder is in Figuur 4.22 te zien dat in 1985 het grootste deel van de tapwatersystemen van het type 'combi-oud' is. Na 1985 neemt dit aandeel af, omdat deze ketels vervangen worden door de volgende keteltypen: combi-conventioneel, combi-VR en later ook door combi-HR ketels. Het totale aandeel van deze drie keteltypen (circa 60%) ligt in 2000 al hoger dan het aandeel combi-oud dat in de periode 1985-2000 vervangen is (circa 30%). Dit komt doordat de keteltypen combi-conventioneel, combi-VR en combi-HR niet alleen de 'combi-oud' vervangen, maar ook solo-systemen. Dit is terug te zien in Figuur 4.23. Het aandeel 'conventionele gasgeisers' neemt in de periode 1985-2000 sterk af, terwijl er slechts weinig nieuwe solosystemen voor in de plaats komen. Als eenmaal een combisysteem in gebruik is, zal dat in de toekomst niet meer vervangen worden door een solosysteem. Bij de vervanging van gaskachels (lokale verwarmingssystemen en per definitie solo-systemen) door een ICV-systeem, was er vaak sprake van de overstap van een solosysteem naar een combi-systeem.



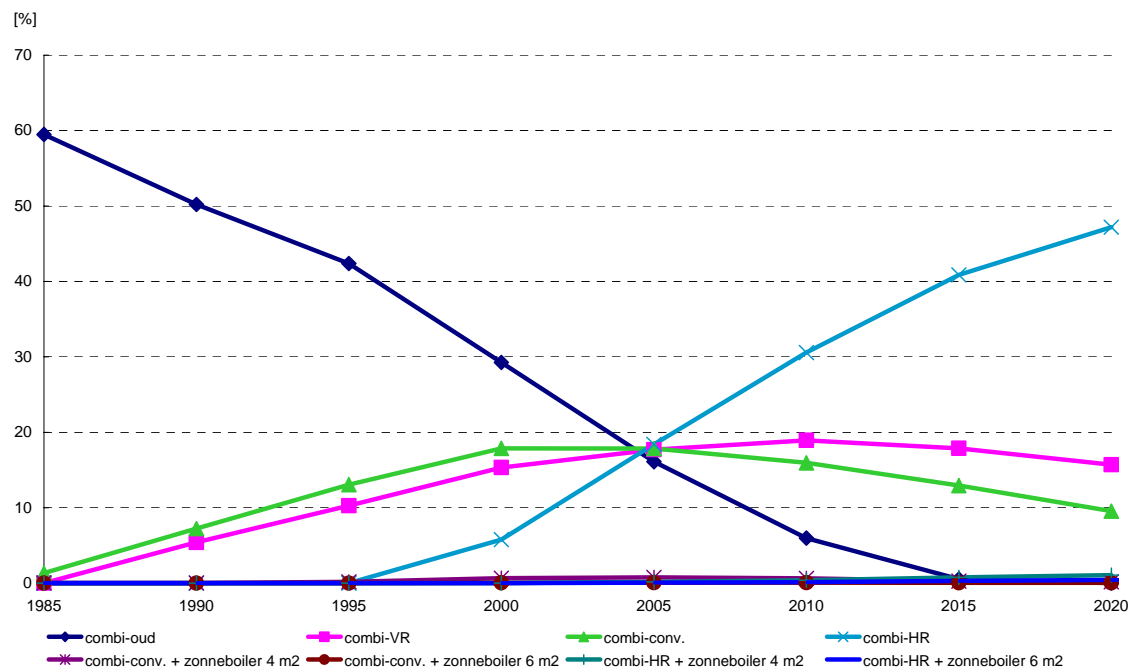
Figuur 4.22 Ontwikkeling van een deel van de combisystemen voor het totale woningbestand



Figuur 4.23 *Ontwikkeling van tapwatersystemen (solo- en combisystemen) voor het totale woningbestand*

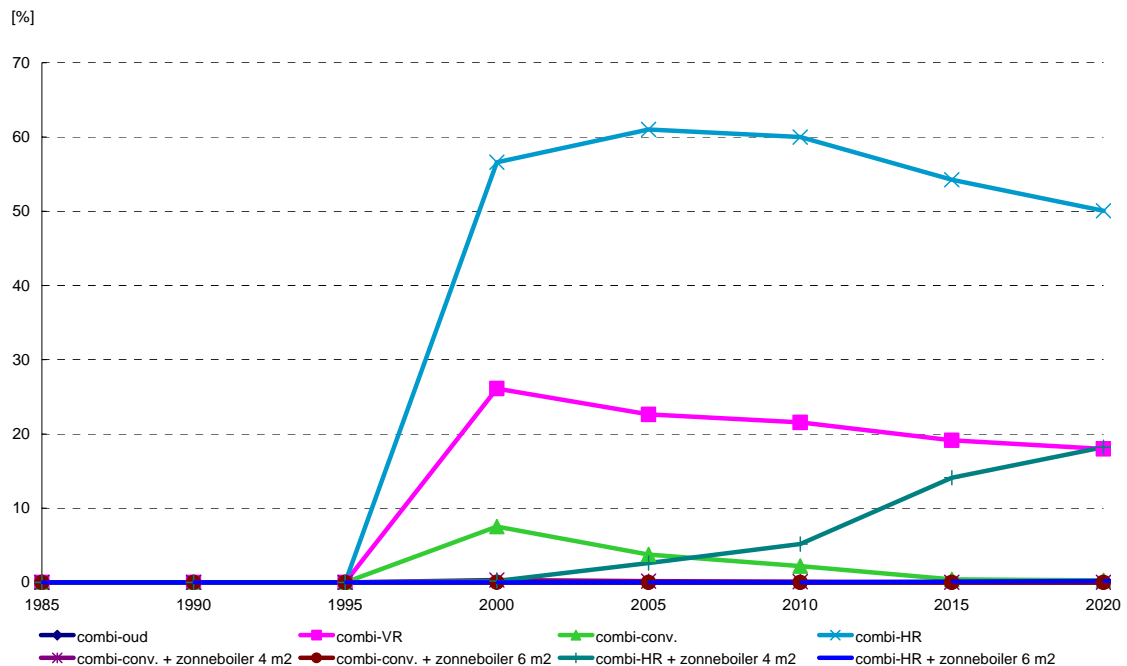
Noot: AWP staat voor 'Absorptie WarmtePomp' en EWP staat voor 'Elektrische WarmtePomp'.

