

Uitbreiding van de tool SAVER-LEAP voor scenario-analyses voor de huishoudens



Studie uitgevoerd in opdracht van
MIRA, Milieurapport Vlaanderen

Onderzoeksrapport

MIRA/2008/01, februari 2008

Uitbreiding van de tool SAVER-LEAP voor scenario-analyses voor de huishoudens

Johan Couder, Aviel Verbruggen

Faculteit TEW, departement MTT, onderzoeksgroep STEM
Universiteit Antwerpen

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,
Milieurapport Vlaanderen**

MIRA/2008/01

Februari 2008



Deze studie is uitgevoerd in opdracht van VMM-MIRA.

Het project werd opgevolgd door een begeleidingscomité, bestaande uit de volgende leden:

- Hugo Hens, KU-Leuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde, afdeling Bouwfysica
- Luk Vandaele, Wetenschappelijk & Technisch centrum voor het Bouwbedrijf WTCB, afdeling Energie en Klimaat
- Ronny Vercruyse en Marie-Rose Van den Hende, VMM, Emissie Inventaris Lucht EIL
- Koen Cleas, Ils Moorkens en Kristien Aernouts, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek Vito, Expertisecentrum Integrale Milieustudies IMS
- Nadine Dufait en Martine Tanghe, Vlaams Energieagentschap VEA.
- Paul Willems, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Studiedienst van de Vlaamse Regering
- Bob Nieuwejaers, Tomas Velghe en Sofie Luyten, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Leefmilieu en Infrastructuur LIN

De auteurs danken de leden van het begeleidingscomité, en in het bijzonder prof. Hugo Hens, voor de vele constructieve commentaren.

Wij zijn blij dat we deze opdracht voor VMM-MIRA hebben mogen uitvoeren, en beseffen dat we het geduld van de projectverantwoordelijken bij MIRA bij momenten zwaar op de proef hebben gesteld. Wij kunnen alleen maar hopen dat de extra tijd de kwaliteit van het rapport ten goede is gekomen.

1. Inhoudstafel

1.	Inhoudstafel	2
2.	Samenvatting	8
2.1.	Doelstellingen	8
2.2.	Het SAVER-LEAP model	8
2.3.	Resultaten	11
2.4.	Conclusies	15
3.	Inleiding	18
4.	Ontwikkeling van het woningbestand in Vlaanderen	19
4.1.	Databronnen	19
4.2.	Woningen en woongebouwen	21
4.2.1.	Aantal gezinnen en aantal woningen	21
4.2.2.	Bouwvergunningen voor nieuwbouw en renovatie	22
4.2.3.	Begonnen gebouwen voor nieuwbouw en renovatie	23
4.2.4.	Leegstand en verkrotting	24
4.2.5.	Sloping van gebouwen	24
4.3.	Onderscheid naar eigendomsverhouding	24
4.4.	Onderscheid naar aard van de woning	26
4.5.	Onderscheid naar woonoppervlakte	29
4.6.	Onderscheid naar bouwjaarklasse	31
4.7.	Onderscheid naar energetische kenmerken	32
4.7.1.	Het thermisch isolatiepeil - algemeen	32
4.7.2.	Compactheid	36
4.7.3.	Thermische isolatie van dak, muur en vloer	36
4.7.4.	Beglazing	37
4.7.5.	Luchtdichtheid en ventilatie	38
4.7.6.	Verwarming (en ruimtekoeling)	40
4.7.7.	Wamwaterproductie	45
4.7.8.	Verlichting en apparaten / toestellen	45
4.7.9.	Autonome productie van energie	47
4.7.9.1.	Fotovoltaïsche zonnepanelen	47
4.7.9.2.	Mini- en micro-WKK	48
5.	Ontwikkeling van het energie- en klimaatbeleid in Vlaanderen	49
5.1.	Energieprestatie en binnenklimaat van gebouwen	49
5.1.1.	Rekenprocedure	50
5.1.2.	Energieprestatie-eisen	50
5.1.3.	Energieprestatiecertificaat	52
5.1.3.1.	Inhoud van het energieprestatiecertificaat	53
5.1.3.2.	Verkoop of verhuur van een woning	53
5.1.3.3.	Energieprestatiedatabank	53
5.1.3.4.	Energiedeskundigen en invoeringsdatum	53
5.1.3.5.	Energie Advies Procedure (EAP) software	54
5.1.4.	Inspectie van boilers	55
5.1.5.	Inspectie van airconditioningssystemen	55
5.2.	Openbare dienstverplichtingen (ODV) ter bevordering van REG	55
5.2.1.	Resultaatsverplichtingen van de elektriciteitsdistributienetbeheerders	55
5.2.2.	Actieverplichtingen van de elektriciteitsdistributienetbeheerders	57
5.2.3.	Energiebonacties 2004-2007	57
5.2.4.	Energiescans 2007-2009	58
5.2.5.	Doelgroepenbeleid – bevordering van REG bij kansarmen	59
5.2.6.	Actieverplichtingen van aardgasnetbeheerders	59
5.2.7.	Actieverplichtingen van de leveranciers van elektriciteit	59
5.2.8.	Actieverplichtingen van de leveranciers van aardgas	59
5.3.	Financiële ondersteuning	60
5.3.1.	Premies van het Vlaams Gewest	60
5.3.2.	Premies van de provincies	60
5.3.3.	Premies van de gemeenten	60
5.3.4.	Verbeteringspremie voor woningen	61
5.3.5.	Belastingvermindering (federaal)	61

5.3.6.	Voordelig BTW-tarief voor renovatie van woningen ouder dan 5 jaar (federaal)	62
5.3.7.	Fonds ter reductie van de globale energiekost FRGE (federaal)	62
5.4.	Bevorderen van REG bij kansarmen en in de sociale woningbouw	63
5.4.1.	Sociale energiescans	63
5.4.2.	Aardgasfonds – acties van aardgasdistributienetbeheerders	63
5.4.3.	Diverse maatregelen van de VMSW om REG bij kansarmen te stimuleren	64
5.4.4.	Toelage voor energielevering kansarmen (federaal)	64
5.5.	Bevordering van REG in bestaande woningen	64
5.5.1.	Erkenning van deskundigen voor energie-audits in woningen	64
5.5.2.	Energierenovatieprogramma 2020 voor bestaande woningen	64
5.5.3.	Uw vakman als energieadviseur	65
5.6.	Het Vlaams Energieagentschap (VEA)	65
6.	Klimaatontwikkeling	68
6.1.	Graaddagen en 'equivalente graaddagen'	68
6.2.	Bin-methoden en simulatiemodellen	70
7.	Energiebesparingsopties	71
7.1.	Compactheid, planschikking en oriëntatie van de ruimten	71
7.1.1.	Compactheid	71
7.1.2.	Planschikking (zonering, compartimentering, buffering)	72
7.1.3.	Oriëntatie van de woning	72
7.2.	Beglazing	72
7.3.	Thermische isolatie van de gebouwschil	74
7.3.1.	Algemeen	74
7.3.2.	Nieuwbouw	74
7.3.3.	Renovatie of vernieuwbouw	75
7.4.	Warmteopslag en warmtetrageerbaarheid	76
7.5.	Luchtdichtheid	77
7.6.	Installaties	78
7.6.1.	Het ventilatiesysteem	78
7.6.2.	Het verwarmingssysteem	79
7.6.2.1.	Warmte-afgiftesystemen	79
7.6.2.2.	Systeemrendement	79
7.6.2.3.	cv-ketel	80
7.6.2.4.	Klassieke elektrische verwarming	82
7.6.2.5.	Warmtepomp	82
7.6.2.6.	Lokale verwarming	84
7.6.2.7.	Hulpenergie voor verwarming	85
7.6.2.8.	Gebouwgebonden warmtekracht	85
7.6.2.9.	Externe warmtelevering of "stadsverwarming"	85
7.6.3.	De bereiding van warm tapwater	85
7.6.3.1.	Zonneboiler	85
7.6.3.2.	Warmtepompboiler	86
7.6.3.3.	Klassieke warmwatersystemen	86
7.6.3.4.	De lengte van de warmwaterleidingen	87
7.6.4.	Aktieve koeling in woningbouw	87
7.7.	Autonome productie van energie	87
7.7.1.	Zonnecellen of PV-cellen	87
7.7.2.	Mini en micro-WKK	88
7.8.	Elektriciteitsgebruik voor verlichting en huishoudelijke apparaten	88
7.9.	E-peil	89
7.9.1.	Huidige regelgeving: E-peil 100	89
7.9.2.	Lage energiewoning	89
7.9.3.	Passiefhuis	90
7.9.4.	Nul-energie woning ?	92
8.	Kosten van energiebesparingsopties	93
8.1.	Kosten per besparingsmaatregel	93
8.1.1.	Kosten voor compacter bouwen	93
8.1.2.	Kosten voor thermische isolatie van de gebouwschil	93
8.1.2.1.	Isoleren van het dak	94

8.1.2.2.	Isoleren van buitenmuren.....	94
8.1.2.3.	Isoleren van vloeren.....	95
8.1.2.4.	Isoleren van vensters (beglazing en kozijnen).....	95
8.1.2.5.	Isoleren van buitendeuren.....	96
8.1.3.	Kosten voor het luchtdicht maken (vermijden van in/exfiltratie).....	96
8.1.4.	Kosten voor installaties.....	97
8.1.4.1.	Ventilatiesystemen.....	97
8.1.4.2.	Verwarmingssystemen.....	97
8.1.4.3.	Systemen voor de bereiding van warmtapwater.....	100
8.1.5.	Autonome productie van energie.....	101
8.2.	Kostenstudies algemeen.....	102
8.2.1.	Hiërarchie van rendabele, energiebesparende maatregelen.....	102
8.2.2.	Extra kosten van laag energie woning en Passiefhuis.....	103
8.3.	Kosten voor energiezuinige huishoudelijke toestellen en apparaten.....	105
8.3.1.	Verlichting.....	106
8.3.2.	Koelen (van voedsel).....	106
8.3.3.	“Natte toestellen” (reiniging).....	107
8.3.3.1.	Wasmachines.....	107
8.3.3.2.	Wasdrogers.....	107
8.3.3.3.	Vaatwassers (afwasmachines).....	108
8.3.4.	Media.....	108
8.3.5.	Koken.....	109
8.3.6.	Overige huishoudelijke toestellen of apparaten.....	110
9.	Beschrijving van het model.....	112
9.1.	Algemene en specifieke modeleisen.....	112
9.1.1.	Algemene modeleisen.....	112
9.1.2.	Modulaire aanpak en integratie “bottom-up” en “top-down”.....	112
9.1.3.	Woninggebonden versus apparaatgebonden energiegebruik.....	113
9.1.4.	Direct versus indirecte emissies.....	115
9.1.5.	Specifieke modeleisen en de effecten van leefstijl en gedrag.....	115
9.1.5.1.	Jaargangenaanpak.....	116
9.1.5.2.	Levensstijl en gedrag.....	116
9.2.	Het woningbestand in het model.....	117
9.2.1.	Onderscheid naar woningtype.....	117
9.2.1.1.	Bebouwingswijze.....	117
9.2.1.2.	Verliesoppervlakte.....	118
9.2.1.3.	Bouwmethode (constructietype).....	119
9.2.2.	Onderscheid naar bouwjaarklasse.....	120
9.2.3.	Onderscheid naar type installaties.....	120
9.3.	Gebouwbonden energiebesparingsopties in het model.....	120
9.3.1.	Beschrijving van de besparingsopties.....	121
9.3.1.1.	Opties voor de beperking van de energievraag voor ruimteverwarming.....	121
9.3.1.2.	Opties i.v.m. installaties voor ruimteverwarming.....	121
9.3.1.3.	Aanbod en vraagreductie opties voor warm tapwater.....	122
9.3.2.	Karakterisering van de gebouwgebonden besparingsopties.....	122
9.3.2.1.	Algemene kenmerken van besparingsopties.....	122
9.3.2.2.	Kenmerken van besparingsopties i.v.m. de vraag naar ruimteverwarming (netto energiebehoefte) en (mechanische) ventilatie.....	123
9.3.2.3.	Kenmerken van energie-aanbodsopties.....	123
9.4.	Marktpenetratie van de besparingsopties.....	124
9.4.1.	Gedragmatige versus technische maatregelen.....	124
9.4.2.	Vervanging, renovatie, nieuwbouw.....	124
9.4.2.1.	Vervangingsmechanisme.....	124
9.4.2.2.	Renovatie-mechanisme.....	125
9.4.3.	Energieprijzen.....	125
9.5.	Besparingsmaatregelen in voorgaande studies.....	126
9.5.1.	Hens et al.....	126
9.5.2.	STEM.....	126
9.5.3.	Vito.....	126
9.5.4.	Het EL ² EP project.....	127

10.	Kenmerken van het woningenbestand in SAVER-LEAP huishoudens	127
10.1.	1.1. Woningtypes.....	127
10.2.	1.2 Meer gedetailleerde geometrie	128
10.2.1.	Detailkenmerken van de geometrie.....	128
10.2.2.	Gegevensbasis voor detailkenmerken van de geometrie	130
10.2.3.	De data gebruikt in SAVER-LEAP.....	130
10.3.	Energetische kwaliteit van de woningen	132
10.3.1.	Vereiste gegevens i.v.m. het bepalen van de netto energiebehoefte	132
10.3.2.	Databronnen i.v.m. het bepalen van de netto energiebehoefte	133
10.3.3.	Data gebruikt in SAVER-LEAP.....	134
10.3.4.	De K-waarde verdeling.....	136
11.	Berekeningsmethode: een eigen EPB-software.....	137
11.1.	Problemen met de EPB-software.....	137
11.2.	De netto energiebehoefte voor ruimteverwarming.....	137
11.2.1.	De transmissieverliezen	137
11.2.2.	De ventilatieverliezen	138
11.2.2.1.	De EPB-methode.....	138
11.2.2.2.	De rekenmethode in SAVER	139
11.2.3.	De interne warmtewinsten	139
11.2.4.	De zonnewinsten	140
11.2.5.	De benuttigingsfactor.....	141
11.3.	Netto energiebehoefte voor ruimteverwarming in SAVER-LEAP	141
11.3.1.	De bottom-up benadering: SAVER	141
11.3.2.	“rebound effecten” en overeenstemming met de energiebalans van Vito ..	143
11.3.3.	NEBs in LEAP en overeenstemming met de energiebalans Vlaanderen ...	145
11.3.4.	Bemerkingen rond het bepalen van de NEBs voor ruimteverwarming	147
11.4.	Oververhitting en koeling	148
11.4.1.	De EPB-methode.....	148
11.4.2.	Ruimtekoeling in SAVER-LEAP	148
11.5.	Netto energiebehoefte voor warm tapwater.....	149
11.5.1.	De EPB-methode.....	149
11.5.2.	De SAVER-LEAP methode	150
11.6.	Bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming.....	153
11.6.1.	De EPB-rekenmethode.....	153
11.6.2.	De SAVER-LEAP methode	154
11.7.	Bruto energiebehoefte voor warm tapwater.....	154
11.7.1.	De EPB-rekenmethode.....	154
11.7.2.	SAVER-LEAP methode.....	156
11.8.	Eindenergiegebruik voor ruimteverwarming	156
11.8.1.	De EPB-methode.....	156
11.8.1.1.	Het opwekkingsrendement van warmte-opwekkers	156
11.8.1.2.	Warmtepompen	157
11.8.2.	SAVER-LEAP methode.....	158
11.9.	Eindenergiegebruik voor warm tapwater	161
11.9.1.	EPB-rekenmethode	161
11.9.2.	SAVER-LEAP methode.....	162
11.10.	Nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem	163
11.10.1.	De EPB-methode	163
11.10.2.	SAVER-LEAP methode.....	164
11.11.	Eindenergiegebruik voor ruimtekoeling	165
11.11.1.	De EPB-methode	165
11.11.2.	De SAVER-LEAP methode.....	165
11.12.	Hulpenergiegebruik in de EPB-rekenprocedure	165
11.12.1.	Hulpenergiegebruik voor ruimteverwarming	165
11.12.2.	Hulpenergiegebruik voor waakvlammen	166
11.12.3.	Elektriciteitsgebruik van ventilatoren enkel voor bewuste ventilatie	166
11.12.4.	Elektriciteitsgebruik van ventilatoren voor luchtverwarming	167
11.13.	Hulpenergiegebruik in SAVER-LEAP	167
11.13.1.	Hulpenergiegebruik voor ruimteverwarming	168
11.13.1.1.	Elektronica, ventilatoren en pompregeling bij cv ketels.....	168

11.13.1.2.	Luchtverwarming.....	170
11.13.2.	Hulpenergiegebruik voor waakvlammen.....	170
11.13.3.	Hulpenergiegebruik voor ventilatie.....	171
11.14.	Elektriciteitsopwekking door fotovoltaïsche systemen (PV).....	172
11.15.	Elektriciteitsopwekking door gebouwgebonden WKK.....	173
11.16.	Het karakteristiek jaarlijks primair energiegebruik.....	173
11.17.	Het E-peil.....	174
12.	Berekening van het energiegebruik van apparaten en verlichting.....	174
12.1.	Energiefuncties.....	174
12.2.	Gebruiksfactoren.....	175
12.2.1.	Penetratiegraad.....	175
12.2.2.	Prestatie/capaciteit/uitvoering.....	175
12.2.3.	Gebruikswijze en -intensiteit.....	175
12.2.4.	Technische besparing en efficiencyverbetering.....	176
12.3.	Substitutie tussen gas en elektriciteit.....	176
12.4.	Evolutie van het elektriciteitsgebruik gesplitst naar apparaatfactoren.....	176
12.5.	Secundaire effecten.....	177
12.6.	Kwalitatieve analyse: energierelevant gedrag.....	177
12.6.1.	Componenten van energierelevant gedrag.....	177
12.6.2.	Achtergrondvariabelen.....	178
12.6.3.	Relaties tussen concreet gedrag en energiegebruik.....	178
12.6.3.1.	Relaties concreet gedrag en apparaatfactoren.....	179
12.6.3.2.	Relaties achtergrondvariabelen en concreet gedrag.....	179
12.7.	Apparaten en toestellen in SAVER-LEAP.....	179
12.7.1.	Verlichting.....	180
12.7.2.	Koelen.....	181
12.7.3.	Reiniging ("natte" toestellen).....	181
12.7.4.	Media.....	182
12.7.5.	Koken.....	182
12.7.6.	Overige (restcategorie).....	183
13.	Analyse van de scenario's.....	183
13.1.	Volume-, structuur en besparingseffecten.....	183
13.1.1.	Definities.....	183
13.1.2.	Ontwikkeling bij constant specifiek gebruik.....	184
13.2.	Referentieramingen.....	184
13.3.	De ontwikkeling van het woningbestand.....	184
13.4.	Graaddagen.....	185
13.5.	Beleid.....	187
13.5.1.	Energie- en broeikasgasscenario's voor het Vlaamse gewest – verkenning beleidsscenario's tot 2030.....	187
13.5.2.	Scenario's in LEAP.....	188
13.5.2.1.	BAU scenario ("Business-As-Usual").....	189
13.5.2.2.	BAU-PLUS scenario.....	189
13.5.2.3.	Synopsis van de resultaten.....	190
14.	Resultaten.....	195
14.1.	Current accounts.....	195
14.2.	BAU-scenario.....	196
14.2.1.	Evolutie van de woningstock.....	197
14.2.2.	Veronderstellingen i.v.m. nieuwbouwwoningen (vanaf 2006).....	199
14.2.2.1.	Ruimteverwarming.....	199
14.2.2.2.	Bereiding van warm water.....	201
14.2.2.3.	Hulpenergie.....	202
14.2.2.4.	Ventilatie.....	202
14.2.2.5.	Koeling.....	203
14.2.3.	Toestellen en apparaten.....	203
14.2.3.1.	Verlichting.....	204
14.2.3.2.	Koelen.....	204
14.2.3.3.	Reiniging ("natte" toestellen).....	205
14.2.3.4.	Media.....	206
14.2.3.5.	Koken.....	207

14.2.3.6.	Overige	207
14.2.4.	Resultaten energiegebruik in het BAU scenario	208
14.2.5.	Resultaten broeikasgasemissies per energiedrager	212
14.3.	BAU-PLUS scenario.....	213
14.3.1.	Evolutie van de woningstock	213
14.3.2.	Woninggebonden energiefuncties in bestaande woningen.....	213
14.3.2.1.	Ruimteverwarming	213
14.3.2.2.	Bereiding van warm water	216
14.3.2.3.	Hulpenergie.....	217
14.3.2.4.	Ventilatie	218
14.3.2.5.	Koeling	218
14.3.3.	Woninggebonden energiefuncties in nieuwbouwwoningen	218
14.3.3.1.	Ruimteverwarming	219
14.3.3.2.	Bereiding van warm tapwater	221
14.3.3.3.	Hulpenergie.....	221
14.3.3.4.	Ventilatie	221
14.3.3.5.	Ruimtekoeling	222
14.3.4.	Toestellen en apparaten.....	222
14.3.4.1.	Verlichting	222
14.3.4.2.	Koelen	222
14.3.4.3.	Reiniging ("natte" toestellen).....	222
14.3.4.4.	Media	223
14.3.4.5.	Koken.....	223
14.3.4.6.	Overige	223
14.3.5.	Resultaten van het BAU-PLUS scenario.....	223
14.3.5.1.	Resultaten woninggebonden energiegebruik per typewoning.....	223
14.3.5.2.	Resultaten voor toestellen en apparaten	226
14.3.5.3.	Resultaten broeikasgasemissies per energiedrager	227
14.3.5.4.	Resultaten overige gebouwgebonden emissies	228
14.3.6.	Kosten in het BAU-PLUS scenario	229
14.3.6.1.	Kosten voor het isoleren van de gebouwschil van bestaande woningen 230	
14.3.6.2.	Kosten voor verwarmingsinstallaties in de bestaande woningstock...	232
14.3.6.3.	Kosten voor besparing op het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater	235
14.3.6.4.	Meerkosten voor nieuwbouwwoningen na 2012	236
15.	Conclusies	239
15.1.	Conclusies rond methodologie	239
15.2.	Conclusies rond resultaten.....	240
16.	Referenties	241

2. Samenvatting

2.1. Doelstellingen

STEM ontwikkelde in opdracht van VMM-MIRA een model voor de berekening en analyse van het (toekomstig) woninggebonden energiegebruik en de daarmee gepaard gaande emissies naar de omgevingslucht. Dit model simuleert tevens het energiegebruik van verlichting en van niet-woninggebonden apparaten of toestellen. Het model draagt de naam SAVER-LEAP huishoudens. SAVER-LEAP huishoudens zal o.m. dienen voor de wetenschappelijke onderbouwing van de scenario's i.v.m. huishoudens in het MIRA-S 20XX rapport.

2.2. Het SAVER-LEAP model

Het vertrekpunt is de energiebalans Vlaanderen (Vito, 2007a)

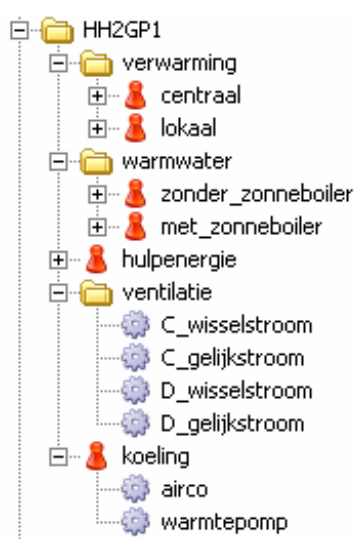
Tabel 1: *Energiegebruik huishoudens volgens de energiebalans Vito (Vlaanderen, 2005)*

	steenkool	LPG	olie	aardgas	hout	elektriciteit	totaal
Energiegebruik [PJ]	3,638	1,887	105,635	87,014	3,758	39,192	241,124
Aandeel [%]	1,4	0,8	43,8	36,1	1,6	16,3	100,0

Bron: Vito, 2007a

De sector huishoudens neemt vooral aardgas, (huisbrand)olie en elektriciteit af, en in veel mindere mate LPG (butaan of propaan) en hernieuwbare energiedragers zoals hout. Het elektriciteitsgebruik kan zowel betrekking hebben op het woninggebonden energiegebruik (hulpenergie voor verwarming, bereiding van warm tapwater, ventilatie, eventueel koeling) als op het energiegebruik van verlichting en huishoudelijke apparaten of toestellen. Het gebruik van fossiele brandstoffen en van hernieuwbare energiedragers heeft vooral betrekking op het gebouwgebonden gebruik (verwarming, bereiding van warm tapwater), maar voor een zeer beperkt deel ook op huishoudelijke toestellen en apparaten (hoofdzakelijk koken, en in veel mindere mate gasgestookte wasdrogers en hot-fill apparaten).

Figuur 1: *De woninggebonden energiefuncties in LEAP*

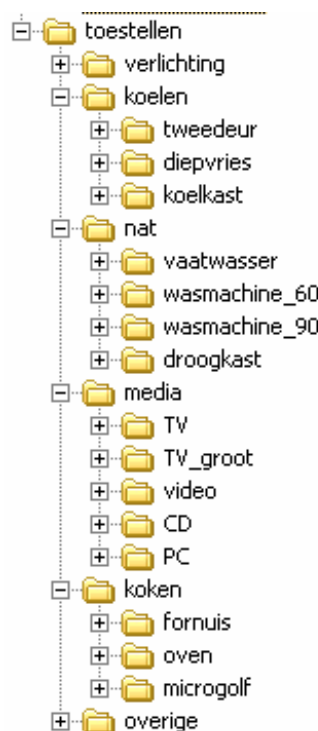


De energiebalans maakt voor het energiegebruik van de sector huishoudens uitsluitend een onderscheid tussen de verschillende energiedragers. Wij moeten voor onze doeleinden het energiegebruik verder kunnen opsplitsen naargelang de geleverde energiediensten of

energiefuncties (verwarming, bereiding van warm tapwater, ventilatie, ruimtekoeling, verlichting, huishoudtoestellen). Bovendien moeten we, om het effect van bepaalde maatregelen zo goed mogelijk te kunnen inschatten, de huishoudens verder kunnen indelen op basis van een aantal relevante criteria, waaronder minstens bepaalde kenmerken van de woningen waarin ze verblijven (geometrie, energetische kwaliteit); en van de gebouw- en niet-gebouwgebonden installaties waarover ze beschikken (verwarmings-, warm tapwater-, ventilatie- en eventueel koelingsystemen, verlichting en huishoudelijke apparaten of toestellen).

Wij doen dit via een bottom-up benadering, het “SAVER” gedeelte van het SAVER-LEAP model. Onze bottom-up benadering wijkt in essentie niet veel af van deze uit eerdere studies i.v.m. huishoudelijk energiegebruik in Vlaanderen. Voor de bottom-up analyse definiëren we 216 “typegebouwen”, met name 144 voor woningen (3 gevelklassen x 4 bouwjaarklassen x 4 grondoppervlakteklassen x 3 bouwlaagklassen); en 72 voor appartementsgebouwen (3 gevelklassen x 4 bouwjaarklassen x 6 bouwlaagklassen). Omdat zo'n groot aantal typegebouwen niet hanteerbaar is voor invoer in het LEAP gedeelte van ons model, brengen we deze 216 typegebouwen op basis van gewogen gemiddelden (van de aantallen) terug tot slechts 16 typegebouwen: 4 gebouwtypen (2-, 3- en 4-gevelwoningen en flats) maal 4 bouwjaarklassen (voor 1945, 1946-1970, 1971-1990, 1991-2005). In SAVER voeren we steeds alle berekeningen uit op alle 216 typegebouwen. We bepalen vervolgens a.d.h.v. de beschikbare informatie de thermische kwaliteit of isolatiegraad van deze gebouwen, meer bepaald de R- c.q. U-waarden van de verschillende schildelen (vloer, dak, gevels, vensters, deuren). Een volgende stap is het invoeren van gegevens omtrent de gebouwinstallaties (verwarming, warm tapwater, ventilatie, eventueel ruimtekoeling). Met behulp van een aangepaste EPB rekenmethode berekenen we vervolgens het jaarlijks energiegebruik per typewoning, bijvoorbeeld de maandelijkse en jaarlijkse netto energiebehoefte (NEB) voor ruimteverwarming, evenals het bruto en finaal energiegebruik voor ruimteverwarming.

Figuur 2: Huishoudelijk energiegebruik in LEAP

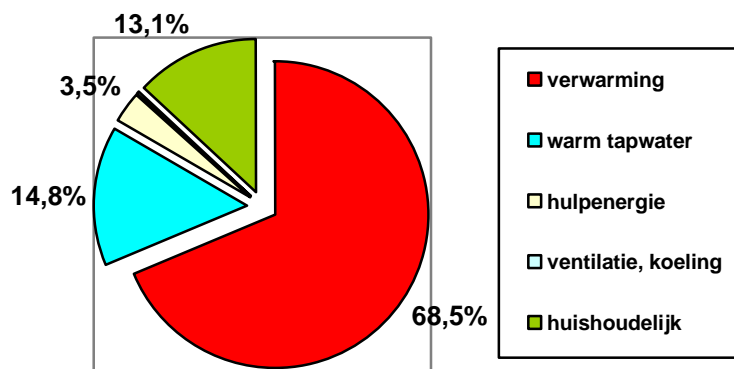


Voor de berekening van het energiegebruik van verlichting en huishoudelijke toestellen is er een afzonderlijke module voorzien. Om praktische redenen bekijken we het “huishoudelijk” energiegebruik voor alle huishoudens samen (het was niet haalbaar om te differentiëren per typewoning). Voor het huishoudelijk energiegebruik definiëren we verschillende categorieën (zie figuur 2). Het energiegebruik bepalen we aan de hand van penetratiegraden, vermogen

of capaciteit, gebruiksduur of –frequentie, en de energie-efficiëntie van de afzonderlijke apparaten.

Op basis van de bottom-up analyse kunnen we het energiegebruik van de huishoudens in 2005 in Vlaanderen onderverdelen volgens de geleverde energiediensten of –functies.

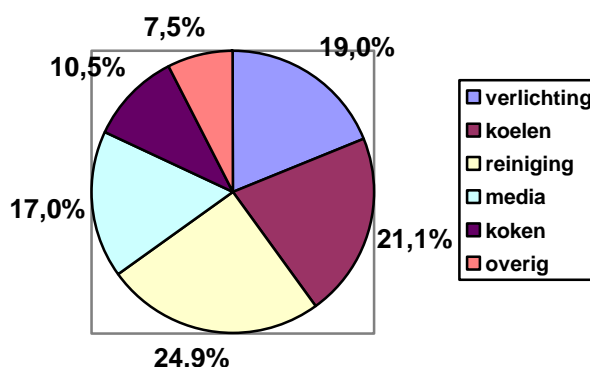
Figuur 3: Verdeling van het finaal energiegebruik van huishoudens volgens energiefuncties, volgens SAVER (Vlaanderen, 2005)



Bron: eigen berekeningen.

Ruimteverwarming neemt de hoofdmoot voor zich, gevolgd door de bereiding van warm tapwater. Het energiegebruik voor ruimteverwarming is sterk “weersafhankelijk”, terwijl het gebruik van warm water en van huishoudelijke toestellen eerder afhangt van het aantal personen (en hun gedrag) in het huishouden. 2005 was een relatief zacht jaar, zodat het aandeel van ruimteverwarming wellicht iets kleiner is dan in een “referentiejaar”. Hulpenergie omvat het fossiel brandstofgebruik voor waakvlammen, en het elektriciteitsgebruik van pompen, ventilatoren en “elektronica” (regeling) voor verwarming. Voor zover we kunnen nagaan is – in het *totale* energiegebruik van de Vlaamse huishoudens – het aandeel van ventilatoren voor mechanische ventilatie (systeem B, C of D) en van ruimtekoeling (airco, omkeerbare warmtepomp) nog marginaal (< 1 %). Het “huishoudelijk” energiegebruik bestaat uit 12,3 % elektriciteitsgebruik voor verlichting en huishoudelijke toestellen (waaronder elektrisch koken); en 0,8 % gebruik van aardgas (of LPG) voor koken.

Figuur 4: Verdeling van het huishoudelijk elektriciteitsgebruik (exclusief huishoudelijk gasgebruik) (Vlaanderen, 2005)



Bron: eigen berekeningen

De vier grote categorieën van het huishoudelijk elektriciteitsgebruik zijn verlichting, koelen van voedsel (koelkasten, diepvrieskasten en – kasten en combinaties van koelen en vriezen), reiniging (wasmachine, droger en vaatwasser), en “media” (TV, video, CD of DVD-speler, en PC). Elektrisch koken en “overige” sluiten het rijtje.

Om de effecten van besparingsmaatregelen (bijvoorbeeld gevelisolatie of energiezuinige toestellen) door te rekenen passen we de bovenvermelde rekenmethodes toe op de verschillende typewoningen c.q. categorieën van huishoudelijk energiegebruik.

De eigenlijke scenario-analyses gebeuren met een voor Vlaanderen aangepaste versie van LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning system), een internationaal erkend “energy-accounting” model ontwikkeld door het Stockholm Environment Institute (SEI). (LEAP, 2006) (Ghanadan & Koomey, 2005)

2.3. Resultaten

De hoofddoelstelling van dit project was het ontwikkelen van een “tool” voor de analyse van scenario's, niet de uitwerking van scenario's zelf. Louter ter illustratie hebben we twee scenario's uitgewerkt: een BAU en een BAU-PLUS. Het basisjaar is 2005. De projecties gaan tot 2025. In essentie houden we in het BAU scenario enkel rekening met *volume* effecten (meer huishoudens, ergo meer woningen) en met *structurele* effecten (bijvoorbeeld een verschuiving van open bebouwing naar rijwoningen en flats, en nieuwbouw voor vervanging van gesloopte gebouwen en uitbreiding). De energie-efficiëntie wordt “bevroren” op het niveau van 2005. In het BAU-PLUS scenario schatten we de effecten van efficiëntieverbetering mee in.

We vertrekken telkens van een scenario van “zwakke gezinsverdunding” (Willems, 2007). Dit betekent dat het aantal particuliere huishoudens niet bovenmatig zal toenemen (van ±2,5 miljoen in 2005 tot ±2,79 miljoen in 2025) Voor de eenvoud houden we het aantal graaddagen constant op dat van 2005. Dit is achteraf makkelijk aan te passen door het toepassen van een “klimaatcorrectiefactor”.

Voor het gebouwgebonden energiegebruik zijn er drie grote beleidsmaatregelen:

- Grondige renovatie van de bestaande woningstock, maar voor de gebouwschil wel beperkt tot isolatie van daken, ramen (of “vensters”) en makkelijk bereikbare vloeren. Wat betreft gebouwinstallaties in de bestaande woningstock is er een grondige vernieuwing van de verwarmingssystemen (condenserende ketels met buitenvoeler en thermostatische kranen), maar niet van de ventilatiesystemen (i.e. nauwelijks of geen mechanische ventilatie);
- Een verstrenging van de EPB-normen vanaf 2012, zodat nieuwbouw vanaf dan beter beantwoordt aan het profiel van lage energiewoningen. Nieuwbouw is vanaf 2012 wel standaard voorzien van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning;
- Bevordering van wonen in rijwoningen en appartementsgebouwen.

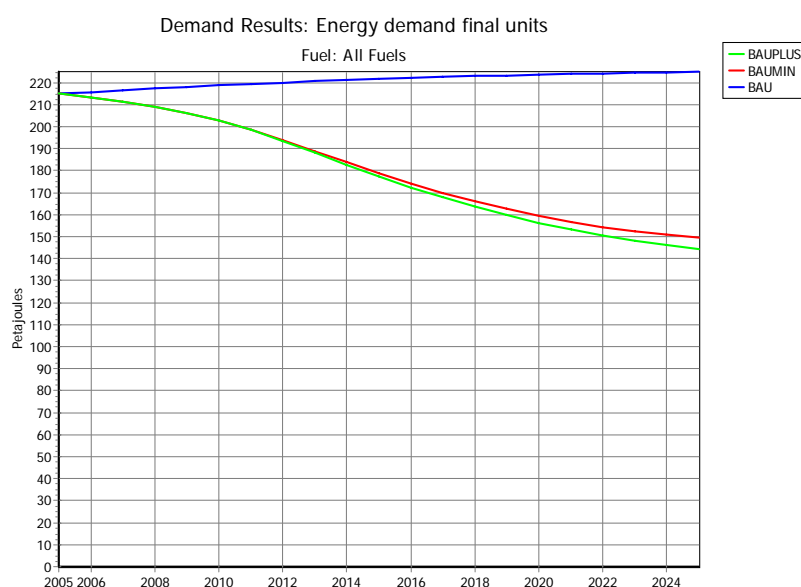
We voorzien zowel voor renovatie als voor nieuwbouw een switch van stookolie naar aardgas, en geen gebruik meer van elektriciteit als energiedrager voor verwarming en de bereiding van warm tapwater, tenzij in beperkte mate in de vorm van warmtepompen en warmtepompboilers. Een groter aandeel van hernieuwbare energie zoals hout is niet mee opgenomen, maar een dergelijke variant is in LEAP zeer makkelijk te implementeren. Voor de bereiding van warm tapwater zou 50 tot 60 % van de gezinnen tegen 2025 een beroep doen op zonneboilers, waarmee ze ongeveer 50 % op het energiegebruik voor die dienst kunnen besparen. Met zonnecellen (PV) en warmtekrachtkoppeling (WKK) hebben we (nog) geen rekening gehouden, maar beide technieken zijn makkelijk te integreren in het LEAP model.

Voor het huishoudelijk energiegebruik is er een veralgemening van het gebruik van energie-efficiënte apparatuur (A-label of beter, indien relevant), en op korte termijn het zoveel mogelijk uitschakelen van het stand-by gebruik (“stand-by killers”). Verschuivingen in het gebruik van verlichtingstechnologieën (van gloei- en halogeenlampen naar spaarlampen en in beperkte mate naar LEDs) hebben we al opgenomen in het BAU scenario, omdat we deze als *structurele* verschuivingen beschouwen. In zeer beperkte mate hebben we rekening proberen te houden met het nog energiezuiniger worden van energiezuinige toestellen. In het BAU-PLUS scenario voorzien we een status quo voor het “overig” elektriciteitsgebruik, tegenover een jaarlijkse groei van 0,5 % in het BAU scenario.

Bovenstaande beschrijving is maar een zeer summiere samenvatting van de talloze veronderstellingen die we hebben gemaakt voor de verschillende scenario's. Een correcte interpretatie van de resultaten vereist een grondige analyse van alle gemaakte aannames. De gehanteerde veronderstellingen zijn uitgebreid beschreven in het laatste hoofdstuk van dit rapport. Bovendien beklemtonen we nogmaals dat deze scenario's geen officiële, door de Vlaamse overheid ondersteunde scenario's zijn, maar "vingeroefeningen" die vooral de mogelijkheden van LEAP moeten demonstreren. We hebben doelbewust niet naar een "meest optimale" oplossing gezocht. LEAP dient niet voor kostenoptimalisatie, maar voor het beantwoorden van "What if ? " vragen.

Het *gebouwgebonden* energiegebruik omvat het energiegebruik voor ruimteverwarming (en eventueel ruimtekoeeling), bereiding van warm tapwater, hulpenergiegebruik (waakvlammen, pompen en/of ventilatoren en elektronica voor verwarming), en (hygiënische) ventilatie.

Figuur 5: Evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik in het BAU en het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

In het BAU scenario stijgt het *gebouwgebonden* energiegebruik tot +4,6 % in 2025 t.o.v. 2005. In het BAU-PLUS scenario daarentegen daalt het gebouwgebonden energiegebruik t.o.v. 2005 met bijna een derde (-32,8 %).

Hens, Verbeeck en Verdonck (2001) berekenden voor heel *België* een reductie van -32,8 % van het energiegebruik in 2015 t.o.v. 2000, onder de volgende voorwaarden: een zwakke toename van het aantal huishoudens (jaarlijkse groei van 0,46 % t.o.v. 1990); een vraaggestuurde renovatie en heropbouw van de bestaande woningstock en geen uitbreiding meer van de woningstock na 2010; en een energiegebruik van 180 MJ/(m².a) voor ruimteverwarming in nieuwe woningen in samenhang met strengere U-waarden voor daken [0,2 W/(m².K)], gevels [0,5 W/(m².K)] en beglazing [1,3 W/(m³.K)] bij renovatie na 2001. Dat de reductiepercentages exact overeenstemmen is toeval. Er zijn wezenlijke verschillen met onze aanpak, zowel qua methodologie als qua hypothesen. Met deze referentie willen we enkel aangeven dat een reductie met een derde tot de mogelijkheden behoort.

In onze scenario's neemt het aantal gezinnen (en bijgevolg vereiste woningen) toe, maar in beperkte mate (*zwakke* gezinsverdunning). In het BAU scenario is de verbetering van de (gebouwgebonden) energie-efficiëntie bijna uitsluitend afkomstig van nieuwbouw vanaf 2006. Dat dit weinig effect heeft ons niet te verbazen. In 2005 schreef de Centrale Raad voor het Bedrijfsleven: "De wettelijke voorschriften inzake energie-efficiëntie zijn voornamelijk van

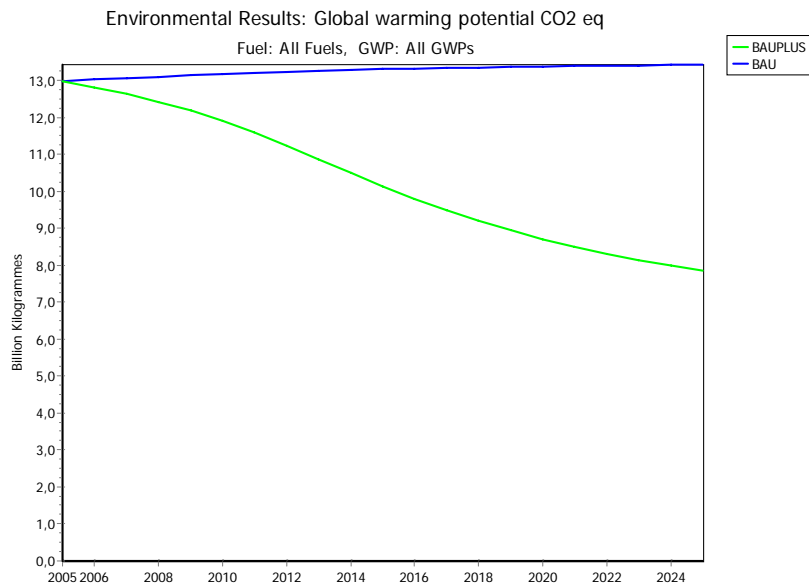
toepassing op de te bouwen nieuwe woningen, terwijl in ons land maar 0,5 % tot 1 % nieuwe woningen per jaar worden gebouwd. Met andere woorden, de impact van deze normen op de energie-efficiëntie van het woningenpark in zijn geheel is op korte/midellange termijn dan ook verwaarloosbaar.” (CRB, 2005, p. 11)

Een substantiele vermindering van het gebouwgebonden energiegebruik in Vlaanderen vereist een grondige renovatie van het bestaande woningenpark, zoals in het BAU-PLUS scenario. Een renovatie van het volledige bestaande woningenpark kan niet zomaar op korte termijn. *“If the number of retrofits increases too much, the market will shift to a demand governed system with as a main consequence exploding building costs.”* (Hens et al., 2001, p. 238) Anderzijds, *“... zou de invoering van een ambitieus programma voor de thermische isolatie van het volledige Belgische woningenpark zo'n 30.000 arbeidsplaatsen op tien jaar tijd kunnen creëren.”* (WTCB, 2006b, p. 7).

Het dient gezegd dat een isolatie van *alle* daken, van de *makkelijk bereikbare* vloeren en van *alle* ramen van de overlevende bestaande woningstock tegen 2025 een zware inspanning vergen, maar zeker de eerste twee besparingsmaatregelen liggen normaliter binnen het bereik van elke handige doe-het-zelver, zodat vele gezinnen geen beroep zullen moeten doen op gespecialiseerde aannemers. De vraag is in hoeverre de overheid moet afstappen van de regel dat enkel plaatsing door erkende aannemers in aanmerking komt voor fiscale aftrek en/of subsidies, en hoe de bouwsector daar zal op reageren. Het vervangen van verwarmingsinstallaties is iets dat sowieso binnen de 20 jaar moet gebeuren.

Om het relatieve belang van nieuwbouw nog wat dikker in de verf te zetten tonen we bijkomend het verloop zonder verstrengde EPB-regelgeving vanaf 2012. Het effect is bijna marginaal te noemen. Met een verstrengde EPB-normgeving vanaf 2012 daalt het gebouwgebonden energiegebruik t.o.v. 2005 met -32,8 %; zonder met -30,5 %. Dat is een verschil van 'nauwelijks' 2,3 %.

Figuur 6: *Evolutie van de gebouwgebonden broeikasgasemissies in het BAU en het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)*



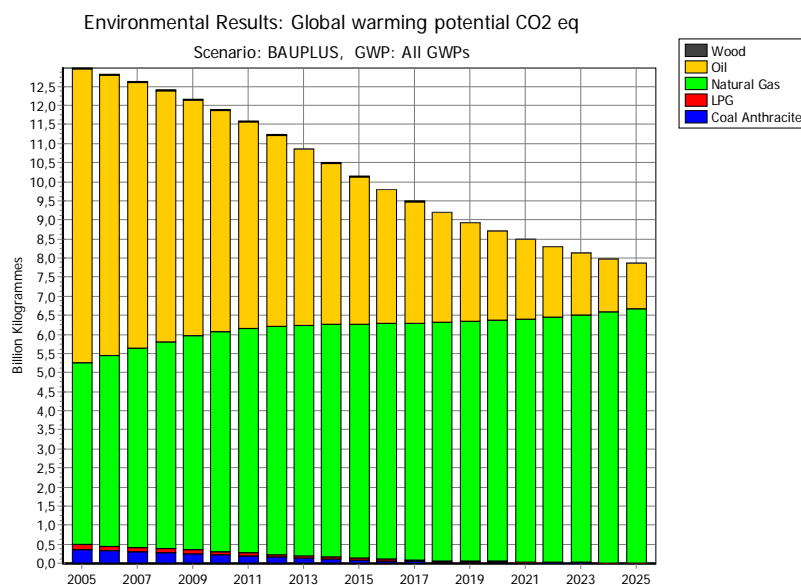
Bron: rechtstreekse output van LEAP

De evoluties van de (energiegerelateerde) gebouwgebonden broeikasgasemissies volgen – weinig verrassend – deze van het energiegebruik. Toch is de relatieve daling van de gebouwgebonden broeikasgasemissies in 2025 in het BAU-PLUS scenario groter dan de relatieve daling van het gebouwgebonden energiegebruik, met name -39,5 % t.o.v. -32,8 %

voor het energiegebruik. Dit is vooral het gevolg van de grootschalige omschakeling van huisbrandolie naar aardgas.

In LEAP werken we met *primaire* en niet met *finale* energiegebruik. Ofwel werken we in LEAP het hele energiesysteem Vlaanderen uit, waarna de emissies t.g.v. elektriciteitsgebruik vervat zitten in de emissies van de elektriciteitssector (voor zover elektriciteit niet wordt geïmporteerd), of kunnen we – zoals in de EPB-rekenmethode – het finale elektriciteitsgebruik vermenigvuldigen met een factor 2,5; en de bijhorende broeikasgasemissies eveneens met een factor bepalen.

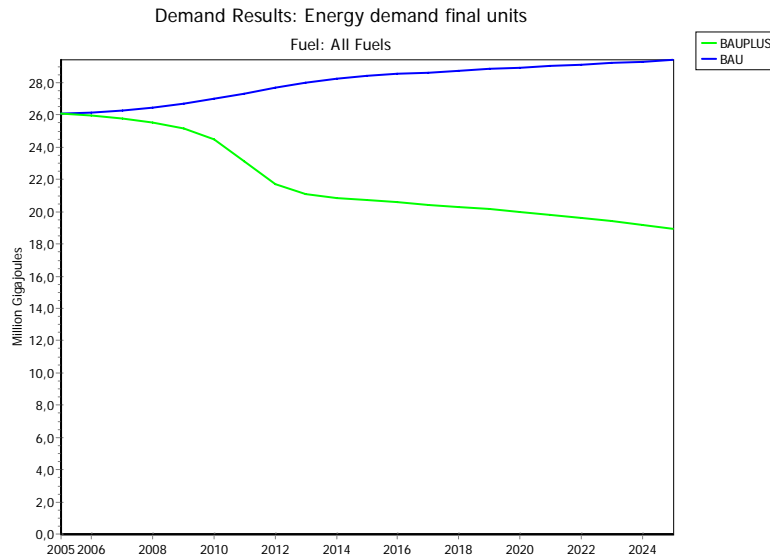
Figuur 7: Broeikasgasemissies per energiedrager in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

Het aandeel van aardgas bedraagt 84,8 % in 2025. Er zijn nadelen verbonden aan de omschakeling naar aardgas: een te grote afhankelijkheid van de aardgasleveranciers (Rusland, Midden-Oosten), en grote onzekerheid omtrent de evolutie van de aardgasrijzen.

Figuur 8: *Evolutie van het energiegebruik van niet-gebouwgebonden toestellen en apparaten in het BAU en het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)*



Bron: rechtstreekse output van LEAP

De niet-gebouwgebonden apparaten en toestellen omvatten verlichting, huishoudelijke toestellen voor koelen van etenswaren, reiniging (wassen, drogen, vaat), multimedia en overige elektrische huishoudapparaten, en kookapparatuur (zowel elektrisch als op gas).

Voor niet-gebouwgebonden apparaten en toestellen is de evolutie minder spectaculair. Er is in het BAU scenario aanvankelijk een relatief sterke stijging van het energiegebruik tot 2014 (+9,1 % in 2015.o.v. 2005) om daarna lichtjes verder te stijgen tot +12,8 % in 2025 t.o.v. 2005. De daling in het BAU-PLUS scenario komt tot stand omdat energiezuinige apparaten (A label of beter) de “standaard” worden. We veronderstellen bovendien dat 1) sommige energiezuinige toestellen nog wat efficiënter worden, en 2) dat het “overig elektriciteitsgebruik” op hetzelfde peil blijft als in 2005 daar waar dit in het BAU scenario met 0,5 % per jaar stijgt. In het BAU-PLUS scenario daalt het niet-gebouwgebonden energiegebruik in 2025 met -27,3% t.o.v. 2005. De opvallende “knik” tussen 2010 en 2015 komt doordat een aantal maatregelen – zoals het uitschakelen van het stand-by gebruik, bijvoorbeeld m.b.v. zogenaamde “stand-by killers” – vrij snel en eenvoudig te implementeren zijn.

Het steeds efficiënter worden van de (meeste) elektrische toestellen en apparaten wordt voor een groot stuk gecompenseerd door 1) de toename van het aantal gezinnen; en 2) de toename van het aantal huishoudtoestellen of -apparaten in de gezinnen (hogere penetratiegraad).

Er is tevens een grote onbekende: zullen er in de toekomst nieuwe apparaten op de markt verschijnen die het elektriciteitsgebruik opnieuw (sterk) de hoogte kunnen injagen? Indien ja, dan zou in het BAU scenario het energiegebruik van huishoudelijke apparaten sneller stijgen dan nu het geval is.

2.4. Conclusies

De ontwikkeling van SAVER-LEAP ging gepaard met heel wat problemen. De afspraak met de opdrachtgever (VMM-MIRA) was dat we als vertrekpunt de energiebalans Vlaanderen zoals opgesteld door de Vito (2007a) en aangepast voor MIRA zouden nemen. De “calibratie” van onze bottom-up aanpak met de energiebalans stuitte op twee grote problemen:

- Een aanvankelijke overschatting van de netto energiebehoefte (NEB) voor ruimteverwarming in SAVER;

- Aandelen van huisbrandolie en aardgas in SAVER die helemaal niet in overeenstemming te brengen waren met deze in de energiebalans Vlaanderen.

De overschatting in SAVER is toe te schrijven doordat we het “rebound effect” eerst niet goed hebben ingeschat. In slecht geïsoleerde woningen kan het theoretisch (geschat) energiegebruik vrij sterk afwijken van het werkelijk (gemeten) energiegebruik. (Hens, 2007) (Bartiaux et al, 2006, p. 106-107) (Wallyn, 2002) (Hens, Verbeeck & Verdonck, 1997 p. 85-86) (Wouters, De Baets & Schietekat, 1989, p. 13) Gezinnen, zeker deze met lage inkomens, zullen een aantal ruimten niet verwarmen en/of de kamerthermostaat enkele graden lager zetten eerder dan torenhoge energiefacturen te moeten betalen. Er zijn niet enkel grote onzekerheden rond de gemiddelde binnentemperatuur, maar ook rond de ventilatievouden. (Hens, 2007) (Hens, Verbeeck & Verdonck, 1997, p. 85-86) (Wouters, De Baets & Schietekat, 1989, p. 7) Het rebound effect is moeilijk te kwantificeren. *“Rebound effects are very difficult to quantify, and their size and importance under different circumstances is hotly disputed.”* (Sorrell, 2007, p. V) Mede dank zij de input van het begeleidingscomité (Hens, 2007) hebben we dit probleem toch op min of meer bevredigende wijze kunnen oplossen.

Het tweede probleem – de sterk afwijkende aandelen van gas en olie in het totaal energiegebruik – bleek onoplosbaar. Uit alle recente enquêtes kan men duidelijk afleiden dat steeds meer huishoudens voor de centrale verwarming aardgas boven huisbrandolie verkiezen. In 2005 stookte 52 à 54 % van de gezinnen met aardgas, tegenover 32 à 34 % met olie. Zelfs als we rekening houden met het feit dat met olie gestookte woningen in de regel slechter geïsoleerd zijn dan met gas gestookte woningen, en dat oude(re) en slecht onderhouden stookolieketels vaak een (zeer) slecht seizoensrendement¹ hebben, dan nog is het ons niet duidelijk hoe het aandeel van olie t.o.v. aardgas in de energiebalans zo veel groter kan zijn. In het begeleidingscomité is afgesproken om desondanks de verdeling over de verschillende energiedragers van de energiebalans te volgen. Door enkele kunstgrepen (de aandelen van de energiefuncties in SAVER toepassen op de energiebalans Vlaanderen) zijn we daarin geslaagd, maar het blijft tot nader order een “schijnoplossing”.

Andere problemen zijn meer methodologisch van aard. Van bij de aanvang van het project was met het begeleidingscomité afgesproken dat we de EPB-rekenmethode zouden volgen (het EPB-softwarepakket is gratis beschikbaar bij de Vlaamse overheid, www.energiesparen.be). Het EPB-pakket heeft echter een totaal andere finaliteit, met name een gebouwkwaliteit vastleggen, en niet het werkelijk energiegebruik van (bestaende) woningen berekenen (Hens, 2007, p. 3) Er zat uiteindelijk niets anders op dan zelf een aangepaste versie van de EPB-software te schrijven. Dat was onvoorzien, heeft zeer veel tijd gekost, en verklaart mede waarom dit project maanden vertraging heeft opgelopen.

Voor de bottom-up aanpak van SAVER werden we geconfronteerd met het probleem dat eigen is aan veel bottom-up modellen: een relatief zwakke gegevensbasis, zeker voor wat betreft de oudere woningen. Hopelijk zal de invoering van het energieprestatiecertificaat en de bijhorende databanken hierin in de toekomst verandering brengen.

LEAP is zeer geschikt als scenariotool. De grootste tekortkoming is dat een aantal interconnecties (bijvoorbeeld het toepassen van mechanische ventilatie impliceert een betere luchtdichtheid, dus minder in/exfiltratieverliezen en een daling van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming) moeilijk of niet rechtstreeks binnen LEAP zelf zijn te integreren. Het is vooral het bottom-up gedeelte (SAVER) dat dergelijke consistenties moet verzekeren. Dat is zeker geen onoverkomelijk probleem, omdat SAVER grotendeels ontwikkeld is in Excel, en automatische links tussen Excel en LEAP makkelijk te implementeren zijn. Het blijft hoe dan ook een omslachtige procedure die lichtjes indruist tegen de filosofie dat LEAP real time toe te passen moet zijn.

Eens alle gegevens voor het basisjaar (de “current accounts” in het jargon van LEAP) zijn ingevoerd, is LEAP een zeer snelle en handige tool om een groot aantal scenario's door te rekenen en te presenteren. De huidige versie van ons LEAP model is ongetwijfeld nog voor

¹ Oudere stookolieketels dienden doorgaans op temperatuur te blijven. Als men slecht geïsoleerde woningen met dergelijke ketels gaat isoleren zonder de installatie aan te passen, dan krijgt het rendement een flinke knauw (Hens, 2007, p. 3)

tallose verbeteringen vatbaar, maar we menen dat de twee vingeroefeningen (BAU en BAU-PLUS) afdoende hebben aangetoond dat SAVER-LEAP zonder meer bruikbaar is voor het volgende en de daarna volgende MIRA-S rapporten.

Tot slot enkele conclusies wat de resultaten betreft. Alhoewel onze scenario's louter "vingeroefeningen" zijn, kunnen we toch tot de volgende voorzichtige conclusies komen:

- Een vermindering van het energiegebruik en van de broeikasgasemissies van de huishoudens met 25 tot 30 % in 2025 t.o.v. 2005 moet mogelijk zijn;
- Dergelijke reducties zijn enkel haalbaar indien vooral de bestaande woningstock grondig wordt aangepakt. Moeilijke en dure maatregelen zoals gevelisolatie of gebalanceerde ventilatie zijn daarbij zelfs niet eens noodzakelijk. De betere isolatie van de gebouwschil moet men aanvullen met meer performante verwarmingssystemen (condenserende ketels met bijpassende regeling), maar voor ruimteverwarming zijn dure systemen zoals warmtepompen strict genomen niet onontbeerlijk;
- We hebben verondersteld dat nieuwbouw vrij beperkt blijft, en zich vooral zal concentreren op rijwoningen en appartementsgebouwen. Een duurzaam energiebeleid in de residentiële sector en ruimtelijk beleid gaan hand in hand.

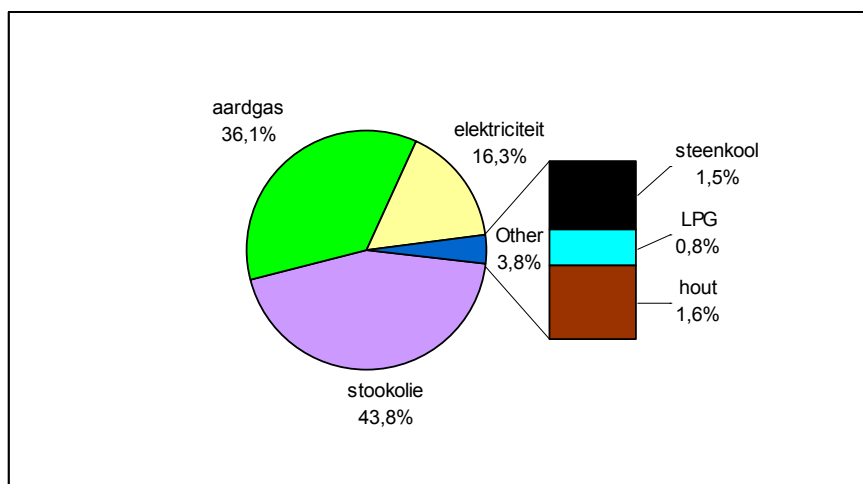
De bovenvermelde percentages zijn erg afhankelijk van enkele beginvoorwaarden, waar de overheid weinig of geen vat op heeft. Bij een sterke gezinsverdunning zal het energiegebruik in het BAU scenario sterker stijgen, waardoor grote reducties t.o.v. 2005 moeilijker te halen zijn. Verder heeft het "buitenklimaat" een *"opvallend grote invloed op het residentiële energiegebruik en de bijhorende CO₂-emissies"* (Hens, Verbeeck & Verdonck, 1997, p. 85) Als het gemiddeld aantal graaddagen in de toekomst beneden dat van 2005 zal liggen, zijn grotere reducties bereikbaar (de vraag is in hoeverre we daar op *mogen* hopen).

In de scenario's hebben we – zonder enig overleg - een groot aantal keuzes gemaakt. Veel van deze keuzes zijn ongetwijfeld aanvechtbaar, en sluiten niet altijd aan bij de keuzes van andere onderzoekers (Verbeeck, 2007) (Verbeeck en Hens, 2007) (Vito, 2007b) Het is niet aan ons om dergelijke keuzes te maken. Wij bieden met LEAP louter een gereedschap aan, dat snel en overzichtelijk de consequenties van bepaalde beleidsbeslissingen aanschouwelijk maakt.

3. Inleiding

STEM heeft in opdracht van VMM-MIRA een model ontwikkeld voor de berekening en analyse van het (toekomstig) woninggebonden energiegebruik en de daarmee gepaard gaande emissies naar de omgevingslucht. Dit model simuleert tevens het energiegebruik van verlichting en van niet-woninggebonden apparaten of toestellen. Het model draagt de naam SAVER-LEAP huishoudens. SAVER-LEAP huishoudens zal o.m. dienen voor de wetenschappelijke onderbouwing van de scenario's i.v.m. huishoudens in het MIRA-S 20XX rapport.

Figuur 9: Aandelen van de energiedragers in het energiegebruik van huishoudens (Vlaanderen, 2005)



Bron: Vito, 2007a.

De afspraak met de opdrachtgever (VMM-MIRA) is dat – wat betreft energiegebruik en broeikasgasemissies van de sector huishoudens – UA-STEM vertrekt vanuit de energiebalans Vlaanderen, zoals jaarlijks opgesteld door Vito (2007a) en aangepast t.b.v. MIRA. Het totale energiegebruik van de huishoudens in Vlaanderen in 2005 bedroeg 241,124 PJ. De energiebalans maakt voor het energiegebruik van de sector huishoudens enkel een onderscheid tussen de verschillende energiedragers: aardgas, huisbrandolie, elektriciteit, propaan/butaan of LPG, steenkool en hernieuwbare (hoofdzakelijk hout).

In SAVER-LEAP maken we in eerste instantie een onderscheid tussen de energiefuncties of –diensten, en pas daarna volgens energiedrager. Hierbij bekijken we gebouwgebonden en niet-gebouwgebonden energiegebruik afzonderlijk. Het gebouwgebonden energiegebruik omvat ruimteverwarming (en eventueel –koeling), de bereiding van warm tapwater, hulpenergiegebruik en (hygienische) ventilatie. Hulpenergie is de energie van waakvlammen en het elektriciteitsgebruik voor regeling (“elektronica”), circulatiepompen en/of ventilatoren van verwarming en/of warm tapwater. Het niet-gebouwgebonden of “huishoudelijk” energiegebruik heeft betrekking op verlichting en op huishoudelijke toestellen en apparaten, waaronder koelen van voesel, reiniging (wassen, drogen), multimedia toepassingen en koken.

Om het effect van bepaalde maatregelen zo goed mogelijk te kunnen inschatten, moeten we de huishoudens verder indelen op basis van een aantal relevante criteria, waaronder minstens bepaalde kenmerken van de woningen waarin ze verblijven (geometrie, energetische kwaliteit); en van de gebouw- en niet-gebouwgebonden installaties waarover ze beschikken (verwarmings-, warm tapwater-, ventilatie- en eventueel koelingsystemen, verlichting en huishoudelijke apparaten of toestellen).

Conform de contractuele verplichtingen heeft UA-STEM een bottom-up methode gevolgd (het "SAVER" gedeelte). Deze aanpak is verre van nieuw. Een bottom-up benadering vinden we terug in bijna alle recente en niet zo recente studies over huishoudelijk energiegebruik in Vlaanderen [o.m. Hens (1996); STEM (1999, 2001 en 2002); Hens, Verbeeck & Verdonck (2001); Vito (2003); Verbeeck en Hens (2005); Verbeeck (2007)]. De indelingen die in deze studies zijn gebruikt zijn niet noodzakelijk de meest geschikte, maar zijn vaak gekozen in functie van de beschikbare data. Dat was ook het geval voor deze studie. De databronnen zijn evenmin erg verschillend. Wij hebben vanzelfsprekend in de mate van het mogelijke de meest recente informatiebronnen aangeboord, in concreto – naast de onvermijdelijke "volkstelling" statistieken van het vroegere NIS – enquêtes over huishoudelijk energiegebruik in Vlaanderen en/of België, waaronder deze door het Vlaamse Energieagentschap (VEA) (zie hoofdstuk 4 ontwikkeling van het woningenbestand). Onze methodologie is vergelijkbaar met deze van de meeste eerdere studies. We definiëren een aantal "typewoningen" en simuleren het energiegebruik per "typewoning", voor en na toepassing van een aantal maatregelen. In de mate van het mogelijke en voor zover relevant hebben we geprobeerd zo nauwkeurig mogelijk de (meest recente) EPB-rekenmethode² te volgen. Voor het huishoudelijk energiegebruik werken we op het niveau van *alle* huishoudens (zonder verschillende huishoudtypes te definiëren), en hebben we een aparte module ontwikkeld, omdat de EPB-rekenmethode niet geschikt is voor het simuleren van dergelijk gebruik. De gedetailleerde beschrijving van deze bottom-up aanpak neemt een flink deel in beslag van dit eindrapport.

De resultaten van de bottom-up benadering vertalen we naar LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning systeem). (LEAP, 2006) LEAP is een internationaal erkend "energy-accounting" model, ontwikkeld door het Stockholm Environmental Institute (SEI). We hebben LEAP aangepast aan de specifieke noden van deze studie. LEAP is uitermate geschikt voor het implementeren, analyseren en presenteren van diverse energie- en broeikasgasemissie-scenario's. (Ghanadan & Koomey, 2005) Een ander voordeel van LEAP is dat het niet strict gebonden is aan het gebruik van SAVER. Van zodra de gegevens van het basis- of referentiejaar vastliggen, kan men eenvoudig gebruik maken van expertenoordeel, of eventueel van de resultaten van andere bottom-up modellen. LEAP kan zeer snel en op gebruiksvriendelijke wijze talloze varianten doorrekenen en op een aanschouwelijke wijze zichtbaar maken.

Alhoewel de hoofdpdracht van deze studie de ontwikkeling van een beleidsinstrument was, hebben we bij wijze van vingeroefening twee scenario's doorgerekend. Deze scenario's zijn enkel te beschouwen als een illustratie van wat met SAVER-LEAP mogelijk is.

4. Ontwikkeling van het woningbestand in Vlaanderen

We zullen het woningbestand in Vlaanderen karakteriseren aan de hand van de volgende kenmerken: eigendomsverhouding, woningtype, woonoppervlakte, leeftijdsklasse, en "energetische kenmerken" zoals thermisch isolatiepeil en verwarmingsinstallatie.

4.1. Databronnen

Met betrekking tot de woonsituatie in Vlaanderen zijn onze *voornaamste* gegevensbronnen:

- de sociaal-economische enquête uit 2001, afgekort SEE2001, georganiseerd door de Algemene Directie Statistiek (ADS)³. De SEE is het vervolg op de 10-jaarlijkse volks- en woningtellingen uit 1991, 1981 en vroeger, georganiseerd door het toenmalige Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS). De volks- en woningtellingen en de SEE2001 zijn niet aan elkaar te koppelen (Tratsaert & Winters, 2006, p. 67) Als de data van de SEE2001 "*via een (versleuteld) rijksregisternummer gekoppeld zouden kunnen worden aan de data van de volkstellingen van 1991 en (eventueel) 1981, zou longitudinaal onderzoek mogelijk worden*" (Stativaria 31, 2004, p. 39);

² Een rekenmethode voor het bepalen van het zogenaamde E-peil van een woning volgens het energieprestatie en binnenklimaat (EPB) besluit.

³ ADS is de opvolger van het NIS. De officiële benaming is voluit: FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie, Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie (ADSEI).

- de huishoudbudgetonderzoeken, uitgevoerd door de Algemene Directie Statistiek. Na drie vergelijkbare enquêtes (1995/1996, 1996/1997 en 1997/1998) voerde de ADS in 1999 een nieuwe methode in. De huishoudbudgetonderzoeken (HBO) uit 1995/1996, 1996/1997 en 1997/1998 verzamelden bijkomende gegevens over o.m. de woning, het wooncomfort en de socio-economische en demografische karakteristieken van de huishoudens;
- de enquêtes i.v.m. het energiebewustzijn van de Vlaming (1998, 2001, 2003 en 2005), uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Energieagentschap (VEA) [voorheen Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE)]. De enquêtes peilen eerst naar de huidige energetische toestand van de woningen (isolatie, verwarming, ventilatie, koeling, warmwaterproductie, verlichting en elektrische toestellen), en vervolgens naar de kennis en de houding van de respondenten t.a.v. hernieuwbare energiebronnen, energiezuinige maatregelen en het gevoerde Vlaamse energiebeleid. Vanaf 2005 zijn de vragen i.v.m. hernieuwbare energie geschrapt. De enquête van 2005 is niet helemaal vergelijkbaar met de enquêtes van de voorgaande jaren, o.m. omwille van een aangepaste vraagformulering en –volgorde, een andere methodologie (Computer Assisted Personal Interviewing of CAPI in 2005 t.o.v. PAPI in de voorgaande jaren), en het toepassen van een weging op het type woning⁴ in de steekproef van 2005 op basis van data uit de SEE2001;
- de survey-onderzoeken (sinds 1996) van de Studiedienst van de Vlaamse Regering [tot voor kort “administratie planning en statistiek” (APS)]. Een aantal surveys bevatten informatie over o.m. de tevredenheid met de woning en de energiebesparende uitrusting van de woning (isolatie, zonepanelen, elektrische toestellen met A-label, ...). De survey van 2004 bevatte een uitgebreid luik over de eigen woning. De resultaten van de bevragingen verschijnen in de jaarlijkse uitgave VRIND (Vlaamse Regionale Indicatoren);
- een socio-demografische telefonische enquête uit 2004, afgekort SEREC 2004. De enquête is uitgevoerd door de UCL, de VITO en het Danish Building Research Institute in het kader van een onderzoek voor Wetenschapsbeleid, met name: “Socio-technical factors influencing Residential Energy Consumption SEREC” (Bartiaux *et al.*, 2006). Omdat de aselechte steekproef is getrokken uit een lijst van gezinnen met een vaste telefoon, vermoeden de auteurs dat jonge gezinnen die tijdelijk een kleine woning huren ondervertegenwoordigd zijn (Bartiaux *et al.*, 2006, p. 17);
- de bouwstatistieken van de Algemene Directie Statistiek (ADS). De gegevens hebben betrekking op de bouwactiviteit, de bouwvergunningen en de begonnen gebouwen.
- gegevens van ECODATA (FOD, KMO, Middenstand en Energie) i.v.m. het domein ‘bouw’: De statistieken omvatten het aantal Belgische gebouwen volgens het kadaster naar type gebouw; bodembezetting naar kadastrale rubriek; bouwvergunningen; en verkopen van onroerende goederen naar type goed.
- de SENVIVV studie, een onderzoek uitgevoerd in het kader van het Vlaams Impulsprogramma Energietechnologie (VLIET), met de bedoeling een gedetailleerd beeld te verkrijgen van de karakteristieken van nieuwbouwwoningen en hun installaties op het vlak van energie en binnenklimaat. SENVIVV onderzocht 200 woningen in het Vlaamse Gewest, waarvan de bouwaanvraag zich situeerde tussen 01.01.1990 tot 31.08.1992 (50 woningen); tussen 01.09.1992 en 31.08.1993 (50 woningen); en tussen 01.09.1993 tot “heden” , i.e. 31.12.2005 (100 woningen).

Tratsaert en Winters (2006) geven een uitgebreide inventaris van beschikbaar onderzoek m.b.t. de vraagzijde van de woningmarkt. SumResearch (2006) besteedt een volledig hoofdstuk aan het beschrijven van databronnen i.v.m. de woonkwaliteit in Vlaanderen.

Een databron waarvan we nog geen gebruik hebben kunnen maken, maar die in de toekomst wel een belangrijke rol kan spelen is de EPB-aangifte. Het Ministerieel Besluit van 02.04.2007 legt vast dat de EPB-aangifte o.m. de volgende onderdelen moet bevatten:

- het elektronische bestand – het EPB-bestand – waarin de thermische isolatie, de energieprestatie en de ventilatie van het gebouw werd berekend;
- de plannen van het gebouw (as-built), minstens op een schaal 1/100. Die omvatten minstens een grondplan van elk niveau met per lokaal een unieke code die overeenstemt met de codering in het epb-bestand, de voornaamste afmetingen en de aanduiding van de toevoer- en afvoervoorzieningen voor ventilatie; alle gevels; doorsneden waarbij elk verschillend hoogteprofiel zichtbaar is aangegeven; en de oriëntatie van het gebouw;

⁴ Appartementen (en in verband hiermee kleinere gezinnen en huurders) waren in de voorgaande enquêtes ondervertegenwoordigd.

- de plannen van de HVAC-installatie bij *collectieve* woongebouwen waarvoor een E-peil wordt berekend.

We zullen in de volgende hoofdstukken tabellen tonen met de resultaten van diverse enquêtes uit verschillende jaren. De data van deze enquêtes zijn niet aan elkaar te koppelen. Een *longitudinaal* onderzoek is met de beschikbare data niet mogelijk. Een ander probleem met de enquêtes en censi is dat “*De klassieke census bevat immers ook een aantal vragen rond de woning die het inschattingsvermogen van de respondent zwaar op de proef stellen ...*” (Surkyn & Deboosere, s.d., p. 1). In die zin zijn de data van de SENVIVV studie en wellicht ook van het kadaster (een administratieve bron) betrouwbaarder.

4.2. Woningen en woongebouwen

4.2.1. Aantal gezinnen en aantal woningen

Vooreerst moeten we een onderscheid maken tussen een woongebouw en een woning. Volgens ADS is een *woongebouw* een gebouw dat uitsluitend of hoofdzakelijk (meer dan 50%) bestemd is voor huisvesting. Een woongebouw kan bestaan uit meerdere woningen. Een *woning* is een gebouw of het gedeelte van een gebouw dat bestemd is voor de huisvesting van een gezin en als dusdanig wordt gebruikt. Onder gezin verstaat men zowel een particulier (familiaal) gezin als een collectief gezin (kloostergemeenschappen, militairen in kazernes, gevangenen in tuchthuizen en groepen van personen die samenleven in weeshuizen, rusthuizen,...). Een woning kan zich ook in een niet-woongebouw bevinden, b.v. de woning van de conciërge in een kantoor- of schoolgebouw.

Tabel 2: *Ontwikkeling van het aantal particuliere huishoudens en de gemiddelde gezinsgrootte; aantal woningen en woongebouwen (Vlaams Gewest, 1990-2007)*

	Particuliere huishoudens (PHH)	Bevolking in PHH ⁽¹⁾	Gemiddelde gezinsgrootte (PHH)	aantal particuliere woningen ⁽²⁾	aantal gebouwen ⁽²⁾	Leegstaand
1990	2.195.487	5.682.913	2,59	..	..	-
1991	2.226.547	5.709.684	2,56	..	..	-
1992	2.245.483	5.734.785	2,55	..	..	-
1993	2.263.363	5.760.130	2,54	..	..	-
1994	2.278.032	5.780.060	2,54	..	..	-
1995	2.296.008	5.800.647	2,53	2.348.810	1.916.207	-
1996	2.312.954	5.812.971	2,51	..	..	1.703
1997	2.333.799	5.830.399	2,50	..	..	6.338
1998	2.353.864	5.843.062	2,48	2.453.265	1.980.633	11.180
1999	2.373.796	5.855.685	2,47	..	..	13.049
2000	2.391.694	5.866.712	2,45	..	..	13.449
2001	2.413.745	5.879.867	2,44	2.535.226	2.030.727	12.878
2002	2.434.346	5.899.932	2,42	2.557.365	2.043.841	12.149
2003	2.457.779	5.923.095	2,41	2.581.735	2.057.061	11.651
2004	2.480.108	5.944.228	2,40	2.604.916	2.069.182	9.047
2005	2.501.681	5.970.598	2,39	2.627.920	2.081.500	5.590
2006	2.525.849	6.006.364	2,38	2.653.482	2.095.351	3.894
2007	2.550.088	6.044.046	2,37	2.681.973	2.110.203	..

(1) De (wettelijke) bevolking in PHH verschilt van de totale (wettelijke) bevolking.

(2) Aantal “woongelegenheden” en “gebouwen” volgens het kadaster, voor de volgende types gebouwen: huizen in gesloten, halfopen en open bebouwing, hoeven en kastelen, en buildings en appartementsgebouwen. Het Kadaster beschouwt kamers in gebouwen met collectieve woongelegenheden (kloosters,...) niet als “woongelegenheden”. In die zin stemt “woongelegenheden” overeen met *particuliere* woningen. Toestand op 1 januari van het betreffende jaar.

Bron: APS Vlaanderen; Kadaster.

Het aantal “*bewoonde* particuliere woningen” in Vlaanderen in 2001 was – op basis van de SEE2001 – gelijk aan 2.259.254. De huishoudbudgetenquête van 1995/1996 schatte het aantal *particuliere* woningen op 2.260.145 [NIS (1998-B)]. Volgens de volkstelling van 1991 waren er 2.141.557 woningen voor *particuliere* huishoudens in Vlaanderen. De volkstelling van 1981 telde 1.961.481 woningen in het Vlaams Gewest. Het aantal bewoonde particuliere woningen is – volgens de ADS – in Vlaanderen van 1981 tot 1991 gestegen met 180.076 eenheden; en van 1991 tot 2001 met 117.697 eenheden, voor een totaal van 297.773 eenheden (+ 15,2% in 2001 t.o.v. 1981).

De gegevens van de ADS (SEE2001, volkstellingen, huishoudbudgetenquêtes) stemmen niet altijd goed overeen met van deze van het kadaster. Dit heeft deels te maken met het feit dat “gezinswoning” een moeilijk af te bakenen begrip is. *’Naargelang uitgegaan wordt van het aantal woningen uit de census, of van het aantal “woongelegenheden” uit het kadaster kan het resultaat aanzienlijk verschillen.’* (Surkyn & Deboosere, s.d., p. 7)

In principe zou het aantal (particuliere) woningen gelijk moeten zijn aan het aantal (particuliere) gezinnen. Er zijn enkele redenen waarom dat in werkelijkheid niet zo hoeft te zijn (en ook niet is). Sommige gezinnen kunnen er een tweede of zelfs derde verblijf op nahouden. Woningen kunnen (tijdelijk) leegstaan, b.v. omwille van verbouwwerken of omdat de eigenaar niet meteen een huurder vindt, ... Het is eveneens mogelijk dat meerdere gezinnen in eenzelfde woning verblijven.

4.2.2. Bouwvergunningen voor nieuwbouw en renovatie

Een *bouwvergunning* is een plan voor de bouw, verbouw of afbraak van een woongebouw voor wiens uitvoering een vergunning werd uitgereikt krachtens een bouwreglementering. Bij *nieuwbouw* is het gebouw volledig nieuw, en al dan niet gelegen op dezelfde plaats waar reeds vroeger werd gebouwd. Onder *verbouwing/renovatie* verstaat men de gedeeltelijke heropbouw (i.e. de werken waarbij een belangrijk gedeelte van het oorspronkelijke gebouw wordt gebruikt) en de eigenlijke verbouwingen (wijzigingen aangebracht aan de binnen- of buitenbouw). De wijzigingen aan de buitenbouw kunnen herstelde uitbreidingen van het hoofdgebouw omvatten, op voorwaarde dat het kleine gebouwen zijn (garage, bergplaats, enzoverder met of zonder annexwoning die op hetzelfde stuk grond zijn opgericht). ADS houdt enkel rekening met de verbouwingen waarbij hetzij de bewoonbare oppervlakte hetzij de totale oppervlakte toe- of afneemt met 10 m² of meer; de bestemming van het gebouw wijzigt; het aantal woningen in het gebouw wijzigt; of het aantal garages wijzigt. Veranderingen aan de gevel, de bouw of afbraak van een scheidingsmuur, de verbreding van een deur of venster enz. worden bijgevolg niet opgenomen in bovenvermelde statistiek.

De statistieken i.v.m. bouwvergunningen zijn gebaseerd op de inzameling via gemeenten of AROHM (Administratie Ruimtelijke Ordening Huisvesting Monumenten) en het statistisch formulier (Model 1 of Model 2), in te vullen bij aflevering van een bouwvergunning. De gemeenten moeten maandelijks aan de Algemene Directie Statistiek een lijst bezorgen met de bouwvergunningen waarbij de (ver)bouwactiviteit is begonnen. De burger/bouwheer moet in principe de gemeente verwittigen op het moment dat hij start met de (ver)bouwwerken, maar in de praktijk gebeurt dit vaak niet. Veel van de gegevens bereiken het ADS te laat en daarom baseert het ADS zich op schattingen waarvan achteraf blijkt dat ze een behoorlijke foutenmarge kunnen hebben. Een bouwvergunning is twee (soms drie) jaar geldig. Na het verstrijken van die periode bezorgt het ADS de gemeenten een lijst van bouwvergunningen waarvan zij niet weten wanneer de (ver)bouwstart heeft plaatsgevonden, met de vraag te controleren of/wanneer deze start is gebeurd. Dan moet het ADS wachten tot de gemeentelijke diensten deze lijsten toesturen. Als vuistregel geldt: voor residentiële nieuwbouw zal 97 à 98 % van de vergunningen overgaan tot een reële bouwactiviteit, waarvan ongeveer 80% binnen het half jaar.

Tabel 3: Aantal bouwvergunningen voor nieuwbouw en renovatie (Vlaams Gewest, 2001-2006)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ^(*)
Nieuwbouw						
Woongebouwen met 1 woning	14 988	14 397	15 122	17 193	19 195	17 503
Woongebouwen met meerdere woningen	1 696	1 780	2 052	2 446	2 849	3 053
<i>Totaal aantal woongebouwen</i>	<i>16 684</i>	<i>16 177</i>	<i>17 174</i>	<i>19 639</i>	<i>22 044</i>	<i>20 556</i>
Totaal aantal woningen	28 284	30 006	31 566	37 224	41 922	42 289
Aantal flats	13 296	15 609	16 444	20 031	22 727	24 786
Renovatie						
<i>Totaal aantal woongebouwen</i>	<i>16 405</i>	<i>17 404</i>	<i>19 692</i>	<i>18 024</i>	<i>18 032</i>	<i>18 080</i>

(*) voorlopige statistieken

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Statistiek van de bouwvergunningen en de begonnen gebouwen. (aps.vlaanderen.be)

Het totaal aantal bouwvergunningen voor nieuwbouw kende een heropleving vanaf 2003 (+1/3^e in 2005 t.o.v. 2001). Vooral de stijging van het aantal appartementsgebouwen is opvallend (+2/3^e in 2005 t.o.v. 2001). Dit is waarschijnlijk voor een groot deel het gevolg van de gezinsverdunding in Vlaanderen (VRIND 2006, p. 336).

4.2.3. Begonnen gebouwen voor nieuwbouw en renovatie

Een woning of gebouw wordt als begonnen beschouwd van zodra, na de voorbereiding en het opmaken van de plannen, de eerste werkzaamheden op de werf zelf worden uitgevoerd (levering op de werf van het materiaal en gereedschappen; eerste grafwerken, enz.).

Tabel 4: Aantal begonnen woongebouwen naar aard van het woongebouw (Vlaams Gewest, 2001-2006)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Woongebouwen met 1 woning	15 365	13 605	14 662	16 186	17 297	17 056
Woongebouwen met meerdere woningen	1 681	1 546	1 948	2 228	2 538	2 631
<i>Totaal aantal woongebouwen</i>	<i>17 046</i>	<i>15 151</i>	<i>16 610</i>	<i>18 414</i>	<i>19 835</i>	<i>19 687</i>
Totaal aantal woningen	29 160	26 707	30 880	34 380	37 403	38 208
Aantal woningen in gebouwen met meerdere woningen	13 795	13 102	16 218	18 194	20 106	21 152

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Statistiek van de bouwvergunningen en de begonnen gebouwen. (aps.vlaanderen.be)

Van 2002 tot 2006 is er een duidelijke toename van het aantal begonnen woongebouwen, maar dat aantal lag in 2006 nog beneden dat van 1997 (21 512 begonnen woongebouwen).

Tabel 5: Aantal begonnen verbouwingen (Vlaams Gewest, 2001-2006)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ^(*)
Aantal begonnen verbouwingen	16 044	16 262	18 248	17 787	16 847	16 200

(*) voorlopige statistieken

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Statistiek van de bouwvergunningen en de begonnen gebouwen. (aps.vlaanderen.be)

Het aantal begonnen verbouwingen kent sinds 2003 een dalende trend.

4.2.4. Leegstand en verkrotting

De heffing op leegstand en verkrotting van het Vlaams Gewest bestaat sinds 1996. Ze wordt geheven op drie soorten probleemtypen: verwaarloosde, leegstaande en ongeschikt of onbewoonbaar verklaarde woningen. Een woning wordt als *leegstaand* beschouwd wanneer ze meer dan een jaar niet meer effectief gebruikt is geweest. Een woning is *verwaarloosd* indien de buitenkant ernstige gebreken vertoont. Een huurwoning die niet aan de minimumkwaliteitsnormen voldoet wordt *ongeschikt* verklaard. Ze kan bovendien *onbewoonbaar* worden verklaard indien ernstige veiligheids- of gezondheidsrisico's worden vastgesteld.

Tabel 6: *Leegstand en verkrotting (Vlaams Gewest, 1996-2006)*

	verwaarlozing	leegstand	ongeschikt/onbewoonbaar
1996	92	1 703	930
1997	1 300	6 338	1 080
1998	2 809	11 180	1 190
1999	3 912	13 049	1 630
2000	3 962	13 449	2 125
2001	3 640	12 878	2 718
2002	3 202	12 149	3 127
2003	2 873	11 651	3 364
2004	2 171	9 047	3 636
2005	1 495	5 590	3 703
2006	1 296	3 894	3 808

Bron: MVG, RWO, afdeling Financiering Huisvestingsbeleid (aps.vlaanderen.be)

Volgens een objectieve woonschouwing (systematische screening door inspecteurs en verrekend tot een eindscore op basis van de ernst van de gebreken) was in 2005 in Vlaanderen 93,4% van de woningen van goede kwaliteit (i.e. ze vertoonden geen enkel zichtbaar gebrek of ze vereisten slechts een klein herstel). Voor 5,7% van de woningen was een lichte renovatie vereist. Slechts 1,0% van de woningen vereisten een zeer zware renovatie of waren aan vervanging toe. De Woonschouwing 2005 schat het aantal woningen van slechte kwaliteit in Vlaanderen tussen de 17.094 en 30.968.

4.2.5. Sloop van gebouwen

De "sloop" van gebouwen is volgens ADS "de volledige afbraak van een woning of van een gebouw, door een toevallige oorzaak vernield of om reden van openbaar nut afgebroken."

Recente statistieken over de sloop van gebouwen ontbreken, om onbekende redenen.

4.3. Onderscheid naar eigendomsverhouding

Een onderscheid naar eigendomsverhouding is van belang in verband met (verschillen in) investeringsbeslissingen. Een eigenaar-bewoner heeft andere belangen dan een (ver)huurder. De baten (minder energiegebruik en meer comfort) en de lasten (extra investeringen en onderhoud) liggen niet bij dezelfde persoon ("split incentives")⁵.

De volkstellingen (tot 1991) en de SEE peilen naar de eigendomstitel van de gezinswoning (eigenaar of huurder) en naar het publiekrechtelijk statuut van de huiseigenaar (particulier, maatschappij voor sociale woningen, andere openbare instelling, privé-vennootschap).

De census telt vruchtgebruikers en mede-eigenaars samen met de woningeigenaars.

⁵ Iets waar klassieke bottom-up engineering modellen die blind optimaliseren op basis van een life-cycle-cost analysis het bijzonder moeilijk mee hebben.

Tabel 7: Aandelen [%] naar eigendomsstatuut – alle huishoudens (Vlaams Gewest, 1997/1998, 2001)

	1997/1998	2000	2001
Eigenaar (zonder afbetaling van een lening)	39,2	-	-
Eigenaar (met afbetaling van een lening)	39,8	-	-
<i>Eigenaar – totaal</i>	<i>79,0</i>	<i>76,4</i>	<i>72,6</i>
Huurder – eigendom van particulier	15,7	17,5	16,9
Huurder – eigendom privé-genoootschap	-	-	2,8
Huurder – sociale huurwoning	2,8	3,6	5,3
Huurder – eigendom andere publieke instellingen	-	-	0,9
Huurder – verminderde huur door werkgever	0,2	0,2	-
<i>Huurder - totaal</i>	<i>18,7</i>	<i>21,3</i>	<i>25,9</i>
Gratis gehuisvest door werkgever	0,8	0,5	-
Gratis gehuisvest door andere dan werkgever	1,5	1,8	-
Woont kosteloos	-	-	1,5
<i>Woont kosteloos - totaal</i>	<i>2,3</i>	<i>2,3</i>	<i>1,5</i>

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, huishoudbudgetonderzoeken 1997/1998 en 2000; Socio-Economische Enquête 2001.

Volgens de Woonsurvey bewoonde 74,4 % van de Vlaamse huishoudens in 2005 een eigen woning. Volgens de SEREC enquête uit 2004 zou 83,5% van de particuliere huishoudens in Vlaanderen eigenaar zijn; en 16,5 % huurder. SEREC 2004 overschat waarschijnlijk het aantal eigenaars, omdat de steekproef enkel bestond uit gezinnen met een *vaste telefoon*⁶ (Bartiaux *et al.*, 2006, p. 20). In 2001 was 73,8 % van de *particuliere* huishoudens eigenaar van zijn woning, in vergelijking met 69,7 % in 1991 en 65,0 % in 1981. Het groot aantal eigenaars hoeft ons niet te verbazen. Het woonbeleid in Vlaanderen (België) heeft zich altijd – tot op de dag van vandaag – tot doel gesteld om zoveel mogelijk huishoudens eigenaar te laten maken van zijn woning. “*De eigen woning blijft voor de meesten nog steeds de beste verzekering tegen een mogelijke geldontwaarding en als verzekering tegen de oude dag*” (Keulen, 2005, p. 3).

Volgens de Woonsurvey huurde 18,5 % van de Vlaamse huishoudens in 2005 een private huurwoning. Het percentage *private* huurders (i.e. huurders bij hetzij een privé-persoon hetzij een privé-genoootschap, of bij een publieke instelling anders dan een sociale huisvestingsmaatschappij) bedroeg 20,6 % van de *particuliere* huishoudens in 2001, tegenover 24,9 % in 1991 en 29,3 % in 1981.

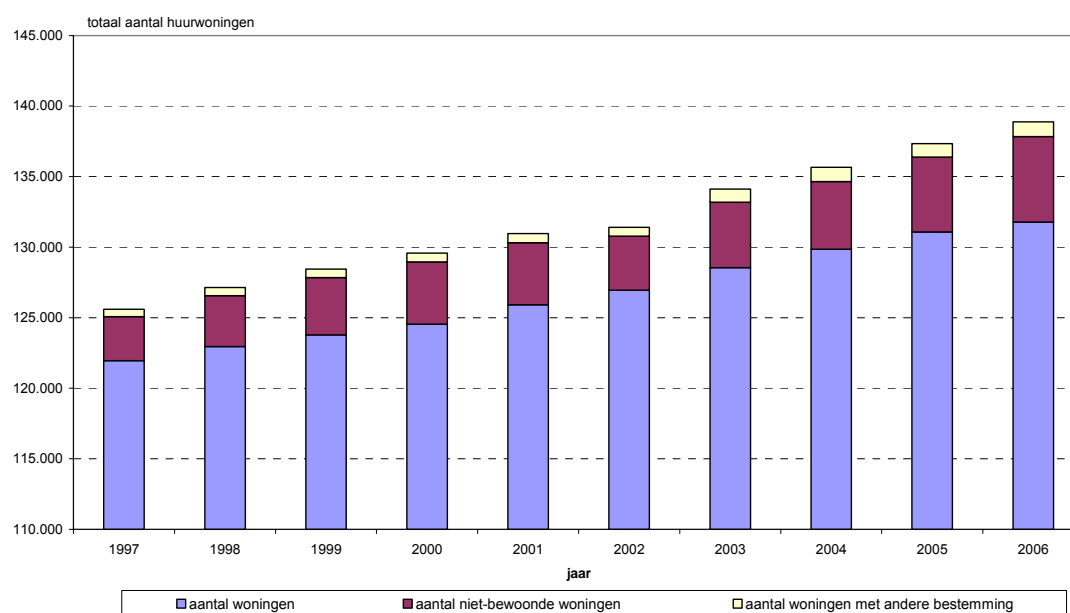
Volgens de Woonsurvey huurde 5,6 % van de Vlaamse huishoudens in 2005 een sociale woning. Het percentage *sociale* huurders (i.e. huurders bij een sociale woningmaatschappij) bedroeg 5,6 % van de *particuliere* huishoudens in 2001; tegenover 5,4 % in 1991 en 5,0 % in 1981. Het publiekrechtelijk vormgegeven extern verzelfstandigd agentschap Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen⁷ (VMSW) is de rechtsopvolger van de Vlaamse Huisvestingsmaatschappij, het Investeringsfonds voor Grond- en Woonbeleid in Vlaams Brabant (Vlabinvest) en het Garantiefonds voor de Sociale Huisvesting. De (voormalige) Vlaamse Huisvestingsmaatschappij (VHM) en de 116 door haar erkende sociale huisvestingsmaatschappijen (SHM's) stonden samen met de sociale verhuurkantoren⁸ (SVK's) in voor de huisvesting van de minder vermogenden in Vlaanderen. Met het oog daarop bouwen, verbouwen, verwerven of renoveren de SHM's sociale huur- of koopwoningen.

⁶ Jonge gezinnen die tijdelijk iets huren hebben vaak enkel een GSM.

⁷ De VMSW werd opgericht bij decreet van 24 maart 2006. Dit decreet is in werking getreden op 1 juli 2006.

⁸ De sociale verhuurkantoren willen kansarme en kwetsbare bewoners steunen door zelf woningen op de *private* huurmarkt te huren en door te verhuren aan de doelgroep. Deze huurders worden bij de private huurders gerekend.

Figuur 10: Evolutie van het aantal sociale huurwoningen (Vlaanderen, 1997-2006)



Bron: jaarverslagen van de Vlaamse Huisvestingsmaatschappij (VHM), in 2006 opgevolgd door de VMSW.

Op 1 januari 2006 beschikten de VMSW en de SHM's over 138 873 sociale huurwoningen [waarvan 6 056 leegstaand, en 1 036 woningen verhuurd buiten het sociale huurstelsel (door CAW's, OCMW's e.d.)]. De huurwoningen vertegenwoordigden ongeveer 5,4 % van het aantal particuliere huishoudens in Vlaanderen in 2004. Dit percentage is bijzonder laag, zeker in vergelijking met onze buurlanden (Nederland: 35 %; Frankrijk 17,5 %). Dit leidt tot lange wachtlijsten, zowel bij de SHM's als bij SVK's. (VRIND 2006, p. 337)

Tot slot woont een klein aantal mensen kosteloos, "vaak in de woning van een familielid." (SumResearch, 2006, p. 43). Volgens de Woonsurvey woonde 1,5% van de Vlaamse huishoudens in 2005 gratis.

Er bestaan grote verschillen in het sociaal-economisch profiel van eigenaars, privé-huurders en sociale huurders (Van Dam en Geurts, 2000) (Stativaria 31, 2004) (Pannecoucke en De Decker, 2005). Koppels met of zonder kinderen, hoger opgeleiden en tweeverdieners zijn oververtegenwoordigd bij de eigenaars⁹. Het eigenaarschap stijgt met de leeftijd, om zich op hoog niveau te stabiliseren tussen de leeftijd van 40 en 50 jaar. Alleenstaanden, laaggeschoolden en werklozen zijn dan weer oververtegenwoordigd bij de privé-huurders. Hoe ouder men wordt, hoe kleiner de kans dat men huurt, alhoewel in de leeftijdsklasse boven de 80 het aantal huurders opnieuw lichtjes toeneemt. Het profiel van de sociale huurders is gekenmerkt door een oververtegenwoordiging van vooral éénoudergezinnen (in hoofdzaak alleenstaande moeders), alleenstaanden (zowel actieven als bejaarden), gezinnen met een laaggeschoold of werkloos gezinshoofd uit alle leeftijdscategorieën, en gezinnen met de laagste inkomens.

4.4. Onderscheid naar aard van de woning

De volkstellingen (tot 1991) en de SEE (2001) maken vooreerst een onderscheid tussen mobiele woningen (woonwagen, caravan) en gebouwde woningen; de gebouwde woningen worden vervolgens opgesplitst in eengezinswoningen en meergezinswoningen (inclusief appartement, studio, éénkamerwoning of loft¹⁰); en de eengezinswoningen worden tot slot opgedeeld volgens bouwwijze: open bebouwing of "alleenstaande woning" (4 gevels), half open bebouwing (3 gevels) en gesloten bebouwing of "rijwoning" (2 gevels).

⁹ Bij hooggeschoolde tweeverdieners tussen de 45 en 65 jaar en met twee kinderen is 95% eigenaar (SEE2001).

¹⁰ Het is in de enquëtering niet duidelijk wat het onderscheid is tussen studio, 1-kamerwoning of loft.

De Algemene Directie Statistiek (voorheen N.I.S.) maakt geen onderscheid tussen de verschillende types meergezinswoningen. "Dit is spijtig, want de verscheidenheid tussen deze types is groot, een loft is bijvoorbeeld niet te vergelijken met een kamer." (SumResearch, 2006, p. 41)

Tabel 8: Aandelen [%] van het woningbestand naar aard van de woning (Vlaams Gewest, 1991, 1995/1998, 2001)

	1991	1995/1998 (1)	2000	2001	2004	2005
open bebouwing	33,2	38,28	36,34	36,3	37,0	33,6
half open bebouwing	17,6	22,48	20,95	20,5	21,5	20,7
rijwoning	25,4	23,64	23,55	22,7	23,0	25,6
appartement, studio, kamer, loft	20,8	15,10	17,44	20,0	17,9	19,9
andere woningtypes	3,0	0,50	1,72	0,5	0,7	0,2
<i>totaal</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

(1) Onderzochte periode: van 1 juni 1995 tot en met 31 mei 1998 (gemiddelde van drie onderzoeken 1995/1996, 1996/1997 en 1997/1998).

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Volkstelling 1991; huishoudbudgetenquêtes 1995/1996, 1996/1997 en 1997/1998 en 2000; Socio-Economische Enquête 2001. Deze statistiek heeft betrekking op en op de hoofdverblijfplaats van de huishoudens ; SEREC 2004; Woonschouwing 2005.

Volgens de ADS is het aantal eengezinswoningen in Vlaanderen van 1991 tot 2001 toegenomen van 1.680.534 tot 1.831.905, een stijging met 9%. Er waren in Vlaanderen in 1981 'nog maar' 1.545.977 eensgezinswoningen.

Tabel 9: Aandeel [%] van bevolking en huishoudens en gemiddelde grootte [# personen] van de huishoudens naar aard van de woning (Vlaams Gewest, oktober 2001)

	Bevolking	Huishoudens	Gemiddelde grootte v/h huishouden
Eensgezinswoning - alleenstaande woning	41,1	36,1	2,80
Eensgezinswoning - half open bebouwing	21,6	20,4	2,61
Eensgezinswoning - rijwoning	22,6	22,6	2,46
Eensgezinswoning - type onbekend	0,4	0,4	2,64
<i>Eensgezinswoning – totaal:</i>	<i>85,7</i>	<i>79,5</i>	<i>2,65</i>
Appartement, studio, kamer, loft	13,6	20,0	1,68
Caravan, chalet, woonwagen	0,1	0,1	2,21
Ander type	0,6	0,4	2,46

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Volkstelling 1991; huishoudbudgetenquêtes 1995/1996, 1996/1997 en 1997/1998; Socio-Economische Enquête 2001

Ongeveer 79,5 % van de Vlaamse huishoudens (of 85,7% van de Vlaamse bevolking) woonde in 2001 in een eengezinswoning en 20,0% (of 13,6% van de huishoudens) in een appartement, studio, kamer of loft. De overige 0,5% (of 0,7% van de Vlaamse bevolking) woonde in een stacaravan, chalet of woonwagen of in nog een ander soort woning. De Vlaamse overheid wil het wonen in een caravan of woonwagen zoveel mogelijk beperken, "maar houdt er ook rekening mee dat kansarmen soms geen andere mogelijkheid hebben" (VRIND 2003, p. 379).

De omvang van de huishoudens verschilt naargelang de aard van de woning. De kleinste huishoudens treffen we doorgaans aan in appartementen, studio's, kamers en lofts (gemiddeld 1,68 personen) en in stacaravans, chalets en woonwagens (1,89). Huishoudens die in rijhuizen wonen tellen gemiddeld 2,46 personen en huishoudens in woningen van het type "half open bebouwing" (woonhuizen die aan één kant tegen een ander huis aanleunen) 2,61 personen. Huishoudens in alleenstaande woningen zijn met gemiddeld 2,80 leden het

omvangrijkst. Een doorsnee Vlaams huishouden telde op oktober 2001 gemiddeld 2,46 personen (FOD Economie)¹¹.

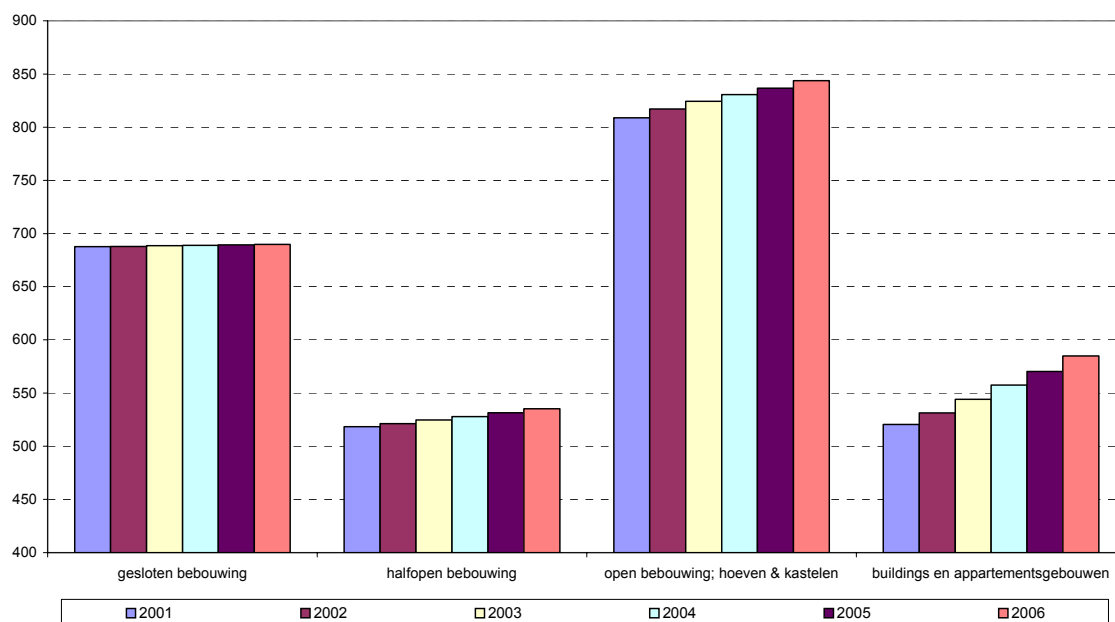
In 1991 woonden 122.603 Vlaamse gezinnen (5,8% van het totaal aantal Vlaamse gezinnen) in gebouwen met 10 of meer woningen (grotere appartementsgebouwen). Tien jaar later is dat aantal gestegen tot 138.485 (6,0% van het totaal aantal Vlaamse gezinnen), of een stijging met +13,0%.

Tabel 10: Aandelen [%] van "woongelegenheden" (particuliere woningen) volgens type gebouw (Vlaams Gewest; 1995, 2001-2006)

	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006
gesloten bebouwing	29,2	27,1	26,9	26,7	26,4	26,2	26,0
halfopen bebouwing	21,1	20,4	20,4	20,3	20,3	20,2	20,2
open bebouwing; hoeven & kastelen	31,0	31,9	31,9	31,9	31,9	31,8	31,8
buildings & appartementsgebouwen	18,6	20,5	20,8	21,1	21,4	21,7	22,0

Bron: Kadaster

Figuur 11: Evolutie van het aantal woongelegenheden volgens type gebouw (Vlaams Gewest, 2001-2006)



Bron: Kadaster

De gegevens van het kadaster tonen voor de periode 2001-2006 een duidelijke trend naar meer particuliere woningen in gebouwen met meerdere woningen. Deze toename lijkt vooral ten koste te gaan van het *aandeel* van rijhuizen (alhoewel het *absolute* aantal rijhuizen ongeveer gelijk blijft). Het *aandeel* van woningen in rijhuizen is volgens het kadaster groter dan volgens de ADS; omgekeerd is het *aandeel* van woningen in open bebouwing volgens het kadaster kleiner dan volgens de ADS. Het aantal alleenstaande woningen blijft stijgen, maar minder snel dan het aantal woningen in meergezinsgebouwen. Wat betreft het *aandeel* van woningen in halfopen bebouwing stemmen beide gegevensbronnen (ADS en kadaster) goed met elkaar overeen. Er is – volgens de data van het kadaster – een lichte stijging van het absolute aantal woningen in halfopen bebouwing.

4.5. Onderscheid naar woonoppervlakte

De bewoonbare oppervlakte of *woonoppervlakte* is de som van de oppervlaktes van alle woonvertrekken op de verschillende niveaus. Een *woonvertrek* omvat studio of loft, keuken (apart of geïntegreerd in een ander vertrek), zitkamer en eetkamer apart of samen ("living"), "bureau"¹² voor privé-gebruik, speelkamer of ontspanningskamer, en slaapkamer (inclusief zolderkamer). Een woonvertrek omvat niet badkamer, toilet, strijkkamer, hal, veranda, garage, zolder, kelder of enig ander vertrek dat niet in de bovenvermelde lijst van woonvertrekken staat. SEE2001 vroeg bijkomend naar aantal 'vertrekken'¹³ voor beroepsdoeleinden, "zolder en dakkamers niet ingericht als woonvertrek", en "strijkkamer, bergruimte en kelder (behalve garage)".

Tabel 11: Aandelen [%] van het woningbestand naar woonoppervlakte (Vlaams Gewest, 1981, 1991, 2001)

	1981	1991	2001
minder dan 35 m ²	4,4	3,5	-
35 tot 44 m ²	5,1	4,0	-
45 tot 54 m ²	7,9	11,2	-
55 tot 64 m ²	12,2	9,5	-
65 tot 84 m ²	28,7	23,1	-
minder dan 85 m ² ⁽¹⁾	(58,3)	(51,3)	54,1
85 tot 104 m ²	22,9	20,6	22,1
105 tot 124 m ²	9,6	15,8	13,3
meer dan 125 m ²	9,3	12,3	10,6
<i>Totaal</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

(1) Bij de Volkstelling van 1981 en 1991 werd de "minder dan 85 m²"-categorie nog opgesplitst. In 2001 was dit niet meer het geval.

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Volkstelling 1981 en 1991, Socio-Economische Enquête 2001

In 2001 had ruwweg 54 % van de Vlaamse woningen een woonoppervlakte van minder dan 85 m²; 35 % tussen 85 en 125 m²; en 11 % meer dan 125 m². In vergelijking met de volkstelling van 1991 beweren meer huishoudens over minder dan 85 m² woonoppervlakte te beschikken, en minder huishoudens over meer dan 105 m² woonoppervlakte. Deze evolutie zou samenhangen met de gezinsverdunding, vermits alleenstaanden¹⁴ doorgaans kleiner wonen (VRIND 2003, p. 379).

Tabel 12: Aandelen [%] van particuliere woningen naar vloeroppervlakte volgens SEREC 2004 (Vlaams Gewest, 2004)

Vloeroppervlakte	2004
Minder dan 50 m ²	(1,1)
50 tot 99 m ²	17,7
100 tot 149 m ²	18,1
150 tot 199 m ²	16,6
200 tot 249 m ²	15,1
Meer dan 250 m ²	11,3
Ik weet niet	20,1
<i>Totaal :</i>	<i>100,0</i>

Bron: SEREC 2004

Het is uit de SEREC 2004 enquête niet duidelijke welke *vloeroppervlakte* precies wordt bedoeld. "..., it is still unclear if the respondents estimated the floor area or the total area of their dwellings (Square meters per dwelling)" (Bartiaux *et al.*, 2006, p. 21). Het percentage antwoorden "ik weet niet" is bovendien erg groot. De onderzoekers vermoeden daarom dat

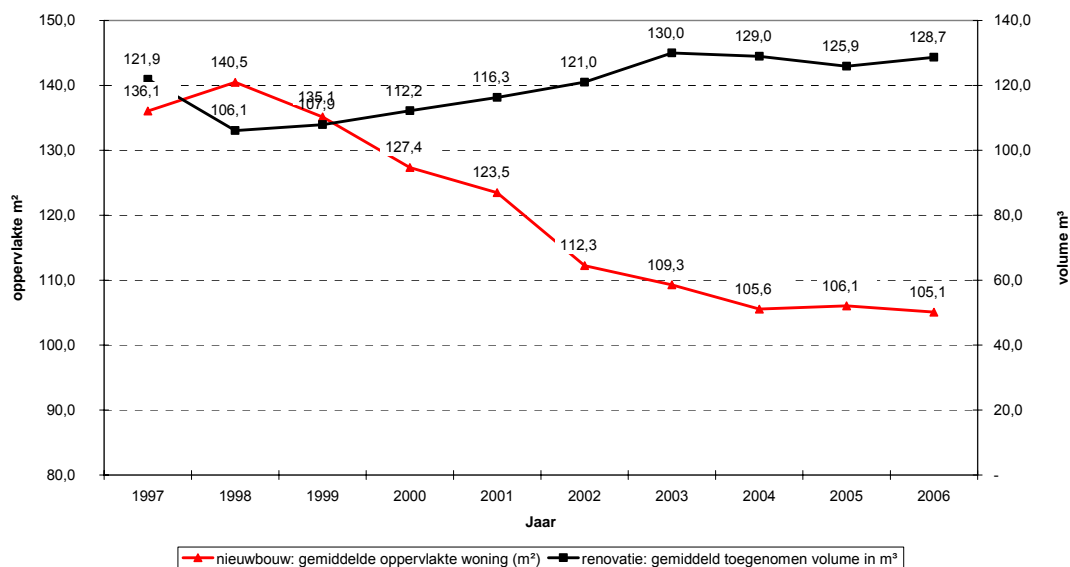
¹² In correct Nederlands is "bureau" het meubel, en niet het vertrek waar een bureau staat.

¹³ SEE2001 vroeg niet naar de vloeroppervlakte van deze niet-woonvertrekken.

¹⁴ Ruim 72% van de Vlaamse alleenstaanden beweerde over minder dan 35 m² woonoppervlak te beschikken !

hun enquête de vloeroppervlakte overschat (id., ibid, p.21). Het is evenmin duidelijk waarom SEREC 2004 opteerde voor categorieën die sterk afwijken van de categorieën die de ADS hanteert. Dit maakt een zinnige vergelijking praktisch onmogelijk.

Figuur 12: Gemiddelde oppervlakte bij nieuwbouw en gemiddelde toename van het volume bij renovatie (Vlaams Gewest, 1997-2006)



Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Volkstelling 1981 en 1991, Socio-Economische Enquête 2001

De gemiddelde bewoonbare oppervlakte van een nieuwbouwing daalde van 141 m² in 1998 naar 105 m² in 2006. Het volume van een woning nam in 2006 met gemiddeld 129 m³ toe na een renovatie (tegenover 106 m³ in 1998). In 2005 bedroeg de gemiddelde toename van het volume¹⁵ 'slechts' 126 m³.

Het Kadaster deelt gebouwen enkel in naar *bebouwde grondoppervlakte*. De bebouwde grondoppervlakte is de grondoppervlakte die werkelijk wordt ingenomen door een gebouw, met uitsluiting van b.v. binnenplaatsen of koeren.

Tabel 13: Aandelen [%] van de bebouwde grondoppervlakte van woongebouwen (*) volgens het Kadaster (Vlaams Gewest; 1995, 2001-2006)

	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006
< 45 m ²	2,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7
45 - 64 m ²	8,9	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,7
65 - 104 m ²	30,6	29,7	29,6	29,5	29,4	29,3	29,2
> 104 m ²	58,6	60,4	60,6	60,8	61,0	61,2	61,4
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

(*) Data voor de volgende types gebouwen: huizen in gesloten, halfopen en open bebouwing, hoeven en kastelen, en buildings en appartementsgebouwen.

Bron: Ecodata, Kadaster

De bebouwde grondoppervlakte is voor onze studie een weinig bruikbaar gegeven.

¹⁵ Het volume is het product van de oppervlakte van het gelijkvloers met het hoogteverschil tussen de vloer van de benedenverdieping en de halve hoogte van het dak of, indien het om een plat dak gaat, tot de bovenzijde van het dak.

4.6. Onderscheid naar bouwjaarklasse

De SEE2001 vraagt naar de bouwperiode van het gebouw waarin de woning is gelegen. Indien de respondenten het antwoord niet kennen, kunnen ze kiezen tussen "ik weet het niet, maar ik denk 20 jaar geleden of langer", of "ik weet het niet, maar ik denk minder dan 20 jaar geleden". Voor een woonwagen of caravan is de vraag niet van toepassing.

Tabel 14: *Percentage [%] huishoudens dat leeft in een woning volgens bouwjaar van de woning (Vlaams Gewest, 1999, 2001)*

	1991	1999	2001	2004
voor 1918	-	7,9	-	-
voor 1919	11,0	-	7,5	7,3
1918-1945	-	14,2	-	-
1919-1945	14,4	-	12,1	12,2
1946-1960	19,8	16,6	13,0	11,2
1961-1970	-	15,8	12,5	-
1961-1975	-	-	-	17,0
1961-1980	30,8	-	-	-
1971-1980	0,0	17,8	13,7	-
1976-1990	-	-	-	20,3
1981-1990	10,5	14,9	9,0	-
1991-1995	-	-	6,3	-
1991 tot - ...	-	11,2	-	-
1991 tot - ...	-	-	-	22,7
1996 tot - ...	-	-	6,0	-
onbekend	13,6	1,6	20,0	9,3
Totaal	100,0	100,0	100,0	100,0

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Volkstelling 1991, huishoudbudgetonderzoek 1999, Socio-economische enquête 2001; SEREC 2004.

Van een groot aantal Vlaamse huishoudens kent de Algemene Directie Statistiek (ADS) het exacte bouwjaar van de woning niet¹⁶. Van ongeveer driekwart van deze huishoudens moet de woning ouder zijn dan 20 jaar. Dit zou betekenen dat 539.817 woningen (of 23,6% van het totaal aantal woningen) in Vlaanderen in 2001 minder dan 20 jaar oud was. In 201.171 woningen in Vlaanderen (of 9,8% van het totaal) gebeurden in de 10 jaar tijd die SEE2001 voorafgingen belangrijke verbouwingen.

Tabel 15: *Aandelen van de woongebouwen (*) naar bouwjaarklasse, volgens het Kadaster (Vlaams Gewest; 1995, 2001-2006)*

	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006
voor 1900	10,6	9,5	9,4	9,3	9,2	9,1	8,9
1900- 1918	6,8	6,3	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0
1919-1945	18,7	17,3	17,2	17,0	16,9	16,7	16,6
1946-1961	18,4	17,3	17,2	17,1	17,0	16,9	16,8
1962-1970	13,5	12,8	12,7	12,6	12,5	12,4	12,4
1971-1981	17,6	16,6	16,5	16,4	16,3	16,2	16,1
na 1981	14,4	20,2	20,8	21,5	22,1	22,7	23,4
Totaal	100,0	100,0	100,0%	100,0	100,0	100,0	100,0

(*) Data voor de volgende types gebouwen: huizen in gesloten, halfopen en open bebouwing, hoeven en kastelen, en buildings en appartementsgebouwen.

De statistieken weerspiegelen de toestand op 1 januari van het aangegeven jaar.

Bron: Ecodata, Kadaster

¹⁶ "Vooral huurders zijn vaak niet goed op de hoogte van de periode waarin hun woning gebouwd werd. Ook voor woningen die meer dan ca. 50 jaar oud zijn begint de betrouwbaarheid van het antwoord in de census te dalen." (Surkyn & Deboosere, s.d., p. 38)

De gegevens van de SEE2001 zijn eigenlijk ontoereikend voor de studie van het bouwjaar van de woningen. “Kadastergegevens kunnen hiervoor een beter alternatief vormen, zeker als het mogelijk zou zijn om deze gegevens te koppelen aan andere bestanden, bvb. dat van het Rijksregister.” (Stativaria 31, 2004, p. 39) De bouwperiode van het gebouw waarin een woning is gelegen wordt nauwkeurig opgetekend in het kadaster. “De kadastergegevens m.b.t. de bouwperiode zijn tegelijk preciezer en betrouwbaarder dan de gegevens uit de census.” (Surkyn & Deboosere, s.d., p. 18).

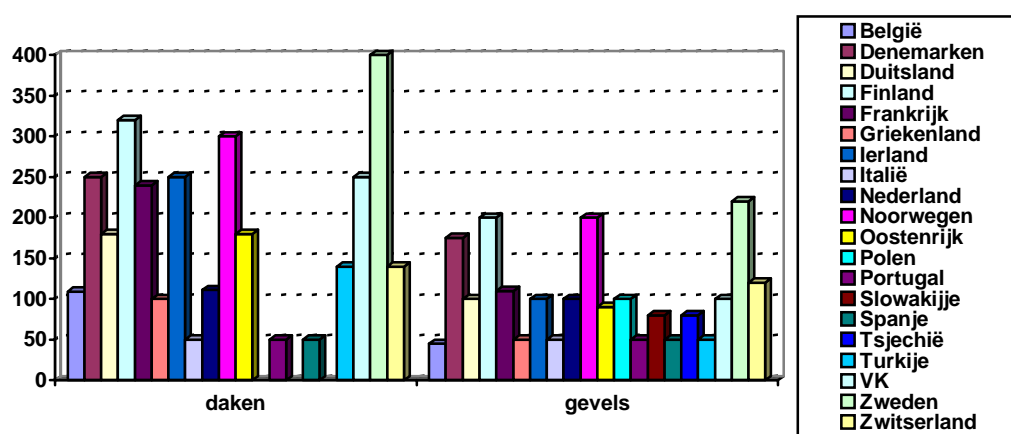
Volgens de gegevens van het Kadaster waren op 1 januari 2006 in Vlaanderen 14,9% van de woongebouwen opgericht voor 1918; 16,6 % tussen 1919 en 1945; 45,2% tussen 1946 en 1981; en 23,4% na 1981.

4.7. Onderscheid naar energetische kenmerken

4.7.1. Het thermisch isolatiepeil - algemeen

Het woningenbestand in Vlaanderen scoort energetisch slecht (Hens & Verbeeck, 2002, p. 3). Het gemiddeld energiegebruik voor verwarming in de doorsnee Vlaamse woning ligt effectief aan de hoge kant (zie figuur 14). Energiezuinig bouwen zou nu eenmaal niet echt een aandachtspunt zijn in de Vlaamse bouwtraditie. “De voorkeur voor open bebouwing, een groot gemiddeld woonoppervlakte en beperkte compactheid van de woningen met dikwijls ontoereikende warmteisolatie zijn de oorzaken van een hoog energieverbruik in vergelijking met de andere Europese landen” (viWTA, 2004, p. 12).

Figuur 13: Dikte in mm van muur- en dakisolatie in nieuwbouwwoningen (*) (EU, 2001)



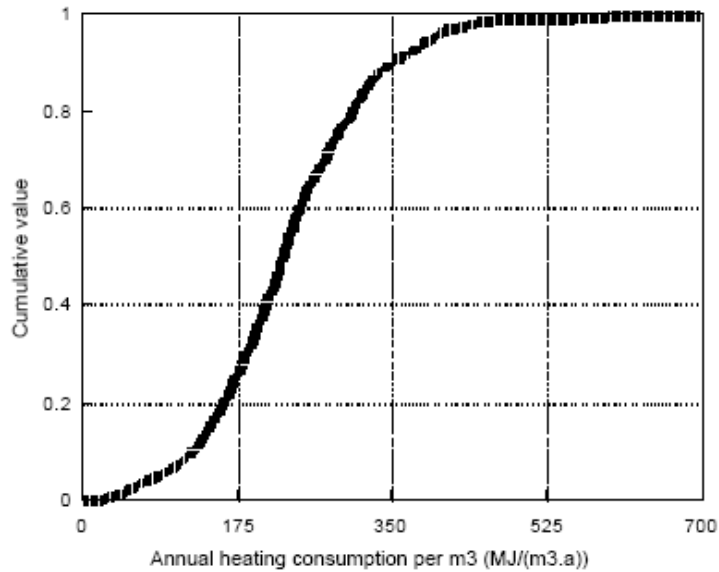
(*) Gebaseerd op energieprestatie-eisen anno 2001.

Bron: Eurima, 2001.

De woongebouwen in Vlaanderen behoren bovendien tot de zwakst geïsoleerde in Europa. Volgens een studie van Eurima uit 2001 is de dikte van de muur- en dakisolatie in België vergelijkbaar met deze in het zuiderse Griekenland¹⁷.

¹⁷ 45 mm voor buitenmuren in België t.o.v. 50 mm voor Griekenland en Turkije; 200 mm voor Noorwegen en Finland en 220 mm voor Zweden. De gemiddelde isolatiedikte voor daken in België in 2001 bedroeg 109 mm t.o.v. 100 mm voor Griekenland; 300 mm voor Noorwegen, 320 mm voor Finland en 400 mm voor Zweden. (Eurima, 2001)

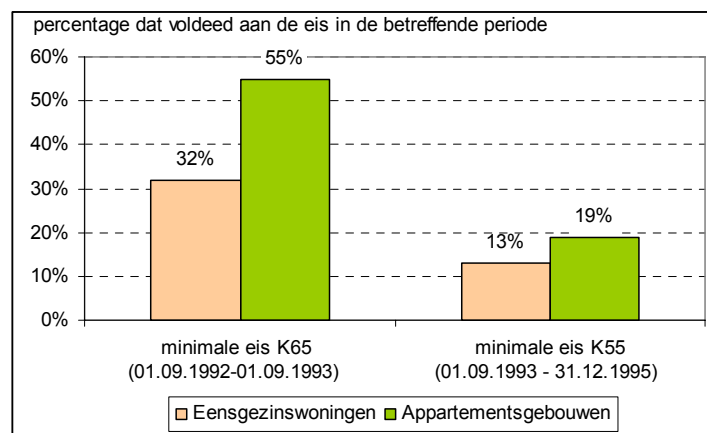
Figuur 14: Cumulatieve frequentie van het gemeten jaarlijks energiegebruik voor verwarming in 964 woningen (Vlaanderen, ...)



Bron: Hens en Verbeeck, 2002.

Figuur 14 toont de somcurve van het gemeten jaarlijks gebruik voor verwarming per m³ beschermd volume in 964 woningen, omgerekend naar het typejaar voor Ukkel. De verzameling woningen bevat 258 toevallig gekozen oudere en nieuwere eengezinswoningen 41 energie-efficiënte woningen uit de jaren tachtig en 655 sociale woningen gebouwd tussen 1960 en 1999. Het gemiddeld energiegebruik voor verwarming is gelijk aan 233 MJ/(m³.a) [standaarddeviatie: 96.4 MJ/(m³.a); minimum: 12 MJ/(m³.a); maximum: 967 MJ/(m³.a)] (Hens en Verbeeck, 2002, p. 3)¹⁸. Ter vergelijking, voor een lage energiewoning zou het jaarlijks primair energiegebruik voor ruimteverwarming lager moeten zijn dan 60 MJ/m³.

Figuur 15: Aandelen van nieuwbouw eengezinswoningen en appartementsgebouwen die voldeden aan de minimeisen van het isolatiebesluit (Vlaams Gewest, 1992-1996)



Bron: SENVIVV, 1999.

¹⁸ Een meer gedetailleerde analyse van de dataset toonde aan dat het genormaliseerde jaarlijkse eindgebruik voor verwarming per m³ beschermd volume [in MJ/(m³.a)] minder dan evenredig stijgt met de specifieke geleidingsverliezen per eenheid volume [in W/(m³.K)]. Dit is een gevolg van het "rebound-effect", waar we later uitgebreider op in zullen gaan.

Voor 01.09.1992 waren er in het Vlaamse Gewest *geen* eisen i.v.m. het isolatiepeil van woningen. De inmiddels voorbijgestreefde minimale eisen van het isolatiebesluit¹⁹ (o.m. K65²⁰ voor bouwaanvragen tussen 01.09.1992 en 01.09.1993 en K55 voor bouwaanvragen tussen 01.09.1993 en 31.12.2005, in combinatie met maximale U-waarden voor diverse bouwelementen) waren weinig ambitieus en werden maar beperkt gerealiseerd (figuur 15) (viWTA, 2004, p. 64).

Uit het SENVIVV (1999) onderzoek bleek dat voor eensgezinswoningen de gemiddelde K-waarde gelijk was aan 75 voor woningen die niet aan een minimale eis voor thermische isolatie moesten voldoen (i.e. woningen vergund voor 01.09.1992); K76 voor woningen die aan de K65 eis moesten voldoen (vergund tussen 01.09.1992 en 01.09.1993) en K75 voor woningen die aan de K55 eis moesten voldoen (vergund na 01.09.1993). Voor appartementsgebouwen bedroeg de gemiddelde waarde K67, zowel voor de gebouwen die niet aan een eis moesten voldoen als voor de gebouwen die aan de K65 eis moesten voldoen; en K65 voor gebouwen die aan de K55 eis moesten voldoen. De betere gemiddelde "score" van de appartementsgebouwen (K66 t.o.v. K75) betekende niet dat zij beter thermisch geïsoleerd waren dan de eensgezinswoningen (uit het SENVIVV onderzoek bleek eerder het tegendeel), maar wel dat de gemiddelde volumecompactheid bij appartementsgebouwen een stuk hoger is dan bij eensgezinswoningen (SENVIVV, 1999, p. 14). Een andere vaststelling van het SENVIVV onderzoek was dat het aandeel van goed geïsoleerde woningen (<K55) weliswaar toenam naarmate de eisen strenger werden (van 8% bij geen eis tot 19% na het invoeren van de K55 eis), maar dat dit niet tot uiting kwam in het gemiddelde door de grote invloed van de slecht geïsoleerde woningen (hoog K-peil) (SENVIVV, 1999, p. 16). De reden voor de beperkte invloed van het besluit was het gebrek aan controle en sanctiemogelijkheden (viWTA, 2004, p. 64). Volgens een evaluatie uit 2004 van het toenmalige ANRE werden de isolatieverplichtingen na 1996 beter nageleefd.

Uit het voorgaande kunnen we vermoeden dat er wellicht een verband bestaat tussen het thermisch isolatiepeil en de ouderdom van de woningen. Er bestaat (voorlopig nog) geen volledige, gedetailleerde inventarisatie van de thermische kwaliteit van Vlaamse woningen. We moeten bijgevolg werken met 'expertoordeel' voor woningen vergund voor september 1992; en met de minimale eisen van het isolatiebesluit (gedurende de periode 01.09.1992 – 31.12.2005) en van het EPB-besluit (vanaf 01.01.2006).

Tabel 16: *Vertaling van de ouderdom van de woning naar (gemiddelde) U-waarden*

	Voor 1945	1945-1971	1971-1981	1981-1992
	U-waarde	U-waarde	U-waarde	U-waarde
	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]	[W/(m ² .K)]
Gevel	2,0	1,3	0,6	0,6
Dak	1,6	1,6	0,5	0,4
Vloer	4,0	4,0	4,0	1,2
Glas / Schrijnwerk	5,8 / 1,8	5,8 / 1,8	3,1 / 1,8	3,1 / 1,8

Bron: Hens (1996); Hens, Verbeeck & Verdonck (2001).

De meeste woningen gebouwd voor 1945 hadden massieve bakstenen muren met een dikte van 30 cm en geen dak- of vloerisolatie. De vensters waren voorzien van enkel glas. (Hens, Verbeeck & Verdonck, 2001, p. 276) Gevels met een hoogte tot 15 meter hadden ter hoogte van de gelijkvloerse verdieping een minimale dikte van 38 cm of 2 bakstenen, voor de overige verdiepingen werd dat 28 cm of 1½ baksteen. Voor een volle 2-steense muur uit zwaar metselwerk bedraagt de U-waarde 1,95 W/(m².K); voor de 1½ steense muur is de U-waarde gelijk aan 2,37 W/(m².K). (Hornaert, 2000, p. 12). Na 1945 ontstond de gewoonte om de

¹⁹ Besluit van de Vlaamse Executieve van 18 september 1991 houdende het opleggen van minimum eisen inzake thermische isolatie van woongebouwen (B.S. 18 maart 1992).

²⁰ Peil van globale warmte-isolatie, volgens NBN B62-3001 (K-peil). Het K-peil houdt rekening met de oppervlaktegewogen gemiddelde warmtetransmissiecoëfficiënt (U of k) van de gebouwschil in functie van de compactheid (volume/warmteverliezende oppervlakte).

buitenmuren uit te voeren in de vorm van bakstenen spouwmuren²¹. Tot 1960 was de spouwmuur 35 cm dik, en als volgt samengesteld: 9 cm gevelblad uit zwaar metselwerk, 6 cm luchtspouw, 19 cm binnenblad uit vol metselwerk, en 1 cm pleisterwerk. De U-waarde van dergelijke spouwmuur is 1,53 W/(m².K). Vanaf de jaren '60 is men voor het binnenspouwblad meer en meer overgeschakeld op snelbouw, omwille van zijn snelle en eenvoudige uitvoering. Een 14 cm geperforeerde baksteen heeft ongeveer dezelfde warmteweerstand als 19 cm volle baksteen, zodat de dikte van de spouwmuren voortaan nog maar 30 cm i.p.v. 35 cm bedroeg. (Hoornaert, 2000, p. 12-13). Vanaf 1970 (of beter na de oliecrisis van 1973) werd het gebruikelijk om de spouwmuren en de daken te isoleren en om de vensters te voorzien van dubbel glas. (Hens, Verbeeck & Verdonck, 2001, p. 276) Een spouwmuur met een 9 cm gevelblad uit zwaar metselwerk, een 3 cm luchtspouw, een 4 cm laag isolatie [$\lambda = 0,030$ W/(m.K)], een 14 cm binnenblad uit halfzwaar metselwerk en 1 cm pleisterwerk heeft een U-waarde van 0,49 W/(m².K) (Hoornaert, 2000, p. 13-14) In de jaren '80 nam de isolatie van de daken toe en begon men ook de onderste vloeren te isoleren. (Hens, Verbeeck & Verdonck, 2001, p. 276)

Tabel 17: Vertaling van de ouderdom van de woning in luchtdichtheid en ventilatievoud

	Luchtdichtheid	Effectief ventilatievoud n,h ⁻¹
Voor 1945	Schoorsteen per kamer, lek schrijnwerk	1,2
1945-1971	Schrijnwerk van iets betere kwaliteit, meer cv	1,1
1971-1981	Schrijnwerk luchtdichter, cv meer verspreid	0,8
1981-1992	Luchtdicht schrijnwerk, cv algemeen	0,6

Bron: Hens (1996); Hens, Verbeeck & Verdonck (2001)

Alhoewel men ten behoeve van het simuleren van het energiegebruik van het bestaande woningpark ouderdom kan vertalen naar bouwfysische kwaliteit, moet men beseffen dat dit een vereenvoudiging is van de realiteit. In werkelijkheid is de samenhang tussen thermische kwaliteit en ventilatievoud enerzijds en ouderdom van de woning anderzijds veel toevalliger dan aangenomen in tabellen 16 en 17. (Hens, 1996, p. 7)

Wat betreft recente ontwikkelingen blijkt uit een rondvraag van Bouwunie in 2007 bij diverse fabrikantengroeperingen en de distributienetbeheerders dat de vraag naar isolatie, hoogrendementsglas, condensatietetels voor de verwarming en zonnecollectoren sinds 2002 sterk is gestegen. De vraag naar isolatie is zelfs zo groot dat sommige fabrikanten met een productiecapaciteitstekort kampen. Men plaatst niet alleen vaker isolatie, ook de gemiddelde isolatiedikte zit in stijgende lijn (nu meestal 12 cm in de klassieke materialen). De verkoop van isolerende beglazing (dubbel, driedubbel en hoogrendementsglas) is de jongste jaren eveneens sterk toegenomen. Terwijl in 2002 slechts 39 % van de productie van raamglas bestond uit hoogrendementsglas, is dit aandeel in 2006 gestegen tot 70 % van de productie. Eandis betaalde in 2006 alleen al premies uit voor bijna 200.000 m² beglazing. In meer dan driekwart van de gevallen ging het om de vervanging van enkel glas.

Uit de enquête van Bouwunie bij haar leden uit de verschillende betrokken beroepsgroepen (ruwbouwaannemers, schrijnwerkers en installateurs cv/sanitair) blijkt dat meer dan de helft van de schrijnwerkers vaker hoogrendementsglas plaatst. 39% plaatst ook meer of vaker dakisolatie. Hier valt op dat een relatief groot aantal (13%) al superisolerend schrijnwerk plaatst. Zowat driekwart van de algemene en ruwbouwaannemers paste n.a.v. de EPB-regelgeving zijn bouwmethode aan op vlak van isolatie en de meesten ook op vlak van ventilatie. Opvallend is dat 51% van hen ervaring heeft met gebouwen en woningen die beter doen dan het wettelijke maximale E-peil van 100. Meer dan 83 tot 90 % (afhankelijk van de beroepsgroep) van de bouwkm'o's zouden al ervaring hebben met het gebruik van milieuvriendelijke materialen. Een derde van de bouwondernemingen werkt zoveel (als economisch) mogelijk met deze materialen.

²¹ Een binnen- en een buitenmuur, gescheiden door een luchtspouw. Het binnenspouwblad vormt de dragende structuur van het gebouw, het buitenspouwblad voorkomt regendoorslag. De thermische kwaliteit van een niet-geïsoleerde spouwmuur is ontoereikend.

In de volgende hoofdstukken tonen we de resultaten van enkele enquêtes uit de periode 1991 – 2005, waarin o.m. werd gepeild naar het thermisch isolatiepeil van woningen. Men moet hierbij bedenken dat de vragen van de SEE2001 i.v.m. de aanwezige isolatie in de woning meestal “*met een zeer grote item non-response*” kampen (Stativaria 31, p. 26). Een gelijkaardige opmerking geldt voor de enquêtes van het VEA.

4.7.2. Compactheid

Er is weinig statistisch materiaal over de compactheid²² van de woningen in Vlaanderen.

De voorkeur gaat in Vlaanderen nog altijd uit naar open bebouwing. Alleenstaande woningen hebben een slechtere compactheid (en bijgevolg een hoger energiegebruik) dan appartementen, rijwoningen en woningen in halfopen bebouwing (viWTA, 2004, p. 61). Specifiek voor België is dat het woonbeleid na de Tweede Wereldoorlog bijna volledig was toegespitst op eigendomsverwerving van eengezinswoningen en op particulier initiatief, principes die de basis vormden van de eerste huisvestingwet met grote draagwijdte, met name de Wet De Taeye (1948). Die wet was een groot succes in het overwegend katholieke en landelijke Vlaanderen, en was ongetwijfeld een van de belangrijkste voedingsbodems voor het karakteristieke Vlaamse ‘wilde wonen’. (Van Herck *et al.*, 2006, p. 2) “*Nieuwe woningen werden niet meer in dorpskernen of steden gebouwd, maar in verspreide slagorde over het hele grondgebied: in de rand, als lintbebouwing langs de bestaande toegangswegen en als halfopen of open bebouwing op nieuwe verkavelingen.*” (Van Herck *et al.*, 2006, p. 7). Transitie duurzaam wonen & bouwen spreekt van een ‘individualistische en starre wooncultuur’. “*De wooncultuur in Vlaanderen wordt gekenmerkt door individualiteit en honkvastheid. Dit vindt zijn uitdrukking in een relatief hoog percentage van eigenaar-bewoners, een ideaalbeeld van de alleenstaande woning op het platteland en hierdoor het verstedelijkte Vlaamse landschap.*” (Transitie duurzaam wonen & bouwen, 2005, p. 10)

De gemiddelde ontwerper zou zich weinig aantrekken van compactheid (Hens & Verbeeck, 2002, p. 7). “*Compactheid is eerder een toeval dan een optie. ... Daarbij vergeet men te dikwijls dat compactheid energiezuinig maakt.*” (Hens, 1994 p. 4)

4.7.3. Thermische isolatie van dak, muur en vloer

Een aantal enquêtes tussen 1998 en 2005 geven een idee van de mate waarin daken, muren en vloeren van woningen thermisch geïsoleerd zijn.

Tabel 18: Aandelen [%] van thermische isolatie (geheel of gedeeltelijk) van dak, muur en vloer (Vlaams Gewest, 1998, 2000, 2001, 2003, 2005)

	VEA Enquête				SCV Survey		SEE2001
	1998	2001	2003	2005	2000	2005	2001
buitenmuurisolatie	41,4	48,5	49,2	45,7	-	47,4	45,9
dakisolatie	55,5	65,7	66,1	67,5	70,3	67,8	58,3
zolderisolatie ⁽¹⁾	-	47,5	43,7	49,1	-	-	-
vloerisolatie	19,5	25,3	23,6	26,3	-	23,2	-
kelderisolatie ⁽²⁾	-	12,0	14,0	15,2	-	-	-

(1) isolatie tussen de onverwarmde zolder en de eronder gelegen woonruimtes.

(2) isolatie tussen kelder en ondervloer.

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Socio-economische enquête 2001

Volgens de VEA-enquête uit 2005 is 38% van de woningen *volledig* voorzien van muurisolatie, en 7% gedeeltelijk. Ongeveer 35% van de woningen heeft helemaal geen muurisolatie. Van de overige 20% zou ongeveer 10% wel spouwmuren hebben, maar weten de bewoners niet of deze isolatie bevatten. De resterende 10% is onbekend of geen

²² Compactheid betekent dat het bewoonbare volume wordt omsloten met een zo klein mogelijke buitenoppervlakte langs waar de warmte kan verdwijnen.

antwoord. Volgens dezelfde enquête was slechts 20% van de woningen zo oud als of ouder dan 30 jaar (in 2005) geheel voorzien van muurisolatie, en 9% gedeeltelijk.

Een recentere enquête van het VEA (2007c) geeft aan dat in 2007 86 % van de woningen een geheel of gedeeltelijk geïsoleerd dak en/of geïsoleerde zoldervloer heeft. Van 14 % van de woningen is noch het dak noch de zoldervloer geïsoleerd. Van 84 % (of 77 % ?)²³ van de woningen “rechtstreeks onder het dak” (i.e. zonder onverwarmde zolder) is het dak *volledig of gedeeltelijk* geïsoleerd. Van 65 % van de woningen “met een onverwarmde zolder” is de zoldervloer geïsoleerd, en van 21 % het dak²⁴. Van de onderzochte woningen behoorde 63 % tot het type waarbij zowel een dak als een onverwarmde zolder aanwezig is; 29 % tot het type met dak maar zonder onverwarmde zolder (“rechtsreeks onder dak”); en 8 % tot appartementen die niet op de bovenste verdieping zijn gelegen.

Op basis van de volkstelling uit 1981 zou in dat jaar slechts 11,9% van de Vlaamse woningen voorzien zijn geweest van muurisolatie; en 14,9% van plafond- en/of vloerisolatie.

4.7.4. Beglazing

Tabel 19: Aandeel dubbele beglazing (Vlaams Gewest, 1998, 2000, 2001, 2003-2005)

	VEA Enquête				SCV Survey		SEE2001	SEREC
	1998	2001	2003	2005	2000	2005	2001	2004
dubbelglas (geheel of gedeeltelijk)	69,0	78,1	78,4	84,1	77,3	80,4	72,4	85,7

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Socio-economische enquête 2001; VEA enquêtes, SEREC 2004

Volgens de VEA enquête uit 2005 is ongeveer 84% van de Vlaamse woningen geheel of gedeeltelijk voorzien van dubbelglas. De SCV survey uit datzelfde jaar houdt het bij een meer bescheiden 80%. Zowel de VEA-enquête uit 2001 als de SCV survey uit 2000 geven een groter aandeel voor dubbele beglazing dan SEE2001. De gegevens van SEREC 2004 (volgens dewelke 67,5% van de Vlaamse woningen geheel en 18,2% gedeeltelijk zijn voorzien van dubbele beglazing) lijken de resultaten van de VEA enquête uit 2005 eerder te bevestigen.

Van de gezinnen die in 2005 dubbelglas in de woning hadden zou 84% “gewoon dubbelglas” hebben en 13% “verbeterd dubbelglas” (de rest weet het niet of gaf geen antwoord). (VEA, 2005). De VEA enquête geeft geen duidelijke omschrijving van “gewoon” of “verbeterd” dubbelglas. Volgens dezelfde VEA enquête zou 59 % van alle respondenten op de hoogte zijn van het bestaan van HR glas (of “superisolerend glas” ?).

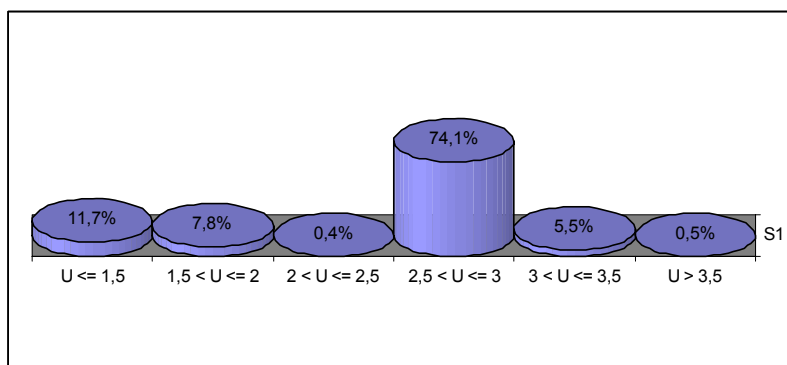
Uit een recentere enquête van het VEA (2007c) zou in 2007 75 % van de woningen *volledig* voorzien zijn van dubbele beglazing, hetzij gewoon dubbelglas hetzij verbeterd dubbelglas. Ongeveer 17 % van de woningen is slechts gedeeltelijk voorzien van dubbele beglazing; en 8 % heeft overal uitsluitend enkel glas.

Op basis van de volkstelling uit 1981 zou in dat jaar nog maar 21,8% van de Vlaamse woningen voorzien zijn geweest van dubbele beglazing.

²³ De tekst spreekt zichzelf hier tegen.

²⁴ De enquêteresultaten zijn bijzonder merkwaardig. Van woningen met dak en onverwarmde zolder heeft 21 % enkel dakisolatie, 10 % enkel zoldervloerisolatie, en 56 % *zowel dak- als zoldervloerisolatie* ! Van slechts 13 % is noch dak noch zoldervloer thermisch geïsoleerd.

Figuur 16: Aandeel van de verschillende glassoorten wat betreft U-waarde (Vlaams Gewest, nieuwbouwwoningen 01.01.1990 – 31.12.1995)



Bron: SENVIVV (1999)

De SENVIVV (1999) studie gaf aan dat hoogrendementsbeglazing [$U < 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] in de eerste helft van de jaren '90 van de vorige eeuw slechts 20% van de beglazing in in nieuwbouwprojecten (bouwaanvraag tussen 01.01.1990 en "heden"²⁵) uitmaakte (o.m. 14% van de 4/12/4 beglazing en 24 % van de 4/15/4 beglazing, waarbij de 4/12/4 en 4/15/4 glassoorten samen goed waren voor meer dan 70% van de totaal geplaatste oppervlakte) (SENVIVV, 1999, p. 34) Vanaf het begin van deze eeuw zou het gebruik van superisolerende beglazing zijn toegenomen, o.m. dank zij een dalende kostprijs en de financiële stimuli van de overheden (viWTA 2004, p. 65).

De beschikbaarheid van beter isolerende beglazing gaf architecten de mogelijkheid om de beglaseerde oppervlakten te vergroten, waardoor de gemiddelde U-waarde van de gebouwschil verslechtert en waardoor er in de zomer eventueel oververhitting kan ontstaan. In de VEA enquête uit 2005 beweerde 23% van alle respondenten in de zomer – wanneer de zon fel schijnt – last te hebben van oververhitting in de woning. De SENVIVV studie toonde aan dat afdoende zonwering en nachtelijke ventilatie nog zeer zeldzame praktijken zijn in Vlaamse nieuwbouwwoningen (viWTA, 2004, p. 65).

Het EPB-besluit legt binnenklimaatseisen op o.m. onder de vorm het beperken van het risico op oververhitting in de zomer in woongebouwen.

4.7.5. Luchtdichtheid en ventilatie

Noch SEE2001 noch SEREC 2004 doen enige moeite op informatie op te vragen omtrent de luchtdichtheid en ventilatievoorzieningen van de woningen.

Tabel 20: Luchtdichtheid en ventilatie (Vlaams Gewest; 1998, 2001, 2003, 2005)

	VEA Enquête			
	1998	2001	2003	2005
Helemaal winddicht	66%	41%	52%	63%
Behoorlijk winddicht	24%	45%	35%	26%
Beetje tochtig	8%	10%	10%	8%
Te tochtig	2%	4%	3%	3%
<i>Totaal winddichtheid:</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>
ruimtes met vochtige muren	13%	22%	16%	13%
ruimtes met schimmel op de muren	8%	10%	6%	6%

Bron: Vlaams energieagentschap (VEA).

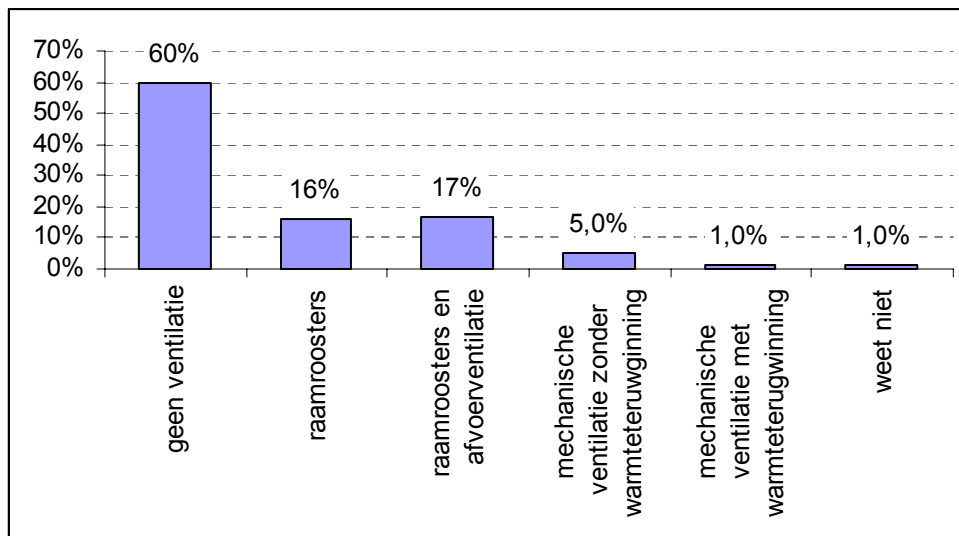
²⁵ Het SENVIVV project liep van 01.01.1995 tot 31.12.1997. Wat de auteurs met "heden" bedoelen is niet helemaal duidelijk, maar de bouwvergunning van het meest recent onderzochte gebouw dateert van 12.02.1996.

Ongeveer 63 % van de respondenten uit de VEA enquête van 2005 beweerde dat hun woning volledig winddicht was. Slechts 11 % kloeg over “beetje tochtig” of “te tochtig”. In 13 % van de Vlaamse woningen zouden en ruimtes zijn met vochtige muren, en in 6 % zelfs ruimtes met schimmel op de muren !

“Een gemiddelde Belgische woning is eerder luchtdoorlatend: $n_{50} = 5 \text{ à } 10 \text{ h}^{-1}$.” (Janssens, 2002, p. 29)

De SENVIVV (1999) studie gaf aan dat de gemiddelde n_{50} -waarde²⁶ voor luchtdichtheid in nieuwbouwwoningen in Vlaanderen [in de periode 1992-1996] 7,8 vol/h bedraagt (met een grote spreiding van 1,8 vol/h tot 25,0 vol/h), daar waar de streefwaarde gelijk is aan 3 vol/h bij toepassing van gecontroleerde mechanische ventilatie en 1 vol/h bij warmterecuperatie (SENVIVV, 1999, p. 76). De gemeten luchtdichtheden verschillen naargelang het type woning: gemiddeld 4,1 vol/h voor appartementen; 5,3 vol/h voor gesloten bebouwing; 8,3 vol/h voor halfopen bebouwing en 9,5 voor open bebouwing. Dit komt doordat “de oppervlakte in contact met de buitenomgeving in vergelijking met het ingesloten volume het kleinst is voor appartementen en het grootst voor open bebouwingen” (SENVIVV, 1999, p. 76-77). De belangrijkste lekken situeren zich over het algemeen in garages en geïsoleerde zolders. Een grote luchtoppenheid betekent niet automatisch een goede ventilatie: veel ruimten zijn zeer luchtdicht (ondergeventileerd) terwijl er toch heel wat warmte in de woning verloren gaat langs kieren en spleten (viWTA 2004, p. 65). Zo viel b.v. in de SENVIVV studie op dat “bij woningen met een zeer slechte algemene luchtdichtheid toch zeer luchtdichte slaapkamers kunnen voorkomen.” (SENVIVV, 1999, p. 81). Zelfs badkamers – waar de aanwezigheid van ventilatievoorzieningen nog belangrijker is dan in de slaapkamers, gezien de hoge vochtproductie – zouden vaak zeer luchtdicht zijn (SENVIVV, 1999, p. 80).

Figuur 17: Ventilatievoorzieningen (Vlaams Gewest, 2005)



Bron: Vlaams Energieagentschap (VEA).

De norm NBN D50-001 die sedert 1991 ventilatievoorzieningen in woningen voorschrijft, zou in de onderzochte periode van de SENVIVV studie nauwelijks zijn toegepast. Ventilatie gebeurt meestal met het openen van ramen; of de plaatsing van ventilatievoorzieningen gebeurt onberedeneerd: te grote debieten, foute plaatsing, gevelroosters in plaats van afvoer in vochtige ruimtes (SENVIVV, 1999, p. 106). “... in de meeste (woon)gebouwen is ventilatie het resultaat van toevallige ondichtheden in de gebouwschil, van het af en toe openen van een raam op initiatief van de bewoners, ...” (Janssens, 2002, p. 28) Uit de VEA enquête van 2005 moet blijken dat 16 % van de Vlaamse woningen beschikt over raamroosters; 17 % over raamroosters plus afvoerventilatie in badkamer, keuken en toilet; en 5,8 % over mechanische

²⁶ Ventilatievoud bij een drukverschil van 50 Pa.

ventilatie, al dan niet met warmteterugwinning. In de woningen van maximaal 5 jaar oud zouden beduidend meer raamroosters voorkomen dan in de oudere woningen.

Het EPB-besluit legt binnenklimaatseisen op o.m. onder de vorm van minimale ventilatievoorzieningen in woongebouwen.

4.7.6. Verwarming (en ruimtekoeling)

SEE2001 maakt voor de verwarming van de woning een onderscheid tussen 1) individuele installaties voor centrale verwarming; 2) gemeenschappelijke installaties voor c.v. voor hetzij verscheidene woningen in hetzelfde gebouw, hetzij verscheidene gebouwen; en 3) andere verwarmingsinstallaties (haard, kachel, convector, elektrisch verwarmingstoestel, enz.)

Tabel 21: Aandelen [%] van verwarmingsinstallaties in woningen (Vlaams Gewest; 1991, 1999, 2001, 2003, 2005)

	FOD Economie			VEA Enquête		
	1991	1999	2001	2001	2003	2005
individuele installatie voor CV	-	-	-	71	69	74
gemeenschappelijke installatie voor CV ⁽¹⁾	-	-	-	6	8	6
<i>Totaal CV:</i>	<i>62,6</i>	<i>62,2</i>	<i>70,8</i>	<i>77</i>	<i>77</i>	<i>80</i>
andere verwarmingsinstallatie	37,4	37,8	29,2	23	23	20

(1) voor verscheidene woningen in eenzelfde gebouw

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek: Volkstelling 1991, huishoudbudgetenquête 1999, Socio-Economische Enquête 2001.; Vlaams Energieagentschap VEA

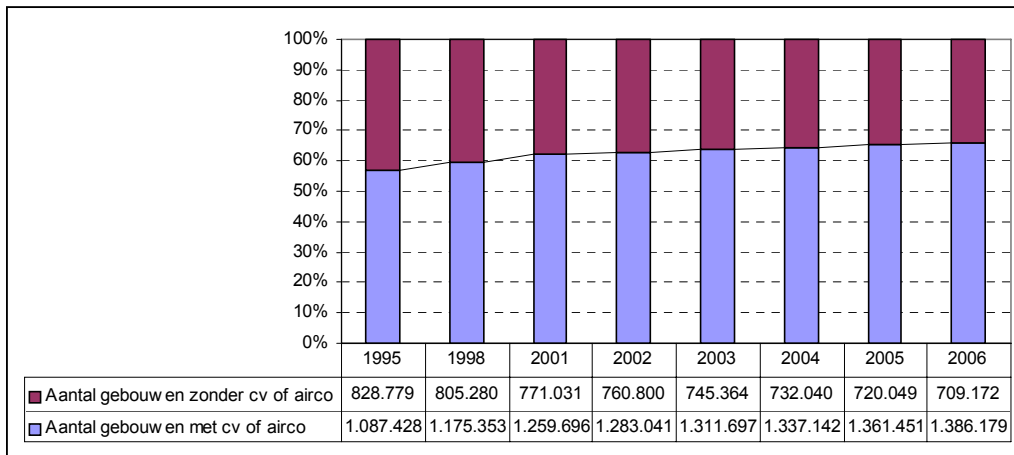
Volgens de ADS waren in 2001 1.666.263 (of 70,8 % van het totaal aantal) woningen in Vlaanderen uitgerust met centrale verwarming (cv), in vergelijking met 1.308.109 (of 62,6 % van het totaal aantal) woningen in 1991. Dit vertegenwoordigt een stijging met +27,4 % van 1991 tot 2001. Het aantal Vlaamse woningen met centrale verwarming in 1981 was volgens de volkstelling uit dat jaar gelijk aan 1.036.231 (of 52,8 % van het totaal aantal woningen).

De VEA enquête uit 2001 toont in vergelijking met de ADS enquête uit datzelfde jaar een (merkelijk) groter aandeel voor de aanwezigheid van centrale verwarming in Vlaamse woningen. Het aandeel van c.v. loopt volgens het VEA op tot 80 % in 2005. Dat stemt perfect overeen met het aandeel van 80 % huishoudens met c.v. volgens de Woonsurvey 2005. Volgens SEREC 2004 zou zelfs 86% (!) van de *Belgische*²⁷ huishoudens over centrale verwarming beschikken. Van de woningen met c.v. zou in Vlaanderen 93,7 % bestaan uit individuele installaties voor c.v. (SEREC 2004, p. 23). Dit stemt overeen met de resultaten van de VEA enquête uit 2005, volgens dewelke 92,5 % van alle c.v. installaties bestaat uit individuele installaties. In de woningen uitgerust met c.v. zou volgens de VEA enquête uit 2005 93 % van de eet- of zitkamer worden verwarmd met radiatoren of convectoren, 5 % met vloerverwarming en 2 % met luchtverwarming.

Uit een recentere enquête van het VEA (2007c) zou in 2007 68 % van de woningen beschikken over individuele centrale verwarming (57 % op gas en 43 % "met mazout"); 6 % gemeenschappelijke centrale verwarming (energiedrager niet vermeld); en 22 % afzonderlijke verwarmingstoestellen. Van de aardgasketels (centrale verwarming) is 46 % d.d. 2007 maximaal 5 jaar oud, 25 % tussen 6 en 10 jaar oud, en 16 % 16 jaar of ouder. Van de "mazout"-ketels is 15 % maximaal 5 jaar oud, 25 % tussen 6 en 10 jaar oud, en 48 % ouder dan 16 jaar.

²⁷ Het rapport vermeldt geen statistieken voor het Vlaamse Gewest.

Figuur 18: Woongebouwen met cv of airco volgens het kadaster (Vlaams Gewest; 1995, 1998, 2001-2005)



(*) Data voor de volgende types gebouwen: huizen in gesloten, halfopen en open bebouwing, hoeven en kastelen, en buildings en appartementsgebouwen.

Bron: kadaster

Het kadaster maakt enkel een onderscheid tussen woongebouwen (niet woongelegenheden of woningen) met of zonder "cv of airco". In 1995 had 56,7% van de Vlaamse woongebouwen cv (of airco); in 2005 is dit aandeel gestegen tot 66,2%. Het aantal woongebouwen met cv (of airco) is van 1995 tot 2005 in Vlaanderen met 21,6% toegenomen.

Tabel 22: Type c.v. ketel (Vlaams Gewest; 1998, 2000, 2001, 2003, 2005)

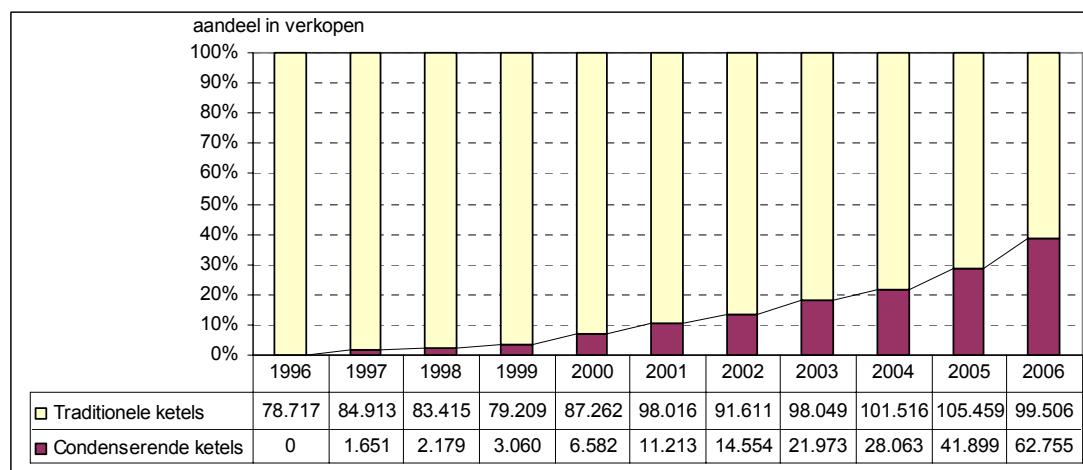
	VEA Enquête				SCV Survey	
	1998	2001	2003	2005	2000	2005
gewone ketel	26,0%	23,7%	21,6%	48,4%	55,6%	63,1%
energiezuinige ketel – totaal:	74,0%	76,3%	78,4%	51,6%	44,4%	36,9%
energiezuinige ketel op gas	32,0%	45,4%	42,5%	30,4%	-	-
energiezuinige ketel op stookolie	42,0%	30,9%	35,9%	21,2%	-	-

Bron:

De onwaarschijnlijke hoge aandelen van energiezuinige ketels in de VEA enquêtes van 1998, 2001 en 2003 zijn met een grove korrel zout te nemen. Het aandeel "geen antwoord" en "weet niet" b.v. lag zeer hoog in de enquête van 2003 (37% bij aardgas- en 34% bij stookolieketels). Het betreft hier bovendien subjectieve kennis (veel respondenten die denken dat ze een hoogrendementsketel hebben). "Het HR+-label trad bv. pas in 1996 in voege, maar 41% van de aardgasketels waarvan de gebruikers denken dat het een HR+-ketel is, dateert van vóór 1996 en kan dus onmogelijk een HR+-ketel zijn." (ANRE, 2003, p. 44). Volgens de VEA enquête uit 2005 zou 56% van de gasketels een gewone ketel zijn; 4% een lagetemperatuurketel; 34% een HR-ketel (HR+); en 6% een condensatieketel (HR Top). Van de stookolieketels is 75% een gewone ketel; 22% een HR-ketel (Optimaz); en 3% een condensatieketel (Optimaz Elite).

De recentere enquête van het VEA (2007c) geeft voor 2007 het volgende beeld Van de woningen met individuele centrale verwarming op aardgas heeft 31 % een "gewone" ketel, 3 % een lage temperatuurketel, 41 % een hoogrendementsketel (HR+); en 14 % een condenserende ketel (HR-TOP). De overige 11 % is onbekend. Van de woningen met individuele c.v. op "mazout" heeft 58 % een "gewone" ketel, 31 % een hoogrendementsketel (Optimaz) en slechts 2 % een condenserende ketel (Optimaz Elite). De resterende 9 % is onbekend.

Figuur 19: Verkoopsaandelen van traditionele en condenserende gasketels (*) voor huishoudelijke verwarming (België, 2000-2004)



(*) De KVBG creëerde pas in 1998 de label "HR TOP" voor de huishoudelijke condenserende gasketel. HR+ gasketels zijn "klassieke" cv-ketels (dus zonder condenserende werking).

Bron: Gasinfo; Inforgas N° 62, juni-juli-augustus 2007.

Volgens Gasinfo (figuur 19) bevindt de verkoop van condenserende gasketels (in België) zich in stijgende lijn, alhoewel het aandeel in de totale verkoop van gasketels voor verwarming van de woning in de eerste jaren van deze eeuw vrij beperkt bleef (28,4% in 2005). Volgens de fabrikant Vaillant was 40% van de verkochte wandketels in België in 2006 een condensatieketel, terwijl in Nederland bijna iedereen een condensatieketel heeft (92 %) en in Frankrijk (slechts) 16 %. Uit een intern marktonderzoek van Viessmann blijkt het marktaandeel van de condensatieketels t.o.v. alle nieuwe verwarmingsketels in België ruim verdrievoudigd is: van 16,4 % in 2004 naar (voorlopige schatting) circa 56,0 % in 2007. Uit een enquête van Bouwunie uit 2007 blijkt dan weer dat 68 % van de ondervraagde installateurs meer condensatieketels plaatst.

Tabel 23: Marktaandeel condensatieketels (België, 2004 – 2007)

Jaar	Stijging condensketels relatief (%)	Stijging condensketels absoluut	Totaal aantal condensketels	Marktaandeel (%)
2004	29	28 900	176 400	16,4
2005	48	42 700	185 800	23,0
2006	57	66 000	204 900	32,2
2007	73	114 700	214 400	56,0

Bron: Bouwunie.

De voordelige subsidieregelingen van de verschillende overheden zorgen ervoor dat het verschil in prijs tussen een gewone aardgasketel en een condensatieketel verwaarloosbaar is. Voor gascondensatieketels voor huishoudelijk gebruik betaalde Eandis in 2006 4 257 premies van 250 euro uit.

Toch blijkt uit hetzelfde marktonderzoek van Viessman dat nog bijna één op drie verwarmingsinstallaties in België ouder is dan 15 jaar.

Tabel 23 toont de verkoop van gaskachels. De gestegen verkoop in 2004 zou volgens de KVBG (2005) een gevolg zijn van de impact van de actie HR+ kachels die in 2004 door de KVBG en de fabrikanten werd gelanceerd.

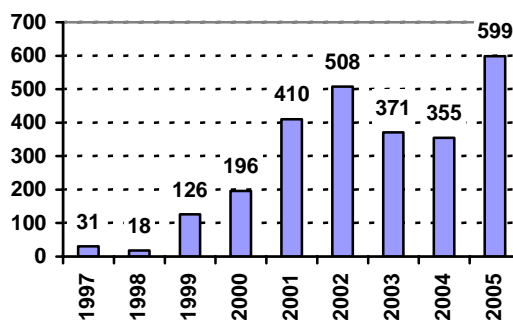
Tabel 24: de verkoop van kachels op aardgas en petroleumgas (België, 2000-2004)

Jaar	Kachels
2000	25 068
2001	21 995
2002	22 235
2003	22 736
2004	24 298
2005	22 138
2006	22 212

Bron: KVVBG (2007)

Er bestaat (nog) geen inventarisatie van geïnstalleerde warmtepompen in Vlaanderen. Er is wel een statistiek over het aantal door de netbeheerders uitgekeerde premies voor niet-omkeerbare warmtepompen, zowel aan particulieren als aan niet-particulieren. Deze statistiek kan hooguit een indicatie geven van het totaal aantal geïnstalleerde warmtepompen in Vlaanderen. (bron: www.ode.be)

Figuur 20: Premies van de netbeheerders aan particulieren en niet-particulieren voor niet-omkeerbare warmtepompen (Vlaanderen, 1997 – 2005)

Bron: ODE (www.ode.be)

Vanaf 2005 geven niet alle netbeheerders nog premies voor warmtepompen, waardoor deze statistiek niet meer zo richtinggevend is.

Tabel 25: Aandelen [%] van de gebruikte energiedrager voor verwarming van de woning (Vlaanderen; 1997, 1998, 2001, 2003 en 2005)

	VEA Enquête				FOD Economie		SEREC	(2)
	1998	2001	2003	2005	1997	2001	2004	2005
Aardgas ⁽¹⁾	42,0	47,8	51,6	52,1	43,3	47,6	53,9	54,0
Stookolie	44,1	37,8	37,7	33,4	39,7	38,7	34,8	33,4
Electriciteit	7,9	9,7	5,9	10,0	9,2	1,4	9,1	8,2
Steenkool	2,9	1,3	1,9	1,4	1,3	2,6	-	1,9
LPG ⁽³⁾	2,0	1,4	1,5	0,7	1,8	1,3	-	0,9
Hout	0,8	1,9	1,2	2,2	-	-	-	-
Anderen	0,3	0,1	0,2	0,3	4,7	8,5	2,2	1,6
<i>Totaal</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

(1) leidinggas. ADS spreekt nog van 'stads- of aardgas'.

(2) Woonsurvey 2005

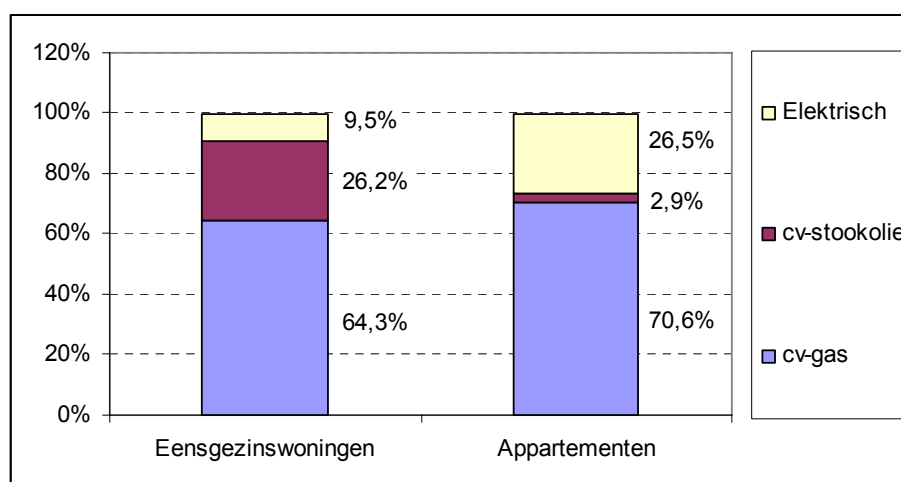
(3) propaan of butaan

Bron: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, VEA-enquête; FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Huishoudbudgetenquête 1997, Socio-economische enquête 2001. Woonsurvey, 2005.

Aardgas is in Vlaanderen de belangrijkste energiedrager voor de verwarming van de woning (47 à 48% in 2001), gevolgd door stook- of huisbrandolie ("mazout") (38 à 39% in 2001). Het aandeel van elektrische verwarming schommelt ergens tussen de 8 à 10%. Het aandeel van steenkool bedraagt slechts 1 à 3%. De gegevens van de SEREC enquête uit 2004, van de VEA-enquête uit 2005 en van de Woonsurvey uit 2005 stemmen vrij goed met elkaar overeen: in de periode 2004/2005 in Vlaanderen bedroeg het aandeel van aardgas ongeveer 52 à 54%; van stookolie ongeveer 33 à 35%; van elektriciteit 8 à 10%, en overige 1 à 7%. We merken een daling van het aandeel van stookolie, vooral ten gunste van aardgas.

Uit de volkstelling van 1981 leren we dat in dat jaar 905.080 Vlaamse gezinnen (of 46,2% van het totaal) stookolie gebruikten als energiedrager voor verwarming; 611.736 gezinnen (31,2%) "stads- of aardgas"; 304.771 gezinnen (15,5%) steenkool; 70.837 gezinnen (3,6%) elektriciteit, en 69.075 gezinnen (3,5%) overige energiedragers (waaronder butaan/propana en hout).

Figuur 21: Gebruikte energiedragers voor nieuwbouwwoningen volgens SENVIVV (Vlaams Gewest; nieuwbouwwoningen 01.01.1990-31.12.1995)



Bron: SENVIVV (1999)

Volgens de SENVIVV studie had 81,5% van alle nieuwbouwwoningen in de eerste helft van de jaren negentig van vorige eeuw *individuele* centrale verwarming, waarvan ongeveer de helft met een hoogrendementsketel (HR+ of Optimaz). Er waren volgens deze studie in de beschouwde periode geen nieuwbouwwoningen waar individuele *verbrandingstoestellen* (zoals gaskachels) zorgden voor de hoofdverwarming. Individuele *elektrische* toestellen vond men meestal terug in een combinatie van convectoren (in slaap- en badkamers) met accumulatoren (in woonruimten) (84% van alle *individuele* elektrische verwarming), gevolgd door enkel directe elektrische verwarming (12%) en enkel accumulatie (4%). De SENVIVV studie bracht elektrische vloerverwarming (ongeveer 20% van alle vloerverwarming) onder bij centrale verwarming. Aardgas was zowel voor eensgezinswoningen als voor appartementen veruit de belangrijkste energiedrager. Slechts 2 van de 69 onderzochte appartementen gebruikten een stookolieketel voor de hoofdverwarming. Van *alle* woningen met centrale verwarming bestond het verwarmingssysteem voor 78% uit radiatoren of convectoren; 16% uit een combinatie van vloerverwarming en radiatoren, 4% uit enkel vloerverwarming; en 2% uit luchtverwarming. (SENVIVV, 1999, p. 54-55)

Volgens de VEA enquête uit 2005 heeft 3% van de Vlaamse woningen een geïntegreerd koelsysteem en 3% een mobiel airconditioningsysteem. Van de gezinnen die nog geen koelsysteem hadden beweerde 4% van plan te zijn om binnen de komende 5 jaar een airconditioningsysteem te plaatsen.

Volgens KVVG (februari 2007) zou meer dan 90 % van de nieuwe woningen die in 2006 langs het gasnet werden gebouwd, met aardgas worden verwarmd.

4.7.7. Wamwaterproductie

SEE2001 vroeg enkel naar de aanwezigheid van een badkamer (met bad en/of douche). In 2001 had 96,8% van de eigenaars; 95,4% van de privé-huurders en 97,2% van de sociale huurders een woning met badkamer.

In de VEA-enquête uit 2005 antwoordde 16% van de respondenten dat ze geen bad in hun woning hadden; en 48% dat ze geen afzonderlijke douche hadden. Volgens de Woonsurvey 2005 heeft 98,6 % van de huishoudens in het Vlaams Gewest een badkamer.

Tabel 26: Systemen voor de productie van warm water in badkamer en keuken (Vlaams Gewest, 2005)

	badkamer	keuken
verwarmingsetel cv	43%	40%
boiler - elektrisch	23%	29%
boiler - aardgas	22%	19%
boiler - butaan / propaan	2%	3%
geiser -elektrisch	2%	2%
geiser - aardgas	6%	5%
geiser - butaan / propaan	1%	1%
zonneboiler met naverwarming	0%	0%
warmtepompboiler met naverwarming	0%	0%
niet van tel (geen lopend warm water)	1%	1%

Bron: VEA

Volgens de KVBG (2005) zorgt het groeiend succes van de ketels die zowel voor de verwarming als voor de warmwaterproductie zorgen, voor een dalende verkoop van warmwatertoestellen op gas²⁸ (tabel 25). De moderne aardgasverwarmingsetels (c.v.) beschikken inderdaad meestal over een warmwaterboiler.

Tabel 27: Tabel: verkoop van gastoestellen voor de productie van warmwater (België, 2000-2004)

Jaar	Water- en badverwarmers	Voorraadtoestellen	Totaal
2000	52 778	5 242	58 020
2001	52 234	4 778	57 012
2002	49 193	4 098	53 291
2003	48 491	3 784	52 275
2004	44 905	3 712	48 617

Bron: KVBG

Het gebruik van zonne-energie is nog beperkt, maar vorig jaar werden in België toch al voor 44 500 m² aan thermische zonnecollectoren geïnstalleerd, 60% meer dan in 2005. Eandis betaalde in 2006 een half miljoen euro uit aan premies voor zonneboilers, zowel voor sanitair warm water als voor woningverwarming.

Uit de enquête van Bouwunie uit 2007 blijkt dat installaties op zonne-energie (35% van de ondervraagde installateurs) en energie- of waterbesparend sanitair (20%) in de lift zitten.

4.7.8. Verlichting en apparaten / toestellen

Elke Vlaming zou in zijn woning beschikken over ongeveer 30 lampen. Daarvan zouden er (gemiddeld) slechts 2 spaarlampen zijn en 4 TL-lampen. Er zouden nog steeds 20

²⁸ KVBG, Aardgas Informatieblad KVBG, april-mei 2005.

gloeilampen en 4 halogeenlampen in elke woning aanwezig zijn. (Groen Licht Vlaanderen, 2005, p. 2)

Volgens Kofod (1999) zou een Belgisch huishouden gemiddeld 31 lampen gebruiken, waarvan er gemiddeld 1,1 fluo-compactlamp is.

Tabel 28: Aandeel verschillende soorten lampen (Vlaams Gewest; 2003, 2005)

	2003	2005
gloeilampen	96,1%	89%
halogeenlampen	63,6%	71%
spaarlampen	49,8%	73%
TL lampen	73,4%	73%
LED lampen	n.v.t.	6%

Bron: VEA

Volgens de VEA-enquêtes is het percentage Vlaamse gezinnen dat over minstens 1 spaarlamp beschikt gestegen van 49,8% in 2003 naar 72,8% in 2005.

Volgens de statistieken van Agoria zouden er in België in 2006 meer dan 5 miljoen CFL's verkocht zijn aan de Belgische huishoudens.

Ongeveer 6% van de Vlaamse gezinnen zou volgens de VEA enquête in 2005 beschikken over een energiezuinige LED-lamp.

Tabel 29: Bezit van (een selectie van) elektrische huishoudapparaten en van gasfornuizen (Vlaanderen; 1995-1998, 2001, 2003 en 2005)

	FOD					VEA	
	Enquête 1995/1996	Enquête 1996/1997	Enquête 1997/1998	2000	2001	2003	2005
Wasmachine	92,7	91,1	90,9	90,1	90,6	91,1	94,0
Droogkast	56,0	58,5	56,6			64,0	71,0
Vaatwasmachine	31,7	32,4	34,7	39,6	41,5	40,1	52,0
Koelkast	72,9	72,4	74,2	75,5	73,9	86,1	85,0
Diepvriezer	70,4	68,9	69,9			72,6	74,0
Combinatie koel/vrieskast	39,0	36,7	31,5	33,0	32,6	16,8	23,0
Microgolfoven	60,1	62,6	67,6	76,2	79,1	77,5	87,0
Fornuis op aardgas	30,5	28,2	28,0	27,3	25,9	26,0	26,0
Elektrisch fornuis	62,3	62,0	64,3	67,3	69,3	67,0	68,0
Fornuis op butaan/propaan	10,6	11,0	10,8	7,2	7,7	7,0	6,0
Kleurentelevisie	97,3	96,3	96,8	96,2	95,7	98,9	99,0
Videospeler	71,4	72,6	71,8	74,9	75,2	77,9	82,0
CD-speler	57,8	59,3	61,2			67,5	87,0
PC	31,4	38,8	36,9	51,5	51,7	58,1	72,0
GSM	0,0	0,0	8,4	42,2	61,0	-	-
Stofzuiger	98,7	97,7	98,6	95,9	97,0	-	-
Strijkijzer	98,2	98,0	97,5	95,6	95,7	-	-
Elektrische naaimachine	57,4	53,9	53,7	47,4	49,3	-	-
Zonnebank	10,9	9,8	12,0	9,9	12,0	-	-

Bron: FOD Economie - Algemene Directie Statistiek, Huishoudbudgetenquêtes 1995/1996, 1996/1997, 1997/1998, , 2001 en 2001; Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, VEA-enquêtes.

Het zou onpraktisch zijn om elk (elektrisch) huishoudapparaat in detail te bekijken. Meestal bekijkt men een beperkt aantal apparaten, gegroepeerd volgens "natte apparaten" ("wet

appliances”) zoals wasmachine en vaatwasmachine maar ook droogkast; koudeopwekkers (“cold appliances”) zoals koelkasten en diepvriezers of combinaties van beide; apparaten gebruikt voor het koken (microgolfovens en elektrische fornuizen, naast fornuizen op gas); en bruingoed of “elektronica”. Vooral de categorie bruingoed omvat heel wat toestellen waarvoor geen universele selectieregels bestaan, maar doorgaans onderscheidt men de (multi)mediatoestellen zoals kleuren-TV, videospeler en/of –recorder, CD-speler, hifi-installatie, eventueel radio, ...; informatica-apparaten zoals PC, printer, ...; en communicatie-toestellen zoals gsm, vaste telefoon, fax, ... De trend is overigens dat het onderscheid tussen media, communicatie en informatica apparaten alsmaar vervaagt. Tot slot zijn er nog enkele “diverse” of moeilijk te catalogeren apparaten waaronder stofzuiger, strijkijzer, elektrische naaimachine; of “trendy” apparaten zoals een zonnepaneel.

Consumenten worden over het energiegebruik van een aantal elektrische apparaten (koel- en vriesapparatuur, wasmachines, wasdrogers, afwasmachines, verlichting en airco’s) geïnformeerd via “labels” die in Europees verband zijn ontwikkeld.

In tegenstelling tot de meeste andere EU-15 landen zijn er voor België (of Vlaanderen) nauwelijks of geen gegevens over de penetratie van *energiezuinige* elektrische toestellen (België ontbreekt stevast in de vergelijkende Europese statistieken).

Volgens een peiling van Livios in 2005 (www.livios.be) zou 50 % van de consumenten enkel energiezuinige toestellen met een A-label kopen. Slechts 1 % beweert weinig rekening te houden met het energielabel en 3 % had er nog nooit van gehoord.

De ministerraad keurde begin op 27.04.2007 een ontwerp van brief goed, gericht aan de Europese Commissie, waarin toestemming werd gevraagd om de toegang tot de Belgische markt van energievretende huishoudtoestellen van categorie B, C en D te verbieden. De brief voert de beslissing uit die de 'superministerraad' op 18.03.2007 in Leuven nam over de huishoudtoestellen die een energie-efficiëntie label dragen. Bij de consultatie van de sector stelde die voor om oude huishoudtoestellen vroegtijdig te vervangen.

Het gemiddeld elektriciteitsgebruik per huishouden blijft wel stijgen. Die stijging wordt veroorzaakt door verschillende trends (ECN, 2006):

- Het aantal apparaten blijft stijgen. Enerzijds worden apparaten die eerder in een klein deel van de huishoudens aanwezig waren door steeds meer huishoudens aangeschaft (b.v. beveiligingssysteem of airconditioning). Anderzijds worden van een aantal apparaten meerdere exemplaren aangeschaft (meerdere TV's, meerdere PC's);
- De gebruiksduur van de apparaten neemt toe. De TV staat langere tijd per dag aan; de gebruiksduur van computers neemt toe omdat men continu on-line wil zijn, ...;
- De capaciteit van een aantal apparaten neemt toe. Men koopt b.v. in plaats van een “reguliere” TV een plasma TV;
- Een aantal “nieuwe” apparaten doen hun intrede.

Deze ontwikkelingen doen de besparing als gevolg van een hogere efficiëntie van de apparaten volledig teniet.

De verkoop van gaskooktoestellen zou in 2004 volgens KVBG lichtjes vooruit zijn gegaan.

4.7.9. Autonome productie van energie

4.7.9.1. Fotovoltaïsche zonnepanelen

Er waren op 04.02.2008 2 966 PV-installaties waarvoor de VREG groenestroomcertificaten toekent, voor een totaal geïnstalleerd vermogen van 14 619 kWe²⁹. (bron: www.vreg.be)

²⁹ Aandeel particulieren niet gekend.

Begin 2007 hadden al 1 300 Vlamingen een dossier ingediend voor de subsidiëring van zonnepanelen op hun dak. Dat zijn er drie keer zoveel als in heel 2006 (Persbericht van de Vlaamse minister van Energie, 17.04.2007).

Belsolar schatte de Belgische markt (verkoopscijfers) voor 2004 op 336 kWp (+ 15% t.o.v. 2003), waarvan 96 % betrekking had op de Vlaamse markt. Van de verkochte modules zou ongeveer 96% tot de kristallijn silicium technologie behoren, en de resterende 4% tot de amorf silicium technologie (bron: www.belsolar.be)

4.7.9.2. *Mini- en micro-WKK*

Er zijn geen statistieken over geïnstalleerde mini- en micro-WKK in woongebouwen in Vlaanderen.

5. Ontwikkeling van het energie- en klimaatbeleid in Vlaanderen

We bespreken enkel het energie- en klimaatbeleid relevant voor woongebouwen. De belangrijkste beleidsinstrumenten van de Vlaamse overheid inzake rationeel energiegebruik (REG) in o.m. woningen zijn de energieprestatieregelgeving (EPR) en de openbare dienstverplichtingen (ODV) ter bevordering van REG (ODV-REG). Naast de premies van de elektriciteits-distributienetbeheerders zijn er nog de talloze subsidies van de federale, gewestelijke, provinciale en gemeentelijke overheden.

Het Vlaams Klimaatbeleidsplan (VKP) 2006-2012 van 20.07.2006 beschrijft verder nog een groot aantal maatregelen om REG in gebouwen te bevorderen. Deze maatregelen zijn niet altijd even duidelijk te situeren, maar vele ervan zijn er blijkbaar op gericht om REG bij kansarmen te bevorderen en om het sociaal woningpark energetisch te verbeteren, zoals 'sociale energiescans', demonstratieprojecten in sociale woningen, het herwerken van de ontwerp-onderrichtingen sociale woningbouw door de Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen (VMSW), het project 'Klimaat op maat' van de VMSW in samenwerking met kansarme organisaties en op initiatief van de Bond Beter Leefmilieu (BBL), het Europese project RESHAPE i.s.w. VMSW, en zelfs het "Aardgasfonds". Andere maatregelen hebben betrekking op het beleid 'op langere termijn', zoals haalbaarheidsonderzoeken naar een verstrenging van de eis van het E-peil voor nieuwe woningen en naar een energierenovatieprogramma voor bestaande woningen. Er is tot slot nog een aangekondigde maatregel i.v.m. het stimuleren van natuurlijke en hernieuwbare koeling, zij het dat dit project nog niet werd opgenomen in de beleidsbrief energie 2006-2007 omdat *"eerst de resultaten worden afgewacht van het beleidsvoorbereidend onderzoek dat het departement leefmilieu aan het aanbesteden is naar de trendverwachtingen inzake het gebruik van koeling in gebouwen, de technisch-economische haalbaarheid van de verschillende alternatieve koelsystemen en de kostenefficiëntie van mogelijke beleidsinstrumenten om actieve koeling te ontmoedigen en natuurlijke en hernieuwbare koeling te stimuleren."* [Stuk 15 (2006-2007) – Nr; 4-I, p. 125]]

We eindigen met een korte beschrijving van het Vlaams Energieagentschap (VEA).

5.1. Energieprestatie en binnenklimaat van gebouwen

Het speerpunt van het REG-beleid in Vlaanderen is en blijft de energieprestatieregelgeving (EPR).

Het energieprestatiedecreet van 22.12.2006³⁰ (B.S. 27.03.2007) zet de artikels 3, 4, 5, 6 en 7 van de Europese richtlijn 2002/91/EG inzake energieprestatie van gebouwen³¹ om in regionale regelgeving en legt het handavingskader vast.

- Het energieprestatie en binnenklimaat of EPB-besluit, goedgekeurd op 11.03.2005, geeft uitvoering aan het vaststellen van de berekeningsmethode van de energieprestatie van o.m. woningen, en aan het invoeren van eisen op het vlak van de thermische isolatie, de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen waaraan vergunningsplichtige werken, wijzigingen of handelingen worden uitgevoerd;
- Het uitvoeringsbesluit van 02.12.2005 introduceert een verplichting van het energiecertificaat voor nieuwe gebouwen.

Het Departement van leefmilieu, natuur en energie (LNE) is verantwoordelijk voor de artikels 8 en 9 van de Europese richtlijn 2002/91/EG (zie § inspectie van boilers en airconditioning systemen).

³⁰ Ter vervanging van het Energieprestatiedecreet van 07.05.2004. Het nieuwe EPB-decreet is officieel in werking vanaf 06.04.2007. Het nieuwe EPB-decreet betreft vooral administratieve aanpassingen aan de procedures en handhaving, maar omvat geen wijzigingen aan de rekenprocedure of aan de EPB-eisen die gelden vanaf 01.01.2006, met een overgangperiode tot 31.12.2006.

³¹ Richtlijn 2002/91/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2002 betreffende de energieprestatie van gebouwen, aangenomen op 16.12.2002 (PB 04.01.2003).

5.1.1. Rekenprocedure

Het E-peil van een gebouw geeft een beeld van het energiegebruik en de vaste installaties “in standaardomstandigheden”. De berekeningsmethode voor woningen (of EPW-methode) gaat inderdaad niet uit van het werkelijk energiegebruik maar van het “karakteristiek jaarlijks primair energiegebruik”, waarbij 'karakteristiek' betekent dat men vertrekt van een aantal veronderstellingen rond “buitenklimaat”, een vaste binnentemperatuur van 18 °C en forfaitaire interne warmtewinsten. Dit maakt het mogelijk om verschillende gebouwen met elkaar te vergelijken.

Het karakteristiek jaarlijks primair energiegebruik is de som van het energiegebruik voor de ruimteverwarming, de bereiding van het warme tapwater, de hulpfuncties van de installaties en de ventilatoren en de koeling; en daarvan afgetrokken de energie geproduceerd door fotovoltaïsche panelen of warmtekrachtkoppeling. Het berekende karakteristiek jaarlijks primair energiegebruik delen door een “referentiewaarde” en vermenigvuldigen met 100 geeft het E-peil. De referentiewaarde voor woongebouwen is afhankelijk van het warmteverliesoppervlak, het beschermde volume en het bewust ventilatiedebiet. Het E-peil van een woongebouw zal bijgevolg o.m. afhangen van de compactheid, de thermische isolatie, de luchtdichtheid, de ventilatie, de oriëntatie en bezonning, de verwarmingsinstallatie en het systeem voor warmwatervoorziening, de (eventueel aanwezige) koelinstallatie, en de (eventueel aanwezige) PV- en/of zonneboilerinstallatie. We verwijzen naar hoofdstuk 6 voor meer gedetailleerde informatie over deze factoren.

Op initiatief van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB) en medegesponsord door de Vlaamse overheid is een softwarepakket ontwikkeld waarmee de architect de energieprestatie (E-peil) van een (woon)gebouw kan berekenen. Deze zogenaamde EPB-software kan men downloaden via www.energiesparen.be.

Omdat de rekenprocedure voor het bepalen van het E-peil een belangrijke rol speelt in onze modelering, zullen we er later nog uitgebreid op terugkomen.

5.1.2. Energieprestatie-eisen

Vlaanderen was één van de laatste regio's in Europa om een energiereglementering voor gebouwen uit te werken. De Vlaamse overheid keurde op 29.04.1991 (B.S. 08.06.1991) een decreet goed dat verbod om nog bouwtoelatingen te geven voor woningen die niet voldeden aan thermische isolatie-eisen en noodzakelijke ventilatievoorzieningen. Dit isolatie- en ventilatiedecreet werd aangevuld met een uitvoeringsbesluit van 18.09.1991 (B.S. 18.03.1992) dat thermische isolatie-eisen oplegde aan woongebouwen³². Van 01.09.1992 tot 01.09.1993 gold als eis bij nieuwbouw een K-peil³³ ≤ 65 , vanaf 01.09.1993 werd dit K-peil ≤ 55 . Het decreet legde tevens maximale³⁴ warmtedoorgangscoefficienten (U-waarden) op per schildeel³⁵, zowel bij nieuwbouw als vernieuwbouw. Deze thermische isolatie-eisen voor woongebouwen waren van kracht voor elke vergunning aangevraagd tot en met 31.12.2005.