De informatie uit Figuur 4.22 is hieronder weergegeven voor de woningen gebouwd tussen 1960-1980 en na 1995. De informatie uit Figuur 4.23 is niet verder opgesplitst, omdat het om zulke lage aandelen gaat (met name na 2000), dat de lijnen in de figuur nauwelijks nog te onderscheiden zijn.



Figuur 4.24 *Ontwikkeling van een deel van de combisystemen voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980*

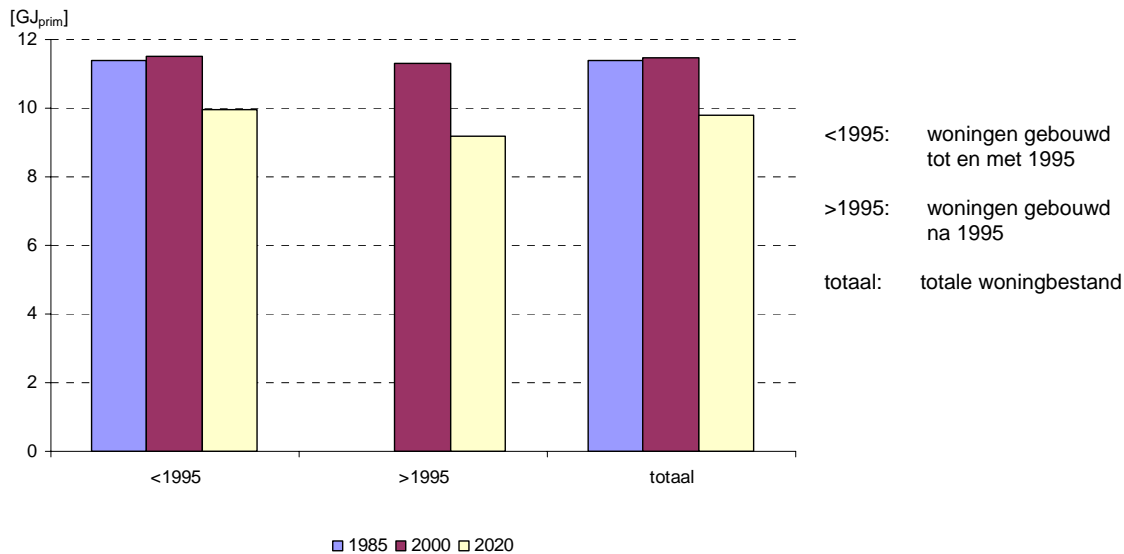
De ontwikkeling in Figuur 4.24 wijkt weinig af van Figuur 4.22. Het enige opvallende verschil is dat het aantal installaties dat wordt gecombineerd met een zonneboiler lager is dan in Figuur 4.22. Dit komt omdat de zonneboilers vooral worden geplaatst in nieuwbouwwoningen (woningen gebouwd na 1995), zie Figuur 4.25. Het aantal zonneboilersystemen neemt in de periode 2010-2015 sterker toe dan in de periode daarvoor. Reden hiervoor is dat alle woningen die in 2010-2015 gebouwd worden moeten voldoen aan een EPN van 0,8. In de periode daarvoor zal een deel van de woningen nog gebouwd worden onder een EPN van 1,0, namelijk dat deel van de woningen waarvan de bouwaanvraag goedgekeurd is vóór de EPN-aanscherping in 2006. In Figuur 4.25 is verder te zien dat in de nieuwbouwwoningen hoofdzakelijk twee typen systemen worden toegepast: de combi-HR en de combi-VR. Dit komt overeen met wat in Figuur 4.18 te zien is.



Figuur 4.25 *Ontwikkeling van een deel van de combisystemen voor woningen gebouwd na 1995*

4.3.3 Energiegebruik voor besparing

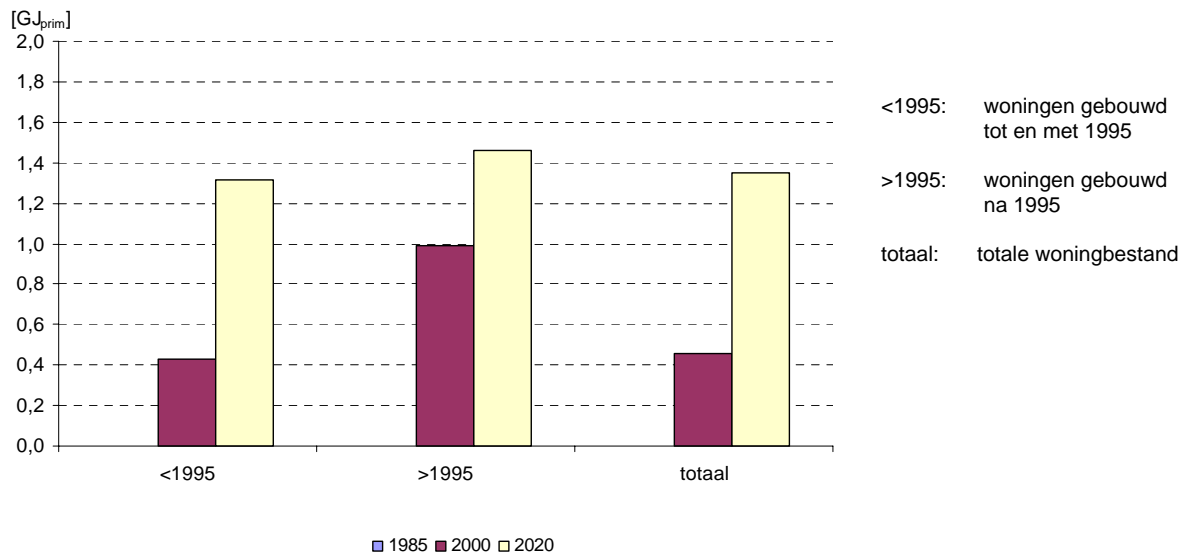
Als bekend is wat de warmtevraag is (Figuur 4.21) en als bekend is welke tapwatersystemen er worden toegepast (Paragraaf 4.3.2), dan kan het gasverbruik voor besparing worden bepaald. In Figuur 4.26 is het gasverbruik weergegeven voor de woningen met een aansluiting op het gasnet. Hoewel de warmtevraag voor de verwarming van tapwater voor alle bouwjaarklassen gelijk is (zie Figuur 4.21), is het ‘gasverbruik voor besparing’ dat niet. Dit komt doordat de opbouw van het ketelbestand voor woningen gebouwd tot en met 1995 niet gelijk is aan de opbouw van het ketelbestand van de woningen gebouwd na 1995. Daardoor verschilt het gemiddelde omzettingrendement van gas naar warmte voor deze bouwjaarklassen.