³² Niet alleen woningen maar ook collectieve huisvesting met permanente bezetting zoals ziekenhuizen, bejaardentehuizen, gevangenis, internaten, kazernes, opvang- en verzorgingsinstellingen.

³³ Peil van globale warmte-isolatie, volgens NBN B62-3001 (K-peil). Het K-peil houdt rekening met de oppervlaktegewogen gemiddelde warmtetransmissiecoëfficiënt (U) van de gebouwschil in functie van de compactheid (volume/warmteverliezende oppervlakte).

³⁴ Bovenste grens, lager is beter.

³⁵ Om te vermijden dat men het toegelaten K-peil bereikt door b.v. het dak extreem te isoleren en de gevels niet.

Tabel 30: Maximaal toelaatbare U-waarden ⁽¹⁾ per schildeel (Vlaanderen)

Schildeel	van 01.09.92 tot 01.09.93	van 01.09.93 tot 31.12.2005	vanaf 01.01.2006 EPB	
	U_{max} W/(m ² .K)	U_{max} W/(m ² .K)	U_{max} W/(m ² .K)	R_{min} (m ² .K)/W
Transparante scheidingsconstructies ⁽²⁾	3,5	3,5	2,5 / 1,6	-
Deuren en poorten (incl. kader) ⁽³⁾	3,5	3,5	2,9	-
Daken en bovenste plafonds	0,6 ⁽⁴⁾	0,4	0,4	-
Buitenmuren	0,6 ⁽⁵⁾	0,6 ⁽⁵⁾	0,6 ⁽⁶⁾	-
Muren in contact met de grond	0,9	0,9	-	1,0
Vloeren in contact met buitenomgeving	0,6	0,6	0,6	-
Vloeren boven vorstvrije ruimte	0,9	0,9	0,4	1,0
Vloeren op volle grond	1,2	1,2	0,4	1,0
Gemeenschappelijke wanden	1,0	1,0	1,0	-

(1) Inclusief koudebrugwerking

(2) Vanaf 01.01.2006 $U_{w,max} = 2,5$ en $U_{g,max} = 1,6$. U_w is de U-waarde van het venster, U_g van de beglazing.

(3) Vanaf 01.01.2007 moet de U-waarde van de (opake of transparante) deuren en poorten lager zijn dan $U_{max} = 2,9$ W/(m².K).

(4) $U_{max} = 0,4$ bij vernieuwbouw

(5) een hogere U-waarde, die de waarde 1,0 niet overschreed, was toegestaan op voorwaarde dat men kon aantonen dat deze keuze geen condensatieprobleem zou doen ontstaan.

(6) Voor verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume geldt $R_{min} = 1,0$.

De EPB-eisen zijn van toepassing voor gebouwen waarvoor de stedenbouwkundige vergunning is aangevraagd na 01.01.2006. Kleine gebouwen (< 3 000 m³) waarvoor een stedenbouwkundige vergunning wordt aangevraagd zonder verplichte tussenkomst van een architect zijn vrijgesteld van de EPB-eisen. Werken die niet vergunningsplichtig zijn (b.v. plaatsen van dakisolatie, aanbouwen van een kleine veranda, vervangen van de verwarmingsketel), of werken aan kleine gebouwen die geen architect vereisen, beïnvloeden wel het energieprestatiepeil van het gebouw maar vallen niet onder de EPB-eisen.

De regelgeving bevatte o.m. voor woongebouwen waarvoor een maximaal E-peil geldt een overgangperiode (aanvragen van 01.01.2006 tot 31.12.2006), waarbij men kon kiezen tussen 2 eisenpakketten: 1) maximaal K-peil (per gebouw) = K45; voldoen aan de maximale U- of minimale R-waarden; en voldoen aan de minimeisen voor ventilatievoorzieningen; of 2) voldoen aan de maximale U- of minimale R-waarden; maximaal E-peil (per wooneenheid of eenheid van bestemming) = E100; voldoen aan de minimeisen voor ventilatievoorzieningen; en het risico op oververhitting bij woongebouwen beperken. Bij de keuze voor het eerste of het tweede eisenpakket werd een berekening van respectievelijk het E-peil of K-peil gevraagd, maar dat peil mocht hoger zijn dan respectievelijk E 100 en K 45.

De EPB-eisen voor woongebouwen verschillen naargelang de aard van het werk.

Tabel 31: EPB-eisen voor woongebouwen naargelang de aard van het werk (Vlaams Gewest, vanaf 01.01.2007)

Aard van het werk	Max K-peil	Max U- of min R-waarden	Max E-peil	Ventilatie	Oververhitting
Nieuwbouw, herbouw, ontmanteling, gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV groter dan 800 m ³ , gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met minstens 1 wooneenheid	K45	Ja	E100	Minimum-eisen	Risico beperken
Gedeeltelijke herbouw of uitbreiding met een BV kleiner dan of gelijk aan 800 m ³	nvt	Ja ⁽¹⁾	nvt	Minimum-eisen ⁽²⁾	nvt
Verbouwing	nvt	Ja ⁽¹⁾	nvt	Minimum-eisen ⁽³⁾	nvt
Functiewijziging met een BV groter dan 800 m ³	K65 ⁽⁴⁾	nvt	nvt	Minimum-eisen ⁽⁴⁾	nvt

BV = "beschermd volume"

(1) enkel voor de nieuwe scheidingsconstructies

(2) enkel voor de nieuwe delen

(3) enkel bij vervanging van de ramen (toevoeropeningen)

(4) enkel voor het gebouw of gebouwdeel dat de functiewijziging ondergaat

De minimum-eisen inzake ventilatie zijn deze van de norm NBN D50-001 die sinds 1991 ventilatievoorzieningen in woningen voorschrijft.

Het Vlaams energieagentschap (VEA) bereidt tegen eind 2007 een eerste evaluatie van de EPB-eisen voor.

Voor details verwijzen we naar de officiële wetteksten of naar www.energiesparen.be

5.1.3. Energieprestatiecertificaat

De Europese richtlijn 2002/91/EG voorziet in de invoering van een energieprestatiecertificaat voor de bouw, verkoop en verhuur van gebouwen. Gebouwen groter dan 1 000 m² waarin overheidsdiensten en instellingen gevestigd zijn, die aan een groot aantal personen overheidsdiensten verstrekken en die vaak door het publiek bezocht worden, hebben bijkomende eisen (o.a. het ophangen van het certificaat op een opvallende plaats). Het energieprestatiecertificaat mag maximaal 10 jaar geldig zijn.

De Vlaamse Regering heeft geopteerd voor een gefaseerde invoer en maakt gebruik van de uitstelbaarheid tot 04.01.2009 voorzien in de Europese richtlijn. Het stappenplan dat de Vlaamse Regering op 22.07.2005 goedkeurde omvat:

- Op 01.01.2006: het invoeren van het energieprestatiecertificaat bij nieuwbouw;
- Vanaf 2007: het bijhouden van het werkelijk (gemeten) energiegebruik van gebouwen voor publieke dienstverlening;
- Vanaf 2008: het invoeren van een energieprestatiecertificaat voor gebouwen voor publieke dienstverlening, met name vanaf 8 januari voor gebouwen in gebruik door federale, Vlaamse, provinciale en gemeentelijke overheden; en vanaf oktober 2008 voor gebouwen voor de overige publieke dienstverlening;
- Vanaf 2008: invoeren van een energieprestatiecertificaat bij verkoop van residentiële gebouwen;
- Vanaf 2009: het invoeren van het energieprestatiecertificaat bij verkoop van niet-residentiële gebouwen en bij verhuur van gebouwen.

De regeling van het energieprestatiecertificaat voor nieuwbouw werd vastgelegd in een besluit van de Vlaamse Regering van 02.12.2005. De regeling voor publieke gebouwen is vervat in een besluit van de Vlaamse Regering van 20.04.2007. De Vlaamse Regering heeft in juli 2007 het voorstel goedgekeurd om een energieprestatie-certificaat in te voeren bij verkoop en verhuur van woningen en appartementen. Dit ontwerp is voorgelegd aan de SERV en de MiNa-raad.

5.1.3.1. Inhoud van het energieprestatiecertificaat

Het energieprestatiecertificaat zal conform de bepalingen van de Europese richtlijn drie delen bevatten: de uitdrukking van de energieprestatie, referentiewaarden en een advies voor kosteneffectieve energiebesparingen.

Het energieprestatiecertificaat legt op zich geen eisen op, maar informeert de kandidaat-kopers en kandidaat-huurders over het energiegebruik van de woning dat zij wensen te kopen of te huren. Het energiegebruik wordt vertaald naar een kengetal. Met dit kengetal kan men n op een eenvoudige wijze de woning vergelijken met wat een "gemiddelde", een "energetische slechte" en een "energetisch goede" woning gebruikt. De koper of de verhuurder krijgt hierdoor een indicatie van de te verwachten energiekosten. Het certificaat bevat tevens een reeks aanbevelingen om de woning energiezuiniger te maken. Op deze manier kan de kandidaat-koper bij zijn beslissing om de woning al dan niet te kopen, rekening houden met de te verwachten energiekosten. Huurders hebben weliswaar minder mogelijkheden om zelf de woning energiezuiniger te maken, maar de aanbevelingen kunnen voor de verhuurder een stimulans betekenen om energiebesparende investeringen uit te voeren.

5.1.3.2. Verkoop of verhuur van een woning

Elke eigenaar die een residentieel gebouw wenst te verkopen, is verplicht om een energieprestatiecertificaat te laten opmaken. Bij de verkoop van een woning moet het energieprestatiecertificaat worden overgedragen aan de koper. De eigenaar van een residentieel gebouw die reeds over een geldig energieprestatiecertificaat beschikt, kan dit energieprestatiecertificaat gebruiken om te voldoen aan zijn verplichting in het kader van de verkoop/verhuur van het gebouw.

De notaris zal in de koopakte een aantal gegevens van het certificaat overnemen en zal verifiëren of de koper wel degelijk kennis heeft genomen van de inhoud van het certificaat. Hiertoe zal de notaris toegang hebben tot de energieprestatiedatabank om te verifiëren of voor het verkochte gebouw een energieprestatiecertificaat werd opgemaakt.

5.1.3.3. Energieprestatiedatabank.

De opnamegegevens van een geïnspecteerde woning worden ingegeven in de certificatiesoftware. Eens het dossier volledig is, worden alle opnamegegevens doorgestuurd naar de energieprestatiedatabank, samen met nagenoeg alle berekende resultaten die nodig zijn voor het opstellen van het energieprestatiecertificaat.

5.1.3.4. Energiedeskundigen en invoeringsdatum

Het energieprestatiecertificaat is 10 jaar geldig en moet worden afgeleverd door een door de Vlaamse overheid erkende energiedeskundige.

De richtlijn stelt dat het energieprestatiecertificaat moet worden afgeleverd door erkende en / of gekwalificeerde energiedeskundigen. Voor residentiële gebouwen maakt het ontwerpbesluit een onderscheid tussen drie types van energiedeskundigen, met name:

- de verslaggever voor nieuwbouw en grondige verbouwingen in het kader van de energieprestatieregelgeving;
- de energiedeskundige type A die het energieprestatiecertificaat voor residentiële gebouwen mag opmaken;

- de energiedeskundige type B die een energie-audit mag uitvoeren die in aanmerking komt voor een fiscale aftrek in het kader van de personenbelasting.

De kandidaat-energiedeskundigen zullen een opleiding moeten volgen. Voor energiedeskundigen type A en B zijn er geen diplomavereisten. De kandidaten moeten wel een opleiding tot energiedeskundige type A of type B hebben gevolgd. De huidige reeds erkende energiedeskundigen voor woningen behoren tot de personen die de Syntra-opleiding tot energiedeskundige reeds volgden en kunnen van bepaalde opleidingsonderdelen worden vrijgesteld.

Het ontwerpbesluit bepaalt dat de minister bevoegd voor het energiebeleid de invoeringsdatum van de certificatenverplichting vastlegt. De beschikbaarheid van een voldoende groot aantal energiedeskundigen is hierbij doorslaggevend. In de eerste jaren na de invoering van de regelgeving zullen naar schatting jaarlijks 100.000 certificaten moeten worden opgemaakt. Hiervoor zullen een 400-tal energiedeskundigen nodig zijn.

De invoering van de energieprestatiecertificaten bij verkoop en verhuur van woongebouwen zal hoe dan ook moeten plaatsvinden voor de uiterste omzettingsdatum van de richtlijn, met name 04.01.2009.

De Minaraad merkt hierbij in haar advies van 30.08.2007 op dat de erkenningsregeling voor energiedeskundigen voor de tweede maal op drie jaar tijd wordt gewijzigd, wat de voorspelbaarheid en rechtszekerheid van de regelgeving beperkt en de complexiteit ervan verhoogt. De Minaraad vraagt bijkomende erkenningsvoorwaarden op het vlak van opleiding en/of ervaring, bijkomende maatregelen om de onafhankelijkheid van de energiedeskundigen te garanderen (b.v. vastgoedmakelaars die worden vergoed op basis van de verhuur- of verkoopprijs van een woning hebben er alle belang bij dat de woning zo energiezuinig mogelijk wordt ingeschat); en een verdere vereenvoudiging van de erkenningsstructuur.

Bovendien respecteert volgens de Minaraad het ontwerpbesluit het stappenplan van 2005 niet, omdat het energieprestatiecertificaat voor gebouwen voor publieke dienstverlening pas ingaat op 01.01.2009.

5.1.3.5. *Energie Advies Procedure (EAP) software.*

De geïnformateerde opmaak van het energieprestatiecertificaat moet het mogelijk maken dat het niet langer dan een halve dag duurt om voor een gemiddelde woning een certificaat op te maken. De kostprijs zou op die manier gemiddeld 200 tot 250 euro bedragen.

Voor het uitwerken van de energieprestatiecertificatieprocedure voor bestaande residentiële gebouwen had de Vlaamse overheid in principe de bestaande vrijwillige Energie Advies Procedure (EAP) voor woongebouwen als uitgangspunt kunnen nemen. Deze EAP werd ontwikkeld door de drie gewesten, in samenwerking met de federale overheid, en wordt gebruikt door energiedeskundigen voor het uitvoeren van een vrijwillige energie-audit die in aanmerking komt voor een fiscale aftrek. In de praktijk worden de energiedeskundigen geconfronteerd met een aantal problemen die gerelateerd zijn aan de software. Het verzamelen en ingeven van de gegevens in het softwareprogramma is zeer tijdrovend. De energieadviesprocedure voor woongebouwen is geen succes: van 2005 tot midden 2007 werden minder dan 400 betaalde EPA-audits uitgevoerd.

De Vlaamse overheid opteert daarom in het ontwerpbesluit voor het Nederlands softwaresysteem. In Nederland is sinds een tiental jaar het EnergiePrestatieAdvies (EPA) ingevoerd. De EPA vertoont grote gelijkenissen met de Vlaamse EAP-procedure, maar is door zijn jarenlange gebruik steeds verder verfijnd en aangepast.

De Minaraad betreurt in haar advies van 30.08.2007 het verlies aan tijd en middelen (de EAP-deskundigen moeten nog maar eens het gebruik van een nieuw softwarepakket aanleren). De Minaraad betreurt ook het gebrek aan coördinatie (voor EAP, EPB, energieprestatiecertificaat voor woningen en energieprestatiecertificaat voor publieke gebouwen maakt men gebruik van verschillende benaderingsmethoden zoals gemeten versus berekend gebruik). De Minaraad

merkt tevens op dat de vereenvoudigde procedure leidt tot minder kwalitatieve aanbevelingen voor energiebesparende maatregelen.

5.1.4. Inspectie van boilers

Een regelmatig onderhoud en controle van verwarmingsketels die werken op niet-hernieuwbare, vloeibare of vaste brandstof is al geruime tijd verplicht (K. B. van 06.01.1978 tot voorkoming van de luchtverontreiniging bij het verwarmen van gebouwen met vaste of vloeibare brandstof).

Door een nieuwe regeling, goedgekeurd eind 2006, moeten vanaf 2009 ook gasgestookte centrale verwarmingsketels een tweejaarlijkse inspectie ondergaan. Deze inspecties zullen leiden tot een snellere vervanging van verouderde, energieverspillende installaties door ketels met lagere emissieniveaus en betere energieprestaties. Daarnaast wordt een verplichte, eenmalige keuring ingevoerd voor centrale verwarmingsketels ouder dan 15 jaar. Op basis van de resultaten van deze keuring wordt advies gegeven aan de gebruiker over een mogelijke vervanging van de ketel of mogelijke verbeteringen aan het systeem.

De wijzigingen gaan 01.01.2009 in voege en zullen gepaard gaan met een sensibilisering van burgers en onderhoudstechnici.

5.1.5. Inspectie van airconditioningssystemen

De Europese regelgeving voorziet dat Europese lidstaten de minimumopleidingseisen moeten bepalen, en een certificering moeten invoeren voor personeel en bedrijven betrokken bij het onderhoud van koel- en luchtbehandelingsinstallaties die ozonafbrekende stoffen of gefluoreerde broeikasgassen als koelmiddel bevatten. Deze bedrijven zullen op regelmatige basis worden gekeurd en zullen moeten bewijzen dat het koeltechnische personeel de nodige vakbekwaamheid bezit, over de nodige technische uitrusting kan beschikken om deze werkzaamheden op een verantwoorde en correcte wijze uit te voeren en dat de uitgevoerde werkzaamheden voldoende worden gedocumenteerd.

De Vlaamse regelgeving voor de certificering van koeltechnische bedrijven, goedgekeurd eind 2006, treedt vanaf 01.01.2009 in werking.

5.2. Openbare dienstverplichtingen (ODV) ter bevordering van REG

Zowel het elektriciteitsdecreet als het aardgasdecreet voorzien de mogelijkheid om de elektriciteitsdistributienetbeheerders c.q. aardgasdistributienetbeheerders in Vlaanderen REG-openbare dienstverplichtingen op te leggen.

5.2.1. Resultaatsverplichtingen van de elektriciteitsdistributienetbeheerders

In het besluit inzake ODV ter bevordering van REG³⁶ worden zowel resultaats- als actie-verplichtingen opgelegd aan de distributienetbeheerders van elektriciteit.

Elke elektriciteitsdistributienetbeheerder is verplicht om bij zijn afnemers ('klanten') een *primaire* energiebesparing [in kWh] in een kalenderjaar n te realiseren, die wordt berekend als een percentage [%] van de hoeveelheid elektriciteit [in kWh] die twee jaar voordien ($n-2$) door zijn afnemers werd afgenomen (resultaatsverplichting). De netbeheerders moeten daartoe vanaf 2003 jaarlijks voor 1 juni een plan met REG-acties voor het daaropvolgende jaar aan het Vlaams energieagentschap VEA (voorheen ANRE) voorleggen. Elke netbeheerder kan in principe zelf uitkiezen welke acties hij wil uitvoeren, maar een aantal acties zijn wel verplicht [zie § actieverplichtingen]. Het gewijzigde besluit laat niet meer toe dat netbeheerders nog besparingen in rekening kunnen brengen voor zogenaamde "zachte acties" zoals het uitvoeren van audits of het invoeren van energieboekhoudings- en energiebeheerssystemen.

³⁶ Besluit van de Vlaamse Regering van 29 maart 2002 inzake de openbare dienstverplichtingen ter bevordering van het rationeel energiegebruik, gewijzigd door de besluiten van 26.09.2003, 05.03.2004, 08.07.2005 en 10.03.2006.

De reden hiervoor is dat dergelijke acties pas effectieve besparingsresultaten opleveren op het moment dat de geïdentificeerde maatregelen daadwerkelijk worden uitgevoerd³⁷.

Een netbeheerder kan aan zijn resultaatsverplichting voldoen door energiebesparende maatregelen financieel te ondersteunen. De netbeheerder legt de hoogte vast van de premies voor energiebesparende maatregelen, en bepaalt de voorwaarden om van de financiële steun te kunnen genieten. De netbeheerder moet ook een methode voor de berekening van de besparingen voorstellen [bijvoorbeeld 1 m² dakisolatie komt overeen met een energiebesparing van 158 kWh primair bij een R_d van minstens 3 (m².K)/W]. Het VEA (voorheen ANRE) beoordeelt deze methode. VEA hanteert de facto bij de beoordeling van de REG-actieplannen een lijst die aangeeft voor hoeveel primaire energiebesparing een bepaalde actie in aanmerking komt, maar deze lijst is vertrouwelijk (SERV, 2006, p. 13). De SERV beklagt zich er overigens over dat de berekenings- en evaluatiemethoden erg ondoorzichtig zijn. (SERV, 2006, p. 7).

Het percentage te realiseren primaire energiebesparing bedroeg 1,0 % in 2003, en gold zowel voor hoog- en middenspanning (> 1 kV) als voor laagspanning (< 1 kV). De doelstelling werd voor laagspanning opgetrokken tot 2,0 % in 2004; 2,1 % in 2005 en 2,2 % voor 2006 en 2007. Oorspronkelijk zou de doelstelling voor laagspanning vanaf 2008 opnieuw gelijk worden aan 1,0 %; maar in het gewijzigde³⁸ besluit zijn de doelstellingen vanaf 2008 opgetrokken tot 2,0 % primaire energiebesparing bij de huishoudelijke afnemers; en 1,5 % bij de niet-huishoudelijke afnemers. Het onderscheid tussen hoog- en laagspanningsklanten is daarmee opgeheven. Zowel de SERV (2006, p. 7) als de Minaraad (2006, p. 11) stellen zich de vraag hoe deze doelstellingen aansluiten bij het voornemen, opgenomen in het Vlaams regeerakkoord, om het energiegebruik van de gezinnen te verminderen met 7,5 % in 2010 t.o.v. 1999.

Indien de gerealiseerde energiebesparing hoger ligt dan de opgelegde resultaatsverplichting, dan kan de netbeheerder het overschot overdragen naar het volgende kalenderjaar. Indien de doelstellingen niet worden gehaald, moet de netbeheerder een boete betalen van 10 cent per kWh te weinig bespaarde primaire energie.

Om een grotere eenvormigheid te realiseren wat betreft actievoorwaarden, premiebedragen en aanvraagformulieren bevat het gewijzigde besluit een aantal aanpassingen van de plannings- en rapporteringsverplichtingen vanaf 2007. Tot de wijzigingen behoren o.m. de goedkeuring door het VEA van het ontwerp REG-actieplan, dat nu niet alleen een hoofdstuk moet bevatten met acties voor de realisatie van de resultaatsverplichting (de berekeningsmethodes, de hoogtes van de premies en de premievoorwaarden) maar ook een hoofdstuk over de *projectaanpak* (art. 15). Andere wijzigingen hebben betrekking op het jaarlijks ter beoordeling voorleggen aan het VEA van 1) een definitieve lijst met uit te voeren acties (art. 16); en 2) van de aanvraagformulieren voor de premies (art. 17).

Nieuw is ook dat netbeheerders met minder dan 2.500 eindafnemers kunnen kiezen voor een compenserende actieverplichting en / of financieringsverbintenis³⁹.

³⁷ VEA kende aan deze acties een "fictief energiebesparingsresultaat" toe.

³⁸ goedgekeurd door de Vlaamse regering in maart 2007 ?

³⁹ Het betreft de netbeheerder voor de luchthaven van Zaventem en de haven van Antwerpen, en de netbeheerder ELIA.

Tabel 32: Aandelen in besparingen bij huishoudens van een selectie van REG-acties (Vlaanderen, 2003-2005)

Maatregel	2003	2004	2005
Muurisolatie	-	0,43 %	1,19 %
Dakisolatie	4,78 %	7,13 %	18,28 %
Superisolerende beglazing	2,79 %	5,98 %	7,69 %
Hoogrendementsketel	5,10 %	3,6 %	4,63 %
Condensatieketel	10,58 %	8,85 %	24,23 %
Warmtepomp	-	0,94 %	1,24 %
Spaarlampen	12,50 %	44,83 %	24,05 %
Spaardouchekoppen	62,36 %	27,11 %	17,08 %
Totale gerealiseerde besparing [in GWh]	762,99	789,70	982,35
Doelstelling besparing [in GWh]	381,34	551,41	583,35

Bron: Minaraad (2006)

Een overzicht van de premies die de netbeheerders in 2007 geven is terug te vinden in VEA (2007).

5.2.2. Actieverplichtingen van de elektriciteitsdistributienetbeheerders

Het besluit legt een aantal actieverplichtingen op aan de netbeheerders, o.m. naar huishoudens toe het verspreiden van informatiebrochures, het verstrekken van REG-advies aan de klanten, het ter beschikking stellen van een REG-adviseur, of het organiseren van acties naar bijzondere doelgroepen zoals 'beschermden klanten'. Het besluit bevat ook nog specifieke actieverplichtingen naar onderwijsinstellingen en welzijns- en gezondheidsinstellingen toe, in casu het aanbieden van een energieboekhoudingssysteem, inclusief begeleiding bij de opstart en het gebruik (art. 5).

Omdat het oude besluit teveel de nadruk legde op resultaatsverplichtingen, waardoor de netbeheerders vooral acties ondersteunden met een gegarandeerd succes (b.v. de plaatsing van thermostatische kranen), voert het gewijzigd besluit de mogelijkheid in om op een eenvoudige manier jaarlijks extra REG-acties op te leggen (art. 11).

De acties naar bijzondere doelgroepen (beschermden afnemers, lokale besturen en externe organisaties) toe zijn in het gewijzigd besluit meer gedetailleerd uitgewerkt. Nieuwe actieverplichtingen hebben betrekking op een pilootproject om met een gemeente energiescans aan te bieden aan huishoudelijke afnemers, en actieverplichtingen specifiek gericht op 'beschermden afnemers'. We bespreken deze laatste twee actieverplichtingen afzonderlijk. Het besluit bevat ook nog actieverplichtingen naar lokale besturen toe (art 10). Deze laatste is in deze studie over huishoudens van minder belang en zullen we niet in detail bespreken.

5.2.3. Energiebonacties 2004-2007

Een verplicht onderdeel van het REG-actieplan van een elektriciteitsdistributienetbeheerder was het uitdelen van een energiebon⁴⁰ in de periode 2004-2005 (eerste fase) en 2006-2007 (tweede fase).

In de loop van 2004 en 2005 gingen de netbeheerders van start om aan ieder Vlaams gezin een spaarlamp, spaardouchekop of energiemeter te bezorgen. In totaal werden tijdens deze eerste fase bijna 1,7 miljoen spaarlampen, ongeveer 150.000 spaardouchekoppen en 1.500 energiemeters bedeed. Dit stemt overeen met een totale respons van bijna 75 %. Uit de evaluatie van de eerste fase bleek dat de bedeling niet probleemloos verliep, en dat een groot deel van de bedeede spaarlampen niet of verkeerd⁴¹ werden gebruikt.

⁴⁰ Resolutievorstel van Vlaams volksvertegenwoordiger Eloi Glorieux, goedgekeurd door de Vlaamse regering op 26.09.2003.

⁴¹ Het is onduidelijk wat de administratie bedoeld met "verkeerd gebruik" van spaarlampen.

Om aan deze tekortkomingen tegemoet te komen werden een aantal aanpassingen goedgekeurd. De Vlaamse gezinnen kregen in de loop van mei 2006 van hun distributienetbeheerder een aantal kortingsbonnen ter waarde van 5 euro voor de aankoop van spaarlampen. De kortingsbonnen werden aan huis verdeeld, samen met een informatieve brochure over het gebruik van spaarlampen⁴². Elk gezinslid, uitgezonderd het gezinshoofd dat reeds een product (spaarlamp, spaardouchekop of energiemeter) kreeg gedurende de eerste fase van de energiebonactie, had recht op een kortingsbon voor een spaarlamp naar keuze. In totaal hebben de netbeheerders bij benadering 3,5 miljoen kortingsbonnen in Vlaanderen verspreid. Men kon de kortingsbonnen in een winkel naar keuze gebruiken voor de aankoop van om het even welke spaarlamp(en), maar met een minimale waarde van 5 euro. De korting werd onmiddellijk in mindering gebracht aan de kassa van de betreffende winkel. De bonnen waren geldig tot en met 31.12.2006.

Tabel 33: Acties i.v.m. spaarlampen en spaardouchekoppen bij huishoudens (Vlaanderen, 2003-2005)

	2003 (*)	2004	2005
Aantal premies	370.502	1.164.961	647.009
Bedrag premies	1,15 miljoen €	5,7 miljoen €	4,1 miljoen €
Primaire energiebesparing	228,53 GWhp	291,28 GWhp	170,39 GWhp

(*) In 2003 werden spaarlampen en spaardouchekoppen verdeeld bij beschermde afnemers.

Bron: Minaraad (2006)

Aan een spaarlamp is forfaitair een primaire energiebesparing gekoppeld van 111 kWh die meetelt voor de resultaatsverplichting van de netbeheerders. De elektriciteitsbesparing bij de afnemer bedraagt $111/2,5 = 44,4$ kWh. Gerekend aan een kost van 5 euro per bon betekent dat een kostprijs van 0,11 euro per bespaarde kWh.

5.2.4. Energiescans 2007-2009

Een *energiescan* van een woning is een doorlichting die – op basis van een bezoek ter plaatse – een eerste beeld geeft van de energiesituatie en het energiebesparingspotentieel op het vlak van gebouwschil, verwarming, verlichting, elektrische apparaten en gedrag; en waarbij tijdens het bezoek op die plaatsen waar het zinvol wordt geacht spaarlampen, een spaardouchekop, radiatorfolie en buisisolatie worden geplaatst⁴³.

De elektriciteitsdistributienetbeheerders moeten in de periode 2007-2009 een aantal energiescans uitvoeren bij specifieke doelgroepen van huishoudelijke afnemers. Afspraken m.b.t. de specifieke doelgroepen waaraan energiescans worden aangeboden en de personen door wie de energiescans worden uitgevoerd, worden vastgelegd in een convenant tussen de netbeheerder en de gemeente⁴⁴. Het VEA legt na overleg met de netbeheerders de minimumvereisten waaraan een energiescan moet voldoen, vast. De netbeheerder moet jaarlijks voor 1 mei aan het VEA rapporteren over de uitvoeren van deze actieverplichting.

Het totaal aantal energiescans dat elke netbeheerder moet laten uitvoeren is gelijk aan 2 per 100 huishoudelijke toegangspunten op het elektriciteitsdistributienet per 01.10.2006, en zoveel mogelijk gespreid over de periode 2007-2009 (art.3, §4). In concreto betreft het meer dan 51.000 doorlichtingen van woningen voor een bedrag van 200 euro per scan, of meer dan 10,2 miljoen euro over drie jaar gespreid.

We hebben enkele bedenkingen bij deze actieverplichting. Het VEA kent aan de energiescan een forfaitaire primaire energiebesparing toe, die meetelt voor het behalen van de resultaatsverplichtingen. Maar in art. 15 §2,2° van het gewijzigde besluit worden energie-audits, planadvies, energieboekhoudingen en energiezorgsystemen nu net expliciet uitgesloten voor het behalen van de resultaatsverplichtingen. Waarom met de ene hand

⁴² Minder mobiele mensen konden bij de netbeheerder een door de netbeheerder aangeboden spaarlamp aanvragen, die dan aan huis werd bezorgd.

⁴³ Ventilatie is niet expliciet in de officiële definitie opgenomen. Een energiescan is overigens geen energie-audit !

⁴⁴ Deze doelgroepen mogen niet samenvallen met de geselecteerde doelgroepen in het kader van de actie klimaatwijken.

ontnemen om het met de andere hand terug te geven ? Het is bovendien uit het besluit niet op te maken wie die “specifieke” doelgroepen zijn, alhoewel uit een persmededeling van de bevoegde minister moet blijken dat “*opgeroepen wordt om prioritair te opteren voor beschermde afnemers of mensen die in bestaansonzekerheid leven.*” Volgens de Minaraad zou het stimuleren van gemeenten om hun bevolking energiescans aan te bieden beter gebeuren via de cluster energie van de [samenwerkingsovereenkomst](#) “Milieu als opstap naar duurzame ontwikkeling” (Minaraad, 2006, p. 14-15).

5.2.5. Doelgroepenbeleid – bevordering van REG bij kansarmen

Het gewijzigde besluit voorziet voor “beschermde afnemers” (mensen met een laag inkomen) een aantal nieuwe actieverplichtingen voor de elektriciteitsdistributienetbeheerders. Deze verplichtingen zijn, vanaf 2008:

1. sensibilisering en informatieverbreiding over REG, met aandacht voor beschermde afnemers en eventueel samen met externe organisaties (art. 6);
2. voor beschermde afnemers een hogere financiële ondersteuning voor acties; en kortingbonnen voor de aankoop van energiezuinige koelkasten met A+ of A++ label of energiezuinige wasmachines met AAA-label. (art. 8);
3. de netbeheerder moet samenwerkingsverbanden opzetten met sociale huisvestingsmaatschappijen en sociale verhuurkantoren, met het oog op het realiseren van primaire energiebesparing (art. 9).

De primaire energiebesparingen die voortvloeien uit bovenvermelde actieverplichtingen 2) en 3) tellen mee voor het behalen van de resultaatsverplichting.

De SERV uitte enkele kritische bedenkingen bij deze aanpak. Een verhoging van of een bijkomende premie zal de beschermde klanten niet meer bereikbaar maken dan vroeger. Afzonderlijke informatiesessies kunnen bovendien stigmatiserend werken. De SERV pleit dan ook voor een totaalvisie inzake armoedebestrijding, en voor alternatieve financieringsmechanismen zoals renteloze leningen, afbetalingsplannen of “third-party financing” (SERV, 2006, p. 18-19).

5.2.6. Actieverplichtingen van aardgasnetbeheerders

Het gewijzigd besluit voert de verplichting in voor aardgasnetbeheerders om historische afnamegegevens aan *niet-huishoudelijke* klanten ter beschikking te stellen (art. 21).

5.2.7. Actieverplichtingen van de leveranciers van elektriciteit

De elektriciteitsleveranciers zijn verplicht om op de afrekeningsfactuur het gebruik van de laatste drie jaar te vermelden (art. 22).

Zowel de Minaraad (2006, p. 14) als de SERV (2006, p. 13) wijzen erop dat het gewijzigd besluit een mogelijkheid onbenut laat, namelijk de gebruiker toelaten het eigen gebruik te vergelijken met een “benchmark” (b.v. het gemiddeld gebruik van een efficiënte afnemer van hetzelfde type). De werkgroep gebouwen van de Vlaamse klimaatconferentie pleitte voor een benchmarking op de energiefactuur, waarbij het gebruik wordt gesitueerd in een groene, oranje of rode zone (“Energy Mass Index”).

De elektriciteitsleveranciers moeten ook de herkomst van de geleverde elektriciteit op de factuur vermelden (art. 23)

5.2.8. Actieverplichtingen van de leveranciers van aardgas

De aardgasleveranciers zijn verplicht om op de afrekeningsfactuur het gebruik van de laatste drie jaar te vermelden (art. 24).

5.3. Financiële ondersteuning

De Vlaamse overheden voorzien heel wat premies voor energiebesparende maatregelen. De federale overheid geeft eveneens subsidies, voornamelijk onder de vorm van een fiscale aftrek. Voor specifieke informatie verwijzen we naar de websites www.energiesparen.be en www.premiezoeker.be. De effectiviteit van premies als beleidsinstrument wordt aangetast door het zogenaamde "Free Rider" effect, d.w.z. dat al diegenen die hoe dan ook een in een bepaalde maatregel zouden hebben geïnvesteerd (b.v. bij de noodzakelijke vervanging van een apparaat) eveneens de premie incasseren. Volgens ECN zijn vaak meer dan twee-derde van de premie-ontvangers een free rider. *"Dit is mede het gevolg van de keuze voor veel toegepaste voorzieningen of apparaten die al redelijk aantrekkelijk moeten zijn zonder premie."* (ECN, 2000, p. 6)

5.3.1. Premies van het Vlaams Gewest

De Vlaamse overheid voorziet sedert 1998 een investeringssubsidie voor het plaatsen van PV-systemen. Het nadeel van dit systeem was dat per subsidiejaar slechts een beperkt aantal dossiers in aanmerking kwam.

Vanaf 01.01.2006 is de Vlaamse overheid gestart met een dubbele subsidiëring van fotovoltaïsche panelen bij o.m. particulieren:

- Productiesteun. Voor elke 1.000 kilowattuur elektriciteit opgewekt met een PV-systeem dat na 01.01.2006 werd geplaatst en in dienst gesteld, ontvangt de eigenaar een groenestroomcertificaat, dat hij bij de netbeheerder kan inruilen tegen een gegarandeerde waarde van 450 euro gedurende 20 jaar vanaf de inwerkingstelling van de installatie;
- Investeringssteun. De Vlaamse regering komt in 2006 en 2007 (aanvragen ingediend voor 01.09.2007 of tot uitputting van het budget) tussen ten belope van 10 % in de subsidieerbare kosten. Subsidieerbare kosten zijn uitgaven voor de aankoop van de zonnepanelen, het montagesysteem en de bekabeling, de omvormers en de de verplichte kilowattuur-meter, evenals de plaatsingskosten en de kosten voor de keuring door een erkend organisme. De subsidieerbare kosten worden beperkt tot 7.000 euro per kilowatt-piek⁴⁵. De subsidieerbare maximale grootte van de zonnepanelen-installatie is 3 kilowatt-piek.

In 2006 betoelaagde de Vlaamse overheid ongeveer 400 PV-systemen of bijna driemaal meer dan het jaar ervoor (ongeveer 1.100 kilowatt in 2006 tegenover bijna 400 kW in 2005). Daarnaast werden nog voor meer dan 500 kW grootschalige projecten gerealiseerd met de nieuwe steun van 450 euro per 1.000 kWh.

Voor 2007 is een bedrag van 1,6 miljoen euro voorzien (de aanvankelijk voorziene 730.000 euro + 870.000 extra middelen). Het PV-subsidieprogramma waarbij voor particuliere investeringen in fotovoltaïsche zonne-energie 10% investeringssteun werd voorzien, is op 21.08.2007 stopgezet. Het beschikbare budget voor het afsluitende jaar 2007 is volledig vastgelegd. Hiermee is dit overgangssubsidieprogramma in zijn laatste jaar 2007 met meer dan 1 600 geregistreerde subsidieaanvragen definitief afgesloten.

5.3.2. Premies van de provincies

In 2007 geeft de provincie Limburg een premie van 250 euro voor de plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen en 250 euro voor de plaatsing van een zonneboiler (telkens voor de eerste 400 aanvragen in 2007); en de provincie Vlaams Brabant een premie van 625 euro voor de plaatsing van een zonneboiler en een premie van 1,25 euro per m² voor de plaatsing van dakisolatie in een bestaande woning.

5.3.3. Premies van de gemeenten

In 2007 geven 159 gemeentes een (aanvullende) premie voor het plaatsen van een zonneboiler; en 129 gemeentes voor de installatie van fotovoltaïsche zonnepanelen. De

⁴⁵ Zonnepanelen met een vermogen van 1 kilowatt-piek leveren 1 kilowatt bij een loodrechte zonne-inval van 1.000 Watt per vierkante meter.

premies variëren meestal tussen 250 en 750 euro. 24 gemeentes geven een premie voor het plaatsen van een warmtepomp (ruimteverwarming), en 5 gemeentes voor het plaatsen van een warmtepompboiler (productie van warmtapwater). 4 gemeentes geven een premie voor een condensatieketel, 3 voor een hoogrendementsketel, en één voor het vervangen van een verwarmingsinstallatie door een lagetemperatuurketel of een condensatieketel. Tot slot geven 10 gemeentes een premie voor het plaatsen van dakisolatie; en 8 gemeentes voor het plaatsen van superisolerende beglazing.

5.3.4. Verbeteringspremie voor woningen

De Vlaamse administratie (www.wonen.vlaanderen.be) verleent sedert 01.04.1993 een *verbeteringspremie voor woningen*. Enkel verbeteringswerken, uitbreidingswerken en maatregelen ter voorkoming van CO-vergiftiging komen in aanmerking. Deze premie moedigt energiebesparende maatregelen aan omdat verbeteringswerken aan dak of gevel moeten beantwoorden aan de minimumvereisten qua isolatiegraad, en omdat dubbele beglazing bij het installeren van nieuwe vensters een noodzakelijke voorwaarde is. De premie voor dakwerken bedraagt 1 250 euro (minimumkosten 2 500 euro) en voor gevelwerken 1 500 euro (minimumkosten 3 000 euro).

5.3.5. Belastingvermindering (federaal)

De federale overheid voerde vanaf het aanslagjaar 2004 (inkomstenjaar 2003) een *belastingvermindering* door voor energiebesparende maatregelen (art. 15 van de Wet van 10.08.2001)..

De vermindering voor het aanslagjaar 2008 (uitgaven in 2007) bedraagt 40 % van de uitgaven voor de:

- vervanging of onderhoud van stookketels;
- installatie van een zonneboiler;
- installatie van fotovoltaïsche zonnepanelen;
- installatie van geothermische warmtepompen;
- plaatsing van hoogrendementsbeglazing of superisolerende beglazing;
- plaatsing van dakisolatie;
- plaatsing van thermostatische kranen op radiatoren of een kamerthermostaat met tijdsinschakeling;
- uitvoering van een energieaudit van de woning.

Voor bijna alle maatregelen geldt het fiscale voordeel zowel voor nieuwbouwwoningen als voor gehele of gedeeltelijke renovatie van de woning. Enkel bij de vervanging van oude stookketels worden woningen in aanbouw uitgesloten. De uitvoering van een energieaudit is niet van tel bij een nieuwbouwwoning.

De investeringen in energiebesparing die bij de belastingsaangifte worden aangegeven, dienen bewezen te worden met facturen van de werkzaamheden en dienen uitgevoerd te worden door een geregistreerde aannemer of een erkende energiedeskundige bij een energieaudit.

In de loop der jaren werden een aantal wijzigingen doorgevoerd:

- Vanaf aanslagjaar 2008 (uitgaven vanaf 2007) komen niet alleen *condensatieketels* maar ook *stookketels op hout* en *microwarmtekrachtkoppeling* in aanmerking voor een belastingvermindering. Lagetemperatuurketels kwamen enkel nog tot eind 2006 (d.w.z. betalingen uitgevoerd in 2006) in aanmerking voor het verkrijgen van een fiscaal voordeel bij de vervanging van een oude cv-verwarmingsketel;
- Vanaf aanslagjaar 2007 (uitgaven vanaf 2006) kwam het onderhoud van (nieuwe of oude) stookketels eveneens in aanmerking voor fiscale aftrek. Met onderhoud wordt bedoeld het regelmatige onderhoud, het afstellen van de brander en het reinigen van de installatie;

- Vanaf aanslagjaar 2006 (uitgaven vanaf 2005) kwamen ook huurders in aanmerking voor het fiscaal voordeel. Tot en met aanslagjaar 2005 werd de belastingvermindering enkel toegekend aan de *eigenaar, bezitter, erfpachter, opstalhouder of vruchtgebruiker* van de woning waarin de werken werden uitgevoerd.

Voor het aanslagjaar 2008 (uitgaven 2007) is de belastingvermindering beperkt tot maximum 2.000 euro (geïndexeerd 2.600 euro) per woning, zowel bij nieuwbouw als bij renovatie. Voor aanslagjaar 2009 is het geïndexeerd maximumbedrag 2 650 euro. Behalve voor zonneboiler en fotovoltaïsche zonnepanelen, hiervoor is het maximum 2 600 euro (geïndexeerd 3 380 euro, voor aanslagjaar 2009 opgetrokken tot 3 440 euro). Voor het aanslagjaar 2007 (inkomstenjaar 2006) was de belastingvermindering beperkt tot slechts maximum 1 000 euro (geïndexeerd 1 280 euro) per woning. Voor het aanslagjaar 2006 (uitgaven 2005) bedroeg de belastingvermindering bij nieuwbouw maximaal 500 euro (geïndexeerd 620 euro) en bij renovatie 600 euro (geïndexeerd 750 euro).

Voor het aanslagjaar 2009 (uitgaven 2008) krijgt al wie een passiefhuis koopt of bouwt of een woning renoveert tot een passiefhuis een belastingvermindering van (geïndexeerd) 790 euro per jaar, gespreid over 10 jaar. Voorwaarde is dat de belastingplichtige beschikt over het certificaat "passiefhuis".

Ongeveer 96.700 Belgen hebben in het inkomstenjaar 2003 gebruik gemaakt van die regeling. Het totaal van de uitgaven die recht gaven op de belastingvermindering bedroeg dat jaar meer dan 40,5 miljoen euro⁴⁶, waarvan 64,5 % (of 26,2 miljoen euro) afkomstig was van Vlaamse belastingbetalers. Resultaten voor recentere jaren zijn nog niet beschikbaar.

5.3.6. Voordelig BTW-tarief voor renovatie van woningen ouder dan 5 jaar (federaal)

Een andere federale maatregel was aanvankelijk (van 19xx tot 2000) het *voordelig BTW-tarief* van 6 % i.p.v. 21 % bij renovatie van woningen *ouder dan 15 jaar*. Van 01.01.2000 tot 31.12.2002 werd deze maatregel geldig voor woningen *ouder dan 5 jaar*. Het verlaagd BTW-tarief van 6 % voor werken uitgevoerd aan woningen ouder dan 5 jaar is nadien verlengd tot 31.12.2005, en vanaf 2006 is deze maatregel definitief van toepassing. Het is van geen belang eigenaar of huurder te zijn om van dit voordeel te kunnen genieten.

5.3.7. Fonds ter reductie van de globale energiekost FRGE (federaal)

Het Fonds ter Reductie van de Globale Energiekost (**FRGE**) werd op 10.03.2006 opgericht. Het is een NV van publiek recht en een dochtermaatschappij van de Federale Participatie- en Investeringsmaatschappij. Het Fonds verstrekt goedkope leningen bestemd voor structurele energiebesparende maatregelen aan particulieren. Dit gebeurt via lokale entiteiten die zijn aangeduid door steden en gemeenten in overleg met het OCMW. De sociaal zwaksten vormen voor het Fonds een bijzondere doelgroep van particulieren.

Het Fonds heeft een maximale schuldpositie van 100 miljoen Euro. Deze kan worden ingevuld door het ophalen van obligaties met staatswaarborg en fiscaal voordeel. Dit kapitaal moet – als een rollend fonds – dienen voor de energiebesparende investeringen in woningen (maximaal 10.000 Euro per woning). Het financiële plan voorziet in een benutting gespreid over 5 jaar, d.w.z. ongeveer 20 miljoen per jaar. Bijgevolg kunnen in België minstens 2.000 woningen per jaar worden bediend, zowel via goedkope leningen voor iedereen als via begeleide investeringen bij de sociaal zwaksten in de samenleving. Men verwacht dat elke lokale entiteit jaarlijks middelen besteedt voor een 100 à 200-tal woningen. (bron: www.freg.be)

Het FRGE is opgericht zonder enig overleg met de Vlaamse overheid. Vlaanderen heeft inmiddels wel 1 vertegenwoordiger in het FRGE. De Vlaamse overheid betreurt de bevoegdheidsoverschrijding (energiebesparing is een Vlaamse bevoegdheid) maar probeert zo goed mogelijk samen te werken [Stuk 15 (2006-2007) – Nr. 4-I, p 51].

⁴⁶ Antwoord van minister van Financiën Didier Reynders op vraag van Kamerlid Miguel Chevalier.

5.4. Bevorderen van REG bij kansarmen en in de sociale woningbouw

5.4.1. Sociale energiescans

De Vlaamse overheid wil kansarme gezinnen die een woning huren ondersteunen en stimuleren om eenvoudige energiezuinige maatregelen door te voeren. Een sociaal energiescanproject werd anno 2006 uitgevoerd bij 100 gezinnen die in kansarmoede leven in de provincie Oost-Vlaanderen. Het project bestond uit de volgende elementen:

- het uitvoeren van een snelle energie-scan van de woning, waarbij in het advies de nadruk op eenvoudige, kosteloze maatregelen wordt gelegd;
- het uitvoeren van een standaardinvesteringspakket bestaande uit eenvoudige, energiezuinige maatregelen, zoals het plaatsen van spaarlampen en een spaardouchekop en het aanbrengen van leidingisolatie en radiatorfolie;
- het invullen van een aanstijlijst om basisinformatie aan de overheid te bezorgen over de energetische toestand van de woningen.

Het project verloopt in nauwe samenwerking met het [Vlaams Netwerk van Verenigingen waar Armen het woord Nemen](#). Het VEA verzorgt de algemene coördinatie. De evaluatie van het project is voorzien december 2006 (bron: [Vlaams Klimaatbeleidsplan](#)).

De provincie Vlaams-Brabant is in oktober 2006 gestart met de campagne "Energiebesparing bij mensen in kansarmoede". De vzw Ecolife werkte twee workshops uit over het thema energie, op maat van mensen in kansarmoede. De vzw Leren Ondernemen steunt de deelnemers extra door in hun woning een energiescan uit te voeren. Op basis van deze energiescan krijgen de deelnemers gratis een pakket met energiebesparende maatregelen, aangeboden door de provincie. Het gaat om kleine investeringen zoals tochtstrips, spaarlampen, radiatorfolie. (Het Nieuwsblad, 30.10.2006).

5.4.2. Aardgasfonds – acties van aardgasdistributienetbeheerders

De Vlaamse overheid startte in 2004 een overleg met de brandstofleveranciers (aardgas, stookolie, butaan, propaan en steenkool) over het promoten van energiebesparingsprogramma's aan hun klanten, waaronder de huishoudens. De brandstoffenleveranciers deden voorstellen die hoofdzakelijk waren gericht op algemene communicatie en informatieverbreiding. Een engagement om concrete berekende resultaten te boeken in termen van energiebesparing bleek zeer moeilijk, o.m. omwille van de noodzakelijk voorwaarde van gelijkwaardigheid tussen de REG-inspanningen van de concurrerende aardgas- en stookoliesectoren.

Op 12.03.2003 werd een bedrag van 26,26 miljoen euro na aardgastarieffherberekeningen ter beschikking gesteld van het voormalige Controlecomité voor de Elektriciteit en het Gas voor het voeren van REG- en veiligheidsmaatregelen. Per overeenkomst van x.x.2006 tussen de gewesten, de federale staat en de aardgasdistributienetbeheerders, werd het bedrag (aardgasfonds genoemd, na intresten intussen 29,98 miljoen euro) onder toezicht van de gewesten geplaatst.

De Vlaamse aardgasdistributienetbeheerders leggen vanaf 2006 jaarlijks een actieplan ter goedkeuring aan het VEA voor met maatregelen ter bevordering van REG (verplicht), veiligheid en/of sociale maatregelen (facultatief) in de woningen, tertiaire en/of industriële gebouwen. Het budget van het aardgasfonds bedraagt 19,1 miljoen euro. Hiermee zullen over de periode 2006-2009 acties worden gefinancierd (bron: beleidsbrief energie 2006-2007).

De VMSW is een overlegpartner met mogelijke acties voor sociale woningen. Acties gericht op sociaal zwakkeren zijn o.a. acties ter verhoging van de veiligheid van de verwarming en bereiding van warmtapwater, audits in OCMW-woningen, een mogelijke premie voor de vervanging van elektrische verwarming en/of oude aardgasverwarming in sociale woningen, OCMW-woningen, ...

(bron: [Vlaams klimaatbeleidsplan](#)).

5.4.3. Diverse maatregelen van de VMSW om REG bij kansarmen te stimuleren

De VMSW neemt – op initiatief van de BBL – samen met kansarme organisaties, de gemeenten en de netbeheerders deel aan het project “Klimaat op Maat”. Dit project is gelijkaardig aan de klimaatwijken maar afgestemd op de doelgroep van de kansarmen. Het project loopt tot eind 2007.

De VMSW financiert mede het Europees project RESHAPE, dat het energieprestatieniveau van bestaande sociale woningen evalueert en aanbevelingen en beslissingstools inzaak energetische renovatie uitwerkt voor de sociale huisvestingsmaatschappijen. Dit project loopt af begin 2008.

De VMSW herwerkt tegen 2007 de ontwerponderrichtingen sociale woningbouw. De streefdoelen zijn K-peil 40 en E-peil 85.

5.4.4. Toelage voor energielevering kansarmen (federaal)

De federale ministerraad ging in april 2007 akkoord met het voorstel dat vier miljoen euro voor de OCMW's uittrekt om een premie van maximum 2 000 euro toe te kennen aan kansarmen voor de omschakeling van hun verwarmingsstelsel op elektriciteit of steenkool naar een milieuvriendelijker en goedkopere verwarming. Het ontwerp wijzigt het koninklijk besluit van 14.02.2005 dat de wet van 04.09.2002 uitvoert [Persbericht van de Ministerraad, 27.04.2007]

5.5. Bevordering van REG in bestaande woningen

5.5.1. Erkenning van deskundigen voor energie-audits in woningen

Een energie-audit geeft inzicht in de energiestromen van een woning, een lijst van maatregelen die een grote energiebesparing kunnen opleveren, en technische informatie over hoe men de maatregelen correct kan uitvoeren.

De Vlaamse overheid heeft een erkenningsregeling uitgewerkt voor energiedeskundigen van woningaudits. Kandidaten die slagen in een opleiding georganiseerd door het Vizo krijgen een getuigschrift en worden op basis daarvan erkend.

De erkende deskundigen moeten de energie-audit in eengezinswoningen uitvoeren volgens de energie-adviesprocedure (EAP), waarbij ze verplicht gebruik moeten maken van een door de overheid gratis ter beschikking gesteld softwarepakket. Het gebruik van de verplichte auditsoftware garandeert minimaal een technisch onderbouwd advies over de gebouwschil, de verwarmingsinstallatie en de bereiding van warmtapwater. De software kan optioneel advies geven over ventilatie en zomercomfort.

5.5.2. Energierenovatieprogramma 2020 voor bestaande woningen

De Klimaatconferentie formuleerde de aanbeveling om een grootschalig energierenovatieprogramma van het Vlaamse woningpark te organiseren. In het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2006-2012 werd daarom een haalbaarheidsonderzoek naar een energierenovatieprogramma voor bestaande woningen aangekondigd, dat moet uitwijzen met welke mix van beleidsinstrumenten de overheid de energieprestaties van bestaande woningen substantieel kan verbeteren.

De *strategische* doelstelling luidt: “*In het Vlaamse Gewest zijn er in het jaar 2020 geen energieverslindende woningen meer*”.

De *operationele* doelstellingen zijn dat in 2020:

- elke woning dak- of zolderisolatie heeft;

- alle bestaande enkele beglazing in woningen is vervangen door minstens verbeterd dubbel glas;
- elke huishoudelijk cv-ketel een waterzijdig jaarseizoensproductierendement heeft van minstens 90 % op de bovenste verbrandingswaarde van de brandstof;
- elke individueel gebruikte aardgaskachel in woningen een jaarseizoensproductierendement heeft van minstens 90% op de bovenste verbrandingswaarde van het gebruikte aardgas.

Het energierenovatieprogramma zal bovendien voor woningen ondersteuning geven aan het plaatsen van buitenisolatie bij buitenmuren, het plaatsen van spouwmuurisolatie en vloerisolatie, en de vervanging van elektrische verwarming. Het energierenovatieprogramma zal daarentegen het gebruik van "air conditioning" en elektrische weerstandsverwarmingen in woningen ontmoedigen.

5.5.3. Uw vakman als energieadviseur

In het kader van het Energierenovatieprogramma 2020 heeft de Vlaamse regering in september 2007 twee projectsubsidies voor energieconsulenten toegekend aan de bouwsector voor de actie 'Uw vakman als energieadviseur'.

De Vlaamse Confederatie Bouw en de Bouwunie hebben met de Vlaamse overheid een convenant afgesloten. Ze verbinden zich er toe om hun leden – aannemers en installateurs – te stimuleren om bij hun klanten energiebesparingswerken te promoten. De Vlaamse Confederatie Bouw en de Bouwunie hebben hiertoe een energieconsulent aangesteld die de aannemers en installateurs zal bijstaan in hun rol van energieadviseur.

Beide energieconsulenten zullen in hun eigen organisatie een kenniscentrum uitbouwen, informatie centraliseren en verdelen, voordrachten organiseren en eerstelijns hulp verschaffen aan bouwondernemingen en installatiebedrijven. De energieconsulenten zullen op deze wijze vaklui uit de bouwwereld opleiden om deskundig advies te kunnen geven aan hun klanten over energiebesparende investeringen. Aannemers en installateurs kunnen de klanten opmerkzaam maken op de subsidies en het fiscaal voordeel die de klanten bij een energierenovatie kunnen genieten. Ze kunnen de meer technische brochures van de Vlaamse overheid ter beschikking stellen van de klanten. Ze kunnen tot slot op vrijblijvende wijze een offerte bijvoegen die een lager energiegebruik in het vooruitzicht stelt.

De energieconsulenten zullen eveneens eigen informatie publiceren in brochures, (vak)tijdschriften en websites, niet alleen ten behoeve van de aannemers en installateurs, maar ook voor klanten. Ze zullen tegelijk verwijzen naar de bestaande mogelijkheden inzake financiering, overheidshulp en ondersteuning, technische eisen en praktische tips. De Vlaamse Confederatie Bouw zat haar website www.ikzoekenvakman.be in. De Bouwunie maakt gebruik van haar website www.bouwunie-duurzaambouwen.be. Beide websites zullen zo veel mogelijk verwijzen naar de website van het Vlaams Energieagentschap (VEA).

5.6. Het Vlaams Energieagentschap (VEA)

Het beleidsdomein energie is ondergebracht in het (nieuwe) Vlaams Ministerie van Leefmilieu en Energie' (LNE). Het Vlaams Energieagentschap (VEA) is van start gegaan op 01.04.2006, en heeft de taken inzake energie overgenomen van de voormalige afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. In de begroting 2007 vertegenwoordigen de energie-uitgaven met 18,8 miljoen euro slechts een fractie (2,8 %) van de totale uitgaven voor het beleidsdomein LNE. Binnen de energie-uitgaven zijn de twee belangrijkste posten de dotatie aan het Vlaams Energieagentschap en het variabel krediet⁴⁷ voor het energiefonds (MinaRaad, 2007, p. 7)

⁴⁷ Een variabel krediet is een in de algemene uitgavenbegroting opgenomen krediet van een begrotingsfonds dat varieert in functie van de aangerekende toegewezen ontvangsten op de overeenkomstige posten van de rijksmiddelenbegroting. Deze kredieten kunnen rekening houden met een eventueel beschikbaar saldo van het vorige jaar. Dit is het geval bij het energiefonds.

De voornaamste uitgavenposten *op de reguliere energiebegroting* in 2007, samen 6 miljoen euro, worden gevormd door:

- analyses ter ondersteuning van de beleidsuitvoering (0,8 miljoen euro, waarvan 0,5 miljoen euro voor de energieprestatieregelgeving);
- informatiekosten voor de energieprestatieregelgeving (0,5 miljoen euro);
- projectsubsidies en werkingssubsidies voor de vzw ODE (Overleg Duurzame Energie) en COGEN Vlaanderen vzw (promotie van warmtekrachtkoppeling (WKK) in Vlaanderen) (1,2 miljoen euro).
- de dotatie aan de VREG (3,1 miljoen euro).

Het decreet van 30.06.2006⁴⁸ voegde het Fonds Hernieuwbare Energiebronnen en het oude Energiefonds samen tot een (nieuw) "Energiefonds". Het eerste fonds moest hernieuwbare energie in Vlaanderen ondersteunen. Het tweede fonds was gericht op energiebesparende investeringen in Vlaanderen. Het (nieuwe) Energiefonds dient voor de financiering van de ODV inzake energie; het sociaal energiebeleid; het beleid inzake REG, WKK en hernieuwbare energiebronnen; en het beleid inzake flexibele mechanismen van het Protocol van Kyoto. De inkomsten van het Energiefonds (2,8 miljoen euro in 2007) zijn afkomstig van geldboetes in het kader van het systeem van de groenestroom- en WKK-certificaten, de REG-ODV en de EPB-regelgeving. De boetes worden opgelegd indien de opgelegde doelstellingen niet worden gehaald. Aangezien het Energiefonds een begrotingsfonds is, kan het fonds niet bestede middelen opsparen uit voorgaande jaren. Het overgedragen saldo bedroeg op 01.01.2006 19,7 miljoen euro; en op 01.01.2007 miljoen euro. (MinaRaad, 2007, p. 15)

De verwachte uitgaven *op het Energiefonds* in 2007 (12,8 miljoen euro) hebben betrekking op subsidies voor PV-systemen, beleidsondersteunende studies, impulsprogramma voor zonthermische systemen bij lokale besturen en een aantal investeringsubsidies voor hernieuwbare energiedemonstratieprojecten en de bijhorende monitoring van deze projecten; evenals financiële ondersteuning (10 miljoen euro) van projecten van het energierenovatieprogramma en omkaderende sensibiliserings- en informatiecampaagnes.

In 2006 diende 15 miljoen euro van het Energiefonds voor het dekken van de flexibele mechanismen van het Protocol van Kyoto.

De beleidsbrief energie 2006-2007 vermeldt verder de volgende inspanningen van het VEA op het vlak van informatievoorziening:

- De website www.energiesparen.be kende 280.000 bezoekers in 2005, tegenover 100.000 bezoekers in 2003 en 200.000 in 2004. Het grootste deel van de bezoekers gaat op zoek naar informatie over energieprijzen. De website biedt particulieren nu ook een investeringscalculator aan voor diverse REG-investeringen (zie ook § kosten van energiebesparende maatregelen);
- De Vlaamse overheid verspreidde in 2005 404.000 informatiefolders i.v.m. rationeel energiegebruik en duurzame energie, t.o.v. 205.000 in 2003 en 290.000 in 2004. Ongeveer 80 % van deze folders wordt verspreid op individuele vraag van de burgers, en 20 % via grootschalige beurzen.
- In 2005 is de informatiecampagne betreffende de energieprestatieregelgeving 241 keer opgenomen in de informatiebladen van de lokale besturen (op 265 onderzochte informatiebladen)
- de "Maand van de Energiebesparing" (oktober 2005) werd zeer actief opgevolgd door de lokale besturen.

Het VEA bereidt in 2007 – voor de Vlaamse bevoegdheden – de omzetting van de Europese richtlijn voor energie-efficiëntie (2006/32/EG) voor. De lidstaten moeten een eerste actieplan voor energie-efficiëntie tegen 30.06.2007 bij de Europese Commissie indienen.

⁴⁸ houdende bepalingen tot begeleiding van de aanpassing van de begroting 2006.

Op de website www.energiesparen.be kan ook een energiewinstcalculator worden geraadpleegd die uw besparing uitrekent wanneer u uw dak isoleert, uw beglazing vervangt, een condensatieketel plaatst of een zonneboiler installeert. U vindt er ook een overzicht van de subsidies vanwege de Vlaamse en de federale overheid, uw provincie en uw gemeente, alsook nuttige tips om het met een geringe meerkost nog beter te kunnen doen. Zowel de energieconsulenten als de aannemers en installateurs kunnen nuttig gebruik maken van deze hulpmiddelen om hun klanten bij te staan in hun investeringsbeslissingen.

6. Klimaatontwikkeling

6.1. Graaddagen en 'equivalente graaddagen'

Men "corrigeert" traditioneel het energiegebruik om rekening te houden met de jaarlijkse variatie in dagelijkse temperaturen. In strenge winters zal men meer moeten stoken dan in zachte winters⁴⁹. Men zou dergelijke "correctie" in principe enkel mogen toepassen op dat deel van het energiegebruik dat dient voor de ruimteverwarming van gebouwen. De correctie is vooral van belang voor de sector huishoudens, omdat in woningen ruimteverwarming een belangrijk deel uitmaakt van het totale energiegebruik.

De correctie gebeurt als volgt: $E_t^{shc} = E_t^{sh} \frac{d_{ref}}{d_t}$, met:

- E_t^{shc} is het energiegebruik [in PJ] voor ruimteverwarming van woningen in jaar t , na klimaatcorrectie;
- E_t^{sh} is het energiegebruik [in PJ] voor ruimteverwarming van woningen in jaar t ;
- d_t is het aantal graaddagen [in °C d] in jaar t ;
- d_{ref} is het aantal graaddagen [in °C d] in een 'normaal referentiejaar' (lange termijn gemiddelde).

De 'graaddagen' legt een relatie tussen buitentemperatuur en het energiegebruik voor ruimteverwarming. Een 'graaddag' is een rekeneenheid waarmee men het aantal fictieve dagen aangeeft dat de gemiddelde etmaaltemperatuur beneden een bepaalde 'stookgrens' (of 'verwarmingsdrempel' of 'conventionele binnentemperatuur', in °C) ligt. De eenheid van graaddagen is °C dag, en het symbool van deze samengestelde eenheid is "°C d" of eenvoudigheidshalve "°d".

De graaddagen berekent men als volgt::

- Is de gemiddelde etmaaltemperatuur kleiner of gelijk aan de stookgrens dan geldt: graaddagen per dag = stookgrens - gemiddelde etmaaltemperatuur;
- Is de gemiddelde etmaaltemperatuur groter dan de stookgrens dan is het aantal graaddagen nul.

De graaddagen van een bepaalde periode is de som van de graaddagen van alle dagen van die periode.

Wiskundig wordt dit: aantal graaddagen = $\sum_{dagen} (T_{stook} - \overline{T_{etmaal}})$, $\forall \overline{T_{etmaal}} \leq T_{stook}$

De graaddagen worden gemeten voor de verschillende weerstations in een land of regio. In België rekent men meestal met de gemiddelde etmaaltemperaturen in Ukkel⁵⁰ zoals opgegeven door het KMI.

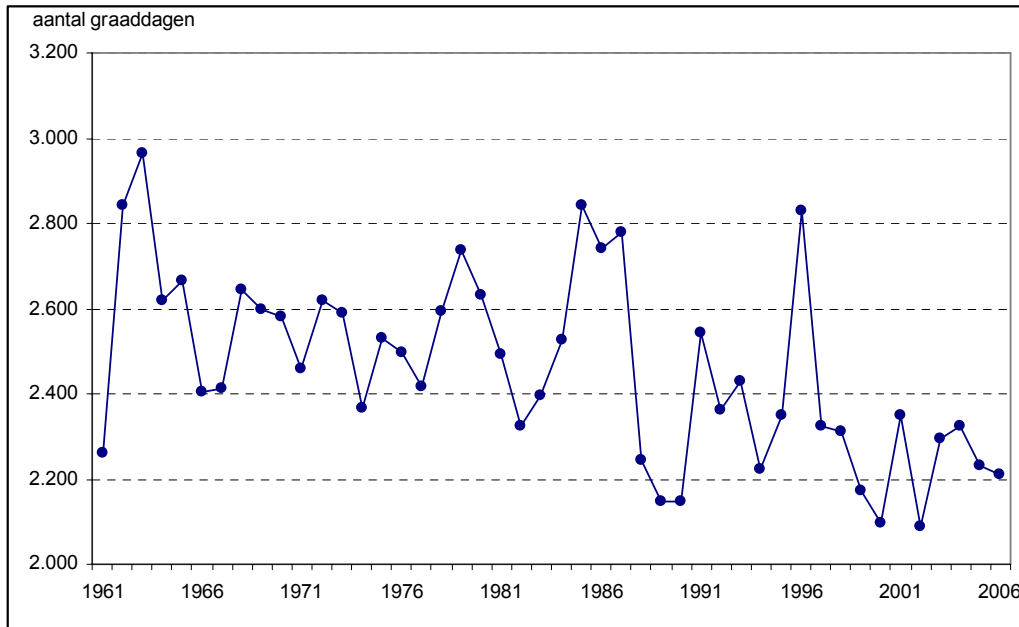
Men gebruikt in Nederland (KNMI) normaliter 18°C als stookgrens, maar in België (KMI) 15°C ("graaddagen 15/15"). De aardgassector in België berekent echter – in het kader van het aardgasgebruik t.b.v. ruimteverwarming – de graaddagen t.o.v. een "verwarmingsdrempel" (stookgrens) die op experimentele wijze op 16,5°C werd vastgesteld. De graaddagen van een dag is dan het verschil tussen de referentietemperatuur van 16,5°C en de gemiddelde

⁴⁹ Analooft zal men in zachte zomers minder moeten koelen dan in hete zomers. Men zou in principe hiervoor ook een correctiefactor kunnen toepassen. Men spreekt dan van 'koelgraaddagen'. Deze correctie wordt in Europa (vooral nog ?) zelden toegepast.

⁵⁰ Ukkel is de referentieplaats die voor heel België wordt gehanteerd.

dagtemperatuur gemeten te Ukkel. In feite spreekt de aardgassector sedert 01.01.1993 van "equivalente graaddagen" of GD_e , met $GD_e = 16,5 - T_e$; en $T_e = 0,6 \times T_m + 0,3 \times T_{m-1} + 0,1 \times T_{m-3}$. T_m is de werkelijke gemiddelde temperatuur, dat wil zeggen het rekenkundig gemiddelde over de dag m van de 13 aflezingen gedaan om de twee uur te Ukkel.

Figuur 22: Evolutie van de 16,5 graaddagen (België, Ukkel; 1961-2006)



Bron: www.gasinfo.be

Figas publiceert de graaddagen op <http://aardgas.gasinfo.be/nl/?over/graaddagen>.

Om het aantal graaddagen in een normaal referentiejaar te bepalen neemt men meestal het (rekenkundig) gemiddelde van het aantal graaddagen over een periode van 30 jaar. Die referentieperiode is in de loop der jaren een aantal malen gewijzigd. Oorspronkelijk was door de Meteorologische Wereldorganisatie besloten om de referentieperiode slechts om de 10 jaar te veranderen, maar in 1996 besloot de Commissie "Aardgas" van het (voormalige) Controlecomité voor de Elektriciteit en het Gas om de referentieperiode om de 5 jaar aan te passen. Tabel 30 geeft een overzicht.

Tabel 34: Referentieperiode en aantal graaddagen in een normaal referentiejaar (België, Ukkel)

	Referentieperiode	aantal graaddagen in een normaal referentiejaar
Van 01.01.1981 tot 31.12.1990	1951 – 1980	2.571
Van 01.01.1991 tot 31.12.1995	1961 – 1990	2.535
Van 01.01.1996 tot 31.12.2000	1966 – 1995	2.489
Van 01.01.2001 tot 31.12.2005	1971 – 2000	2.458
Van 01.01.2006 tot	1976 – 2005	2.415

Bron: www.gasinfo.be

Op basis van temperatuurgegevens voor Vlaanderen / België van het KMI kan men een analyse maken van de trendmatige ontwikkeling van het aantal graaddagen voor zowel historische als toekomstige jaren. Op grond van statistische analyses en klimaatmodellen kan men concluderen dat de daling van het aantal graaddagen zich in de toekomst zal doorzetten. De winters zullen m.a.w. gemiddeld minder koud zijn, zodat het energiegebruik voor ruimteverwarming zal dalen.

6.2. Bin-methoden en simulatiemodellen

Het voordeel van de graaddagenmethode is haar grote eenvoud, wat haar tot de meest gebruikte methode voor alle grootschalige energiegebruiksramingen maakt. Het belangrijkste naadeel is dat *“de graaddagen op een zeer gebrekkige wijze rekening houden met de bruikbare zonneprijzen en de functiegebonden vrije winsten en dat het installatierendement hoogstens als globaal cijfer tussenkomt. Ervaring met audits wijst uit dat dit en de vrij hoge waarde van de binnentemperatuur in de meeste graaddagenmethoden, ervoor zorgt dat de berekende gebruiken een factor twee en meer hoger kunnen liggen dan de gemeten waarden.”* (Hens, 1996, p. 5).

Een verbetering van de graaddagen methode is het gebruik van zogenaamde bin-methoden. Het *“ASHRAE Handbook of Fundamentals”* (ASHRAE, 1997) definieert de bin-methode als een techniek voor het schatten van het energiegebruik waarbij het energiegebruik voor verschillende tijdsperioden en temperatuursintervallen afzonderlijk wordt ge-evalueerd. Uren van de dag, dagen van de week en de weersomstandigheden buiten worden gegroepeerd om *“bins”* te vormen voor dewelke het energiegebruik wordt berekend. Uren per dag bins zijn b.v. een bin van 8.00 uur 's morgens tot 16.00 uur 's avonds, van 16.00 uur tot 24.00 uur, en van 24.00 uur tot 8.00 uur (een temperatuur bin kan men b.v. definiëren voor temperatuursverschillen buiten van 5 °C). Om het jaarlijks energiegebruik te berekenen vermenigvuldigt men het energiegebruik voor elke bin met het aantal uren dat die bepaalde bin zich voordoet gedurende een jaar, en sommeert men over alle bins. *“This method is preferred over the simpler use of degree-day energy estimating because it is better at considering the variations in system efficiency in response to load variations, occupancy and outdoor conditions.”* (Chassin *et al.*, 2003, p. 15)

Een methode om graaddagen- of bin-methodes te omzeilen is het gebruiken van computermodellen waarin men de (stationaire) warmtebalans (inclusief de nuttige zonneprijzen en interne warmtegewinsten) van een gebouw zo goed mogelijk simuleert. We zouden b.v. met behulp van de EPB-rekenprocedure kunnen werken. De beschikbare EPB-software geeft enkel een beeld van het energiegebruik in *“standaard-omstandigheden”*.

7. Energiebesparingsopties

7.1. Compactheid, planschikking en oriëntatie van de ruimten

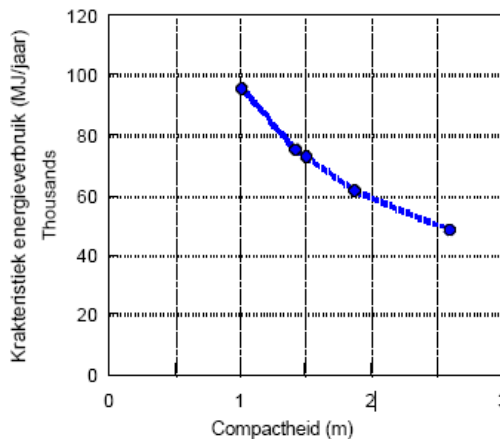
De belangrijkste *ontwerp*beslissingen naar energie toe zijn compactheid, planschikking en oriëntatie van de ruimten. (Hens & Verbeeck, 2002, p. 5)

7.1.1. Compactheid

Compactheid C [in m] is de verhouding tussen het beschermd volume [in m³] en de verliesoppervlakte A_T [in m²], of $C = V/A_T$. Het beschermd volume is het buitenwerks gemeten volume van alle ruimte waarin de gebruiker van het gebouw thermisch comfort wenst. De verliesoppervlakte is de buitenwerks gemeten gesloten oppervlakte rondom het beschermd volume. De verliesoppervlakte omvat de scheiding tussen binnen en buiten, tussen binnen en de bodem en tussen binnen en alle niet verwarmde aangrenzende ruimten. Niet inbegrepen zijn de scheidingen met aangrenzende beschermde volumes. (Hens & Verbeeck, 2002, p. 5) Gegeven hetzelfde beschermd volume zal een rijwoning (i.e. een gebouw met 2 gevels) compacter zijn dan een halfopen woning (3 gevels) of een vrijstaande woning (4 gevels).

Figuur 23: Karakteristiek energiegebruik voor verwarming van 5 typewoningen met hetzelfde BV en dezelfde thermische kwaliteit, op compactheid na

- beschermd volume 750 m³
- spouwmuur $U = 0,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- dak $U = 0,37 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- vloer op volle grond $R = 1,62 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$
- argongevuld lage e dubbel glas met houten ramen
- luchtdichtheid $n_{50} = 5 \text{ h}^{-1}$
- natuurlijke ventilatie
- lage temperatuur combi-ketel, radiatoren, centrale regeling, ketel en alle leidingen binnen het beschermd volume



Bron: Hens & Verbeeck, 2002.

Hoe compacter het gebouw (i.e. hoe groter C), hoe kleiner het energiegebruik voor ruimteverwarming, *ceteris paribus*. Figuur 23 toont dit aan op basis van 5 typewoningen die hetzelfde beschermd volume (750 m³) en dezelfde thermische kwaliteit hebben, en waarvan enkel de compactheid verschilt. In figuur XX heeft een rijwoning een compactheid $C = 2,60 \text{ m}$; een hoekwoning een compactheid $C = 1,88 \text{ m}$; en drie alleenstaande woningen een compactheid van $1,51 \text{ m}$; $1,39 \text{ m}$ respectievelijk $1,01 \text{ m}$. In dit voorbeeld is het karakteristiek energiegebruik voor verwarming [in MJ/jaar] van de minst compacte woning 97% hoger dan van de meest compacte woning !

Toch is de aanbeveling compact te bouwen geen wet van Meden en Perzen. Zo kan men b.v. bij een weinig compact gebouw de koelbehoefte makkelijker via passieve ingrepen wegwerken dan bij een compact gebouw. (Hens, 2002a, p. 29-30)

De EPB-regelgeving legt geen specifieke eis op aan de compactheid van een gebouw. De rekenprocedure voor het bepalen van het E-peil (en het K-peil) houdt wel rekening met de compactheid. Een compacter gebouw zal *normaliter* makkelijker aan de EPB-eisen kunnen voldoen.

Voor renovatie of vernieuwbouw is compactheid een niet zo evidente optie. *“Als u een bestaand gebouw bezit waaraan u niet intensief wil verbouwen, dan kunt u aan de compactheid natuurlijk weinig veranderen.* (bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 8). *“De compactheid ligt vast. Bouwt men aan, dan is het resultaat meestal een afname van de compactheid.”* (Hens, 1993, p. 18)

7.1.2. Planschikking (zonerings, compartimentering, buffering)

Zonerings is het verdelen van de woning in verschillende temperatuurzones: te verwarmen, niet te verwarmen en eventueel min of meer te verwarmen zones. Voorbeelden van zones zijn de leef- of dagzone (zithoek, eetkamer, keuken, ...); de slaap- of nachtzone (slaapkamer, badkamer, WC, ...) en de dienstzone (berging, technische ruimte, ...). (bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 8) Zonerings laat toe zonnepwinsten zinvol te gebruiken door “leefruimten letterlijk een plaats in de zon te geven”. (CeDuBo, s.d., p. 9) Een één-volume woning of een open plan met open verbindingen (‘vide’) naar hoger gelegen verdiepingen maakt regeling van verwarming naar ruimte en tijd onmogelijk.

Compartimentering betekent dat men zorgt voor isolerende wanden en goed sluitende en geïsoleerde binnendeuren tussen de warme en koude ruimten. Garages plaatst men best buiten het beschermd volume.

Het aan de noordkant plaatsen van niet te verwarmen of min of meer te verwarmen ruimten zoals hulpruimten, berging, wasplaats of inkom zorgt voor een buffereffect: een extra overgang tussen warmere leefzones en buiten (“buffering”). Een binnendeur tussen elke buitendeur vooraan en een buitendeur achteraan beperkt de infiltratieverliezen (“sasprincipe”) (Hens, 2002a, p. 30).

“Toch is planschikking als ontwerpparameter minder belangrijk dan compactheid.” (Hens & Verbeeck, 2002, p. 7)

7.1.3. Oriëntatie van de woning

De oriëntatie van een woning is van groot belang bij gebruik van *passieve* zonne-energie (i.e. het rechtstreeks gebruik van zonnepwinst om de woning op te warmen). Factoren die een rol spelen bij de benutting van zonnepwinst zijn o.m. de beglazing (zie § 6.2), de bouwmasa (zie § 6.4) en de beschadwing. Het verminderen van de kans op oververhitting in de zomer vereist *passieve* koelmaatregelen zoals het gebruik maken van o.m. buitenzonwering of overstekken, de bouwmasa (zie § 6.4) en een bypass bij ventilatie met warmterugwinning. (SenterNovem, 2005, p. 11)

De ruimten die men meestal tijdens de dag gebruikt (b.v. woon-, eet- of zitkamer) plaatst men het best aan de de W-Z-O kant. Slaapkamers bevinden zich idealiter aan de Z-O kant: 's morgens genieten ze van de zonsopgang en 's avonds zijn ze afgekoeld. Keukens hebben beter geen W-Z georiënteerde ramen omdat die vaak oorzaak zijn van oververhitting. Weinig gebruikte of minder verwarmde ruimten komen aan de N of W zijde van de woning. (bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 8)

Voor renovatie of vernieuwbouw is de oriëntatie van de woning geen optie. *“Het grondplan, althans, de oriëntatie ervan, is een onwrikbaar gegeven.”* (Hens, 1993, p. 18)

7.2. Beglazing

Grootte (oppervlakte), oriëntatie, hellingshoek t.o.v. het horizontale vlak en aard van de beglazing hebben een invloed op zowel het energiegebruik voor ruimteverwarming als op het passief koel houden van de woning.

De warmtedoorgang door een venster⁵¹ wordt bepaald door de U-waarde van de glassoort (U_g), de U-waarde van het raamprofiel (U_{fr}), de afstandshouder tussen het glas, en de isolerende kwaliteit van een ventilatiedoorrooster voor zover aanwezig. Hoe kleiner de U-waarde, hoe kleiner het energiegebruik voor ruimteverwarming en hoe lager het E-peil (en K-peil), *ceteris paribus* (zie ook § 6.3).

Tabel 35: De U-richtwaarden van enkele glassoorten (*)

Glassoort	U_g -waarde W/(m ² .K)	Opmerking
Enkel glas	5,7	Niet meer toegelaten sinds 01.09.1992
Gewoon dubbel glas	2,9	Niet meer toegelaten sinds 01.01.2006
Verbeterd dubbel glas Hoogrendementsglas of HR-glas ("superisolerend glas")	1,3 – 1,1	Aangewezen bij lage energiewoningen
Driedubbel glas	0,73 – 0,6 – 0,4	Aangewezen bij passiefhuizen Vereist aangepast schrijnwerk.

(*) De Vlaamse benamingen wijken af van de Nederlandse, waar men spreekt van "dubbel glas" ($U_g = 2,8$); "HR glas" ($U_g = 2,0$); "HR+ glas" ($U_g = 1,6$) en "HR++ glas" ($U_g = 1,2$).

Een grotere glasoppervlakte georiënteerd naar het W-Z-O zorgt voor meer zonneprijzen en bijgevolg minder energiegebruik voor ruimteverwarming in de winter, zij het dat bij meer glasoppervlakte ook de warmteverliezen via transmissie toenemen. *"Het efficiënt benutten van zonneprijzen is dan ook een moeilijke evenwichtsoefening bij het energiezuinig ontwerpen van gebouwen, zeker in ons zon-arme klimaat."* (Janssens, 2002, p. 29) Het zuiden komt *"als de energetisch meest interessante geveloriëntatie naar voren om beglazing te situeren: in de winter is de irradiantie hier maximaal, in de zomer eerder beperkt en met eenvoudige bouwkundige middelen beheersbaar."* (Janssens, 2002, p. 31) Bewust duurzaam bouwen (2003, p. 7) geeft de volgende ruwe indicatieve waarden voor de glasoppervlakte: 20% à 35% in de zuidgevel; 10% à 25% in de west- en oostgevels; 0% à 10% in de noordgevel.

Een grotere glasoppervlakte is t.a.v. passieve koeling altijd een nadeel. Het verminderen van de koelbehoefte en daarmee de kans op temperatuuroverschrijdingen in de zomer kan met behulp van passieve koelmaatregelen, bij voorkeur (beweegbare) buitenzonwering. *"Het voordeel van het gebruik van een buitenzonwering is dat in de zomerperiode de zonneprijzen bewust buiten gehouden kan worden, en deze in de winter bewust binnen kan worden gelaten. Bij het gebruik van zonwerende beglazing met een lage ZTA wordt de zonneprijzen altijd in dezelfde mate geweerd, en kan dan geen onderscheid in zomer en winterperiode worden gemaakt. In de winterperiode wordt de (gewenste) zonneprijzen dus buiten gehouden."* (SenterNovem, 2005, p. 18) Vermits bij een westelijk of oostelijk georiënteerd raam de zon altijd – winter en zomer – laag staat, vereisen deze ramen een andere zonwering dan een zuidelijk georiënteerd raam.

Men moet bij het ontwerp van een gebouw tevens opletten met schuine glasstroken zoals veranda's⁵² of lichtstraten. In de zomer staat de zon hoog en is de invalshoek van de zon bijna loodrecht op het glas zodat er veel zonneprijzen binnentreedt. In de winter verliest schuin glas 's nachts veel warmte (CeDuBo, s.d., p. 14). *"De zomerse warmtelast van de zon is het grootst op horizontale vlakken."* (Janssens, 2002, p. 31) Kortom, plaats het glas vertikaal, want *"Niet alleen is deze helling functioneel het interessantst, ook is ze het gemakkelijkst wat betreft onderhoud en hebben we 's winters tegen de middag quasi loodrechte instraling."* (Hens, 2002a, p. 31)

Een serre biedt de mogelijkheid om in het voor- en najaar de woning uit te breiden, waarbij de zon de serre verwarmt. In de zomer maken de hoge temperaturen de serre minder geschikt als woonruimte, en in de winter wordt de serre – behalve door de zon – niet verwarmd.

⁵¹ Wat in Vlaanderen "venster" heet is in Nederland een "raam"; en het Vlaamse "raam" of raamprofiel is in Nederland een "kozijn". Eigenlijk worden "raam" en "venster" in Vlaanderen – zelfs in officiële publicaties – vaak als synoniemen gebruikt (voor het geheel van glas + raamprofiel of kozijn), wat voor de nodige verwarring kan zorgen.

⁵² Het Vlaamse "veranda" is "serre" in Nederland.

Omwille van dit verschil in gebruik moet men de serre thermisch van de woning scheiden (i.e. de serre – veelal voorzien van enkel glas – moet zich buiten het beschermd volume bevinden). Een serre biedt tevens de mogelijkheid om in het stookseizoen de ventilatielucht op een natuurlijke wijze door de zon te laten voorverwarmen (SenterNovem, 2005, p. 18)

Samengevat gelden de volgende vuistregels voor een lage energiewoning: de totale glasoppervlakte mag niet groter zijn dan $1/5^e$ tot $1/6^e$ van de vloeroppervlakte; het grootste deel moet – voor zover zinvol en mogelijk – W-Z-O georiënteerd zijn; men gebruikt gasgevuld verbeterd dubbel glas of beter [$U \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] en goed isolerende raamprofielen; en indien zonwering nodig is dan gebruikt men enkel buitenzonwering (Hens & Verbeeck, 2002, p. 7)

Bij renovatie of vernieuwbouw zijn de mogelijkheden qua oriëntatie en helling van de beglazing beperkt, tenzij men verbouwen als nieuwbouw opvat (Hens, 2003, p. 18)

7.3. Thermische isolatie van de gebouwschil

7.3.1. Algemeen

De transmissieverliezen omvatten de warmteverliezen doorheen de scheidingsconstructies tussen het verwarmd gebouwvolume en a) de buitenomgeving; b) de aangrenzende, onverwarmde ruimten; en c) de bodem. Men rekent scheidingswanden tussen twee verwarmde volumes (b.v. een gemene muur tussen twee woningen of de vloer tussen twee appartementen) niet tot het verliesoppervlak. Men onderscheidt verder warmteverliezen via opake of dichte scheidingsconstructies (gevels, daken en vloeren), via transparante scheidingsconstructies (vensters, deuren en eventueel vaste panelen) en via de aansluitingen (koudebruggen).

De geleidingsverliezen zijn o.m. afhankelijk van de thermische isolatiekwaliteit van de scheidingsconstructies (inclusief koudebruggen). Hoe beter de thermische isolatie van de gebouwschil – of hoe kleiner de gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt U_m van de verliesoppervlakte A_T – hoe kleiner het specifieke warmteverlies via geleiding en dus hoe lager het energiegebruik voor ruimteverwarming, *ceteris paribus*. “Algemeen geldt dat de netto energiebehoefte en het energieverbruik voor verwarming van een gebouw *±evenredig is met het specifiek geleidingsverlies $U_m A_T$* ” (Hens, 2002a, p. 32) Maar naarmate men de woning beter isoleert (lager K-peil) neemt de invloed van de andere termen in de warmtebalans (ventilatieverliezen, zonnewinsten, interne warmtewinsten) op de energievraag toe. (Janssens, 2002, p. 27) De energieprestatiereggeving houdt hier rekening mee.

Het EPB-besluit legt o.m. eisen op aan het K-peil van een nieuwbouw woning (het ‘globale’ peil van warmte-isolatie⁵³ van de woning) en aan de maximaal toegelaten U-waarden van de schildelen (de warmtegeleidingscoëfficiënten van gevels, daken, vloeren, vensters en deuren) bij nieuw- en vernieuwbouw (zie § 4.1.2). Hoe lager de U-waarden van de schildelen, hoe lager de K-waarde van het gebouw en hoe kleiner het E-peil van de woning, *ceteris paribus*.

7.3.2. Nieuwbouw

De wettelijke eisen (anno 2007) zijn niet streng genoeg indien men er naar streeft dat elke nieuwbouw woning een lage energiewoning is. Het economisch optimale K-peil van een lage energiewoning varieert van K25-27 voor de meeste woningen (compactheid 1,5 tot 2) tot K20 voor weinig compacte woningen (compactheid kleiner dan 1). (Verbeeck, 2007, p. 190)

Lage energiewoningen vereisen de volgende bovengrenzen van de U-waarden voor de verschillende schildelen:

⁵³ De K-waarde houdt niet enkel rekening met de U-waarden v/d bouwdelen maar ook met de compactheid v/h gebouw.

- daken: een U-waarde van maximaal 0,2 W/(m².K), wat men kan realiseren met een isolatiedikte van b.v. minimaal 20 cm minerale wol of 12 cm PUR (CeDuBo, s.d., p. 18). Hens & Verbeeck (2002, p. 8) stellen eveneens een bovengrens van 0,2 W/(m².K) voorop. De U-waarde van daken moet overigens anno 2007 al lager zijn dan de wettelijke norm van 0,4 W/(m².K) om in aanmerking te komen voor sommige premies. De Zweedse prestatie-eis bij nieuwbouw is 0,1 W/(m².K) voor daken;
- gevels: een U-waarde van maximaal 0,25 W/(m².K) voor gevels en 1,00 W/(m².K) voor scheidingsmuren tussen wooneenheden (Hens & Verbeeck, 2002, p. 8). CeDuBo (s.d., p. 21) geeft als voorbeeld van 'duurzaam isoleren van de muren' een U-waarde van ongeveer 0,3 W/(m².K), wat zou overeenstemmen met een isolatiedikte van b.v. 12 cm minerale wol of 8 cm PUR. De wettelijke norm voor gevels anno 2007 is 0,6 W/(m².K), wat men kan realiseren met b.v. 8 cm minerale wol of PS of 5 cm PUR, telkens in de veronderstelling dat de binnenmuren niet zijn opgetrokken uit isolerende stenen. De Zweedse prestatie-eis bij nieuwbouw is 0,15 W/(m².K) voor gevels;
- vloeren: Hens & Verbeeck (2002, p. 9) geven de volgende maximale U-waarden: 0,55 W/(m².K) voor vloeren op volle grond; 0,40 W/(m².K) voor vloeren boven kelder of kruipkelder; en 0,25 W/(m².K) voor vloeren die binnen van buiten scheiden;
- ramen (of "vensters", i.e. glas + raamprofiel): een U-waarde van maximaal 1,50 W/(m².K). (Hens & Verbeeck, 2002, p. 8) De wettelijke norm anno 2007 is 2,5 W/(m².K) voor het raam of "venster"; en 1,1 W/(m².K) voor het glas. Dit betekent de facto dat gewoon dubbel glas met een U-waarde van 3,2 W/(m².K) niet meer is toegelaten. Hoogrendementsglas of HR-glas met een U-waarde van 1,1 W/(m².K) is vereist om in aanmerking te komen voor de fiscale aftrek (zie § XX). Onduidelijkheid over de U-waarde van het glas en de U-waarde van het raam of "venster" kan overigens tot aanzienlijke verschillen leiden. "Zo bedraagt bij een HR++ beglazing de U-waarde van het raam 1,8 W/(m².K), en de U-waarde van het glas 1,2 W/(m².K) ! De (negatieve) invloed van het kozijn is dus aanzienlijk." (SenterNovem, 2005, p. 14) Klassiek schrijnwerk heeft een U-waarde van 2,4 W/(m².K);
- deuren: de literatuur in Vlaanderen besteedt merkwaardig genoeg weinig aandacht aan deuren. De warmtedoorgangscoefficiënt van deuren (U_d) is afhankelijk van het type deur (wel/niet geïsoleerd) en de verhouding tussen dicht en eventueel transparant deel. Een standaard gesloten deur behaalt een warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) van slechts 4,2 W/(m².K). Door schuimvulling zijn U-waarden onder de 2,0 W/(m².K) mogelijk. In Nederland gebruikt men als richtgetal voor een thermisch isolerende dichte deur een U_d -waarde van 2,0 W/(m².K) (SenterNovem, 2005, p. 15) De EPB norm in Vlaanderen is 2,9 W/(m².K).

Na het voorontwerp vereisen de bouwkundige uitwerking en uitvoering de nodige aandacht. Alle aansluitingen die in een gevel, dak of vloer aanwezig zijn (b.v. gevel-vloer, gevel-dak, gevel-raam, gevel-deur, gevel-gevel, enz.) zijn als lineaire koudebruggen te beschouwen. Om koudebrugwerkig te vermijden moet men de isolatie in de schil tekenen als een continue thermische snede, die nergens van vlak verspringt (Hens & Verbeeck, 2002, p. 13). "De warmte-isolatie moet overal zorgvuldig, goed aangedrukt en goed sluitend worden geplaatst." (id., ibid., p. 14). Een slordige plaatsing kan ervoor zorgen dat door winduitspoeling en thermische trek de U-waarde van de wand "stevig de hoogte inschiet" (id., ibid., p. 12).

7.3.3. Renovatie of vernieuwbouw

In principe kan men bij verbouwing even goed isoleren als bij nieuwbouw, maar praktisch zijn de ingrepen omslachtiger en valt het werk duurder uit. (Hens, 2003, p. 18)

Voor bestaande woningen moet men rekening houden met een aantal beperkingen:

- dakisolatie kan men in beginsel bij alle bestaande woningen toepassen, behalve bij appartementen of flatwoningen die niet op de bovenste verdieping zijn gelegen. Dakisolatie aan de binnenzijde kan worden aangebracht door doe-het-zelvers of door een gespecialiseerd bedrijf. Het dak isoleren aan de buitenzijde laat men beter over aan specialisten (ECN, 2000, p. 14-15);

- isolatie van de spouwmuren kan in beginsel bij alle bestaande woningen waar een spouw (zonder isolatie) aanwezig is, mits uitgevoerd door een gespecialiseerd bedrijf. Het vullen van een spouw is af te raden indien het buitenspouwblad bestaat uit dampdichte materialen (b.v. geglazuurde steen, gevelsteen geveerd met dampdichte verf, ...) of uit niet-vorstbestendige materialen (b.v. betonnen metselblokken). De bouwkundige toestand van voorspouwblad en spouw kan soms navulling niet toelaten (Hens, 2003, p. 18). Er kunnen b.v. te veel koudebruggen aanwezig zijn in de spouwmuur of het metselwerk kan in slechte staat zijn (uitvallende voegen, afbrokkelende stenen, ...). Bij bestaande woningen waar een gebrekkige isolatie reeds in de spouwmuur aanwezig is, kan deze nauwelijks nog worden verwijderd en is er dus geen sprake van een vervangingspotentieel. (ECN, 2000, p. 14-15)
- Bij woningen zonder spouw (massieve muren) is enkel isolatie aan de binnenzijde of (veel duurdere) isolatie aan de buitenzijde mogelijk. De meeste Belgen (Vlamingen) vinden buitenisolatie met een pleisterafwerking esthetisch maar niets, omdat ze de voorkeur geven aan bakstenen. (Verbeek & Hens, 2005, p. 752). Bovendien kunnen stedenbouwkundige voorschriften buitenisolatie verbieden, om verschillende redenen. Buitenisolatie zorgt voor een grondige verandering van het uitzicht van een gebouw en kan daardoor de architecturale waarde van het gebouw aantasten. Men kan ook op de grens van zijn eigendom (of op de rooilijn) zitten. Als men buitenisolatie aanbrengt op de voorgevel van een rijhuis, springt deze 8 à 10 cm uit t.o.v. de buurhuizen en versmalt men het voetpad, wat niet is toegelaten. Het isoleren van de binnenmuren is soms de enige mogelijke oplossing. De nadelen van binnenisolatie zijn de afname van het bewoonbare volume, het grotere risico op koudebruggen, en het risico op condensatie tussen isolatie en buitenwand⁵⁴;
- vloerisolatie kan men in beginsel bij alle bestaande woningen toepassen, behalve bij appartementen of flatwoningen die niet op de begane grond zijn gelegen. Het aanbrengen van vloerisolatie kan gebeuren door doe-het-zelvers of door een professioneel bedrijf (ECN, 2000, p. 14-15). Bij een bestaande woning is het meestal niet mogelijk thermische onderbrekingen tegen te gaan tussen de muurisolatie en de isolatie van de grondvloer (in tegenstelling tot nieuwbouw waar de draagmuur kan steunen op een blok isolerend materiaal – b.v. cellenbeton of cellulair glas – die voor een verbinding zorgt tussen de spouw- en vloerisolatie).
- hoogrendementsglas kan men overal plaatsen waar dubbel glas mogelijk is en zeker waar dit reeds aanwezig is. (ECN, 2000, p. 14-15) *“Alleen, soms is de bestaande gevel zo slecht – noem het één koudebrug – dat dubbel of nog beter isolerend glas het begin van schimmelelende elders kan worden”* (Hens, 2003, p. 18).

Er is bij dak-, gevel- en vloerisolatie geen “natuurlijk moment” om te beslissen al dan niet te investeren in een energiebesparende optie. Bovendien is – gezien de lange levensduur van isolatiematerialen – investeren in een suboptimale variant problematisch vanuit een lange termijn perspectief. Verbeek & Hens (2007, p. 153) gaan uit van *“...no replacements within 40 years for any construction elements ...”*⁵⁵ Er is bij beglazing wel sprake van een vervangingsmarkt: in Nederland vervangt men gemiddeld om de 20 jaar de bestaande beglazing in een woning. Dezelfde aanname van 20 jaar voor ramen en ventilatieroosters vinden we bij Verbeek & Hens (2007, p. 153).

Een hiërarchie van bedrijfseconomisch optimale energiebesparingsmaatregelen bij renovatie bespreken we in het hoofdstuk over kosten.

7.4. Warmteopslag en warmtetraagheid

Volgens CeDuBo (s.d., p. 15) zullen zware materialen zoals baksteen, natuursteen of kalkzandsteen in de winter de warmte opnemen en traag terug afgeven. Ook Bewust duurzaam bouwen (2005, p. 8) beweert dat materialen met een goede massa-inertie zoals baksteen, kalkzandsteen, leemblokken, natuursteen of gebakken tegels het zonlicht dat door het glas binnenschijnt opneemt en nog lang na zonsondergang als warmte zal afgeven in de ruimte.

De *benuttigingsfactor* – de fractie van de warmtewinsten door bezonning en interne bronnen die nuttig wordt benut om de energievraag voor verwarming te beperken – hangt af van twee fysische grootheden: 1) de verhouding tussen de warmtewinsten en de warmte-verliezen; en

⁵⁴ Men vermeldt meestal ook het verlies van de thermische inertie van de muur, wat het risico op oververhitting in de zomer kan doen toenemen. Men schijnt dan wel te vergeten dat het hier gevels en niet binnenwanden betreft.

⁵⁵ De auteurs kijken enkel naar één generatie van bewoners.

2) de thermische traagheid van het gebouw. *“De stralingswarmte zorgt voor een opslag van warmte in die constructie-oppervlakken waarop de staling invalt, waarna deze de opgeslagen warmte met een bepaalde tijdsverschuiving en demping weer afgeven. Door de demping kan de warmte winst nu wel bijdragen tot een reductie van de warmtevraag. De grootte van deze verschuiving en demping hangen af van de tijdsconstante τ van het gebouw.”* (Janssens, 2002, p. 33) De tijdsconstante is een maat voor de tijd die nodig is vooraleer de temperatuur in het gebouw zich aan een bepaalde verandering in warmte winsten of buitentemperatuur heeft aangepast, en is afhankelijk van zowel de gebouwgemiddelde volumieke warmtecapaciteit, als van de compactheid, de gemiddelde U-waarde en het ventilatievoud van het gebouw. (Janssens, 2002, p. 34) Janssens (2002, p. 34) rekent voor dat de keuze voor een capaciteef gebouw ($\tau = 3$ dagen) of een niet-capaciteef gebouw ($\tau = 3$ uur) een duidelijke invloed heeft op de benutting van de warmte winsten.

Hens & Verbeeck (2002, p. 9) tonen aan dat – wat betreft ruimteverwarming – warmte-opslag en warmtetraagheid slechts factoren van tweede orde zijn. Het energiegebruik voor ruimteverwarming zou amper worden beïnvloed door de mogelijkheden tot warmte-opslag, i.e. door de keuze tussen zwaar en licht bouwen. Meer warmte-opslag en grotere warmtetraagheid drijven het rendement waarmee de woning zonnepwinsten benut op, maar terzelfdertijd vermindert het besparend effect van dag-nacht en week-weekend regeling. Het resultaat van meer warmte-opslag is daardoor globaal nul (Hens, 1993, p. 16) *“Met een extreem goede isolatie (K25 en lager) en een optimale benutting van de zonnepwinsten levert warmtecapaciteit enig voordeel op in voor- en najaar. Dank zij de zonnepwinsten wisselen wel en niet verwarmen dan elkaar af. Deze gunstige invloed op de uitlopers van het stookseizoen draagt echter maar marginaal bij tot een vermindering van de netto energiebehoefte voor verwarming over het volledig seizoen.”* (Hens, 2002a, p. 36)

Warmte-opslag en warmtetraagheid spelen wel degelijk een grote rol bij *passieve koeling*, mits voldoende bijgestuurd door middel van buitenzonwering of overstekken. Passieve koeling maakt gebruik van de bouwmasa in combinatie met (nacht)ventilatie. Wanneer een woning met wanden en/of vloeren die voldoende accumulerend vermogen bezitten (zoals wanden of vloeren van zware, steenachtige materialen) in de zomerperiode 's nachts met relatief koude buitenlucht worden geventileerd, zullen deze wanden en vloeren de koude opnemen om deze overdag geleidelijk af te geven aan de binnenlucht. (SenterNoverm, 2005, p. 20) Hoe toegankelijker de binnenwanden voor warmte, hoe moeilijker de warmte via de schil naar binnen komt, en hoe beter de mogelijkheden tot nachtventilatie, des te beter de passieve koeling. (Hens & Verbeeck, 2002, p. 5) Om de kans op zomerse oververhitting te doen afnemen komt bijgevolg op de eerste plaats 'niet te veel glas', op de tweede plaats 'goede zonwering', dan 'ventilatie', vervolgens 'warmteopslag in binnenwanden en vloeren' en tot slot warmtetraagheid van gevel en dak. (Hens, 1993, p. 16)

Bij renovatie of vernieuwbouw staan warmteopslag en traagheid *“in de stenen gebeiteld.”* (Hens, 1993, p. 18)

7.5. Luchtdichtheid

De luchtdichtheid (of luchtdoorlatendheid) van een woning wordt bepaald door de kieren en naden⁵⁶ in de gebouwschil, en door de niet-luchtdichte schildelen. In- en exfiltratieverliezen leiden tot een hoger energiegebruik voor verwarming, alhoewel volgens Hens & Verbeeck (2002, p. 10) het effect van de luchtdichtheid op het primair energiegebruik voor verwarming relatief beperkt blijft. Een uitstekende luchtdichtheid is vooral van belang voor een goed thermisch comfort en voor het zinvol toepassen van winterse gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.

De prestatie-eisen voor luchtdichtheid hangen samen met het ventilatiesysteem. Een ventilatiesysteem met mechanische toe- en afvoer vereist een goede luchtdichte afwerking van de woning (zie ook § 6.6). Zowel bij natuurlijke ventilatie als bij mechanische toevoer en natuurlijke afvoer of natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging streeft men best naar een

⁵⁶ In Vlaanderen spreekt men van “spletten” i.p.v. naden.

maximaal ventilatievoud⁵⁷ bij een drukverschil van 50 Pa tussen binnen- en buiten gelijk aan 3 h^{-1} ($n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$). Bij gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is de streefwaarde $n_{50} \leq 1 \text{ h}^{-1}$.

De EPB-regelgeving legt geen specifieke eis op aan de luchtdichtheid van een woning. Wanneer er geen luchtdichtheidsmeting⁵⁸ wordt uitgevoerd gebruikt de rekenprocedure bij het bepalen van het E-peil van de woning voor 'het lekdebiet per eenheid verliesoppervlakte bij een drukverschil van 50 Pa tussen binnen- en buiten' een waarde bij ontstentenis gelijk aan $12 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$.

Luchtdicht bouwen vergt de introductie van een luchtscherm direct tegen het binnenoppervlak en van een windscherm⁵⁹ aan de buitenzijde van de thermische isolatie, die beide continu moeten zijn, "ook ter plaatse van overgangen tussen bouwdelen en bij alle details". (Hens & Verbeeck, 2002, p. 13-14) Lucht- en winddichting vergen de nodige tijd en aandacht bij de uitvoering (id., ibid., p. 14)

Bij renovatie of vernieuwbouw is qua luchtdichtheid nog heel wat mogelijk.

7.6. Installaties

Een *efficiënt installatieconcept* bestaat uit de meest optimale combinatie van ventileren en verwarmen in relatie tot een goede bouwkundige schil. De keuze van het installatieconcept bepaalt in belangrijke mate welke technieken men kan combineren en welke energiebesparende technieken mogelijk zijn (SenterNoverm, 2005, p. 22)

De locatie van een woning kan een invloed hebben op het installatieconcept, bijvoorbeeld indien er geen aardgasdistributienet aanwezig is kan men geen gasgestookte toestellen toepassen (tenzij men kiest voor de opslag van butaan of propaan).

De EPB-regelgeving legt geen normen op voor de keuze van het ventilatiesysteem, het verwarmingssysteem en het systeem voor de productie van warm tapwater. Die keuzes hebben wel een invloed op het E-peil van de woning.

7.6.1. Het ventilatiesysteem

Een ventilatiesysteem is noodzakelijk voor het toevoeren van verse lucht en het afvoeren van vervuilde lucht, alsook voor het afvoeren van het in de woning geproduceerde vocht.

Er zijn vier verschillende soorten ventilatiesystemen:

- systeem A [natuurlijk]: natuurlijke luchttoevoer, natuurlijke luchtafvoer;
- systeem B [inblaas]: mechanische luchttoevoer, natuurlijke luchtafvoer⁶⁰;
- systeem C [afzuig]: natuurlijke luchttoevoer, mechanische luchtafvoer;
- systeem D [gebalanceerd]: mechanische luchttoevoer, mechanische luchtafvoer.

Natuurlijke toe- en/of afvoer gebeurt door middel van roosters in de gevel. Een ventilatiesysteem met *zelfregelende* roosters is een drukgeregeld systeem gebaseerd op het luchtdrukverschil tussen binnen en buiten, dat uitgaat van een *constante volumestroom* onafhankelijk van de winddruk op de gevel. "Mechanisch" betekent dat de lucht door middel van een ventilator⁶¹ gedwongen wordt toe- en/of afgevoerd. Deze ventilator is bijna altijd aangesloten op een kanalsysteem. Een gebalanceerd ventilatiesysteem kan men

⁵⁷ Het ventilatievoud drukt uit hoe vaak per uur het volledige luchtvolume van het gebouw wordt ververs met buitenlucht. De n_{50} is prozaïsch uitgedrukt de waarde die aangeeft hoeveel keer per uur het luchtvolume van het gebouw door de gebouwschil kan worden geperst bij een overdruk van 50 Pa (Janssens, 2002, p. 28)

⁵⁸ Bij een "opblaasproef" dicht men alle componenten van het ventilatiesysteem (roosters, schouwen) en meet men het door de gebouwschil lekkende luchtdebiet in functie van het opgelegde drukverschil.

⁵⁹ Men moet ook de langse stroming van binnenlucht en winduitspoeling in gevels en daken tegengaan.

⁶⁰ Systeem B komt bijna nooit voor.

⁶¹ In systeem D zijn twee ventilatoren aanwezig: één voor de luchttoevoer en één voor de luchtafvoer.

combineren met warmteterugwinning (wtw), waarbij in het stookseizoen de afgevoerde binnenlucht warmte via een warmtewisselaar overdraagt aan de verse toevoerlucht, wat een aanzienlijke besparing op het energiegebruik voor ruimteverwarming kan opleveren. Het rendement van wtw varieert van 55 % tot 80 %, maar zelfs rendementen van 90 % tot 95 % zijn mogelijk (HR-warmteterugwinning) (SenterNovem, 2005, p. 43). Een wtw met een *by pass* leidt de (warme) afvoerlucht in de zomer om de warmtewisselaar heen, zodat de toevoerlucht niet wordt verwarmd.

De keuze van het ventilatiesysteem heeft een merkbare invloed op het E-peil van de woning. Het elektriciteitsgebruik voor natuurlijke ventilatie is nul, voor afzuig- (en inblaas)ventilatie vrij beperkt, en voor gebalanceerde ventilatie relatief hoog. Het toepassen van *gelijkstroom-* i.p.v. wisselstroomventilatoren en/of de aanwezigheid van een *ventilatorregeling* verminderen het elektriciteitsgebruik. Het energiegebruik voor het verwarmen van de hoeveelheid toegevoerde verse lucht kan men sterk verminderen door winterse gebalanceerde ventilatie met wtw toe te passen, wat een gunstig effect heeft op het E-peil van de woning.

De EPB-regelgeving verplicht ventilatie bij nieuwbouw, maar laat de bouwheer vrij te kiezen uit één van de vier bovenvermelde ventilatiesystemen.

Bij renovatie van bestaande woningen is warmteterugwinning veel moeilijker te realiseren en veel duurder. "*Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is vooral aangewezen in nieuwbouwsituaties.*" (bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 75)

7.6.2. Het verwarmingssysteem

7.6.2.1. Warmte-afgiftesystemen

Een warmte-afgiftesysteem kenmerkt zich door het transportmedium (cv-water of lucht); het type verwarmingslichaam (radiatoren, convectoren, vloer-/wand-/plafondverwarming al dan niet in combinatie met radiatoren en convectoren), en de temperatuur van het water dat het opwekkingstoestel verlaat (hoge temperatuur of HT- en lage temperatuur of LT-verwarmingssystemen).

Men past luchtverwarming – om comfortredenen – nog maar weinig toe in woningen.

Vloer- en/of wandverwarming is behaaglijk; de stofcirculatie is beperkt (en er is ook geen geur van verbrand stof); en het schoonmaken is eenvoudiger dan bij radiatoren of convectoren. Nadelen zijn de lange opwarmtijd; en het feit dat men rekening moet houden met de lokatie van de leidingen (men moet b.v. de warme muur niet verstoppen achter kasten of schilderijen – ideaal is een onbelemmerde binnenmuur die naar twee kanten warmte afgeeft).

Lage temperatuurverwarming of LTV is energiezuiniger dan HTV. Hoe lager de temperatuur van het water dat het opwekkingstoestel verlaat⁶², hoe hoger het opwekkingsrendement van de hoogrendementsketel of de warmtepomp. LTV vereist vloer- en/of wand- en/of plafondverwarming of groter gedimensioneerde radiatoren of convectoren. Men ervaart bij een lagere binnentemperatuur eenzelfde comfort in vergelijking met HTV, omdat door de grotere oppervlakte er meer stralingswarmte is en de temperatuursverdeling in de ruimte beter is.

De temperatuur van de warmte-afgifte heeft een merkbare invloed op het E-peil. "*Overschakelen naar een lage temperatuurregime met aangepast verwarmingstoestel wordt beloond met een daling van 12 punten.*" (CeDuBo, s.d., p. 28)

Het ligt voor de hand het type verwarmingslichaam en het type opwekkingstoestel op elkaar af te stemmen (figuur 24)

7.6.2.2. Systeemrendement

⁶² Een aanvoertemperatuur van maximaal 55° C of zelfs maar 35° C bij een warmtepomp.

Het *systeemrendement* van ruimteverwarming wordt bepaald door het *afgifterendement*, het *verdeelrendement* en het *opslagrendement*.

Het *afgifterendement* houdt rekening met zowel de onnuttige warmte-afgifte van de verwarmingslichamen (bijvoorbeeld de warmte die een radiator afgeeft aan de buitenmuur)⁶³ als met de energieverspilling t.g.v. een niet goed op de vraag afgestelde regeling. Het afgifterendement van een centraal verwarmingssysteem is hoger als de instelwaarde van de aanvoertemperatuur (i.e. de temperatuur van het water dat de cv-ketel verlaat) automatisch – dank zij een zogenaamde *buitenvoeler* (die men best in de schaduw tegen de noordgevel hangt) – *varieert* met de buitentemperatuur (hoe warmer buiten, hoe minder warm het water hoeft te zijn). Een regeling is “temperatuurgestuurd per ruimte” als in alle ruimten de warmte-afgifte zo is geregeld dat de warmtetoevoer automatisch wordt afgesloten als de instelwaarde van de binnentemperatuur⁶⁴ is bereikt. Dit kan door een *thermostaat* in elke ruimte; of door *thermostatische kranen* op de verwarmingselementen. Een *kamerthermostaat* is doorgaans gekoppeld aan een klok en zal de brander of de circulatiepomp opstarten en weer stilleggen wanneer de gewenste temperatuur is bereikt in de ruimte waar de thermostaat zich bevindt (de ‘referentieruimte’). Wie een *klokthermostaat* programmeert deelt de dag op in verschillende tijdsblokken en stelt een andere temperatuur in naargelang iemand aanwezig is of niet. Een *thermostatische radiatorkraan* sluit zich als de gewenste temperatuur in de ruimte is bereikt (traditionele kranen laten enkel toe de watertoevoer te regelen)⁶⁵. Bij de berekening van het E-peil hangt de waarde van het afgifterendement af van de keuze voor lokale of centrale verwarming; en bij centrale verwarming tevens van de regeling van de binnentemperatuur (temperatuurgestuurd per ruimte of anders) en van de regeling van de aanvoertemperatuur (constante of variabele instelwaarde). (EPB, bijlage 1, tabel 6)

Het *verdeelrendement* houdt rekening met de warmteverliezen langs de leidingen. Het verdeelrendement verbetert als men de warmwaterleidingen die door niet-verwarmde ruimtes lopen isoleert. Bij de berekening van het E-peil wordt het verdeelrendement bij c.v.⁶⁶ gelijk aan 1 gesteld indien alle leidingen (of eventueel kanalen bij direct gestookte luchtverwarmers) zich “binnen de isolatielaag van het beschermd volume” bevinden; en gelijk aan 0,95 indien een deel “buiten de isolatielaag van het beschermd volume” ligt (EPB, bijlage 1, tabel 7)

Het *opslagrendement* houdt rekening met – indien het toestel een buffervat heeft – de stilstandsverliezen. Bij de berekening van het E-peil wordt het opslagrendement gelijk aan 1 gesteld indien het buffervat aanwezig⁶⁷ is “in het beschermd volume”; en gelijk aan 0,97 in het andere geval. (EPB, bijlage 1, tabel 8)

7.6.2.3. cv-ketel

Men kan een cv-ketel *individueel* (elke woning zijn eigen ketel) of *collectief* toepassen.

Een cv-ketel verwarmt water dat m.b.v. een circulatiepomp naar de te verwarmen ruimten wordt gepompt, waar de warmte via radiatoren, convectoren, wand- en/of vloer- en/of plafondverwarming wordt afgegeven. Een gesloten toestel zuigt lucht van buiten de woning mechanisch aan, een open toestel zuigt de verbrandingslucht uit de ruimte waar het toestel staat. Moderne ketels zijn bijna altijd gesloten toestellen. Moderne ketels zijn bovendien traploos modulerend: de warmte-afgifte van de ketel wordt afgestemd op de warmtevraag.

⁶³ Enkele tips: plaats (zeker in oude woningen) achter radiatoren en convectoren een weerkaatsende folie; laat gordijnen zeker niet over de radiator hangen waardoor de warmte tussen radiator en gordijn terecht komt; leg geen handdoeken of kleren op de radiator; laat genoeg plaats tussen de bovenkant van de radiator en de venserbank (CeDuBo, s.d., p. 29).

⁶⁴ De insteltemperatuur met 1° C verlagen kan het energiegebruik voor verwarming met 7 % tot 14 % verminderen. (CeDuBo, s.d., p. 31).

⁶⁵ Plaats geen thermostatische kranen in een ruimte waar zich ook de thermostaat bevindt. Wanneer de thermostaat een hogere temperatuur vraagt dan de kraan zal deze laatste zich dichtzetten en staat de ketel voor niets te draaien (CeDuBo, s.d., p. 31).

⁶⁶ Bij lokale verwarming wordt het verdeelrendement automatisch gelijk aan 1 gesteld.

⁶⁷ Bij afwezigheid van één of meer buffervaten wordt het opslagrendement automatisch gelijk aan 1 gesteld.

Een recente evolutie zijn naast de gas- en oliestookte cv-ketels de houtpelletketels. Houtpellets zijn geperste houtkorreltjes, die men m.b.v. stoom en zonder toeslagstoffen uit houtafval maakt. Een speciaal automatisch voedingssysteem doseert de houtpellets vanuit een opslagvat in de verbrandingsruimte. Volgens Renard (2006, p. 75) is het opwekkingsrendement van recente houtpelletketels hoog, tot 95 % !

Naast keteltype zijn nog twee zaken van belang: een correcte dimensionering en regelmatig onderhoud. Een slecht afgestelde brander kan een meergebruik van 20 % of meer betekenen (CeDuBo, s.d., p. 27)

Men kan een cv-ketel alleen of in combinatie met praktisch elk ander toestel voor verwarming gebruiken.

Bij bestaande woningen met centrale verwarming is er een vervangingsmarkt voor cv-ketels: een oude ketel zou men gemiddeld om de 15 jaar moeten vervangen. Verbeeck & Hens (2007, p. 153) rekenen met een levensduur van 20 tot 25 jaar voor verwarmingsinstallaties, en van 10 jaar voor pompen, ventilatoren en regelsystemen ("elektronica"). Een moderne gesloten ketel is zelfs makkelijker toe te passen dan een conventionele ketel. Een condenserende ketel vereist wel een afvoer van het condenswater, en eventueel een aanpassing of vervanging van het warmte-afgiftesysteem (cfr. infra).

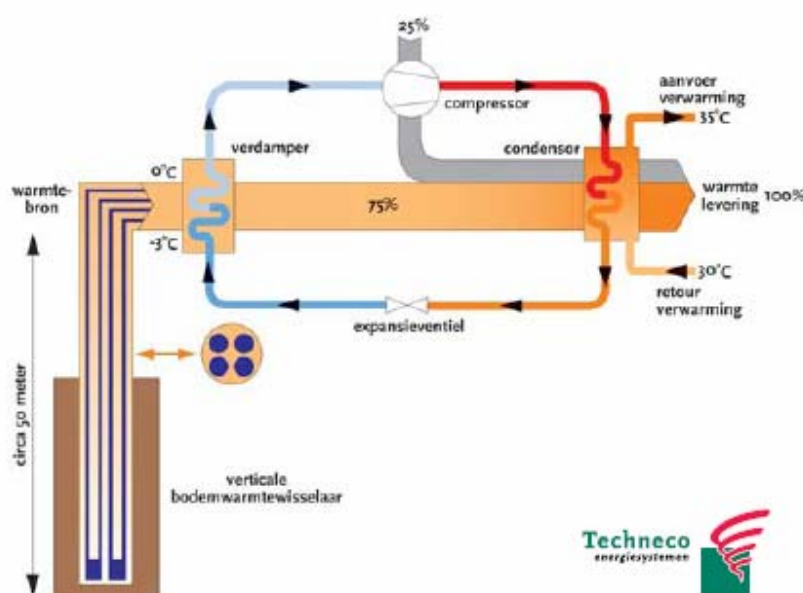
7.6.2.4. Klassieke elektrische verwarming

Men kan elektriciteit aanwenden voor de verwarming van een woning, zowel centraal als lokaal (zie lokale verwarming). Men onderscheidt directe elektrische verwarming (de elektrische energie wordt ter plekke omgezet in warmte), indirecte elektrische verwarming via accumulatie (accumulatoren laden 's nachts – aan nachttarief – de energie op), of gemengde systemen (een combinatie van beide). Omdat klassieke elektrische verwarming in Vlaanderen ecologisch niet verantwoord is, gaan we er verder niet op in.

7.6.2.5. Warmtepomp

Een warmtepomp brengt warmte van een laag temperatuurniveau naar een hoger temperatuurniveau, mits gebruik van aandrijfenergie (figuur 25).

Figuur 25: Schematische weergave van het principe van de grond-water warmtepomp



Bron: Techneco energiesystemen.

Een warmtepomp heeft bijgevolg altijd een “bron” met een bepaald (laag) temperatuurniveau nodig, b.v. buitenlucht, oppervlaktewater, grondwater (aquifer) of de bodem (“grond”). Andere mogelijke bronnen zijn de warmte uit een zonnecollector, of de restwarmte uit afvalwater of ventilatieretourlucht⁷⁰. Bij ruimteverwarming hangt de keuze van bron o.m. af van de gemiddelde en de minimum temperatuur van de bron, de temperatuur van de bron na meerdere stookseizoenen, en de warmte- (en eventueel koude-)behoefte van de woning. De voorkeur voor woningen gaat meestal uit naar systemen die gebruik maken van een horizontale of verticale bodemwarmtewisselaar. Grote hoeveelheden oppervlaktewater (vijver, rivier) of grondwater zijn niet altijd beschikbaar of bereikbaar. Buitenlucht en in mindere mate oppervlaktewater hebben een te veranderlijke temperatuur, die tijdens sommige winterdagen – wanneer ruimteverwarming het meest nodig is – te laag kan liggen. Het grote nadeel van horizontale bodemwarmtewisselaars is de vereiste oppervlakte (1,5 à 3 maal de te verwarmen vloeroppervlakte). In alle gevallen moet men rekening houden met mogelijke gevolgen voor het milieu (en met het verkrijgen van de nodige vergunningen⁷¹).

De aandrijfenergie kan mechanisch (compressie-warmtepompen), thermisch (absorptie-warmtepompen) of elektrisch (Peltier-warmtepompen) zijn. De meest voorkomende vorm voor individuele woningen zijn (momenteel) elektrisch aangedreven compressie-warmtepompen. Gecommercialiseerde gasgedreven warmtepompen bestaan al voor collectieve woningen, en zijn volop in ontwikkeling voor individuele woningen.

Afhankelijk van de combinatie bron en (het fluïdum gebruikt in het) warmte-afgiftesysteem onderscheidt men lucht-lucht, lucht-water, water-water, grond-lucht en grond-water warmtepompen.

Tot slot onderscheidt men nog individuele en collectieve (voor meerdere woningen in een woongebouw) warmtepompsystemen.

Het opwekkingsrendement van een warmtepomp hangt af van de gebruikte warmtebron, het type warmtepomp, en de temperatuur van het water dat de warmtepomp verlaat (T_a). Voor een elektrisch aangedreven compressiewarmtepomp⁷² geeft men het rendement aan met de COP-waarde (“Coefficient Of Performance” of “prestatiecoëfficiënt”), soms ook “winstfactor” of “specifieke warmteopbrengst” genoemd. De COP is de verhouding tussen de aan de woning afgegeven energie (warmte) en de opgenomen drijfenergie (elektriciteit). Een warmtepomp die voor 4,0 kWh warmte levert en daarvoor 1,3 kWh elektriciteit gebruikt, heeft een COP van $4,0/1,3 = 3,0$.

Men gebruikt bij voorkeur een warmtepomp bij lage temperatuur (LT) verwarmingssystemen ($T_a \leq 45$ °C). De COP of de winstfactor is des te hoger, naarmate het temperatuurverschil tussen warmtebron en warmtedistributie lager is. De globale prestatiecoëfficiënt of “seizoenswinstfactor” zou bij de huidige elektriciteitsprijzen minstens 3 of zelfs 3,5 en meer moeten bedragen (Kaiser, 2007, p. 62). Dat is normaliter voor een grond-water warmtepomp geen enkel probleem, mits men beschikt over een goede bron en de aanvoertemperatuur van het water ($T_a \leq 35$ °C).

Omdat een warmtepomp werkt als een soort “omgekeerde koelkast” kan men in principe een (omkeerbare) warmtepomp ook gebruiken voor ruimtekoeling in de zomer, maar eigenlijk kan en moet men in woningen actieve koeling zonder meer vermijden.

Berekeningen tonen aan dat het gebruik van een warmtepomp in een gemiddelde woning kan leiden tot een E-peil dat veel lager ligt dan dat van de best presterende condenserende ketel [WTCB-contact nr. 13 (1-2007)].

De meest duurzame verwarmingsoptie is wellicht een grond-water of water-water warmtepomp waarbij fotonvoltaïsche zonnepanelen de elektriciteit produceren voor de

⁷⁰ Voor ruimteverwarming enkel indien in combinatie met een ander verwarmingstoestel. Ventilatie-retourlucht is evenmin een geschikte bron indien men gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning toepast. Zie ook warmtepompboiler voor warmwaterproductie.

⁷¹ Bij gebruik van grondwater als bron moet men mogelijk een heffing betalen.

⁷² In andere gevallen spreekt men over PER (Primary Energy Ratio)

compressor, en in combinatie met een zonneboiler voor de (gedeeltelijke) productie van warm tapwater. Het grote nadeel: de kostprijs (zelfs met de huidige subsidies) !

7.6.2.6. Lokale verwarming

Bij lokale verwarming zorgt één toestel voor zowel de opwekking als de afgifte van warmte, zodat het systeemrendement gelijk is aan het afgifterendement.

Op de vraag of lokale dan wel centrale verwarming de meest energiezuinige vorm van ruimteverwarming is, kan men geen eenduidig antwoord geven. Indien in een woning zonder centrale verwarming de lokale verwarming beperkt blijft tot enkele permanent bewoonde ruimte(n) (of zelfs 1 ruimte zoals b.v. in een studio), dan kunnen gesloten aardgaskachels of houtpelletkachels best energiezuiniger zijn dan centrale verwarming (Bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 15). Maar als men in een woning (vele) verschillende aparte toestellen opstelt, dan kan het gebruik snel hoger komen te liggen dan van centrale verwarming (Eandis, 2007, p. 19). Het kan ook bij een zeer goed geïsoleerde woning soms interessant zijn om centrale verwarming te vervangen door plaatselijke verwarming (Verbeeck, 2004, p. 13)

We moeten tot slot vermelden dat men in veel woningen centrale verwarming combineert met een aparte warmtebron in de meest gebruikte ruimtes, zoals de living. De lokale verwarming dient dan enkel als “bijverwarming” en niet als hoofdverwarming.

De grootste voordelen van lokale verwarming zijn de moduleerbaarheid van de investeringen in functie van de noden en het beschikbare budget, de goede aanpasbaarheid aan kleine vermogens, en (bij de betere systemen) de uitstekende regelbaarheid en het hoog totaal rendement. De nadelen zijn de extra investeringen in schoorstenen, de omslachtige bediening bij hout- en kolenkachels (gesleur met brandstof, stof, onderhoud), en het eventueel tegenvallend thermisch comfort (stralingsasymmetrie en te grote temperatuurverschillen tussen voeten en hoofd) t.g.v. de plaatsing van de kachel (Hens, 2002a, p. 62).

Te vermijden zijn alleszins:

- open haard. Een van de oudste vormen van verwarming dient nu enkel nog voor “gezelligheidsverwarming”. Het rendement is bedroevend laag (5 à 10 %), maar kan men optrekken tot 50 à 60 % door in de haard een dubbelwandige warmeluchtcasette in te bouwen (Hens, 2002a, p. 63). “Een inzet- of inbouwhaard haalt tot 75 % wanneer de deur gesloten wordt.” (Stassen, 2007, p. 56) Door de slechte en onvolledige verbranding van hout worden veel vervuilende stoffen in de lucht gestoten (Bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 16);
- metalen kachels. Ze hebben een rendement van 60 à 65 %, en door de hoge oppervlaktetemperatuur veroorzaken ze veel convectie en stofcirculatie, waarbij het stof ook nog eens verschroeit (Bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 16);
- petroleum-bijzetkacheltjes. Dit soort petroleumkachels gebruikt lucht uit de kamer voor de verbranding en stoot schadelijke stoffen uit in de binnenomgeving (Bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 16);
- zogenaamde “allesbranders”. Men mag enkel zuiver, droog hout⁷³ verbranden. Behandeld hout, papier of plastics horen niet thuis in een houtkachel (Bellens, 2004, p. 11).
- elektrische weerstandsverwarming. Elektrische verwarming scoort minstens zo goed of beter dan een gaskachel op de 5 criteria van een goede kachel: hoog rendement, lage manteltemperatuur, goede regelbaarheid, eenvoudige bediening en geringe hinder (Hens, 2002a, p. 64). Maar in termen van *primair* energiegebruik⁷⁴ is elektrische weerstandsverwarming bijna een net zo grote ramp als een open haard.

Een klassieke houtkachel haalt een rendement van 45%, een modern exemplaar gaat tot 75 %. Volgens Renard heeft de nieuwe generatie houtkachels een rendement van 60 à 80 % tegenover 40 à 50 % voor de klassieke houtkachels. “Ze beschikken meestal over één of twee verbrandingszones waarop twee luchttoevoeren zijn aangesloten. De eerste voert lucht aan tegenkamertemperatuur en de tweede voert voorverwarmde lucht aan.” (Renard, 2006,

⁷³ Spint, het jonge hout net onder de schors, kan tot 75 % water bevatten en moet men zeker vermijden.

⁷⁴ Het elektriciteitsgebruik wordt in de EPB-rekenprocedure vermenigvuldigd met een factor 2,5.

p. 73-74) Een moderne kolenkachel haalt 80 %, een gaskachel 85 % (Van Cauwelaert, 2004, p. 44).

Aanvaardbare toestellen zijn goede (HR+) aardgaskachels en houtpelletkachels. Tegelkachels en speksteenkachels⁷⁵ hebben een zeer zuivere verbranding, een hoog rendement (80 à 90%) en een lage oppervlaktetemperatuur (Bellens, 2004, p. 11)

7.6.2.7. Hulpenergie voor verwarming

Hulpenergie voor verwarming is al het energiegebruik dat niet direct ten goede komt aan het verwarmingssysteem, en omvat b.v. het gasgebruik van de waakvlammen, het elektriciteitsgebruik voor het rondpompen van het cv-water, de elektronica in een gasketel of het warmteverlies van een parallel buffervat van een individuele warmtepomp. (SenterNovem, 2005, p. 40)

Men kan het E-peil van een woning gunstig beïnvloeden door een *pompregeling* te gebruiken, en door in een *systeem zonder waakvlam* te voorzien.

In de EPB-rekenprocedure is voor lokale verwarming het eventueel hulpenergiegebruik al opgenomen in het opwekkingsrendement.

7.6.2.8. Gebouwgebonden warmtekracht

Zie autonome productie van energie.

7.6.2.9. Externe warmtelevering of “stadsverwarming”

In Vlaanderen hebben we vanaf midden jaren zestig en in de jaren zeventig bij de grootschalige aanleg van gasdistributieleidingen de boot gemist. Jammer maar waar. Enkel in Gent-Ham is er nog sprake van een bescheiden stadsverwarmingsnet.

7.6.3. De bereiding van warm tapwater

Warm tapwater hebben we het hele jaar door nodig: een gemiddelde Vlaming 20 to 40 liter warm water van 60 °C per dag (CeDuBo, s.d., p. 39). Men kan het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater bijgevolg verminderen door de behoefte aan warm tapwater te beperken. Dat kan o.m. door vaker een korte douche i.p.v. een uitgebreid bad te nemen, een spaardouchekop⁷⁶ te gebruiken, een debietbegrenzer (zoals een bruismondstuk) op kranen te plaatsen, de kraan altijd op tijd dicht te draaien, de kraan niet te laten lopen bij afwassen met de hand, tanden poetsen, scheren, enz.

Bovendien kan men – bij gebruik van een boiler – de temperatuur van de boiler instellen op maximaal 65 °C: dat is hoog genoeg om gevaarlijke bacterieën te doden en laag genoeg om kalkafzetting te voorkomen (Eandis, 2007, p. 15).

De EPB-procedure houdt bij de berekening van het E-peil geen rekening met bovenvermelde maatregelen. Het E-peil wordt wel beïnvloed door het type warmwatersysteem; en door de lengte van de leidingen.

7.6.3.1. Zonneboiler

Een zonneboiler gebruikt zonnewarmte om (een deel van) de warmte die nodig is voor de verwarming van tapwater te leveren. Een zonneboiler bestaat uit een zonnecollector en een voorraadvat met leidingen daartussen gevuld met een transport medium (water, water met antivries of synthetische vloeistoffen). De inhoud van deze leidingen is gescheiden van het warmtapwater. Er is altijd een naverwarmingstoestel nodig om de temperatuur van het warmtapwater eventueel te verhogen wanneer de zonneboiler niet genoeg warmte levert

⁷⁵ Een tegelkachel kan tot 1.500 kg wegen, een speksteenkachel zelfs tot 4.500 kg. Stevige vloeren zijn vereist !

⁷⁶ Een spaardouchekop gebruikt de helft minder water in vergelijking met een gewoneouchekop.

(SenterNovem, 2005, p. 55). Het naverwarmingstoestel kan in principe elk type opwekkingstoestel voor warm tapwater zijn (zie verder), inclusief een gasgestookte condensatieketel of warmtepomp die men gebruikt voor de ruimteverwarming. Volgens Janssen (2006, p. 14) "mogen de meeste gasgeisers *"niet gebruikt worden als naverwarmer. Ze zijn gebouwd om koud water op te warmen. In combinatie met warm water uit de zonneboiler ontstaan gevaarlijke toestanden (stoomvorming)"*

Er zijn verschillende types zonneboilers, in functie van het werkingsprincipe. Een *gepompte zonneboiler met terugloopsysteem* voorkomt oververhitting of bevroering van het systeem d.m.v. een terugloopsysteem. De collecterpomp die de vloeistof rondpompt in een gesloten circuit stopt wanneer de vloeistof in de collector kouder is dan de temperatuur van het tapwater in het voorraadvat, of wanneer de temperatuur van het tapwater in het voorraadvat te hoog is, waarbij de collectorvloeistof terugloopt in een "terugloopvat" (al dan niet geïntegreerd in het voorraadvat). Een thermosifon zonneboiler maakt gebruik van het feit dat warm water stijgt zodat men het voorraadvat boven de collector kan plaatsen⁷⁷ en waardoor een pomp (en dus ook pompenergie⁷⁸) niet meer nodig is. Een compacte zonneboiler warmt het tapwater direct in de zonnecollector op, zodat er noch een collectorcircuit noch een voorraadvat aanwezig is.

Het opwekkingsrendement van een zonneboiler drukt men uit in jaarrendement, gedefinieerd als de verhouding van de jaarlijkse warmtevraag voor de bereiding van warmtapwater en de jaarlijkse zonne-instraling op de zonnecollector. Het jaarrendement hangt o.m. af van de oriëntatie (ZW-Z-ZO), de helling (20-60°) en de oppervlakte van de zonnecollector; en van eventuele belemmeringen die voor beschaduwing zorgen (dakkapellen, schoorstenen, ...).

De zon kan voor iets meer dan de helft ($\pm 55\%$) instaan voor de noden van warmwater. (Eandis, 2007, p. 16) Voor een gemiddeld gezin van 4 personen volstaat een collector-oppervlakte van 3 à 4 m² en een voorraadvat van 150 tot 300 liter.

In de EPB-rekenprocedure mag men de opbrengst van thermische zonne-energiesystemen in mindering brengen van het eindenergiegebruik voor de bereiding van warmtapwater. Een zonneboiler kan het E-peil met 4 tot 8 punten doen dalen (CeDuBo, s.d. , p. 38)

7.6.3.2. Warmtepompboiler

Een warmtepompboiler gebruikt de warmte uit de ventilatieretourlucht voor de verwarming van tapwater. Een warmtepompboiler is evident enkel toepasbaar indien de ventilatielucht mechanisch wordt afgezogen, waarbij men er rekening moet mee houden dat bij toepassing van een warmtepompboiler extra (mechanische) ventilatie nodig is (SenterNovem, 2005, p. 53). Een warmtepompboiler is niet toepasbaar indien men gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning toepast. De restwarmte in de ventilatie-retourlucht is enkel toereikend voor één van beide toepassingen: bereiding van warmtapwater of voorverwarming van de ventilatielucht.

Een combi-warmtepomp is een warmtepomp die men zowel gebruikt voor ruimteverwarming als voor de bereiding van warmtapwater, maar het rendement voor de bereiding van warmtapwater is in dat geval lager dan van een warmtepompboiler.

7.6.3.3. Klassieke warmwatersystemen

Een eerste onderscheid betreft individuele (autonome) warmwatertoestellen, versus combi-toestellen (i.e. in combinatie met een cv-ketel die men gebruikt voor zowel ruimteverwarming als voor de bereiding van warmtapwater). In beide gevallen kan er sprake zijn van doorstroomtoestellen ook "geisers" genoemd (het water wordt tijdens het tappen opgewarmd); of van voorraadtoestellen ook "boilers" genoemd (een goed geïsoleerd voorraadvat waarin het warmtapwater continu op de gewenste temperatuur wordt gehouden).

⁷⁷ De afstand tussen zonnecollector en voorraadvat mag niet groter dan 3 meter zijn.

⁷⁸ Volgens SenterNovem (2005, p. 55) kan men hierdoor jaarlijks 50 tot 100 kWh pompenergie besparen.

Het opwekkingsrendement van een warmwatertoestel wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de nuttige warmtelevering aan het water, gemeten aan het vertrekpunt van de leiding van het warmtapwater, en de energie die nodig om die warmte te produceren. De stilstandsverliezen (het op temperatuur houden van het water in het voorraadvat en mogelijke elektrisch hulpenergiegebruik zijn inbegrepen).

Het grote nadeel van boilers zijn de stilstandsverliezen. De meest energievriendelijke *klassieke* warmwatertoestellen zijn ofwel een autonome gasgestookte geiser met elektronische ontsteking (geen permanente waakvlam) en modulerende branders die de gas- en luchttoevoer automatisch aanpassen in functie van het gevraagde debiet, of een gasgestookte doorstroom combi-ketel (“combi-tap”) met condensatie. Nog beter is een combinatie van één van deze toestellen met een zonneboiler. Nadelen van de gasgestookte doorstroomtoestellen zijn een verminderd comfort (t.o.v. boilers), en de nodige voorzieningen die men moet treffen om de rookgassen (en eventueel het condensaat) af te voeren (t.o.v. elektro-boilers).

Elektro-boilers, waarin een elektrische weerstand in een voorraadvat van ongeveer 10 tot 15 liter⁷⁹ het omringende water op de gewenste temperatuur houdt, zijn te vermijden omwille van hun laag rendement in functie van hun *primair* energiegebruik.

Het E-peil van een woning wordt gunstig beïnvloed door het gebruik van doorstroomtoestellen i.p.v. voorraadtoestellen, en ongunstig door het gebruik van elektro-boilers.

7.6.3.4. De lengte van de warmwaterleidingen

Welk type warmwatertoestel men ook kiest, het systeemrendement verbetert altijd als men de lengte van de (bij voorkeur geïsoleerde) warmwaterleidingen zo kort mogelijk houdt door het warmwatertoestel zo dicht mogelijk bij de aftappunten te plaatsen.

7.6.4. Actieve koeling in woningbouw

We vermelden actieve koeling enkel voor de volledigheid. Actieve koeling is enkel nodig wanneer de vrije temperatuur – ondanks het beperken van zontoetreding via beglazingen en het opdrijven van het ventilatievoud – uitstijgt boven de bovenste comfortgrens van 26 °C (Janssens, 2002, p. 32-33)

Bij een slim ontwerp van het woongebouw waarbij de ontwerp(st)er rekening heeft gehouden met het risico op oververhitting in de zomerperiode is het gebruik van een koelinstallatie overbodig. De buitentemperatuur is in Vlaanderen in alle maanden gemiddeld lager dan de gewenste comforttemperatuur, wat erop wijst “*dat een bouwfysisch goed ontworpen woning in ons klimaat in principe met een verwarmingsinstallatie moet volstaan.*” (Janssens, 2002, p. 26)

In de EPB-rekenprocedure wordt – om aandacht voor het minimaliseren van de koelbehoefte in de zomer bij het ontwerpen te bevorderen – een fictief energiegebruik voor zomercomfort in rekening gebracht. Het niet weren van te veel zonnearmte in de zomer wordt negatief verrekend in het E-peil.

7.7. Autonome productie van energie

7.7.1. Zonnecellen of PV-cellen

Een zonnecel of fotonvoltaïsche cel zet zonne-energie om in elektriciteit. Een aantal zonnecellen worden in serie geschakeld en leveren gelijkstroom, die door een omvormer (of “inverter”) wordt omgezet in wisselstroom. Dergelijk geheel noemt men een fotonvoltaïsch *systeem*.

⁷⁹ Er zijn ook elektrische boilers waarvan het voorraadvat een inhoud heeft van 80, 120, 150, 200 of meer liter. Wie zoiets nog toepast in een nieuwbouw woongebouw kan maar beter op een andere planeet gaan wonen.

Men onderscheidt netgekoppelde systemen en autonome systemen. Een netgekoppeld systeem – gebruikelijk in woningen – levert het teveel aan opgewekte elektriciteit aan het openbare elektriciteitsnet, waarbij de kWh-meter dan “terug draait”. Een autonoom systeem – b.v. voor een afgelegen vakantiewoning – hebben accu’s waarin het teveel aan opgewekte elektrische energie in de vorm van chemische energie wordt opgeslagen.

Het rendement van een PV-systeem wordt uitgedrukt in een jaaropbrengst. De jaaropbrengst is afhankelijk van de jaarlijkse hoeveelheid opvallende zonnestraling, die o.m. afhankelijk is van oriëntatie en hellingshoek; de oppervlakte van de PV-cellen; het type PV-cel (o.a. Watt-piek vermogen per m²); het type PV-systeem; en de eventuele beschaduwning (door b.v. schoorstenen, dakkapellen, bomen, andere gebouwen) van het PV-systeem (SenterNovem, 2005, p. 66).

Een PV-systeem is een systeem voor de opwekking van elektriciteit dat men onafhankelijk van andere installaties (ventilatie, verwarming, warmtapwater, eventueel actieve koeling) toepast.

7.7.2. Mini en micro-WKK

Een mini- of micro-warmtekrachtkoppeling (WKK) levert zowel warmte die men volledig benut voor het verwarmen van het cv-water en/of warmtapwater, als elektriciteit die men zoveel mogelijk benut in de eigen woning en waarbij eventueel het resterende deel in het stookseizoen aan het openbare elektriciteitsnet wordt geleverd. Vermits men normaliter WKK enkel gebruikt als er een warmtebehoefte is (WKK is warmtevraag volgend), zal men buiten het stookseizoen elektriciteit van het net moeten inkopen. Micro-WKK kan men toepassen op het niveau van één woning; mini-WKK op het niveau van een appartementsgebouw of blok woningen.

Micro-WKK installaties die de volgende jaren op de markt beschikbaar komen zullen waarschijnlijk eerst gebaseerd zijn op gasmotoren en Stirlingmotoren, en misschien (?) daarna op brandstofcellen.

Een WKK levert hoogwaardige warmte (70 tot 150 °C), zodat WKK enkel te combineren is met hoge temperatuur verwarmingssystemen (HTV). Een mini- of micro-WKK kan een cv-combi ketel vervangen.

7.8. Elektriciteitsgebruik voor verlichting en huishoudelijke apparaten

Men kan het gemiddeld elektriciteitsgebruik van een huishouden reduceren door het aankoop- en gebruikersgedrag van de consumenten te beïnvloeden. ECN (2006) maakt hierbij een onderscheid tussen structureffecten en besparingseffecten.

- Structureffecten. De consumenten schaffen minder apparaten aan, of apparaten met een lager vermogen (b.v. een tafelman model koelkast i.p.v. een kastmodel koelkast), of ze gebruiken de apparaten “minder”. Een apparaat minder gebruiken kan door het apparaat minder vaak te gebruiken; het apparaat minder lang te gebruiken, of het stand-by / sluipgebruik terug te dringen door het apparaat helemaal uit te schakelen. De efficiëntie van de apparaten verandert echter niet;
- Besparingseffecten. De consumenten kopen apparaten met een hogere efficiëntie.

Het is voor de overheid niet eenvoudig om het aankoop- en gebruikersgedrag van ongeveer 2,5 miljoen Vlaamse huishoudens te laten veranderen en deze gedragsverandering vast te houden.

Het verbeteren van de efficiëntie van de apparaten kan alleen via de fabrikanten van die apparaten. Het is mogelijk dat een verbetering van de efficiëntie de apparaten duurder maakt (groter investeringsbedrag), maar dat hoeft geen probleem te zijn voor de consument indien de (verdisconteerde) kostenbesparing op elektriciteitsgebruik gedurende de levensduur van het apparaat gelijk is aan of groter dan de extra investering.

Een top 10 van energiezuinige koelkasten, vriezers, wasmachines en TV's is o.m. terug te vinden op www.top10.hier.nu

7.9. E-peil

7.9.1. Huidige regelgeving: E-peil 100

De volgende basisuitrusting zou in de meeste (nieuwbouw) woningen een gemiddeld E-peil van 90 realiseren:

- Isolatiepeil K40 met beglazing $U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ en $g = 0,65$
- Halfzware constructie;
- Ventilatiesysteem met mechanische afvoer (ventilator: wisselstroom; luchtdichtheid: $v_{50} =$ defaultwaarde $12 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ($n_{50} = 6$ à 9 v/h);
- Condenserende gascombi $\eta_{30\%} = 104\%$ (radiatoren, variabele warmtetemperatuur, thermostatische kranen; cv-leidingen binnen beschermd volume; pomp met regeling);
- Warm tapwater: 5 m leidinglengte, zowel voor badkamer als keuken;
- Geen zonwering, geen koeling, geen zonneboiler, geen PV-cellen.

De meerkosten in vergelijking met de vorige wetgeving (isolatiebesluit uit 1991) zouden 2.000 tot 5.000 euro bedragen (Van den Bossche, 2005, p. 8).

Het VEA is in juni 2006 gestart met het project 'Comfortabele energiezuinige woningen in de kijker'. De website www.energiesparen.be toont voor 12 woningontwerpen welke resultaten men behaalt op het vlak van energieprestatie en binnenklimaat en welke maatregelen daarvoor zijn genomen. Men kan per woning een pdf-bestand downloaden met meer informatie. Men kan tevens een [overzichtsfolder](#) "Comfortabele energiezuinige woningen in de praktijk" downloaden.

7.9.2. Lage energiewoning

De globale prestatie-eisen voor lage energie gebouwen zijn:

- jaarlijks primair energiegebruik voor ruimteverwarming lager dan $60 \text{ MJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{a})$;
- actieve koeling bouwkundig overbodig (integraal passief);
- jaarlijks primair energiegebruik voor warm tapwater per bewoner 50 % van het grootschalig jaarlijks gemiddelde per persoon (passief);
- idem voor verlichting en energiegebruik van huishoudelijke toestellen (i.e. energiezuinige verlichting en huishoudtoestellen als standaardkeuze).

Ruimteverwarming en passief koelen bepalen bij een lage energie woning mee het ontwerp en de uitvoering van een woongebouw (Hens & Verbeeck, 2002, p. 4).

CeDuBo (s.d., p. 7) geeft de volgende criteria voor een "laag energiewoning": E-peil om en bij de 60; K-peil op 30; energiegebruik voor verwarming 50 kWh per m² vloeroppervlak per jaar.

Voor een lage energie woning zijn nodig een peil van warmte-isolatie K24-K28. "Een typische richtwaarde voor het verwarmingsgebruik bij lage energie is $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, waarbij de m² slaan op de genormaliseerde vloeroppervlakte, $V/3$ met V het beschermd volume." (Hens, 2002a, p. 40)

Het economisch optimum zou anno 2007 voor de meeste huizen rond E-peil $E57 \pm 6$ liggen, berekend volgens de Vlaamse EPB. Het economisch isolatiepeil is voor de meeste woningen dan gelijk aan K25-27 [$U_m = 0,2$ à $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] voor een compactheid van 1,5 à 2]. Enkel voor woningen met een compactheid kleiner dan 1 ligt het economisch isolatiepeil bij K20 [met $U_m = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] Qua gebouwinstallaties zijn vereist "een hoogrendements- of condensatieketel op gas of stookolie, radiatoren ontworpen op hoge temperatuur, maar werkend op een variabele watertemperatuur, en een goed ontworpen natuurlijk

ventilatiesysteem met aandacht voor luchtdichtheid. “(Verbeeck, 2007, p. 222). In vergelijking met de E100 eis zou het jaarlijks primair energiegebruik met $46 \% \pm 6 \%$ dalen (id., ibid, p. 222).

Voor nieuwbouw woongebouwen zouden “Lage Energie woningen” bijgevolg de referentie moeten worden.

De specifieke prestatie-eisen voor een lage energiewoning hebben we reeds in de voorgaande hoofdstukken uitgebreid besproken.

7.9.3. Passiefhuis

De term “Passiefhuis” verwijst naar een constructiestandaard eind jaren '80 opgesteld door Adamsom van de Lund Universiteit (Zweden) en Wolfgang Feist, oprichter van het PassivHaus Instituut in Duitsland. De doelstelling is het bruto energiegebruik voor verwarming, warm water en huishoudtoestellen samen lager te houden dan $42 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, of in termen van jaarlijks primair energiegebruik lager dan $120^{80} \text{ kWh}/\text{m}^2$ geklimatiseerde vloeroppervlakte⁸¹. Het primair energiegebruik voor ruimteverwarming en koeling moet beperkt blijven tot maximaal 15 kWh per m^2 geklimatiseerde vloeroppervlakte per jaar, of wat hetzelfde is: $18 \text{ MJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{a})$.

De eisen qua compactheid en planschikking gelden onverminderd voor Passiefhuizen als voor lage energie woningen. De overige prestatie-eisen voor een Passiefhuis zijn (De Bruyn, 2002, p. 47-49) (PHP, 2005):

- Thermisch isolatiepeil: U-waarden voor daken, gevels en vloeren $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hens (2002b, p. 38) vermeldt een U-waarde in de buurt van $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ voor daken; en $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ voor gevels. De vereiste isolatie van 20 tot 40 cm dik is moeilijk te combineren met een klassieke spouwmuur en vraagt daarom een andere dragende constructie zoals houtskeletbouw of andere gevelbekledingen zoals platen, planken of bepleistering. De constructie moet koudebrugvrij zijn, met uitzondering van de niet te vermijden geometrische koudebruggen. Men spreekt van een passiefhuis koudebrugvrije constructie indien is aangetoond dat de lijnwarmtedoorgangscoefficienten Ψ van de diverse aansluitingen $\leq 0,01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;
- ramen (“Vensters”) en deuren. U-waarden voor beglazing apart en voor “kozijnen en beglazing” samen en voor deuren $\leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Dit vereist 3-voudig verbeterd dubbel glas met speciale afstandhouders waarvan het raamwerk een isolatiekern moet bevatten. CeDuBo (s.d., p. 23) vermeldt driedubbel glas of glas met een bijkomende folie met een U-waarde van $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, en “superisolerend schrijnwerk” met een U-waarde van $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. De zontoetredingsfactor of g-waarde voor beglazing moet groter dan of gelijk aan 50 % zijn. Een N-Z oriëntatie van de woning is noodzakelijk, met beglazing merendeel op de Z-gevel, beperkt op W en O-gevel, en minimaal op N-gevel. Hens (2002b, p. 38) vermeldt de glasoppervlakte te beperken tot $1/5^\circ$ à $1/6^\circ$ van de vloeroppervlakte, of in termen van het beschermd volume: $V/18 \leq A_{\text{glas}} \leq V/15$ (zoals bij lage energie woningen);
- Constructie: Volgens Hens (2002b, p. 39) is het effect van warmteopslag en traagheid miniem als het op verwarmen aankomt, maar niet onbelangrijk bij het passieve koelen. “Nog steeds zijn er problemen zoals het zomercomfort of de invloed van de gebouwmassa, die enkel voldoende nauwkeurig kunnen worden behandeld met een dynamische gebouwssimulatie. Dit is evenwel niet gebruikelijk in de woningbouw.” (PHP, 2005, p. 4);
- Luchtdichtheid: Een extreme luchtdichtheid van het gebouw is noodzakelijk, met name $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$, te verifiëren met een genormaliseerde blowerdoor-test⁸². Het is dikwijls interessanter het gebouw aan een druktest te onderwerpen met een sterke ventilator vooraleer de afwerking is geplaatst, omdat bij te laat meten in het bouwproces lokalisatie en verbetering van de luchtdichtheid dikwijls problematisch zijn (Eykens, 2002, p. 51) ;

⁸⁰ In Vlaanderen volgens de EPB-rekenprocedure maal 2,5; of $42 \times 2,5 = 105$.

⁸¹ Geklimatiseerde vloeroppervlakte is gedefinieerd als de netto vloeroppervlakte binnen het beschermd volume.

⁸² In de berekening van de netto-energiebehoefte voor verwarming m.b.v. het softwarepakket PHPP_benelux is de waarde bij ontstentenis van het ventilatievoud door infiltratie door resterende luchtlekken gelijk aan $0,042 \text{ 1/h}$, waarbij een luchtdichtheidstest wel een $n_{50} \leq 0,6$ moet aantonen.

- Ventilatie (luchtverversing): gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning, waarbij het rendement van de warmterecuperatie $\geq 75\%$ moet zijn; en met gebruik van efficiënte gelijkstroomventilatoren. Het ventilatiedebiet bedraagt 30 m^3 per uur per persoon. Het gebruik van open verbrandingstoestellen, klassieke droogkasten en gasdroogkasten is uitgesloten;
- Verwarming (en koeling): Er is in een Passiefhuis geen conventioneel verwarmings- en/of koelingssysteem nodig. Vermits de warmteverliezen beperkt zijn tot 10 W per m^2 vloeroppervlak, volstaat een voorverwarmd ventilatiedebiet van 1 m^3 per uur per m^2 vloeroppervlak om het warmteverlies te dekken. Omdat dit debiet overeenstemt met het nodige debiet voor luchtverversing en omdat de oppervlaktetemperatuur van de beglazing groter is dan $17\text{ }^\circ\text{C}$ (afwezigheid van koudevlakken), wordt luchtverwarming haalbaar en kan het ventilatiesysteem instaan voor de verdeling van de warmte⁸³;
- Bereiding van warmtapwater: Het energiegebruik voor de bereiding van warmtapwater moet worden gehalveerd t.o.v. wat nu gemiddeld per gebruiker en per m^3 beschermd volume wordt genoteerd. Deze doelstelling is te bereiken door minder warmtapwater te gebruiken (b.v. door spaartoestellen zoals spaardouchekoppen te gebruiken) en door het tapwater anders te verwarmen, b.v. door warmterecuperatie van afvalwarmte (b.v. via een koudwater-afvoerwater warmtewisselaar) en/of door een zonneboiler te gebruiken;
- Verlichting en huishoudapparaten en -toestellen: het energiegebruik van verlichting en huishoudapparaten of toestellen moet worden gehalveerd t.o.v. wat nu gemiddeld per gebruiker en per m^3 beschermd volume wordt genoteerd. (zie § 6.8).

Het binnenklimaat in passiefhuizen in winter en zomer zou nog een zwak punt zijn. *“In passive houses, heating is provided by incorporating the heating system into the ventilation system, but in situ measurements show that here, thermal comfort remains weak”* (Verbeeck, 2007, p. 205) In het PHP-rekenmodel gaat men uit van een constante kamertemperatuur van $20\text{ }^\circ\text{C}$ zonder nachtverlaging. *“In een gebouw met goede warmte-isolatie heeft de werking van de nachtverlaging slechts een verwaarloosbaar kleine invloed.”* (PHP, 2005, p. 4). Bij metingen in een passiefhuis nabij Gent in 2004 bleek de temperatuur in de living in de winter eerder laag (gemiddeld $19\text{ }^\circ\text{C}$) en in de zomer eerder hoog (gemiddeld $24\text{ }^\circ\text{C}$). In de slaapkamers waren de temperaturen (te) hoog, zelfs boven de $20\text{ }^\circ\text{C}$ in de winter. Bovendien was de relatieve vochtigheidsgraad hoog door de geringe luchtstroming. (De Meulenaer et al., 2005). In een *subjectieve* evaluatie van de eigen passiefwoning in Heusden-Zolder beschrijft de Bruyn (2005) een zeer stabiele temperatuur van 20 à $21\text{ }^\circ\text{C}$ in de winter (waarbij de warme slaapkamer geen probleem zou zijn); en evenzeer een zeer stabiele temperatuur van 23 à $25\text{ }^\circ\text{C}$ (met pieken tot $26\text{ }^\circ\text{C}$) in de zomer, waarbij snelle afkoeling mogelijk is indien men 's avonds natuurlijk kan ventileren. Er is in de winter bijverwarming nodig m.b.v. een radiator in de badkamer en naverwarming via een luchtverwarmingsbatterij in de balansventilatie. Een condenserende gasketel zorgt zowel voor de ruimteverwarming als voor de naverwarming van het warm tapwater. Bovendien passen ze dag-nacht regime toe. (Al het voorgaande doet de vraag rijzen in hoeverre dit wel een “echt” passiefhuis is) De bewoners zijn zeer tevreden over de luchtkwaliteit, maar in de winter is de lucht in de slaapkamer eerder droog (RV 30%) zodat ze een luchtbevochtiger in de kinderkamer hebben geplaatst.

De ver doorgedreven optimalisatie van het energiegebruik in Passiefwoningen doet meteen denken aan het gebruik van duurzame energie voor het dekken van de resterende energiebehoefte. De warmwaterbehoefte kan men voor 50% tot 70% dekken met thermische zonne-energiesystemen. De elektriciteitsbehoefte kan men gedeeltelijk dekken met fotovoltaïsche (PV) zonnepanelen.

Het energiegebruik van lage energiewoningen kan men nog verder reduceren *“door een nog beter isolatiepeil (K15-20), gecombineerd met een mechanische balansventilatie met warmteterugwinning of zelfs met een micro-WKK of systemen op zonenergie, zoals zonnecollectoren of PV-systemen. Dit leidt tot zeer lage energiekosten, maar deze oplossingen liggen ver onder wat economisch rendabel is.”* (Verbeeck, 2007, p. 222)

Het juiste aantal passiefhuizen in Vlaanderen is niet gekend, omdat niet elke bouwheer een certificaat⁸⁴ bij het Passiefhuis - Platform aanvraagt. Passiefhuis - Platform vermoedt dat

⁸³ De daadwerkelijke ruimteverwarming mag ook anders worden voorzien dan middels het ventilatiesysteem.

⁸⁴ Een onafhankelijke verklaring dat de woning voldoet aan de passiefhuisstandaard. Met dit certificaat kan de bouwheer bijvoorbeeld recht krijgen op een subsidie.

midden 2007 enkele honderden projecten zijn gebouwd of in de steigers staan. (Het Nieuwsblad, 25.08.2007) In 2004 waren het er nog maar 5 (PHP, s.d.)

7.9.4. Nul-energie woning ?

Een ander concept is de nul-energie woning, een gebouw dat gemiddeld per jaar (met wind- of zonne-energie) evenveel of meer energie produceert dan het gebruikt, zowel voor verwarming als voor elektrische toestellen (bewust duurzaam bouwen, 2003, p. 14). Andere benamingen voor nul-energie woning zijn energie-plus woning, energie-nul-woning, energie-neutrale woning of energiebalans-nul woning. De benaming kan misleidend zijn. Men doelt op een situatie waarbij over een jaar gemeten het energiegebruik nul is. In de zomerperiode is er een energieoverschot dat in de regel aan het openbare net wordt teruggeleverd, terwijl er in de winterperiode een (klein) gebruik is. (www.plusenergiehaus.de)

In het kader van het EL²EP-project hebben de onderzoekers het energiegebruik van een aantal "nul-energie woningen" gesimuleerd. De gebouwvarianten die voor de referentie rijwoning de beste resultaten opleveren combineren 30 à 31 m² PV-modules met 4 à 8 m² zonnecollectoren. Geen enkele van deze varianten is economisch haalbaar binnen redelijke veronderstellingen omtrent energieprijzen en delgingsfactoren. Enkel indien de energieprijzen zeer sterk stijgen zullen sommige concepten over 30 jaar rendabel worden. De belangrijkste belemmering zijn de extreem hoge investeringskosten: + 35 000 tot +50 000 euro extra in vergelijking met een passiefhuis en +70 000 tot +90 000 euro in vergelijking met de referentie rijwoning. (Verbeeck, 2007, pp. 195-199)

Nog extremer is het "energie-autarkische gebouw". *"In principe gaat het om gebouwen, die voor hun energieverbruik niet langer afhankelijk zijn van aangeleverde fossiele dragers en elektriciteit maar alle benodigde energie zelf produceren."* (Hens, 2002a, p. 40)

8. Kosten van energiebesparingsopties

8.1. Kosten per besparingsmaatregel

8.1.1. Kosten voor compacter bouwen

Compacter bouwen (minder m² buitenoppervlakte voor een zelfde volume) is niet alleen energiezuiniger maar ook goedkoper! “*Compact bouwen staat gelijk met prijsbewust bouwen. Tenslotte zijn niet zozeer het volume maar wel de verliesoppervlakte en alle scheidingsvlakken binnen het beschermd volume kostenbepalend.*” (Hens, 2002a, p. 29)

8.1.2. Kosten voor thermische isolatie van de gebouwschil

De (absolute) kosten voor het isoleren van daken, gevels en vloeren hangen sterk af van o.m. het gebruikte isolatiemateriaal (type en dikte) en van de vorm en grootte van de oppervlakken.

De meerprijs voor het extra isoleren van het dak en de onderste vloer bij nieuwbouw lage energie woningen is beperkt tot de kostprijs van het extra materiaal. Er zijn bij vernieuwbouw extra kosten als men eerst de oude vloer verwijdert en een nieuwe vloer – met isolatie aan de onderkant – plaatst⁸⁵ (men kan ook een isolatielaag op de bestaande vloer aanbrengen, maar deze verhoogt dan 5 tot 8 cm, zodat men de deuren moet inkorten en de hoogte van de kamer afneemt).

Een dikkere muurisolatie bij nieuwbouw doet de meerprijs wel behoorlijk stijgen, omdat dikkere muurisolatie dikkere muren, een bredere fundering, bredere omkastingen van vensters en bredere vensterdorpel, een aangepast linteel, enz. impliceert. “*De meerkost kan je ramen op ongeveer 3.500 € (dit bedrag werd bepaald door de praktijkervaring van architect Bart Cobbaert).*” (www.milieadvieswinkel.be) Voor vernieuwbouw gaat dit bedrag niet op gezien niet alle muren van dikkere isolatie worden voorzien en gezien daardoor niet overal bredere lintelen, vensterdorpels en dergelijke moeten worden aangebracht. (id.)

Tabel 36: Gemiddelde kostprijs thermische isolatie van een nieuwbouw woning (Vlaanderen, 2007)

	Dak		Gevel		Vloer
	U=0,4 W/(m ² .K)	U=0,2 W/(m ² .K)	U=0,6 W/(m ² .K)	U=0,3 W/(m ² .K)	..
Gemiddelde grootte [m ²]	100	100	100	100	50
Eenheidskost ⁽¹⁾ [€/m ²]	7 – 15 ⁽²⁾	13 – 21 ⁽²⁾	6 – 14	13 – 25 ⁽³⁾	40
<i>Totaal</i> [€]	<i>700-1.500</i>	<i>1.300-2.100</i>	<i>600-1.400</i>	<i>1.300-2.500</i>	<i>2.000</i>
Fiscale aftrek (max.) [€]	280-600 ⁽⁴⁾	520-840 ⁽⁴⁾	0	0	0
Premie netbeheerder [€]	200-400	200-400	200-400	200-400	200-500 ⁽⁶⁾
Energiebesparing ⁽⁵⁾ [€]	300	450	250	375	..

(1) Zonder fiscale aftrek, premies of andere subsidies.

(2) Plaatsing van onderdak (5 €/m²) inbegrepen.

(3) bijkomende fundering (100 €/m²) niet inbegrepen

(4) 40% van de investeringskosten, beperkt tot 2.600 euro in 2007, opgetrokken naar 2 650 € in 2008. Enkel indien uitgevoerd door een geregistreerd aannemer

(5) jaarlijkse besparing op “stookkosten”, i.e. op het energiegebruik voor ruimteverwarming.

(6) Sommige netbeheerders geven 2 €/m² voor kelderisolatie; of 2 €/m² voor vloerisolatie van bestaande woning indien uitgevoerd door doe-het-zelvers; en bij sommige netbeheerders 5 €/m² indien uitgevoerd door een geregistreerd aannemer.

Bron: CeDuBo (s.d.); VEA (2007b).

CeDuBo geeft enkele kostenindicaties (**exclusief** BTW) voor het isoleren van daken en gevels (tabel 30).

⁸⁵ Tenzij men natuurlijk hoe dan ook van plan was de vloer te vervangen.

8.1.2.1. Isoleren van het dak

Het isoleren van een dak met 10 cm minerale wol of 6 cm PUR kost tussen de 7 en 15 euro per m² dakoppervlakte; met 20 cm minerale wol of 12 cm PUR tussen de 13 en 21 euro/m². Duurder kan ook: dakisolatie met 12 cm cellenglas kost geplaatst 56 euro/m². De prijs van de isolatiematerialen is doorgaans relatief laag. “Bij oppervlakten kleiner dan 100 m² speelt de materiaalprijs per vierkante meter een veel kleinere rol dan de manuren.” (beter bouwen en verbouwen, 2007, p. 98). Volgens www.warmwonen.nl (Nederlandse data !) kost het isoleren van een verwarmde zolder aan de binnenzijde met een dikte van ca. 5 cm en een isolatiewaarde van R = 1,2 (m².K)/W ongeveer 50 euro/m². Het isoleren van een schuin houten dak aan de buitenzijde met een dikte van ca. 6 cm en R = 1,7 (m².K)/W kost 26 euro/m² (inclusief BTW).

Doe-het-zelvers kunnen eventueel plaatsingskosten uitsparen, maar lopen dan de fiscale aftrek mis (deze geldt enkel indien de werken worden uitgevoerd door een geregistreerd aannemer).

De premies van de netbeheerders voor het isoleren van een dak van een *bestaande* woning varieerden in 2007 van 2 €/m² (zuivere netbeheerders; en plus 20% voor beschermde afnemers) tot 4 €/m² (gemengde netbeheerders; en plus 50% voor beschermde afnemers). In 2008 geven alle netbeheerders 2 €/m² indien geplaatst door een doe-het-zelver; en 4 €/m² bij plaatsing door een geregistreerd aannemer. De provincie Vlaams-Brabant kent in 2008 (net zoals in 2007) een premie toe van 1,25 euro per m² dakisolatie. Heel wat gemeenten geven extra financiële steun voor dakisolatie.

Het Vlaams energieagentschap (VEA) biedt de mogelijkheid om de “winst met dakisolatie in een hellend dak” in 5 stappen uit te rekenen⁸⁶. Het VEA maakt hierbij de volgende standaardveronderstellingen⁸⁷: plaatsing van 12 cm minerale wol [R-waarde = 3 (m².K)/W] op een dakoppervlakte van 100 m², met een kostprijs van het isolatiemateriaal van 6,8 euro per m² (exclusief BTW) en plaatsingskosten van 13,0 euro per m² (exclusief BTW). Men kan ook andere isolatiematerialen en/of diktes van isolatiematerialen selecteren – de eenheidskosten passen zich automatisch aan.

8.1.2.2. Isoleren van buitenmuren

Het isoleren van spouwmuren met 8 cm minerale wol of PC of 5 cm PUR varieert van 6 euro/m² tot 15 euro/m²; met 12 cm minerale wol of 8 cm PUR van 13 euro/m² tot 25 euro/m². Er is een meerkost voor bredere spouwmuren met een bredere isolatie, omdat de fundering wat dikker wordt en er wat meer pleisterwerk rond de ramen is. Een Nederlandse bron (www.warmwonen.nl) geeft een gemiddelde prijs van 17 euro/m² voor spouwmuurisolatie met een dikte van 6 cm en R = 1,8 (m².K)/W (inclusief BTW).

Tabel 37: Richtprijzen voor gevelisolatie (Vlaanderen, april 2007)

	Kosten levering en plaatsing inbegrepen, ex BTW [euro/m ²]
Geëxtrudeerd polystyreen 4 cm	10 – 14
Geëxtrudeerd polystyreen 5 cm	11 – 15
Geëxpandeerd polystyreen 4 cm	9 – 13
Geëxpandeerd polystyreen 5 cm	10 – 14
Glaswol 4 cm	7 – 11
Glaswol 5 cm	8 – 12
Rotswol 4 cm	7 – 11
Rotswol 5 cm	8 – 12
Polyurethaan 4 cm	13 – 16

bron: beter bouwen en verbouwen, nr 228, april 2007

⁸⁶ Het VEA houdt ook rekening met de uitgespaarde gemeentelijk opcentiemen t.g.v. het fiscaal voordeel.

⁸⁷ De gebruiker kan de waarden bij ontstentenis veranderen.

De premies van de netbeheerders voor het isoleren van de gevels van een *bestaande* woning variëren van 2 €/m² (zuivere netbeheerders) tot 4 €/m² (gemengde netbeheerders). Drie netbeheerders geven 5 euro/m² indien de werken worden uitgevoerd door een geregistreerd aannemer. Een paar netbeheerders beperken de premie voor dak-, gevel- of vloerisolatie tot 50% van het factuurbedrag.

8.1.2.3. Isoleren van vloeren

De kosten van vloerisolatie variëren van 5 tot 20 euro per m². Mogelijke besparingen zijn 4 m³ aardgas per m² vloeroppervlakte per jaar. (Milieuzorgboekje van de provincie West-Vlaanderen). Een Nederlandse (!) bron (www.warmwonen.nl) geeft de volgende prijzen: bodemisotatie [9 a 15 cm, R = 2,4 tot 4 (m².K)/W] kost 23 euro per m²; vloerisolatie aan de onderzijde van beton [3 cm, R = 1,3 (m².K)/W] kost 28 euro per m²; en vloerisolatie aan de onderzijde van hout (3 cm, R = 1,3) 45 euro per m².

Tabel 38: Richtprijzen voor vloerisolatie (Vlaanderen, april 2007)

	Kosten levering en plaatsing inbegrepen, exclusief BTW [euro/m ²]
Vloerisolatie 4 cm EPS	9 – 16
Vloerisolatie argex 7 cm	12 – 16
Gespoten polyurethaan 3 cm	11 – 15
Vloerisolatie cellmix 7 cm	11 – 16

bron: beter bouwen en verbouwen, nr 228, april 2007

Er zijn ons geen subsidieregelingen gekend voor vloerisolatie.

8.1.2.4. Isoleren van vensters (beglazing en kozijnen)

Tabel 39: Gemiddelde kostprijs isolerende beglazing (Vlaanderen, 2007)

	Dubbel glas	HR-glas ⁽¹⁾	3-dubbel glas	Schrijnwerk	
	U = 3,2	U = 1,1	U = 0,5	U = 2,4	U = 0,8
Gemiddelde glasoppervlakte [m ²]	25	25	25	25	25
Eenheidskost (geplaatst) [€/m ²]	50	70	120	200-300	≥ 700
Totaal [€]	1.250	1.750	3.000	5.000-7.500	≥ 17.500
Fiscale aftrek ⁽²⁾ (max) [€]	0	700	1.200	⁽³⁾	⁽³⁾
Premie netbeheerder [€]	0	200-500	200-500	-	-
Energiebesparing ⁽⁴⁾ [€]	250	625	875	-	-

(1) ook "verbeterd dubbel glas" genoemd. Men spreekt soms ook van "superisolerende beglazing".

(2) 40% van de investeringskosten, beperkt tot 2.600 euro in 2007, opgetrokken naar 2 650 € in 2008. Enkel indien uitgevoerd door een geregistreerd aannemer

(3) De aannemer moet bevestigen dat de globale geleidingscoëfficiënt U van het venster (beglazing + raamwerk) lager ligt dan of gelijk is aan 2,0 W/(m².K).

(4) Jaarlijkse besparing op stookkosten *in vergelijking met enkel glas*.

Bron: CeDuBo (s.d.)

De kostprijs "geplaatst" voor hoogrendementsbeglazing (of "verbeterd dubbel glas") is ongeveer 70 euro/m²; voor driedubbel glas of glas met een bijkomende folie ongeveer 120 euro/m². In deze prijzen zijn de kosten voor het (eventueel) vervangen van het schrijnwerk niet inbegrepen. CeDuBo rekent hiervoor op 200 à 300 euro per m² glasoppervlakte voor klassiek schrijnwerk [U = 2,4 W/(m².K)]; en voor superisolerend schrijnwerk geschikt voor Passiefhuizen op meer dan 700 euro/m².

Begin 2004 waren de richtprijzen (plaatsing en BTW niet inbegrepen) voor "superisolerend glas" U = 1,3 W/(m².K) 55 tot 65 euro/m²; voor "superisolerend glas" U = 1,1 W/(m².K) 60 tot

70 euro/m²; en voor “superisolerend glas” $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 110 tot 125 euro/m². (Dewitte, 2004, p. 67)

Volgens het Milieuzorgboekje van West-Vlaanderen is de totale prijs van HR-glas sterk afhankelijk van de situatie. Bij nieuwbouw is superisolerende beglazing te verkrijgen vanaf 50 à 60 euro per m². Bij vervanging kost superisolerende beglazing 125 euro per m², inclusief werk, afvoeren van oud glas, glaslatten, enz.

In Nederland (www.warmwonen.nl) rekent men voor HR++ glas (spouw groter dan 9 mm, $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$), met een prijs van 160 eur/m².

De fiscale aftrek bedraagt 40% van de investering (beperkt tot max. 2.600 euro), op voorwaarde dat de werken worden uitgevoerd door een geregistreerd aannemer en dat de globale U-waarde (beglazing + raamprofiel) $\leq 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. De meeste netbeheerders kennen een premie toe van minimaal 10 €/m² voor het vervangen van enkel glas door “superisolerende beglazing” (i.e. $U_{\text{max}} = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ bij de zuivere netbeheerders en $U_{\text{max}} = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ bij de gemengde netbeheerders). Een aantal netbeheerders geven ook premies van 8 à 10 €/m² voor het vervangen van dubbel glas door “superisolerende beglazing”; of voor het plaatsen van “superisolerende beglazing” in nieuwbouw.

Het vervangen van 1 m² enkel glas door hoogrendementsglas [$U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] zou gemiddeld ongeveer 44 liter stookolie of 36 m³ aardgas besparen; of in geld uitgedrukt 25 euro per m² glasoppervlakte bij stookolie en 16 euro/m² bij aardgas (prijzen januari 2007) (VEA, 2007a). Volgens het Milieuzorgboekje van West-Vlaanderen kan HR++ glas 24 m³ aardgas besparen per m² vervangen glasoppervlakte (t.o.v. enkel glas).

Het Vlaams energieagentschap (VEA) biedt de mogelijkheid om de “winst met hoogrendementsglas” in 6 stappen uit te rekenen⁸⁸. Het VEA maakt hierbij de volgende standaardveronderstellingen⁸⁹: het vervangen van enkel glas met een oppervlakte van 20 m² door hoogrendementsglas [U -waarde = $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]; met een kostprijs voor de beglazing (schrijnwerk niet inbegrepen) van 140 euro per m² (exclusief BTW). Men kan ook andere beglazingen selecteren – de eenheidskosten passen zich automatisch aan.

8.1.2.5. Isoleren van buitendeuren

Het is zo goed als onmogelijk om de prijs van een goed isolerende buitendeur te vinden, blijkbaar omdat deuren altijd op maat worden gemaakt. Een massief houten voordeur (90 x 215 cm) kostte begin 2007 tussen de 575 en 950 euro, exclusief BTW.

8.1.3. Kosten voor het luchtdicht maken (vermijden van in/exfiltratie)

Men kan kieren (tussen raamkozijn en de muur of kieren aan ramen en deuren) dichten met deurrubbers, PUR-schuim of elastisch blijvende kit. De kostprijzen van elastische kit voor beglazing zijn voor silicionenkit of polyurethaankit 6 tot 8 euro per 300 ml; en voor MS-polymeer-kit (alles-in-één-kit) 10 euro voor 290 ml. Voor tochtstrips gelden de volgende prijzen: 3 à 7 euro per 210 cm voor EPDM- of EPT rubberprofielen; 5 euro per 10 meter voor PE- of PUR-schuimband; en 3 euro per 10 m voor PVC schuimband. Voor doe-het-zelvers gelden enkel deze materiaalkosten. Volgens het Nederlandse Milieucentraal levert het dichten van kieren een energiebesparing op van 80 m³ gas, oftewel € 54 per jaar, prijspeil 2007 (uitgaande van een gemiddelde woning *in Nederland*). (bron: www.milieucentraal.nl)

Een deurdranger (die de snelle sluiting van de deur bevordert) kost tussen 10 en 25 euro. Het is gebruikelijk om in woningen deurdrangers te plaatsen (wel in utiliteitsgebouwen).

De investeringskosten voor een draaideur (tourniquet) of tochtsluis (minimale lengte 4 meter) zijn minstens 10 000 euro of meer. Draaideuren of tochtsluizen zijn toepasbaar in de sector van handel en diensten, maar niet of veel minder in de woningsector.

⁸⁸ Het VEA houdt ook rekening met de uitgespaarde gemeentelijk opcentiemen t.g.v. het fiscaal voordeel.

⁸⁹ De gebruiker kan de waarden bij ontstentenis veranderen.

8.1.4. Kosten voor installaties

8.1.4.1. Ventilatiesystemen

De kostprijs van een ventilatiesysteem hangt sterk af van het type.

Tabel 40: Gemiddelde kostprijs van ventilatiesysteem (Vlaanderen, 2007)

	Systemeem A	Systemeem B/C	Systemeem D
Eigen energiegebruik	Neen	Beperkt	Aandachtspunt
Warmteterugwinning	Neen	Neen	Optie
Onderhoud	Weinig	Beperkt	Nodig
Installatiekost [euro]	800 – 1.500	1.000 – 2.000	5.000 – 8.000

Bron: CeDuBo (s.d.)

Bij mechanische ventilatiesystemen, en zeker bij gebalanceerde ventilatie, moet men rekening houden met extra elektriciteitsgebruik voor de ventilatoren.

Tabel 41: Gemiddelde kostprijs (*) van ventilatiesysteem II (Vlaanderen, 2007)

	Systemeem B ⁽¹⁾	Systemeem C ⁽²⁾	Systemeem D ⁽³⁾	Systemeem D met wtw ⁽⁴⁾
Basisprijs (euro)	2 250	1 950	3 250	5 450

(1) luchttoevoer via roosters v/d slaapkamer(s), woonkamer, en "bureel"

(2) luchtafvoer via rooster van badkamer(s), toiletten, berging en keuken. De raamroosters zijn nog niet meegerekend.

(3) gebalanceerde ventilatie zonder warmteterugwinning

(4) gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning van 90 % en meer, voorzien van vochtsensor en bypass voor zomer | nachtcooling

(*) Richtprijzen, BTW inbegrepen

Bron: www.ventilatiewinkel.be (2007)

Volgens de ventilatiewinkel (een verkoper van ventilatiesystemen) varieert de basisprijs (inclusief BTW) voor een mechanisch ventilatiesysteem in 2007 van $\pm 2\,000$ € tot $\pm 5\,500$ €. Renson geeft begin 2008 een richtprijs (exclusief BTW) voor gebalanceerde ventilatie met wtw van $\pm 2\,500$ euro per unit. Een "unit" houdt in de warmtewisselaar, 2 ventilatoren (op gelijkstroom) en 2 reinigingsfilters (beter bouwen en verbouwen, nr. 236, februari 2008, p 66)

Kenniscentrum IDEG zegt in een brochure over ventileren (in samenwerking met ODE) uit 2005 dat de totale investeringskost van een ventilatiesysteem voor een gemiddelde woning varieert tussen 1 500 en 5 000 euro (exclusief BTW), afhankelijk van het gekozen systeem.

Het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM) geeft als voorbeelden een kost van $\pm 1\,470$ € per appartement (sociale huisvesting) voor natuurlijke ventilatie; en van $\pm 4\,620$ € per appartement voor gebalanceerde ventilatie.

De kosten voor een hoogrendements (HR) ventilator zouden niet hoger liggen dan die voor een traditionele ventilator (Milieuzorgboekje van West-Vlaanderen). Een gelijkstroomventilator kost gemiddeld 350 euro (www.warmwonen.nl)

Er is geen fiscale aftrek voor het installeren van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Alle netbeheerders op 1 na geven in 2007 een premie van 150 euro voor een ventilatiesysteem met warmterecuperatie.

8.1.4.2. Verwarmingssystemen

Wat betreft de regeling (systeemrendement) geeft CeDuBo (s.d., p. 31) een kostprijs van ongeveer 150 euro voor een kamerthermostaat; 300 euro voor een buitenvoeler; en 25 euro per thermostatische kraan. Volgens het Milieuzorgboekje van West-Vlaanderen kosten

thermostatische radiatorafsluiters tussen de 45 en 70 euro, inclusief montage. Dezelfde bron vermeldt dat de kosten van een schakelklok tussen de 16 à 20 euro liggen, met een mogelijke besparing op het elektriciteitsgebruik van ongeveer 200 kWh per jaar. Richtprijzen voor een thermostatische kraan bedroegen begin 2007 35 tot 55 euro per stuk (ex BTW), en voor thermostatische kraan met voeler 45 tot 60 euro per stuk (ex BTW) (beter bouwen en verbouwen, nr. 225). De fiscale aftrek (40% van de investering, max. 2.600) euro geldt zowel voor thermostatische kranen als voor een klokthermostaat, eventueel met inbegrip van een externe sonde. Alle netbeheerders geven in 2007 voor het plaatsen van thermostatische kranen in een bestaande woning een premie van 5 euro per kraan.

Een pompschakelaar (die ervoor zorgt dat de circulatiepomp alleen in bedrijf is wanneer dit nodig is) kost rond de 40 à 70 euro. De besparing op het hulpenergiegebruik voor verwarming zou ongeveer tot 200 à 250 kWh per jaar bedragen. (Milieuzorgboekje van de provincie West-Vlaanderen).

De kosten voor radiatorfolie (die men tussen de radiator en de buitenmuur plaatst en die een groot deel van de warmte weerkaatst die anders in de muur zou verdwijnen) bedragen ongeveer 4 euro per m². (Milieuzorgboekje van de provincie West-Vlaanderen). Sommige netbeheerders geven een premie van 1 euro per m³, op voorwaarde dat men minstens 10 m² aankoopt.

De kostprijs van de warmte-opwekker hangt af van het type cv-ketel of warmtepomp. Een condensatieketel kan eventueel een aanpassing van de schouw vereisen. Een warmtepomp heeft geen schoorsteen nodig. De voor een woning gebruikelijke horizontale grond-water warmtepomp vereist grondwerk voor de aanleg van het ondergronds buizennet (afgraven van de grond en weer aanvullen). Voor zowel condensatieketels als warmtepompen moet men tevens rekening houden met een eventuele aanpassing van het warmte-afgifte systeem (b.v. extra grote radiatoren). Dit laatste kan de kosten met ongeveer 20% doen toenemen. De onderhoudskosten van een warmtepomp zijn gering (er is b.v. geen brander, geen schoorsteen).

Tabel 42: Gemiddelde kostprijzen van cv-ketels en warmtepompen (Vlaanderen, 2007)

	<i>Kostprijs (euro)</i>
Stookolieketel	2.000 – 2.500
Condensatieketel op stookolie	4.500 – 5.700
Tank stookolieketel	1.000 – 2.000
Gasketel	1.700 – 2.300
Wandcondensatieketel op aardgas	2.100 – 3.300
Vloercondensatieketel op aardgas	4.400 – 5.900
Warmtepomp + ondergronds buizennet	10.000 – 12.500
Warmtepomp: grondwerk	4.000 – 6.000

Bron: beter bouwen en verbouwen, nr. 228, april 2007.

De kostprijs d.d. januari 2007 voor 3,5 kW verwarming bedraagt 4,7 cent/kW of 16,45 cent voor een stookolieketel; 3,93 cent/kW of 13,76 cent voor een gascondensatieketel; en 15,63 cent⁹⁰ voor een warmtepomp met een gemiddelde COP van 3,5. Om voordeliger te zijn dan een gascondensatieketel – zonder rekening te houden met subsidies – zou de warmtepomp een gemiddelde COP van minstens 4 moeten halen (Kaiser, 2007, p. 60).

CeDuBo vermeldt de volgende gegevens.

⁹⁰ Gebaseerd op 1/3^e nachttarief 10,96 cent en 2/3^e dagtarief 19,96 cent (d.d. 17.01.2007)

Tabel 43: Gemiddelde extra-kosten voor cv-ketels, houtpelletketels en warmtepompen (Vlaanderen, 2007)

	Condensatieketel	Houtpelletketel	Warmtepomp
Extra kost ⁽¹⁾ [€]	700 – 1.000	5.000	5.000 – 10.000
Fiscale aftrek [€]	⁽²⁾	⁽²⁾	⁽³⁾
Premie netbeheerder [€]	125 – 250 ⁽⁴⁾	0	⁽⁵⁾
Energiebesparing [€]	150 – 180	300 – 400	500 – 700

(1) Extra kosten t.o.v. een klassieke ketel.

(2) 40% van de investering (max. 2.600 euro in 2007, opgetrokken naar 2 650 € in 2008). Enkel bij vervanging van een oude installatie door een geregistreerd aannemer. Voor houtketels moet het rendement bij nominaal nuttig vermogen tenminste 60% bedragen.

(3) 40% van de investering (max. 2.600 euro in 2007, opgetrokken naar 2 650 € in 2008). Enkel bij installatie door een geregistreerd aannemer. De COP van de warmtepomp moet minstens 3 of hoger zijn.

(4) Zowel bij renovatie als nieuwbouw. Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen GHA kent voor condensatieketels op stookolie een premie toe van 10 €/kW, met een maximum van 125 €. In 2008 bedraagt de premie bij alle netbeheerders 125 €, maar enkel voor condensatieketels op aardgas. Er is in 2008 geen premie meer voor condensatieketels op stookolie (Optimaz Elite)

(5) Premie afhankelijk van het geïnstalleerde compressorvermogen 210 € per kVA met een maximum van 1.680 euro of 50% van de factuur. Bij GHA 300 € per kVA met minimum 625 € en maximum 50% van de factuur. Lucht-lucht warmtepompen zijn bij alle netbeheerders uitgesloten.

Bron: CeDuBo (s.d.); Bouwunie.

Om onbekende redenen zijn condenserende gasketels (in Nederland HR ketels genaamd) stukken goedkoper in Nederland dan in Vlaanderen. Een standaard condenserende ketel kost daar gemiddeld 1 850 euro; een luxe ketel 2 300 euro (inclusief BTW).

Een centrale verwarming met houtpellets kost 4 000 tot 14 000 euro. *“Een goed werkend systeem zou volgens een Duitse studie uit 2005 trouwens minstens 10 000 euro moeten kosten. Bij zo'n centraal systeem kan een ondergrondse of bovengrondse tank gebruikt worden, waar de pellets worden ingeblazen en van waaruit ze automatisch naar de brander worden gevoerd”* (Vanderelst, 2006, p. 76)

WVEM kent in 2007 een premie toe van 150 euro per kW vast opgesteld elektrisch vermogen, met een maximum van 2.500 euro, voor wie de woningverwarming op elektriciteit vervangt door centrale verwarming op aardgas.

Het Vlaams energieagentschap (VEA) biedt de mogelijkheid om de “winst door vervanging van een oude stookketel (> 20 jaar) door een condensatieketel” in 5 stappen uit te rekenen⁹¹. Het VEA maakt hierbij de volgende standaardveronderstellingen⁹²: vervanging van een oude stookketel van 20 jaar oud met een installatierendement van 65% door een nieuwe condensatieketel met een installatierendement van 95%; met een kostprijs van de nieuwe ketel van 3.600 euro (exclusief 6% BTW).

Men moet een ketel goed onderhouden, want een slecht afgestelde brander kan een meergebruik van 20% of meer betekenen (CeDuBo, s.d., p. 27) De fiscale aftrek geldt ook voor het regelmatig onderhoud van een stookinstallatie, het afstellen van de brander, en het reinigen van de installatie.