Figuur 4.26 Gemiddeld gasverbruik per woning voor de verwarming van tapwater (exclusief het effect van besparingsmaatregelen)

4.3.4 Additionele tapwater opties

De maatregelen die vallen in de categorie ‘additionele tapwater opties’ zijn: de waterbesparende douchekop, de aanrechtboiler (close-in boiler), warmteterugwinning uit douchewater en de beperking van leidingverliezen. De totale besparing op de energievraag door deze opties is weer gegeven in Figuur 4.27.

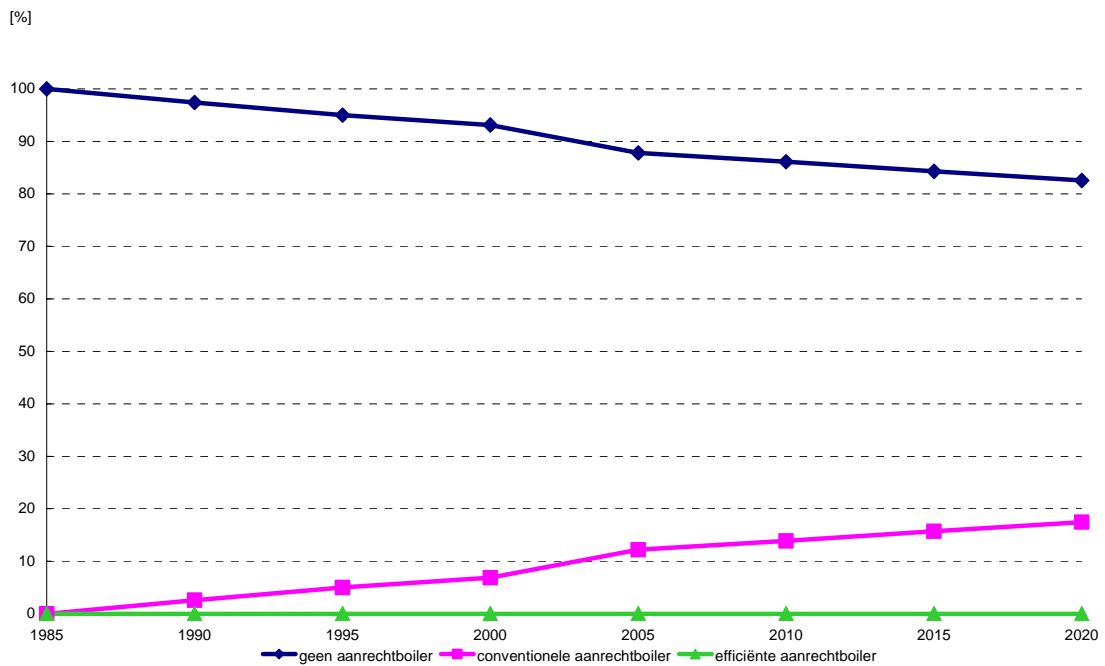


Figuur 4.27 Gemiddelde besparing per woning op de gasvraag voor verwarming van tapwater

De besparingen nemen toe, maar blijven zowel relatief als absoluut gezien laag ten opzichte van de besparing op de warmtevraag voor ruimteverwarming (som van Figuur 4.3 en Figuur 4.8)¹³.

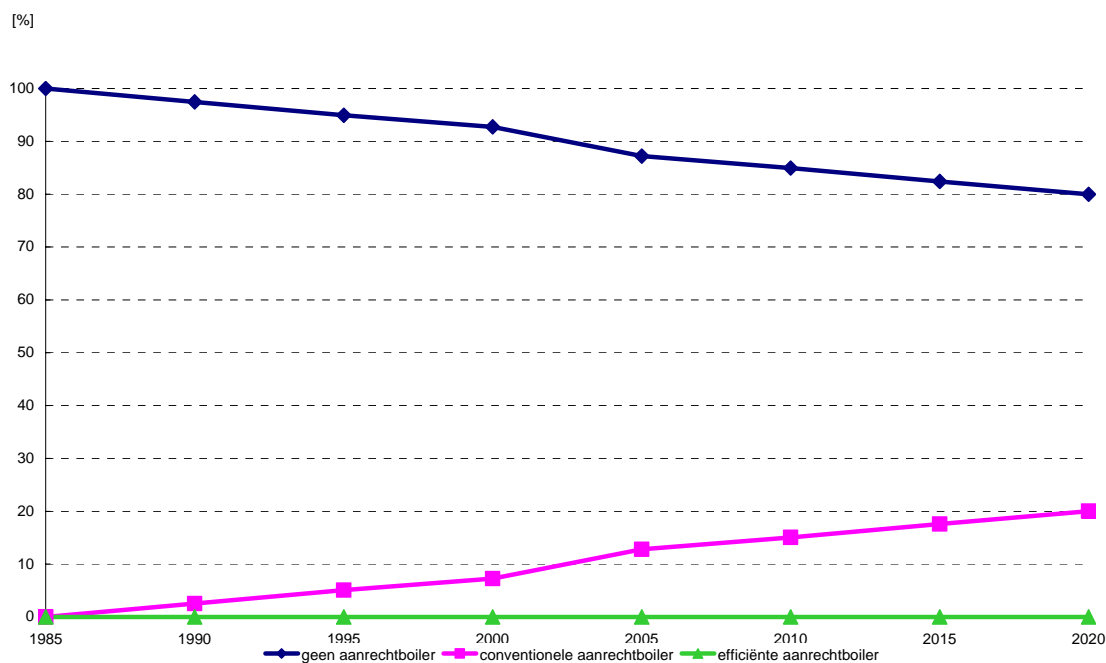
¹³ Helemaal vergelijkbaar zijn de cijfers niet, omdat Figuur 4.27 betrekking heeft op de gasvraag en Figuur 4.3 en Figuur 4.8 op de warmtevraag.

In Figuren 4.28 tot en met 4.30 is de ontwikkeling van een van de ‘additionele tapwater opties’ getoond: de aanrechtboiler. Het aantal woningen met een aanrechtboiler neemt langzaam toe vanaf 1985. In het SE-scenario is verondersteld dat in 2020 circa 20% van de woningen een aanrechtboiler heeft. Een aanrechtboiler verwarmt tapwater door middel van elektriciteit. Een aanrechtboiler leidt echter niet tot besparing op de gasvraag, omdat verondersteld is dat een aanrechtboiler leidt tot extra warm watergebruik. Aanrechtboilers worden namelijk daar toegepast waar de tapwaterpunten ver van het tapwatersysteem verwijderd zijn. Door een aanrechtboiler dicht bij het tappunt te plaatsen hebben bewoners sneller warm water (de afstand die het water hoeft af te leggen neemt af) en zullen hierdoor eerder geneigd zijn warmwater te gebruiken.