Britse, Duitse en Nederlandse deskundigen hebben in 2007 de HRe-ketel ontwikkeld (de ‘e’ staat voor elektriciteit). Het opwekken van de stroom gebeurt met een heteluchtmotor (Stirling-motor) die in de ketel is ingebouwd en die draait op een kleine aardgasbrander. De nieuwe ketel is niet groter dan een condenserende aardgaswandketel, maakt amper geluid en is zo goed als trillingsvrij. De eerste HRe-ketels moeten 6 500 euro gaan kosten. Dat is 4 000 euro duurder dan een condenserende ketel. De (Nederlandse) handel denkt dat een meerprijs van 1 800 euro boven de huidige condenserende ketel voor de consument acceptabel is. Met subsidie is die meerprijs in vijf jaar terugverdiend. Volgens GasTerra zouden tegen 2020 1,6 miljoen micro-WKK-toestellen in Nederlandse huizen aan de muur kunnen hangen. Nuon, Ceramic Fuel Cells Limited (CFCL) en Remeha hebben in augustus 2007 een overeenkomst ondertekend voor de ontwikkeling van een HRe-ketel op basis van

⁹¹ Het VEA houdt ook rekening met de uitgespaarde gemeentelijk opcentiemen t.g.v. het fiscaal voordeel.

⁹² De gebruiker kan de waarden bij ontstentenis veranderen.

een brandstofcel. We merken terloops op dat commercialiseerbare micro-WKK voor woningen niet nieuw is. Senertec (www.senertec.de), Ecopower (www.ecopower.de) en Whispergen (www.whispergen.co.nz) bieden al verschillende jaren micro-WKK eenheden aan. De versie van Whispergen is ook op de Stirling-technologie gebaseerd.

8.1.4.3. Systemen voor de bereiding van warmtapwater

De prijs van een spaardouchekop varieert tussen de 7,5 en de 37,5 euro, naargelang de uitvoering. 't Kasteeltje (s.d., p. 5) vermeldt een kostprijs (inclusief BTW) van 29,5 euro voor een douchekop 'multishower' en 17,35 euro voor een douchekop 'Best Saver'. Een spaardouchekop kan een jaarlijkse besparing opleveren van ongeveer 32 euro. (VMM, 2002) ('t Kasteeltje, s.d.) De gemengde netbeheerders geven in 2007 een premie van 7 euro per spaardouchekop, met een maximum van 50% van het factuurbedrag.

Een douchewarmtewisselaar, die de warmte van het het douche(afval)water gebruikt om het leidingwater naar de douches voor te verwarmen, kost ongeveer 455 euro. Men zou gemiddeld 55 % van de afvalwarmte kunnen recupereren ('t Kasteeltje, s.d., p. 17)

Een debietbegrenzer kost zo'n 12,5 euro per stuk. (Eandis, s.d., p. 13)

Een vlakke of buisvormige collector met een oppervlak van minstens 3 m², georiënteerd naar ZO tot ZW met een helling van 20° tot 60°, met een voorraadvat van 100 tot 300 liter (vaak met ingebouwde warmtewisselaar) en gekoppeld aan een bestaand of nieuw naverwarmingssysteem, zou jaarlijk ongeveer 1,3 GJ/m² warmte leveren, wat ongeveer 50 tot 60 % van de behoeften aan warmtapwater van een doorsnee gezin kan dekken. (ODE, 2007, p. 19-20) Een dergelijk systeem kostte in 2005 van 2.000 tot 5.000 euro (exclusief BTW), de installatiekosten van ongeveer 800 euro niet meegerekend. (ODE, 2005, p. 18) Begin 2008 vinden we richtprijzen (exclusief BTW) voor "totale" systemen (zonnepaneel + wamwater opslagtank) van 2 299 euro voor 2 personen, 3 199 euro voor 4 personen en 4 099 euro voor 6 personen (beter bouwen en verbouwen, nr. 236, februari 2008, p. 62)

Tabel 44: Gemiddelde kostprijs van een zonneboiler (Vlaanderen, 2007)

	3 à 4 m ² zonnecollectoroppervlak opslagvat 150 tot 300 liter
Kostprijs [euro]	5.000 – 6.000
Fiscale aftrek [euro]	2.000 – 2.400 ⁽¹⁾
Premie netbeheerders [euro]	575 ⁽²⁾
Energiebesparing [euro]	100 – 180 ⁽³⁾

(1) 40% van de investering (max.2.600 € in 2007, opgetrokken naar 3 440 € in 2008). De zonneboiler moet door een geregistreerd aannemer worden geplaatst. De zonneboiler mag niet voor zwembaden worden gebruikt.

(2) De premie is afhankelijk van het geïnstalleerde collectoroppervlak (75 euro/m²), met een minimum van 575 euro. De zonneboilers moeten het Belsolar label hebben.

(3) Afhankelijk van het type naverwarming.

Bron: CeDuBo (s.d.)

Volgens het Milieuzorgboekje van West-Vlaanderen varieert de prijs van een zonneboiler van 900 tot 3 000 euro, afhankelijk van de inhoud, de opbrengst (GJ) en de grootte van de zonnecollector. Een besparing op de energiekosten voor warmwatervoorziening van meer dan 40 % zou haalbaar zijn.

Verbeeck en Hens (2005, p. 753) citeren voor 5 Belgische referentiewoningen een gemiddelde investeringskost van 6.500 euro voor een zonneboiler (5 m² collectoroppervlak), met een jaarlijkse gemiddelde energiebesparing van 40 euro tot 60 euro (50 % van het gemiddelde warmtapwatergebruik van een doorsnee gezin opgewekt door de zonneboiler).

De provincies Vlaams-Brabant en Limburg geven in 2007 een premie voor zonneboilers van respectievelijk 625 euro en 250 euro. Een aantal gemeenten geven eveneens premies (250 à 1.000 euro) voor zonneboilers.

Het Vlaams energieagentschap (VEA) biedt de mogelijkheid om de “winst met een zonneboiler” in 5 stappen uit te rekenen⁹³. Het VEA maakt hierbij de volgende standaardveronderstellingen: investeringskosten van 4.000 euro (exclusief BTW maar inclusief plaatsingskosten) voor een zonnecollectoroppervlakte van 4,2 m²; en met een gemiddelde warmteopbrengst van 5,63 GJ per jaar. De geraamde levensduur van de zonneboiler is meer dan 20 jaar. De investeringskosten voor een (eventueel) nieuw te plaatsen naverwarmingssysteem zijn 1.000 euro (exclusief BTW).

8.1.5. Autonome productie van energie

De jaarlijkse opbrengst van een optimaal opgesteld hellend PV-systeem met een vermogen van 1.000 Wp⁹⁴ bedraagt onder de Belgische zon gemiddeld 840 kWh. De benodigde oppervlakte die nodig is voor 1 kWp vermogen verschilt naargelang het type zonnecellen. De vuistregel is dat de gemiddelde jaaropbrengst van een gemiddeld polykristallijn silicium PV-systeem iets meer is dan 100 kWh/m² [± 8 m² voor 1 kWp]; van een monokristallijn PV-systeem ongeveer 140 kWh/m² [± 6 m² voor 1 kWp], en van een amorf silicium PV-systeem 50 kWh/m² [± 17 m² voor 1 kWp]. (ODE, 2005, p. 12) De werkelijke productie hangt niet enkel af van het type zonnecellen, maar ook van o.m. de oriëntatie en hellingshoek van de panelen, de beschaduwing, en de ventilatie van de panelen. Volgens CeDubo (s.d.) produceren 8 m² (fotovoltaïsche) zonnepanelen per jaar in Vlaanderen minstens 800 kWh groene stroom. De levensduur is (minstens) 25 jaar. De Vlaamse overheid vermeldt een jaarproductie van 2 MWh, voor een ‘standaard installatie op een woonhuis’ van 25 m² (Persbericht van de Vlaamse Minister van Economie, 22.11.2006).

Tabel 45: Enkele voorbeelden van de gemiddelde kostprijs van fotovoltaïsche zonnepanelen PV (Vlaanderen, 2007)

	8 m ² PV-zonnepanelen	25 m ² PV-zonnepanelen
Jaarproductie [kWh]	800	2.000
Kostprijs [€]	6.500	18.000
Fiscale aftrek [€]	2.600 ⁽¹⁾	2.600 ⁽¹⁾
Investeringspremie Vlaams Gewest [€]	650 ⁽²⁾	1.800 ⁽²⁾
Terugdraaiende kWh-meter [€]	136 ⁽³⁾	340 ⁽³⁾
Groenestroomcertificaten [€]	360 ⁽⁴⁾	900 ⁽⁴⁾

(1) 40% van de investering (max. 2 600 € in 2007, opgetrokken naar 3 440 € in 2008), voor zowel nieuwbouw als renovatie. De zonnepanelen moeten door een geregistreerd aannemer worden geplaatst. Het minimum rendement voor de omvormers moet hoger liggen dan 88% voor de autonome systemen en hoger dan 91% voor de netgekoppelde systemen.

(2) 10% van de investeringskosten. Deze investeringssteun is enkel geldig in 2006 en 2007. De maximale subsidieerbare grootte van de PV-installatie is 3 kilowattpiek.

(3) Ongeveer 17 cent per kWh (dagtarief voor huishoudens). Voor vermogens kleiner dan 10 kW (wisselstroomzijde van de omvormer) bepaalt de VREG dat de kWh-meter moet kunnen terugdraaien. Een vermogen van 10 kW van de omvormer komt overeen met een opgesteld vermogen van 11 à 12 kWp aan fotovoltaïsche panelen; of een oppervlakte van ongeveer 90 tot 100 m² in polykristallijne zonnecellen.

(4) Vanaf 01.01.2006. De prijs van 45 cent per kWh is gegarandeerd over een periode van 20 jaar vanaf de opstart van het PV-systeem.

Bron: CeDuBo (s.d.); Persbericht van de Vlaamse Minister van Energie, 22.11.2006.

De investeringskosten voor eenvoudige, gestandaardiseerde netgekoppelde PV-systemen systemen zonder gebouwintegratie bedroegen in 2004 ongeveer 7.000 euro per kWp, zonder BTW. Bij nieuwbouw geldt een BTW-tarief van 21 % (8.470 euro/kWp); bij renovatie van een gebouw ouder dan 5 jaar een BTW-tarief van 6 % (of 7.420 euro/kWp). (ODE, 2005, p. 12) Verbeeck en Hens (2005, p. 753) vermelden voor 5 Belgische referentiewoningen een gemiddelde investeringskost van 10.335 euro voor fotovoltaïsche zonnepanelen (PV) (10 m² oppervlak), met een jaarlijkse gemiddelde energiebesparing van 100 euro tot 130 euro⁹⁵. Anno 2007 zou de investeringskost nog maar 6.000 à 6.500 euro per kWp bedragen (exclusief BTW). Volgens VEA (2007a) dalen de prijzen van fotovoltaïsche panelen nog met 5

⁹³ Het VEA houdt ook rekening met de uitgespaarde gemeentelijk opcentiemen t.g.v. het fiscaal voordeel.

⁹⁴ Wp of Watt-piek is het piekvermogen bij standaard zoninstraling en een zonneceltemperatuur van 25 °C.

⁹⁵ Huishoudens met PV-systemen kregen toen nog geen gegarandeerde prijs voor hun groenestroomcertificaten.

à 10% per jaar. Begin 2008 vinden we prijzen terug van 5 000 euro/kWp (exclusief BTW) (Ik ga bouwen, nr. 307, februari 2008, p. 38).

De levensduur van een PV-systeem is 30 jaar. "De meeste producenten garanderen een rendement van 80 % voor minstens 20 jaar." (Ik ga bouwen, nr. 307, februari 2008, p. 43) De omvormer (of "inverter") moet men om de 10 jaar vervangen, voor een kostprijs ongeveer gelijk aan 10% van de initiële investeringskosten.

Het Vlaams energieagentschap (VEA) biedt de mogelijkheid om de "winst met een installatie van fotovoltaïsche zonnepanelen" in 4 stappen uit te rekenen⁹⁶. Het VEA maakt hierbij de volgende standaardveronderstellingen: investeringskosten van 18.000 euro (exclusief BTW, inclusief inverter, andere onderdelen en plaatsing) voor een systeem van fotovoltaïsche zonnepanelen van 3 kWp. De geraamde levensduur van het PV-systeem is meer dan 30 jaar.

8.2. Kostenstudies algemeen

8.2.1. Hiërarchie van rendabele, energiebesparende maatregelen

Er is een duidelijke hiërarchie van rendabele, energiebesparende maatregelen bij het renoveren van een bestaande woning (Verbeeck, 2004) (Verbeeck & Hens, 2005), met name:

1. het aanbrengen van 8 – 12 cm dakisolatie. Dit is zowel energietechnisch als economisch de meest efficiënte maatregel, omdat het dakoppervlak een groot deel van de gebouwschil vertegenwoordigt met een grote impact op de warmtevraag, terwijl de investeringskosten relatief laag zijn in vergelijking met de andere maatregelen;
2. het aanbrengen van 4 – 6 cm vloerisolatie, tenminste als men de vloerisolatie eenvoudig kan plaatsen zoals b.v. bij het isoleren van het kelderplafond, of indien men toch al van plan was de oorspronkelijke vloer te vervangen;
3. het toepassen van betere thermische beglazing [$U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]. Vervanging van het schrijnwerk is daarentegen een dure optie, maar in veel gevallen van renovatie zal men de vensters (beglazing + raamprofielen) hoe dan ook (moeten) vervangen;
4. het plaatsen van een betere verwarmingsinstallatie. Alhoewel de studie van Verbeeck & Hens (2005, p. 753) uitwees dat in sommige gevallen het bedrijfseconomisch interessanter kan zijn om minder te isoleren en in de plaats daarvan een meer energiezuinige verwarmingsinstallatie te kiezen, is deze werkwijze af te raden omdat a) isolatie veel langer meegaat dan een verwarmingsinstallatie, en b) het ontwerp en de grootte van de verwarmingsinstallatie afhangt van de isolatiegraad van de woning. Het is voordeliger om eerst te investeren in goede isolatie, en pas daarna (als men terug wat geld heeft) de inferieure verwarmingsinstallatie te vervangen door een betere;
5. het gebruik van actieve zonne-energie is enkel zinvol vanuit ecologische overwegingen (minder energiegebruik, beter E-peil), omdat men zich met deze optie in alle gevallen ver van het bedrijfseconomisch optimum bevindt (zonder rekening te houden met subsidies). Heeft men geld op overschot, dan kan men eerst investeren in een zonneboiler voor de productie van warm tapwater. Pas in laatste instantie, als het budget dat nog toelaat, kan men investeren in zonnepanelen (PV).

De vijf hierboven vermelde ingrepen staan los van elkaar. Men kan bijgevolg – gezien het meestal beperkte geldbudget – de uitvoering ervan spreiden in de tijd. Maar zowel vanuit

⁹⁶ Het VEA houdt ook rekening met de uitgespaarde gemeentelijk opcentiemen t.g.v. het fiscaal voordeel.

duurzame als vanuit bedrijfseconomische overwegingen is het raadzaam om de bovenstaande volgorde (van 1 tot 5) te respecteren. (Verbeek & Hens, 2005, p. 754)

Uit de studie bleek verder dat naast het vervangen van het schrijnwerk het isoleren van de gevel (bij bestaande woningen) de duurste energiebesparende maatregel is.

Voor een referentiewoning gebouwd na de eerste oliecrisis (1973) met *gedeeltelijke isolatie* (5 cm) van zowel het plat dak (19% van het warmteverliezend oppervlak) als van de spouwmuur (21% van het warmteverliezend oppervlak) en met *dubbele beglazing* (bijna 9% van het warmteverliezend oppervlak), was enkel het toepassen van betere thermische beglazing een *rendabele* optie. Uiteraard mogen niet enkel bedrijfseconomische motieven meespelen. Het comfort in winter en zomer zal lichtjes verbeteren met bijkomende dakisolatie, en condensatie op de glasoppervlakken zal verdwijnen met betere beglazing en schrijnwerk (Verbeek & Hens, 2005, p. 752)

Op basis van een recentere, meer uitgebreide studie over extreem lage energiewoningen geven Verbeek & Hens (2007, p. 165-166) voor *rijwoningen* de volgende hiërarchie:

1. een isolatiepeil gelijk aan K25-K30 [of U_m tussen 0,35 en 0,40 $W/(m^2.K)$], wat neerkomt op 15 tot 20 cm dakisolatie of 30 cm isolatie voor de vloer van een onverwarmde zolder, 15 cm gevelisolatie, 10 cm vloerisolatie, en ramen ("vensters") met een U-waarde voor de beglazing gelijk aan $U_{glass} = 1,1 W/(m^2.K)$ en voor de kozijnen gelijk aan $U_{frame} = 1,8 W/(m^2.K)$. Naast isolatie is een goede luchtdichtheid ($n_{50} = 1 h^{-1}$) en een goede natuurlijke ventilatie van belang;
2. een performant verwarmingssysteem onder de vorm van een hoogrendementsketel of een condenserende ketel. Indien men over het nodige budget beschikt kan men een lucht/water-warmtepomp overwegen;
3. indien gewenst of nodig kan men kiezen voor gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning, grond/water-warmtepompen en zonne-energiesystemen (zonneboiler en/of PV), maar deze systemen zijn economisch niet rendabel.

Voor de andere woningtypes (halfopen en gesloten) bebouwing gelden gelijkaardige overwegingen.

8.2.2. Extra kosten van laag energie woning en Passiefhuis

CeDuBo (s.d., p. 7) schat de extra-investeringskosten van een laag energiewoning en een passiefhuis, in vergelijking met een woning met een E-peil van 100. De woning met een E-peil van 100 heeft 150 m² verwarmde oppervlakte, verwarmd met een hoogrendementsketel op gas of stookolie; en is zodanig geïsoleerd dat het jaarlijks energiegebruik voor ruimteverwarming gelijk is aan 120 kWh/m². Het energiegebruik voor verwarming daalt naar 60 kWh per m² per jaar voor de laag energiewoning, en naar 15 kWh per m² per jaar voor het passiefhuis.

Tabel 46: Extra kosten voor laag energie woning en passiefhuis t.o.v. een woning met E100

	Maatregel	Laag energie	Passief
Meerkosten investeringen	Isolatie	1.500 euro	4.000 euro
	Ventilatie	3.500 euro	3.500 euro
	Glas en buitenschrijnwerk	1.000 euro	4.000 euro
	Luchtdichtheid	1.000 euro	2.000 euro
	Varia	1.000 euro	2.000 euro
	Vermeden kost		5.000 euro
	<i>Totaal:</i>	8.000 euro	10.500 euro
Mingebruik (per jaar)		450 euro	790 euro
Terugverdientijd		17,8 jaar	13,3 jaar

Bron: CeDuBo (s.d.)

In het EL²EP-project hebben de onderzoekers voor 5 (niet-geïsoleerde) referentiewoningen berekend wat de optimale maatregelen inzake isolatie van de gebouwschil zijn om van deze woningen lage energie woningen te maken.

Tabel 47: Lage energiewoning: energetisch, ecologisch en economisch optimum voor de optimalisatie van de gebouwschil voor 5 referentiewoningen ⁽¹⁾ in het EL²EP-project

Typewoning ⁽²⁾	Referentie		Lage energie woning			
	NEB [MJ/(m ³ .a)]	Investeringskosten ⁽³⁾ [euro/m ²]	K-waarde	NEB zonder wtw [MJ/(m ³ .a)]	NEB met wtw ⁽⁴⁾ [MJ/(m ³ .a)]	Investeringskosten ⁽³⁾ [euro/m ²]
Gesloten	136-215	710-740	14-40	50-100	20-70	800-1100
Halfopen	220-305	665-720	12-40	50-170	25-75	720-1120
Open	175-309	730-810	11-43	40-120	20-80	780-1240
Architecturaal	435-662	670-730	12-40	30-300	20-140	800-1200
Flat ⁽⁵⁾	128-144	610-620	6-35	30-60	< 20	600-770

(1) Gezin van 4 personen in een middenklasse woning met 3 slaapkamers en een totale vloeroppervlakte van 140-175 m². Beschermd volume ongeveer 470 m³ voor alle referentiewoningen. Glasoppervlakte voor alle woningen uitgedrukt in % van de vloeroppervlakte per type ruimte en gelijk aan 24,5 % voor de living; 18 % voor de keuken; 17 % voor het kantoor; 12 % voor de slaapkamers en 7 % voor de badkamer.

(2) Compactheid van de rijwoning C = 2,04 m; halfopen C = 1,49 m; gesloten C = 1,22 m; architecturaal C = 0,85 m; en flat C = 4,17 m

(3) kosten in functie van verwarmde vloeroppervlakte (of grondoppervlakte ?)

(4) rendement van de warmteterugwinning "slechts" 70 %, om het niet optimaal werken v/h ventilatiesysteem mee in rekening te brengen.

(5) enkel een centraal gelegen flat, niet het hele flatgebouw

Bron: Verbeeck (2007), p. 168

Het economisch optimaal isolatiepeil is K25-27 voor de meeste woningen ($U_m = 0,3$ à $0,4$ W/(m².K) voor een compactheid van 1,5 à 2 m); en K20 [$U_m = 0,2$ W/(m².K)] voor woningen met een compactheid kleiner dan 1. De optimale gebouwinstallaties zijn een hoogrendements- of condenserende gas- of olieketel, radiatoren ontworpen op hoge temperatuur maar werkend op variabele watertemperatuur en een goed ontworpen natuurlijk ventilatiesysteem met aandacht voor luchtdichtheid. (Verbeeck, 2007, p. 190-191)

Zeer weinig compacte woningen hebben het grootste energiebesparingspotentieel, net omwille van hun grote verliesoppervlakte gegeven een bepaald beschermd volume. Hun gebrek aan compactheid moet men compenseren met verder doorgedreven isolatie van de gebouwschil.

We merken terloops op dat de compactheid van de flat wel erg hoog is (en deze van de "architecturale" open bebouwing erg laag), en vragen ons of af in hoeverre men dit nog een "referentie" kan noemen. Blijkbaar was het de bedoeling om voor illustratieve doeleinden een zo groot mogelijke "range" van compactheid te simuleren. "For the apartment building, not the whole building is considered, but only a centred flat. This allows a comparison of all selected buildings based on compactness." (Verbeeck, 2007, p. 167)

De globale optima en de extra investeringskosten voor "extreem lage energiewoningen" t.o.v. het economisch optimum voor de 5 referentiewoningen in het EL²EP-project zijn als volgt.

Tabel 48: *Extreem lage energiewoningen: globale optima ⁽¹⁾ en extra investeringskosten t.o.v. economisch optimum ⁽²⁾*

Typewoning	K-waarde	U_m [W/(m ² .K)]	NEB [MJ/(m ³ .a)]	Extra investerings- kosten [euro/m ²]	Energie kosten [€/jaar]
Gesloten	15-27	0,2-0,37	15-90	40-500	300-880
Halfopen	13-34	0,15-0,4	15-90	80-800	300-900
Open	13-40	0,14-0,43	25-100	3-840	300-1000
Architecturaal	13-20	0,13-0,20	30-55	100-720	300-650
Flat	9-38	0,15-0,69	< 40	50-340	130-510

(1) met "globaal" bedoelt de auteur optimalisatie van zowel de gebouwschil als van de gebouwgebonden installaties. De optimalisatie gebeurt in 2 stappen: eerst de gebouwschil, daarna de installaties.

(2) scenario lage energieprijzen en delgingsfactor 4 %.

Bron: Verbeeck (2007), p. 168

Betere energieprestaties zijn mogelijk door het toepassen van mechanische ventilatie met warmteterugwinning of door het gebruiken van een lucht/water warmtepomp (grond/water warmtepompen hebben een hogere SPF maar zijn duurder). Men zit voor de meeste woningen dan op het randje van wat nog economisch haalbaar is. Zeer lage energiekosten zijn mogelijk door een verdere verbetering van het isolatiepeil (K15-20) in combinatie met gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning of zelfs met een micro-WKK of systemen op zonenergie zoals zonneboilers of PV-systemen. Deze extreem lage energiewoningen zijn ver verwijderd van het economisch optimum. (Verbeeck, 2007, p. 191) De grootste belemmering vormen de hoge investeringskosten. *"Without financial support or incentives, these concepts will be limited to a small number of consumers with a high environmental consciousness that are willing to invest such a large budget in an extremely energy saving house."* (Verbeeck & Hens, 2007, p. 173)

De extra bouwkosten voor een passiefwoning zouden 500 tot 800 euro per m² grondoppervlakte (of een kwart meer) meer bedragen t.o.v. een traditionele woning. De voorstanders van passiefwoningen zijn het hier uiteraard niet mee eens. Volgens De Gheldere zijn de passiefwoningen waaraan hij heeft meegewerkt ongeveer 12 % duurder dan een traditionele woning. *"En naarmate meer aannemers zich op passiefwoningen gaan toeleggen, zal die prijs nog zakken."* (Interview Gazet van Antwerpen, 16-17 mei 2007).

de Bruyn (2005) rekent voor zijn eigen passiefwoning te Heusden-Zolder met een geklimatiseerde vloeroppervlakte van 194 m² (verspreid over 2 verdiepingen) op een meerkost van slechts 7 769 euro . Er zijn extra kosten voor de dakconstructie (+4 846 euro), de ramen en deuren (+ 3 080 euro), de isolatie (+ 4 019 euro) en de gevelsteen (+ 456 euro), maar er is ook een aftrek van – 4 631 euro omdat de woning geen klassieke verwarmingsinstallatie nodig heeft.

Voor het inkomstenjaar 2008 (aanslagjaar 2009) krijgt iedereen wie een passiefhuis koopt of bouwt of een woning renoveert tot een passiefhuis, een belastingvermindering van 790 € per jaar.

8.3. Kosten voor energiezuinige huishoudelijke toestellen en apparaten

In de volgende tabellen zullen we regelmatig gemiddelde jaarlijkse kosten per toestel of apparaat tonen. Deze kosten hangen af van de elektriciteits- c.q. aardgasprijs in euro per kWh. Die prijzen evolueren voortdurend. We tonen de prijzen zoals we ze in de literatuur hebben teruggevonden, maar het is natuurlijk beter om naar het jaargemiddeld gebruik in kWh per toestel te kijken en dan de actuele elektriciteits- of aardgasprijs op te zoeken. De getoonde jaargemiddelde gebruikswaarden hangen af van een aantal assumpties rond de grootte (vermogen, capaciteit, ...) van de toestellen, en de gebruiksduur of –frequentie. Deze aannames worden in de literatuur maar zelden ge-expliciteerd.

8.3.1. Verlichting

De aankoopprijs van een gloeilamp is 0,74 euro. Voor een spaarlamp varieert de prijs van 4 euro tot 10 euro (hoe langer de spaarlamp meegaat, hoe duurder). Een spaarlamp gebruikt 5 keer minder (- 80 %) elektriciteit dan een gloeilamp (een spaarlamp van 15 Watt geeft evenveel licht als een gloeilamp van 75 Watt), en gaat 10 tot 15 keer langer mee (10 000 à 15 000 uren i.p.v. 1 000 uren voor een gloeilamp).

Een TL5 lamp kost 4 euro, een “ontsteking” (Memosave T5 Tronic) 29,95 euro, en een optionele reflector is te verkrijgen vanaf 4,5 euro.

Veel netbeheerders geven premies voor “relighting” (het vervangen van bestaande verlichting door energiezuinige verlichting) en / of voor “newlighting” (het plaatsen van nieuwe energie-efficiënte verlichting).

Wat betreft lichtregeling zijn er de volgende mogelijkheden:

- Een aanwezigheidsdetector (de verlichting schakelt na een tijdje automatisch uit) is verkrijgbaar vanaf 15 euro. ;
- een tijdschakelklok die men met de hand moet instellen kost ongeveer 10 euro. Een digitaal model kost tussen de 15 en 35 euro.

Men kan met lichtregeling 10 tot 25 % op de elektriciteit voor verlichting besparen (Milieuzorgboekje van de provincie West-Vlaanderen).

8.3.2. Koelen (van voedsel)

We maken een onderscheid tussen koelkasten en diepvriezers. Koelapparaten gebruiken enkel energie als ze aanslaan. Het verschil in gebruik tussen de verschillende typen koelkasten of diepvriezers is naast grootte en inhoud meestal hierop terug te voeren.

Tabel 49: Gemiddeld jaargebruik en gebruikskosten per jaar van koelkasten

	Categorie [liter]	Gemiddeld jaargebruik [kWh]	Gemiddelde kostprijs [euro/jaar]
Kastmodel A-label	170 – 360	110 – 325	16 – 49
Kastmodel B-label	145 – 350	200 – 530	30 – 79
Kastmodel C-label	95 – 595	280 – 820	42 – 123
Kasten D- tot F-label		290 - 700	43 – 105
3 compartimenten koelkast (met keldergedeelte)	Circa 350	460 – 650	69 – 98
Koel-/vriestkast met 1 temperatuurregelaar		270 – 780	40 – 117
Koel-/vriescombinatie met 2 temperatuurregelaars		300 - 650	45 – 98

kostprijs elektriciteit 0,15 euro per kWh

Bron: Nuon België (s.d.)

Het energielabel geeft aan hoe energiezuinig bepaalde elektro-apparaten zijn. Alle koelapparaten zijn verplicht voorzien van een energielabel. Koelapparaten met een label E, F of G mag men niet meer op de Belgische markt verkopen. Bijna alle nieuwe modellen zijn nu A-modellen. Nog energiezuiniger zijn A+ of A++ modellen. A++ is de helft zuiniger dan een model met A-label.

Volgens Eandis is het gemiddeld jaargebruik van een koelkast met vriesvak 286 kWh per jaar (kosten 46 euro); en van een koelkast zonder vriesvak (300 liter) 189 kWh per jaar (kosten 30 euro). In een Nederlandse brochure geeft Nuon als “gemiddelde” jaargebruiken en –kosten de volgende waarden: 2-deurs koel- en vriestkastcombi 464 kWh en 92 euro; koelkast met vriesvak 288 kWh en 56 euro, en koelkast zonder vriesvak 226 kWh en 45 euro.

Het gemiddeld jaargebruik en gebruikskosten voor diepvriezers zijn als volgt.

Tabel 50: Gemiddeld jaargebruik en jaarlijkse gebruikskosten van diepvriezers

	Categorie [liter]	Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	Gemiddelde kostprijs [euro/jaar]
Kast (tafelmodel)	Tot 140	200 – 500	30 – 75
Kastmodel	180 – 450	250 – 800	37 – 120
Kist A-label	175 – 450	160 – 290	24 – 43
Kist B-label	100 – 420	180 – 420	27 – 63
Kist C-label	200 – 550	300 – 650	45 – 97
Kist D tot F-label		275 – 850	40 – 127

Bron: Nuon België (s.d.)

Een diepvrieskist is zuiniger dan een diepvrieskast (rechtstaand model).

Volgens Eandis is het “gemiddeld” jaargebruik van een diepvrieskast met A-label 269 kWh per jaar met een jaarlijkse kost van 43 euro; en van een diepvrieskist met A-label 205 kWh per jaar met een jaarlijkse kost van 33 euro. In Nederland zou volgens Nuon het “gemiddeld” jaargebruik en –kosten van een diepvrieskist 380 kWh en 76 euro bedragen.

Het Brussels Energie Agentschap (BEA, 2006) geeft als gemiddeld jaargebruik en –kosten de volgende waarden: koelkast 350 kWh per jaar en 56,91 euro; diepvries 550 kWh/jaar en 89,43 euro; en gecombineerd toestel 450 kWh en 73,17 euro.

8.3.3. “Natte toestellen” (reiniging)

Huishoudelijke toestellen of apparaten met een relatief groot energiegebruik zijn wasmachine, droogkast en afwasmachine.

8.3.3.1. Wasmachines

Voor een wasmachine hangt de klasse-indeling niet enkel al van het energiegebruik, maar ook van het wasresultaat en het droogresultaat, naast factoren zoals capaciteit (in kg katoen) en watergebruik.

Een wasmachine met A-label gebruikt 1 kWh per wasbeurt van 60 °C. Een toestel met F-label gebruikt 1,93 kWh per wasbeurt. (Nuon, s.d.) Het elektriciteitsgebruik van een “gemiddelde” wasmachine is 0,8 à 1,1 kWh per wasbeurt (wasprogramma van 60 °C), voor een gemiddeld jaargebruik van 180 – 230 kWh per jaar.

Volgens Eandis gebruikt een wasmachine gemiddeld 231 kWh per jaar (kost 37 euro). BEA (2006) maakt een onderscheid tussen wasmachine 60° (kleur): 77 kWh per jaar en 12,52 euro; en wasmachine 90° (witgoed): 250 kWh per jaar en 40,65 euro.

Een wasmachine aangesloten op de warmwaterleiding (of “hot fill” wasmachine) zou ongeveer 50 % elektriciteit besparen t.o.v. de beste wasmachine zonder warmwateraansluiting, en circa 60 % t.o.v. een gemiddelde nieuwe wasmachine (’t Kasteeltje, s.d., p. 18).

8.3.3.2. Wasdrogers

Voor droogkasten hangt de klasse-indeling af van het energiegebruik in kWh per kg wasgoed in het referentieprogramma ‘katoen – kastdroog’. Er zijn twee types droogkasten: luchtafvoer – of condensatiesysteem.

Tabel 51: Gemiddeld jaargebruik en –kosten van droogkasten (droogprogramma katoen, kastdroog)

	Gebruik per droogbeurt [kWh]	Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	Gemiddelde kostprijs [euro/jaar]
Droogkast met luchtafvoer tijdgestuurd	2,8 – 3,75	..	..
Droogkast met luchtafvoer elektronisch gestuurd	2,8 – 3,7	..	..
Droogkast met condensatie tijdgestuurd	2,7 – 4,4	..	..
Droogkast met condensatie elektronisch gestuurd	2,7 - 4	..	..
“Gemiddelde” wasdroger	3	630	126
Wasdroger luchtafvoer energiezuinig	1,7	360	72
Condenserende wasdroger energiezuinig	2,6	550	110

Bron: Nuon België (s.d.)

Volgens EANDIS gebruikt een droogkast (3 beurten per week) gemiddeld 371 kWh per jaar tegen 60 euro. BEA (2006) houdt het bij 192 kWh per jaar (2 droogbeurten per week gedurende 32 weken) en 31,22 euro.

't Kasteeltje (s.d., p. 19) vermeldt een condensatiedroger met warmtepomp (A-label) die 1,8 kWh per droogbeurt van 6 kg gebruikt.

Er zijn naast elektrische droogkasten ook droogkasten op aardgas met luchtafvoer. Men verwarmt de lucht in een aardgasdroogkast met een elektronisch aangestuurde aardgasbrander. Het energiegebruik is ongeveer 5,82 kWh aardgas per droogbeurt (met een kost van ongeveer 0,29 euro per droogbeurt). Men heeft evident een gasaansluiting nodig.

8.3.3.3. Vaatwassers (afwasmachines)

Voor vaatwassers (afwasmachines) hangt de klasse-indeling af van het energiegebruik in kWh per cyclus (afwasprogramma 60 – 65 °C, met koud water voorspoelen), het afwasresultaat en het droogresultaat, naast factoren zoals de capaciteit (hoeveelheid bestek, borden, ...) en het watergebruik.

Tabel 52: Gemiddeld jaargebruik en –kosten van vaatwassers (normaal programma van 60 – 65 °C)

	Gebruik per cyclus [kWh]	Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	Gemiddelde kostprijs [euro/jaar]
“Gemiddelde” vaatwasser	1,4	300	60
Energiezuinige vaatwasser	1,0	220	44

Bron: Nuon (s.d.)

EANDIS vermeldt voor “vaatwasmachines” (4 beurten per week) een gemiddeld jaargebruik anno 2005 van 286 kWh en een jaarlijkse kost van 46 euro. Het BEA (2006) komt tot een zelfde gemiddeld jaarlijks gebruik, namelijk 288 kWh en 46,83 euro jaarlijkse kosten, maar wel met de veronderstelling van 5 wasbeurten per week gedurende 48 weken.

In Nederland gebruikt een “gemiddelde” vaatwasser (programma 60-65 °C, koud water voorspoelen) 0,95 à 1,7 kWh per cyclus, en 49 à 128 liter water.

8.3.4. Media

Van de “media-toestellen” zijn de grootste energiegebruikers televisie (TV), video en computer (PC). Andere veel geciteerde media-apparaten zijn CD speler of meer recent DVD-speler/recorder. Het grote probleem is dat de meeste van deze apparaten niet enkel

elektriciteit gebruiken wanneer ze in werking zijn, maar ook in “stand-by” of slaaptoestand (het zogenaamde “sluipgebruik”).

Tabel 53: Gemiddeld jaargebruik en –kosten van enkele media-apparaten

	Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	Gemiddelde kost [euro/jaar]
Televisie gewoon	130	..
Televisie gewoon (sluipgebruik)	61	9,15
Televisie groot plasmascerm	216	108
Video	150	..
Video sluipgebruik	101	11,50
Computer (desktopsysteem) (*)	52	10
Spelcomputer (*)	72	14
CD-speler of DVD-speler (*)	10	2

(*) Nederlandse gegevens van Nuon.

Bron: Nuon België (s.d.)

EANDIS stelt de volgende waarden (anno 2005) voorop: televisie 138 kWh per jaar en 22 euro/jaar; video 108 kWh/jaar en 18 euro/jaar; en computer (14 uur per week) 129 kWh/jaar en 21 euro/jaar.

Tabel 54: Gemiddeld jaargebruik en –kosten van enkele media-apparaten II

	Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	Gemiddelde kost [euro/jaar]
Televisie	121	19,67
Televisie sluipgebruik	59	9,59
Video	10	1,63
Video sluipgebruik	56	9,11
Computer	106	17,24
Computer sluipgebruik	400	65,04
CD-speler	9	1,46
CD-speler sluipgebruik	56	9,11

Bron: Brussels Energie Agentschap (2006)

De gebruiksduur van alle bovenvermelde media-apparaten is volgens het BEA (2006) 335 dagen, behalve voor de computer in werking waarvoor de gebruiksduur 240 dagen is. Een kleurentelevisie is 4 uur per dag in werking, een video 1,5 uur per dag en een CD-lezer 1 uur per dag.

Naast de bovenvermelde toestellen zijn er nog vele andere, bijvoorbeeld radio of tuner met een gemiddeld jaargebruik van 11 kWh/jaar (BEA, 2006) tot 12 kWh/jaar (Nuon België). Voor audio-apparatuur houdt EANDIS het anno 2005 bij gemiddeld 52 kWh/jaar.

8.3.5. Koken

In België kookt 35 % van de gezinnen op gas en 65 % op elektriciteit. Niet minder dan 83 % maakt gebruik van een elektrische oven i.p.v. een gasoven. Bovendien dringt de magnetronoven (in België beter gekend als de “microgolfoven”) steeds meer de huishoudens binnen, al dan niet in combinatie met een gewone oven of grill (combi).

Tabel 55: Gemiddeld jaargebruik en –kosten van kook- en bakapparatuur

	Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	Gemiddelde kost [euro/jaar]
Elektrisch fornuis met gietijzeren kookplaten	300 – 440	45 – 66
Inductiekoken	300 – 350	45 – 52,5
Keramisch koken	350 – 400	52,5 – 60
Elektrische oven	100	15 – 5,25
Microgolf	35	15
Combi-microgolf	100	40
Aardgasfornuis	714	35

Bron: Nuon België (s.d.)

Elektrisch koken is veel duurder dan koken op aardgas.

EANDIS geeft voor kooktoestellen een zeer ruime range van 55 tot 560 kWh per jaar (jaarlijkse kosten 9 tot 90 euro). Een elektrische oven die tweemaal per week wordt gebruikt heeft een gemiddeld jaargebruik van 99 kWh en een jaarlijkse kost van 16 euro. Het BEA (2006) geeft wat meer details. Een fornuis met oven heeft een gemiddeld jaargebruik van 928 kWh (35 minuter per dag gedurende 335 dagen) voor een kost van 150,89 euro. Voor een gewone oven is dit 162 kWh per jaar (1,5 uur per week gedurende 48 weken) en kosten van 26,34 euro. Het gemiddeld jaarlijks gebruik van een microgolfoven is 90 kWh (1,5 uur per week gedurende 48 weken) en jaarlijkse kosten van 14,63 euro.

Vrij opvallend is dat Nuon voor Nederland veel hogere gebruikswaarden geeft: van gietijzeren kookplaat (510 kWh/jaar) en keramische kookplaat (530 kWh/jaar) tot inductiekookplaat (550 kWh). Maar voor microgolfovens is Nederland vergelijkbaar met België: 35 kWh/jaar voor de gewone magnetron en 95 kWh/jaar voor de combi-magnetron. Nederlanders gebruiken blijkbaar iets minder de elektrische oven: van 21 kWh/jaar voor de grill/bakoven tot 55 kWh/jaar voor de ingebouwd oven. Een gasfornuis gebruikt gemiddeld 65 m³/jaar aardgas, vergelijkbaar met België.

De keuken staat nog vol met handige toestelletjes, zoals het koffiezetapparaat (55 kWh/jaar volgens NUON, 80 kWh/jaar volgens EANDIS en 42 kWh/jaar volgens BEA op basis van 10 minuten per dag gedurende 335 dagen); de waterkoker (35 kWh/jaar volgens NUON); de frituurketel (zijn we Belgen of niet?) met 84 kWh/jaar volgens BEA (2006) op basis van 1 uur gebruik per week gedurende 48 weken; en natuurlijk speciaal voor de Brusselaars het wafelijzer met een gemiddeld jaargebruik van 15 kWh (BEA, 2006).

In de keuken mogen we evenmin de dampkap of afzuigkap vergeten, met een gemiddeld jaargebruik van 100 kWh/jaar volgens NUON België of slechts 25 kWh/jaar volgens het BEA (2006) op basis van 40 minuten per dag gedurende 335 dagen.

8.3.6. Overige huishoudelijke toestellen of apparaten

Het is een onmogelijke opgave om van alle denkbare huishoudtoestellen een gemiddeld jaargebruik op te stellen.

Er zitten nochtans enkele “grootgebruikers” tussen, met name het aquarium (600 kWh/jaar volgens NUON en 876 kWh/jaar volgens het BEA), het waterbed (600 tot 1 400 kWh/jaar volgens NUON en 734 kWh/jaar volgens EANDIS). Dat aquarium en waterbed weinig voorstellen in het totale elektriciteitsgebruik voor Vlaanderen is te danken aan hun (voorlopig ?) geringe penetratie.

Tabel 56: Gemiddeld jaargebruik van enkele "diverse" toestellen of apparaten

	NUON Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	EANDIS Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]	BEA Gemiddeld jaargebruik [kWh/jaar]
Strijkijzer	30	..	30
Naaimachine ⁽¹⁾	[1] *	2	4
Stofzuiger ⁽²⁾	65	54	35
Haardroger / Föhn	[11] *	..	11
Scheerapparaat	..	..	0,3
Tondeuse	..	..	40
Zonbank	32	..	..

(1) Volgens EANDIS gedurende 2 maal per maand: volgens BEA (2006, data 2005) 1 uur per week gedurende 48 weken.

(2) Volgens BEA (2006) 1 uur per week gedurende 48 weken.

* volgens Nuon Nederland.

Bron: NUON België (s.d.); Brussels Energie Agentschap (2006), EANDIS (2006, data geldig voor 2005)

Voor enkele andere toestellen, die vooral onder de rubrieken persoonlijke verzorging of onderhoud van de woning vallen geven we gemiddelde jaargebruiken weer die we bij onze drie belangrijkste databronnen hebben teruggevonden.

Tot slot mogen we het sluipgebruik van enkele kleinere toestelletjes niet vergeten: draadloze telefoon 20 kWh/jaar, wekkeradio 25 kWh/jaar, ovenklokje 10 kWh/jaar en microgolfovenklokje 20 kWh (Nuon Nederland).

9. Beschrijving van het model

STEM ontwikkelde in opdracht van VMM-MIRA een model voor de berekening en analyse van het (toekomstig) woninggebonden energieverbruik en de daarmee gepaard gaande emissies naar de omgevingslucht. Dit model simuleert tevens het energieverbruik van niet-woninggebonden apparaten of toestellen. Het model draagt de naam SAVER-LEAP huishoudens. SAVER-LEAP huishoudens simuleert het energieverbruik en de bijhorende emissies van de huishoudens in Vlaanderen vanaf 2005. SAVER-LEAP huishoudens zal o.m. dienen voor de wetenschappelijke onderbouwing van de scenario's i.v.m. huishoudens in het MIRA-S 200X rapport.

De sector huishoudens neemt vooral aardgas, (huisbrand)olie en elektriciteit af, en in mindere mate LPG en hernieuwbare energiedragers zoals hout. Het elektriciteitsgebruik kan zowel betrekking hebben op het woninggebonden energieverbruik als op het energieverbruik van apparaten of toestellen. Het aardgasgebruik heeft vooral betrekking op het gebouwgebonden gebruik, maar voor een beperkt deel ook op huishoudelijke toestellen en apparaten (koken, gasgestookte wasdroger, hot-fill apparaten).

We gaan in dit hoofdstuk in de eerste plaats in op de algemene kenmerken en uitgangspunten van een simulatie- en analysemodel. We bespreken daarna de specifieke eisen en wensen t.a.v. het model. We geven vervolgens de schematische opbouw van een dergelijk model weer. Op basis van dat schema bespreken we in een afzonderlijk hoofdstuk in detail het gebouwgebonden energieverbruik, waaronder het energieverbruik voor ruimteverwarming (en eventueel ruimtekoeling), ventilatie, en de verwarming van tapwater. Het energieverbruik van toestellen of apparaten bespreken we eveneens meer gedetailleerd in een apart hoofdstuk. Onze bespreking is grotendeels gebaseerd op het Nederlandse voorbeeld SAWEC of "Simulatie en Analyse model van het Woninggebonden Energieverbruik en CO₂-emissies" (ECN, 2003).

9.1. Algemene en specifieke model-eisen

9.1.1. Algemene model-eisen

VMM-MIRA wenst te kunnen beschikken over een model waarmee zij de woninggebonden energievraag en de bijhorende emissies naar de omgevingslucht (waaronder de emissies van broeikasgassen) in Vlaanderen kan simuleren. Het model moet tevens de inzet van duurzame besparingsopties kunnen meenemen.

De simulatie van het toekomstige energieverbruik vormt het belangrijkste aandachtspunt. Een simulatie van het energieverbruik in een (gekend) basisjaar is noodzakelijk uit oogpunt van modelvalidatie en –calibratie. Een simulatie van de historische ontwikkeling zou eventueel inzicht kunnen verschaffen m.b.t. tot de effectiviteit van de in het verleden ingezette beleidsmaatregelen. Deze laatste optie laten we echter buiten beschouwing.

9.1.2. Modulaire aanpak en integratie "bottom-up" en "top-down"

We kunnen een simulatiemodel opdelen in verschillende componenten, zoals bijvoorbeeld:

- Een module met fysieke en economische (scenario)gegevens;
- Een module met (scenario-afhankelijke) beleidsmaatregelen;
- Een module met een beschrijving van de energiebesparingstechnieken;
- Een rekenmodule waarin men de ontwikkeling van het woninggebonden energieverbruik simuleert;
- Een rekenmodule waarin men de ontwikkeling van het energieverbruik voor huishoudelijke apparaten simuleert;
- Een analysemodule waarin men de resultaten van de modelruns analyseert en presenteert.

Door te kiezen voor een modulaire opbouw verkrijgen we een stricte scheiding tussen modelinvoer, de feitelijke rekenmodules en de modelresultaten (analyse).

We hebben – mede onder druk van beperkte tijd en middelen – gekozen voor een dubbele aanpak. Voor de rekenmodules waarin we het energiegebruik simuleren en waarin we de besparingsopties beschrijven gebruiken we een vrij gedetailleerde “bottom-up” analyse. Dat is het “SAVER”-gedeelte van ons model. Voor de analyse-module hanteren we een door ons aangepaste versie van een bestaande tool, met name “LEAP”. De resultaten van het “SAVER”-model zijn onder de vorm van spreadsheets in principe makkelijk te integreren in het “LEAP”-model. We besteden in dit rapport minder aandacht aan de formulering van concrete scenario’s, omdat de nadruk ligt op het ontwikkelen van een interactieve tool waarin de modelgebruiker snel de gevolgen van een eigenhandig geformuleerd scenario in de vorm van talrijke tabellen en grafieken kan overschouwen. Veronderstellingen i.v.m. mogelijke scenario’s komen de laatste hoofdstukken aan bod.

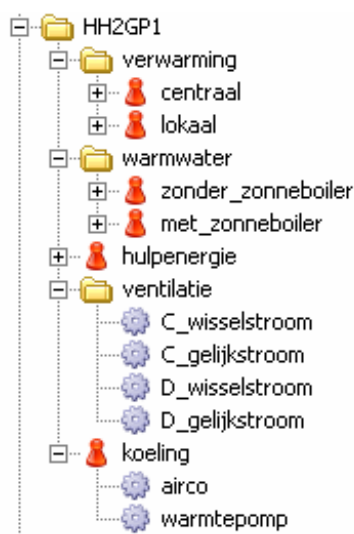
9.1.3. Woninggebonden versus apparaatgebonden energiegebruik

We maken in SAVER-LEAP huishoudens een expliciet onderscheid tussen het zogeheten *woninggebonden* energiegebruik en het *apparaatgebonden* energiegebruik.

We kunnen het woninggebonden energiegebruik onderverdelen naar een drietal energiefuncties:

- ruimteverwarming en ruimtekoeling (individuele of collectieve CV installatie, airco);
- bereiding van warm tapwater (geiser, boiler, combi);
- woonhuisventilatie (centrale en decentrale mechanische afzuiging).

Figuur 26: De woninggebonden energiefuncties in LEAP



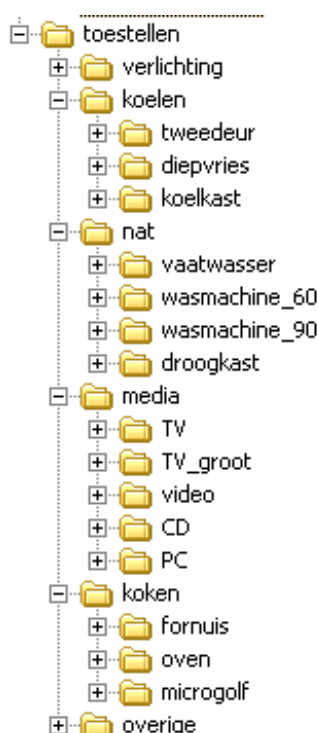
In LEAP weerhouden we vijf gebouwgebonden energiefuncties: 1) verwarming, 2) bereiding van warm tapwater, 3) hulpenergie, 4) ventilatie en 5) ruimtekoeling. We bespreken deze gedetailleerd in hoofdstuk 10.

Het apparaatgebonden energiegebruik omvat de volgende energiefuncties:

- reiniging (o.a. wasmachine, wasdroger, vaatwasser, stofzuiger);
- koelen van voedsel (koel- en vriesapparatuur);
- koken (fornuis, oven, afzuigkap, keukenapparatuur);
- verlichting (gloeilampen, halogeenlampen, TL-lampen, spaarlampen, LEDs);
- audio, video en telecommunicatie (TV, DVD-speler, computer, telefoon, GSM, ...);

- persoonlijke verzorging (waterbed, elektrische deken, haardroger, ...);
- overig (hobby, elektrisch tuingereedschap, vijverpomp, ...).

Figuur 27: *Apparaatgebonden energiegebruik in LEAP*



We bespreken het apparaatgebonden energiegebruik in LEAP in detail in hoofdstuk 11.

Men rekent traditioneel het energiegebruik voor verlichting niet tot het woninggebonden energiegebruik. Gebouweigenschappen zoals oppervlakte en oriëntatie van de ramen hebben in principe wel een (beperkte) invloed op de vraag naar verlichting. De invloed van toetreding van daglicht is voor woningen vrij beperkt omdat de verlichtingsvraag in woningen (in tegenstelling tot kantoren) voornamelijk optreedt wanneer er geen daglicht aanwezig is. De verlichtingsvraag van de huishoudens is bovendien sterk afhankelijk van leefstijl en gebruikersvoorkeuren.

Er is een zekere interactie tussen het woning- en (overig) apparaatgebonden energiegebruik. Een hoge interne warmtelast door de warmteproductie van verlichting en huishoudelijke apparatuur vermindert de warmtevraag voor ruimteverwarming⁹⁷. Een hogere gemiddelde temperatuur leidt dan weer tot een toename van het energiegebruik voor koel- en vriesapparatuur omdat deze hun warmte minder goed kwijt kunnen. Met name bij zeer goed geïsoleerde woningen (bijvoorbeeld passiehuizen) kan het effect van de interne warmtelasten op de warmtevraag een niet verwaarloosbare rol gaan spelen.

Het EPB-besluit houdt onrechtstreeks rekening met apparaatgebonden energiegebruik (waaronder verlichting), als forfaitaire waarde bij het bepalen van de interne warmtelasten.

Hens [1996] beperkt zich tot het modeleren van het energiegebruik in gebouwen voor *verwarming* en *warm water*, m.b.v. een model (VERBRUIK 2.0) dat een voorloper is van het EPB-pakket. Het model houdt wel rekening met vrije winsten door verlichting en 'huishouden'. Hens et al. [2001] vermelden naast het modeleren m.b.v. een zelfgeschreven softwarepakket (VerbCO2M) van de vraag naar verwarming en warm water ook de *vraag naar elektriciteit* per typewoning. Zowel de vraag naar warm water als naar elektriciteit zijn een functie van de

⁹⁷ De warmte in warm tapwater wordt relatief weinig benut in de woning, omdat warm water vaak weer snel wordt afgevoerd via de riool (bijvoorbeeld bij douchen).

vloeroppervlakte. Deze vergelijkingen zijn afkomstig van een statistische analyse (regressie) op gemeten data. Er is geen uitsplitsing van het elektriciteitsgebruik per energiefunctie of toestel. Hens et al. [1998, p. 28] melden dat “elektriciteit omvat vooral het huishoudelijk gebruik voor verlichting, apparatuur en toestellen en gebruik voor warm water bereiding.” Bij gebrek aan data veronderstelden de auteurs dat bij lokale verwarming al het warm water elektrisch wordt bereid, en bij centrale verwarming via een boiler, aangesloten op de ketel.” [id., p. 27]

STEM [1999] onderscheidde naast ruimteverwarming of algemener de energiefunctie “klimaatregeling”, nog zestien ‘andere’ energiefuncties, met name warmwaterbereiding op elektriciteit (1) of gas (2); voedselbereiding: elektrisch fornuis (3), gasfornuis (4), ‘overig koken’ (5) en keukenapparatuur (6); voedselkoeling: diepvries (7) en koelkast (8); reiniging: droogkast (9), wasmachine (10), vaatwasmachine (11) en overige reiniging (12); verlichting (13), audio- en videocommunicatie (14); en overige waaronder cv-pomp (15) en hobby (16). De studie vermeldde niet (mechanische) ventilatie.

Vito [2006a] maakt een onderscheid tussen enerzijds energiegebruik voor verwarming en “sanitair warm water” (SWW) en anderzijds energiegebruik voor elektrische toestellen, waaronder verlichting; huishoudelijke elektrische apparaten: koelkast, diepvriezer, vaatwasmachine, wasmachine, droogkast; koken en microgolf; pomp CV en “diverse” (waaronder airco, het stand-by gebruik van huishoudtoestellen, ...). De Vito (2003) studie i.v.m. fijn stof emissies houdt zich – gezien de opdracht – enkel bezig met “huishoudelijke verwarming”, zij het dat waarschijnlijk ook de bereiding van warm water aan bod komt (de studie is hier niet erg duidelijk over).

9.1.4. Direct versus indirecte emissies

De *directe* emissies (waaronder CO₂-emissies) van de sector huishoudens zijn hoofdzakelijk terug te voeren op de inzet van aardgas en van huisbrandolie (en in beperkte mate van LPG en biomassa) voor het woninggebonden energiegebruik. We bepalen de emissies t.g.v. het woninggebonden energiegebruik volledig in het LEAP-gedeelte van het SAVER-LEAP huishoudens model.

Het apparaatgebonden energiegebruik en een deel van het woninggebonden energiegebruik leidt tot *indirecte* emissies via de inzet van elektriciteit. Een beperkt deel van het apparaatgebonden energiegebruik veroorzaakt *directe* emissies, met name koken op gas en eventueel het gebruik van hot-fill apparaten of van gasgestookte wasdrogers. Bij het woninggebonden energiegebruik spelen indirecte emissies eveneens een rol, bijvoorbeeld de elektriciteit voor ventilatie en de cv-installatie een (beperkte) rol. Het EPB-besluit houdt hiermee rekening bij de berekening van het E-peil.

In het LEAP gedeelte van het SAVER-LEAP huishoudens model beperken we ons in eerste instantie tot de *directe* CO₂- en overige emissies, alhoewel het vrij eenvoudig is om achteraf het berekende elektriciteitsgebruik via omzettingfactoren om te zetten naar primair energiegebruik en de daarbij horende emissies⁹⁸.

9.1.5. Specifieke modeleisen en de effecten van leefstijl en gedrag

Het SAVER-LEAP huishoudens model moet zeker aan de volgende *specifieke* modeleisen voldoen:

- jaargangenaanpak voor zowel woningen en installaties, zodat de geleidelijke vervanging goed wordt gemodelleerd;
- onderverdeling naar verschillende typen woningen;
- expliciete weergave van energiebesparingstechnieken, met – in de mate van het mogelijke – een modellering van het marktaandeel van de besparingstechnieken;

⁹⁸ Het is ook mogelijk om met LEAP het energiesysteem van een hele regio te modeleren, inclusief de (centrale) opwekking en eventuele import van elektriciteit. In dat geval zit het mee in rekening brengen van de emissies van de energiesector ingebakken in het model van het totale energiesysteem.

- effecten van leefstijl en gedrag op het energiegebruik.

We bespreken punten twee en drie in de volgende hoofdstukken in meer detail. In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de jaargangenaanpak en op de effecten van gedrag op het energiegebruik.

9.1.5.1. Jaargangenaanpak

Praktisch alle voorgaande studies i.v.m. huishoudelijk energiegebruik passen de jaargangenaanpak of een variant hiervan toe.

Hens [1996] schat het energiegebruik voor 1980 en 1990, en maakt prognoses voor 2000 en 2010. Hens et al. [2001] gebruiken als referentiejaar 1990, en schatten het energiegebruik voor de jaren 2000, 2005, 2010 en 2015. STEM [1999] vertrekt van 1991, en berekent outputs voor 1995, 2000, 2005 en 2010. Vito [2006] gebruikt als referentiejaar 2000, en maakt prognoses voor 2002, 2004, 2006, 2008, 2010 en tot 2012 in het REF-scenario, en bijkomend 2015 en 2020 in het BAU-scenario.

De jaargangenaanpak in het SAVER-LEAP huishoudens model beperkt zich tot het LEAP- of "top-down"-gedeelte. In het SAVER of "bottom-up" gedeelte gaan we in detail na welke de besparingstechnieken en hun mogelijke effecten op het energiegebruik zijn. Op die manier kunnen we energie-intensiteiten berekenen (bijvoorbeeld haalbaar maximaal energiegebruik voor ruimteverwarming per type woning vanaf een bepaald jaar) die als input dienen voor LEAP. We gebruiken in LEAP het jaar 2005 als referentiejaar ("current accounts"). LEAP laat toe om voor elk toekomstig jaar de energiegebruiken te berekenen, tot willekeurig elk jaar.

9.1.5.2. Levensstijl en gedrag

Voorbeelden van mogelijke interacties tussen gedrag en energiegebruik zijn de relatie tussen ventilatiegedrag en stooktemperatuur (ramen openzetten in de winter), de gemiddelde leeftijd en stooktemperatuur (oudere mensen zetten doorgaans graag de verwarming een graadje hoger) of het type huishouden en bad- en douchegebruik (het gebruik van warm tapwater is sterker afhankelijk van het aantal personen in het huishouden dan voor verwarming).

Hens [1996] en Hens et al. [1998] houden niet *expliciet* rekening met levensstijl, maar ze laten (behalve voor flats) de stookseizoengemiddelde binnentemperatuur wel een waarde aannemen die een functie is van de gemiddelde U-waarde van de gebouwschil (U_m) en van het totale warmteverliezend oppervlak (A_T) van de typewoning. De beschouwde binnentemperatuur is een gemiddelde voor een volledig stookseizoen van de temperatuur in alle kamers binnen het verwarmde volume [Hens et al., 1998, p. 33].

STEM [1999] vermeldde *levensstijl* als een determinerende factor voor de evolutie van de energievraag. Levensstijl wordt in deze studie echter verengd tot een combinatie van penetratiegraad en gebruiksintensiteit. Deze laatste factor werd bovendien niet mee opgenomen, omdat gebrek aan data belette "*het theoretisch juistere concept volledig uit te werken*" [STEM, 1999, p. 19].

De Vito-studies [2003, 2006] houden bij ons weten niet expliciet rekening met levensstijl en gedrag.

Ten aanzien van de effecten van leefstijl en gedrag moeten we opmerken dat deze in de huidige versie van SAVER-LEAP huishouden grotendeels exogeen zijn gemodelleerd, omdat de empirische onderbouwing voor een endogene modellering nog ontbreekt. Er is op dit moment te weinig kennis om deze effecten kwantitatief (endogeen) in een model mee te nemen. Het SAVER-LEAP huishoudens model is zodanig opgezet dat we deze relaties in de toekomst exogeen in de berekeningen mee kunnen nemen. We maken wel dankbaar gebruik van de informatie over het "rebound effect" ons verstrekt door prof. Hens van de KU-Leuven als lid van het begeleidingscomité [Hens, 2007].

9.2. Het woningbestand in het model

We moeten bij de classificatie van het woningbestand rekening houden met het energiegebruik. Het energiegebruik van een woning is o.m. afhankelijk van de vorm en de grootte van de woning, de gemiddelde isolatiegraad van de woning, en de types installaties voor ruimteverwarming (en eventueel koeling), de productie van warmtapwater, en ventilatie. Het bouwjaar dient vaak – bij gebrek aan betere informatie – als maat voor de isolatiegraad van een woning.

We maken daarom voor de verklaring van de ontwikkeling van het (woninggebonden) energiegebruik een onderscheid de volgende vier karakteristieken:

- woningtype;
- bouwjaarklasse;
- type installaties.

We kunnen elk van deze karakteristieken weer onderverdelen in verschillende klassen. Enerzijds moeten we de opdeling zodanig gedetailleerd te maken dat relevante verschillen t.a.v. de evoluties van het energiegebruik worden meegenomen. Anderzijds moeten we het aantal klassen zoveel mogelijk beperken omdat anders het totaal aantal woningcategorieën zeer groot wordt.

We hebben een aantal mogelijke varianten voor de opdeling van het woningbestand onderzocht, om zo te komen tot een onderbouwde keuze die enerzijds zo compact mogelijk is maar tevens een goede karakterisering vormt van de energetische eigenschappen van het woningbestand. We gaan in het vervolg van dit hoofdstuk nader in op de keuze voor de opdeling van de verklarende factoren in een aantal onderscheidende klassen. Onze gedetailleerde reconstructie van de woningstock in Vlaanderen in het referentiejaar 2005 beschrijven we in een afzonderlijk hoofdstuk.

9.2.1. Onderscheid naar woningtype

Men maakt in diverse literatuur een onderscheid naar een aantal woningtypes.

Een onderscheid tussen verschillende woningtypes heeft enkel zin indien de verschillende woningtypes energetisch gezien significant van elkaar verschillen. Dergelijke verschillen kunnen optreden omdat bijvoorbeeld de verhouding tussen de oppervlakken van de bouwdelen (gevel, dak, raam, vloer) verschilt.

9.2.1.1. Bebouwingswijze

In de Belgische statistieken gebeurt het onderscheid op basis van louter morfologische kenmerken van de bebouwing. Een eerste onderscheid is dat tussen ééngezins- en meergezinswoningen (i.e. woningen die deel uitmaken van een gebouw dat meerdere woningen en dus ook gezinnen bevat). Een tweede onderscheid is dat volgens de aard van de bebouwing. Een ééngezinswoningen kan een *open*, *halfopen* of *gesloten* bebouwing zijn. Een meergezinswoning kan een appartement, een studio, een kamer of een loft zijn. Men gebruikt in de Belgische statistieken zelden of nooit deze gedetailleerde opdeling voor meergezinswoningen. We zullen daarom in de rest van dit rapport *appartement* (of soms *flat*) als synoniem van meergezinswoning gebruiken.

Hens (1996) hanteert voor de bebouwingswijze 4 waarden: *open*, *halfopen*, *gesloten*, en *flat*. Het grondvlak wordt in alle gevallen vierkant ondersteld, wat (naar eigen zeggen) een vertekening is van de werkelijkheid omdat grondplannen behoorlijk complex kunnen zijn. Hoe groter de afwijking van het vierkant, hoe slechter de compactheid. Naast een vloervlak en een dakvlak heeft een open bebouwing 4 gevelvlakken, een halfopen bebouwing 3 gevelvlakken, en een gesloten bebouwing 2 gevelvlakken. Hens hanteert voor “flats” de “meest negatieve hypothese”, met name 3 gevelvlakken als verliesvlak per flat, met daarenboven een dakvlak voor een flat onder het dak en een vloervlak voor een flat op het gelijkvloers.

STEM [1999] onderscheidt eveneens 4 bebouwingstypes: open, halfopen, gesloten, en appartement.

Vito [2003, 2006] hanteert de 4 klassieke bebouwingwijzen: open bebouwing, halfopen bebouwing, gesloten bebouwing en appartement.

In het EL²EP project onderscheiden de onderzoekers, naast de traditionele rijwoning ("terraced house"), halfopen bebouwing ("semi-detached house") en appartement, twee soorten open bebouwing ("detached house"): één met een eenvoudig vierkant grondplan en een zogenaamde architecturale woning ("architectural dwelling") met een gefragmenteerd grondplan. (Verbeeck, 2007) Hierbij dient opgemerkt dat het EL²EP project niet de bedoeling had heel de gebouwenstock in Vlaanderen te simuleren. Er zijn ons geen statistieken bekend waarin de open bebouwing in Vlaanderen wordt uitgesplitst naar eenvoudige en complexe grondplannen.

9.2.1.2. Verliesoppervlakte

Hens [1996] baseert zich voor de berekening van de verliesoppervlakte op de in de Belgische statistieken (volkstellingen) vermelde categorieën van de bewoonbare oppervlakte, die hij vervolgens verdeelt over een niet in de Belgische statistieken vermeld aantal verdiepingen. Hens opteert voor 5 oppervlaktecategorieën: (arbitrair) 37 m² voor woonoppervlakten kleiner dan of gelijk aan 44 m², het gemiddelde tussen de grenzen 45-64 m², 65-104 m², 105-124 m², en (arbitrair) 200 m² voor woonoppervlakten groter dan 125 m². Het beglazingspercentage is gebaseerd op een analyse van de verhouding glasoppervlakte tot schiloppervlakte bij 164 woningen en flats, en beraagt 6 % van de totale schiloppervlakte bij woningen, en 10 % bij flats. Omdat het aantal verdiepingen niet gekend is, gebruikte Hens de volgende veronderstellingen. Voor woningen met woonoppervlakten ≤44 m² en 45 tot 64 m² is gerekend met 1 verdieping. Bij 65 tot 104 m² is de woonoppervlakte uitgesmeerd over 1 of 2 verdiepingen. Tussen 105 en 124 m² en bij meer dan 125 m² is ze verdeeld over 1, 2 of 3 verdiepingen. Bij flats is per definitie gerekend met 3, 4 of 5 verdiepingen, waarbij elke verdieping twee flats bevat. Bij woningen veronderstelt Hens dat elk aantal verdiepingen even waarschijnlijk is. Bij flats is de veronderstelling dat 20 % bestaat uit 3 verdiepingen, 30 % uit 4 verdiepingen en 50 % uit 5 verdiepingen. Dit zou rekening houden met het feit dat in steden meer middelhoge dan lage flatgebouwen voorkomen.

STEM [1999] onderscheidde 5 oppervlakteklassen: < 44 m², 45-64 m², 65-104 m², en > 125 m². Deze studie maakt gebruik van een "compactheidssimulator" om de verliesoppervlakte te berekenen. De "compactheidsheidssimulator" berekent voor elke typewoning een gemiddelde compactheidsgraad, op basis van de oppervlakteklasse en de bebouwingwijze. Het beschermd volume berekenen de auteurs op basis van de oppervlakteklasse. De verliesoppervlakte is dan gelijk aan het beschermd volume gedeeld door de compactheidsgraad. De precieze werking van de "compactheidssimulator" is niet erg duidelijk.

De verliesoppervlakte is in de Vito [2003] studie een functie van bebouwingwijze en van ouderdomsklasse. Het is niet heel duidelijk hoe Vito tewerk is gegaan. Een tabel geeft per typewoning de compactheid [m], het (beschermd) volume [m³], de (totale verlies)oppervlakte [m²], de grondvlak = dakoppervlakte [m²], de gemiddelde hoogte, de raamoppervlakte [m³] en de muuroppervlakte [m³].

Tabel 57: Verliesoppervlakten in de Vito [2003] studie

		C [m]	BV [m ³]	A _T [m ²]	Grondvlak [m ²]	Hoogte [m]	Raam [m ²]	Gevel [m ²]
<1945	Open	1,25	361	289	60	3	29	140
	Halfopen	1,52	329	216	55	3	17	89
	Gesloten	1,73	283	163	47	3	10	59
	Appartement	3,00	162	54	12	3	7	31
1946-70	Open	1,25	505	404	84	3	40	195
	Halfopen	1,52	460	303	77	3	24	125
	Gesloten	1,73	396	229	66	3	14	83
	Appartement	3,00	226	75	16	3	10	43
1971-90	Open	1,25	578	462	96	3	46	223
	Halfopen	1,52	526	346	88	3	28	143
	Gesloten	1,73	452	261	75	3	16	95
	Appartement	3,00	258	86	18	3	12	49
>1990	Open	1,25	722	578	120	3	58	337
	Halfopen	1,52	657	432	110	3	35	213
	Gesloten	1,73	565	327	94	3	20	138
	Appartement	3,00	323	108	23	3	15	62

C = compactheidsgraad; BV = beschermd volume; A_T = totale warmteverliesoppervlakte

Bron: Vito [2003]

Twee zaken vallen op in de Vito studie: het gemiddeld verliesoppervlak schijnt een soort functie te zijn van de ouderdom, en het gemiddeld grondvlak van (oudere) appartementen is toch wel erg klein.

9.2.1.3. Bouwmethode (constructietype)

De bouwmethode (of constructietype) kan een grote invloed hebben op het energiegebruik.

Voorbeelden van bouwmethoden (constructietypes) zijn traditionele bouw, prefab bouw, logbouw (op elkaar stapelen van houten balken of houtstapelbouw), houtskeletbouw (HSB), staalskeletbouw en gietbouw. Het is mogelijk verschillende typen door en naast elkaar te gebruiken, maar meestal kiest men voor één basisbouwmethode. Het bouwsysteem heeft vooral betrekking op de draagconstructie (het casco). Verschillende systemen kunnen hierdoor toch een zelfde afwerking of 'buitenschil' hebben (bijvoorbeeld HSB met bakstenen gevel).

Voorgaande studies verwijzen zelden of nooit *rechtstreeks* naar de bouwmethode. Dit zal ongetwijfeld veel te maken hebben met het feit dat hierover nauwelijks of geen statistieken worden bijgehouden. Een andere mogelijke reden is dat voor woningen traditionele bouw nog altijd de dominante bouwmethode is in Vlaanderen. (zie ook verder het EL²EP project) Bij het simuleren van het energiegebruik van een typewoning kan de modelbouwer mogelijk wel *onrechtstreeks* rekening houden met de bouwmethode, indien hij of zij bepaalde veronderstellingen maakt rond de thermische capaciteit.

Hens [1996] en Hens et al. [2001] verwijzen niet expliciet naar bouwmethode of constructietype, alhoewel thermische capaciteit zonder enige twijfel is opgenomen in hun simulatiemodellen. Het is alleen niet erg duidelijk welke assumpties ze hebben aangenomen rond thermische capaciteit.

STEM [1999] houdt geen rekening met bouwmethode. De auteurs berekenen bovendien niet expliciet de zonnwinsten en de interne warmtewinsten. Ze hanteren een graaddagen methode.

De Vito [2003, 2006] studies verwijzen evenmin uitdrukkelijk naar bouwmethode. Het is niet erg duidelijk welk simulatiemodel ze gebruiken, voor zover er sprake is van een simulatiemodel.

De onderzoekers van het EL²EP project hielden per typewoning wel rekening met 3 verschillende soorten constructietypes, met name: spouwmuur en massieve binnenmuren en vloeren, bakstenen gevel met externe isolatie en massieve binnenmuren en vloeren, en houtskeletbouw [Verbeeck, 2007] Dit onderscheid vertaalt zich naar verschillende aannamen wat betreft de thermische capaciteit van de typewoningen. De thermische capaciteit werd echter verwijderd als optimalisatievariabele, omdat hun optimalisatieproces te vaak voor HBS koos, en “ ... *in Belgium, where the majority of the dwellings is built with cavity walls and brick production forms an essential part of the industrial activity, it is highly unrealistic and from the point of view of the building sector not opportune, to promote a total shift of the building sector towards only wood frame constructions.*” (Verbeeck, 2007, p. 170). De oplossing bestond erin om voor de drie verschillende constructietypes het optimalisatieproces afzonderlijk te laten verlopen, en de drie constructietypes dan met elkaar te vergelijken.

9.2.2. Onderscheid naar bouwjaarklasse

We moeten bij voorkeur het onderscheid naar bouwjaarklasse zo kiezen dat het in voldoende mate de in de tijd optredende verschillen in energetische kwaliteit (al dan niet t.g.v. bewust toegepaste energiebesparingsmaatregelen) verklaart. Het lijkt bijvoorbeeld relevant om een onderscheid te maken naar de periode waarin men woningen bouwde met een massieve muur en de periode waarin men vrijwel alle woningen voorzag van een niet-geïsoleerde spouw. Men kan immers bij woningen met een niet-geïsoleerde spouw achteraf spouwmuurisolatie toepassen, terwijl men woningen met een massieve muur enkel tegen veel hoger kosten kan isoleren via binnen- of buitenmuurisolatie. De scheiding tussen deze twee typen bouwwijze moet in Vlaanderen ergens rond de tweede wereldoorlog liggen. Een tweede factor is de oliecrisis begin jaren '70 van de vorige eeuw, waarna gezinnen meer aandacht besteedden aan het isoleren van hun woningen. Een derde factor die we als mogelijke scheidslijn kunnen gebruiken betreft de invoering van eisen ten aanzien minimale isolatie van gebouwschil van de woning. Voor Vlaanderen ligt deze scheidslijn begin jaren '90 van de vorige eeuw (isolatiedecreet).

In de praktijk zal het onderscheid naar bouwjaarklasse vooral aansluiten bij de beschikbare statistieken.

Hens [1996] hanteert voor de ouderdom 7 waarden: voor 1945, 1946-1970, 1971-1980, 1981-1993, na 1993 (K55) en na 2000. Hens benadrukt dat de thermische kwaliteit en het ventilatievoud van wooneenheid tot wooneenheid verschillen, en dat de samenhang met de ouderdom veel toevalliger is dan in zijn model aangenomen.

Vito [2003] onderscheidt de volgende 4 ouderdomsklassen: < 1945, 1946-1970; 1971-1990 en > 1991.

STEM [1999] onderscheidt eveneens 4 ouderdomsklassen: voor 1945, 1946-1970, 1971-1980 en 1981-1990.

9.2.3. Onderscheid naar type installaties

Het is voor de verklaring van de ontwikkeling van het energiegebruik noodzakelijk om een onderscheid te maken naar de wijze waarop men in de woningen de warmte (of koude) voor ruimteverwarming (of –koeling) opwekt, hoe men warmtapwater produceert, en hoe men de woning ventileert.

Aan de wijze van verwarmen (of koelen), productie van warmtapwater en ventilatie is niet alleen een installatie maar ook een energiedrager gekoppeld. Relevant zijn verder het rendement en de manier van werken van de installatie(s).

9.3. Gebouwbonden energiebesparingsopties in het model

We gaan in dit hoofdstuk dieper in op de mogelijke gebouwbonden besparingsopties die we in het model kunnen of moeten opnemen. We geven eerst een beschrijving van deze

opties, en gaan vervolgens in op de wijze waarop men de onderscheiden opties in een model kan karakteriseren.

9.3.1. Beschrijving van de besparingsopties

We kunnen de besparingsopties onderverdelen naar de aard, dat wil zeggen enerzijds opties gericht op beperking van de energievraag en anderzijds opties gericht op het efficiënt opwekken van de energievraag. We kunnen ze ook verdelen naar de energiefunctie waar de optie op aangrijpt. We geven in de volgende paragrafen kort een beschrijving van de opdeling.

9.3.1.1. *Opties voor de beperking van de energievraag voor ruimteverwarming*

We maken vooreerst een onderscheid naar muurisolatie (massieve muur en spouwmuur), dakisolatie (plat dak en hellend dak), vloerisolatie, raamisolatie (beglazing en/of kozijn), isolatiegraad buitendeur en overige besparingsopties. We bepalen voor elk van de afzonderlijke typen vraagreductieopties welke kwaliteit in het verleden is toegepast, en hoe men deze in de toekomst kan toepassen in een bepaald segment van het woningbestand.

We maken bij muurisolatie een onderscheid naar isolatie van massieve muren en muren met een spouw. Men kan massieve muren enkel isoleren door het aanbrengen van binnen- of buitenmuurisolatie. Men kan bij muren met een spouw zowel kiezen voor spouwmuurisolatie als voor binnen- of buitenmuurisolatie. De kosten voor buitenmuurisolatie zijn beduidend hoger dan voor spouwmuurisolatie.

Wat betreft houtskeletbouw (HSB) hebben we zeer weinig zicht op de bestaande toestand. We veronderstellen dat het aantal HSB woningen in 2005 in Vlaanderen nog zeer beperkt was. Normaliter zal men bij HSB *altijd* muurisolatie toepassen.

We maken tevens een onderscheid tussen isolatie van een plat dak en isolatie van een hellend dak. De belangrijkste overwegingen hiervoor zijn het verschil in technische levensduur en een verschil in investeringskosten. Men moet een plat dak, en dus ook de aanwezige isolatie, gemiddeld circa elke 25 jaar vervangen. We veronderstellen dat de eventueel aanwezige isolatie in een hellend dak 'permanent' is.

We beschouwen niet enkel opties die betrekking hebben op de isolatie van de gebouwschil, maar ook een aantal opties die eveneens een effect hebben op de thermische warmtevraag. We nemen aan dat een nieuwbouwwoning standaard is voorzien van mechanische afzuiging (ventilatiesysteem C of D). Ten opzichte van een referentiewoning met mechanische ventilatie kan men energie besparen door het toepassen van warmteterugwinning (enkel in het geval van gebalanceerde ventilatie) en/of het installeren van energiezuinige (gelijkstroom) ventilatoren. Men kan in principe dezelfde besparingsopties toegepasten in de bestaande bouw. We nemen aan dat indien in een bestaande woning geen ventilatiesysteem aanwezig is, men dit alleen kan aanbrengen bij grondige renovatie van de woning.

9.3.1.2. *Opties i.v.m. installaties voor ruimteverwarming*

We onderscheiden naast de opties die leiden tot een vermindering van de warmtevraag voor ruimteverwarming (netto energiebehoefte) een aantal opties die leiden tot een vermindering van de finale energievraag voor ruimteverwarming doordat zij de benodigde hoeveelheid warmte met een hogere efficiëntie opwekken (hoger opwekkingsrendement).

We houden tevens rekening met opties die het systeemrendement verbeteren (bruto energiebehoefte). Het toepassen van een aantal aanbodopties zoals warmtepompen of microwarmtekracht is nauwelijks mogelijk zonder lage temperatuur verwarmingssystemen (LTV) die werken met een lager dan gebruikelijke watertemperatuur. Voor condenserende ketels geldt dat men deze zowel in combinatie met een LTV-systeem als zonder kan toepassen.

We zouden naast de aanbodopties gericht op het opwekken van de vraag naar ruimteverwarming tevens in dit deel de PV-systemen (voor ruimteverwarming) kunnen opnemen. We kunnen hierbij uitgaan van een aantal verschillende systeemgrootten. Men kan op termijn bij nieuwbouwwoningen grotere (dakgeïntegreerde) systemen plaatsen dan op bestaande woningen.

9.3.1.3. Aanbod en vraagreductie opties voor warm tapwater

De aanbodopties voor ruimteverwarming en de energie-infrastructuur bepalen in grote mate het type toestel en de besparingsmogelijkheden i.v.m. de productie van warm tapwater. Woningen met een individuele centrale verwarmingsinstallatie (ICV) zijn vaak voorzien van een combi-toestel. De productie van warm tapwater kan ook plaatsvinden via een apart tapwatertoestel.

Men kan voor een aantal opties, binnen de gestelde randvoorwaarden, een keuze maken tussen meer en minder efficiënte systemen. Men kan bijvoorbeeld specifiek kiezen voor condenserende combi-ketels met een hoger rendement voor de bereiding van warm tapwater. We veronderstellen dat combi-toestellen uit het verleden een lager rendement hebben voor de bereiding van warm tapwater in vergelijking met de toestellen die momenteel op de markt zijn. We maken m.b.t. gasgeisers en elektrische boilers eveneens een onderscheid tussen meer en minder efficiënte toestellen.

We beschouwen zonneboilers niet afzonderlijk maar in combinatie met een tapwatertoestel. Tapwatersystemen met en zonder zonneboiler concurreren met elkaar.

We nemen naast aanbodopties voor de bereiding van warm tapwater tevens een aantal vraagreducerende opties voor tapwater op, zoals de waterbesparende douchekop, tapwaterbegrenzers, het aanbrengen van een warmtewisselaar tussen het aanvoer en retourwater van het douchen en het beperken van leidingverliezen.

9.3.2. Karakterisering van de gebouwgebonden besparingsopties

We kunnen een onderscheid maken naargelang de energiefunctie waarop de energiebesparingsoptie betrekking heeft: ruimteverwarming, productie van warm tapwater of ventilatie.

9.3.2.1. Algemene kenmerken van besparingsopties

Een aantal kenmerken karakteriseren de besparingsopties. De volgende kenmerken gelden volgens het Nederlandse SAWEC model (ECN, 2003) voor *alle* besparingsopties.

Een eerste algemeen kenmerk is het toepassingsgebied waarop de optie betrekking heeft (bijvoorbeeld hellend dak, spouwmuur, raam, ...). Een tweede kenmerk laat toe een onderscheid te maken tussen de energetische kwaliteit van de besparingstechnieken, bijvoorbeeld de R_c -waarde voor vloeren of de U-waarden voor daken, muren of ramen. Een derde kenmerk geeft aan in welk segment men de optie kan toepassen, bijvoorbeeld enkel nieuwbouw, renovatie, bestaande bouw, woningen met lokale verwarming, enz... Een volgend kenmerk geeft aan of de optie de referentietechniek betreft voor een bepaald segment. Zo is bijvoorbeeld beglazing met een U-waarde van $5,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ de referentietechniek voor bestaande bouw. Het laatste algemene kenmerk geeft de "eenheid" waaraan besparingen zijn gerelateerd, bijvoorbeeld per m^2 , per woning, enz.

De volgende kenmerken zijn van belang in het kader van de "jaargangenaanpak". Het introductiejaar geeft aan in welk jaar de optie op de markt komt. Het kenmerk "technische levensduur" geeft aan na hoeveel jaar men de optie moet vervangen. Het "jaar einde" geeft aan wanneer de optie niet meer (op de markt) beschikbaar is voor toepassing.

Een aantal algemene kenmerken hebben betrekking op de (eventuele) bedrijfseconomische evaluatie van de energiebesparingsopties. Het betreft de investeringskosten en de jaarlijkse kosten voor werking en/of onderhoud van de optie.

Men kan hierbij eventueel rekening houden met het dalen van de investeringskosten over de tijd heen, bijvoorbeeld via een coëfficiënt die een maat is voor de snelheid waarmee de investeringskosten van de optie dalen. Zo kan men bijvoorbeeld uitgaan van een (constante) relatieve kostendaling bij elke verdubbeling van de totale productie van de nieuwe techniek, gegeven door de vergelijking $C_{CUM} = C_0 \times CUM^b$, met C_{CUM} is de kosten per eenheid als functie van het aantal geproduceerde systemen, C_0 de kosten voor de eerste geproduceerde eenheid, CUM de cumulatieve periode en b de "experience index". De 'experience index' b is dan een maat voor de relatieve kostendaling bij elke verdubbeling van de cumulatieve productie. In het SAVER-LEAP huishoudens model laten we dergelijke overwegingen (voorlopig) buiten beschouwing. LEAP is immers geen kostenoptimalisatiemodel.

9.3.2.2. Kenmerken van besparingsopties i.v.m. de vraag naar ruimteverwarming (netto energiebehoefte) en (mechanische) ventilatie

Een aantal kenmerken zijn specifiek voor de energievraagbeperkende opties voor de energiefunctie ruimteverwarming en (mechanische) ventilatie.

Het kenmerk "energiebesparing" geeft aan hoeveel energie men met de optie kan besparen op de oorspronkelijke energievraag voor ruimteverwarming en/of ventilatie. Deze besparing [in % per woning of in GJ_{th} per woning] is afhankelijk van het woningtype omdat het relatieve aandeel van de verschillende delen van de gebouwschil (gevel, dak, vloer, glas) afhankelijk is van het woningtype. Het kenmerk "energietoename" beschrijft het additioneel energiegebruik van de optie, bijvoorbeeld het elektriciteitsgebruik van ventilatoren bij gebalanceerde mechanische ventilatie.

De periode waarbinnen de bewoners een investeringsafweging maken heeft rechtstreeks invloed op het besparingspotentieel binnen de jaargangenaanpak. De tijdsduur van de vervangingsbeslissing is normaliter gelijk aan de technische levensduur van de optie. Het is echter ook mogelijk om een optie te vervangen voor de technische levensduur is verstreken. Voor een aantal opties, zoals het ontbreken van isolatie in de gebouwschil, is het niet mogelijk een technische levensduur aan te wijzen.

We kunnen eventueel zoals in SAWEC het effect van de toenemende inspanning die vereist is voor het isoleren van dat deel van de woningvoorraad dat *gedeeltelijk* is geïsoleerd simuleren via een techniek afhankelijke beperkingsfactor. (ECN, 2003, p. 31) Dergelijke beperkingsfactor heeft uitsluitend betrekking op de isolatie van de gebouwschil, zoals muur-, dak-, vloer- en raamisolatie. De snelheid waarmee de isolatiegraad toeneemt is niet enkel afhankelijk van de omvang van het nog te isoleren oppervlak maar ook van factoren zoals bijvoorbeeld de toegankelijkheid van het oppervlak. Zo zal de inspanning om de muurisolatie van een woning te verbeteren veel groter zijn voor een woning met gedeeltelijke muurisolatie (b.v. gedeeltelijk gevulde spouwmuur) dan voor een totaal niet-geïsoleerde woning. Men zal doorgaans eerst de meest rendabele of de meest toegankelijke oppervlakken isoleren, waarbij men bepaalde moeilijk toegankelijke bouwdelen of bouwdelen waarbij na-isolatie beduidend minder rendabel is mogelijk niet zal aanpakken.

9.3.2.3. Kenmerken van energie-aanbodopties

De kenmerken van de energie-aanbodopties voor de energiefunctie ruimteverwarming en de bereiding van warm tapwater hebben vooral betrekking op het totaal rendement of seizoensrendement [%] van de installaties, bijvoorbeeld van de cv-ketel of de gaskachel. Een ander kenmerk beschrijft het hulpenergiegebruik van de optie, bijvoorbeeld het elektriciteitsgebruik voor de circulatiepomp en de ventilator van de cv-installatie.

Een kenmerk dat enkel van toepassing is bij tapwatertoestellen beschrijft de besparing [% per woning] op de bruto vraag naar warm tapwater. De netto vraag naar warm tapwater is afhankelijk van het de capaciteit van het tapwatertoestel (debiet) en de aard van het toestel (voorraadtoestel of doorstroomtoestel).

Een laatste kenmerk heeft betrekking op de totale elektriciteitsproductie (jaarlijkse opbrengst) van pv-panelen.

9.4. Marktpenetratie van de besparingsopties

De snelheid waarmee een bepaalde besparingsoptie een bepaald marktaandeel verkrijgt is o.m. afhankelijk van de rentabiliteit van de maatregel, de rentabiliteit van eventuele concurrerende besparingsopties, en het aantal concurrerende besparingsopties. (ECN, 2003, p. 33)

9.4.1. Gedragmatige versus technische maatregelen

We moeten vooreerst een onderscheid maken tussen gedragmatige en technische maatregelen.

- *Gedragmatige maatregelen* zoals het niet verwarmen van bepaalde ruimten of het lager zetten van de thermostaat of het wassen bij lagere temperaturen, vereisen geen extra investeringen. Hun toepassing is doorgaans niet aan grote (technische) belemmeringen onderworpen. Het nadeel van dergelijke maatregelen is dat men ze ook eenvoudig ongedaan kan maken.
- *Technische besparingsmaatregelen* zoals bouwkundige maatregelen (bijvoorbeeld isolatie van de gebouwschil) of kiezen voor energiezuinige installaties of toestellen vereisen meestal wel extra investeringskosten. Dergelijke maatregelen zijn normaliter tijdens hun technische levensduur niet omkeerbaar.

We bespreken in de volgende paragrafen de vervangings- en renovatiemechanismen en de invloed van de energieprijzen op de kosten/baten verhouding van een besparingsoptie.

9.4.2. Vervanging, renovatie, nieuwbouw

We moeten om de toename van de penetratie van een besparingsoptie te bepalen een onderscheid maken tussen enerzijds de vervanging van een al aanwezige optie (bijvoorbeeld omdat de betreffende optie aan het einde van zijn technische levensduur is gekomen); en anderzijds het toepassen van een nieuwe besparingsoptie in een situatie waar nog geen maatregel is getroffen. We kunnen in een jaargangenaanpak bepalen wanneer men welk deel moet vervangen, omdat we precies bijhouden welke voorzieningen, installaties, apparaten of toestellen zijn geplaatst in een bepaalde periode, en wat hun gemiddelde levensduur is.

Alle maatregelen kunnen bijgevolg voorkomen via drie mechanismen (ECN, 2003, p. 46):

- via reguliere vervanging bij opties met een beperkte levensduur;
- via renovatie. Het betreft meer ingrijpende maatregelen die regulier niet eenvoudig in de bestaande bouw inpasbaar zijn;
- via de toepassing tijdens de bouw van een woning (een nieuwbouwwoning valt na oplevering onder 'bestaande bouw').

Dit heeft een effect op de toepassingsmogelijkheden alsmede op de kosten van de besparingsopties.

9.4.2.1. Vervangingsmechanisme

De toename van efficiënte apparatuur door de vervanging van bestaande (afgeschreven) installaties speelt een rol bij opties waarbij de som van alle concurrerende technieken per definitie gelijk is aan 100 %, zoals bij systemen voor ruimteverwarming of voor de bereiding van warm tapwater. Praktisch alle woningen zijn immers voorzien van ruimteverwarming of warm tapwater. Sommige woningen zijn voor de bereiding van warm tapwater voorzien van twee aanbodsysteem, bijvoorbeeld een afzonderlijke keukengeiser en bad/douche-geiser. (ECN, 2003, p. 47)

Men vervangt in de bestaande bouw oude ketels door nieuwe ketels in een verhouding die gelijk is die van de nieuw geplaatste ketels in het voorgaande zichtjaar. De vervanging van oude ketels door modernere doet de gemiddelde ketefficiëntie enige tijd toenemen totdat alle oude ketels vervangen zijn. Na een aantal zichtperiodes is het feitelijk gemiddelde van het ketelpark gelijk aan de opbouw van de ketels zoals deze nieuw geplaatst worden. De opbouw van het ketelpark wijzigt dan enkel nog doordat er nieuwe ketels bijkomen via nieuwbouw. (ECN, 2003, p. 47)

De kwaliteitsverbetering door de vervanging van reeds aanwezige opties speelt geen rol bij opties met (nagenoeg) permanente levensduur, zoals bij de meeste isolatiemaatregelen. Een mogelijke uitzondering zijn bijvoorbeeld platte daken, en eventueel vensters.

9.4.2.2. *Renovatie-mechanisme*

We illustreren het renovatie-mechanisme aan de hand van de optie “mechanische ventilatie”. Indien centrale mechanische ventilatie reeds in de bestaande bouw aanwezig is, dan zal men deze op het einde van de levensduur vervangen, waarbij men kan kiezen uit meerdere typen met verschillende kwaliteiten. Indien in de bestaande bouw geen centrale mechanische ventilatie aanwezig is, dan zal men dergelijke ventilatie normaliter niet installeren, omdat dit ingrijpende en derhalve kostbare veranderingen aan de woning met zich meebrengt, tenzij men in het kader van een woningverbetering (renovatie) toch besluit de woning van deze techniek te voorzien.

Het renovatie-mechanisme laat tevens toe om de “overstap” tussen verschillende clusters van technologieën die elkaar enkel onderling beconcurreren te sturen. Conventionele en efficiënte gaskachels concurreren onderling, maar niet met individuele centrale verwarming. Het is echter niet uit te sluiten dat de bewoners bij renovatie overstappen van lokale naar centrale verwarming. (ECN, 2003, p. 47)

We modelleren in ‘SAVER-LEAP huishoudens’ dergelijke renovatie-processen niet via een kosten/baten analyse. Deze processen worden via scenario’s exogeen aangestuurd, waarbij een scenario bijvoorbeeld bepaalt hoeveel woningen overgaan van lokale verwarming (lv) naar centrale verwarming (cv).

9.4.3. *Energieprijzen*

De (gemiddelde) energieprijs (voor de eindgebruiker) heeft een sterke invloed op de kosten/baten verhouding van een besparingsoptie.

We gebruiken normaliter zogeheten constante prijzen, zowel voor de energieprijzen als voor de kosten van de besparingsmaatregelen⁹⁹.

De historische energieprijzen liggen evident vast. De ontwikkeling van de toekomstige energieprijzen is afhankelijk van een veelheid van factoren zoals de ontwikkeling van de mondiale olieprijs maar met name ook de hoogte van allerlei taksen waaronder energieheffingen. (ECN, 2003, p. 49)

Men kan door middel van het doorrekenen van verschillende (energieprijs)scenario's het effect van de onzekerheid in energieprijzen op de ontwikkeling van het energiegebruik en de hieraan gekoppelde emissies meenemen.

⁹⁹ Het verschil tussen zogeheten constante en lopende prijzen is dat de constante prijzen via een inflatiecorrectie teruggerekend zijn naar een bepaald basisjaar, zodat de energieprijzen over een bepaalde periode met elkaar vergelijkbaar zijn.

9.5. Besparingsmaatregelen in voorgaande studies

9.5.1. Hens et al.

Hens [1996] en Hens et al. [2001] baseren hun scenario's op drie uitgangspunten: de evolutie van het aantal huishoudens (en dus het aantal benodigde woningen); de verdeling van de vernieuwing van het aanbod over vervangingsbouw, uitbreidingsbouw (= nieuwbouw zonder voorafgaande sloop) en verbouwing (= functionele en bouwtechnische opwaardering van bestaande gebouwen); en energiebeleid in termen van bouwnormen, o.m. het opleggen van een K-peil en van maximale warmtedoorgangscoefficienten voor de verschillende bouwdeelen. Het betreft bijgevolg zuivere "What if ?" scenario's. Ze gebruiken geen "bottom-up engineering" model zoals MARKAL, waarin men streeft naar kostenoptimalisatie gegeven een aantal beperkende nevenvoorwaarden, bijvoorbeeld wat betreft energiegebruik en/of emissies. Dit houdt tevens in dat ze niet expliciet rekening houden met de mogelijke invloed van de evolutie van de energieprijzen.

Het is niet helemaal duidelijk in hoeverre de scenario's rekening houden met het aanbod van efficiëntere verwarmingstechnologieën in de toekomst. Hens et al. [1998] gaan wel dieper in op warmtepompen en condensatieketels, maar "*Een raming van wat het effect zou kunnen zijn op het energiegebruik in de residentiële sector tussen 2000 en 2015 is niet gebeurd*". [id., p. 39]

9.5.2. STEM

STEM [1999] identificeert drie determinerende factoren die de evolutie van de energievraag bepalen: *demografische ontwikkelingen, levensstijl en apparatuur en efficiëntie ervan die de gewenste functie tot stand brengt*. De auteurs gebruiken een verschillende methode naargelang het ruimteverwarming of de 16 andere energiefuncties betreft. Voor ruimteverwarming houdt de studie rekening met 3 mogelijke veranderingen: uitbreidingsbouwactiviteiten, vervangings- en renovatiebeslissingen en aankoop van nieuwe en efficiëntere verwarmingssystemen. Voor de overige energiefuncties definieert de studie per toestel een minimum energiegebruik (efficiëntste toestel) een een diffusie-snelheid, waarbij men een logistische curve veronderstelt voor het diffusiepatroon van de nieuwe techniek.

Om de penetratie van efficiëntere verwarmingstechnologieën te bepalen baseert STEM zich op een idee van Nyboer. De gezinnen zouden om de 20 jaar (de veronderstelde levensduur) hun verwarmingsketel vervangen. Op basis van de kapitaalkosten, de onderhouds- en werkingskosten, de eventuele subsidies van de overheid, de energiekosten en een "gedragsbarrièrekost" berekent men voor elke verwarmingstechnologie de "life cycle cost" of LCC. Met behulp van de LCC en een "kostenvariantie-parameter" kan men dan het marktaandeel van elke nieuwe technologie determineren. "De kostenvariantie-parameter geeft aan hoe sterk het verschil in life cycle cost weerspiegeld wordt in het relatieve marktaandeel. Een hogere waarde voor deze factor heeft tot gevolg dat kleine verschillen in de life cycle cost aanleiding geven tot grote verschillen in marktaandeel." [STEM, 1999, p. 17]

9.5.3. Vito

Vito [2006] onderscheidt een REF en een BAU scenario. Er zijn drie soorten prognoses: voor verwarming en sanitair warm water (SWW) in nieuwbouwwoningen, voor verwarming en SWW in het bestaande woningpark, en voor energiegebruik t.g.v. elektrische toestellen (inclusief verlichting en airco).

Vito schat het energiegebruik voor verwarming en SWW in nieuwbouwwoningen in op basis van drie elementen: het aantal nieuwbouwwoningen, het E-peil van eengezins-woningen en appartementen bij nieuwbouw, en de brandstoffenmix van nieuwbouwwoningen op basis van eigen berekeningen. In het REF scenario gebruikt Vito een "gemiddeld E-peil" voor nieuwbouwwoningen die voldoen aan de K55-norm en beschikken over een standaard verwarmingsinstallatie op stookolie of aardgas. In het BAU scenario is het E-peil voor nieuwbouwwoningen gelijk aan 100 verondersteld.

Wat betreft energiegebruik in bestaande woningen veronderstelt Vito in het REF scenario dat de gezinnen geen extra energiebesparende maatregelen (zoals extra dakisolatie, vervanging van enkel glas door HR-glas, enz.) uitvoeren. In het BAU scenario vertrekt men van het energiegebruik in het REF scenario, en trekt met een bepaald percentage van het energiegebruik in het REF scenario af.

In het REF scenario gebruikt Vito een gemiddeld groeipercentage van het elektriciteitsgebruik, zoals opgenomen in de energiebalans Vlaanderen. De gevolgde methode in het BAU scenario is niet erg duidelijk.

In de Vito [2003] studie over fijn stof emissies vertrekt men – voor de 16 typewoningen op basis van woningtype en bouwjaarclasse – van gemiddelde warmteverliezen in de historische toestand. Voor elke typewoning en voor 18 maatregelen (o.m. isolatie van dak, gevels, vloeren en beglazing, zonneboilers, nachtverlaging, spaardouchekoppen en doorstroombegrenzers) kent men de energiebesparing of vermindering van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming (en warmwaterbereiding) [in GJ per jaar] per maatregel. De berekeningswijze is gebaseerd op Desmedt et al. [2000]. Het nadeel van deze methode is dat men eventuele syn- of anergieën tussen verschillende maatregelen niet in rekening kan brengen.

Voor besparingen op het finaal energiegebruik voor ruimteverwarming vertrekt de Vito van de installatierendementen van ketels en kachels in historische toestand, en berekent men de besparingen die men kan realiseren door installaties met een hoger rendement te installeren. Het installatierendement is een combinatie van productierendement, regelingsrendement, afgifterendement en eventueel distributierendement (bij centrale verwarming). Het is wel eigenaardig dat Vito maatregelen zoals isolatie van distributieleidingen in onverwarmde ruimten en goede afstelling en onderhoud van de ketels beschouwt als maatregelen die de *netto* energiebehoefte voor ruimteverwarming zouden beïnvloeden.

9.5.4. Het EL²EP project

De meest gesofisticeerde benadering tot op heden is ongetwijfeld deze gehanteerd in het EL²EP-project, zoals o.m. beschreven door Verbeeck [2007].

De doelstelling is het ontwikkelen van (extreem) lage energie woningen geoptimaliseerd naar kosten, energiegebruik en emissies. De optimalisatie gebeurt in twee stappen. In de eerste stap analyseert men de impact van maatregelen op de gebouwschil (isolatie, beglazing, zonwering, luchtdichtheid). De tweede stap concentreert zich op de meest geschikte technologieën om aan de zeer lage energiebehoefte te voldoen. Men maakt hierbij gebruik van een zeer gesofisticeerd “evolutionary multi-objective optimisation process”, dat in detail wordt beschreven in het doctoraal proefschrift van Verbeeck [2007].

We merken wel op dat de finaliteit van EL²EP project geen betrekking had op het simuleren van de hele woningstock in Vlaanderen.

10. Kenmerken van het woningenbestand in SAVER-LEAP huishoudens

10.1. 1.1. Woningtypes

We delen het woningbestand in Vlaanderen in 2005 in op basis van de volgende kenmerken:

- woning (W) of appartementsgebouw (F);
- het *aantal gevels* naar de buitenlucht, zowel voor woningen als voor appartementsgebouwen. De keuzes zijn beperkt tot 2, 3 of 4 gevels. Voor woningen spreekt men van rijwoningen of rijhuizen of open bebouwing (2 gevels), halfopen bebouwing (3 gevels) respectievelijk open bebouwing (4 gevels). In tegenstelling tot eerder vermelde studies bekijken we in eerste instantie niet de individuele appartementen of flats of lofts, maar wel het hele gebouw;

- de *bouwjaar*klasse van het gebouw. We onderscheiden 4 klassen: gebouwd voor 1945; tussen 1946 en 1970; tussen 1971 en 1990; en tussen 1991 en 2005. Deze indeling is gebaseerd op twee criteria: enerzijds de beschikbare statistieken, anderzijds het gebruik van de bouwperiode als een eerste benadering voor zowel bouwwijze (bijvoorbeeld massieve muur versus spouwmuur) als voor de energetische kwaliteit van de woning in oorspronkelijke toestand, i.e. voor eventuele renovatie van het gebouw (bijvoorbeeld niet geïsoleerde versus gedeeltelijk geïsoleerde spouwmuur);
- de (bebouwde) *grondoppervlakte*, maar enkel voor woningen en niet voor appartementsgebouwen. Het betreft de grondoppervlakte uit de statistieken van het kadaster, niet de (bewoonde) vloeroppervlakte zoals we deze soms in andere statistieken terugvinden. We onderscheiden weer 4 klassen: < 45 m²; tussen 45 m² en 64 m²; tussen 65 m² en 104 m²; en groter dan 104 m². Deze keuze is volledig ingegeven door de beschikbaarheid van de statistieken van het kadaster;
- het aantal (bewoonbare) *bouwlagen*. Een bouwlaag omvat elke (bewoonbare) verdieping, inclusief het gelijkvloers. We onderscheiden voor woningen slechts drie klassen: 1 bouwlaag (bijvoorbeeld bungalow), 2 bouwlagen (1 gelijkvloers en 1 verdieping) en 3 bouwlagen (1 gelijkvloers en 2 verdiepingen). Woningen met meer dan 3 bouwlagen hebben we (voorlopig) genegeerd. Op basis van de statistieken van het kadaster schatten we dat dergelijke woningen slechts 0,2 % van het totale woningenbestand, exclusief appartementsgebouwen, in Vlaanderen zouden uitmaken. We onderscheiden voor appartementsgebouwen 6 klassen: 2, 3, 4, 5, 6 of 7 bouwlagen. Appartementgebouwen met meer dan 7 bouwlagen hebben we (voorlopig) mee opgenomen bij 7 bouwlagen. De statistieken van het kadaster vermelden feitelijk enkel de rubriek “6, 7 of meer bouwlagen”. Er zouden volgens het kadaster ook appartementsgebouwen zijn met slechts één verdieping (?), maar volgens onze schattingen betreft dit slechts 0,1 % van het appartementsgebouwenbestand in Vlaanderen. We hebben 1-laags appartementsgebouwen daarom genegeerd.

Het aantal types voor woningen is hierdoor 144, met name: 3 gevelklassen x 4 bouwjaarclassen x 4 grondoppervlakteklassen x 3 bouwlaagklassen. Het aantal types voor appartementsgebouwen is 72, met name: 3 gevelklassen x 4 bouwjaarclassen x 6 bouwlaagklassen. Dit geeft een totaal van 144 + 72 = 216 typegebouwen.

10.2. 1.2 Meer gedetailleerde geometrie

10.2.1. Detailkenmerken van de geometrie

Voor het berekenen van het energiegebruik of het energiepeil met de EPB of andere software volstaan deze gegevens niet. We hebben bijkomende informatie nodig over de geometrie van deze gebouwen.

We moeten in de eerste plaats elke grondvlak-klasse vertalen naar een (gemiddelde) grondoppervlakte [m²]. Het grondvlak kan vierkant of rechthoekig zijn, of kan eventueel zelfs nog een andere vierkhoekige¹⁰⁰ vorm hebben (bijvoorbeeld trapezium, parallelogram of ruit). We opteren, in tegenstelling tot Hens (1996)¹⁰¹, voor een rechthoekige vorm, wat betekent dat we ook een (gemiddelde) *breedte* moeten schatten, waaruit – gegeven het grondoppervlak – automatisch de diepte (of lengte) van het gebouw volgt. Deze veronderstelling houdt in dat we – zeker voor open bebouwing – de gebouwen compacter voorstellen dan ze werkelijk zijn, vermits “architecturale grondplannen” vaak de meest grillige vormen kunnen aannemen.

Vermits niet zozeer het grondoppervlak maar wel het bewoonde of correcter het beschermde volume [m³] van het gebouw van belang is, moeten we tevens een inschatting maken van de *hoogte*¹⁰². De hoogte van het beschermd volume baseren we op een geschatte gemiddelde hoogte van een verdieping, vermenigvuldigd met het aantal bouwlagen.

¹⁰⁰ Het grondvlak hoeft zelfs helemaal niet vierhoekig te zijn. Het grondplan kan bijvoorbeeld net zo goed zes- of achthoekig zijn, of rond of ovaal. Dergelijke frivole grondplannen zijn in de Vlaamse woningbouw eerder zeldzaam.

¹⁰¹ Wanneer we later het aantal bouwtypes terug reduceren tot een beperkter aantal, zal blijken dat de “vierkante vorm” eigenlijk een goede “gemiddelde” benadering is. We hadden ons – achteraf bekeken – de extra moeite kunnen besparen.

¹⁰² Het beschermde volume is dus evident een *balk*. We veronderstellen dat de meeste gebouwen in Vlaanderen niet de toren van Pisa willen nabootsen.

Conform de EPB-berekening van het E-peil moeten we voor de vloer een verder onderscheid maken tussen een vloer "op volle grond" en een vloer boven een "kelder zonder venster", "kelder met venster" of "kruipruimte zwak geventileerd". We beperken ons (voorlopig) tot twee types vloer: "op volle grond" enerzijds en boven een "kelder zonder venster" anderzijds. We veronderstellen bovendien dat – in het geval van onderkeldering – heel het vloeroppervlak onderkelderd is, wat in de praktijk zelden het geval zal zijn¹⁰³. We beschikken in feite over te weinig statistieken om hierover zinvolle uitspraken te doen.

Voor de dakverdieping of bovenste bouwlaag veronderstellen we (voorlopig) een plat dak naar de buitenlucht. Dit wijkt – zeker voor woningen – af van de werkelijkheid, waar bijvoorbeeld voor rijwoningen en voor de alom aanwezige "fermettes" een zadeldak eerder regel dan uitzondering is. Voor oudere rijwoningen betekent dit dat de bovenste verdieping in werkelijkheid eerder zal grenzen aan een "aangrenzende onverwarmde ruimte" (AOR) dan aan de buitenlucht. In recente woningen en bij renovatie zullen de bewoners bovendien eerder geneigd zijn om ook de "zolderverdieping" (met soms zeer complexe dakconstructies) bewoonbaar te maken. Met dergelijke complicaties hebben we (nog) geen rekening gehouden, alhoewel de mogelijkheden daartoe wel voor handen zijn.

Een volgende variabele betreft de *totale vensteroppervlakte* (m²) (naar de buitenlucht)¹⁰⁴. Na wat ge-experimenteer hebben we besloten dat de methode Hens (1996), namelijk totale vensteroppervlakte als percentage van de totale warmteverliesoppervlakte (de gebouwschil), in theorie misschien niet de meest geschikte¹⁰⁵ dan toch de meest bruikbare methode is. We hanteren hierbij verschillende percentages voor de verschillende gebouwtypes (zie het hoofdstuk over de gehanteerde berekeningsmethoden). We verdelen vervolgens de totale vensteroppervlakte over de verschillende gevels naar de buitenlucht, bijvoorbeeld voor een rijwoning 60 % van het totale vensteroppervlak in de meest zuidelijk gelegen gevel en 40 % in de tegenoverliggende gevel. We veronderstellen tot slot dat alle beglazing 100 % vertikaal is geplaatst, alhoewel onze berekeningsmethode toelaat om eveneens rekening te houden met de helling van de vensters/beglazing. In acht genomen de populariteit van schuine beglazing bij sommige (moderne) architecten en vooral het steeds meer bewoonbaar maken van zolders heeft dit wellicht tot gevolg dat we de kans op oververhitting in de zomer onderschatten.

Voor de *deuroppervlakte* [m²] geven we zelf een geschatte forfaitaire waarde in¹⁰⁶. We houden evenmin gedetailleerd rekening met het percentage glasoppervlakte in deuren. We troosten ons met de gedachte dat eerdere studies deuren zelfs niet eens vermelden (omdat deze waarschijnlijk impliciet bij vensters of transparante delen werden gerekend ?).

Gezien het belang van de zonnewinsten en het mogelijk gebruik van actieve zonne-energie bij de EPB-berekening van het E-peil, moeten we expliciet rekening houden met de *oriëntatie* van het gebouw. In de eerste plaats duiden we de hoofd-oriëntatie aan van de gevels naar de buitenlucht. Voor 2-gevel gebouwen zijn er 2 mogelijkheden: ZN of WO; voor 3-gevel gebouwen zijn er vier mogelijkheden: ZNW, ZNO, ZWO of NWO; en voor 4-gevel gebouwen evident slechts één mogelijkheid: ZNWO. Een andere variabele laat toe om het gebouw te roteren, zodat de straatgevel bijvoorbeeld niet pal zuid (Z) maar bijvoorbeeld ZW of ZWW is gericht. We hebben in dit deel van het project (i.e. het rekening houden met de oriëntatie en de bijhorende zonnewinsten) heel wat tijd gestoken. Uit een aantal – weliswaar niet erg systematisch uitgevoerd simulaties – hebben we gemerkt dat zoals te verwachten viel de oriëntatie in samenhang met de glasoppervlakten wel degelijk een significant verschil uitmaakt bij de berekening van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming. Nochtans, als we rekening houden met de grote onzekerheden wat betreft andere grootheden, o.m. de verwarmde vloeroppervlakte (zie verder rebound effecten), dan stellen we ons de vraag of het

¹⁰³ Ter compensatie hebben we het aantal woningen met kelders doelbewust wat onderschat.

¹⁰⁴ Vensteroppervlakte is niet gelijk aan glasoppervlakte. We moeten immers ook nog rekening houden met het raamwerk (of "kozijnen").

¹⁰⁵ Men gebruikt voor een ruimte vaak een percentage van de vloeroppervlakte voor het bepalen van de vereiste of gewenste glasoppervlakte. Het gewenste of vereiste percentage hangt bovendien af v/h soort ruimte. Verbeeck (2007, p. 162) vermeldt de volgende waarden: living 24,5 %; keuken 18 %; kantoor 17 %; slaapkamer 12 % en badkamer 7 %.

¹⁰⁶ Op basis v/d SENVIVV gegevens hebben we nagegaan of we ook deuroppervlakte niet konden uitdrukken als een percentage v/d warmteverliesoppervlakte of de totale vloeroppervlakte, maar de resultaten waren teleurstellend.

sop de kool wel waard was. Per slot van rekening hebben we ook maar zeer weinig tot geen betrouwbare statistieken over glasoppervlakte, oriëntatie en helling (zie verder).

10.2.2. Gegevensbasis voor detailkenmerken van de geometrie

Alhoewel het gebruik van de EPB- of aanverwante software een minimale hoeveelheid informatie vereist wat betreft de geometrie van de typewoningen, moeten we vaststellen dat de statistische basis voor het uitvoeren van dergelijke berekeningen op het niveau van de Vlaamse woningstock nagenoeg ontbreekt.

DPWB (1985) geeft een typologie van Belgische woningen, waarbij men 13 type woningen onderscheidt: buitengoed – oude villa, bel-etage woning, bungalow, burgershuis, villa, herenhuis, driegevelwoning, dorpswoning, hoeve, kleine landelijke woning, appartementsgebouw, arbeiderswoning, en de historische woning. Sommige energieadviseurs gebruiken nog steeds deze typologie (Lonfils, 2006).

Uiteindelijk hebben we ons bijna uitsluitend gebaseerd op de databank van SENVIVV, in de veronderstelling dat de woningen en appartementen gebouwd in de eerste helft van de jaren negentig *qua geometrie* representatief zijn voor heel het Vlaamse woningenbestand, ongeacht het bouwjaar. Dergelijke veronderstelling is vanzelfsprekend uitermate aanvechtbaar. We kunnen arbeiderswoningen van voor de tweede wereldoorlog moeilijk vergelijken met de bel-étage woningen die na de tweede wereldoorlog zo populair zijn geworden. Idem ditto voor de landelijke woning van voor de eerste wereldoorlog en de hedendaagse “fermette”, of voor de oude villa’s in cottage-stijl en de hedendaagse protserige villa’s van de nouveaux riches. We hebben evenmin uitdrukkelijk rekening gehouden met de verschillen in bouwwijze tussen stedelijke en landelijke gebieden. We werken immers geografisch op het niveau van het Vlaamse Gewest. Hoe aanbevelenswaardig een dergelijke differentiatie ook moge zijn, met de huidige statistische basis zou het er vooral op neerkomen dat we nog wat meer geschatte percentages uit onze hoge hoed zouden moeten toveren.

Een aantal eerdere studies, o.m. Vito [2003], STEM [2002], gaan er van uit dat oudere woningen kleiner zijn dan de meer recente woningen. We kunnen dat op twee manieren interpreteren. Een eerste manier is veronderstellen dat het (beschermd) volume van bijvoorbeeld een gemiddelde rijwoning pakweg 50 jaar geleden effectief veel kleiner was dan van een moderne rijwoning. Dit is de werkwijze gevolgd door Vito (2003) of STEM (2002). Wij gaan er echter van uit dat het volume van een bepaald woningtype (gegeven door o.m. grondoppervlak, hoogte en aantal bouwlagen, zie voorgaande) niet wezenlijk veranderd is in de loop de jaren, maar wel dat steeds meer mensen zijn gaan wonen in grotere woningtypes. Er is m.a.w. een verschuiving van bijvoorbeeld woningen met een klein grondoppervlak en slechts 1 of 2 bouwlagen naar woningen met een groot grondoppervlak en 2 of 3 bouwlagen. Wij baseren ons hiervoor op de statistieken van het kadaster.

Een ander probleem is dat ruimten die in de jaren 1990-1995 (en in de EPB-software) onder beschermd volume vallen, in oudere woningen misschien niet tot het beschermd volume horen, of alleszins niet worden verwarmd. Dit probleem bekijken we nader bij de bespreking van de “rebound-effecten”.

10.2.3. De data gebruikt in SAVER-LEAP

De gedetailleerde data voor de 216 gebouwtypes zoals we deze gebruiken in het SAVER-gedeelte (de “bottom-up analyse”) van het model geven we in bijlage.

Omdat zo een groot aantal typegebouwen niet hanteerbaar is voor invoer in het LEAP model, hebben we deze 216 typegebouwen op basis van gewogen gemiddelden (van de aantallen) teruggebracht tot slechts 16 typewoningen, namelijk 4 gebouwtypen (2-, 3- en 4-gevelwoningen en flats) maal 4 bouwjaarklassen.

Tabel 58: Veronderstelde geometrie van de 16 typegebouwen in LEAP

	# gevels	# lagen	grondvlak [m ²]	breedte [m]	hoogte [m]	venster ifv A _T ⁽¹⁾ [%]
2GP1	2,0	1,9	88,0	8,7	5,3	9,1%
2GP2	2,0	2,0	78,5	7,7	5,3	9,4%
2GP3	2,0	1,9	92,4	9,1	5,2	8,9%
2GP4	2,0	1,9	92,4	9,1	5,2	8,9%
3GP1	3,0	1,7	126,4	11,2	4,7	7,6%
3GP2	3,0	1,7	122,3	10,9	4,7	7,6%
3GP3	3,0	1,7	123,3	11,0	4,7	7,6%
3GP4	3,0	1,7	123,3	11,0	4,7	7,6%
4GP1	4,0	1,2	179,2	14,1	3,5	6,4%
4GP2	4,0	1,2	179,2	14,1	3,5	6,5%
4GP3	4,0	1,2	179,2	14,1	3,5	6,5%
4GP4	4,0	1,2	179,2	14,1	3,5	6,5%
FLP1	2,6	3,6	244,0	21,9	10,2	14,1%
FLP2	2,6	3,6	244,0	21,9	10,2	14,1%
FLP3	2,6	3,6	244,0	21,9	10,2	14,1%
FLP4	2,6	3,6	244,0	21,9	10,2	14,1%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Grondvlak is zowel gelijk aan vloer- als dakoppervlakte. Totale vloeroppervlakte is aantal lagen maal grondvlak.

(1) Vensteroppervlakte als percentage van de totale warmteverliesoppervlakte A_T.

Bron: eigen veronderstellingen op basis van SENVIVV data.

Voor appartements- of flatgebouwen houden we in SAVER rekening met het aantal gevels. Een gewogen gemiddelde geeft "2,6 gevels". Hens [1996] veronderstelde 3 gevels voor een gemiddelde "individuele" flat. Het gewogen gemiddelde van het aantal lagen brengt in rekening dat bijvoorbeeld voor rijwoningen (2 gevels) er meer woningen met 2 of meer bewoonbare bouwlagen zijn dan voor open bebouwing (bijvoorbeeld bungalows of fermettes). Alhoewel we in SAVER uitdrukkelijk vertrekken van een "rechthoekig grondplan", blijkt dat de gewogen gemiddelde grondplannen – met uitzondering van oudere rijwoningen – uiteindelijk niet zoveel afwijken van een "vierkant" grondplan, zoals Hens (1996) (terecht) veronderstelde. De gewogen gemiddelde hoogten zijn gebaseerd op (veronderstelde) standaardhoogten per verdieping, bijvoorbeeld 2,7 meter in moderne woningen of 3 meter (of meer) in oudere woningen zoals herenhuizen¹⁰⁷. Voor de vensteroppervlakte als percentage van de totale warmteverlies-oppervlakte hebben we ons gebaseerd op de SENVIVV data. We hebben hierbij – bij gebrek aan data – geen rekening gehouden met de ouderdomsklasse van de typegebouwen. Het is best mogelijk – zometer waarschijnlijk – dat deze percentages verschillen naargelang de stijlperiode van het gebouw. We merken tot slot op dat we voor flats in eerste instantie het hele "flatgebouw" bekijken. Later verdelen we dit in een aantal flats of woningen per flatgebouw.

Op basis van deze veronderstellingen kunnen we de vloer-, gevel-, venster- en totale warmteverliesoppervlakte bepalen, evenals het volume. Uit warmteverliesoppervlakte en volume volgt de (veronderstelde) compactheidsgraad per typegebouw. De deuropervlakten zijn door ons veronderstelde "forfaitaire" waarden. De SENVIVV databank gaf ons weinig houvast wat betreft deuren.

¹⁰⁷ In herenhuizen (in steden) kan de hoogte "onder pafond" aanzienlijk zijn, en neemt ze af op elke verdieping (van 4,5 meter tot 3 meter). (Lonfils, 2006).

Tabel 59: Verliesoppervlakten, bruto vloeroppervlakte (bvo), beschermd volume (BV) en compactheid (C) van de 16 typewoningen in LEAP

	dak [m ²]	gevels [m ²]	vensters [m ²]	deuren [m ²]	bvo [m ³]	V [m ³]	A _T [m ²]	C [m]
2GP1	88,0	70,0	25,1	3,5	169,7	457,0	274,6	1,64
2GP2	78,5	68,1	23,7	3,5	154,8	414,8	252,2	1,63
2GP3	92,4	70,8	25,6	3,5	176,0	475,8	284,7	1,64
2GP4	92,4	70,8	25,6	3,5	176,0	475,8	284,7	1,64
3GP1	126,4	118,9	31,4	3,5	214,4	568,4	406,6	1,38
3GP2	122,3	117,7	30,5	3,5	208,2	551,1	396,2	1,37
3GP3	123,3	117,3	30,6	3,5	208,0	552,8	397,8	1,37
3GP4	123,3	117,3	30,6	3,5	207,9	552,8	397,8	1,37
4GP1	179,2	145,1	35,2	3,5	213,3	608,0	542,1	1,12
4GP2	179,2	145,0	35,2	3,5	213,3	608,0	542,1	1,12
4GP3	179,2	145,0	35,2	3,5	213,3	608,0	542,1	1,12
4GP4	179,2	145,0	35,2	3,5	213,3	608,0	542,1	1,12
FLP1	244,0	295,3	131,6	2,9	874,7	2.423,0	917,9	2,63
FLP2	244,0	295,3	131,6	2,9	874,6	2.422,5	917,8	2,63
FLP3	244,0	295,3	131,6	2,9	874,6	2.422,6	917,8	2,63
FLP4	244,0	295,3	131,6	2,9	874,7	2.422,7	917,8	2,63

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005. Grondvlak is zowel gelijk aan vloer- als dakoppervlakte. Totale vloeroppervlakte is aantal lagen maar grondvlak. Voor flats bekijken we het hele flatgebouw.

De bruto vloeroppervlakte (bvo) is het product van aantal bouwlagen en grondvlak. Deze bvo volledig als “verwarmde vloeroppervlakte” beschouwen zou het energiegebruik voor ruimteverwarming (zwaar) overschatten. We zijn daarom genoodzaakt om bepaalde veronderstellingen te maken rond de daadwerkelijk verwarmde vloeroppervlakte. We bekijken dit nader wanneer we de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming behandelen.

10.3. Energetische kwaliteit van de woningen

Vooraleer we de berekening – via EPB of andere software - van de netto-energiebehoefte voor ruimteverwarming, of algemener van het E-peil, van de woningen kunnen aanvatten, moeten we eerst nog een aantal gegevens over de energetische kwaliteit van de gebouwen invoeren. De precieze betekenis van de in te voeren waarden komt in het hoofdstuk “Berekeningsmethode: een eigen EPB-softwarepakket” aan bod.

10.3.1. Vereiste gegevens i.v.m. het bepalen van de netto energiebehoefte

Het invoeren van het isolatieniveau van de verschillende gebouwschildelen gebeurt heel eenvoudig, conform de EPB-regelgeving, via een per woningtype veronderstelde of geschatte *R-waarde* voor de vloer en *U-waarden* voor daken, gevels, vensters en deuren. We nemen aan dat – per woningtype – eenzelfde *U-waarde* geldt voor alle gevels. In werkelijkheid kunnen deze verschillen, bijvoorbeeld bij renovatie van een rijwoning waar de bewoners enkel de achtergevel (mogen) isoleren (aan de buitenkant)¹⁰⁸. Idem ditto voor ramen en deuren. Voor ramen en deuren geven we meteen de *U-waarde* van de ramen (vensters) of de deuren in hun totaliteit, en proberen we deze niet te berekenen via een gedetailleerde opgave van de *U-waarden* van de beglazing, het kozijn (“raam”), het randprofiel, eventueel aanwezige ventilatieroosters, enz.¹⁰⁹

Met de luchtdichtheid (in/exfiltratie) van het gebouw houden we rekening via het opgeven van een *n₅₀-waarde*. We kunnen vervolgens voor bewuste ventilatie één van de vier traditioneel onderscheiden *ventilatietypes* opgeven, naargelang de toe- en/of afvoer natuurlijk dan wel mechanisch gebeurt. Voor natuurlijke ventilatie voorzien we de mogelijkheid om een *RTO-waarde* (correctie op het toevoerdebiet m.b.v. regelbare toevoeropeningen) in te vullen. Bij

¹⁰⁸ Uit de enquêtes van ADSEI of het VEA blijkt dat veel woningen in Vlaanderen inderdaad maar “gedeeltelijk” zijn geïsoleerd, waarbij men ook bedoelt “slechts een deel van het dak” of “maar een beperkt aantal ramen (vensters)”.

¹⁰⁹ Alhoewel we bij het inschatten van de *U-waarden* van de ramen of vensters voor de verschillende woningtypes wel een aantal veronderstellingen (moeten) maken over type beglazing, raam of kozijn, enz.

mechanische ventilatie moeten we als extra input het vermogen van de ventilator(en) ingeven, om achteraf het hulpenergiegebruik voor ventilatoren correct te kunnen berekenen. In het geval van gebalanceerde ventilatie (mechanische toe- en afvoer) kunnen we zowel het type warmteterugwinningsstelsel (wtw) als het *rendement* ervan invoeren. Indien er geen bewust ventilatiesysteem aanwezig is, dan gaan we ervan uit dat alle ventilatie (ongestuurd) gebeurt via in/exfiltratie (zie n_{50} -waarde).

Het correct inschatten van de zonnewinsten vereist een opgave van de g-waarde (“zonnetoetredingsfactor”) van de *beglazing* en van de “frame-factor” (percentage kozijn- of “raam”-werk van de vensters). Conform de EPB-software zijn tot slot ook nog vereist de F_c -waarde (reductiefactor bij zonnewering, zie EPB-rekenmethodiek) en de a_c -waarden (gemiddelde gebruiksfactoren van zonnewering) bij verwarming, oververhitting respectievelijk koeling. We gaan er gemakkelijks halve van uit dat al deze waarden voor heel het gebouw gelden, alhoewel in principe beglazing en/of zonwering kunnen verschillen, bijvoorbeeld naargelang de oriëntatie of bij gedeeltelijke renovatie.

Een ander invoergegeven is het constructietype (zwaar, halfzwaar, matig zwaar, licht), op basis waarvan we de waarden van de effectieve thermische capaciteit C [J/K] bepalen.

Een laatste invoergegeven betreft de *gemiddelde binnentemperatuur*. In de EPB-software is deze vastgelegd op 18 °C. Voor onze doeleinden – o.m. rekening kunnen houden met het gedrag van de bewoners – is de binnentemperatuur een variabele. Deze variabele speelt een belangrijke rol bij het “rebound-effect” (zie verder).

10.3.2. Databronnen i.v.m. het bepalen van de netto energiebehoefte

Eerdere studies beperken zich vooral tot het opgeven – per woningtype – van de U-waarden van vloeren, daken, gevels en vensters. De auteurs baseren zich hiervoor vooral op de bouwjaarklasse van de gebouwen, en op enkele schaarse gegevens uit de 10-jaarlijkse volkstellingen van het toenmalige NIS of de enquêtes van de ADSEI (voormalige NIS).

Onze werkwijze kijkt slechts op een aantal punten af van deze vroegere studies. Voor vloeren maken we gebruik van de R-waarde en houden we (beperkt) rekening met het al dan niet onderkelderd zijn (of voorzien van een kruimruimte). We houden eveneens expliciet rekening met deuren. Per typewoning vertrekken we voor elke bouwjaarklasse vanuit een “standaard” isolatieniveau (in termen van U-waarden). We corrigeren dit voor renovatie, op basis van de statistieken omtrent isolatie van daken, gevels en vensters uit de ADSEI-survey van 2001. Deze statistieken geven enkel een indicatie van hoeveel procent van de daken, gevels en vensters geïsoleerd is, maar niets over de kwaliteit (bijvoorbeeld soort isolatiemateriaal en dikte, laat staan kwaliteit van de plaatsing) van de isolatie. In hoeverre renovatie de energetische kwaliteit van de bestaande woningstock heeft verbeterd blijft bijgevolg “guesswork”. Het is o.m. omwille van die reden dat we de NIS-gegevens van 2001 niet hebben doorgetrokken naar ons basisjaar 2005. Er zijn bovendien toch geen betrouwbare tijdreeksen om dergelijke ‘extrapolatie-oefeningen’ op zinvolle wijze uit te voeren¹¹⁰.

Hens [1996] en Hens et al. [2001] houden uitdrukkelijk rekening met de luchtdichtheid. Wij breiden dit – hiertoe ook gedwongen door de E⁺PB-methode – uit naar gegevens i.v.m. (gecontroleerde) ventilatie, maar moeten toegeven dat de beschikbare data over ventilatiesystemen in de Vlaamse woningstock zeer ontoereikend zijn. We kunnen op basis van de SENVIVV studie en de enquêtes van het VEA enkel besluiten dat in bestaande woningen (gebouwd voor 2006) de aanwezigheid van mechanische ventilatiesystemen, laat staan gebalanceerde systemen met warmte-terugwinning, waarschijnlijk erg beperkt is.

Wat betreft de kenmerken van vensters zoals gebruikte zonwering, g-waarde van de beglazing, de frame-factor, enz., kunnen we alleen maar zeggen dat we ons hier hebben moeten baseren op een zeer beperkt “experten-oordeel”. In samenhang met onze al

¹¹⁰ De auteurs van de Vito (2003) studie “extrapoleren” de survey-gegevens uit 2001 wel naar hun basisjaar 2000, maar het is niet duidelijk waarop zij zich hiervoor hebben gebaseerd.

evenzeer beperkte kennis van de werkelijke situatie qua oppervlakte, oriëntatie en helling van de beglazing in de Vlaamse woningstock maakt het misschien allemaal niet zo veel uit. We moeten dergelijke gegevens hoe dan ook wel invoeren om zoveel mogelijk conform te blijven met de EPB-methodiek.

10.3.3. Data gebruikt in SAVER-LEAP

Het veronderstelde “isolatiepeil” in 2005 is grotendeels gebaseerd op de sociaal-economische enquête (SEE) van de ADS uit 2001. Voor het isolatiepeil van vloeren en deuren moeten we eerder spreken van “guesstimates”. De enquêtes van het VEA geven voor vloeren een zekere indicatie. Een te grote aandacht voor het isolatiepeil in 2001 onderschat ongetwijfeld het werkelijke isolatiepeil in 2005, vermits na 2001 nog heel wat woningen – mede onder impuls van de vele beleidsmaatregelen – een betere isolatie van de gebouwschil hebben gekregen. We beschikken echter niet over relevante tijdreeksen voor zinvolle extrapolaties. Er zijn bovendien zeer grote onzekerheden bij het omzetten van een kwalitatieve beoordeling van de isolatiegraad naar kwantitatieve R- en U-waarden.

Tabel 60: *Isolatiepeil van de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)*

	vloer OVG	vloer AOR	dak	gevel	venster	deur
2GP1	9%	10%	17%	21%	59%	25%
2GP2	4%	4%	48%	29%	68%	34%
2GP3	8%	8%	75%	73%	91%	57%
2GP4	44%	23%	100%	92%	99%	72%
3GP1	9%	9%	19%	21%	62%	28%
3GP2	4%	4%	44%	23%	65%	31%
3GP3	8%	8%	67%	63%	83%	49%
3GP4	25%	23%	90%	91%	98%	68%
4GP1	9%	9%	22%	21%	59%	25%
4GP2	4%	4%	53%	29%	67%	33%
4GP3	8%	8%	68%	80%	91%	57%
4GP4	46%	23%	100%	92%	97%	66%
FLP1	9%	9%	34%	25%	49%	49%
FLP2	4%	4%	57%	41%	57%	57%
FLP3	8%	8%	77%	72%	77%	77%
FLP4	35%	66%	94%	94%	95%	72%

OVG = op volle grond; AOR=aangrenzende onverwarmde ruimte.

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005. Grondvlak is zowel gelijk aan vloer- als dakoppervlakte. Totale vloeroppervlakte is aantal lagen maar grondvlak.

Bron: eigen schattingen op basis van ADSEI (2001).

Voor het “vertalen” van het algemene isolatiepeil naar concrete R- en U-waarden hebben we in de mate van het mogelijke getracht ons zoveel mogelijk te baseren op “typische constructiewijzen (bijvoorbeeld dikte en soort isolatie in spouwmuren), maar het blijft veredeld gokwerk.

Tabel 61: Veronderstelde R- en U-waarden van de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	R-waarde vloer OVG	R-waarde vloer AOR	U-waarde dak	U-waarde gevel	U-waarde venster	U-waarde deur
2GP1	0,357	0,450	2,818	1,928	3,608	3,150
2GP2	0,298	0,372	1,244	1,075	3,431	3,024
2GP3	0,333	0,421	0,762	0,757	2,940	2,702
2GP4	0,697	0,739	0,398	0,586	2,708	1,733
3GP1	0,357	0,454	2,757	1,928	3,544	3,108
3GP2	0,298	0,372	1,316	1,122	3,504	3,066
3GP3	0,333	0,421	0,905	0,833	3,094	2,814
3GP4	0,607	0,739	0,575	0,596	2,738	2,028
4GP1	0,357	0,454	2,667	1,928	3,608	3,150
4GP2	0,298	0,372	1,155	1,075	3,467	3,038
4GP3	0,333	0,421	0,887	0,705	2,954	2,702
4GP4	0,867	0,739	0,342	0,591	2,721	2,111
FLP1	0,357	0,454	1,728	1,856	3,766	2,814
FLP2	0,298	0,372	1,255	0,981	3,654	2,702
FLP3	0,333	0,421	0,687	0,804	3,265	2,422
FLP4	0,739	0,877	0,379	0,624	2,804	2,016

OVG = op volle grond; AOR=aangrenzende onverwarmde ruimte.

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005. Grondvlak is zowel gelijk aan vloer- als dakoppervlakte. Totale vloeroppervlakte is aantal lagen maar grondvlak.

Bron: eigen schattingen op basis van ADS (2001).

We geven tot slot de veronderstelde waarden mee omtrent g-waarde en framefactor van de vensters, evenals van de reductie- en gebruiksfactoren van de zonnewering (de F_c en a_c -parameters).

Tabel 62: Veronderstelde g-waarde, framefactor, F_c en a_c waarden in de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	g-waarde	Framefactor	F_c	a_c verwarming	a_c oververhitting	a_c koeling
2GP1	0,787	0,291	0,500	-	0,504	0,212
2GP2	0,778	0,289	0,500	-	0,504	0,212
2GP3	0,750	0,286	0,864	-	0,509	0,227
2GP4	0,734	0,287	0,856	-	0,515	0,245
3GP1	0,784	0,291	0,500	-	0,504	0,212
3GP2	0,783	0,290	0,500	-	0,502	0,206
3GP3	0,757	0,287	0,832	-	0,510	0,230
3GP4	0,736	0,287	0,852	-	0,514	0,242
4GP1	0,787	0,291	0,500	-	0,504	0,212
4GP2	0,781	0,289	0,500	-	0,502	0,206
4GP3	0,752	0,286	0,864	-	0,507	0,221
4GP4	0,737	0,290	0,848	-	0,514	0,242
FLP1	0,799	0,297	0,500	-	0,502	0,206
FLP2	0,791	0,292	0,500	-	0,502	0,206
FLP3	0,769	0,287	0,808	-	0,504	0,212
FLP4	0,739	0,286	0,820	-	0,516	0,248

OVG = op volle grond; AOR=aangrenzende onverwarmde ruimte.

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de precieze betekenis van deze parameters verwijzen we naar het hoofdstuk over berekeningsmethoden.

10.3.4. De K-waarde verdeling

We beschikken nu over alle gegevens om de gemiddelde K-waarden van de weerhouden typewoningen te bepalen.

Tabel 63: K-waarden van de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	K-waarde (*)
2GP1	166
2GP2	107
2GP3	81
2GP4	60
3GP1	174
3GP2	115
3GP3	92
3GP4	69
4GP1	183
4GP2	113
4GP3	90
4GP4	62
FLP1	120
FLP2	93
FLP3	75
FLP4	58

(*) inclusief forfaitaire toeslag voor koudebruggen uit de EPB-rekenmethode.

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

De gemiddelde K-waarden van de woningen in de periode 1991-2005 zijn iets gunstiger dan uit de SENVIVV studie blijkt. Dit is te verklaren doordat de SENVIVV studie enkel betrekking heeft op nieuwbouwwoningen uit de eerste helft van de jaren '90, en doordat het naleven van de isolatienormen vanaf eind jaren negentig merkbaar is verbeterd. We gaan er toch van uit dat de "gemiddelde" K-waarde van een woning uit die periode niet voldoet aan de (toen geldende) K55 norm.

Voor de eerdere bouwjaarklassen hebben we weinig betrouwbare referentiepunten. De gemiddelde K-waarden voor woningen van voor de tweede wereldoorlog zijn erg hoog, ook al houden we rekening met renovatie. Een verbetering van de isolatie van oude woningen vanaf de jaren '70 bestond vaak uit niet meer dan het plaatsen van "gewone" dubbele beglazing i.p.v. enkele beglazing en/of van (gedeeltelijke) dakisolatie. De hoge K-waarden zijn bovendien niet noodzakelijk onrealistisch. Uit een bestand van 950 woningen waarvan het K-peil gekend is vermeldt Hens (1997, p. 49-50) dat "*Het grootste deel van het bestand heeft echter een peil groter dan K80, met uitschieters tot K181. Zowel bij de sociale woningen als bij de woningen van studenten zijn deze hoge peilen te vinden.*" Hierbij dient dan nog vermeld dat "*Voor de bouwjaren voor 1960 zijn slechts 13 woningen in het bestand ...*" (Hens, id. p. 48). Het bestand bevat 41 ETAP K30 woningen¹¹¹ gebouwd eind jaren '80 begin jaren '90, met een gemiddeld K-peil gelijk aan 33 ($\sigma = 1,5$); 711 sociale woningen van de 'Zonnige Kempen' te Westerlo gebouwd tussen 1967 en 1997 met een gemiddeld K-peil van 97 ($\sigma = 35,3$); en 198 studentenwoningen waarvan de overgrote meerderheid is gebouwd in de jaren '80 met een gemiddeld K-peil van 98,4 ($\sigma = 32,8$). In acht genomen dat noch sociale woningen noch lage energiewoningen bepaald representatief zijn voor het Vlaamse woningenbestand, mogen we besluiten dat onze geschatte K-verdeling niet geheel onrealistisch is.

Een andere mogelijke reden waarom onze K-waarden zo hoog lijken in vergelijking met andere studies is dat we bij de berekening van de K-waarde de forfaitaire toeslag voor koudebruggen uit de EPB-rekenmethode gebruiken (zie hoofdstuk berekeningsmethoden).

¹¹¹ we geven telkens de aantallen waarvan K-peil gekend is (er zitten ook nog andere woningen in het bestand).

11. Berekeningsmethode: een eigen EPB-software

11.1. Problemen met de EPB-software

De oorspronkelijke bedoeling was dat we het (gratis) EPB-software pakket zouden gebruiken, om voor elke typewoning het energiegebruik (en E-peil) te berekenen, voor en na het nemen van een aantal maatregelen.

We hebben dat niet gedaan, om een aantal redenen:

- De EPB-software beschouwt een aantal zaken als constanten, die voor ons variabelen moeten zijn. Zie het eerdere voorbeeld van de gemiddelde binnentemperatuur;
- Sommige berekeningen in de EPB-software zijn zeer gedetailleerd, en/of vereisen heel wat invoergegevens. Voor onze doeleinden, waarin we werken met “gemiddelde” typewoningen, is dat vaak “overkill”. Bovendien zijn de gegevens in dergelijke mate van detail voor de hele Vlaamse woningstock gewoon niet beschikbaar. Inderdaad: *“Bestaande gebouwen vertonen enkele specifieke problemen, zowel op het gebied van de reglementering als wat de rekenmethode betreft, waardoor het niet mogelijk is ze op dezelfde manier te behandelen als nieuwe gebouwen (bijvoorbeeld gebrekkige kennis over de exacte gegevens van het gebouw.”* (WTCB, 2006, p. 7);
- De huidige versie van de EPB-software is – althans naar ons aanvoelen – niet altijd even gebruiksvriendelijk.

De EPB overschat de ventilatie, o.a. doordat 1) infiltratie en bewuste ventilatie bij elkaar worden opgeteld waardoor het ventilatievoud ruim uitvalt; en 2) het *“effect van ventilatie op het eindverbruik voor verwarming wordt versterkt door een vermenigvuldiger m, die default dikwijls gelijk aan 1,5 wordt genomen.”* (Hens, 2007) Een ander lid van het begeleidingscomité van dit project merkte tijdens een bijeenkomst op dat de EPB-software eigenlijk niet is gemaakt voor dit soort oefeningen.

Wat hebben daarom het EPB-software pakket helemaal herschreven in een weliswaar meer eenvoudige maar ook voor ons meer bruikbare vorm. Aan dit herschrijven is helaas zeer veel tijd verloren gegaan (wat mede verklaart waarom de deadline van dit rapport ruim werd overschreden). Een dergelijke inspanning was bij de aanvang van dit project niet voorzien.

We overlopen de gelijkenissen en de verschillen van “ons” EPB-pakket met het officiële EPB-pakket.

11.2. De netto energiebehoefte voor ruimteverwarming

11.2.1. De transmissieverliezen

Op basis van de boven vermelde ingevoerde data omtrent de geometrie van een typewoning is het eenvoudig om de warmteverliesoppervlakten van vloer, dak, gevels, vensters en deuren te bepalen. Hieruit kunnen we het volume V [m^3] en het totale warmteverliesoppervlak A_T [m^2] bepalen, en dus ook de volumecompactheid $C = V/A_T$ [m]. Samen met de andere ingevoerde data, namelijk de R- en U-waarden van de constructiedelen, kunnen we vervolgens zowel de gewogen gemiddelde U-waarde van de totale warmteverliesoppervlakte U_m [$W/(m^2.K)$] = H_T / A_T berekenen als de K-waarde van de typewoning.

Comform de EPB-methodiek maken we een onderscheid tussen specifiek warmteverlies direct naar de buitenlucht H_D , via de grond $H_{g,m}$ en via aangrenzende onverwarmde ruimten (AOR) $H_{U,m}$, met het totaal specifiek warmteverlies $H_T = H_D + H_{g,m} + H_{U,m}$.

- We maken voor de berekening van H_D gebruik van de mogelijkheid in Bijlage IV (“Behandeling van koudebruggen”) in het EPB-besluit om de aanwezige koudebruggen niet te berekenen maar in de plaats daarvan een forfaitaire toeslag bij te tellen. Deze forfaitaire toeslag is een functie van de volumecompactheid. Het is mogelijk dat we hierdoor de transmissieverliezen (voor nieuwbouw) *overschatten*;

- We maken voor de berekening van $H_{g,m}$ een onderscheid tussen vloeren in direct contact met de grond en vloeren boven onverwarmde kruipruimten en kelders. Voor de temperatuurreductiefactoren b_u baseren we ons op de waarden bij ontstentenis uit het EPB-besluit;
- Ons aangepast EPB-pakket voorziet de mogelijkheid $H_{u,m}$ te berekenen, maar we maken (voorlopig) gebruik van mogelijkheid 1 in bijlage A van het EPB-besluit, waarin het toegelaten is om de buitengeometrie van de AOR buiten beschouwing te laten. Dit betekent concreet dat we voor het bepalen van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming aannemen dat de temperatuur van de AOR gelijk is aan de buitentemperatuur, d.w.z. de reductiefactor $b = 1$. Men beschouwt in dat geval geen doorzoning naar het beschermd volume.

De rekenregel voor het bepalen van de maandelijkse warmteverliezen door transmissie $Q_{T,heat,m}$ [MJ] is:

$$Q_{T,heat,m} = (H_D + H_{g,m} + H_{u,m}) \times (\theta_{i,m} - \theta_{e,m}) \times t_m$$

De gemiddelde binnentemperatuur $\theta_{i,m}$ [°C] is in het EPB-besluit gelijkgesteld aan 18 °C. De maandgemiddelde buitentemperatuur $\theta_{e,m}$ [°C] is af te lezen uit tabel 1 in het EPB-besluit. De lengte t_m [Ms] van de betreffende maand m is eveneens af te lezen uit tabel 1 in het EPB-besluit.

Voor onze doeleinden is het nodig dat de gemiddelde binnentemperatuur een variabele is, waarvan we de waarde per typewoning kunnen invoeren, of die varieert in functie van de isolatiegraad van de woning. Dat laatste bespreken we bij “rebound-effecten”.

Door gebruik te maken van de maandgemiddelde buitentemperatuur vermeld in het EPB-besluit, berekenen we het energiegebruik in een (constant) gemiddeld referentiejaar. Een mogelijkheid bestaat erin om voor de toekomstige jaren van $\theta_{e,m}$ eveneens een scenario-variabele te maken. Op die manier kunnen we – op lange termijn – expliciet rekening houden met de mogelijke effecten van klimaatverandering.

11.2.2. De ventilatieverliezen

11.2.2.1. De EPB-methode

De EPB-rekenmethode maakt een onderscheid tussen het in/exfiltratiedebiet door de ondichte gebouwschil; het bewust ventilatiedebiet; en het extra luchtdebiet als gevolg van overventilatie indien men een warmtepomp met afvoerventilatielucht als warmtebron gebruikt voor de bereiding van warm tapwater.

- Het in- en exfiltratiedebiet $V_{in/ex}$ [m³/h] is een functie van de totale warmteverliesoppervlakte A_T en van v_{50} . De waarde bij ontstentenis voor verwarmingsberekeningen is $v_{50} = 12 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$; en voor koelberekeningen $v_{50} = 0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$.
- Het bewust ventilatiedebiet V_{dedic} [m³/h] is een functie van het beschermd volume, en van een “vermenigvuldigingsfactor” m [-], waarvan de waarde bij ontstentenis gelijk is aan $m = 1,5$.
- De waarde van het extra luchtdebiet als gevolg van overventilatie V_{over} [m³/h] wordt in het EPB-besluit (voorlopig) gelijk aan nul gesteld, bij gebrek aan een operationele methodologie om deze waarde te bepalen.

Het specifiek warmteverlies door ventilatie en in/exfiltratie H_V [W/K] wordt dan bepaald door:

$$H_V = 0,34 \times [v_{in/ex} + (r_{preh} \times v_{dedic}) + v_{over}]$$

De voelbare warmtecapaciteit van 1 m³ lucht is gelijk aan 0,34.

De waarde van de reductiefactor r_{preh} is gelijk aan 1 in alle gevallen waarbij er geen voorverwarming van de ventilatielucht d.m.v. een warmteterugwinapparaat plaatsvindt. Bij gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning berekent men de waarde van r_{preh} volgens bijlage B.2 “Reductiefactor voor voorverwarming” van het EPB-besluit.

De berekening van reductiefactor r_{preh} is – voor onze doeleinden – nogal vrij omslachtig.

11.2.2.2. De rekenmethode in SAVER

We hebben omwille van de eerder aangehaalde problemen met de berekening van de ventilatieverliezen in de EPB-rekenmethode de module voor de berekening van de ventilatieverliezen vereenvoudigd en aangepast aan de noden van het SAVER-LEAP model. In feite grijpen we terug naar een eerdere versie, gepresenteerd aan het Vlaams Parlement in 2001 (KU-Leuven, 2001)

We bepalen eerst het karakteristiek ventilatievoud bij een drukverschil van 50 Pa. Dat is ofwel een invoergegeven per typewoning, of we kunnen het programma een n_{50} waarde laten berekenen in functie van de compactheid C van de typewoning. Indien $C \leq 1$ dan is $n_{50} = 12$; indien $C > 1$ en $C < 3$ dan is $n_{50} = 10,5/C + 1,5$; en indien $C \geq 3$ dan is $n_{50} = 5$.

Voor het berekenen van de specifieke ventilatieverliezen door ventilatie en infiltratie maken we een onderscheid tussen systeem A: natuurlijke ventilatie; systeem B: mechanische toevoer, natuurlijke afvoer; systeem C: natuurlijke toevoer, mechanische afvoer; systeem D: mechanische toevoer, mechanische afvoer (gebalanceerde ventilatie), en tot slot geen bewuste ventilatie (enkel infiltratie/exfiltratie). Het ventilatiedebiet is o.m. een functie van het beschermd volume V . Indien relevant gebruiken we zoveel mogelijk de waarden bij ontstentenis uit de EPB-rekenmethode, omdat we toch niet over de informatie beschikken voor meer gedetailleerde berekeningen.

- Case A: natuurlijke ventilatie. $HV_{\text{bewust}} = 0,34 * \{[0,57 * (1 + r_{\text{toevoer}}) + (n_{50} - 3) / 30] * V\}$, met $r_{\text{toevoer}} = RTO$. RTO is een correctie op het toevoerdebiet m.b.v. regelbare toevoeropeningen. RTO is een invoergegeven, met als waarde bij ontstentenis $RTO = 0,10$;
- Case B: mechanische toevoer, natuurlijke afvoer. $HV_{\text{bewust}} = 0,34 * \{[0,57 * (1 + r_{\text{toevoer}} + r_{\text{afvoer}} - 0,04) + (n_{50} - 3) / 30] * V + V_{\text{debiet_kanalen}}\}$. Hierbij is $r_{\text{toevoer}} = 0$; $r_{\text{afvoer}} = 0,15$ en $V_{\text{debiet_kanalen}} = 0,12 * V$;
- Case C: natuurlijke toevoer, mechanische afvoer. $HV_{\text{bewust}} = 0,34 * \{[0,57 * (1 + r_{\text{toevoer}} + r_{\text{afvoer}} - 0,04) + (n_{50} - 3) / 30] * V + V_{\text{debiet_kanalen}}\}$. Hierbij is $r_{\text{toevoer}} = 0,15$; $r_{\text{afvoer}} = 0$ en $V_{\text{debiet_kanalen}} = 0,12 * V$;
- Case D: mechanische toevoer, mechanische afvoer (gebalanceerde ventilatie). $HV_{\text{bewust}} = 0,34 * [V_{\text{debiet}} - \eta_{\text{wtw}} * (0,67 * V_{\text{max}} - 0,57 * V * (r_{\text{toevoer}} + r_{\text{afvoer}}) / 2)]$. Het rendement van het warmteterugwinningssysteem η_{wtw} is een invoergegeven. Indien er geen warmteterugwinning is zetten we η_{wtw} gewoon gelijk aan nul. $V_{\text{debiet}} = [0,57 * (1 + r_{\text{toevoer}} + r_{\text{afvoer}} - 0,04) + (n_{50} - 3) / 30] * V + V_{\text{debiet_kanalen}}$. Hierbij is $r_{\text{toevoer}} = 0,15$; $r_{\text{afvoer}} = 0,15$; en $V_{\text{debiet_kanalen}} = 0,12 * V$. Indien $V_{\text{toevoer}} > V_{\text{afvoer}}$ dan is $V_{\text{max}} = V_{\text{toevoer}}$, zoniet $V_{\text{max}} = V_{\text{afvoer}}$. We gebruiken de waarden bij ontstentenis, met name $V_{\text{toevoer}} = 0,38 * V$; $V_{\text{afvoer}} = 0,38 * V$;
- geen bewuste ventilatie (enkel in-/exfiltratie). Zoals natuurlijke ventilatie, maar zonder correctie op het toevoerdebiet m.b.v. regelbare toevoeropeningen, i.e. $r_{\text{toevoer}} = 1$.

Bij het berekenen van de energiebehoefte voor eventuele actieve koeling mogen we – conform de EPB-methode – geen rekening houden met in/exfiltratie.

De rekenregel voor het bepalen van de maandelijkse warmteverliezen door ventilatie $Q_{V,\text{heat},m}$ [MJ] is:

$$Q_{V,\text{heat},m} = H_V \times (\theta_{i,m} - \theta_{e,m}) \times t_m$$

11.2.3. De interne warmtewinsten

We bepalen de interne warmtewinsten $Q_{i,m}$ [MJ] volledig conform de EPB-rekenmethode:

$$Q_{i,m} = \left(0,67 + \frac{220}{V} \right) \times V \times t_m$$

11.2.4. De zonnewinsten

De zonnewinsten zijn de som van de zonnewinsten door vensters, door ongeventileerde passieve zonne-energiesystemen, en ingevolge aangrenzende onverwarmde ruimten [AOR]. We bekijken (voorlopig) in ons aangepast EPB-pakket enkel de zonnewinsten door vensters. Voor het overige volgen we getrouw de EPB-rekenmethode.

In de EPB-rekenmethode worden de zonnewinsten door vensters $Q_{s,heat,w,m}$ [MJ] bepaald door:

$$Q_{s,heat,w,m} = \sum_j (0,95 \times g_j \times A_{g,j} \times I_{s,m,j,shad})$$

De term 0,95 [-] is een reductiefactor voor vervuiling. De beglaasde oppervlakte van venster j $A_{g,j}$ [m²] kunnen we bepalen aan de hand van de ingevoerde gegevens, waaronder de “frame-factor” van het venster. We sommeren voor alle vensters j . De EPB-rekenmethode bepaalt de gemiddelde zonnetoetredingsfactor g [-] van een venster door:

$$g = 0,9 \times [a_c \times F_c + (1 - a_c)] \times g_{g,\perp}$$

De term 0,9 is een vaste waarde voor de invalshoekcorrectie. De zonnetoetredingsfactor $g_{g,\perp}$ van de beglazing bij normale inval is een gegeven dat we vooraf invoeren.

De EPB-rekenmethode onderscheidt voor zonnewering enerzijds zonnewering in het vlak van het venster (binnenzonnewering, tussenzonnewering en buitenzonnewering in het vlak zoals luiken, rolluiken, blinden en jaloezieën); en anderzijds zonnewering niet in het vlak van het venster zoals markiezen, uitvalschermen of knikarmschermen. Zonnewering kan vast, handbediend of automatisch zijn.

De gemiddelde gebruiksfactor a_c [-] is afhankelijk van het type zonwering en het type berekening (tabel 4 in Bijlage I van het EPB-besluit).

Tabel 64: Gemiddelde gebruiksfactor a_c [-]

	Ruimteverwarming	Oververhitting	Ruimtekoeling
Vaste zonnewering	1	1	1
Mobiel handbediend	0	0,5	0,2
Mobiel automatisch	0	0,6	0,5

We gebruiken voor de reductiefactor F_c [-] voor zonnewering in het vlak van het venster de waarden bij ontstentenis in tabel 3 in Bijlage I van het EPB-besluit.

Tabel 65: Reductiefactor F_c [-] voor zonnewering in het vlak van het venster

Zonneweringssysteem	F_c
Buitenzonnewering	0,50
Ongeventileerde tussenzonnewering	0,60
Binnenzonnewering	0,90
Alle andere gevallen	1,00

In ons aangepast EPB-pakket zijn zowel a_c als F_c invoergegevens. In feite zijn het invoer-variabelen, waarvan we de waarden kunnen laten variëren tussen 0 en 1 c.q. 0,5 en 1, naargelang het scenario.

De waarde van de reductiefactor F_c [-] voor zonnewering niet in het vlak van het venster is de verhouding tussen enerzijds de zonne-instraling op het door de zonnewering beschaduwde venster en anderzijds de zonne-instraling op het onbeschaduwde venster.

De berekening van de bezonning op een venster j rekening houdend met de beschaduwing van vaste obstakels $I_{s,m,j,shad}$ [MJ/m²] wordt beschreven in bijlage C van het EPB-besluit. Deze berekening is vrij omslachtig en we verwijzen hiervoor naar het EPB-besluit. We hebben de officiële EPB-methode wel integraal opgenomen in ons aangepast EPB-pakket.

Onze aangepaste EPB-rekenmethode laat bijgevolg toe om in vrij groot detail rekening te houden met de zonnepwinsten.

11.2.5. De benuttingingsfactor

We volgen voor de bepaling van de waarde van de benuttingingsfactor $\eta_{util,m}$ [-] getrouw de EPB-methodiek.

We beginnen steeds met het bepalen van de verhouding γ_m [-] tussen enerzijds de maandelijkse warmtewinsten $Q_{g,m} = (Q_{i,m} + Q_{s,m})$ [MJ]; en anderzijds de maandelijkse warmteverliezen $Q_{L,m} = (Q_{T,m} + Q_{V,m})$ [MJ]. De bepaling van de waarde van de benuttingingsfactor $\eta_{util,m}$ [-] is bovendien afhankelijk van het type berekening: ruimteverwarming, oververhitting of koeling. We verwijzen voor de details naar het EPB-besluit.

De EPB-methode vereist het berekenen van een numerieke parameter $a = 1 + (\tau_m/54000)$, waarbij de tijdconstante τ_m [s] is gegeven door $\tau_m = C / (H_T + H_V)$.

De waarde van de effectieve thermische capaciteit C [J/K] voor verschillende types constructies vinden we terug in tabel 2 in Bijlage I van het EPB-besluit.

Tabel 66: Waarden van de effectieve thermische capaciteit C [J/K].

Type constructie	C [J/K]
Zwaar	217 000 x V
Halfzwaar	117 000 x V
Matig zwaar	67 000 x V
Licht	27 000 x V

V [m³] is het beschermd volume.

Het type constructie is in ons aangepast EPB-pakket een invoergegeven. We hebben in SAVER steeds een “halfzware” constructie verondersteld.

11.3. Netto energiebehoefte voor ruimteverwarming in SAVER-LEAP

11.3.1. De bottom-up benadering: SAVER

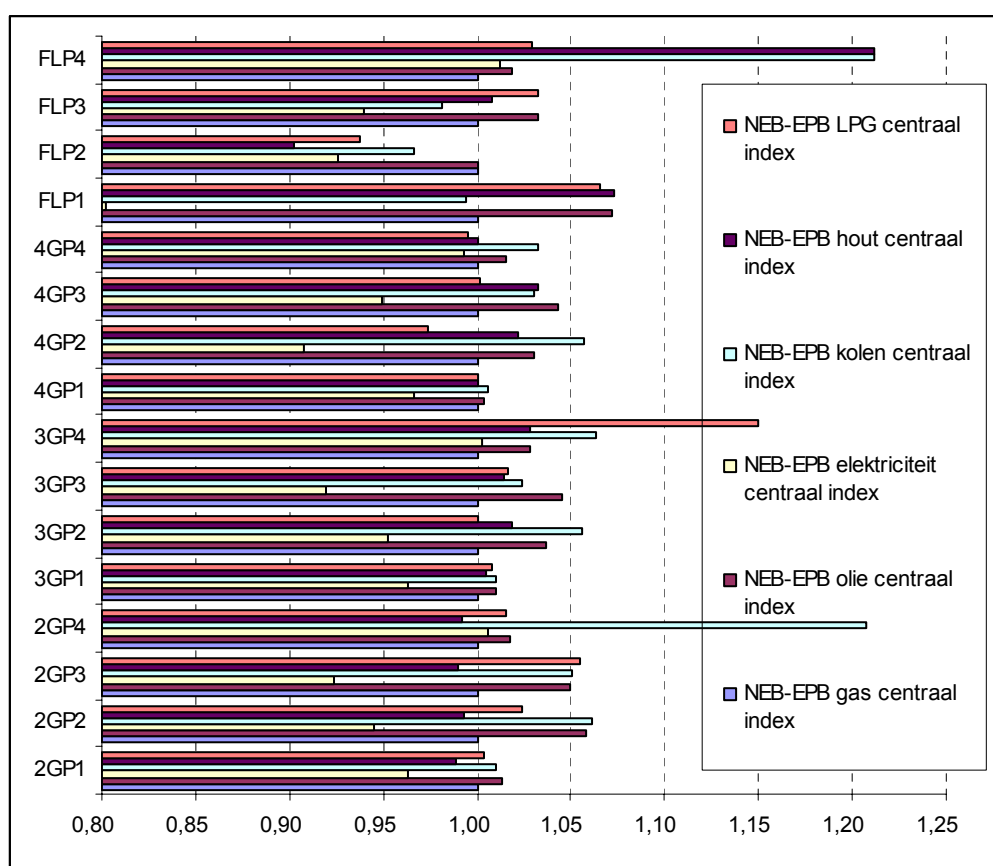
In de bottom-up analyse (het SAVER-gedeelte van ons model) hebben we – met behulp van de (aangepaste) EPB-rekenmethode – voor alle 216 typegebouwen de netto energiebehoefte (NEB) voor ruimteverwarming berekend.

De EPB-rekenmethode gebruikt een constante gemiddelde binnentemperatuur van 18° C. Deze gemiddelde binnentemperatuur is aanvaardbaar voor een referentiewoning die voldoet aan de (vanaf 2006) vereiste K-waarde van 45. Voor de gemiddelde bestaande woningen in Vlaanderen (met veel hogere K-waardes) is het onwaarschijnlijk dat deze gemiddelde binnentemperatuur een realistische waarde is. We willen idealiter de gemiddelde binnentemperatuur laten variëren in functie van het isolatiepeil van de woning. We maken hiervoor gebruik van een formule van Hens [1996], met name $\theta_{inside} = 15,7 - 0,0043(U_m A_T)$. Hierbij hebben we echter het intercept van 15,7° C (ad hoc) vervangen door 18° C. Alhoewel we de netto energiebehoefte (NEB) per woning hierdoor meer dan waarschijnlijk nog overschatten, zullen we dat in een latere fase opvangen door bepaalde veronderstellingen te maken rond de verwarmde vloeroppervlakte (zie verder). Voor flats hebben we wel gewoon een gemiddelde binnentemperatuur van 18 °C gehanteerd. Immers, “Bij appartementen gaat de

reboundredenering minder op. Daar zit men veeleer met een vraag zijn het appartementen voor permanent verblijf of gaat het om weekendverblijven" (Hens, 2007).

We hebben in feite aparte NEBs berekend voor typewoningen die (als hoofdverwarming) gebruik maken van centrale of lokale verwarming (cv of lv), en per cv of lv ook nog eens per type energiedrager (aardgas, huisbrandolie, elektriciteit, steenkool, hout of LPG). Dit geeft een totaal van $216 \times 2 \times 6 = 2\,592$ berekende NEBs. De geobserveerde isolatiegraad verschilt immers enerzijds naargelang men de woning verwarmt met cv of lv en anderzijds naargelang de gebruikte energiedrager. De data omtrent het verband tussen isolatiepeil, cv of lv en energiedrager zijn afkomstig van de SEE van de ADS uit 2001¹¹². Ten behoeve van LEAP hebben we gewogen gemiddelden genomen voor de 16 typewoningen in LEAP. We tonen de resultaten van deze oefening in relatieve termen, waarbij we de NEB voor typewoningen *centraal* verwarmd met aardgas gelijk stellen aan 100.

Figuur 28: De relatieve ⁽¹⁾ netto energiebehoefte (NEB) bij centrale verwarming met verschillende energiedragers voor de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)



(1) centraal verwarmd met aardgas index = 1.

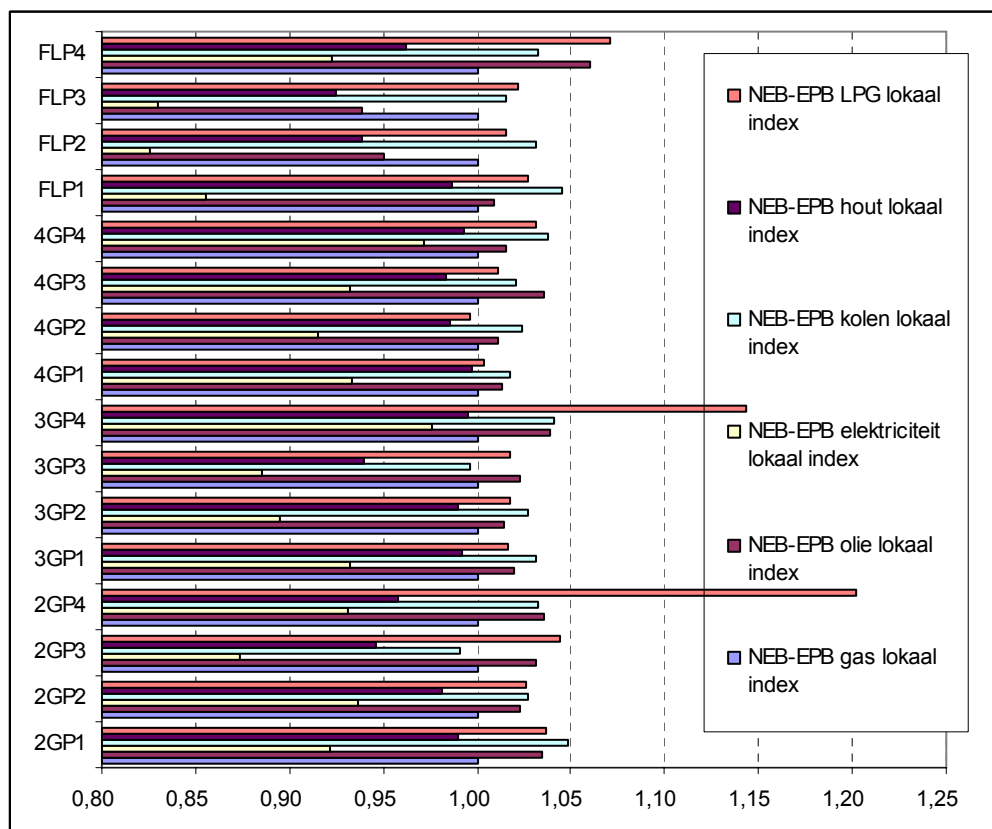
2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

De netto energiebehoefte (NEB) voor centraal verwarmde woningen (behalve flats) is duidelijk hoger indien de gebruikte energiedrager huisbrandolie of steenkool is in plaats van aardgas. Het grootste verschil in het geval van huisbrandolie noteren we voor rijwoningen gebouwd tussen 1946 en 1970 (index 1,06). Een gelijkaardige redenering geldt – in mindere mate – voor hout en LPG. De met elektriciteit verwarmde woningen zijn – zoals te verwachten – doorgaans beter geïsoleerd, behalve voor – merkwaardig genoeg – recente woningen. Voor flats is het plaatje minder eenduidig. Oude (voor 1945) met olie gestookte flats doen het beduidend slechter dan met gasgestookte flats (index 1,07), terwijl elektrisch verwarmde flats

¹¹² Er kan uiteraard ook nog een (systematisch) verband bestaan tussen geometrie van de woning en gebruikte energiedrager. Harde gegevens hierover ontbreken. Een dergelijk verband lijkt ons hoe dan ook vrij onwaarschijnlijk.

in deze bouwjaarklasse het zeer goed doen (index 0,80). We mogen hierbij niet vergeten dat we rekening houden met renovatie. Sommige piekwaarden, zoals voor kolen of LPG, hebben weinig betekenis omdat deze energiedragers (nog) nauwelijks voorkomen (het betreft m.a.w. een zeer beperkt aantal woningen).

Tabel 67: De relatieve ⁽¹⁾ netto energiebehoefte (NEB) bij lokale verwarming met verschillende energiedragers voor de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)



(1) lokaal verwarmd met aardgas index = 1.

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bij lokaal verwarmde woningen (niet flats) zien we dat het isolatiepeil van met olie verwarmde woningen eveneens slechter is dan van met aardgas verwarmde woningen. Hierbij dient vermeld dat relatief weinig woningen olie voor lokale verwarming gebruiken. Woningen met lokale elektrische verwarming presteren merkbaar beter dan lokaal met aardgas verwarmde woningen.

11.3.2. "rebound effecten" en overeenstemming met de energiebalans van Vito

We merken dat als we de absolute waarden van de in SAVER berekende NEBs per typewoning [in MJ per woning] vermenigvuldigen met het aantal relevante typewoningen, we een energiegebruik verkrijgen dat (nog) veel te hoog is om in overeenstemming te kunnen brengen met de energiebalans Vlaanderen opgesteld door de Vito¹¹³. Dit is zelfs zo na de bovenvermelde "correctie" voor de gemiddelde binnentemperatuur.

Om onze bottom-up analyse in overeenstemming te brengen met de energiebalans moeten we "proefondervindelijk" een aantal veronderstellingen maken over de daadwerkelijk verwarmde vloeroppervlakte, ook al bevindt de zogezegd 'niet verwarmde vloeroppervlakte'

¹¹³ Hierbij houden we uiteraard rekening met de seizoensrendementen van de verwarmingsinstallaties, en met het energiegebruik van de overige (al dan niet gebouwgebonden) energiefuncties zoals productie van warm water, ventilatie, verlichting, enz.

(o.m. gangen, hal, hulpruimten) zich binnen het “beschermd volume” (BV)¹¹⁴. Garages of kelderruimten zijn geen bewoonbare oppervlakte en horen normaliter niet thuis in het beschermd volume. “*Correcte afbakening van het beschermd volume is niet altijd vanzelfsprekend.*” (Vito, 2006c). Het beschermd volume (BV) is in de eerste plaats het volume dat de bewoners actief verwarmen. Tot het BV behoren “*lokale die door transmissieverliezen verondersteld worden om op temperatuur te blijven zonder verwarming in de kamer zelf. Dit zijn vaak bufferruimtes : gangen, trappen, toiletten, bergruimtes...*” (Vito, 2006c)¹¹⁵ Het uiteindelijke criterium is de grens van de isolatielaag, maar bij oudere niet-geïsoleerde gebouwen (<1945) die eventueel verbouwingen hebben ondergaan is dat niet (altijd eenduidig) te bepalen. De veronderstelde verwarmde vloeroppervlakte kan soms sterk afwijken van de in theorie totale beschikbare bruto of netto vloeroppervlakte of zelfs van de bewoonbare oppervlakte. We nemen bovendien aan dat bij lokaal verwarmde woningen de verwarmde vloeroppervlakte kleiner is dan bij centraal verwarmde woningen. Het lijkt ons niet onlogisch te veronderstellen dat in woningen met uitsluitend lokale verwarming de bewoners slechts een beperkt aantal ruimten daadwerkelijk verwarmen. De correcte definitie van beschermd volume en energiesectoren is “*het moeilijkst bij plaatselijke verwarming : veel lokalen zonder verwarming.*” (Vito, 2006c) De uiteindelijk door ons weerhouden waarden voor de verwarmde vloeroppervlakte (vvo) zijn niet meer dan “guesstimates”, waarbij we vooral trachten de geschatte totalen zo goed mogelijk in overeenstemming te brengen met de totalen van de energiebalans Vlaanderen.

Voor de eenvoud tonen we voor het specifiek energiegebruik [MJ/(m³.jaar)] en de daadwerkelijk verwarmde vloeroppervlakte [m²] enkel de gewogen gemiddelde waarden over alle energiedragers heen voor de 16 typewoningen in LEAP.

Tabel 68: *Specifiek energiegebruik voor ruimteverwarming en verwarmde vloeroppervlakte van centraal en lokaal verwarmde woningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)*

	NEB specifiek [MJ/m ³]	vvo ^(*) centraal [m ²]	vvo ^(*) lokaal [m ²]	vvo ^(*) VITO [m ²]
2GP1	229	64	47	57
2GP2	184	76	60	79
2GP3	155	86	65	90
2GP4	133	90	72	113
3GP1	224	88	67	66
3GP2	190	100	74	92
3GP3	171	103	69	105
3GP4	148	110	87	131
4GP1	234	109	84	72
4GP2	202	114	84	101
4GP3	184	119	71	116
4GP4	155	135	94	144
FLP1	206	59	42	14
FLP2	171	67	47	19
FLP3	148	69	41	22
FLP4	127	72	53	28

(*) vvo = verwarmde vloeroppervlakte

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bron: eigen berekeningen en Vito (2003)

Het is zeer moeilijk in te schatten in hoeverre onze specifieke energiegebruiken [MJ/(m³.jaar)] representatief zijn voor de Vlaamse woningstock in 2005. We gebruiken enkele referentiepunten.

¹¹⁴ Het beschermd volume omvat niet alleen de ruimten die continu of intermitterend worden verwarmd, maar ook alle ruimten die indirect worden verwarmd, i.e. de ruimten waar geen verwarmingslichamen zijn voorzien maar waar een indirecte verwarming gewenst is dank zij de warmtewinsten die optreden door sommige binnenwanden.

¹¹⁵ Volgens NBN B62-003 is een onrechtstreeks verwarmd vertrek een vertrek waarin geen bepaalde behaaglijkheidseisen moeten worden vervuld (waar dus gebeurlijk geen verwarmingslichamen zullen worden opgesteld), maar waar een onrechtstreekse verwarming door de binnenwanden gewenst of mogelijk is.

In het EL²EP-project definieerden de onderzoekers 5 referentiewoningen. De netto energiebehoefte [in MJ/(m³.jaar)] voor deze woningen in niet-geïsoleerde toestand zijn 215 MJ/m³ voor rijwoningen met massieve muren en 184 MJ/m³ voor rijwoningen met spouwmuren; 305 MJ/m³ voor open bebouwing met massieve muren en 269 MJ/m³ voor open bebouwing met spouwmuren; 309 MJ/m³ en 662 MJ/m³ voor niet c.q. wel-architecturale open bebouwing met massieve muren en 252 MJ/m³ en 585 MJ/m³ voor niet c.q. wel-architecturale open bebouwing met spouwmuren; en tot slot 144 MJ/m³ voor flats met massieve muren en 128 MJ/m³ voor flats met spouwmuren. (Verbeeck, 2007, p. 167) Als we “massieve muren” gelijk stellen met periode P1 (voor 1945) en “spouwmuren” met periode P2 (1946-1970) dan overschatten we het specifiek energiegebruik voor rijwoningen en voor niet-architecturale open bebouwing, en onderschatten we het specifiek gebruik voor halfopen bebouwing. Hierbij dient vermeld dat het EL²EP-project een constant volume veronderstelde van ca. 470 m³, en een totale vloeroppervlakte die varieert van 140 tot 175 m². Voor oudere flats zitten we ver boven de referentiewaarden van het EL³EP-project. In tegenstelling tot het EL²EP-project vertrekken we echter niet van een “centraal gelegen flat”, maar van een 3-gevel flatgebouw met ongeveer 3 à 4 bouwlagen en met gemiddeld 6 à 7 flats.

Als we in SAVER het gewogen gemiddelde specifiek *finaal* energiegebruik voor ruimteverwarming [MJ/(m³.jaar)] berekenen voor Vlaanderen in 2005, dan komen we uit op 277 MJ/m³. Dit is 18,8 % hoger dan de gemiddelde waarde van 233 MJ/m³ uit Hens en Verbeeck (2002). Onze hoge waarde is het gevolg van het relatief grote aandeel van oude, slecht geïsoleerde woningen in de Vlaamse woningstock, in samenhang met het feit dat we vooral het specifiek energiegebruik van rijwoningen van voor 1945 relatief hoog inschatten. Voor zover we weten is de gemiddelde waarde van 233 MJ/m² gebaseerd op een bestand dat heel weinig oude woningen (van voor 1945) bevat.

We vergelijken tot slot onze waarden voor verwarmde vloeroppervlakte met deze uit de Vito (2003) studie. Geen van beide resultaten zijn erg bevredigend. Zoals eerder vermeld lijkt het volume in de Vito studie een soort (niet nader gepreciseerde) functie te zijn van de bouwjaarklasse, en waarbij Vito (arbitrair) veronderstelt dat 60 % van de totale beschikbare vloeroppervlakte daadwerkelijk wordt verwarmd. Het “voordeel” van de Vito methode is dat de veronderstelde verwarmde vloeroppervlakte een functie is van zowel woningtype als van de ouderdom. Het nadeel is dat sommige waarden, zeker de verwarmde vloeroppervlakten van oudere flats, wel bijzonder klein zijn. Onze waarden voor de verwarmde vloeroppervlakte wijken – wat betreft centraal verwarmde woningen – niet eens zo gek veel af van de VITO waarden, met uitzondering voor flats. We beklemtonen nogmaals dat zowel onze als – naar we veronderstellen – de Vito methode finaal een zuivere *ad hoc* methode is, die vooral moet dienen om de bottom-up analyse in overeenstemming te brengen met de energiebalans van Vlaanderen.

Het werkelijke probleem is uiteindelijk de zeer gebrekkige statistische basis waarmee we moeten werken. In plaats van betwistbare veronderstellingen te maken, zou het beter zijn indien onderzoekers konden beschikken over een goede databank i.v.m. de geometrie en de isolatiekwaliteit van de bestaande woningen, naast enquête-gegevens over het gedrag van de bewoners.

Wij hebben daarom besloten om de waarden inzake netto energiebehoefte uit SAVER, in termen van MJ per jaar en per typewoning, toch te blijven hanteren. De onzekerheden in menselijk gedrag zijn zo groot, en de statistische basis omtrent de Vlaamse woningstock is zo wankel, dat “herberekeningen” weinig garantie bieden op meer waarheidsgetrouwheid.

11.3.3. NEBs in LEAP en overeenstemming met de energiebalans Vlaanderen

In principe kunnen we nu de met SAVER berekende en nadien “aangepaste” NEB-waarden voor alle 216 typegebouwen invoeren in het LEAP-gedeelte van ons model. We doen dit niet, om twee redenen:

Primo. Alhoewel de bottom-up analyse aantoont dat er wel degelijk een verband bestaat tussen gebruikte energiedrager en het waargenomen isolatiepeil, maken we – vooral omwille van praktische redenen – voor de 16 typewoningen in LEAP slechts een onderscheid tussen

de NEBs voor *centraal* en *lokaal* verwarmde woningen. Het invoeren van 12 verschillende NEBs voor 16 typewoningen (16 x 12 = 192) zou veel te omslachtig zijn. De weerhouden NEBs voor cv en lv zijn dan een gewogen gemiddelde van de NEBs voor de verschillende energiedragers. Door in LEAP een expliciet onderscheid te maken tussen NEBs voor *centrale* en *lokale* verwarming, kunnen we bij de scenario-analyses rechtstreeks rekening houden met een beperkt “rebound effect”. Immers, bij de omschakeling van lokale naar centrale verwarming zullen de bewoners (althans in LEAP) automatisch een groter deel van het (beschermd) volume verwarmen.

Secundo. Onze bottom-up analyse (waarin we ook rekening houden met de aandelen van de verschillende types verwarmingsinstallaties en hun seizoensrendementen, zie verder) geven voor huishoudens heel andere aandelen van de energiedragers in de totale energiebalans voor huishoudens dan in de energiebalans Vlaanderen opgesteld door de Vito. Deze problematiek is uitgebreid besproken in de “Memo: problemen met het SAVER-LEAP model” (opgenomen in bijlage). Tijdens een bijeenkomst van het begeleidingscomité is overeengekomen dat we LEAP in overeenstemming moeten brengen met de energiebalans van de Vito, die qua verdeling van het totale energiegebruik over de verschillende energiedragers sterk afwijkt van onze bottom-up energiebalans¹¹⁶. Om dit probleem “op te lossen” gebruiken we de relatieve aandelen of verhoudingen (tussen o.m. de verschillende energiefuncties of tussen de typewoningen) uit onze bottom-up energiebalans, en passen deze toe op de globale energiebalans voor huishoudens van de Vito. Op deze manier zijn we zeker dat de totalen in LEAP overeenstemmen met deze van de energiebalans Vlaanderen opgesteld door de Vito.

Tabel 69: Gewogen gemiddelde netto energiebehoefte (NEB) voor 16 typewoningen in in LEAP en vergelijking van het finaal gebruik met Nuon en MAW (Vlaanderen, 2005)

	LEAP NEB centraal [MJ/woning]	LEAP finaal centraal [kWh/woning]	NUON finaal aardgas [kWh/woning]	Milieu Advies Winkel finaal aardgas [kWh/woning]	LEAP NEB lokaal [MJ/woning]
2GP1	40.162	17.069	18.563	19.837	29.630
2GP2	38.057	16.735			29.716
2GP3	36.241	15.874			27.531
2GP4	32.581	12.936	13.971		26.094
3GP1	54.608	23.420	24.425		41.709
3GP2	52.537	23.775			39.036
3GP3	48.669	21.614		20.807	32.711
3GP4	45.087	17.939	17.000		35.630
4GP1	74.738	32.461	24.425		57.442
4GP2	67.471	30.100			49.820
4GP3	64.077	28.815			38.004
4GP4	61.232	24.267	24.181	23.690	42.838
FLP1	34.506	14.599	14.655		24.742
FLP2	32.691	14.610			23.001
FLP3	29.104	12.529		13.748	17.433
FLP4	25.807	10.023	10.210		19.178

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bron: eigen berekeningen, MilieuAdviesWinkel Gent (www.bouwwijzer.be), en Nuon (s.d)

De tweede en de laatste kolom uit de tabel tonen de *specifieke* netto energiebehoefte voor ruimteverwarming per typewoning [MJ per woning in 2005] in LEAP voor centrale c.q. lokaal verwarmde typewoningen. Dit zijn de waarden berekend met het (aangepast) EPB-pakket, met ‘correctie’ van de gemiddelde binnentemperatuur (behalve voor flats) en na het toepassen van de correctiefactor voor verwarmde vloeroppervlakte. Dit zijn de waarden die we moeten gebruiken om onze bottom-up energiebalans volledig te doen overeenstemmen met de energiebalans van 2005 zoals opgesteld door de Vito.

¹¹⁶ Dit is nog een reden waarom het project grote vertraging heeft opgelopen.

Op zich zijn dat geen onrealistische waarden, zeker niet indien we deze waarden (in SAVER-LEAP, zie verder) omzetten naar *finaal* energiegebruik per typewoning per jaar [kWh/woning] en vergelijken met waarden uit de praktijk.

In een brochure met energietips geeft Nuon voor Vlaanderen het gemiddeld jaarlijks aardgasgebruik voor centrale verwarming (Nuon, s.d., p. 7). Nuon vermeldt enkel de woningtypes (gesloten, halfopen, open bebouwing en flats), en niet de bouwjaarklassen. We hebben in de tabel de minimumwaarden naast recente woningen geplaatst, en de maximumwaarden naast de oudste woningen. De overeenkomsten zijn bevreemdend goed (behalve voor oude open bebouwing, waar de ‘range’ van Nuon wel erg klein is¹¹⁷), temeer daar wij bij het maken van onze schattingen de Nuon gemiddelden nog niet kenden. Bovendien zou volgens Nuon bij lokale verwarming met aardgaskachels het aardgasgebruik ongeveer 20 % lager liggen dan bij centrale verwarming. Voor elektrisch verwarmde woningen is het finaal energiegebruik volgens Nuon zo’n 25 % lager dan voor gasverwarmde woningen.

De MilieuAdviesWinkel heeft in Gent en Destelbergen ongeveer 640 energie-audits uitgevoerd. Het gemiddeld jaarlijks gebruik van een gasverwarmde rijwoning is hoger dan onze overeenkomstige waarde, maar het betreft voor het grootste deel rijwoningen afkomstig uit de 19^e eeuwse gordel van Gent, die meestal niet geïsoleerd zijn (het dak in het beste geval). Het gemiddelde gebruik van 3- en vooral 4-gevel woningen is relatief laag, maar de meeste woningen betreffen vrijstaande woningen uit een recente wijk in Destelbergen die ‘in meer of mindere mate’ geïsoleerd zijn. Voor 2- en 3-gevelwoningen verwarmd met stookolie zijn er te weinig gegevens om als referentie te dienen. Op basis van 14 4-gevel woningen verwarmd met stookolie zou het gemiddeld jaarlijks stookoliegebruik 2 620 liter bedragen, of ongeveer 26 200 kWh. Dit is een stuk hoger dan voor gasverwarmde woningen, maar – gezien onze voorgaande discussie – niet geheel onverwacht. Tot slot bevat de dataset van de MilieuAdviesWinkel 12 elektrisch verwarmde woningen, waarvan het gemiddeld elektriciteitsgebruik voor verwarming 12 034 kWh per jaar bedraagt. Dat is behoorlijk laag (maar de bron vermeldt niet over welke woningtypen het gaat – 2, 3, 4-gevel of flat). Er zijn verschillende mogelijke oorzaken voor dit relatief lage gebruik: elektrisch verwarmde woningen zijn doorgaans beter geïsoleerd (zie voorgaande), en/of elektrische verwarming is zo duur dat de bewoners gewoon genoeg nemen met minder comfort, of minder ruimten gaan verwarmen.

De voorbije twee jaar hebben een aantal bezoekers van het energieforum van de Bond Beter Leefmilieu (BBL) gegevens verstrekt over hun woning (waaronder grootte, bouwjaar, isolatiepeil), jaarlijks energiegebruik en watergebruik. Als we – zonder enige wetenschappelijke pretentie na te streven – de opgegeven waarden vergelijken met onze gemiddelden, dan vinden we meestal toch een vrij goede overeenstemming.

Vanuit wetenschappelijk oogpunt heeft bovenvermelde casuïstiek weinig of geen waarde. De datasets vormen immers geen representatieve steekproef van de Vlaamse woningstock in 2005. Maar het stemt ons toch hoopvol dat onze “ruw geschatte” waarden niet helemaal in tegenspraak zijn met deze gevalstudies.

11.3.4. Bemerkingen rond het bepalen van de NEBs voor ruimteverwarming

De “bottom-up” aanpak in SAVER gaf niet meteen bevredigende resultaten wat betreft het bepalen van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming in termen van *energiegebruik per woning* [MJ per woning per jaar]. De eerder aangehaalde mogelijke redenen hiervoor zijn:

- De geometrie van onze typewoningen is niet representatief genoeg;
- We overschatten het aandeel van de verwarmde vloeroppervlakte in de totale vloeroppervlakte (of van het beschermd volume in het totale bouwvolume);

¹¹⁷ Wij vermoeden een tikfout – wellicht bedoelt Nuon 34.425 kWh/woning.jaar als maximum waarde.

- Het gebruik van de EPB-software is niet optimaal voor dit soort oefeningen. Alhoewel we een aantal aanpassingen in de EPB-methodiek hebben doorgevoerd (in het bijzonder wat betreft de aannames rond de gemiddelde binnentemperatuur), hebben we toch nog altijd een aantal “waarden bij ontstentenis” uit de EPB-methode gebruikt. Overschattingen kunnen bijvoorbeeld het gevolg zijn van het gebruik van een forfaitaire toeslag voor koudebruggen (overschatting van de transmissieverliezen) of van een te pessimistische inschatting van de luchtdichtheid (overschatting van de ventilatieverliezen) (Hens, 2007).

Waar we vooral nood aan hebben is een inzicht in hoezeer de isolatiekwaliteit (en eventueel andere variabelen, zoals gezinsinkomen) een invloed hebben op zowel het instellen van de gemiddelde binnentemperatuur als op de beslissing om bepaalde ruimten al dan niet te verwarmen. Met de huidige kennis is dat nauwelijks te kwantificeren. Dat is één van de redenen waarom we hebben gekozen voor LEAP. In LEAP kan men eenvoudig veronderstelde waarden aanpassen op basis van ‘expertenoordeel’, en doorrekenen wat hiervan de gevolgen zijn.

Bij het schatten van de effecten van energiebesparingsmaatregelen m.b.t. de gebouwschil zullen we daarom niet zozeer de nadruk leggen op *absolute* besparingseffecten [bijvoorbeeld MJ besparing op ruimteverwarming per maatregel] dan wel op *relatieve* effecten [i.e. x % besparing op de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming].

11.4. Oververhitting en koeling

11.4.1. De EPB-methode

De berekening volgens Bijlage I van het EPB-besluit verloopt in drie stappen:

- Bepaal de indicator voor oververhitting;
- Bepaal de conventionele waarschijnlijkheid op plaatsing van actieve koeling;
- Bepaal het energiegebruik voor koeling.

We wijken in ons aangepast EPB-pakket niet veel af van de officiële EPB software. We gaan hier niet dieper in op de berekeningswijzen, omdat het gebruik van actieve koeling in de bestaande woningstock erg beperkt is, en omdat men actieve koeling in de toekomstige woningen eigenlijk niet zou mogen / moeten toepassen. Voor meer details verwijzen we naar het EPB-besluit.