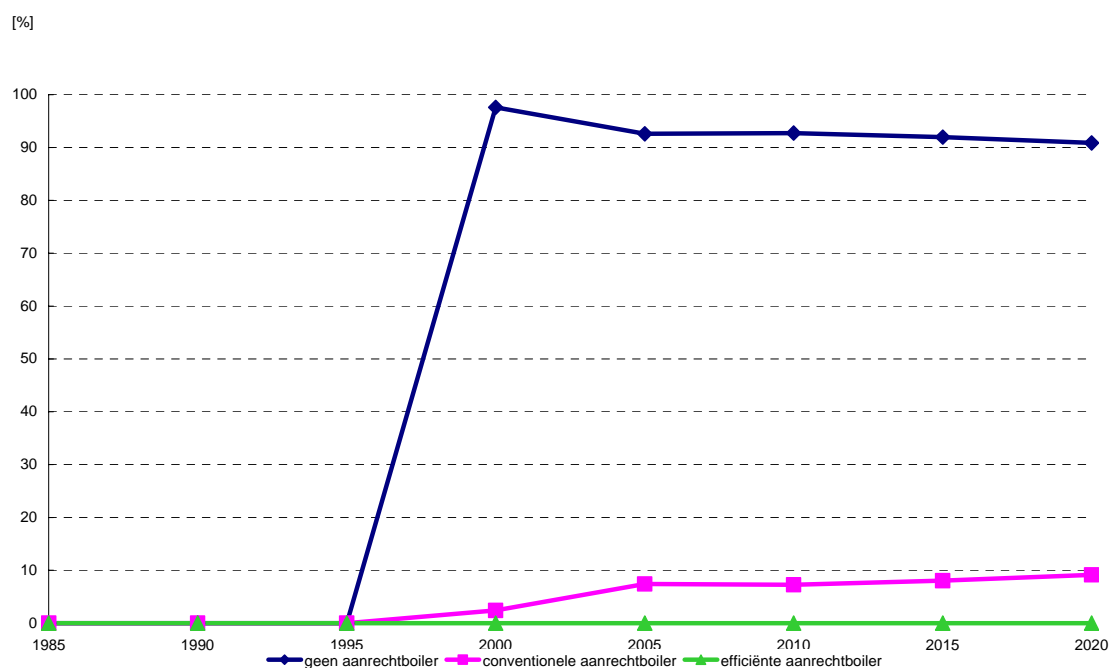


Figuur 4.28 *Ontwikkeling van de aanrechtboiler voor het totale woningbestand*

Figuur 4.29 en Figuur 4.30 vertonen een vergelijkbaar verloop als Figuur 4.28. Het aantal aanrechtboilers neemt langzaam toe.



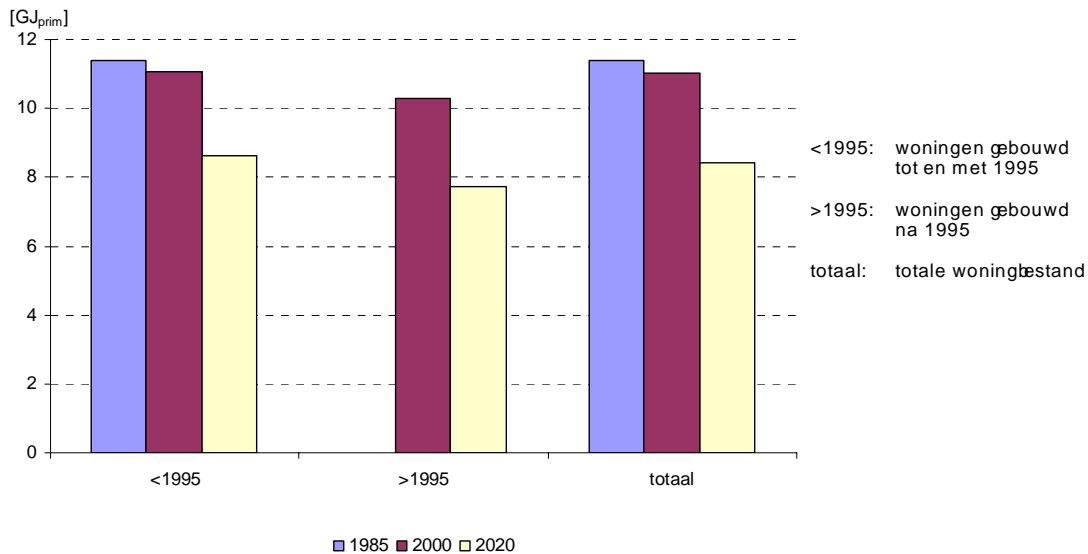
Figuur 4.29 *Ontwikkeling van de aanrechtboiler voor woningen gebouwd in de periode 1960-1980*



Figuur 4.30 *Ontwikkeling van de aanrechtboiler voor woningen gebouwd na 1995*

4.3.5 Energievraag na besparing

Op basis van de ‘gasvraag exclusief besparing’ (Figuur 4.26) en de besparing op de gasvraag (Figuur 4.27) kan de ‘gasvraag inclusief besparing’ worden bepaald. De gasvraag inclusief besparing is weergegeven in Figuur 4.31.



Figuur 4.31 *Gemiddeld gasverbruik per woning voor de verwarming van tapwater (inclusief besparing)*

In Figuur 4.31 is alleen de gasvraag weergegeven, omdat gas veruit het meest gebruikt wordt voor de verwarming van tapwater. In 1985 bestond nog circa 10% van het energiegebruik voor de verwarming van tapwater uit elektriciteit. In 2000 is het aandeel elektriciteit al sterk afgenomen ten gunste van gas. De reden van de afname van het elektriciteitsverbruik is de vervanging van elektrische boilers door combi-systemen. De combi-systemen maken vrijwel allemaal gebruik van gas voor de verwarming van water. In de periode 2000-2020 daalt het aantal woningen waar elektriciteit wordt gebruikt voor de verwarming van tapwater nog verder.