11.4.2. Ruimtekoeling in SAVER-LEAP

We kunnen ruimtekoeling niet volledig negeren in SAVER-LEAP. We hebben daarom in SAVER voor de 16 typewoningen in LEAP de gewogen gemiddelde netto energiebehoefte voor ruimtekoeling berekend.

Tabel 70: Ruimtekoeling: netto energiebehoefte [NEB], rendementen en aandelen voor de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	NEB koeling [MJ/woning]	rendement airco [%]	rendement WP [%]	aandeel woningen [%]	aandeel airco [%]
2GP1	1 166	90%	225%	1,50%	100,00%
2GP2	1 819	90%	225%	1,50%	100,00%
2GP3	2 439	90%	225%	1,50%	100,00%
2GP4	3 723	90%	225%	1,50%	78,30%
3GP1	1 268	90%	225%	1,50%	100,00%
3GP2	1 847	90%	225%	1,50%	100,00%
3GP3	2 294	90%	225%	1,50%	100,00%
3GP4	3 417	90%	225%	1,50%	78,30%
4GP1	1 106	90%	225%	1,50%	100,00%
4GP2	1 634	90%	225%	1,50%	100,00%
4GP3	1 989	90%	225%	1,50%	100,00%
4GP4	3 277	90%	225%	1,50%	78,30%
FLP1	926	90%	225%	1,50%	100,00%
FLP2	1 282	90%	225%	1,50%	100,00%
FLP3	1 676	90%	225%	1,50%	100,00%
FLP4	2 446	90%	225%	1,50%	78,30%

WP = (omgekeerde) warmtepomp

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

De tweede kolom toont de berekende jaarlijkse netto energiebehoefte per typewoning [MJ/woning]. We veronderstellen voor "gewone" airco een totaal rendement van 90 %, en voor (omgekeerde) warmtepompen van 225%. Bij gebrek aan data veronderstellen we arbitrair dat 1,5 % van alle woningen in Vlaanderen voorzien zijn van (actieve) ruimtekoeling, gelijk verdeeld over alle beschouwde typewoningen. Enkel voor recente woningen veronderstellen we (arbitrair) een aandeel in de netto energiebehoefte voor ruimtekoeling van 21,7 % voor omgekeerde warmtepompen¹¹⁸.

In termen van finaal gebruik [kWh per woning per jaar] variëren onze waarden van 286 tot 999 kWh. BEA (s.d.) geeft voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest een gemiddelde waarde voor airconditioning van 960 kWh per jaar, gebaseerd op een gebruiksduur van 60 dagen en een gebruiksfrequentie van 5 uur per dag. Eandis (2006) geeft een "gemiddeld" gebruik anno 2005 voor airco (500 uur per jaar) van 400 tot 700 kWh/jaar. Vito (2007b, p. 47) veronderstelt een gemiddeld jaarlijks gebruik voor airconditioning van 600 kWh per woning.

In feite is – volgens onze hypotesen – het elektriciteitsgebruik voor ruimtekoeling in Vlaanderen in 2005 in absolute termen marginaal (zelfs minder dan 0,1 % van het totale finale energiegebruik van huishoudens). In geval van een hypothetisch "worst case" scenario zou dat aandeel wel aanzienlijk kunnen toenemen. LEAP is bijgevolg voorzien op het uitwerken van dergelijke (weinig realistische en zeker niet wenselijke) scenario's.

11.5. Netto energiebehoefte voor warm tapwater

11.5.1. De EPB-methode

Het EPB-besluit vertrekt voor het bepalen van de netto energiebehoefte voor warm tapwater van de volgende veronderstellingen:

- Men beschouwt enkel douches en baden in badkamers en aanrechten in de keuken. Andere tappunten (lavabo's in slaapkamers, aanrechten in bergingen, enz.) laat men buiten beschouwing;
- Men veronderstelt dat douches/baden een aandeel hebben van 80 %, en keukenaanrechten een aandeel van 20 %;

¹¹⁸ De aanname is dat 10 % van de koelingsinstallaties in recente woningen omgekeerde warmtepompen zijn. Om conceptuele redenen moeten we dat aandeel in LEAP omzetten naar een aandeel in de NEB voor ruimtekoeling.

- Men verdeelt het gebruik gelijkmatig over de verschillende douches/baden, indien er meerdere douches en/of baden in het beschermd volume aanwezig zijn. Idem voor keukenaanrechten;
- Men rekent met een vast gebruik van warm tapwater van 30 liter warm water (60 °C) per persoon per dag. Men veronderstelt dat hoe groter de woning, hoe groter het aantal inwoners, zodat het gebruik van warm tapwater toeneemt met het beschermd volume.

De maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van één douche of bad $Q_{\text{bath},i,m}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{\text{bath},i,m} = r_{\text{bath},i} \times f_{\text{bath},i} \times \max\{64; 64 + 0,220 \times [V - 192]\} \times t_m$$

De maandelijkse netto energiebehoefte voor warm tapwater van één keukenaanrecht $Q_{\text{sink},i,m}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{\text{sink},i,m} = r_{\text{sink},i} \times f_{\text{sink},i} \times \max\{16; 16 + 0,055 \times [V - 192]\} \times t_m$$

De reductiefactor r [-] houdt rekening met het effect van voorverwarming van de koudwatertoevoer naar douche/bad of keukenaanrecht. Deze reductiefactor wordt bepaald volgens door de overheid vastgelegde regels, en lijkt – voor onze doeleinden althans – nodeloos ingewikkeld.

De factor f [-] geeft het aandeel van douche/bad of keukenaanrecht in het totaal aantal douches/baden c.q. keukenaanrechten in het beschermd volume. De factor $f_{\text{bath}} = 1/N_{\text{bath}}$ en $f_{\text{sink}} = 1/N_{\text{sink}}$, met N_{bath} en N_{sink} is het totaal aantal douches/baden c.q. keukenaanrechten in het beschermd volume V .

Het was aanvankelijk de bedoeling dat we deze EPB-methodiek zouden volgen. We hebben daar uiteindelijk van afgezien, om de volgende redenen:

- Bij toepassing van bovenstaande formules bleek dat we voor praktisch alle typewoningen steeds op de maximale waarde uitkwamen. In vergelijking met literatuurgegevens uit binnen- en buitenland leken deze waarden ons bovendien onderschat;
- De EPB-methodiek laat niet expliciet toe om rekening te houden met een aantal besparingsmaatregelen wat betreft warm tapwatergebruik, bijvoorbeeld spaardouchekoppen of debietbegrenzers.

11.5.2. De SAVER-LEAP methode

We baseren ons voor het bepalen van de warmwaterbehoefte niet op het beschermd volume van de typewoning zoals in de EPB-rekenmethode, maar wel rechtstreeks op de gemiddelde gezinsgrootte per typewoning. In feite is de redenering in de EPB-methode dat er een sterke (lineaire) correlatie bestaat tussen aantal gezinsleden en de grootte van de woning in termen van beschermd volume. De Nedelandse tegenhanger van de Vlaamse EPB, de NEN 5128, gaat eveneens uit van de logische veronderstelling dat het aantal bewoners evenredig stijgt met de grootte van de woning. Deze aanname zou echter niet correct zijn. “*Via BEK en BAK studies kan het aantal bewoners gerelateerd worden aan het woningtype. Hierbij stijgt het gemiddelde bewonertal slechts licht voor grotere woningtypes. De spreiding in het bewonertal is echter zeer groot. Hierdoor is niet met redelijke betrouwbaarheid aan te geven of er twee, drie of vier bewoners in een tussen, hoek, twee onder één kap of vrijstaande woning wonen.*” (IVEM, 2004, p. 37) Daarom is voor een nauwkeurige bepaling van het warm tapwater gebruik een rechtstreekse koppeling aan het bewonertal noodzakelijk. Het gebruik van warm tapwater zou eveneens sterk afhankelijk zijn van de leeftijd. (IVEM, 2004, p. 39)

Het lijkt ons bijgevolg logischer om de tussenstap te laten vallen en ons rechtstreeks te baseren op het geschat (gemiddeld) aantal gezinsleden. De gemiddelde gezinsgrootte per typewoning hangt – in onze niet geheel realistische veronderstellingen – enkel af van het typegebouw (rijwoning, driegevel of open bebouwing, of flat), niet van de bouwjaarklasse. We zorgen ervoor dat de gewogen gemiddelde gezinsgrootte overeenstemt met de waarde voor Vlaanderen in 2005, met name 2,39.

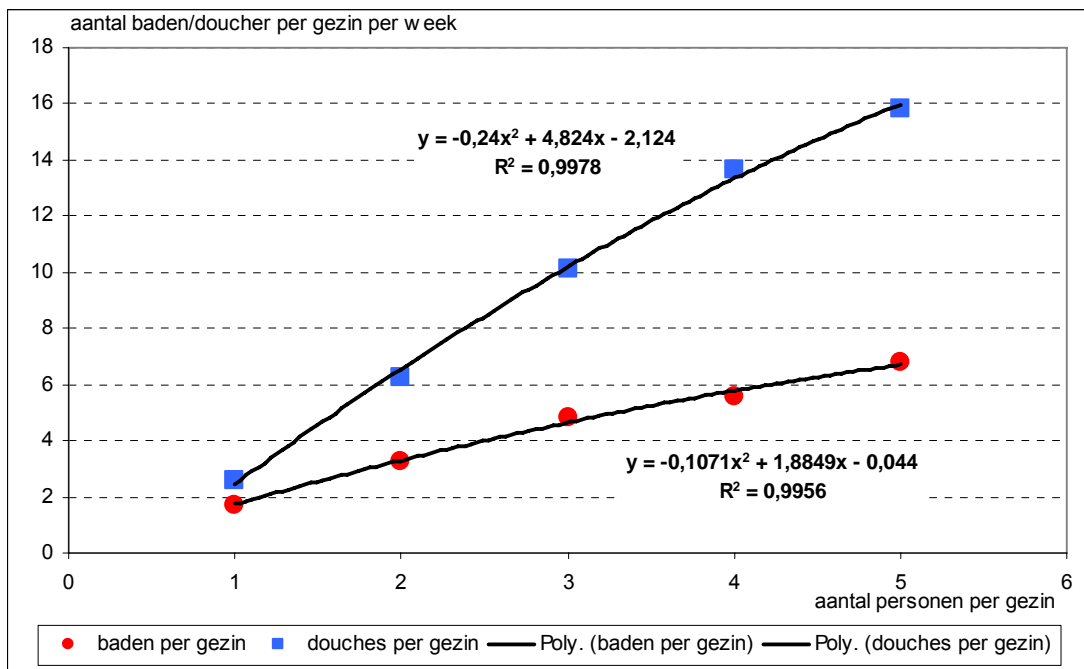
Tabel 71: Gebruik van warm tapwater volgens SAVER (Vlaanderen, 2005)

	gemiddelde gezinsgrootte	liter bad/douche per jaar	liter keuken per jaar
2G	2,17	23 884	3 165
3G	2,51	27 582	3 655
4G	3,05	33 541	4 444
FL	1,54	16 872	2 236

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat..

Zoals in de EPB-methode maken we een onderscheid naar warmwaterbehoefte voor baden en douches enerzijds en voor de keuken (aanrecht) anderzijds.

Figuur 29: Relatie tussen gezinsgrootte en aantal baden / douches per week



Bron: eigen berekeningen (polynomiale regressie) op basis van VEA enquêtes.

Voor baden en douches schatten we eerst de penetratiegraden: welk percentage van gezinnen (per typewoning) beschikt over een bad en/of douche? Onze belangrijkste gegevensbron hierbij zijn de VEA-enquêtes. Op basis van het geschat aantal baden / doucher per persoon per week, het aantal liter water gebruikt per bad / douche, het aantal weken per jaar dat een gezin bad of douche gebruikt (denk aan afwezigheid bij vakanties!) kunnen we eenvoudig berekenen hoeveel liter warm water een gezin per jaar gebruikt voor bad of douche, mits we ook rekening houden met de penetratiegraad van spaardouchekoppen en het percentage warmwater dat men men deze waterbesparingsmaatregel per douchebeurt kan besparen. Gegeven de warmtecapaciteit [4 200 J/(kg.K)] van water, de vereiste temperatuurverhoging [50 K] en de dichtheid van water (1), is het zeer eenvoudig om de netto energie behoefte (NEB) voor warm water voor bad en/of douche per gezin per jaar te berekenen.

Bij gebrek aan data hebben we voor alle 16 typewoningen in LEAP (bijna) steeds dezelfde veronderstellingen gebruikt. De penetratiegraad van warmwater is voor alle typewoningen 100 %, behalve voor woningen voor 1945 en uit de periode 1946-1970 waarvoor we een penetratiegraad van slechts 98 % veronderstellen. We veronderstellen verder dat 84 % van de gezinnen met warm water een bad heeft, en 52 % een douche. Het gemiddeld aantal baden per persoon per week is 1,68. Het gemiddeld aantal douches per persoon per week is 3,3. Een bad verbruikt 110 liter water per beurt, een douche 47 liter. Bad of douche worden

49 weken per jaar gebruikt (3 weken vakantie !). Het aandeel van spaardouchekoppen is 29 %. Met een spaardouchekop zou men 50 % water kunnen besparen.

Voor het warmwatergebruik in keuken (aanrecht) volgen we een gelijkaardige methode. We bepalen eerst de penetratiegraad van warmwater tapkranen voor aanrechten (blijkbaar beschikken nog niet alle gezinnen in Vlaanderen over warmtapwater !). Voor de gezinnen met warmtapwater in de keuken volgen we de EPB-methode en veronderstellen we dat het warmwatergebruik voor aanrechten 20 % bedraagt van het warmwatergebruik voor baden en/of douches (alhoewel we dit percentage in het SAVER-LEAP model kunnen variëren, in principe van 0 % tot 100 %). We kunnen vervolgens berekenen hoeveel liter warm tapwater een gezin per jaar gebruikt voor keukenaanrecht(en), mits we ook rekening houden met de penetratiegraad van debietbegrenzers en het percentage warmwater dat men met deze maatregel kan besparen. Hieruit berekenen we dan eenvoudig de netto energiebehoefte (NEB) voor warmtapwater voor keukenaanrechten.

We veronderstellen dat 75 % van alle gezinnen een debietbegrenzer heeft, en dat men hiermee 55 % kan besparen op het watergebruik.

Tabel 72: *Netto energiebehoefte (NEB in MJ per woning per jaar) en finaal energiegebruik [in kWh] voor warm tapwater in LEAP (Vlaanderen, 2005)*

	NEB warm tapwater [MJ/HH]	finaal warm water [kWh/HH]
2GP1	5 638	3 196
2GP2	5 928	3 375
2GP3	5 818	3 276
2GP4	5 517	3 060
3GP1	6 902	3 796
3GP2	7 330	4 155
3GP3	7 081	3 977
3GP4	6 638	3 718
4GP1	8 780	4 748
4GP2	9 568	5 466
4GP3	9 247	5 169
4GP4	8 837	5 002
FLP1	4 042	2 303
FLP2	4 286	2 456
FLP3	4 092	2 259
FLP4	3 856	2 039

HH = huishouden

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

De waarden voor de netto energiebehoefte voor de bereiding van warmwater die we gebruiken in LEAP wijken lichtjes af van de berekende waarden in SAVER, omdat we in LEAP de totalen moeten laten overeenstemmen met deze van de energiebalans Vlaanderen zoals opgesteld door de Vito.

Tabel 73: Gemiddeld jaarlijks energiegebruik voor de opwekking van warm tapwater volgens warmte-opwekker (Vlaanderen)

Warmwateropwekker	Energiedrager	Jaarlijks energiegebruik per huishouden [kWh]
Keukengeiser (klein debiet)	Aardgas	2.442 – 3.615
Badgeiser (groot debiet)	Aardgas	3.615 – 5.374
Aardgasboiler (100 – 200 liter)	Aardgas	4.983 – 6.888
Combiketel (doorstroom)	Aardgas	4.055 – 5.862
Combiketel met cv-boiler	Aardgas	4.250 – 6.057
HR combi-ketel	Aardgas	3.664 – 5.276
HR combi-ketel met cv-boiler	Aardgas	3.180 – 5.374
Elektrische boiler 10 liter	Elektriciteit	350 – 1.000
Elektrische boiler 80 liter	Elektriciteit	1.630 – 1.770
Elektrische boiler 120 liter	Elektriciteit	2.354 – 2.710

Bron: NUON (s.d.)

Hoe realistisch zijn deze waarden? Nuon (s.d., p. 10) geeft voor een aantal technieken gemiddelde 'jaarverbruiken'. De waarden voor het finaal gebruik voor de opwekking van warm tapwater die we in LEAP gebruiken – en die een mix van verschillende technieken voorstellen – liggen ruim binnen de grenzen van de NUON intervallen.

ABEA (s.d.) geeft (voor inwoners van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest) de volgende waarden voor het finaal gebruik voor warm water, per persoon per jaar (in de veronderstelling van 15 m³ warm water per persoon per jaar): doorstroomtoestel op gas (onafhankelijk van de cv-ketel: 750 kWh; doorstroomtoestel op gas ingebouwd in de cv-ketel: 800 kWh; elektrische boiler: 850 kWh; voorraadtoestel al dan niet ingebouwd in de cv-ketel: 1 000 kWh. Deze waarden liggen iets beneden onze waarden, doordat wij het gemiddeld warm water gebruik per persoon in Vlaanderen hoger inschatten.

Milieucentraal vermeldt voor een elektrische boiler (80 – 100 liter) een gemiddeld 'jaarverbruik' van 1 900 kWh per gezin.

11.6. Bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming

11.6.1. De EPB-rekenmethode

De maandelijkse bruto energiebehoefte voor ruimteverwarming $Q_{\text{heat,gross,m}}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{\text{heat,gross,m}} = \frac{Q_{\text{heat,net,m}}}{\eta_{\text{em,heat,m}} \times \eta_{\text{distr,heat,m}} \times \eta_{\text{stor,heat,m}}}$$

- De rekenwaarden voor het afgifrendement $\eta_{\text{em,heat,m}}$ [-] staan in tabel 6 van Bijlage I van het EPB-besluit, en hangen af van het type verwarming (centraal, plaatselijk of gemeenschappelijk). Bij centrale verwarming hangt de waarde ook af van de regeling van de vertrektemperatuur van het kringwater of van de lucht (constante of variabele instelwaarde) en van de regeling van de binnentemperatuur (temperatuurgestuurd per ruimte of anders). Men moet in geval van c.v. tevens het rendement met 0,08 verlagen indien één of meerdere warmte-afgifte elementen voor beglazing staan opgesteld;
- De rekenwaarden voor het verdeelrendement $\eta_{\text{distr,heat,m}}$ [-] staan in tabel 7 van Bijlage I van het EPB-besluit, en hangen af van het type verwarming (centraal, plaatselijk of gemeenschappelijk). Voor lokale verwarming is het verdeelrendement per definitie gelijk aan 1.
- De rekenwaarden voor het opslagrendement $\eta_{\text{stor,heat,m}}$ [-] staan in tabel 8 van Bijlage I van het EPB-besluit, en hangen af van het al dan niet aanwezig zijn van een of meer buffervaten al dan niet binnen het beschermd volume.

Indien we de EPB-rekenmethode volgen, dan is het aantal mogelijke combinaties voor het systeemrendement gelijk aan 32. Gezien de gebrekkige gegevensbasis heeft het voor SAVER-LEAP weinig zin om met dit grote aantal combinaties rekening proberen te houden.

11.6.2. De SAVER-LEAP methode

In SAVER-LEAP proberen we voor het basisjaar 2005 zoveel mogelijk rekening te houden met de werkelijke gemiddelde systeemrendementen van de verwarmingsinstallaties, per typewoning. We beschikken hiervoor echter over zeer weinig harde data.

Tabel 74: *Systeemrendement bij centraal met gas of olie verwarmde typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)*

	$\eta_{\text{cv/g}}$ cv gas [%]	η_{sys} cv olie [%]
2GP1	82,8%	82,8%
2GP2	83,3%	83,2%
2GP3	84,0%	83,9%
2GP4	84,4%	84,4%
3GP1	83,0%	83,0%
3GP2	83,6%	81,4%
3GP3	84,2%	84,1%
3GP4	84,5%	84,5%
4GP1	83,2%	83,1%
4GP2	84,1%	84,1%
4GP3	84,5%	84,5%
4GP4	84,6%	84,6%
FLP1	82,9%	82,8%
FLP2	83,5%	78,8%
FLP3	84,2%	84,1%
FLP4	84,5%	84,5%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

We maken voor centrale verwarming met gas- of olietel een onderscheid tussen “slechts” zes verschillende systemen. We onderscheiden vooreerst 3 hoofdsystemen, namelijk 1) constante instelwaarde van de vertrektemperatuur van het kringwater of van de lucht + centrale regeling van de binnentemperatuur, 2) constante instelwaarde van de vertrektemperatuur + temperatuurgestuurde regeling van de binnentemperatuur per ruimte; en 3) variabele instelwaarde van de vertrektemperatuur + temperatuurgestuurde regeling van de binnentemperatuur per ruimte. We schatten vervolgens voor elke typewoning de aandelen (of penetratiegraden) van deze 3 systemen. Voor elk van de drie bovenvermelde systemen maken we verder een onderscheid naargelang de binnenleidingen al dan niet thermisch geïsoleerd zijn. Deze laatste informatie halen we uit de sociaal-economische enquête (volkstelling) uit 2001 van de ADS (het voormalige NIS). Aan elk van deze 6 systemen kennen we tot slot een waarde voor het systeemrendement toe, gebaseerd op de EPB-rekenmethode. Op die manier kunnen we – per typewoning – een gemiddeld systeemrendement voor de centrale verwarming (indien relevant) bepalen.

Voor het bepalen van het systeemrendement van lokale verwarming baseren we ons in principe op de EPB-rekenmethode. SAVER-LEAP laat toe om hiervoor andere waarden in te voeren, in het geval dat ooit gegevens over de werkelijke gemiddelde systeemrendementen van lokale verwarming in de Vlaamse woningstock ter beschikking komen.

11.7. Bruto energiebehoefte voor warm tapwater

11.7.1. De EPB-rekenmethode

De maandelijks bruto energiebehoefte voor warm tapwater voor een douche/bad of keukenaanrecht i $Q_{\text{bath|sink } i, \text{ gross, m}}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{K i, gross, m} = r_{K i, gross} \times \frac{Q_{K i, net, m}}{\eta_{tubing, K i} \times \eta_{circ k, m}}$$

... staat voor bad/douche ("bath") of voor keukenaanrecht ("sink").

De reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer naar de warmte-opwekker(s) $r_{bath|sink i, gross}$ [-] wordt bepaald volgens door de overheid opgelegde regels. Deze regels waren tijdens de uitvoering van dit project nog niet gekend.

De bijdrage aan het systeemrendement van de tapleidingen naar douche/bad of keukenaanrecht $\eta_{tubing, bath|sink i}$ [-] is "bij ontstentenis" gelijk aan 0,72 voor douches/baden en 0,24 voor keukenaanrechten; of indien we rekening houden met de lengte van de tapleidingen :

$$\eta_{tubing, K i} = \frac{x}{x + \frac{l_{tubing, K i}}{r_{K i, net}}}$$

met $x = 25$ voor bad of douche en $x = 9,5$ voor keukenaanrecht.

De lengte van de leiding naar douche/bad of keukenaanrecht $l_{tubing, bath|sink i}$ [m] is een invoergegeven. Het EPB-besluit houdt geen rekening met de diameter van de leiding (om onderdimensionering te vermijden); en evenmin met eventuele isolatie van de tapleiding (men veronderstelt m.a.w. dat de leiding tussen twee tapbeurten volledig afkoelt).

We moeten verder een onderscheid maken tussen het al dan niet aanwezig zijn van een circulatieleiding. Als er geen circulatieleiding is, dan is de bijdrage van een circulatieleiding $\eta_{circ k, m}$ [-] gelijk aan 1. In het andere geval geldt:

$$\eta_{circ k, m} = \frac{Q_{circ k, m}}{Q_{circ k, m} + t_m \times \sum_j \frac{l_{circ k, j} \times (60 - \theta_{amb, m, j})}{R_{l, j}}}$$

De lengte van segment j van circulatieleiding $l_{circ k, j}$ [m] is een invoergegeven. De maandgemiddelde omgevingstemperatuur van leidingsegment j $\theta_{amb, m, j}$ [°C] hangt af van waar het leidingsegment is gelegen:

- Leidingsegment binnen het beschermd volume: $\theta_{amb, j, m} = 18$;
- Leidingsegment in een aangrenzenden onverwarmde ruimte AOR: $\theta_{amb, m, j} = 11 + 0,4 \times \theta_{e, m}$
- Leidingsegment buiten: $\theta_{amb, j, m} = \theta_{e, m}$

De waarde van de maandgemiddelde buitentemperatuur $\theta_{e, m}$ staat in tabel 1 van bijlage I van het EPB-besluit.

De lineaire warmteweerstand van leidingsegment j $R_{l, j}$ [mK/W] wordt bepaald volgens bijlage E.3 van het EPB-besluit. Het EPB-besluit houdt hierdoor rekening met de (eventuele) isolatie van de circulatieleiding. Voor onze doeleinden is dit een nogal omslachtige rekenprocedure.

De netto energiebehoefte voor alle douches/baden en keukenaanrechten bediend door leidingsegment k $Q_{circ k, m}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{circ k, m} = \sum w_{K i, circ, k} \times \frac{Q_{K i, net, m}}{\eta_{tubing, K i}}$$

De factor $w_{\text{bath/sink } i, \text{ circ } k}$ [-] is gelijk aan 1 indien het douche/bad of het keukenaanrecht i bediend wordt door de circulatieleiding k ; en gelijk aan 0 in het andere geval.

11.7.2. SAVER-LEAP methode

Circulatieleidingen komen vooral voor in sommige appartements- of flatgebouwen, en eventueel in een aantal woonblokken of sociale woonwijken. We houden in SAVER-LEAP voorlopig geen rekening met circulatieleidingen. De EPB-rekenprocedure vereist bijkomende, gedetailleerde gegevens waarover we voor de bestaande woningstock in Vlaanderen in 2005 niet beschikken. De rekenprocedure is bovendien vrij omslachtig, zeker wat betreft het berekenen van de lineaire warmteweerstand van de leidingsegmenten.

We houden voorlopig evenmin rekening met de reductiefactor voor het effect van de voorverwarming van de koudwatertoevoer. Hier zijn twee redenen voor. Ten eerste, we hebben wat voorverwarming betreft totaal geen zicht op de bestaande situatie in Vlaanderen in 2005. Ten tweede, de rekenprocedure in het EPB was bij het opstellen van het SAVER-LEAP model nog niet beschikbaar. Naar maatregelen toe is dit een punt waar we in de toekomst wel degelijk rekening mee zullen moeten houden.

We houden in SAVER-LEAP expliciet rekening met de lengte van de leidingen, zij het dat we voor de typewoningen weinig of geen idee hebben van wat de werkelijke gemiddelde lengten zijn in de Vlaamse woningstock. De gemiddelde lengte van de leidingen in Vlaamse woningen zou ongeveer 12 meter bedragen. We houden het voorlopig bij 5 meter als ‘waarde bij ontstentenis’.

11.8. Eindenergiegebruik voor ruimteverwarming

11.8.1. De EPB-methode

We gaan (voorlopig) uit van de veronderstelling dat er slechts 1 opwekkingstoestel is, zodat we geen rekening moeten houden met een “preferent” en “niet-preferent” geschakeld toestel.

Het maandelijks finaal energiegebruik voor ruimteverwarming $Q_{\text{heat,final,m}}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{\text{heat,final,m}} = \frac{(1 - f_{\text{as,heat,m}}) \times Q_{\text{heat,gross,m}}}{\eta_{\text{gen,heat}}}$$

11.8.1.1. Het opwekkingsrendement van warmte-opwekkers

Het opwekkingsrendement $\eta_{\text{gen,heat}}$ [-] is terug te vinden in tabel 10 uit Bijlage I van het EPB-besluit.

Tabel 75: Opwekkingsrendement voor ruimteverwarming

	Warmteopwekkingstoestel	Opwekkingsrendement
Centrale verwarming	Condenserende waterketel ⁽¹⁾⁽²⁾	$f_{1/h} \times [\eta_{30\%} + 0,003 \times (\theta_{30\%} - \theta_{ave,boiler})]$
	Niet-condenserende waterketel ⁽¹⁾⁽²⁾	$f_{1/h} \times \eta_{30\%}$
	Warme lucht generator ⁽¹⁾	$f_{1/h} \times \eta_{30\%}$
	Gebouwbonden WKK	$\varepsilon_{cogen,th}$
	Externe warmtelevering	$\eta_{equiv,heat,th}$
Plaatselijke verwarming	Elektrische weerstandsverwarming ⁽¹⁾	1,00
	Kolenkachel	$f_{1/h} \times 0,77$
	Houtkachel	$f_{1/h} \times 0,77$
	Oliekachel	$f_{1/h} \times 0,80$
	Gaskachel	$f_{1/h} \times 0,83$
Speciale gevallen	Elektrische weerstandsverwarming	1,00
		Gelijkwaardigheid

(1) Indien het toestel buiten het beschermd volume is opgesteld, het rendement verminderen met 0,02.

(2) Indien de ketel uitgerust is met een regeling die de ketel permanent warm houdt, het rendement verminderen met 0,05

De vermenigvuldigingsfactor $f_{1/h}$ is gelijk aan de verhouding van de onderste tot de bovenste verbrandingswaarde van de gebruikte brandstof. De waarden bij ontstentenis staan in bijlage F van Bijlage I van het EPB-besluit. Voor aardgas is $f_{1/h} = 0,90$; voor gasolie 0,94; voor propaan/butaan of LPG 0,92 en voor kolen 0,96. Het EPB-besluit vermeldt vervelend genoeg geen waarde voor hout. Wij houden het voor hout bij een vermenigvuldigingsfactor gelijk aan 0,90.

Het deellastrendement bij een belasting van 30% $\eta_{30\%}$ [-] en de ketelinlaattemperatuur waarbij het 30% deellastrendement bepaald is $\theta_{30\%}$ [°C], zijn invoergegevens. De seizoensgemiddelde ketelwatertemperatuur voor condenserende ketels $\theta_{ave,boiler}$ [°C] wordt gegeven door: $\theta_{ave,boiler} = 6,4 + (0,63 \times \theta_{return,design})$. Voor vloer-, muur- of plafondverwarming is de waarde bij ontstentenis van de ontwerpretourtemperatuur $\theta_{return,design} = 45$ °C; voor alle andere warmte-afgiftesystemen is $\theta_{return,design} = 70$ °C.

11.8.1.2. Warmtepompen

Voor een elektrische warmtepomp is het opwekkingsrendement $\eta_{gen,heat}$ [-] gelijk aan de gemiddelde seizoensprestatiefactor SPF [-]. De SPF [-] wordt bepaald door:

$$SPF = f_{\theta} \times f_{\Delta\theta} \times f_{pumps} \times f_{AHU} \times COP_{test}$$

De correctiefactor voor het verschil tussen de ontwerpvertrektemperatuur naar het systeem van warmte-afgifte en de uitlaattemperatuur van de condensor f_{θ} [-] en de correctiefactor voor het verschil in temperatuursvariatie $f_{\Delta\theta}$ [-] zijn gelijk aan 1 indien het warmte-afvoerend fluïdum lucht is. In geval van warmtetransport met water geldt dat $f_{\theta} = 1 + [0,01 \times (43 - \theta_{supply})]$, met $\theta_{supply} = 55$ °C bij vloer-, plafond- en muurverwarming; en $\theta_{supply} = 90$ °C bij radiatoren en convectoren. Voor $f_{\Delta\theta}$ geldt dat $f_{\Delta\theta} = 1 + [0,01 \times (\Delta\theta_{design} - \Delta\theta_{test})]$, of $f_{\Delta\theta} = 0,93$ als waarde "bij ontstentenis".

De correctiefactor voor het energiegebruik van een pomp f_{pumps} [-] is gelijk aan 1 indien er geen pomp is voor de warmtetoevoer naar de verdamer (i.e. lucht als warmtebron of directe verdamping in de bodem); $f_{pumps} = 5/6$ indien het elektrisch vermogen van de pomp niet gekend is; of $f_{pumps} = 1/[1+(P_{pumps}/P_{HP})]$ indien P_{pumps} [kW] het elektrisch vermogen van de pomp is en P_{HP} [kW] het elektrisch vermogen van de warmtepomp.

De correctiefactor f_{AHU} [-] is enkel relevant indien men ventilatielucht als warmtebron gebruikt. Indien de afgevoerde ventilatielucht de enige warmtebron is en de toegevoerde ventilatielucht is het enige warmte-afvoerend fluïdum, dan is $f_{AHU} = 0,51$; anders is $f_{AHU} = 0,75$. Indien de

afgevoerde ventilatielucht niet de enige warmtebron is, en de toegevoerde ventilatielucht is het enige warmte-afvoerend fluïdum, dan is $f_{AHU} = 0,75$; in alle andere gevallen is $f_{AHU} = 1$.

De "coefficient of performance" COP_{test} [-] van de warmtepomp is een invoergegeven.

11.8.2. SAVER-LEAP methode

Wij moeten in eerste instantie voor elke typewoning een gemiddeld opwekkingsrendement bepalen in Vlaanderen in 2005. Dat is bijzonder moeilijk. Zelfs in het kader van de Energie Advies Procedure (EAP) voor bestaande woningen slagen de adviseurs er soms niet in om het installatierendement te bepalen wegens te weinig invoer van informatie in het softwarepakket (Vito, 2000c)

Tabel 76: *Leeftijdsstructuur (aandelen) van cv-ketels op aardgas en op huisbrandolie volgens SAVER (Vlaanderen, 2005)*

	brandstof	gewone ketel jaren 70	gewone ketel jaren 80	gewone ketel na 90	HR ketel ⁽¹⁾	condenserende ketel ⁽²⁾
<1945+	Gas	6,9%	8,1%	48,6%	25,5%	10,9%
46-70+	Gas	14,0%	7,9%	44,7%	23,4%	10,0%
71-90+	Gas	14,2%	14,8%	40,6%	21,3%	9,1%
91-05+	Gas	0,0%	0,0%	57,2%	30,0%	12,8%
<1945+	Olie	19,3%	22,7%	51,4%	5,8%	0,8%
46-70+	Olie	39,2%	22,0%	34,3%	3,9%	0,5%
71-90+	Olie	39,8%	41,5%	16,6%	1,9%	0,3%
91-05+	Olie	0,0%	0,0%	88,6%	10,0%	1,4%

(1) HR = hoogrendement. HR+ voor gasketels en Optimaz voor olieketels. Het label HR+ bestaat pas vanaf 1996.

(2) HR Top voor gasketels en Optimaz Elite voor olieketels.

Bron: Eigen schattingen op basis van VEA enquêtes

Voor de typewoningen met centrale verwarming op aardgas of huisbrandolie moeten we eerst de leeftijdsstructuur van de c.v.-ketels in Vlaanderen in 2005 reconstrueren. We bepalen daartoe eerst de aandelen (%) van cv-ketels uit de jaren '70, uit de jaren '80 en na '90. Voor deze laatste categorie, ketels na '90, schatten we vervolgens de aandelen van hoogrendementsketels (HR) c.q. condenserende ketels. We baseren ons hiervoor vooral op de VEA-enquêtes en op informatie van de fabrikanten van ketels. We krijgen hierdoor vijf leeftijdsklassen van c.v.-ketels: ketels uit de jaren '70, ketels uit de jaren '80, gewone ketels na '90, hoogrendementsketels en condenserende ketels.

Alhoewel men een cv-ketel normaliter om de 20 jaar moeten vervangen, kunnen we niet uitsluiten dat in 2005 ketels van 25 jaar en ouder nog in gebruik waren. Het is evident dat we in woningen gebouwd na 1991 geen ketels uit de jaren '70 of '80 zullen terugvinden. Moderne hoogrendementsketels of condenserende ketels kunnen zich wel in oudere woningen bevinden, vermits men hoe dan ook vroeg of laat de verwarmingsketel moet vervangen. Opvallend is het hoge percentage oude stookolieketels. Condenserende olieketels zijn minder populair dan condenserende gasketels.

Tabel 77: Gemiddelde opwekkingsrendementen op onderste verbrandingswaarde (OVW)

	jaren '70	jaren '80	gewoon na 1990	HR ketel ⁽¹⁾	Condenserende ketel
gas	73%	75%	88%	92%	104% (2)
olie	68%	77%	88%	93%	97,5%

Voor gasketels zijn er de labels HR+ [hoogrendementsketels met een minimumrendement van 84 (+2 log Pn) % bij vollast en 80 (+ 3 log Pn) % bij deellast] en HR TOP [condensatieketels met een rendement van minstens 91 (+ 1 log Pn) % bij vollast en minstens 97 (+ 1 log Pn) % bij deellast]. Voor olieketels zijn er de labels OPTIMAZ (hoogrendementscombinaties met lage temperatuurtechniek en een rendement van minimum 93 %) en OPTIMAZ-elite (stookolieketels met condensatietechniek met een rendement van minstens 97,5 %)

(1) we rekenen (niet geheel terecht) de lagetemperatuurketel bij de hoogrendementsketels. Bij lagetemperatuurketels treedt geen condensatie op zolang de watertemperatuur in de ketel boven 35 °C blijft. Het verbrandingsrendement verbetert niet, maar de stilstandsverliezen verminderen wel (Derny, 2006)

(2) Het rendement van HR TOP ketels kan zeer sterk variëren. De beste HR TOP ketels halen (theoretisch) opwekkingsrendementen van 109 tot 110 %, maar een condensatieketel met een verbrandingsrendement van "slechts" 98 % kan ook HR TOP zijn ! (Derny, 2006° De theoretische grens voor condenserende gasketels is 111 %, voor condenserende olieketels 106 %.

Bron: Vito (2003); www.gasinfo.be; www.informazout.be

Vervolgens bepalen we voor elk van bovenstaande 5 leeftijdsklassen de opwekkingsrendementen¹¹⁹ (op onderste verbrandingswaarde), voor gasketels en olieketels afzonderlijk. We baseren ons o.m. op studies van Hens (1996, 1997) en Vito (2003). Het is zeer moeilijk om het opwekkingsrendement van oude ketels (voor 1990) in te schatten. Voor (heel) oude ketels kan dit maar 60 à 65 % bedragen, of zelfs minder !

Voor c.v.-ketels op steenkool, LPG of hout houden we geen rekening met leeftijdsklassen en voeren we meteen geschatte gemiddelde opwekkingsrendementen (op onderste verbrandingswaarde) in. We baseren ons hiervoor op een Vito-studie (Vito, 2003). Gewogen gemiddelde opwekkingsrendementen voor gas- en olieketels op bovenste verbrandingswaarde (Vlaanderen, 2005)

	η_{gen} gasketel (BVV)	η_{gen} olieketel (BVV)
2GP1	66,1%	63,8%
2GP2	65,5%	61,0%
2GP3	65,2%	59,6%
2GP4	69,3%	70,3%
3GP1	66,3%	64,0%
3GP2	65,8%	59,7%
3GP3	65,4%	59,8%
3GP4	69,4%	70,4%
4GP1	64,6%	64,1%
4GP2	66,2%	61,6%
4GP3	65,6%	60,0%
4GP4	69,5%	70,5%
FLP1	66,1%	63,8%
FLP2	65,7%	57,8%
FLP3	65,3%	59,8%
FLP4	69,4%	70,4%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Tot slotten zetten we de opwekkingsrendementen op onderste verbrandingswaarde voor c.v.-ketels op aardgas, huisbrandolie, steenkolen, LPG en hout om naar opwekkingsrendementen op bovenste verbrandingswaarde. We maken hiervoor gebruik van de vermenigvuldigings-

¹¹⁹ Het verbrandingsrendement houdt enkel rekening met de verliezen doorheen de schoorsteen, maar is makkelijk te meten. Het jaar(gebruiks)rendement houdt rekening met alle verliezen (ook de verliezen bij starten en stilstand), maar is zeer moeilijk te bepalen. Het jaarrendement is bij oude ketels veel lager dan het verbrandingsrendement. (Janssen, 2006, p. 6). Bij moderne stookketels ligt het jaargebruiksrendement maar enkele procenten lager dan het verbrandingsrendement.

factoren uit de EPB-rekenprocedure. We merken op dat deze factor veel gunstiger is voor huisbrandolie dan voor aardgas, waardoor het opwekkingsrendement op *bovenste* verbrandingswaarde voor huisbrandolie voor gewone ketels na '90 gunstiger uitvalt dan voor aardgas. Zoals reeds vermeld moeten we voor hout zelf een factor definiëren, met name 0,90. Voor centrale elektrische weerstandsverwarming is het opwekkingsrendement gelijk aan 100 %. Opvallend is het (veel) slechtere rendement van stookolieketels in oudere woningen.

Voor de opwekkingsrendementen van lokale verwarming baseren we ons op de EPB-rekenprocedure. Zowels Hens (1996, 1997, 2001) als Vito (2003) geven opwekkingsrendementen voor lokale verwarming op gas, olie, kolen, LPG en hout die nogal sterk kunnen afwijken van deze in de EPB-methode. Desnoods zouden we in SAVER-LEAP deze opwekkingsrendementen kunnen gebruiken.

Tabel 78: Aandeel van centrale verwarming en aandelen van de energiedragers in de NEB voor centrale verwarming voor de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	% cv	aardgas	olie	elektriciteit	hout	LPG
2GP1	48,2%	64,2%	34,3%	1,1%	0,3%	0,2%
2GP2	62,9%	46,6%	52,2%	0,9%	0,2%	0,1%
2GP3	85,9%	63,1%	34,3%	2,3%	0,4%	0,1%
2GP4	86,4%	83,3%	12,0%	4,3%	0,2%	0,2%
3GP1	53,2%	38,7%	59,2%	0,8%	0,6%	0,6%
3GP2	71,3%	29,2%	69,7%	0,6%	0,3%	0,2%
3GP3	85,5%	45,0%	52,0%	2,4%	0,5%	0,1%
3GP4	88,5%	68,9%	27,8%	2,5%	0,4%	0,3%
4GP1	55,3%	21,2%	76,0%	0,7%	1,0%	1,1%
4GP2	81,6%	15,9%	82,8%	0,5%	0,5%	0,3%
4GP3	84,1%	22,3%	73,1%	3,7%	0,6%	0,3%
4GP4	89,3%	40,6%	56,4%	2,1%	0,5%	0,4%
FLP1	62,2%	59,5%	36,9%	3,1%	0,2%	0,3%
FLP2	82,4%	49,5%	47,1%	3,2%	0,0%	0,1%
FLP3	87,2%	61,5%	31,4%	6,9%	0,1%	0,1%
FLP4	80,1%	77,9%	7,5%	14,4%	0,0%	0,2%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Naast de aandelen van centrale versus lokale verwarming voor elke typewoning in Vlaanderen in 2005, moeten we voor elk van deze twee types van verwarming ook nog de aandelen per energiedrager (aardgas, huisbrandolie, elektriciteit, steenkool, hout en LPG) kennen. Hiervoor doen we een beroep op de SEE (volkstelling) uit 2001 van de ADS (het voormalige NIS). We hebben deze aandelen uit 2001 "ad hoc" aangepast om beter overeen te stemmen met de gegevens uit recentere enquêtes, waaronder deze van het VEA. Centrale verwarming met steenkool hebben we niet meer weerhouden. Extrapolatie van 2001 naar 2005 was niet aan de orde, gezien het gebrek aan consistente tijdreeksen. We veronderstellen bovendien dat – in geval van elektrische verwarming – het aandeel van warmtepompen in 2005 nog marginaal was.

Tabel 79: Aandelen van de energiedragers in de NEB voor lokale verwarming voor de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	aardgas	dolie	elektriciteit	steenkool	Hout	LPG
2GP1	64,4%	17,0%	4,9%	9,8%	3,0%	1,0%
2GP2	60,4%	22,7%	6,8%	6,8%	2,4%	1,0%
2GP3	35,3%	19,2%	32,3%	5,9%	6,5%	0,9%
2GP4	26,1%	7,2%	59,8%	1,6%	4,9%	0,4%
3GP1	36,9%	34,9%	5,0%	13,0%	7,3%	3,0%
3GP2	40,0%	37,3%	6,3%	9,0%	4,4%	2,9%
3GP3	20,6%	19,0%	43,2%	6,0%	9,6%	1,5%
3GP4	15,5%	10,1%	60,6%	2,3%	10,5%	1,0%
4GP1	19,4%	40,0%	4,9%	16,6%	13,8%	5,3%
4GP2	21,8%	41,8%	7,9%	12,5%	10,8%	5,2%
4GP3	7,0%	13,3%	58,8%	5,3%	13,6%	2,0%
4GP4	8,5%	12,1%	60,5%	2,3%	15,0%	1,6%
FLP1	78,5%	4,8%	12,2%	2,3%	1,2%	1,1%
FLP2	75,3%	4,9%	16,7%	1,7%	0,7%	0,7%
FLP3	20,3%	3,8%	73,7%	0,5%	1,0%	0,6%
FLP4	11,5%	1,4%	86,6%	0,0%	0,4%	0,2%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Zoals eerder aangehaald stemmen de aandelen van de energiedragers in onze bottom-up (SAVER) energiebalans niet overeen met deze van de energiebalans Vlaanderen zoals opgesteld door de Vito. Omdat in LEAP de totalen moeten overeenstemmen met deze van de energiebalans Vlaanderen, zullen de aandelen van de energiedragers voor ruimteverwarming in LEAP niet dezelfde zijn als deze in SAVER. Bovendien moeten we – om conceptuele redenen – de aandelen van de energiedragers in LEAP uitdrukken als percentages van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming.

11.9. Eindenergiegebruik voor warm tapwater

11.9.1. EPB-rekenmethode.

Het maandelijks finaal energiegebruik voor warm tapwater voor douche/bad of keukenaanrecht $Q_{\text{bath|sink } i, \text{final}, m}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{K i, \text{final}, m} = \frac{(1 - f_{as, K i, m}) \times Q_{K i, \text{gross}, m}}{\eta_{\text{gen}, K i}}$$

Het opwekkingsrendement $\eta_{\text{gen}, \text{bath|sink } i}$ [-] is terug te vinden in tabel 11 uit Bijlage I van het EPB-besluit.

Tabel 80: Opwekkingsrendement voor de bereiding van warm tapwater

	Ogenblikkelijke opwarming	Met warmteopslag
Verbrandingstoestel	0,50	0,45
Elektrische weerstandsverwarming	0,75	0,70
Elektrische warmtepomp	1,45	1,40
Gebouwwgebonden WKK	$\varepsilon_{\text{cogen}, \text{th}} + 0,05$	$\varepsilon_{\text{cogen}, \text{th}}$
Externe warmtelevering	$\eta_{\text{equiv}, \text{water}, \text{dh}}$	$\eta_{\text{equiv}, \text{water}, \text{dh}} - 0,05$
Andere gevallen	gelijkwaardigheid	

Het thermisch omzettingsrendement voor gebouwwgebonden WKK $\varepsilon_{\text{cogen}, \text{th}}$ [-] is terug te vinden in tabel 18 van bijlage A in bijlage II bij het EPB-besluit.

11.9.2. SAVER-LEAP methode

We maken in SAVER-LEAP voor de opwekkingsrendementen gebruik van de waarden bij ontstentenis uit de EPB-rekenprocedure.

Tabel 81: Rendementen bij de bereiding van warm water in LEAP (Vlaanderen, 2005)

Energiedrager / installatie	Rendement [%]
Aardgas (combi + apart)	45,5
Huisbrandolie (combi)	45,5
Elektriciteit (weerstand)	70,5
Warmtepompboiler	140,5
LPG	45,5

We moeten voor de typewoningen in Vlaanderen in 2005 een inschatting maken van de aandelen (%) van warmwater opgewekt door boilers (met warmteopslag of voorraad toestellen) dan wel met geisers (ogenblikkelijke opwarming of doorstroom toestellen). We houden het voorlopig bij 90 % boilers en 10 % geisers, zonder onderscheid naargelang de typewoning.

Vermits voor huisbrandolie volledig en voor aardgas (en LPG) gedeeltelijk de bereiding van warm water via een combi-eenheid gebeurt, zal het opwekkingsrendement voor de bereiding van warm water evident geheel of gedeeltelijk afhangen van het opwekkingsrendement van de cv-ketel. In de EPB-rekenmethode houdt men (nog) niet expliciet rekening met combi-eenheden. We zouden dat in SAVER wel kunnen doen, vermits we de aandelen van warm water geproduceerd door combi-eenheden inschatten, maar voorlopig passen we de EPB-methode toe. Een van de redenen hiervoor is dat anders het invoeren van gegevens in LEAP te omslachtig wordt.

Tabel 82: Aandelen van de energiedragers in de NEB voor de bereiding van warm tapwater voor de 16 typewoningen in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	aardgas	huisbrandolie	elektriciteit	LPG
2GP1	66,5%	12,4%	20,1%	0,9%
2GP2	55,8%	24,3%	19,0%	0,9%
2GP3	57,1%	20,2%	21,9%	0,8%
2GP4	66,2%	7,2%	25,8%	0,8%
3GP1	44,4%	25,5%	27,9%	2,2%
3GP2	39,2%	39,2%	20,1%	1,5%
3GP3	44,4%	32,2%	22,6%	0,9%
3GP4	58,5%	17,2%	23,3%	0,9%
4GP1	28,3%	35,8%	32,2%	3,7%
4GP2	26,0%	54,1%	18,1%	1,8%
4GP3	27,8%	47,4%	23,8%	1,0%
4GP4	40,6%	37,8%	20,5%	1,0%
FLP1	64,7%	15,5%	18,8%	1,0%
FLP2	52,7%	29,2%	17,4%	0,8%
FLP3	53,2%	19,0%	27,0%	0,8%
FLP4	57,4%	4,1%	37,8%	0,8%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

We moeten tot slot voor elke typewoning in Vlaanderen in 2005 de aandelen (%) van de verschillende energiedragers voor het opwekken van warmwater schatten. We moeten er hierbij voor zorgen dat we consistent blijven met de aandelen van de energiedragers bij ruimteverwarming. Immers, indien de bereiding van warm tapwater via een combi-eenheid geschiedt, dan is de energiedrager voor ruimteverwarming en voor de productie van warm tapwater uiteraard dezelfde. We schatten hiertoe, voor de typewoningen met centrale verwarming, het percentage dat gebruik maakt van combi-eenheden, hetzij op aardgas hetzij op huisbrandolie. We ramen tevens aandelen voor de typewoningen met c.v. die een

afzonderlijke opwekkingseenheid voor warmwater gebruiken, hetzij op gas hetzij op LPG. We houden er rekening mee dat het erg onwaarschijnlijk is dat indien men in een typewoning geen aardgas voor ruimteverwarming gebruikt men wel aardgas zou gebruiken voor de bereiding van warm tapwater. Elektrische boilers of geisers vormen dan een “restcategorie”. Op basis van al deze gegevens berekenen we voor elke typewoning de aandelen van de energiedragers bij de bereiding van warm tapwater, zodanig dat we consistent blijven met de gekende gegevens. We passen deze berekende waarden op basis van data uit 2001 “ad hoc” aan om een betere overeenstemming te krijgen met recentere gegevens, o.m. de VEA-enquêtes.

We gaan ervan uit dat voor de woningstock in Vlaanderen in 2005 de warmtepompboilers een verwaarloosbare fractie vormen. Idem voor gebouwgebonden WKK en externe warmtelevering. Stadsverwarming bestaat enkel nog in een wijk in Gent. Men past in Vlaanderen WKK nog weinig of niet toe in de residentiële sector.

Omdat we de totalen in LEAP moeten laten overeenstemmen met deze van de energiebalans Vlaanderen zoals opgesteld door de Vito, zijn de aandelen van de energiedragers voor de bereiding van warm tapwater anders in LEAP dan in SAVER. Bovendien moeten we in LEAP – om conceptuele redenen – deze aandelen uitdrukken als percentage van de netto energiebehoefte (NEB) voor de bereiding van warm tapwater.

11.10. Nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem

11.10.1. De EPB-methode

De maandelijkse nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem voor ruimteverwarming en warm tapwater $f_{as,m}$ [-] wordt bepaald door:

$$f_{as,m} = f_{as,heat,m} = f_{as,K i,m} = \min \left\{ 1, \eta_{as,sh+wh,m} \times \frac{Q_{as,m}}{\left(\sum Q_{K i,gross,m} \right) + Q_{heat,gross,m}} \right\}$$

Het constant maandgemiddeld rendement van het thermisch zonne-energiesysteem $\eta_{as,m}$ [-] wordt berekend als:

$$\eta_{as,sh+wh,m} = \min \left\{ \max \left[1; 0,16 + 0,2 \times \left(\frac{\sum_{m=1}^{12} \sum_i Q_{K i,gross,m}}{\sum_{m=1}^{12} Q_{as,m}} \right) + 0,015 \times \left(\frac{Q_{heat,gross,m}}{Q_{as,m}} \right) \right]; 0,8 \right\}$$

De maandelijkse zonne-instraling op het thermisch zonne-energiesysteem, rekening houdend met de beschaduwing $Q_{as,m}$ [MJ] wordt berekend als:

$$Q_{as,m} = \sum_j (A_{as,j} \times I_{as,m,shad,j})$$

De collectoroppervlakte met oriëntatie j van het thermisch zonne-energiesysteem $A_{as,j}$ [m²] is een invoergegeven. De maandelijkse bezonning op het collectoroppervlak met oriëntatie j , rekening houdend met de beschaduwing, $I_{as,m,shad,j}$ [MJ/m²], is te berekenen volgens bijlage C van het EPB-Besluit.

Indien het thermisch zonne-energiesysteem enkel dient voor warm tapwater en niet voor ruimteverwarming, vallen de termen i.v.m. ruimteverwarming weg.

Indien er geen thermisch zonne-energiesysteem is, dan is $f_{as,m} = f_{as,heat,m} = f_{as,bath/sink i,m} = 1$.

11.10.2. SAVER-LEAP methode

We kunnen in principe in SAVER de EPB-rekenmethode volgen. We simuleren daartoe in ons aangepast EPB-pakket de maandelijkse nuttige energiebijdrage van een typewoning uitgerust met een zonneboiler, waarvan we collectoroppervlakte, oriëntatie en helling kunnen ingeven, en waarbij we rekening houden met de veronderstelde oriëntatie van de typewoning.

Tabel 83: Aandelen van zonneboilers bij de bereiding van warm tapwater in LEAP (Vlaanderen, 2005)

aandeel zonneboiler	
2GP1	0,15%
2GP2	0,09%
2GP3	0,14%
2GP4	0,35%
3GP1	0,20%
3GP2	0,12%
3GP3	0,16%
3GP4	0,38%
4GP1	0,33%
4GP2	0,22%
4GP3	0,35%
4GP4	0,55%
FLP1	0,21%
FLP2	0,07%
FLP3	0,10%
FLP4	0,18%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

We stellen vast dat voor de woningstock in Vlaanderen in 2005 het gebruik van zonne-energie voor ruimteverwarming een bijna te verwaarlozen fractie is. De aandelen van zonneboilers bij de bereiding van warm tapwater halen we uit de SEE ("volkstelling") uit 2001 van de ADS (het voormalige NIS), met een lichte aanpassing naar boven toe om rekening te houden met recentere (partiële) gegevens.

Tabel 84: Helling en oriëntatie van zonnecollectoren (Vlaanderen)

	Helling	Oriëntatie
Kleine rijwoning	36	W (- 90°)
Herenhuis	69	S (0°)
Klassieke villa	49	S (0°)
Landelijke woning	40	S (0°)
Moderne woning	24	SSW (-20°)

Bron: Verbeeck en Hens (2004)

We zouden eventueel de waarden voor de oppervlakte, de helling en de oriëntatie (in functie van het daktype) voor zonnecollectoren kunnen gebruiken die Verbeeck en Hens (2004, p. 750) hanteren. De auteurs veronderstellen een collectoroppervlakte van 5 m². Een collectoroppervlakte van 5 m² "is considered by most collector producers as the standard collector surface needed in the Belgian climate to deliver 50% of the yearly sanitary hot water consumption of a common family." (Hens & Verbeeck, 2004, p. 749). In een studie voor het Brussels Instituut voor Milieubeheer (BIM) veronderstelden de onderzoek(st)ers voor de referentiewoningen een collectoroppervlakte van 4 m², ZW-georiënteerd met een helling van 37° voor een moderne rijwoning en 34° voor een gerenoveerd herenhuis (Verbeeck, 2007, p. 140)

We passen (voorlopig) een eenvoudiger methode dan de EPB-rekenprocedure toe. Immers, “Zonneboilers worden meestal gedimensioneerd op een dekking van circa 50 % van de energiebehoefte voor warm tapwater. Bij hogere dekking is een zonneboiler onevenredig duur.” (IVEM, 2004, p. 43) We gaan er daarom van uit dat het gebruik van zonneboilers 50 % bespaart op het energiegebruik voor de bereiding van warm water, ongeacht de typewoning.

11.11. Eindenergiegebruik voor ruimtekoeling

11.11.1. De EPB-methode

Het equivalent maandelijks elektriciteitsgebruik voor ruimtekoeling $Q_{cool,final,m}$ [kWh] wordt in de EPB-rekenmethode berekend als:

$$Q_{cool,final,m} = \frac{Q_{cool,net,m}}{8,1}$$

De factor 8,1 is het product van het forfaitair systeemrendement (0,9); een forfaitaire COP van het koelsysteem (2,5); en de omrekenfactor van kWh naar MJ (3,6).

11.11.2. De SAVER-LEAP methode

Voor zover relevant volgen we in SAVER-LEAP de EPB-rekenprocedure. Desnoods kunnen we de waarden voor het systeemrendement en de COP van het koelsysteem aanpassen, van zodra we hiervoor over de nodige informatie beschikken voor de woningstock in Vlaanderen in 2005.

11.12. Hulpenergiegebruik in de EPB-rekenprocedure

Het hulpenergiegebruik bestaat uit het elektriciteitsgebruik van pompen en ketels voor ruimteverwarming; het energiegebruik van waakvlammen; en het elektriciteitsgebruik van ventilatoren voor ventilatie al dan niet in combinatie met luchtverwarming.

11.12.1. Hulpenergiegebruik voor ruimteverwarming

Het maandelijks elektrisch hulpenergiegebruik voor ruimteverwarming $W_{aux,heat,m}$ [kWh] wordt gegeven door:

$$W_{aux,heat,m} = \sum \left[\left(\frac{Q_{het,gross,m}}{\sum_{m=1}^{12} Q_{heat,gross,m}} \right) \times W_{aux,heat,j} \right]$$

Men sommeert over alle toestellen j die het beschermd volume bedienen. Bij lokale verwarming is de hulpenergie voor ruimteverwarming al ingerekend in het opwekkingsrendement.

De rekenwaarden voor het elektriciteitsgebruik van hulpfunctie j $W_{aux,heat,j}$ [kWh] staan vermeld in tabel 12 in Bijlage I van het EPB-besluit. Het elektriciteitsgebruik is telkens evenredig met het beschermd volume.

Tabel 85: Elektriciteitsgebruik van de hulpfuncties bij installaties voor ruimteverwarming

Toestel/component	Uitvoering	$W_{aux,heat,j}$ [kWh]
Circulatiepomp per wooneenheid	Zonder pompregeling	$0,70 \times V$
	Met pompregeling	$0,35 \times V$
Circulatiepomp voor meerdere wooneenheden	Bij gescheiden warm tapwatervoorziening: pomp enkel voor ruimteverwarming in werking gedurende stookseizoen	$0,35 \times V$
	Pomp dient ook voor warmtapwater-voorziening d.m.v. afleverzet: ganse jaar in werking	$0,70 \times V$
Andere pompen	Extra pomp bij gebruik van een buffervat voor ruimteverwarming	$0,10 \times V$
	Extra pomp tussen ketel en verzamel / verdeelleidingen	$0,10 \times V$
	Extra pomp voor een warmtewisselaar in een luchtbehandelingskast	$0,10 \times V$
Ketel / generator	Ingebouwde ventilator	$0,30 \times V$
Ketel / generator	Elektronica	$0,20 \times V$

$V [m^3]$ is het beschermd volume.

Het type toestel of component en de uitvoering is een invoergegeven.

11.12.2. Hulpenergiegebruik voor waakvlammen

Het maandelijks hulpenergiegebruik van de waakvlammen $Q_{pilot,m}$ [MJ] wordt bepaald door:

$$Q_{pilot,m} = t_m \times \sum_j P_{pilot,j}$$

Men sommeert over alle waakvlammen (bij verbrandingstoestellen) j . Bij lokale verwarming is het energiegebruik van de waakvlam al ingerekend in het opwekkingsrendement.

De rekenwaarde voor het vermogen van een waakvlam j $P_{pilot,j}$ [W] ligt vast, met name 80 W. Men veronderstelt bij conventie dat de waakvlam in alle gevallen alle 12 maanden van het jaar aanblijft.

Het aantal waakvlammen (bij verbrandingsketels of -toestellen) is een invoergegeven.

11.12.3. Elektriciteitsgebruik van ventilatoren enkel voor bewuste ventilatie

Het maandelijks elektriciteitsgebruik van de ventilatoren enkel voor bewuste ventilatie $W_{aux,fans,vent,m}$ [kWh] wordt bepaald door:

$$W_{aux,fans,vent,m} = t_m \times \frac{\sum \Phi_{fans,vent,j}}{3,6}$$

De rekenwaarden "bij ontstentenis" voor het gemiddeld elektrisch vermogen van ventilator j $\Phi_{fanst,vent,j}$ [W] staan vermeld in tabel 13 in Bijlage I van het EPB-besluit. Het elektriciteitsgebruik is telkens evenredig met het beschermd volume.

Tabel 86: Elektrisch vermogen van ventilatoren voor bewuste ventilatie

Installatie	Type ventilator	$\Phi_{fans,vent}$ [W]
Mechanische toevoer of mechanische afvoer	Wisselstroomventilator	0,125 x V
	Gelijkstroomventilator	0,085 x V
Mechanische toevoer en mechanische afvoer	Wisselstroomventilator	0,235 x V
	Gelijkstroomventilator	0,150 x V
Mechanische afvoer met gebruik v/d afvoerlucht als warmtebron voor een warmtepomp	Wisselstroomventilator	0,145 x V
	Gelijkstroomventilator	0,100 x V
Mechanische toevoer en mechanische afvoer met gebruik v/d afvoerlucht als warmtebron voor een warmtepomp	Wisselstroomventilator	0,270 x V
	Gelijkstroomventilator	0,185 x V

V [m³] is het beschermd volume.

Het soort installatie en type ventilator is een ontwerpgegeven.

11.12.4. Elektriciteitsgebruik van ventilatoren voor luchtverwarming

Het maandelijks elektriciteitsgebruik van ventilatoren voor luchtverwarming (al dan niet in combinatie met bewuste ventilatie) $W_{aux,fans,heat,m}$ [kWh] wordt bepaald door:

$$W_{aux,fans,heat,m} = t_m \times \left[\sum_j \frac{(f_{heat,m,j} \times \Theta_{fans,heat,j} + f_{vent,m,j} \times \Theta_{fans,vent,j})}{3,6} \right]$$

De maandelijks fractie dat de ventilator j voor ruimteverwarming moet instaan $f_{heat,m,j}$ [-] wordt berekend als:

$$f_{heat,m,j} = \min \left\{ 1; \frac{Q_{heat,gross,m}}{(1000 \times P_{nom,j} \times t_m)} \right\}$$

Het nominaal vermogen van de warme luchtgenerator j $P_{nom,j}$ [W] is een invoergegeven.

De maandelijks fractie dat de ventilator j enkel voor bewuste ventilatie moet instaan $f_{vent,m,j} = (1 - f_{heat,m,j})$ [-].

De rekenwaarden "bij ontstentenis" voor het gemiddeld elektrisch vermogen van ventilator j in verwarmingsmodus $\Phi_{fans,heat,j}$ [W] staan vermeld in tabel 14 in Bijlage I van het EPB-besluit. Het elektriciteitsgebruik is telkens evenredig met het beschermd volume.

Tabel 8: Elektrisch vermogen van ventilatoren voor ruimteverwarming

Installatie	Type ventilator	$\Phi_{fans,vent}$ [W]
Luchtverwarming	Zonder automatische ventilatorregeling	0,780 x V
	Met automatische ventilatorregeling	0,525 x V

V [m³] is het beschermd volume.

Het type ventilator is een invoergegeven.

11.13. Hulpenergiegebruik in SAVER-LEAP

Wat betreft hulpenergiegebruik passen we in SAVER-LEAP in principe de EPB-rekenprocedures toe. Om het hulpenergiegebruik voor de typewoningen in Vlaanderen in 2005 te bepalen hebben we heel wat gegevens nodig, of moeten we vertrekken vanuit een aantal aanvaardbare hypothesen. Deze moeten bovendien consistent zijn met de overige veronderstellingen. Er kunnen bijvoorbeeld nooit meer waakvlammen zijn dan er

verbrandingsketels of -toestellen zijn voor centrale verwarming en/of de productie van warm tapwater. Of het elektriciteitsgebruik voor ventilatoren voor luchtverversing moet consistent zijn met de veronderstellingen rond het gebruik van mechanische ventilatie in de bestaande woningstock. In het “bottom-up” SAVER rekenmodel proberen we deze consistenties zoveel mogelijk te bewaren. LEAP is voor het vrijwaren van dergelijke consistenties volledig aangewezen op het SAVER model.

11.13.1. Hulpenergiegebruik voor ruimteverwarming

11.13.1.1. Elektronica, ventilatoren en pompregeling bij cv ketels

We bekijken in eerste instantie het al dan niet aanwezig zijn van elektronica, ventilatoren en pompregeling bij bestaande ketels.

Tabel 87: *gewogen gemiddeld elektriciteitsgebruik voor cv-ketels en aantal waakvlammen voor centrale verwarming en bereiding van warm tapwater volgens SAVER (Vlaanderen, 2005)*

	Elektriciteits- gebruik cv-ketels [kWh]	# waakvlammen gas [-]	# waakvlammen olie [-]
2GP1	166	0,611	0,087
2GP2	194	0,654	0,190
2GP3	303	0,851	0,170
2GP4	318	0,823	0,064
3GP1	224	0,567	0,204
3GP2	287	0,604	0,345
3GP3	347	0,766	0,290
3GP4	375	0,804	0,122
4GP1	245	0,497	0,325
4GP2	358	0,532	0,544
4GP3	369	0,605	0,500
4GP4	408	0,700	0,302
FLP1	168	0,672	0,132
FLP2	219	0,743	0,255
FLP3	230	0,839	0,201
FLP4	218	0,770	0,097

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Een eerste inschatting betreft – per typewoning – de aandelen (%) van c.v.-ketels met geen elektronica en geen ventilator, met enkel elektronica, met enkel ventilator, of met zowel ventilator als elektronica. We houden hierbij rekening met de eerder ingeschatte aandelen van ketels uit de jaren '70 of '80, gewone ketels na '90, hoogrendementsketels en condenserende ketels. Een volgende veronderstelling betreft het aantal ketels met pompregeling, waarbij we eveneens rekening trachten te houden met de leeftijdsamenstelling van het cv-ketel park in Vlaanderen in 2005.

We hebben zeer weinig concrete gegevens over het al dan niet aanwezig zijn van elektronica en ventilatoren bij bestaande ketels. Er is iets meer informatie over het al dan niet aanwezig zijn van pompregeling, o.m. op basis van de VEA-enquêtes en de premies verleend door de distributienetbeheerders.

Ketelelektronica houdt zich bezig met de aansturing van het verbrandingsproces en de veiligheidsaspecten ervan. In oudere ketels werkte de regelunit (of “gasblok” bij gasketels) mechanisch. Ketelelektronica is in een moderne ketel *normaliter altijd* aanwezig. Voor (zeer) oude ketels is de situatie minder duidelijk. “*Het valt nauwelijks te geloven dat zoveel (oude) installaties, welke ook de brandstof die ze gebruiken, nog kunnen werken zonder kamerthermostaat en thermostatische kranen.*” (Vanderhyden, 2002, p. 51) Er zijn wel bijvoorbeeld moderne houtvergassingketels op de markt zonder elektronica (eigenlijk werken ze als houtkachels). Bij het schatten van het systeemrendement hebben we verondersteld dat

er altijd (zelfs bij oude ketels met vaste watertemperatuur zoals met aquastaat¹²⁰) minstens een handbediende kamerthermostaat¹²¹ die op de circulatiepomp inwerkt aanwezig is. We stellen vast dan in een koopgids van 2003 (!) nog steeds Optimaz stookolieketels worden aangeboden met manuele regeling (kamer- of ketelthermostaat), met “*in optie elektronisch*”. Voor HR+ ketels (hoogrendements gasketels) waren er in 2002 geen ketels zonder elektronica meer op de Belgische markt. Wat betreft ketelektronica is er een dubbelzinnigheid in de EPB-rekenmethode. In de Nederlandse tegenhanger van de EPB-rekenmethode bedoelt men met wel of geen “elektronica” dat de ketels al dan niet zijn voorzien van een elektronisch ontstekingsmechanisme in plaats van een waakvlam. De EPB regelgeving zou hier wat duidelijker mogen zijn.

Goed presterende moderne ketels zijn vaak *gesloten* toestellen, met een ventilatorbrander (de ventilator levert via een aanvoer kanaal van buiten verse lucht voor het verbrandingsproces en voert de verbrandingsgassen af via een afvoer kanaal). We veronderstellen dat alle (conventionele) ketels uit de jaren '70 en '80 atmosferische toestellen zijn (dus zonder ventilator). Het aandeel van *gesloten* conventionele en hoogrendementsketels (met ventilator) na 1990 is zeer moeilijk in te schatten. Uit een koopgids van 2002 voerden alle aangeboden HR+ ketels (hoogrendementsketels op aardgas) – op 1 na – de rookgassen nog af via de schoorsteen (Vanderhyden, 2002). Idem dito voor stookolieketels uit een koopgids van 2003 (slechts 1 Optimaz ketel met afvoer via concentrische buis, de rest nog via schouw) “*Zoals gezegd zijn de meeste stookolieketels nog vloermodellen, maar komt de wandketel toch op.*”¹²² (Vanderhyden, 2003, p. 60). We vermoeden daarom dat het aantal *gesloten* conventionele en hoogrendementsketels in het Vlaamse ketelpark in 2005 nog betrekkelijk klein was, ook al is er vanaf 2000 een duidelijke trend naar meer gesloten ketels.

Een goede hoogrendementsketel gebruikt ook pompregeling en / of elektronische ontsteking¹²³ (die een permanente waakvlam overbodig maakt – zie verder waakvlammen). Uit een koopgids van 2002 gebruikten alle hoogrendementsketels – op 1 na – elektronische ontsteking. (Vanderhyden, 2002). In 2003 gebruikte iets minder dan de helft van de op de Belgische markt aangeboden Optimaz stookolieketels nog een waakvlam.

Condenserende ketels hebben normaliter *altijd* een een verbrandingsluchtventilator, een pompregeling, en een elektronische ontsteking.

Bij bestaande installaties zijn de circulatiepompen vaak overgedimensioneerd (Derny, 2006). Er is nu ook een energielabel voor circulatiepompen. Het elektriciteitsgebruik van een pomp met A-label ligt 75 % lager dan van een gemiddelde pomp (D- of E-label). (Janssen, 2006, p. 18). Een A-label pomp in combinatie met een sturing die de pomp alleen doet draaien wanneer nodig zorgt voor een sterke daling van het elektriciteitsgebruik.

Senternovem (2006) vermeldt voor het gemiddeld elektriciteitsgebruik voor (individuele) centrale verwarming een waarde van 271 kWh per woning per jaar. ABEA (s.d.) geeft een gemiddeld jaarlijks gebruik van de circulatiepomp van 288 kWh (continu gedurende 240 dagen) of 72 kWh (6 uur per dag gedurende 240 dagen). Milieucentraal houdt het bij 270 kWh voor de cv-pomp van een *moderne* ketel. de Wit en Traversari (2005, p. 494) geven – op basis van de Nederlandse Energie Prestatie Normering (EPN) – voor het extra elektriciteitsgebruik van de circulatiepomp en de verbrandingsluchtventilator van een condenserende combi-ketel een totaal van 260 kWh. De EPN waarde van 88 kWh per jaar voor de elektronica vinden zij aan de hoge kant. Arconell rekent voor dat voor een kleine gasketel de “elektra” (elektronica en de pomp) 720 kWh per jaar bedraagt (120 Watt gerekend over gemiddeld 250 dagen per jaar). Arconell verkoopt wel elektrische vloerverwarming !

¹²⁰ Een “ketelthermostaat” die rechtstreeks op het ketelbord staat en dient om manueel de temperatuur van het ketelwater te regelen. Samen met de manueel geregelde regelkranen op de verwarmingslichamen was dit vroeger één van de meest gebruikte regelsystemen. Een moderne ketel is nog altijd uitgerust met een ketelthermostaat maar enkel als regel- en/of veiligheidsorgaan. Hij stuurt niet langer de brander.

¹²¹ Moderne alternatieven zijn klok-, computer-, en weersafhankelijke thermostaten.

¹²² vloerketels gebruiken schouw of schoorsteen.

¹²³ Een elektronische ontsteking betekent in de praktijk niet *noodzakelijk* afwezigheid van een waakvlam.

11.13.1.2. Luchtverwarming

We beschikken over zeer weinig gegevens i.v.m. het gebruik van luchtverwarming per typewoning in Vlaanderen in 2005. Op basis van o.m. de enquêtes van VEA en de SENVIIV studie schatten we dat ruwweg 3 % van de woningen gebouwd na 1991 luchtverwarming gebruiken. Dat geen enkele oudere woning luchtverwarming zou gebruiken is ongetwijfeld niet juist, maar we hebben geen enkel houvast om voor oudere woningen een plausibele inschatting te maken. Voor de typewoningen met luchtverwarming veronderstellen we (arbitrair) dat het aandeel met ventilatorregeling 20 % bedraagt.

11.13.2. Hulpenergiegebruik voor waakvlammen

Om het energiegebruik door een waakvlam te bepalen werken we met de 'waarde bij ontstentenis' uit de EPB-rekenprocedure. We moeten enkel nog voor elke typewoning in LEAP het gewogen gemiddelde aantal waakvlammen bepalen, en de aandelen van de verschillende energiedragers in dit energiegebruik voor waakvlammen.

Tabel 88: *hulpenergiegebruik voor ruimteverwarming en waakvlammen in LEAP, met aandelen per energiedrager (*) (Vlaanderen, 2005)*

	Finaal gebruik [MJ/woning]	Aandeel aardgas	Aandeel Olie	Aandeel elektriciteit
2GP1	2 023	61%	14%	24%
2GP2	2 538	52%	25%	22%
2GP3	3 191	54%	18%	28%
2GP4	2 898	58%	7%	35%
3GP1	2 494	46%	27%	26%
3GP2	3 232	38%	36%	26%
3GP3	3 550	44%	27%	29%
3GP4	3 243	50%	13%	37%
4GP1	2 820	36%	39%	26%
4GP2	3 960	27%	46%	27%
4GP3	3 992	31%	42%	27%
4GP4	3 748	38%	27%	35%
FLP1	2 304	59%	19%	21%
FLP2	3 010	50%	28%	21%
FLP3	3 057	56%	22%	22%
FLP4	2 531	62%	13%	25%

(*) indien de aandelen niet sommeren tot 100% is dit het gevolg van afrondingsfouten in de Word tabel. In LEAP werken we op 1 cijfer na de komma, en moet het totaal altijd 100% zijn.

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Voor waakvlammen maken we een onderscheid tussen waakvlammen voor centrale verwarming (c.v.) en waakvlammen voor de aparte bereiding van warm tapwater met aardgas (gasboilers of –geisers). Bij het bepalen van het aantal waakvlammen voor cv-ketels moeten we rekening houden met het aandeel van typewoningen dat met c.v. verwarmt, en het al dan niet aanwezig zijn van elektronische ontsteking¹²⁴. Wat betreft gastoestellen voor de bereiding van warmwater voeren we een percentage toestellen in dat met elektronische ontsteking werkt. We moeten tot slot de waakvlammen verdelen over de energiedragers aardgas en huisbrandolie (we nemen aan dat voor steenkool, LPG en hout het energiegebruik door waakvlammen niet relevant of verwaarloosbaar is). We moeten tevens rekening houden met eerdere veronderstellingen rond de combi-eenheden die hetzij op aardgas hetzij op huisbrandolie werken. Voor de aparte warmwatertoestellen op aardgas veronderstellen we – bij gebrek aan harde data – dat in 2005 geen enkel toestel met elektronische ontsteking werkte.

In LEAP voeren we voor de eenvoud enkel een finaal hulpenergiegebruik per typewoning in, voor ruimteverwarming en waakvlammen samen. We moeten tevens de aandelen van de

¹²⁴ Een elektrische ontsteking ontsteekt het binnenstromende aardgas automatisch door middel van een vonk.

verschillende energiedragers in dit hulpenergiegebruik ingeven. In een toekomstige versie van het LEAP-model is het misschien toch beter om het elektriciteitsgebruik voor cv-ketels af te zonderen aan het energiegebruik voor waakvlammen van verbrandingstoestellen.

11.13.3. Hulpenergiegebruik voor ventilatie

We proberen een inschatting te maken van het elektriciteitsgebruik voor mechanische ventilatie in de bestaande woningstock in Vlaanderen in 2005. Voor het bepalen van de vermogens van de ventilatoren werken we in principe met de waarden bij ontstentenis uit de EPB rekenprocedures.

Voor de typewoningen die gebruik maken van mechanische ventilatie voor luchtverversing moeten we vooreerst een onderscheid maken tussen ventilatiesysteem C¹²⁵ en ventilatiesysteem D. Voor beide systemen moeten we tevens aanduiden wat de aandelen van wissel- en gelijkstroomventilatoren zijn.

Van de (al dan niet gerenoveerde) woningen voor 1991 die mechanische ventilatie gebruiken veronderstellen we dat 90 % gebruikt maakt van ventilatiesysteem C met wisselstroom ventilatoren en 10 % van systeem C met gelijkstroomventilatoren. We nemen aan dat enkel in woningen gebouwd na 1991 ventilatiesysteem D aanwezig is. We veronderstellen bovendien dat de meeste bewoners die zo slim zijn om gebalanceerde ventilatie te plaatsen (in principe met warmteterugwinning), ook wel zo milieubewust zullen zijn om meteen te opteren voor gelijkstroomventilatoren. Het elektriciteitsgebruik zal immers steeds hoger zijn voor systeem D dan voor systeem C, zonder dat daarom noodzakelijk de luchtkwaliteit in de woning beter is. Het grote voordeel van gebalanceerde ventilatie is dat men dit systeem kan combineren met warmteterugwinning, waarbij men heel wat energie kan besparen voor ruimteverwarming (minder ventilatieverliezen, op voorwaarde dat de woning voldoende tocht dicht is gemaakt). Voor recente woningen met mechanische ventilatie zijn de veronderstelde aandelen daarom als volgt: 82 % systeem C wisselstroom; 9 % systeem C gelijkstroom, 1 % systeem D wisselstroom en 8 % systeem D gelijkstroom.

Zoals zo vaak zijn onze aannames “guesstimates”, en hebben we geen flauw idee van wat de werkelijke verdelingen zijn.

¹²⁵ Ventilatiesysteem B komt haast niet voor, en is bovendien qua hulpenergiegebruik vergelijkbaar met systeem C.

Tabel 89: aandelen van typewoningen met mechanische ventilatie voor luchtverversing en elektriciteitsgebruik per ventilatiesysteem in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	aandeel mechanische ventilatie	Systeem C wisselstroom [kWh/woning]	Systeem C gelijkstroom [kWh/woning]	Systeem D wisselstroom [kWh/woning]	Systeem D gelijkstroom [kWh/woning]
2GP1	1,0%	410	279	771	492
2GP2	1,5%	372	253	700	447
2GP3	4,0%	427	290	803	512
2GP4	6,0%	427	290	802	512
3GP1	1,0%	510	347	959	612
3GP2	1,5%	495	336	930	593
3GP3	4,0%	496	337	933	595
3GP4	6,0%	496	337	933	595
4GP1	1,0%	546	371	1.026	655
4GP2	1,5%	546	371	1.026	655
4GP3	4,0%	546	371	1.026	655
4GP4	6,0%	546	371	1.026	655
FLP1	1,0%	323	219	607	387
FLP2	1,5%	323	219	606	387
FLP3	4,0%	320	218	601	384
FLP4	6,0%	318	216	597	381

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

We veronderstellen dat hoe recenter de woning, hoe groter de kans dat de woning voorzien is van mechanische ventilatie (systeem C of D). Indien men in een typewoning mechanische ventilatie gebruikt, dan kunnen we op eenvoudige wijze met ons (aangepast) EPB-programma berekenen hoe groot het (jaarlijks) elektriciteitsgebruik zal zijn, waarbij we rekening houden met het type ventilatiesysteem en het al dan niet gebruik maken van gelijkstroomventilatoren. Het gewogen gemiddelde elektriciteitsgebruik voor hygienische ventilatie per typewoning in LEAP verschilt (een weinig) van de berekende waarden in SAVER, omdat we in LEAP de totalen voor energiegebruik moeten laten overeenstemmen met deze van de energiebalans Vlaanderen zoals opgesteld door de Vito.

Het gebruik van mechanische ventilatie heeft repercussies voor andere energiefuncties. We kunnen deze effecten niet negeren. Het gebruik van mechanische ventilatie is enkel zinvol indien de woning voldoende tocht dicht is gemaakt. Voor ventilatiesysteem C veronderstellen we een ventilatievoud n_{50} gelijk aan 3, en voor ventilatiesysteem D een ventilatievoud n_{50} gelijk aan 1. Een betere luchtdichtheid betekent minder in/exfiltratieverliezen, wat een gunstig effect heeft op het netto energiegebruik voor ruimteverwarming. Bovendien is gebalanceerde ventilatie pas echt zinvol indien men ook warmteterugwinning toepast, wat een nog veel gunstiger effect zal hebben op de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming. In SAVER houden we rekening met deze effecten.

11.14. Elektriciteitsopwekking door fotovoltaïsche systemen (PV)

De maandelijkse elektriciteitsopwekking door een PV-systeem $W_{pv,m}$ [kWh] wordt bepaald door:

$$W_{pv,m} = \frac{P_{pv} \times RF_{pv} \times c_{pv} \times I_{s,m,shad}}{3600}$$

Het piekvermogen van het PV-systeem P_{pv} [W] is een ontwerpgegeven

De rekenwaarden voor de reductiefactor van het PV-systeem RF_{pv} [-] staan vermeld in tabel 15 van Bijlage I van het EPB-besluit.

Tabel 90: Reductiefactor van het PV-systeem

Opstelling PV-modules	Centrale omvormer	Wisselspannings-modules
Geïntegreerd in het dak, matig geventileerd	0,67	0,71
Vrijstaand, matig geventileerd	0,70	0,73

De correctiefactor voor schaduwwerking c_{pv} [-] wordt berekend als volgt:

$$c_{pv} = \max \left\{ 0; 1,26 \times \frac{I_{s,m,shad}}{I_{s,m,horshad}} - 0,26 \right\}$$

We veronderstellen (voorlopig) dat er afgezien van de horizon geen extra obstakels zijn die voor beschaduwing zorgen, zodat $I_{s,m,shad} = I_{s,m,horshad}$; en bijgevolg $c_{pv} = 1$.

We nemen aan dat elektriciteitsopwekking door PV in woningen in 2005 in Vlaanderen nog verwaarloosbaar was.

11.15. Elektriciteitsopwekking door gebouwgebonden WKK

De maandelijks geproduceerde hoeveelheid elektriciteit door een gebouwgebonden WKK $W_{cogen,m}$ [kWh] wordt bepaald door:

$$W_{cogen,m} = \frac{\varepsilon_{cogen,elec}}{3,6} \times \frac{Q_{heat,demand,cogen,m}}{\varepsilon_{cogen,th}}$$

De maandelijks hoeveelheid nuttige warmte die de gebouwgebonden WKK levert $Q_{heat,demand,cogen,m}$ [MJ] wordt berekend als volgt:

$$Q_{heat,demand,cogen,m} = \left\{ f_{heat,m,cogen} \times \left[(1 - f_{as,heat,m}) \times Q_{heat,gross,m} \right] \right. \\ \left. + \left\{ f_{K i,m,cogen} \times \left[(1 - f_{as,K i,m}) \times Q_{K i,gross,m} \right] \right\} \right\}$$

De factoren $f_{heat,m,cogen}$ [-] en $f_{bath/sink i,m,cogen}$ [-] zijn de aandelen van de gebouwgebonden WKK in de bruto warmteproductie voor ruimteverwarming respectievelijk de productie van warm tapwater (na aftrek van eventuele warmtelevering door een thermisch zonne-energiesysteem).

Het rekenwaarden van het elektrisch ($\varepsilon_{cogen,elec}$) respectievelijk thermisch omzettingsrendement ($\varepsilon_{cogen,th}$) [-] van de WKK-installatie zijn terug te vinden in Tabel 16 van bijlage A van Bijlage II bij het EPB-besluit.

11.16. Het karakteristiek jaarlijks primair energiegebruik

Het karakteristiek jaarlijks primair energiegebruik wordt bepaald door de som van het jaarlijks primair energiegebruik voor ruimteverwarming, de bereiding van warm tapwater, de hulpfuncties en de ruimtekoeling, en daarvan afgetrokken de jaarlijkse primaire energiebesparing t.g.v. de opwekking van elektriciteit d.m.v. PV en/of WKK.

Het elektriciteitsgebruik zet men eerst om van kWh naar MJ door te vermenigvuldigen met een factor 3,6. Het energiegebruik [in MJ] vermenigvuldigt men vervolgens met een factor f_p [-], i.e. de conventionele omrekenfactor naar primaire energie van de beschouwde energiedrager. Deze omrekenfactor is gelijk aan 2,5 voor elektriciteit; en gelijk aan 1 voor alle fossiele brandstoffen.

11.17. Het E-peil

Het E-peil van een woning is de verhouding van het karakteristiek jaarlijks primair energiegebruik tot een referentiewaarde, vermenigvuldigd met 100. Het E-peil wordt gegeven door:

$$E = 100 \pm \frac{E_{char}}{115 \times A_T + 70 \times V + 105 \times \dot{V}_{ref}}$$

De warmteverliesoppervlakte A_T [m²] en het beschermd volume V [m³] zijn ontwerpgegevens.

Het referentie bewust ventilatiedebiet \dot{V}_{ref} [m³/h] wordt gegeven door:

$$\dot{V}_{ref} = 1,5 \times \left(0,2 + 0,5 \times e^{\frac{-V}{500}} \right) \times V$$

In SAVER berekenen we enkel het E-peil voor nieuwbouwwoningen. Onze aangepaste EPB-rekenmethode voor bestaande woningen wijkt op een aantal punten te ver af van de officiële EPB-rekenmethode.

12. Berekening van het energiegebruik van apparaten en verlichting

We analyseren de ontwikkeling van het (niet-gebouwbonden) elektriciteitsgebruik op basis van het gemiddeld jaarlijks gebruik per huishouden. De ontwikkeling van het gebruik per woning loopt vrijwel parallel met die van huishoudens omdat het aantal (bewoonde) woningen vrijwel gelijk loopt met het aantal huishoudens.

We hadden idealiter het energiegebruik voor verlichting en huishoudelijke toestellen afzonderlijk per typewoning in LEAP bekeken. Het gebruik van een aantal toestellen, zoals wasmachines of vaatwassers, zal namelijk sterk afhangen van het aantal personen in het gezin (en we veronderstellen per woningtype een bepaalde gemiddelde gezinsgrootte). Twee zaken hebben ons hiervan uiteindelijk weerhouden:

- Het gebrek aan gedetailleerde gegevens;
- Het bijzonder omslachtig worden van het invoeren van alle extra data in LEAP.

Alle waarden die we in dit hoofdstuk bespreken hebben bijgevolg betrekking op een "gemiddeld" Vlaams gezin in 2005.

12.1. Energiefuncties

We splitsen het energiegebruik per huishouden op naar de volgende functies:

- koelen/vriezen;
- reinigen (wasmachine, vaatwasser, enz.);
- verlichting;
- koken (fornuis, oven, enz.);
- audio/video/communicatie en overig (diverse apparaten).

We kunnen per functie een aantal verschillende apparaten onderscheiden. Met name bij de functie audio/video zijn er zeer veel soorten apparaten, maar met een (soms zeer) klein jaarlijks gebruik.

12.2. Gebruiksfactoren

Het jaarlijks gebruik per energiefunctie is de som van de daar onder vallende gebruiken per apparaat. De volgende factoren bepalen het gemiddeld huishoudelijk gebruik per apparaat:

- penetratiegraad;
- prestatie/uitvoering/capaciteit;
- gebruikswijze/intensiteit;
- technische besparing.

We kunnen – gegeven de waarde van deze factoren voor alle apparaten – het gebruik per apparaat, per energiefunctie en per huishouden bepalen.

12.2.1. Penetratiegraad

De bezitsgraad is het aantal huishoudens dat een of meer exemplaren van een bepaald apparaat bezit. De bezitsgraad is per definitie kleiner dan of gelijk aan 100 %. De penetratiegraad is het aantal apparaten dat 100 huishoudens bezitten. De penetratiegraad kan boven de 100 % liggen en is (meestal) een betere maat voor het gebruik. [ECN, 1999, p. 10]

In het SAVER-LEAP huishoudens model gebruiken we de penetratiegraad.

12.2.2. Prestatie/capaciteit/uitvoering

Apparaten leveren een bepaalde prestatie of “energiedienst”. Voorbeelden zijn een volume dat men tot een bepaalde temperatuur wenst te koelen (koelkast); een hoeveelheid schoon wasgoed (wasmachine); of een bepaald niveau van lichtintensiteit (verlichting).

De prestatie is vaak gekoppeld aan de capaciteit of het vermogen (Watt) van het apparaat. Een hoofdboiler van 2 000 W bijvoorbeeld kan meer warm tapwater leveren dan een aanrechtboiler van ‘slechts’ 700 W.

De uitvoering van het apparaat is eveneens van belang. Een vriestkast en een vrieskist verschillen niet enkel t.a.v. plaatsingsmogelijkheden maar ook t.a.v. elektriciteitsgebruik.

Men zet apparaten tot slot niet alleen in voor een bepaalde primaire functie, maar ook voor andere functies zoals:

- stand-by functie, i.e. het klaarstaan voor het direct vervullen van de primaire functie;
- secundaire functies, bijvoorbeeld. een klokje of tijddisplay;
- oplaadfunctie, i.e. het opladen van batterijen voor het vervullen van een primaire functie, los van het elektriciteitsnet.

Het aandeel van dit niet-primaire gebruik is de voorbije jaren steeds maar toegenomen. [ECN, 1999, p. 10-11]

12.2.3. Gebruikswijze en -intensiteit

Het aantal uren [h] per jaar dat men een apparaat gebruikt, in combinatie met het vermogen [W], bepaald in beginsel het gebruik in kWh per jaar.

Men kan echter vaak het apparaat op meer dan één manier gebruiken. Voorbeelden zijn de verschillende soorten wasprogramma's bij een wasmachine, het meer of minder vaak vullen en legen van de inhoud van vriezers of het wel of niet stand-by laten staan van apparatuur. [ECN, 1999, p. 11]

12.2.4. Technische besparing en efficiencyverbetering

We bedoelen met “technische besparing” de besparing die men kan bereiken door het toepassen van efficiëntere apparaten of toestellen, die – los van het *gebruik* van deze apparaten – *dezelfde* energieprestatie of energiedienst leveren, maar met minder energiegebruik.

Een technische besparing of “efficiency-verbetering” is niet hetzelfde als een gedragsmatige besparing waarbij niet dezelfde energieprestatie wordt geleverd, bijvoorbeeld het instellen van een hogere temperatuur in de koelkast (waarbij eventueel de kans op bedorven etenswaren kan toenemen). [ECN, 1999, p. 11]

Het leveren van een energiedienst vereist een bepaalde eindvorm van energie. Voorbeelden zijn lage temperatuur warmte bij wasmachines, hoge temperatuur warmte bij koken, elektromagnetische energie bij elektronische apparaten en mechanische energie bij een c.v.-pomp. Er zijn twee mogelijkheden:

- een efficiënter apparaat produceert deze eindvorm met minder inzet van een energiedrager. Een voorbeeld is een elektromotor met een hoger rendement;
- een efficiënter apparaat kan ook minder van een bepaalde eindvorm gebruiken om dezelfde energiedienst te leveren. Een voorbeeld is een boiler met dikkere isolatie zodat men minder warmte moet toevoeren om de verliezen te compenseren. [ECN, 1999, p. 11]

We veronderstellen steeds – tenzij anders aangegeven – dat efficiëntere apparaten *dezelfde* energiedienst leveren.

12.3. Substitutie tussen gas en elektriciteit

De meeste huishoudelijke apparaten of toestellen gebruiken elektriciteit. In sommige gevallen is een andere energie-input mogelijk. Het meest voor de hand liggende voorbeeld is koken. De elektrische wasdroger is in een meer energiezuinige gasgestookte versie te verkrijgen. Het nadeel van een gasgestookte droger is dat een gasaansluiting nodig is op de plaats waar hij moet staan. Een mogelijke oplossing hiervoor is het aanleggen van “gasstopcontacten” in de woning, wat al enige tijd in Japan bestaat. Het aanleggen van een warm water leidingnet laat toe om “hot fill” apparaten te gebruiken, waardoor men deze apparaten (bijvoorbeeld wasmachine of keukenboiler) niet meer elektrisch hoeft op te warmen. [IVEM, 2004, p. 40]

Een verandering van het elektriciteitsgebruik van huishoudelijke apparaten of toestellen kan daarom het gevolg zijn van substitutie tussen elektriciteit en aardgas. Zo kan het elektriciteitsgebruik voor koken stijgen door een toenemend gebruik van elektrische kookplaten en microgolfoven, ten koste van koken op gas.

De effecten van substitutie met gas op het elektriciteitsgebruik zijn al bij al vrij beperkt. .

12.4. Evolutie van het elektriciteitsgebruik gesplitst naar apparaatfactoren

We maken een kwantitatieve analyse van de evolutie van het elektriciteitsgebruik voor huishoudelijke apparaten of toestellen. De volgende reeds vermelde factoren bepalen de verandering in het gemiddelde gebruik per huishouden:

- toename van de penetratie van apparaten;
- in-/extensiever gebruik (lagere/hogere bedrijfstijd);
- een andere prestatie (b.v. hoger vermogen, stand-by);
- technische verbetering van apparaten.