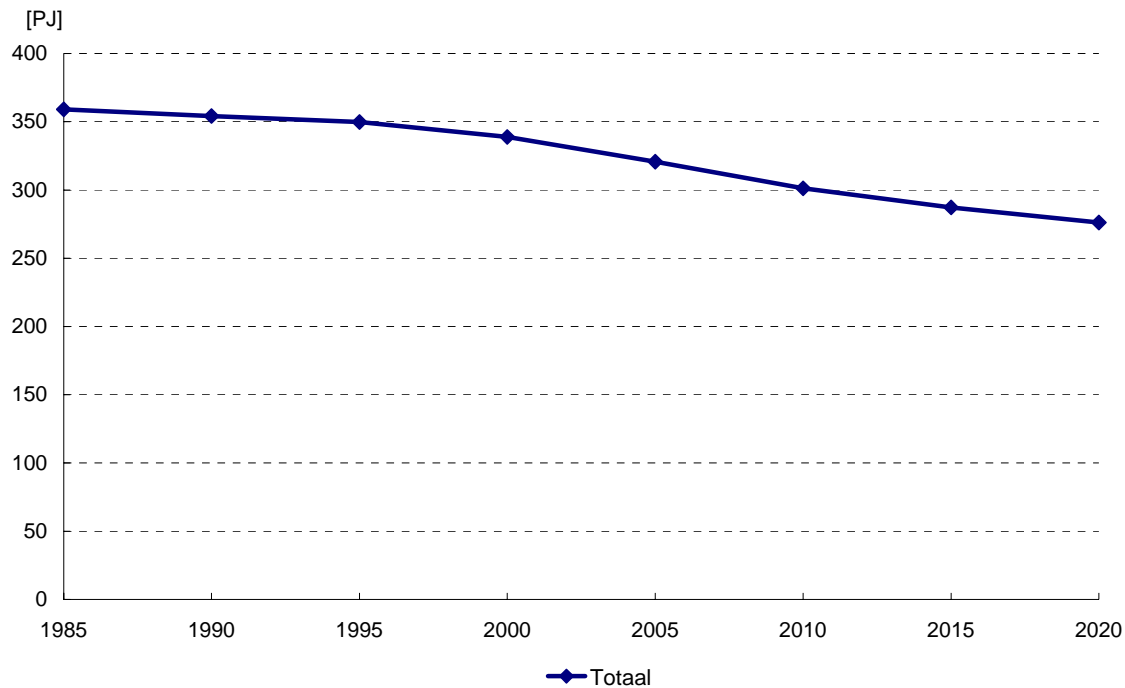
In 2000 is het finale energiegebruik voor de verwarming van tapwater in de woningen gebouwd na 1995 circa 7% lager dan in de woningen gebouwd tot en met 1995 (Figuur 4.31). In 2020 loopt dit verschil op tot circa 10%, ondanks dat alle woningen een zelfde ‘warmtevraag voor besparing’ hebben. Het verschil in gasverbruik tussen woningen gebouwd tot en met 1995 en na 1995 wordt met name veroorzaakt door de efficiëntere ketels in nieuwbouwwoningen. Ook zonneboilers spelen een rol bij de besparing op de warmtevraag.

4.4 Energiegebruik op woningniveau

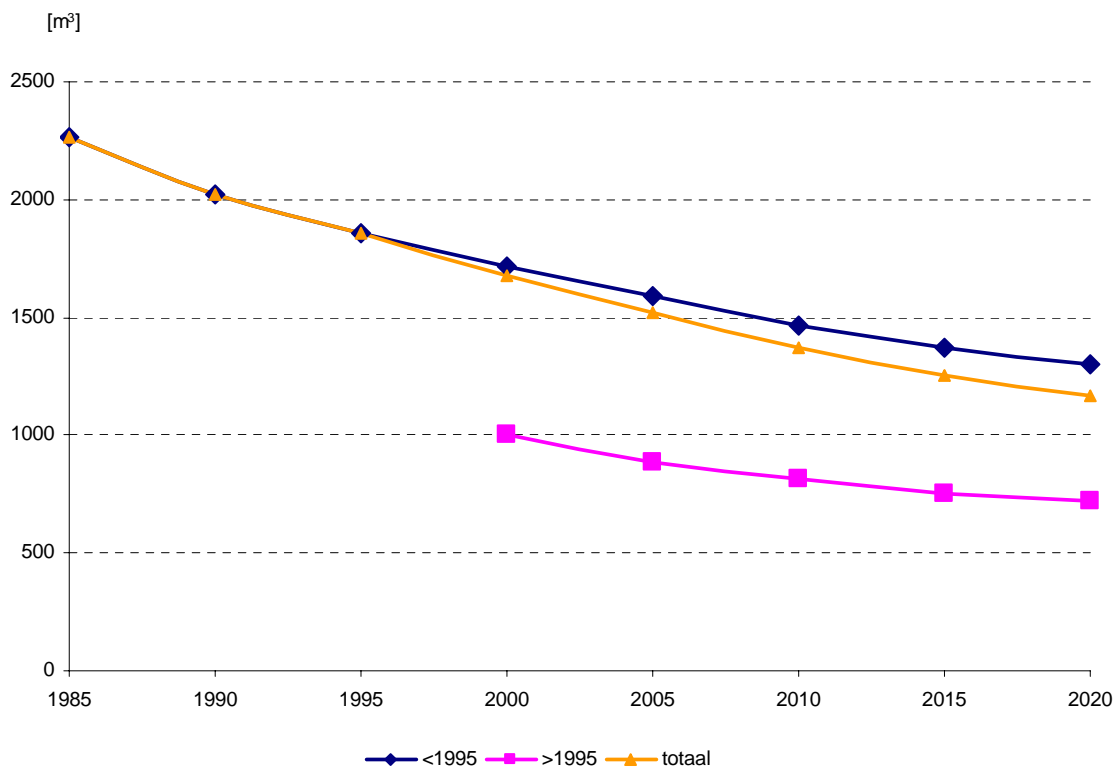
In Paragraaf 4.2 en Paragraaf 4.3 is een beschrijving gegeven van het energiegebruik voor ruimteverwarming en de verwarming van tapwater. In deze paragraaf zal een overzicht worden gegeven van het totale energiegebruik. Van de verschillende vormen energie die gebruikt worden (gas, elektriciteit, warmte en olie) is gas veruit het belangrijkste voor ruimteverwarming en de verwarming van tapwater. Daarom zal in deze paragraaf het gasverbruik het meest uitgebreid beschreven worden.

4.4.1 Ontwikkeling totaal gasverbruik

De ontwikkeling van het totale gasverbruik is weergegeven in Figuur 4.32. In 2020 bedraagt het gasverbruik circa 275 PJ. Dit is zo’n 8 PJ minder dan is weergegeven in de Referentieraming 2005-2020. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat in de Referentieraming het gasverbruik voor koken wel is meegenomen, terwijl dit niet in SAWEC zit. In Figuur 4.33 is het gasverbruik weergegeven per woning met een aansluiting op het gasnet. Het totale gasverbruik (Figuur 4.32) daalt minder snel dan het gasverbruik per woning (Figuur 4.33), als gevolg van de toename van het aantal bewoonde woningen.



Figuur 4.32 *Ontwikkeling totale gasverbruik voor het totale woningbestand*



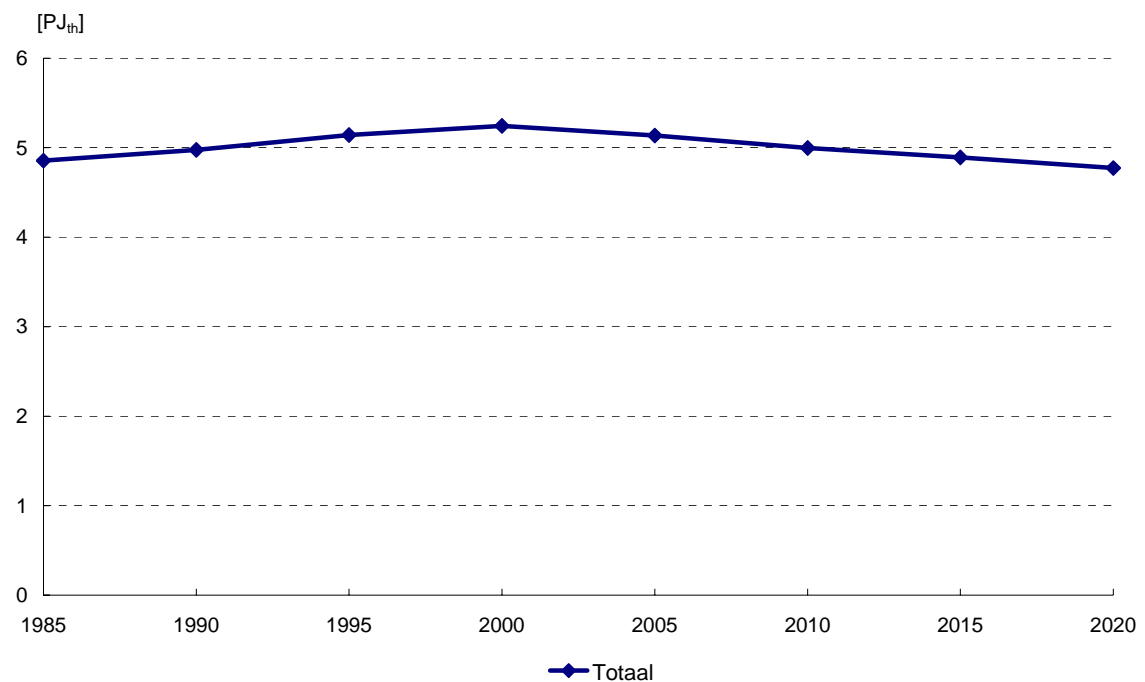
Figuur 4.33 *Ontwikkeling per woning van het gasverbruik voor ruimteverwarming en tapwater*

In Figuur 4.33 is te zien dat de gasvraag van een gemiddelde woning daalt van circa 2265 m³ per woning in 1985 naar 1165 m³ per woning in 2020. Dit komt bijna overeen met een halvering van het gasverbruik. Het gasverbruik van de woningen gebouwd voor 1995 bedraagt in 2020 circa 1300 m³ en ligt dus hoger dan het gemiddelde gasverbruik van het totale woningbestand. Dit verschil in gasverbruik wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van energiezuinigere

nieuwbouwwoningen. Het gasverbruik van de woningen gebouwd in de periode 1995-2000 ligt in 2000 iets boven de 1000 m^3 , wat lager is dan het gasverbruik van de woningen gebouwd vóór 1995 in het jaar 2020.

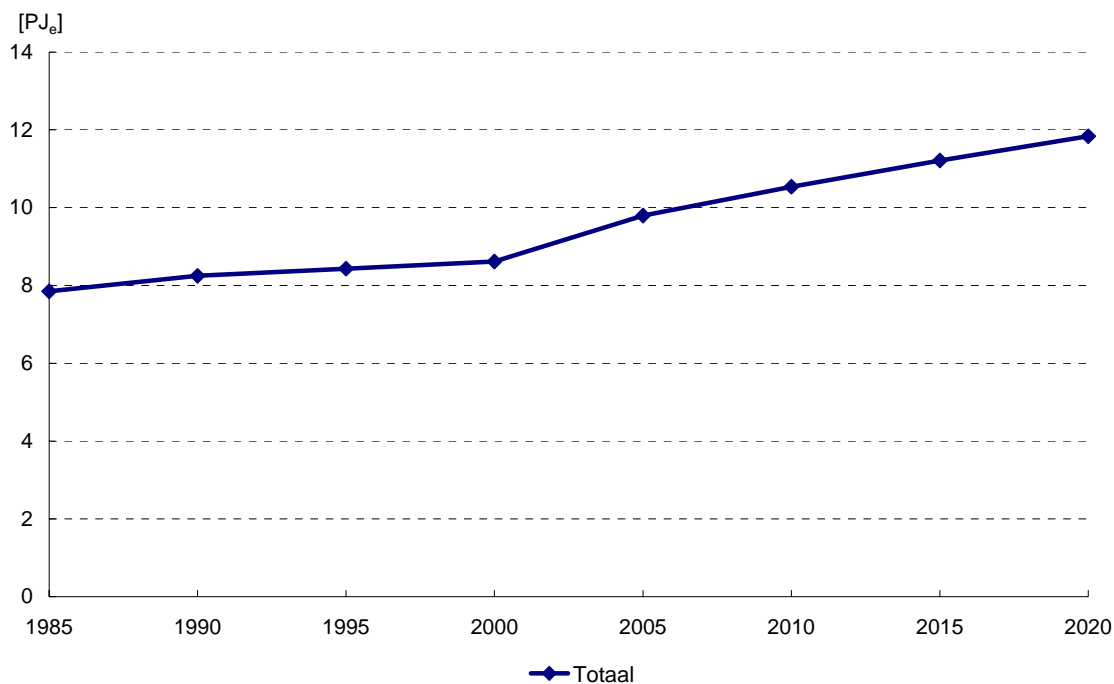
4.4.2 Ontwikkeling overig energiegebruik

Naast gas worden er nog drie energievormen gebruikt om in de vraag naar ruimteverwarming en warm tapwater te voorzien: warmte, elektriciteit en olie/LPG. In Figuur 4.34 is voor woningen met stadsverwarming de ontwikkeling van de warmtevraag weergegeven. De totale warmtevraag is vrijwel constant en schommelt rond de 5 PJ_{th} . De reden van de lichte afname na 2000 is de daling van de warmtevraag per woning.



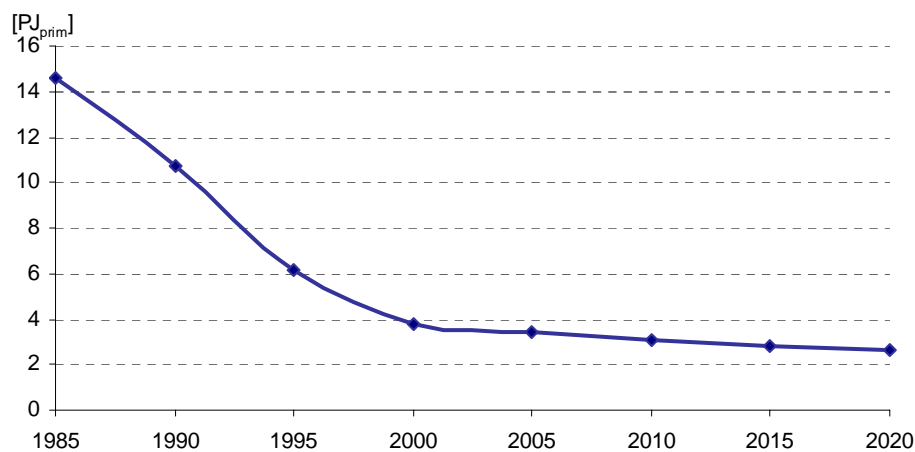
Figuur 4.34 *Ontwikkeling totale warmtevraag voor woningen met stadsverwarming*

De elektriciteitsvraag (Figuur 4.35) als gevolg van hulpverbruik, ventilatiesystemen, elektrische boilers, elektrische warmtepompboilers en elektrische warmtepompen stijgt van circa 8 PJ_e in 1985 naar circa 12 PJ_e in 2020. Vanaf 2000 stijgt het elektriciteitsverbruik iets sterker dan in de periode ervoor, als gevolg van een toenemend aantal keukenboilers (close-in boilers) en door de toepassing van warmteterugwinning uit de ventilatielucht in nieuwbouwwoningen.



Figuur 4.35 *Ontwikkeling totale woninggebonden elektriciteitsvraag*

Het oliegebruik is weergegeven in Figuur 4.36. In de periode 1985-2000 is het oliegebruik sterk gedaald. Na 2000 is de daling veel minder groot verondersteld, omdat verwacht wordt dat aansluiting op het gasnet ook in 2020 nog voor een aantal woningen in het buitengebied onrendabel zal zijn.



Figuur 4.36 *Ontwikkeling van het totale olie/LPG-gebruik*

5. Slotoverweging

In de voorgaande paragrafen is het energiegebruik in de sector huishoudens beschreven, waarbij zowel het verleden, het heden als de toekomst zijn weergegeven. Het energiegebruik wordt voor een deel bepaald door ontwikkelingen zoals die verondersteld zijn in de Referentieramingen, zoals de scenario-ontwikkeling van het woningbestand, de klimaatontwikkeling en de ontwikkeling van beleid. Daarnaast wordt het energiegebruik bepaald door besparingsmaatregelen die gedeeltelijk weer beïnvloed worden door de uitgangspunten. Er zijn dus verschillende factoren van invloed op het totale energiegebruik. In de voorgaande hoofdstukken is geprobeerd om via logische stappen inzicht te geven in de invloed van deze factoren op de ontwikkeling van het energiegebruik. De drie belangrijkste conclusies die op basis van de figuren en de beschrijvingen getrokken kunnen worden zijn dat:

- De totale gasvraag daalt, ondanks de toename van het aantal bewoonde woningen. Deze daling wordt veroorzaakt door een daling van de gasvraag per woning voor zowel ruimteverwarming als de verwarming van tapwater. De gasvraag voor ruimteverwarming zal afnemen als gevolg van de verbetering van de gemiddelde isolatiegraad, de toepassing van efficiëntere ketels en de stijging van de gemiddelde buitentemperatuur. Deze daling van de gasvraag wordt voor een deel tenietgedaan door het steeds groter worden van nieuwbouwwoningen.
- Het energiegebruik zich geleidelijk ontwikkelt, door vervanging van meer ‘conventionele’ technieken door efficiëntere technieken. Er is in de periode 1985-2020 geen sprake van een trendbreuk.
- Als woningen gebouwd tot en met 1995 en woningen gebouwd na 1995 worden vergeleken, dan gebruiken de woningen gebouwd na 1995 gemiddeld circa 45% minder energie dan de woningen gebouwd voor 1995, ondanks dat de woningen gebouwd na 1995 een grotere energievraag vóór besparing hebben.

Bij de laatste conclusie dient opgemerkt te worden dat het gaat om ‘gemiddelde’ woningen. Woningen gebouwd in de periode 1980-1995 zullen minder verschillen van de woningen die gebouwd zijn na 1995, dan woningen die bijvoorbeeld gebouwd zijn in de periode 1960-1980.

Referenties

- Baggelaar, P.K. en P.J.J.G. Geudens (2002): *Prognose landelijke drinkwatervraag tot 2020*. Juni 2002.
- Dril, A.W.N. van en H.E. Elzenga (2005): *Referentieramingen energie en emissies 2005-2020*. Petten, mei 2005 (ECN-C--05-018).
- Hilderink, H., H. den Otter en A. de Jong (2005): *Scenario's voor huishoudensontwikkeling in Nederland*. Maart 2005.
- Jong, A.H. de en H.B.M. Hilderink (2004): *Lange-termijn bevolkingsscenario's voor Nederland*. Februari 2004.
- Jeeninga, H. en C.H. Volkers (2003): *Ontwikkeling van SAWEC*. Versie 1.22, Petten, juli 2003, (ECN-C-03-067).
- Kanne, P. in opdracht van VEWIN (2005): *Watergebruik thuis 2004*. Januari 2005, (C4628).
- MNP/RIVM (2004): *Kwaliteit en toekomst*. Verkenning van duurzaamheid, november 2004 (ISBN 90-12-10714-8).
- Spakman, J., et al (1997): *Method for calculation of greenhouse gas emissions*. VROM_HIMH, The Hague. Report Emission Registration no. 37b, March 2003. Electronic update of original report No. 37 of July 1997.
- Visser, H. (2005): *The significance of climate change in the Netherlands. An analysis of historical and future trends (1901-2020) in weather conditions, weather extremes and temperature-related impacts*. RIVM-MNP, RIVM report 550002007/2005.

Bijlage A Temperatuurcorrectie van historische verbruiken

Het aardgasverbruik binnen de sector huishoudens fluctueert per jaar, onder andere als gevolg van de jaarlijks verschillende weersomstandigheden. Om het aardgasverbruik in verschillende jaren vergelijkbaar te maken wordt er een temperatuurcorrectie uitgevoerd.

Om te corrigeren voor temperatuurfluctuaties wordt gebruik gemaakt van het aantal graaddagen. Het aantal graaddagen voor een specifieke dag is gedefinieerd als het aantal graden Celsius dat de gemiddelde dagtemperatuur onder de 18°C grens ligt. Als, bijvoorbeeld, de gemiddelde dagtemperatuur voor een specifieke dag 12°C bedraagt, dan is het aantal graaddagen voor die dag gelijk aan $18 - 12 = 6$.

Voor temperatuurcorrectie (dus voor bijvoorbeeld zeer milde winters of juist hele strenge winters), wordt het aantal graaddagen van het jaar van monitoring vergeleken de trendmatige ontwikkeling van het aantal graaddagen. In Figuur 2.2 zijn zowel de gemeten graaddagen (de fluctuerende lijn) als de trendmatige ontwikkeling van de graaddagen weergegeven.

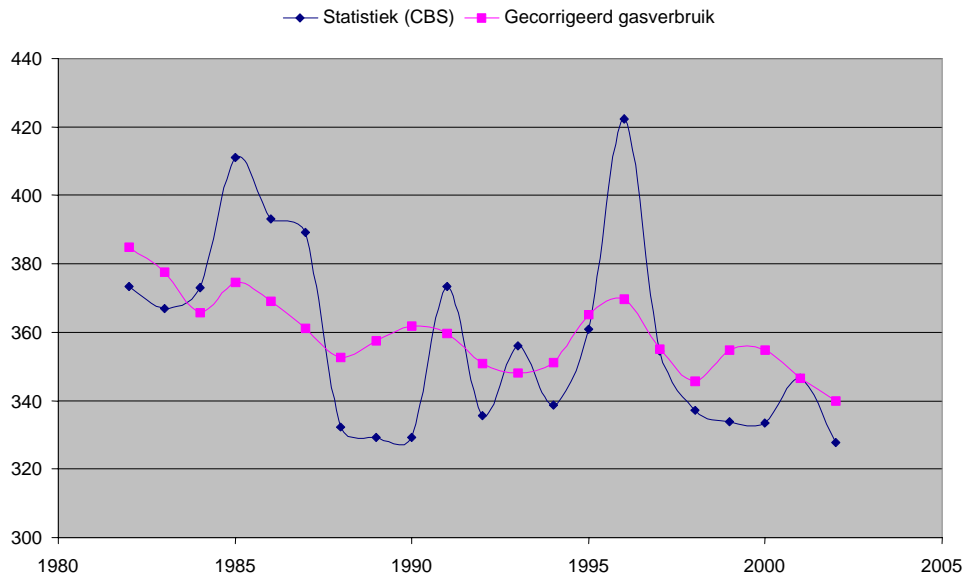
In Figuur 2.2 is te zien dat het jaar 1990 een milde winter was met een laag aantal graaddagen. Hierdoor zal het gemeten aardgasverbruik in dat jaar ook lager zijn, dan wanneer er sprake zou zijn geweest van een winter volgens de trendmatige ontwikkeling. In 1990 zal het gecorrigeerde aardgasverbruik daarom hoger liggen dan het gemeten aardgasverbruik in dat jaar.

In Figuur 2.2 is tevens te zien dat in het jaar 2003 het aantal graaddagen iets hoger lag dan volgens de trendmatige ontwikkeling verwacht zou worden. Dat wil zeggen dat in 2003 de winter iets kouder was dan volgens de trend verwacht zou mogen worden. Indien wordt gecorrigeerd voor jaarlijkse schommelingen zal daarom het aardgasverbruik in 2003 iets lager liggen dan de gemeten waarde.

De mate waarin het gemeten aardgasverbruik wordt gecorrigeerd, is gelijk aan de verhouding tussen het gemeten aantal graaddagen en het trendmatige aantal graaddagen (de graaddagen correctiefactor, G_t). Deze correctiefactor wordt alleen toegepast op dat deel van het gasverbruik dat betrekking heeft op ruimteverwarming (α). Gasverbruik voor de verwarming van tapwater wordt dus niet voor temperatuurswisselingen gecorrigeerd. De formule waarmee het gecorrigeerde gasverbruik kan worden bepaald, luidt:

$$\text{Gasverbruik}_{\text{gecorr}} = \text{Gasverbruik}_{\text{ongecorr}} \times G_t \times \alpha$$

In Figuur A.1 is het gemeten en het gecorrigeerde gasverbruik weergegeven voor de periode 1982-2002.



Figuur A.1 *Ongecorrigeerd en gecorrigeerd aardgasverbruik*

Begrippenlijst

EPA	Energie Prestatie Advies
EPBD	Europese Richtlijn Energieprestaties Gebouwen
EPN	Energie Prestatie Norm
GE	Global Economy (scenario)
HR-glas	Hoog Rendement Glas
HR-ketel	Hoog Rendement ketel
HR-WTW	Hoog Rendement WarmteTerugWinning
ICV-systemen	Individuele Centrale Verwarming Systemen
LTV	Lage Temperatuur Verwarming
LV-systemen	Lokale Verwarming Systemen
SE	Strong Europe (scenario)
ST-ketel	Standaard ketel
VR-ketel	Verbeterd Rendement ketel
WTW	WarmteTerugWinning

Eenheden

GJ_{th}	Gigajoule thermisch	
GJ_{prim}	Gigajoule primair	(= 31,60 m ³ gas)
PJ_{th}	Petajoule thermisch	
PJ_{prim}	Petajoule primair	(=31,6 10 ⁶ m ³ gas)
PJ_e	Petajoule elektrisch	(=0,278 10 ⁹ kWh)
R_c -waarde	Warmteweerstandscoefficiënt [m ² K/W]	