We bepalen in een rekenblad het gemiddeld gebruik per jaar per apparaat op basis van de jaarlijkse penetratiegraad en van de veranderingen in bedrijfstijd en/of in capaciteit/prestatie, waarbij we tevens rekening houden met technische verbeteringen. We sommeren de

gebruiken an groepen apparaten tot een gemiddeld gebruik per energiefunctie en vervolgens tot een gemiddeld huishoudelijk gebruik.

We hebben de waarden van de apparaatfactoren als volgt bepaald:

- Voor de ontwikkeling van de penetratiegraden per apparaat gebruiken we voornamelijk de gegevens van de ADS, aangevuld met de enquêtes van de VEA. Deze statistieken zijn in redelijke mate beschikbaar en betrouwbaar;
- Voor veranderingen in de bedrijfstijd gebruiken we – in de mate van het mogelijke – informatie over concrete gedragingen. Voor een aantal apparaten is wel de richting van het effect van gedragsmatige veranderingen gekend, maar niet de mate van verandering van de bedrijfstijd, zodat we daar een schatting moeten van maken;
- Voor veranderingen in de prestatie gebruiken we gegevens uit de literatuur. We kunnen soms de verandering in prestatie in rekening brengen door een onderscheid te maken naar verschillende types van een apparaat, bijvoorbeeld eendeurs en tweedeurs koelkasten. Via aparte penetratiegraden voor beide typen kunnen we het effect van meer presteren maar ook meer gebruikende koelapparatuur bepalen. In andere gevallen moeten we een schatting maken van de verandering in capaciteit.
- Voor de technische besparing of efficiëntie-verbetering gebruiken we gegevens van de fabrikanten. Deze waarden zijn soms redelijk onderbouwd of voor zichzelf sprekend (elektrische kachels met een rendement van 100 % kunnen in technische zin niet zuiniger worden);

We kunnen met b.h.v. het LEAP gedeelte een aantal gebruiksontwikkelingen schetsen, met name de (berekende) totale gebruiksontwikkeling, of de gebruiksontwikkeling zonder a) toename van de penetratiegraden; b) zonder veranderingen in de bedrijfstijd; c) zonder veranderingen in de capaciteit/prestatie; of d) zonder efficiëntieverbetering.

De hogere penetratiegraden en technische besparing veroorzaken de belangrijkste – maar tegengestelde – mutaties in het (niet gebouwgebonden) huishoudelijk elektriciteitsgebruik. De mutaties bij bedrijfstijd en bij capaciteit/prestatie hebben minder invloed op de gebruiksontwikkeling, omdat bij sommige apparaten de bedrijfstijd of capaciteit toeneemt, maar bij andere juist af.

12.5. Secundaire effecten

Besparingsopties kunnen elders tot extra energiegebruik leiden of andere besparingsopties beïnvloeden

We geven enkele voorbeelden. Bij kieldichte nieuwbouwwoningen moet men een ventilatiesysteem plaatsen. Dit zal meestal een mechanisch ventilatiesysteem zijn, wat zal leiden tot een hoger elektriciteitsgebruik. Een condenserende ketel vereist een extra ventilator, wat eveneens leidt tot een hoger elektriciteitsgebruik.

De secundaire effecten vertalen zich naar hogere penetratiegraden, capaciteiten of bedrijfstijden. [ECN, 1999, p. 14]

12.6. Kwalitatieve analyse: energierelevant gedrag

12.6.1. Componenten van energierelevant gedrag

We kunnen drie componenten onderscheiden in het gedrag t.o.v. energiegebruik i.v.m. (gebouwgebonden) installaties of (niet gebouwgebonden) apparaten:

- *gebruiksgedrag*. Dit gedrag heeft betrekking op het *gebruik* van de aanwezige apparaten of toestellen. Voorbeelden zijn de duur van het gebruik (minder TV kijken), aangepast gebruik (wasprogramma's) of een deel van de maximale capaciteit gebruiken (stofzuiger);
- *aankoopgedrag*. Dit gedrag heeft betrekking op de aankoop van energiegebruikende duurzame consumptie-goederen. Men kan beslissen een apparaat of toestel niet aan te schaffen (bijvoorbeeld zonnepaneel of droogkast), of men kan een zuiger versie kopen (bijvoorbeeld met A-label);

- *indirect gedrag*. Dit gedrag betreft allerlei beslissingen die slechts onrechtstreeks een invloed hebben op het energiegebruik, en waarbij de beslisser meestal geen koppeling legt met de gevolgen voor het energiegebruik van de genomen beslissing. Voorbeelden zijn de keuze van woning (type, grootte), de indeling van de woning, het verwarmingssysteem (lokale of centrale verwarming), de levensstijl (veel uithuizig of niet), enz. :

Alle soorten gedrag kunnen zowel leiden tot een toename van als tot een besparing op het energiegebruik. [ECN, 1999, p. 12]

Niet enkel de *intenties* van de gebruiker maar ook *externe restricties* bepalen het effect van het gedrag van de gebruiker op het energiegebruik. Het beschikbare aanbod van zuiniger apparaten kan de invloed van het aanschafgedrag op het energiegebruik beperken. Het ontbreken van keuzemogelijkheden, bijvoorbeeld het wonen in een huurwoning met een gegeven verwarmings- en/of ventilatiesysteem, legt een restrictie op aan de invloed van het indirect gedrag op het energiegebruik.

De verschillende soorten gedrag zijn op hun beurt de resultante van ontwikkelingen bij een complex van zogenaamde achtergrondvariabelen: gezinsverdunding, inkomensgroei, woningenbestand, energieprijzen, beleidsmaatregelen, milieubewustzijn, uithuizigheid, enz.

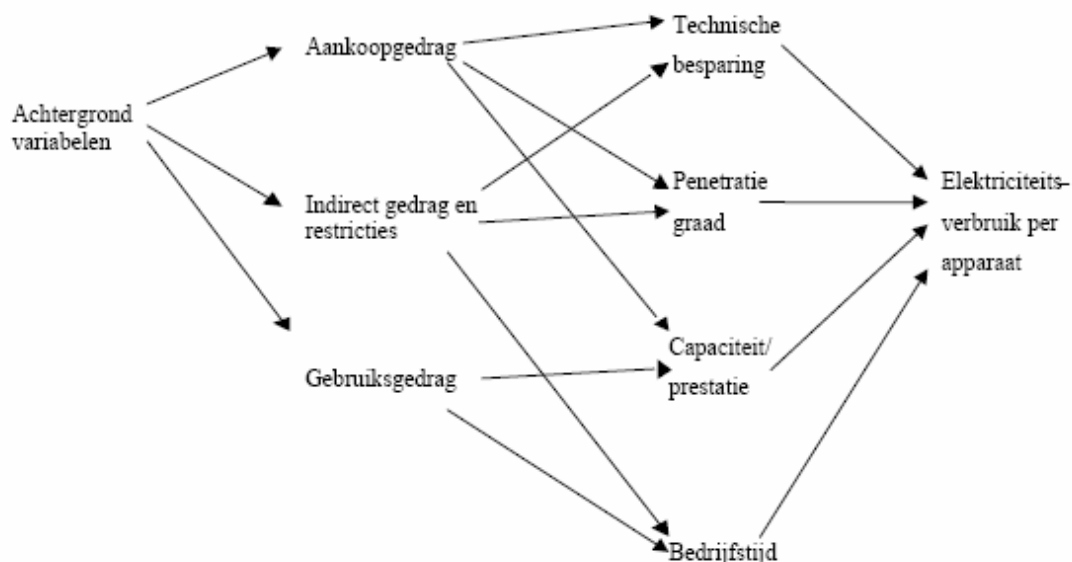
12.6.2. Achtergrondvariabelen

Omgevings- of achtergrondvariabelen zijn variabelen zoals leeftijd, inkomen, grootte van het huishouden, opleiding en woonregio. Deze variabelen beïnvloeden de kennis, de houding en de bereidheid om te besparen op energie.

12.6.3. Relaties tussen concreet gedrag en energiegebruik

Figuur 30 geeft de relatie tussen de soorten concreet gedrag, de eerder vermelde apparaatfactoren en de achtergrondvariabelen.

Figuur 30: Relatie concreet gedrag en verbruik per apparaat



Bron: ECN (1999)

De koppeling van concreet gedrag aan apparaatfactoren, voor elk apparaat afzonderlijk, is een "bottom-up" aanpak die toelaat meer inzicht te verkrijgen in de mechanismen en de mogelijkheden en beperking voor beïnvloeding.

De koppeling van achtergrondvariabelen aan concreet gedrag is een “top-down” aanpak, waarbij men (statistische) relaties legt tussen algemene sociaal-economische grootheden en energiebebruik. [ECN, 1999, p. 13]

We geven slechts een globale schets van deze relaties, zoals concreet waargenomen in de praktijk.

12.6.3.1. *Relaties concreet gedrag en apparaatfactoren*

De banden tussen soorten gedrag en apparaatfactoren zijn niet alle even sterk. Het gebruiksgedrag is meestal gekoppeld aan bedrijfstijd; aanschafgedrag aan penetratiegraad en technische besparing.

Er is een wisselwerking tussen concreet gedrag en technische besparing. De technische vormgeving kan de besparingseffecten van het gedrag mee bepalen. Enerzijds kan technische besparing de besparingseffecten van gebruiksgedrag vervangen. Bijvoorbeeld bij een ketel met automatische pompschakelaar is het niet meer nodig dat de bewoners buiten het stookseizoen de ketelpomp uitzetten. Anderzijds kan de techniek nieuwe gedragsmatige besparingsmogelijkheden creëren. Bijvoorbeeld de stofzuiger die de mogelijkheid biedt om de zuigkracht elektronisch te regelen geeft de gebruiker een extra optie om te besparen op het energiegebruik voor stofzuigen.

12.6.3.2. *Relaties achtergrondvariabelen en concreet gedrag*

De relatie tussen achtergrondvariabelen en gebruiksgedrag zou – volgens een Nederlandse studie – zeer zwak zijn (SWOKA, 1992, blz. 53 e.v.). Er zou statistisch gezien geen effect zijn op het uitzetten van de ketel in de zomer en op de frequentie van gebruik van elektrische kachels. Er zouden evenmin significante effecten zijn op het kookgedrag (gebruikswijze comfoor, mate van gebruik oven en magnetron), op het besparend omgaan met koel/vries-apparatuur, op de gebruiksfrequentie van vaatwasser of met de hand wassen, of op aan de lijn drogen i.p.v. met de droogkast. De achtergrondvariabelen zouden wel een invloed hebben op de gebruiksfrequentie van de wasmachines en de droogtrommel (m.n. huishoudgrootte).

De achtergrondvariabelen zouden – volgens dezelfde studie – eveneens maar een beperkt deel verklaren van het verschil in bezit van de apparaten die niet standaard in elk huishouden aanwezig zijn: elektrisch fornuis/comfoor totaal 8 %, magnetron 12 %, droogtrommel 21 % en vaatwasser 16 % (SWOKA, 1992, blz. 49/50).

De Nederlandse studie nam een aantal (exogene) invloedsfactoren niet expliciet mee, zoals woningkenmerken, energie-infrastructuur en aanbod van apparaten.

12.7. **Apparaten en toestellen in SAVER-LEAP**

In SAVER-LEAP onderscheiden we zes hoofdcategorieën:

- verlichting;
- koelen (van voedingswaren);
- natte toestellen (reiniging);
- media;
- koken;
- overige (restcategorie).

In elk van deze categorieën onderscheiden we verschillende toestellen of apparaten, en voor elk type toestel – indien relevant – een “gewoon” en een “energiezuinig” exemplaar. Elk toestel wordt gekenmerkt door een *penetratiegraad*, een *specifiek energiegebruik* (gemiddeld gezinsgebruik per toestel per jaar), en in de mate dat verschillende toestellen eenzelfde energiefunctie vervullen, het *aandeel* [%] van dat specifiek toestel in het totaal aantal toestellen die dezelfde energiedienst verlenen. Voor sommige apparaten is niet zozeer (of

enkel) het onderscheid zuinig of niet energiezuinig van belang, maar ook de “toestand” waarin het toestel zich bevindt: in werking, stand-by of slaapstand. Het specifiek gebruik is het product van de “grootte” van het toestel (vermogen in Watt) en de gebruiksduur (uren per jaar), of het gemiddeld gebruik “per beurt” maal aantal beurten per jaar (frequentie van gebruik).

Voor alle duidelijkheid: het elektriciteitsgebruik voor huishoudelijke apparaten en toestellen omvat *niet* het gebouwgebonden (hulp)energiegebruik, zoals elektriciteitsgebruik voor circulatiepompen en ventilatoren (voor verwarming en/of ventilatie) of voor airco. Zoals eerder gezegd beschouwen we verlichting voor woningen *niet* als gebouwgebonden.

Het elektriciteitsgebruik voor verlichting en huishoudelijke toestellen (exclusief airco, circulatiepompen, ventilatoren en andere gebouwgebonden functies) voor een gemiddeld gezin in Vlaanderen anno 2005 is – volgens de veronderstellingen van SAVER-LEAP – ongeveer gelijk aan 2 719 kWh per jaar. Deze waarde stemt vrij goed overeen met de waarden die we terugvinden in diverse gevalstudies, zij het dat de variatie (o.m. in functie van de gezinsgrootte) zeer groot kan zijn. Volgens ABEA (s.d.) is het “normaal” gebruik (in Brussel) voor een gezin van 1 of 2 volwassenen gelijk aan 2 200 kWh per jaar (exclusief verwarming en warm tapwater), plus 400 kWh per bijkomende persoon. Het huishoudelijk elektriciteitsgebruik voor een gezin van 1 à 2 personen varieert van 1 500 kWh (zuinig) tot 4 000 kWh (hoog). In Nederland rekent men voor een gemiddeld huishouden van 2,4 personen op een elektriciteitsgebruik van 3 300 kWh (alles inbegrepen). Na aftrek van verwarming, bereiding van warm tapwater en airco wordt dat 2 706 kWh. Dat stemt zeer goed overeen met onze waarde, in acht genomen dat de gemiddelde gezinsgrootte in Vlaanderen eveneens ongeveer 2,4 bedraagt. Verbeeck en Hens (2005, p. 749) bepalen het huishoudelijk elektriciteitsgebruik (verlichting en toestellen) in functie van de verwarmde vloeroppervlakte. Wanneer we hun vergelijking toepassen op onze typewoningen verkrijgen we waarden rond 2 500 à 3 000 kWh per jaar. Onze estimatie valt perfect binnen deze grenzen.

12.7.1. Verlichting

Tabel 91: veronderstellingen in SAVER-LEAP i.v.m. verlichting (Vlaanderen, 2005)

Techniek	penetratie [%]	aandeel techniek [%]	specifiek gebruik [kWh/HH]	# lampen	Watt per lamp
gloeilamp	100%	17,4%	1.005	20	50
halogeenlamp	100%	41,3%	663	20	33
spaarlamp	100%	17,4%	181	20	9
TL-lamp	100%	23,9%	151	15	10
LED	100%	0,0%	20	20	1

HH = huishouden

Bron: ADS, VEA, SenterNovem (2006); Milieucentraal (www.milieucentraal.nl); Nuon (s.d.); Eandis (2004); ABEA (s.d.)

Voor verlichting werken we in LEAP niet rechtstreeks met een specifiek gebruik per techniek (gloeilamp, halogeenlamp, enz.), maar met een voor die bepaalde techniek specifiek gebruik per huishouden, gebaseerd op het gemiddeld benodigd aantal lampen (van die soort) per huishouden, het gemiddeld vermogen van die bepaalde soort lampen, en de gemiddelde gebruiksduur (in uren per jaar).

De gemiddelde gebruiksduur is – bij veronderstelling – dezelfde voor alle technieken (lampen of LEDs), met name 1 005 uren per jaar. De penetratiegraad van 100 % slaat op de energiedienst verlichting (we veronderstellen dat *elke* woning in Vlaanderen over kunstmatige verlichting beschikt), niet op de afzonderlijke technieken (gloeilamp, spaarlamp, e.d.). Een aandeel van 100 % van de techniek “gloeilampen” betekent dat het huishouden 1 005 kWh elektriciteit per jaar voor verlichting met gloeilampen zal gebruiken; bij een aandeel van 10 % is dat slechts 100,5 kWh (waarbij andere technieken voor de rest van de verlichtingsbehoefte zorgen).

12.7.2. Koelen

Tabel 92: veronderstellingen in SAVER-LEAP i.v.m. koeling (Vlaanderen, 2005)

Techniek	penetratie [%]	aandeel techniek	kWh per jaar	dagen/jaar	kWh/dag
koel/vrieskast 2deurs	23%	95%	460	365	1,26
koel/vrieskast 2deurs label	23%	5%	215	365	0,59
Diepvrieskist	74%	95%	387	365	1,06
diepvrieskist label	74%	5%	182	365	0,50
Koelkast	85%	95%	231	335	0,69
koelkast label	85%	5%	141	335	0,42

Bron: ADS, VEA, SenterNovem (2006); Milieucentraal (www.milieucentraal.nl); Nuon (s.d.); Eandis (2004); ABEA (s.d.)

De penetratiegraad slaat op de penetratie van 3 verschillende energiediensten: de combinatie koelen en diepvriezen, enkel diepvriezen en enkel koelen. Diepvriezers of combinaties van koelkast en vrieskast (tweedeurs) zijn het hele jaar door in gebruik. Dit geldt niet voor koelkasten, omdat mensen de gewoonte hebben hun koelkast leeg te maken en uit te zetten voor ze op vakantie vertrekken. De energiezuinige types hebben we aangeduid met "label". We hadden nog een verder onderscheid kunnen maken op basis van de verschillende soorten labels, maar 1) dat zou de invoer in LEAP veel omslachtiger maken, en 2) we beschikken niet over voldoende data om de aandelen van de verschillende technieken in Vlaanderen in 2005 correct te kunnen inschatten. We hebben het aandeel van energiezuinige toestellen – in afwachting van betere statistieken – forfaitair op 5 % gezet.

12.7.3. Reiniging ("natte" toestellen)

Tabel 93: Veronderstellingen in SAVER-LEAP i.v.m. "natte toestellen" (Vlaanderen, 2005)

Techniek	penetratie [%]	aandeel techniek [%]	kWh per jaar	beurten per jaar	kWh/beurt
Vaatwasser	52%	95%	317	242	1,31
vaatwasser label	52%	5%	230	242	0,95
wasmachine 60°	94%	95%	77	48	1,60
wasmachine 60° label	94%	5%	43	48	0,89
wasmachine 90°	94%	95%	125	48	2,60
wasmachine 90° label	94%	5%	64	48	1,34
droogkast condens	71%	95%	467	128	3,65
droogkast condens label	71%	5%	384	128	3,00
droogkast luchtafvoer	71%	0%	429	128	3,35
droogkast luchtafvoer label	71%	0%	320	128	2,50

Bron: ADS, VEA, SenterNovem (2006); Milieucentraal (www.milieucentraal.nl); Nuon (s.d.); Eandis (2004); ABEA (s.d.)

We onderscheiden voor de categorie reiniging slechts vier energiediensten, met name "wassen van de vaat", "wassen van kledij op 60°", "wassen van kledij op 90°", en "drogen van kledij". Andere diensten die ook met reiniging hebben te maken, bijvoorbeeld strijken, plaatsen we bij "diverse".

Net zoals voor "koelen" beperken we ons tot "gewone" en "energiezuinige" toestellen (i.e. toestellen met "een" energielabel). Het aandeel van energiezuinige "natte" toestellen in Vlaanderen in 2005 hebben we eveneens forfaitair op 5 % gezet.

12.7.4. Media

Tabel 94: veronderstelling in SAVER-LEAP i.v.m. media (Vlaanderen)

Techniek	penetratie dienst [%]	aandeel techniek [%]	kWh per jaar	uren per jaar ^(*)	kW per toestel
TV werking	99%	100%	94	937	0,100
TV standby	99%	100%	71	7.103	0,010
TV 42" werking	0%	100%	206	937	0,220
TV 42" standby	0%	100%	78	7.103	0,011
video werking	82%	100%	10	502	0,020
video standby	82%	100%	53	7.537	0,007
CD lezer werking	82%	100%	9	335	0,027
CD lezer standby	82%	100%	54	7.705	0,007
PC werking	72%	100%	97	485	0,200
PC standby	72%	100%	155	1.942	0,080
PC slaapstand	72%	100%	18	2.309	0,008

(*) uren per jaar sommen per toestel niet tot 8 760 uren, omdat we veronderstellen dat de toestellen een aantal uren per jaar volledig uit staan, bijvoorbeeld doordat mensen de stekker uittrekken wanneer ze op vakantie gaan.

Bron: ADS, VEA, SenterNovem (2006); Milieucentraal (www.milieucentraal.nl); Nuon (s.d.); Eandis (2004); ABEA (s.d.); SPOT (2006)

Er zijn heel wat “media-toestellen”, maar we beperken ons tot een aantal van de grootste “energievreters”, met name “gewone TV”, “TV met groot scherm”, video, CD en PC. De overige toestellen zitten in de categorie “diverse”. Het elektriciteitsgebruik voor “TV met groot scherm” is een gewogen gemiddelde van elektriciteitsgebruik voor LCD TV’s en plasma TV’s.

De kolom “aandeel techniek” heeft hier niet dezelfde betekenis als voor de andere categorieën. We maken niet zozeer onderscheid tussen “gewone” en “energiezuinige” toestellen, dan wel tussen de verschillende “toestanden” waarin het toestel zich kan bevinden, met name “in werking”, “standby” en eventueel “slaapstand”. Door bijvoorbeeld het aandeel van standby te verminderen van 100 % naar 0 %, kunnen we aanduiden dat de gemiddelde gebruiker het toestel volledig kan uitschakelen (al was het maar door de stekker uit te trekken).

Het energiezuiniger worden van bepaalde mediatoestellen – bijvoorbeeld van desktop PCs die in de toekomst meer en meer gebruik zullen maken van energiebesparende laptop-technieken, voor zover laptops of een gelijkaardige techniek niet de standaard zullen worden – kunnen we in LEAP in rekening brengen door het specifiek energiegebruik (kWh per toestel) te laten afnemen in de tijd. Een gelijkaardige redenering geldt overigens ook voor de toestellen in de andere categorieën.

12.7.5. Koken

Koken is een energiedienst waar we expliciet rekening (moeten) houden met het gebruik van verschillende energiedragers, in casu elektriciteit en aardgas (we beschouwen koken met LPG als verwaarloosbaar).

Tabel 95: Veronderstelling i.v.m. koken in SAVER-LEAP (Vlaanderen, 2005)

Techniek	penetratie [%]	aandeel techniek [%]	kWh per jaar	uren per jaar	kW per toestel
fornuis keramisch / halogeen	100%	7%	247	180	1,37
fornuis inductie / quicktherm	100%	67%	211	180	1,17
fornuis gas	100%	26%	675	180	3,75
oven	67%	100%	133	72	1,85
oven gas	67%	0%	-	72	
Microgolf	87%	100%	46	72	0,64

Bron: ADS, VEA, SenterNovem (2006); Milieucentraal (www.milieucentraal.nl); Nuon (s.d.); Eandis (2004); ABEA (s.d.)

We beperken ons voor de categorie “koken” tot drie energiediensten: fornuis, oven en magnetron (in Vlaanderen “microgolfoven” genaamd). Voor fornuis en oven zijn elektriciteit en aardgas in theorie perfecte substituuten van elkaar.

Omdat er zo verbazingwekkend weinig data zijn over het gebruik van gasovens rekenen we (voorlopig) het gasgebruik voor ovens bij het gasgebruik voor fornuizen.

12.7.6. Overige (restcategorie)

“Overige toestellen” omvat een zeer groot aantal diverse toestellen, waarvan we het totaal elektriciteitsgebruik in 2005 schatten op ongeveer 203 kWh *per huishouden*. Sommige van deze toestellen zijn grote elektriciteitsgebruikers (zoals zonnepanelen of aquaria), maar omdat hun penetratiegraad vrij klein is maken ze maar een klein deel uit van het totaal huishoudelijk elektriciteitsgebruik in Vlaanderen in 2005. Er zijn ook veel kleine toestellen bij.

Ter illustratie bekijken we drie apparaten die tot de categorie “overig” behoren, met name stofzuiger, strijkijzer en naaimachine.

Tabel 96: Veronderstelling i.v.m. “overige toestellen” in SAVER-LEAP (Vlaanderen, 2005)

techniek	penetratie	aandeel techniek	kWh per jaar	uren per jaar	kW per toestel
stofzuiger	97,0%	100%	43	48	0,90
strijkijzer	95,7%	100%	29	48	0,60
naaimachine	49,3%	100%	4	48	0,08

Bron: ADS, VEA, SenterNovem (2006); Milieucentraal (www.milieucentraal.nl); Nuon (s.d.); Eandis (2004); ABEA (s.d.)

Het zou in LEAP onbegonnen werk zijn om voor alle mogelijke toestellen een dergelijke gebruikstabel op te stellen.

13. Analyse van de scenario's

13.1. Volume-, structuur en besparingseffecten

13.1.1. Definities

Volume-effecten beschrijven de theoretische ontwikkeling van het energiegebruik bij een constant veronderstelde structuur en energie-efficiëntie in een evoluerende economie. Voor de sector huishoudens is het aantal huishoudens of gezinnen de volume-indicator.

Structuur-effecten zijn de effecten die ontstaan doordat sociaal-economische ontwikkelingen op een lager niveau afwijken van de nationale ontwikkeling. Voor de sector huishoudens zijn voorbeelden van structuur-effecten de gezinsverdunding, verschuivingen in type en grootte van nieuwbouwwoningen, veranderingen in het slooptempo van bestaande gebouwen, of effecten van veranderingen in stook- en ventilatiegedrag of uithuizigheid.

Besparings-effecten zijn de effecten waarbij men dezelfde activiteiten uitvoert, maar met minder energiegebruik. Energiebesparing is energie die niet is gebruikt. Dit maakt het in de praktijk niet mogelijk om direct waar te nemen hoe groot de gerealiseerde energiebesparing is (Boonekamp, 2001).

13.1.2. Ontwikkeling bij constant specifiek gebruik

Om de ontwikkeling van het energiegebruik in volume-, structuur- en besparingseffecten te ontleden moeten we eerst de ontwikkeling van het energiegebruik zonder verdergaande efficiëntie-verbetering bepalen. Dit noemen we de ontwikkeling bij een 'constant specifiek gebruik'.

Bij de ontwikkeling volgens constant specifiek gebruik "bevriezen" we de technologische vernieuwing. De referentietechniek verdwijnt niet en nieuwe besparingsopties penetreren niet in de markt. Het energiegebruik blijft echter niet constant, door het volume-effect en de diverse structureffecten. We illustreren dit met enkele voorbeelden.

- Bij constant specifiek gebruik blijft in principe de gemiddelde isolatiegraad van de woning *per bouwjaar*klasse constant, maar door de sloop van oude woningen en nieuwbouw verandert toch de gemiddelde isolatiegraad van de woning op regionaal niveau (Vlaanderen);
- Bij constant specifiek gebruik blijft de penetratiegraad en de kwaliteit van de besparingsopties constant, maar zal het gemiddeld energiegebruik per woning op regionaal niveau (Vlaanderen) toch in de tijd variëren door verschillen in aandelen van type woningen en grootte van de woning.

Het volume effect is gelijk aan het gemiddelde gebruik per huishouden in het basisjaar, vermenigvuldigd met het aantal huishoudens in een bepaald zichtjaar. Door dit te combineren met de verwachte ontwikkeling van het huishoudelijk energiegebruik alsmede de hiermee corresponderende ontwikkeling bij constant specifiek gebruik, ontstaat een onderverdeling in volume, structuur- en besparingseffecten.

13.2. Referentieramingen

In dit hoofdstuk geven we de belangrijkste veronderstellingen rond de referentieramingen weer, omdat deze bepalend zijn voor het totale energiegebruik. We beschrijven achtereenvolgens de ontwikkeling van het woningbestand, de veronderstelde temperatuurstijging, en de ontwikkeling van het energiebeleid in Vlaanderen.

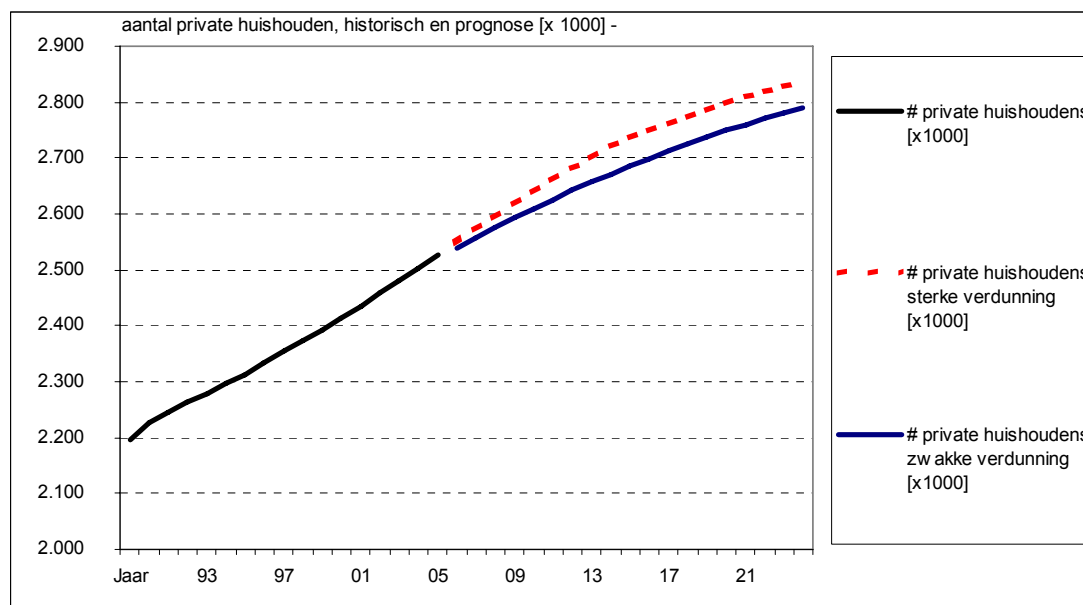
We kunnen het huidige en toekomstige energiebesparingsbeleid alsmede generieke scenario-beelden vertalen naar exogene modelvariabelen zoals de evolutie van de bevolking, het besteedbaar inkomen en het aantal woningen, maar ook naar de ontwikkeling van beleidsinstrumenten zoals subsidies of regulering. Scenario-beelden kunnen tevens van invloed zijn op bijvoorbeeld aannames rondom innovatiesnelheid (technologisch optimistisch scenario).

Het beleid, de fysieke en economische ontwikkeling en de besparingsmaatregelen bepalen de ontwikkeling van het energiegebruik.

13.3. De ontwikkeling van het woningbestand

De bevolkingsgroei is - samen met de grootte van de huishoudens - bepalend voor de omvang van het aantal huishoudens en de daarmee samenhangende woningvoorraad. De prognose van het aantal (particuliere) huishoudens is een scenario-gegeven dat we zullen overnemen van MIRA-S.

Figuur 31: Historische en verwachte groei van het aantal private huishoudens (Vlaanderen,



Bron : http://aps.vlaanderen.be/statistiek/cijfers/stat_cijfers_demografie_nieuw_cubus.htm

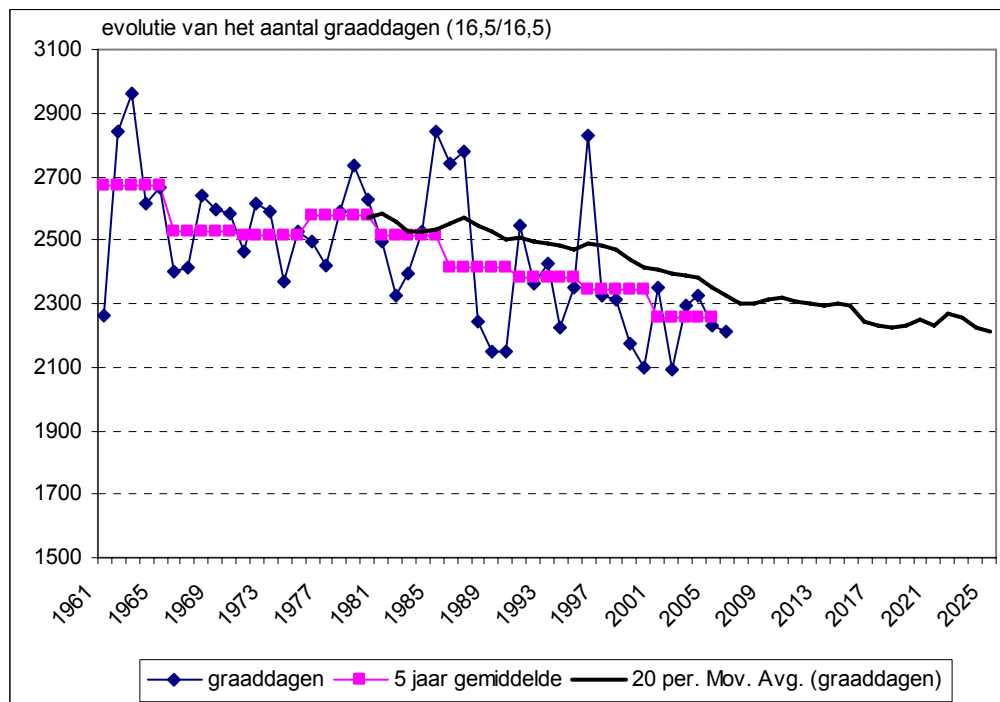
De historische gegevens zijn afkomstig van FOD Economie - Afdeling Statistiek, Bevolkingsstatistiek (voorheen NIS). De geprojecteerde aantallen zijn afkomstig van de projecties (SVR-2005, periode 2000-2025) van de studiedienst van de Vlaamse Regering. (Willems, 2007) Hierbij onderscheidt men twee scenario's: zwakke (ZV) en sterke gezinsverdunning (SV). Voor 2005 en 2006 hebben we evident de historische waarden ingevuld. Prognoses afkomstig van het volgende MIRA-S rapport (20XX) zijn nog niet beschikbaar.

We leiden het totaal aantal woningen en het aantal bewoonde woningen af van de ontwikkeling van het aantal huishoudens. Het onderscheid tussen 'bewoonde' woningen en 'totaal aantal' woningen is van belang. De bewoonde woningen zijn bepalend voor het totale energiegebruik. Maatregelen zoals na-isolatie of de plaatsing van efficiëntere ketels hebben betrekking op het totaal aantal woningen.

13.4. Graaddagen

We kunnen op basis van temperatuurgegevens voor Vlaanderen / België van het KMI een analyse maken van de trendmatige ontwikkeling van het aantal graaddagen. Het aantal graaddagen is in de periode 1970-2000 gedaald (figuur 32). Op grond van statistische analyse en klimaatmodellen kan men concluderen dat deze daling in de toekomst zal doorzetten. De winters zullen m.a.w. gemiddeld minder koud zijn, waardoor het totale gas- en oliegebruik gemiddeld zal dalen.

Figuur 32: ontwikkeling van de jaarlijkse graaddagen (Ukkel, 1961-2006)



Bron: www.gasinfo.be en eigen berekeningen

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 SAVER-LEAP te simuleren, kunnen we de oorspronkelijke warmtevraag (de warmtevraag zonder dat de winters milder worden) vermenigvuldigen met een klimaatfactor.

Het Belgische Planbureau heeft in 2004 energievoorzichten voor België tot 2030 opgesteld in de eenvoudige veronderstelling dat het aantal graaddagen (equivalente graaddagen 16,5 te Ukkel) tijdens de hele projectieperiode constant blijft op het niveau van het jaar 2000. In 2000 bedroeg het aantal graaddagen 2 097. Dat is één van de mogelijke hypothesen. Een andere mogelijke hypothese vertrekt van een historisch gemiddelde. Bij deze laatste hypothese houdt men evenwel geen rekening met de mogelijk dalende trend op lange termijn van het aantal graaddagen. Het Planbureau veronderstelde overigens dat een toename van een graaddag zorgt voor een stijging van de energiebehoeften voor verwarming met ongeveer 0,04 %. (bron: Belgisch Planbureau, Energievoorzichten voor België tegen 2030, working paper 95, Brussel, januari 2004)

De prognoses in de "Vierde nationale mededeling klimaatverandering onder het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake Klimaatverandering, België 2006" gaan uit van de veronderstelling dat het aantal graaddagen in de periode 2000-2020 gelijk is aan de gemiddelde waarde in de periode 1993-2003, i.e. 1 900 graaddagen (bij referentie 15/15, of 2 314 graaddagen bij referentie 16,5/16,5). Men gebruikt twee alternatieve waarden in een gevoeligheidsanalyse. De eerste alternatieve waarde van 2 010 graaddagen is de gemiddelde waarde over de periode 1971-2000. Een tweede alternatieve waarde van 1 714 graaddagen (de waarde die werd waargenomen in het jaar 2000) stemt overeen met een warmer klimaat.

In SAVER-LEAP hanteren we in eerste instantie de eenvoudige methode dat het aantal graaddagen in de toekomstige jaren dezelfde is als in 2005. We zijn immers verplicht er voor te zorgen dat ons "berekend" energiegebruik in 2005 perfect overeenstemt met dat van de energiebalans Vlaanderen zoals opgesteld door de Vito. Vermits we voor elk jaar van de beschouwde periode weten welk deel van het energiegebruik bestemd is voor ruimteverwarming, is het niet zo moeilijk om het totale energiegebruik aan te passen in functie

van de verwachte graaddagen. Zoals gezegd kunnen we – naar analogie met het Nederlandse SAWEC model – de oorspronkelijke warmtevraag vermenigvuldigen met een “klimaatfactor”, die overeenkomt met de mate waarin het aantal graaddagen verandert t.o.v. 2005. (ECN, 2005, p. 10) Deze graaddagen correctiefactor wordt alleen toegepast op dat deel van het energiegebruik dat betrekking heeft op ruimteverwarming (ECN, 2005, p. 49)

13.5. Beleid

Om te kunnen bepalen hoe het toekomstig energiegebruik zich in het referentiescenario ontwikkelt, moet men een aantal aannames doen over het toekomstig energiebeleid. We geven hieronder een overzicht van het beleid zoals dat in de referentieramingen wordt verondersteld.

13.5.1. Energie- en broeikasgasscenario's voor het Vlaamse gewest – verkenning beleidsscenario's tot 2030

Vito [2006a, 2006b en 2007b] onderscheidt in de beleidsdoelstellingen drie pijlers: I) verwarming en sanitair warm water in *nieuwbouw*, II) verwarming en sanitair warm water in het *bestaand woningpark*, en III) elektrische toestellen en verlichting.

In de eerste pijler verlaagt de overheid het vereiste E-peil voor nieuwbouwwoningen om de 4 jaar tot dat van een passiefhuis met E-peil 30 in 2030. De stappen zijn dan: E100 in 2006, E80 in 2010, E70 in 2014, E60 in 2018, E50 in 2022, E40 in 2026 en E30 in 2030. Volgens Vito zou deze doelstelling ertoe leiden dat “wat betreft de nieuwbouwsector een 35 % meer energie-efficiënt woningpark wordt gerealiseerd t.o.v. een E100 woningpark in 2030.” (Vito, 2006b, p. 17). In het eindrapport voegt de Vito een tweede doelstelling toe aan de eerste pijler: “de promotie van nieuwbouw door sloop ten nadele van renovatie” In de periode 2006-2030 zou de jaarlijkse aangroei van het nieuwbouwpark gelijk zijn aan 0,12 %, waarbij de bouw van een nieuwe woning telkens wordt voorafgegaan door de sloop van een bestaande woning. Deze merkwaardige en nogal onduidelijke methode dient blijkbaar om het totale woningaantal in het BAU+ scenario gelijk te houden aan deze in hun eerder gedefinieerd BAU scenario. Bovendien gaat de Vito er van uit dat enkel en alleen de woningen gebouwd voor 1945 worden gesloopt (Vito, 2007b, p. 38-39).

Voor de tweede pijler voorziet Vito de volgende beleidsdoelstellingen:

- 95 % van het bestaand woningpark¹²⁶ moet in 2020 volledig zijn voorzien van dakisolatie met een maximale U-waarde van 0,4 W/(m².K). De gemiddelde besparing per woning op het energiegebruik voor verwarming en SWW zou 7 326 kWh/jaar bedragen;
- 70 % van het bestaand woningpark¹²⁷ moet in 2030 zijn voorzien van buitenmuurisolatie met een maximale U-waarde van 0,6 W/(m².K). Deze maatregel zou per woning gemiddeld 8 % besparen op het jaarlijks energiegebruik voor verwarming en SWW;
- 37 % van het bestaand woningpark moet tegen 2030 zijn voorzien van vloerisolatie met een maximale U-waarde van 0,6 W/(m².K). Deze maatregel zou per woning gemiddeld 7 % besparen op het jaarlijks energiegebruik voor verwarming;
- 95 % van het bestaand woningpark¹²⁸ moet in 2020 alle enkele beglazing zijn vervangen door minstens verbeterd dubbel glas met een U-waarde van 1,6 W/(m².K) of door hoogrendementsglas met een U-waarde van 1,3 W/(m².K). Het plaatsen van verbeterd dubbel glas zou per woning maximaal 12 % besparen op het jaarlijks energiegebruik voor verwarming en SWW; het plaatsen van hoogrendementsglas zou maximaal 16 % besparen;
- In 95 % (oorspronkelijk 100 %) van het bestaand woningpark moeten in 2030 de distributieleidingen in onverwarmde ruimten zijn geïsoleerd. De gemiddelde besparing per woning op het energiegebruik voor verwarming en SWW zou 1 530 kWh/jaar bedragen.;

¹²⁶ Oorspronkelijk was voorzien 100 %. We weten niet waarom dit is gewijzigd naar 95 %.

¹²⁷ Omwille van technische beperkingen kan men niet bij elke bestaande woning muurisolatie plaatsen.

¹²⁸ Oorspronkelijk stond hier ook 100 % i.p.v. 95 %. Bovendien is het erg vreemd dat de maatregel uitsluitend van toepassing is op *enkele* beglazing. Er is veel te besparen door ook gewone dubbele beglazing te vervangen. Tot slot zegt de Vito niets over de kwaliteit van de kozijnen of raamprofielen. Het plaatsen van HR-glas in bestaande aluminium profielen zonder thermische onderbreking lijkt ons niet zo'n verstandige maatregel.

- 95 % (oorspronkelijk 100 %) van het bestaand woninpark moet in 2015 (oorspronkelijk 2030¹²⁹) zijn voorzien van nachtverlaging (een regelsysteem dat onnodige verwarming van de woonvertrekken gedurende de nacht vermijdt). Deze maatregel zou per woning gemiddeld 5 % besparen op het jaarlijks energiegebruik voor verwarming;
- Elke centrale verwarmingsketel heeft in 2020 een *waterzijdig jaarrendement*¹³⁰ van minstens 80 % bij aardgas en minstens 75 % bij stookolie¹³¹ (t.o.v. de onderste verbrandingswaarde¹³²). Deze maatregel zou t.o.v. 2000 een energiebesparing van gemiddeld 7 % per cv-ketel opleveren;
- Elke individueel gebruikte aardgaskachel heeft in 2020 een jaarrendement van minstens 80 % (t.o.v. de onderste verbrandingswaarde). Deze maatregel zou t.o.v. 2000 een energiebesparing van 12 % per aardgaskachel opleveren;
- 95 % (oorspronkelijk 100 %) van de woningen in het bestaande woningpark die elektrische verwarming als hoofdverwarming gebruiken moeten tegen 2030 omschakelen naar hoofdverwarming met een andere energiedrager. Oorspronkelijk zou men in elke bestaande woning waarin men elektriciteit gebruikt voor de bereiding van warm tapwater tegen 2030 eveneens moeten omschakelen naar een andere energiedrager voor de bereiding van warm tapwater, maar in het eindrapport (Vito, 2007b) is deze doelstelling blijkbaar weggefallen. Deze maatregel zou het *primair* energiegebruik per woning in deze woningen met 50 à 60 % terugdringen;
- In 95 % (oorspronkelijk 100 %) van het bestaande woningpark) moet men in 2030 gebruik maken van een spaardouchekop. Deze maatregel zou 40 tot 50 % besparen op het watergebruik, en gemiddeld 4 % op het energiegebruik per woning voor de bereiding van warm tapwater.

Voor de derde pijler (toestellen en verlichting) voorziet de Vito de volgende doelstellingen:

- De marktaandeelen van toestellen met de hoogste energie-efficiëntie moeten minstens op hetzelfde niveau liggen als in de buurlanden. Concreet wil dit zeggen dat tegen 2030 95 % van koelkasten, vriezers, combinatie koelkast-vriezers, wasmachines, droogkasten, vaatwasmachines en verlichting vervangen zijn door de meest energie-efficiënte equivalenten die vandaag op de markt beschikbaar zijn (Vito, 2007b, p. 45),
- Het aandeel van airco in het bestaand en toekomstig woningpark moet stabiel blijven op het huidige niveau van 6 %.

Het is wel ietwat vreemd dat de doelstelling voor toestellen of apparaten afhangt van wat in het buitenland gebeurt. Het is evenmin duidelijk waarom men ruimtekoeling niet zou kunnen afbouwen in bestaande woningen (betere isolatie, buitenzonwering).

13.5.2. Scenario's in LEAP

De hoofddoelstelling van dit project was het ontwikkelen van een “tool” voor het analyseren van scenario's, niet het opstellen van scenario's zelf. Bij wijze van vingeroefening hebben we wel de resultaten van enkele mogelijke scenario's beschreven. De gedetailleerde beschrijving vindt u in het volgende hoofdstuk. We beperken ons hier tot de krachtlijnen.

We benadrukken nogmaals dat dit niet noodzakelijk “realistische” scenario's zijn. Het zijn zeker geen scenario's die het huidige energiebeleid onderschrijven (er is bijvoorbeeld geen overleg geweest met de bevoegde instanties). De hier beschreven scenario's geven enkel een idee van wat mogelijk is met het SAVER-LEAP model. We hebben ons wel laten inspireren door een aantal beleidsmaatregelen beschreven in het eindrapport van Vito (2007b).

¹²⁹ In 2005 beschikt 86 % van het Vlaamse woningbestand reeds over nachtverlaging, zodat volgens de Vito de voorgestelde implementatiegraad snel kan worden gehaald (Vito, 2007b p. 42).

¹³⁰ Vito spreekt ook van *installatierendement*, met name het product van productie-, distributie- en afgifterendement en van het regelrendement van de verwarmingsinstallatie. Misschien bedoelen ze globaal rendement?

¹³¹ “Stookolieketels vragen om andere doelstellingen dan aardgasketels, aangezien stookolieketels een lager productierendement bezitten dan aardgasketels”. (Vito, 2007b, p. 43). Het is inderdaad zo dat – t.o.v. de onderste verbrandingswaarde – het theoretisch opwekkingsrendement van condensatieketels gelijk is aan 111 % voor aardgas en 106 % voor stookolie. Maar uitgedrukt t.o.v. de bovenste verbrandingswaarde liggen de rendementen van condensatieketels voor beide brandstoffen gelijk. (Janssen, 2006, p. 5)

¹³² We vragen ons af of onderste en bovenste verbrandingswaarde hier niet door elkaar worden gehaald.

We gebruiken in alle scenario's de vereenvoudigde veronderstelling dat het aantal graaddagen constant blijft op het niveau van 2005

13.5.2.1. BAU scenario ("*Business-As-Usual*")

Het BAU scenario is een *fictief* scenario, waarin we principieel enkel rekening houden met *volume* en *structurele* verschuivingen. Het is fictief, omdat we zelfs geen rekening houden met *autonome* technologische ontwikkelingen die de energie-efficiëntie bevorderen. Zo zullen gezinnen in werkelijkheid gebouwinstallaties (b.v. verwarmingsinstallaties) en huishoudelijke toestellen na 10, 15 of 20 jaar vervangen door modernere versies, die normaliter energiezuiniger zijn dan de apparaten waarvoor ze in de plaats komen. In het BAU scenario bevriegen we de stand van de technologie zoveel mogelijk op het niveau van 2005.

In het BAU-scenario gaan we ervan uit dat de toestand (bijvoorbeeld isolatiekwaliteit) van de (in 2005) bestaande woningen niet verandert, behalve dat jaarlijks een (beperkt) aantal woningen verdwijnt door sloop.

De "natuurlijke" sloop, in samenhang met de behoefte aan meer woningen (zwakke gezinsverdunding waardoor er in de toekomst meer huishouden zullen zijn), betekent dat er jaarlijks een aantal nieuwe woningen moeten bijkomen (*volume effect*). Voor nieuwbouw vertrekken we van de huidige EPB-regelgeving, zij het dat het E-peil in ons scenario iets beter is dan de opgelegde norm van E100 (*besparingseffect*). We hebben nieuwbouwwoningen (vanaf 2006) zo gedefinieerd dat het isolatiepeil goed is (maar niet bovenmatig), en we stellen vooral weinig hoge eisen aan de verwarmingssystemen (zelfs zonder condenserende ketels en lagetemperatuurverwarming of LTV is een E-peil van minder dan 100 makkelijk te halen). Alhoewel mechanische ventilatie niet noodzakelijk is om het E-peil van 100 of minder te halen, hebben we ter illustratie elke nieuwbouwwoning voorzien van ventilatiesysteem type C.

We houden tevens rekening met een belangrijke *structurele* verschuiving: van driegevelwoningen en vooral open bebouwing naar meer rijwoningen en flats. Deze verschuiving en de veronderstelde geringe sloop van open bebouwing betekent dat in de toekomst slechts heel weinig nieuwe 4-gevel woningen worden gebouwd. Een duurzaam scenario houdt niet enkel rekening met energiegebruik en klimaatverandering, maar ook met thema's zoals *versnippering*.

Voor toestellen en apparaten maken we prognoses voor de penetratiegraden, in de mate van het mogelijke gebaseerd op logistische regressies toegepast op beschikbare tijdreeksen van de penetratiegraden in het verleden. We hebben geen moment voorzien waarin de overheid slecht presterende toestellen (bijvoorbeeld gloeilampen) op heel korte termijn verbiedt.

13.5.2.2. BAU-PLUS scenario

In het BAU-PLUS scenario bekijken we de effecten van een vrij grondige renovatie van de (overlevende) bestaande woningen. Het isolatiepeil verbetert aanzienlijk door algemene isolatie van dak en vensters, en gedeeltelijk van vloeren (i.e. enkel van de makkelijk bereikbare vloeren). Isolatie van gevels en betere luchtdichtheid in combinatie met een behoorlijk ventilatiesysteem komt (nog) niet aan bod. De verwarmingssystemen kennen evenzeer een aanzienlijke verbetering.

Voor nieuwbouwingen definiëren we verbeterde EPB-normen. Qua isolatiepeil zijn de normen – met opzet – weinig ambitieus¹³³. We hebben zeker geen (extreem) lage energiewoningen vooropgezet, laat staan passiefhuizen of nul-energie woningen. De voornaamste verbetering, die ook het E-peil naar beneden duwt, bestaat uit het gebruik van meer performante verwarmingssystemen. We veronderstellen bovendien het gebruik van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (met een behoorlijk maar niet buitengewoon rendement van 75 %). Het gevolg zijn woningen met een wellicht niet helemaal optimale K-waarde die toch voldoen aan een E-peil van 60 of minder.

¹³³ Het is uiteraard beter om eerst de woning zeer goed te isoleren, en pas daarna naar de installaties te kijken. Onze keuzes zijn soms controversieel, maar het betreft uiteindelijk een zuivere "What if" oefening.

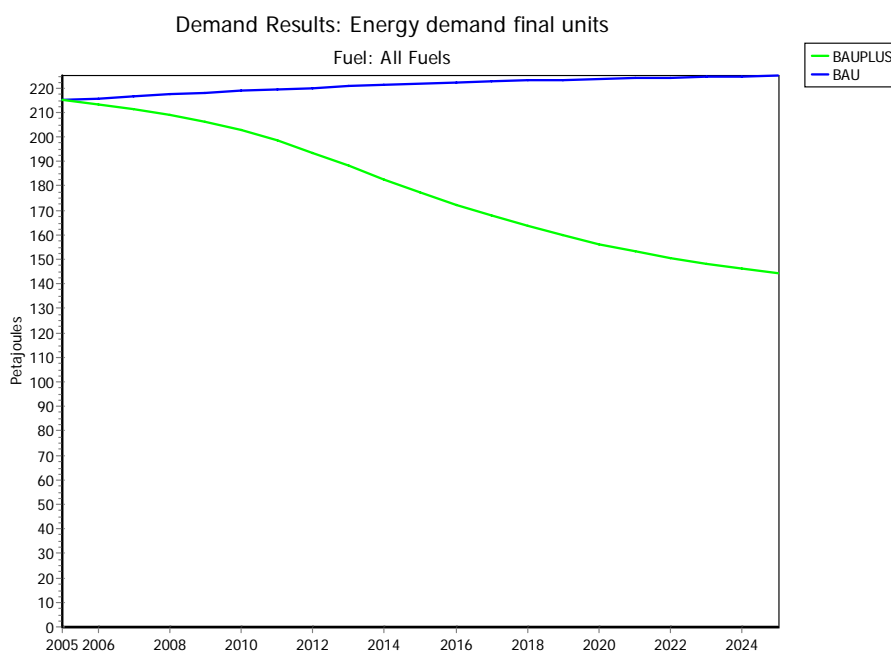
Voor toestellen en apparaten vertrekken we van de evolutie van de penetratiegraden in het BAU-scenario. We veronderstellen dat de trend naar meer energiezuinige apparaten (energielabel A of beter) zich zal doorzetten. We nemen bovendien aan dat voor enkele toestellen de meest energiezuinige apparaten in de toekomst nog iets energiezuiniger zullen worden.

13.5.2.3. Synopsis van de resultaten

We tonen alvast de belangrijkste resultaten van het BAU en BAU-PLUS scenario. We maken een onderscheid tussen gebouwgebonden en niet-gebouwgebonden energiegebruik.

Het *gebouwgebonden* energiegebruik omvat het energiegebruik voor ruimteverwarming (en eventueel ruimtekoeling), bereiding van warm tapwater, hulpenergiegebruik (waakvlammen, pompen en/of ventilatoren en elektronica voor verwarming), en (hygiënische) ventilatie.

Figuur 33: Evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik in het BAU en het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

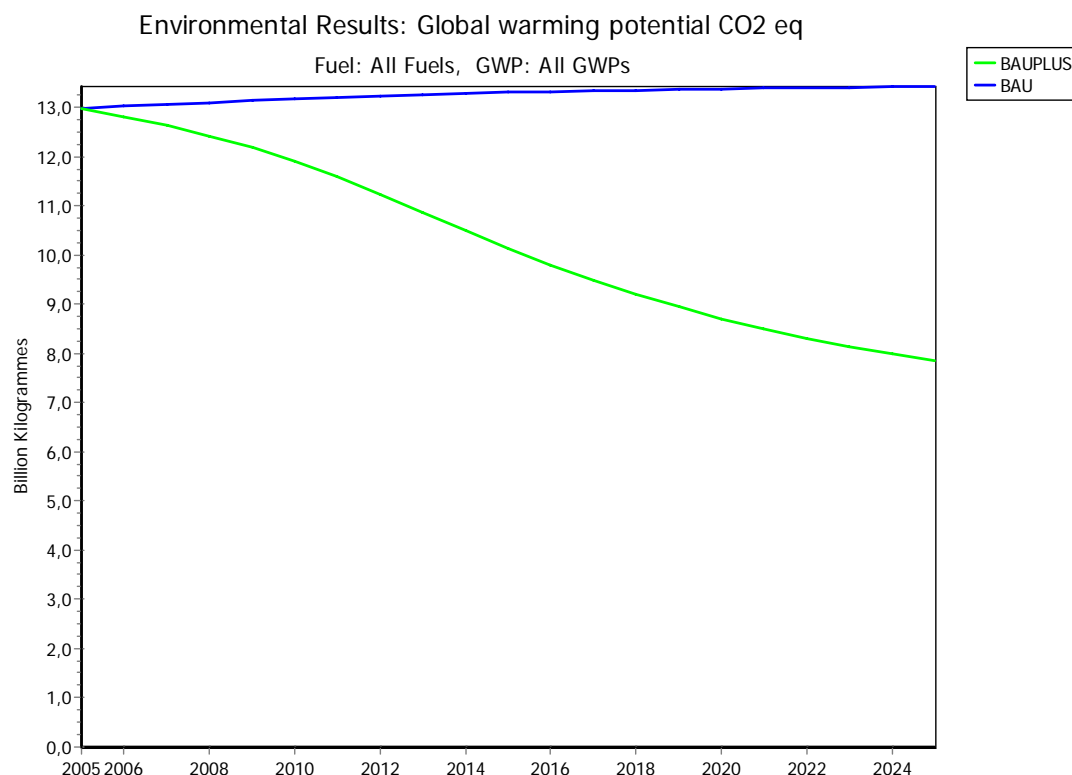
In het BAU scenario stijgt het *gebouwgebonden* energiegebruik tot +4,6 % in 2025 t.o.v. 2005. In het BAU-PLUS scenario daarentegen daalt het gebouwgebonden energiegebruik met bijna een derde (-32,8 %).

De oorzaken van deze evoluties zijn evident sterk verbonden met de veronderstellingen die we in de desbetreffende scenario's hebben gemaakt.

Het aantal gezinnen (en bijgevolg vereiste woningen) neemt toe, maar in beperkte mate (zwakke gezinsverdunning). In het BAU scenario is de verbetering van de (gebouwgebonden) energie-efficiëntie bijna uitsluitend afkomstig van nieuwbouw. Dat dit weinig effect heeft hoeft ons niet te verbazen. In 2005 schreef de Centrale Raad voor het Bedrijfsleven: "De wettelijke voorschriften inzake energie-efficiëntie zijn voornamelijk van toepassing op de te bouwen nieuwe woningen, terwijl in ons land maar 0,5 % tot 1 % nieuwe woningen per jaar worden gebouwd. Met andere woorden, de impact van deze normen op de energie-efficiëntie van het woningenpark in zijn geheel is op korte/midellange termijn dan ook verwaarloosbaar." (CRB, 2005, p. 11)

Een substantiele vermindering van het gebouwgebonden energiegebruik in Vlaanderen vereist een grondige renovatie van het bestaande woningenpark, zoals in het BAU-PLUS scenario. Een renovatie van het volledige bestaande woningenpark kan niet zomaar op korte termijn. “If the number of retrofits increases too much, the market will shift to a demand governed system with as a main consequence exploding building costs.” (Hens et al., 2001, p. 238) Anderzijds, “... zou de invoering van een ambitieus programma voor de thermische isolatie van het volledige Belgische woningenpark zo'n 30.000 arbeidsplaatsen op tien jaar tijd kunnen creëren.” (WTTCB, 2006b, p. 7).

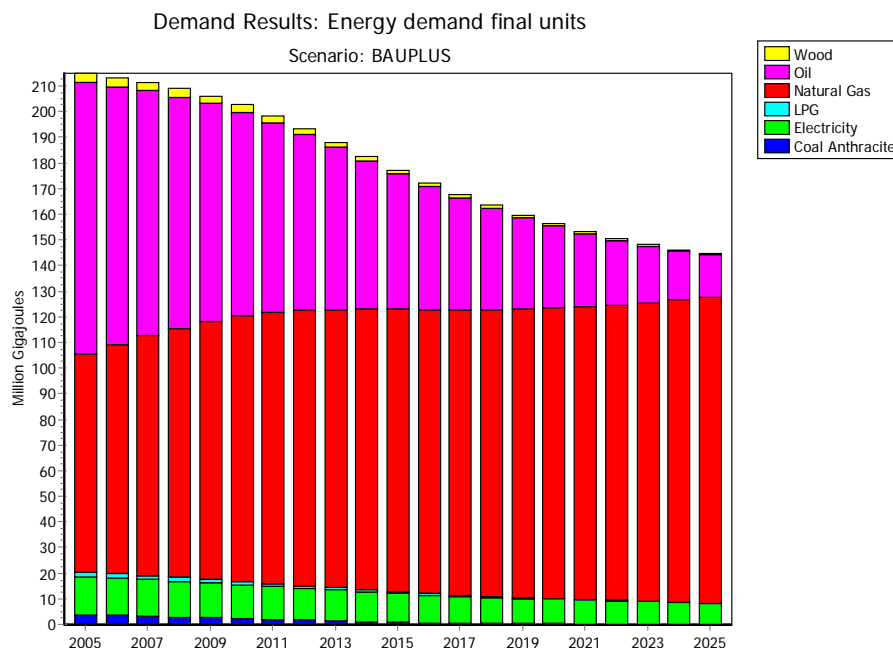
Figuur 34: Evolutie van de gebouwgebonden broeikasgasemissies in het BAU en het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

De evoluties van de (energiegerelateerde) gebouwgebonden broeikasgasemissies volgen – weinig verrassend – deze van het energiegebruik. Toch is de relatieve daling van de gebouwgebonden broeikasgasemissies in 2025 in het BAU-PLUS scenario groter dan de relatieve daling van het gebouwgebonden energiegebruik, met name -39,5 % t.o.v. -32,8 % voor het energiegebruik. Dit is vooral het gevolg van de omschakeling van huisbrandolie naar aardgas.

Figuur 35: Evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik per energiedrager in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



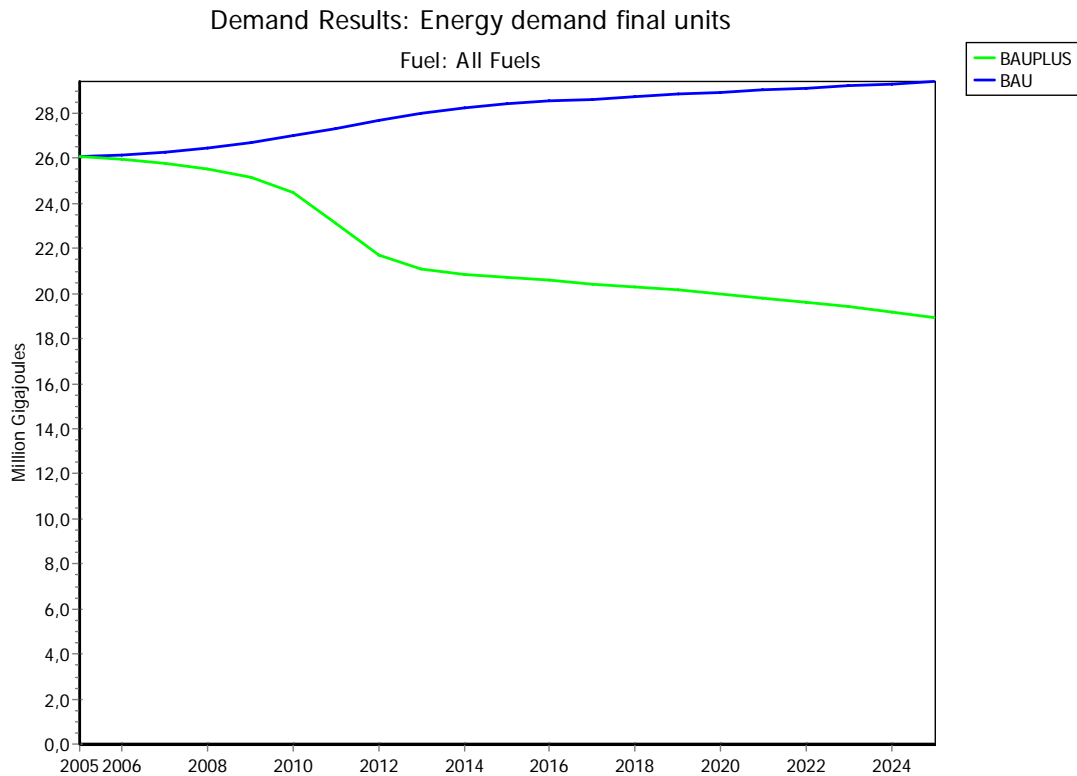
Bron: rechtstreekse output van LEAP

In het BAU-PLUS scenario wordt aardgas – bij veronderstelling – de dominante energiedrager. Het aandeel van aardgas in het *gebouwgebonden*¹³⁴ energiegebruik – 39,7 % in 2005 – stijgt in 2025 naar 82,7 % (meer dan een verdubbeling). Het aandeel van huisbrandolie daalt van 49,1 % in 2005 naar slechts 11,3 % in 2025. Het absolute elektriciteitsgebruik neemt af, zowel in absolute als in relatieve termen, met een aandeel van 6,9 % in 2005 naar 5,7 % in 2025. Elektriciteit blijft nodig voor hulpenergie (circulatiepompen, ventilatoren en elektronica) en voor mechanische ventilatie. Elektrische verwarming verdwijnt niet, maar de klassieke elektrische verwarming maakt (gedeeltelijk) plaats voor warmtepompen. Voor de bereiding van warm tapwater vervangen warmtepompboilers voor een stuk de elektrische boilers. In termen van *primair* energiegebruik moeten we het elektriciteitsgebruik met een factor 2,5 vermenigvuldigen.

Voor hout, LPG en steenkool hebben we aangenomen dat deze verdwijnen. Voor de hernieuwbare energiedrager hout (of eventueel andere biomassa) is dat weliswaar een aanvechtbare keuze. Het is helemaal niet moeilijk om in LEAP – mits een paar kleine wijzigingen – een variant van het BAU-PLUS scenario uit te werken waarin hout een veel grotere rol krijgt toebedeeld (bijvoorbeeld door gebruik in houtpelletketels of –kachels).

¹³⁴ De aandelen van de energiedragers wijken hier af van deze van de energiebalans Vlaanderen van de Vito, omdat we enkel het *gebouwgebonden* energiegebruik bekijken.

Figuur 36: Evolutie van het energiegebruik van niet-gebouwgebonden toestellen en apparaten in het BAU en het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

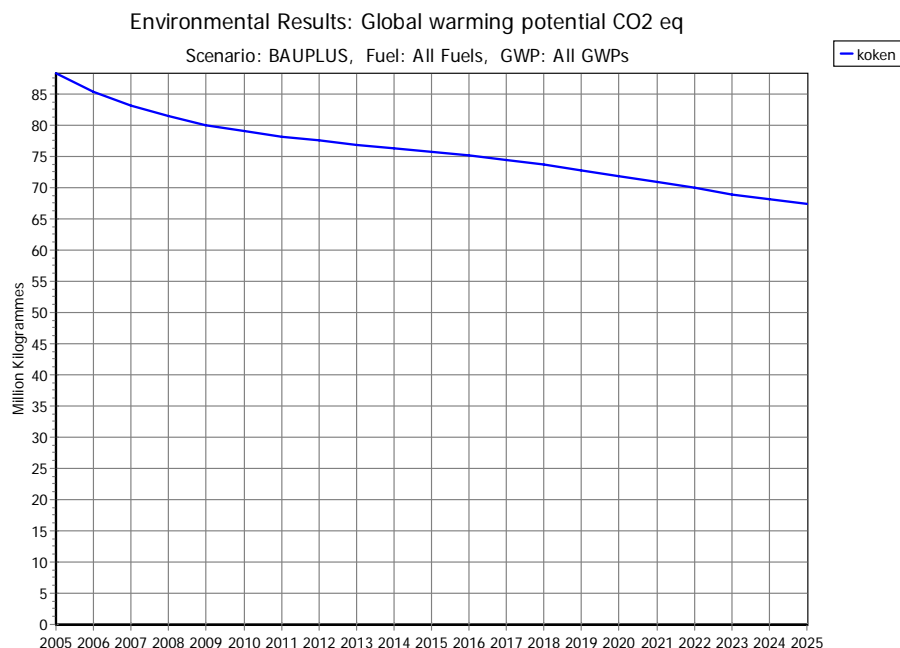
De niet-gebouwgebonden apparaten en toestellen omvatten verlichting, huishoudelijke toestellen voor koelen van etenswaren, reiniging (wassen, drogen, vaat), multimedia en overige elektrische huishoudapparaten, en kookapparatuur (zowel elektrisch als op gas).

Voor niet-gebouwgebonden apparaten en toestellen is de evolutie minder spectaculair. Er is in het BAU scenario aanvankelijk een relatief sterke stijging van het energiegebruik tot 2014 (+9,1 % in 2015.o.v. 2005) om daarna lichtjes verder te stijgen tot +12,8 % in 2025 t.o.v. 2005. De daling in het BAU-PLUS scenario komt tot stand omdat energiezuinige apparaten (A label of beter) de “standaard” worden. We veronderstellen bovendien dat 1) sommige energiezuinige toestellen nog wat efficiënter worden, en 2) dat het “overig elektriciteitsgebruik” op hetzelfde peil blijft als in 2005 daar waar dit in het BAU scenario met 0,5 % per jaar stijgt. In het BAU-PLUS scenario daalt het niet-gebouwgebonden energiegebruik in 2025 met -27,3% t.o.v. 2005. De opvallende “knik” tussen 2010 en 2015 komt doordat een aantal maatregelen – zoals het uitschakelen van het stand-by gebruik, bijvoorbeeld m.b.v. zogenaamde “stand-by killers” – vrij snel en eenvoudig te implementeren zijn.

Het steeds efficiënter worden van de (meeste) elektrische toestellen en apparaten wordt voor een groot stuk gecompenseerd door 1) de toename van het aantal gezinnen; en 2) de toename van het aantal huishoudtoestellen of -apparaten in de gezinnen (hogere penetratiegraad).

Er is tevens een grote onbekende: zullen er in de toekomst nieuwe apparaten op de markt verschijnen die het elektriciteitsgebruik opnieuw (sterk) de hoogte kunnen injagen? Indien ja, dan zou in het BAU scenario het energiegebruik van huishoudelijke apparaten sneller stijgen dan nu het geval is.

Figuur 37: Evolutie van de niet-gebouwgebonden broeikasgasemissies in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

Bijna 94 % van het niet-gebouwgebonden energiegebruik is *elektriciteits*gebruik, en het resterend percentage gasgebruik (praktisch uitsluitend koken op aardgas, en eventueel in zeer beperkte mate op LPG). Deze aandelen veranderen weinig over de tijd. We hebben geen switch van elektrisch koken naar koken op aardgas opgelegd, wat in een variant van het BAU-PLUS scenario wel zou kunnen (of zelfs “moeten”). We hebben integendeel – zowel in het BAU als BAU-PLUS scenario – de huidige trend van meer elektrisch koken doorgetrokken. De rechtstreekse broeikasgasemissies van huishoudelijk energiegebruik zijn hierdoor al bij al beperkt, en dalen zelfs naar 2025 toe. Dit is misleidend, omdat we het primair energiegebruik van elektrisch koken en de emissies bij de (klassieke, centrale) opwekking van elektriciteit negeren. Het is niet moeilijk om in LEAP tientallen varianten te definiëren, tot een extreem scenario waarin bijvoorbeeld de overheid elektrisch koken zelfs zou verbieden.

14. Resultaten

We hebben als ‘vingeroefening’ met SAVER-LEAP huishoudens twee scenario’s ontwikkeld:

- een business-as-usual of BAU scenario;
- een BAU-PLUS scenario;

In de volgende hoofdstukken bespreken we kort de algemene kenmerken van deze scenario’s, en de resultaten voor heel de sector huishoudens. De keuzes zijn soms controversieel te noemen. De hier weergegeven scenario’s dienen enkel ter illustratie. Zij geven zeker geen daadwerkelijk gekozen beleidskeuzes van de Vlaamse overheid weer. Kort samengevat proberen we in het BAU scenario enkel rekening te houden met de volume en structurele effecten (zonder efficiëntieverbetering). In het BAU-PLUS scenario komt de efficiëntieverbetering daar bovenop, zowel van nieuwbouw als van de bestaande woningstock. De gekozen besparingsmaatregelen in BAU-PLUS zijn niet noodzakelijk bedrijfseconomisch de meest optimale opties.

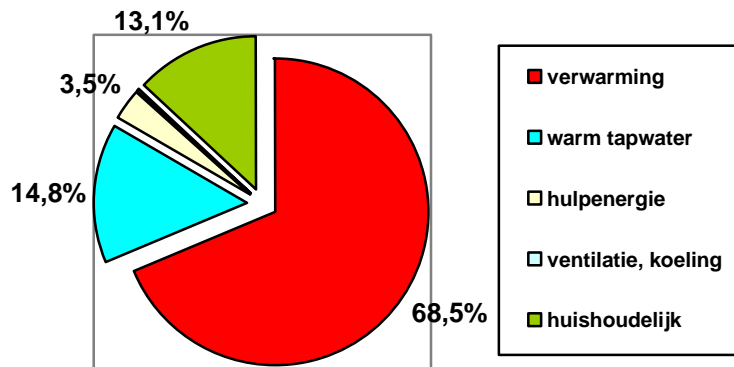
Omwille van de overzichtelijkheid tonen we in dit rapport soms enkel de zichtjaren 2005 (basisjaar), 2010, 2015, 2020 en 2025. LEAP berekent en toont desgewenst resultaten voor alle jaren in de zichtperiode 2005-2025.

14.1. Current accounts

In het “bottom-up” of SAVER-gedeelte hebben we getracht de energiebalans voor de huishoudens in Vlaanderen in 2005 zo nauwkeurig mogelijk te reconstrueren. De gevolgde werkwijze hebben we in de voorgaande hoofdstukken uitvoerig besproken.

Op basis van de bottom-up analyse kunnen we het energiegebruik van de huishoudens in 2005 onderverdelen volgens de geleverde energiediensten of –functies.

Figuur 38: Verdeling van het energiegebruik van huishoudens volgens energiefuncties, volgens SAVER (Vlaanderen, 2005)



Bron: eigen berekeningen.

Ruimteverwarming neemt de hoofdmoot voor zich, gevolgd door de bereiding van warm tapwater. Het energiegebruik voor ruimteverwarming is sterk “klimaatgebonden”, terwijl het gebruik van warm water en van huishoudelijke toestellen eerder afhangt van het aantal personen in het huishouden. 2005 was een relatief zacht jaar, zodat het aandeel van ruimteverwarming wellicht iets kleiner is dan in een “referentiejaar”. Hulpenergie omvat het fossiel brandstofgebruik voor waakvlammen, en het elektriciteitsgebruik van pompen, ventilatoren en elektronica voor verwarming. Voor zover we kunnen nagaan is – in het *totale* energiegebruik van de Vlaamse huishoudens – het aandeel van ventilatoren voor mechanische ventilatie (met kanalen¹³⁵ !) en van ruimtekoeling (airco, omkeerbare

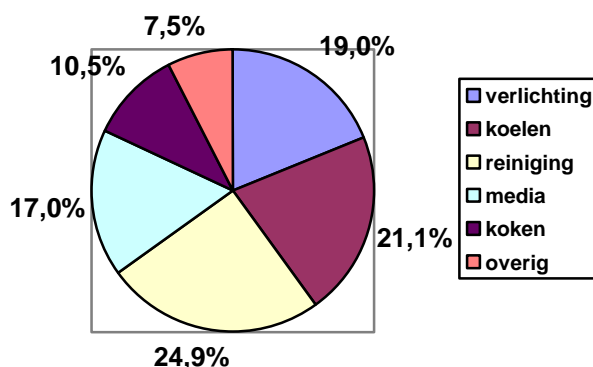
¹³⁵ Met mechanische ventilatie bedoelen we niet het raamventilatorke in keuken en/of badkamer.

warmtepomp) nog marginaal (< 1 %). Het “huishoudelijk” energieverbruik bestaat uit 12,3 % elektriciteitsgebruik voor verlichting en huishoudelijke toestellen (waaronder elektrisch koken), en 0,8 % gebruik van aardgas (of LPG) voor koken.

Met de botto-up analyse konden we wat betreft de verdeling over de verschillende energiedragers geen afdoende overeenstemming bereiken met de energiebalans Vlaanderen (Vito, 2007). Deze problematiek is uitvoerig besproken in een afzonderlijke memo.

Omdat de opdracht was de energiebalans, ook wat betreft de verdeling over de verschillende energiedragers, zo nauwkeurig mogelijk te volgen, hebben we een aantal herschikkingen moeten doorvoeren. Hierdoor wijken de percentages gealloceerd aan de diverse energiefuncties in LEAP af van deze uit de bottom-up analyse in SAVER. In LEAP is het aandeel van ruimteverwarming in 2005 gelijk aan 71,9 % (waaronder 79,6 % centrale verwarming en 20,4 % lokale verwarming); 14,0 % bereiding van warm tapwater; 3,2 % hulpenergie; en 10,9 % “huishoudelijk” energieverbruik (10,2 % elektrisch en 0,7 % gas). Het aandeel van mechanische ventilatie en arico is marginaal (< 0,1 %).

Figuur 39: Verdeling van het huishoudelijk elektriciteitsgebruik (exclusief gas) (Vlaanderen, 2005)



Bron: eigen berekeningen

De vier grote categorieën van het huishoudelijk elektriciteitsgebruik zijn verlichting, koelen van voedsel (koelkasten, diepvrieskasten en – kasten en combinaties van koelen en vriezen), reiniging (wasmachine, droger en vaatwasser), en “media” (TV’s, video, CD of DVD-speler, en PC). Elektrisch koken en “overige” sluiten het rijtje.

14.2. BAU-scenario

Het BAU-scenario houdt enkel rekening met de verandering van het energieverbruik (en de broeikasgasemissies) t.g.v.:

- de evolutie van het aantal huishoudens (en dus van het aantal benodigde woningen). Dit is een volume-effect.;
- de verschuivingen tussen de typewoningen onderling. Dit is een structureel effect;
- de betere prestaties van nieuwbouwwoningen (vanaf 2006), waarbij nieuwbouw het gevolg is van zowel het vervangen van gesloopte gebouwen (vervanging) als van de nood aan meer woningen (uitbreiding). Dit is een beperkt besparingseffect.

We houden in het BAU scenario geen rekening met renovatie van (de in 2005) bestaande gebouwen. We houden evenmin rekening met een eventuele vestrenging van bestaande EPB-normen. Wat betreft gebouwgebonden installaties in bestaande gebouwen blijft de situatie (bijvoorbeeld rendementen en aandelen van de energiedragers) dezelfde als in het basisjaar 2005. Voor niet-gebouwgebonden toestellen of apparaten houden we in het BAU scenario wel rekening met de verdere penetratie van een aantal toestellen, maar (nog) niet en met het energiezuiniger worden van deze apparatuur (energielabels), voor zover relevant.

14.2.1. Evolutie van de woningstock

We baseren de evolutie van de woningstock in het BAU scenario op het scenario "zwakke verdunning" in een studie die projecties geeft van aantallen huishoudens naar huishoudgrootte voor de 308 gemeenten van het Vlaamse Gewest (Willems, 2007).

Tabel 97: Projectie van aantallen huishoudens naar huishoudgrootte: scenario "zwakke verdunning" (Vlaanderen, 2005-2025)

huishoudgrootte	Aantal 2005 (x 1 000)	Aantal 2010 (x 1 000)	Aantal 2015 (x 1 000)	Aantal 2020 (x 1 000)	Aantal 2025 (x 1 000)	groei­voet ^(*) [%]
1	728,304	786,623	837,616	882,156	923,168	1,19%
2	845,695	900,108	958,003	1.014,163	1.059,281	1,13%
3	410,308	405,416	397,036	383,410	366,808	-0,56%
4	351,091	339,777	325,535	310,819	299,340	-0,79%
5+	166,286	160,656	153,423	146,540	141,663	-0,80%
Totaal	2.501,684	2.592,580	2.671,613	2.737,088	2.790,260	0,55%

(*) gemiddelde jaarlijkse groei­voet over de periode 2006-2025.

Bron: Willems (2007) en eigen berekeningen

Het aantal huishoudens neemt nog lichtjes toe in Vlaanderen in de periode 2006-2025. Ter informatie geven we voor de verschillende huishoudgroottes de (achteraf afgeleide) jaarlijkse groei­voeten weer, maar de lezer(es) moet er bedachtzaam op zijn dat het feitelijk verloop niet exponentieel is.

Op basis van dit scenario, waarin het aantal een- en tweepersoonshuishoudens duidelijk toeneemt ten koste van de grote gezinnen, verdelen we het aantal huishoudens over de 4 typewoningen in LEAP. We nemen hierbij aan dat in de periode 2006-2025 de verdeling van de gezinnen volgens huishoudgrootte over de verschillende typewoningen (rijwoning, 3-gevel woning, open bebouwing of flat) dezelfde blijft als in 2005. Dat is een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Het is best mogelijk dat in de toekomst grotere gezinnen meer opteren voor een rijwoning of zelfs een appartement dan nu het geval is.

De sloop van bestaande gebouwen schatten we voor de typewoningen in LEAP in door een bepaald jaarlijks overlevingspercentage te hanteren. Met een overlevingspercentage van 96,5 % in 2015 bedoelen we dat 96,5 % van de in 2015 bestaande gebouwen in 2010 nog niet gesloopt zullen zijn.

Tabel 98: jaarlijks overlevingspercentage van de in 2005 bestaande gebouwen (Vlaanderen, 2005-2025)

	2005	2010	2015	2020	2025
2GP1	100,0%	98,2%	96,5%	94,7%	93,0%
2GP2	100,0%	99,5%	98,7%	97,4%	95,6%
2GP3	100,0%	99,6%	99,3%	98,9%	98,5%
2GP4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
3GP1	100,0%	97,2%	93,6%	89,1%	83,5%
3GP2	100,0%	99,8%	99,4%	98,7%	97,6%
3GP3	100,0%	99,6%	99,3%	98,9%	98,5%
3GP4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
4GP1	100,0%	95,5%	91,0%	86,5%	82,1%
4GP2	100,0%	99,3%	98,5%	97,8%	97,0%
4GP3	100,0%	99,6%	99,3%	98,9%	98,5%
4GP4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
FLP1	100,0%	98,2%	96,5%	94,7%	93,0%
FLP2	100,0%	99,5%	98,7%	97,4%	95,6%
FLP3	100,0%	99,6%	99,3%	98,9%	98,5%
FLP4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Bron: eigen schattingen op basis van kadastragegevens

De overlevingspercentages voor rijwoningen, 3-gevelwoningen en open bebouwing uit de bouwjaarklassen “voor 1945” en “tussen 1946-1970” hebben we geschat bij middel van logistische regressies, op basis van de kadastrergegevens. Voor de twee recentere periodes en voor flats voldeden de bestaande statistieken niet. Voor de periode “1971-1990” hebben we zelf een logistische functie “bedacht”, waarbij we er rekening mee houden dat de woningen uit desbetreffende periode in de periode 2006-2025 jonger zijn dan 55 jaar, en het slooopercentage bijgevolg vrij klein zal zijn. Voor de bouwjaarklasse “1991-2005” veronderstellen we dat alle gebouwen overleven tot 2025. Voor flatgebouwen hebben we – bij gebrek aan data – dezelfde overlevingsprofielen gebruikt als voor rijwoningen.

Deze aannames geven voor de periode 2005-2025 de volgende aantallen woningen, per typewoning in LEAP.

Tabel 99: *Evolutie van het aantal woningen per typewoning in LEAP (Vlaanderen, 2005-2025)*

	Aantal 2010 (x 1 000)	Aantal 2015 (x 1 000)	Aantal 2020 (x 1 000)	Aantal 2025 (x 1 000)
HH2G	655,9	691,9	722,6	750,6
HH3G	523,7	531,7	536,5	541,3
HH4G	814,1	812,2	804,7	798
HHFL	598,9	635,8	673,3	700,4
Totaal	2.592,60	2.671,60	2.737,10	2.790,30

2G = 2 gevelwoning; 3G = 3 gevelwoning; 4G = 4 gevelwoning; FI = Flat

Er is een duidelijke toename van het aantal rijwoningen en flats, ten koste van 3-gevelwoningen en open bebouwing.

Per typewoning in LEAP zal tijdens de periode 2006-2025 de leeftijdsstructuur van de woningstock veranderen. We tonen de evolutie van de verdeling van de leeftijdsklassen voor de verschillende typewoningen in LEAP.

Figuur 40: *Evolutie van de leeftijdsstructuur van de typewoningen in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2005)*

	Aandeel 2010 [%]	Aandeel 2015 [%]	Aandeel 2020 [%]	Aandeel 2025 [%]
HH2GP1	54,1	50,5	47,3	44,8
HH2GP2	24,2	22,8	21,5	20,3
HH2GP3	9,5	9	8,5	8,2
HH2GP4	5,7	5,4	5,2	5
HH2GP5	6,5	12,4	17,5	21,7
HH3GP1	27,1	25,7	24,2	22,5
HH3GP2	37,1	36,4	35,8	35,2
HH3GP3	20,8	20,4	20,1	19,9
HH3GP4	12,2	12,1	11,9	11,8
HH3GP5	2,8	5,4	7,9	10,5
HH4GP1	14,8	14,1	13,5	13
HH4GP2	25,9	25,8	25,8	25,8
HH4GP3	36,6	36,5	36,7	36,9
HH4GP4	21,5	21,5	21,7	21,9
HH4GP5	1,3	2	2,3	2,4
HHFLP1	11,4	10,5	9,8	9,2
HHFLP2	31,8	29,6	27,7	26
HHFLP3	27,5	25,8	24,4	23,2
HHFLP4	21,6	20,3	19,3	18,4
HHFLP5	7,8	13,9	18,9	23,2

HH=huishouden. 2G=2-gevel; 3G=3-gevel; 4G=4-gevel. P1=voor 1945; P2=1946-1970; P3=1971-1990; P4=1991-2005; P5=na 2005.

Bron: eigen berekeningen op basis van kadastrergegevens en Willems (2007).

De oudere rijwoningen verdwijnen slechts langzaam. Het aantal nieuwbouw (na 2005) rijwoningen is groot, als gevolg van 1) de – in het BAU scenario – verwachte toenemende vraag naar rijwoningen; en 2) de sloop van vooral de oudste rijwoningen. Voor flats zien we een gelijkaardig beeld (in 2025 zal 23,2 % van alle flats “nieuwbouw” zijn), behalve dat het aandeel van oudere flatgebouwen (voor 1945) ook in 2005 al vrij klein was (het aandeel van flats van voor 1945 daalt van 10,8 % in 2005 naar 9,2 % in 2035).

Voor 3-gevelwoningen en vooral voor open bebouwing zal in 2025 het aandeel van “nieuwbouw” woningen veel kleiner zijn: 10,5 % respectievelijk 2,4 %. Het kleine aandeel van nieuwe open bebouwing is het gevolg van onze veronderstellingen in het BAU scenario: enerzijds een sterk dalende vraag naar open bebouwing en anderzijds het relatief klein aantal gesloopte 4-gevel woningen per jaar.

14.2.2. Veronderstellingen i.v.m. nieuwbouwwoningen (vanaf 2006)

Woningen gebouwd vanaf 2006 moeten aan de EPB-regelgeving voldoen. We definiëren voor nieuwbouw 4 nieuwe typewoningen: de nieuwe rijwoning (2GP5), de nieuwe 3-gevelwoning (3GP5), de nieuwe open bebouwing (4GP5) en de nieuwbouw flat (FLP5). P5 staat uiteraard voor “de vijfde periode”, met name gebouwd vanaf 2006.

De veronderstelde compactheid van nieuwbouw woningen verschilt lichtjes van de gewogen gemiddelde compactheid van bestaande woningen in 2005. Nieuwbouw flats profiteren van hun grotere compactheid¹³⁶, met name 2,7 voor flatgebouwen tegenover 1,7 voor rijwoningen; 1,5 voor 3-gevelwoningen en 1,3 voor open bebouwing. Of architecten met name voor open bebouwing in werkelijkheid veel rekening zullen houden met compactheid is nog maar de vraag.

14.2.2.1. Ruimteverwarming

In het BAU scenario zorgen we ervoor dat nieuwbouw woningen “ruim” aan de EPB-regelgeving voldoen (wat betreft R- en U-waarden van de constructiedelen, de K-waarde en het E-peil), maar de nieuwbouwwoningen zijn geen “lage energie woningen” en zeker geen passiefhuizen. Deze twee laatste zijn stof voor BAU-PLUS of nog strengere scenario's.

In tegenstelling tot wat we hebben gedaan voor bestaande woningen proberen we nu de officiële EPB-rekenmethode wel zo volledig mogelijk te volgen. Dit komt omdat we het E-peil van de nieuwbouw woningen moeten berekenen. Te sterke afwijkingen van de officiële rekenprocedures zou een te grote vertekening van het berekende E-peil geven.

Tabel 100: gemiddelde R- en U-waarden van nieuwbouwwoningen (Vlaanderen, 2006-2025)

	R-vloer	U-dak	U-gevel	U-venster (*)	U deur
2GP5	1,692	0,330	0,330	1,800	0,790
3GP5	1,692	0,330	0,330	1,800	0,790
4GP5	1,692	0,330	0,330	1,800	0,790
FLP5	2,648	0,330	0,330	1,800	0,790

(*) warmtedoorgangscoefficiënt van “vensters”, bestaande uit beglazing, afstandhouders, profielen, eventuele ventilatieroosters en vulpanelen. De $U_{max} = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

2G = 2-gevel; 3G = 3-gevel; 4G = 4-gevel; FL = flat. P5 = vanaf 2006.

De veronderstelde R- en U-waarden zijn beter dan wat de norm voorschrijft. De U-waarde voor buitenmuren van $0,33 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ is zelfs vooruitstrevend te noemen [$U_{max} = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$], alhoewel net niet goed genoeg voor een lage energiewoning. De U-waarde van de vensters van $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ veronderstelt een U_g -waarde van de beglazing van 1,1 à 1,2 $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ en een raam uit PVC met driedubbele kamer [$U_{frame} = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] of een raam uit loofhout van 60 mm dik [$U_{frame} = 2,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]. We vertrekken van het standpunt dat bouwheren voldoende slim zijn om te beseffen dat isolatie een “eenmalige” maatregel is (zeker wat betreft spouwmuren) waar men later nog weinig kan aan veranderen, in tegenstelling tot

¹³⁶ We zijn voor flatgebouwen uitgegaan van het relatief ongunstige 3-gevel flatgebouw.

verwarmingsinstallaties of warmwateropwekkers die men na (relatief korte) tijd toch moet vervangen. De R-waarde voor flats is strenger dan voor de andere typewoningen, omwille van 2 redenen. Ten eerste, de vloeroppervlakte als procent van de totale verliesoppervlakte is kleiner voor flatgebouwen dan voor gewone woningen, gezien het bouwen 'in de hoogte.' Ten tweede, we gaan voor flatgebouwen steeds uit van ondergrondse garages en/of sterk geventileerde dienstenruimten, die als 'buiten' zijn te beschouwen.

Conform onze aangepaste EPB-rekenmethode moeten we waarden invoeren voor een aantal parameters i.v.m. ramen ("vensters") zoals g-waarde, framefactor, en reductie- en gebruiksfactoren i.v.m. zonnewering.

Tabel 101: g-waarde, framefactor en reductie- en gebruiksfactoren van zonnewering voor nieuwbouw woningen in het BAU scenario

	g-waarde	framefactor	F _c	ac verwarming	ac oververhitting	ac koeling
2GP5	0,750	0,300	0,500	-	0,500	0,200
3GP5	0,750	0,300	0,500	-	0,500	0,200
4GP5	0,750	0,300	0,500	-	0,500	0,200
FLP5	0,750	0,300	0,500	-	0,500	0,200

2G = 2-gevel; 3G = 3-gevel; 4G = 4-gevel; FL = flat. P5 = vanaf 2006.

Qua luchtdichtheid en ventilatie (voor luchtverversing) veronderstellen we in het BAU scenario dat het ventilatievoud voor alle nieuwbouwwoningen gelijk is aan 3. In het BAU scenario nemen we bovendien aan dat de huishoudens voor nieuwbouw enkel mechanische ventilatie van het type C met gelijkstroomventilatoren gebruiken (natuurlijke toevoer, mechanische afvoer). Dat is uiteraard niet realistisch. Het is wellicht zelfs niet eens de beste optie, vermits natuurlijke ventilatie (met regelbare toevoeropeningen) technisch-economisch meer optimaal zou zijn (Verbeeck, 2007, p. 159). We introduceren mechanische ventilatie in het BAU scenario om op die manier beter te kunnen aanduiden wat het effect is van het gebruik van mechanische ventilatie op het energiegebruik, zowel wat betreft de netto energiebehoefte (NEB) voor ruimteverwarming als op het elektriciteitsgebruik voor ventilatoren. Het geeft ons bovendien de kans om in een strenger scenario (BAU-PLUS) de mogelijkheid te introduceren van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (de kanalen zijn immers reeds aanwezig). We leggen er nogmaals de nadruk op dat we deze scenario-oefeningen vooral zien als "vingeroefeningen".

Wat betreft de verwarmingsinstallaties gaan we uit van 100 % centrale verwarming met gas- of olietetels. Het afgiffterendement bedraagt in het BAU scenario bij veronderstelling 77 % (constante waarde instelwaarde van de vertrektemperatuur, centrale regeling van de binnentemperatuur, verwarmingselementen voor glas), een verdeelrendement van 100 % en een opwekkingsrendement (op *bovenste* verbrandingswaarde) van 82,8 % voor gasketels en van 86,5 % voor olietetels. Dat zijn waarden voor moderne hoogrendementsketels, niet voor condenserende ketels. Met deze "minimalistische" eisen t.o.v. verwarmingsinstallaties demonstreren we dat de EPB-normen – mits een goede isolatie van de gebouwschil – makkelijk te halen zijn zonder noodzakelijk gebruik te moeten maken van condenserende ketels en lagetemperatuurverwarming (LTV).

In het BAU scenario veronderstellen we (voorlopig) dat in alle nieuwe typewoningen aardgas de voorkeur krijgt als energiedrager voor ruimteverwarming.

Op basis van deze veronderstellingen kennen we voor elke typewoning de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming [in MJ per m³ beschermd volume] en het finaal energiegebruik [MJ/m³].

Figuur 41: Netto energiebehoefte (NEB) en finaal energiegebruik voor ruimteverwarming, K-waarde en E-peil voor nieuwbouwwoningen (1) in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

	NEB ⁽¹⁾ [MJ/m ³]	finaal gas ⁽²⁾ [MJ/m ³]	finaal olie ⁽²⁾ [MJ/m ³]	K-waarde ⁽¹⁾	E-peil ⁽¹⁾
2GP5	80 - 83	131	125	37 - 39	77 - 80
3GP5	87 - 93	146	139	39 - 42	79 - 84
4GP5	98 - 104	163	156	42 - 45	83 - 87
FLP5	69 - 75	112	107	26 - 30	74 - 80

(1) ondergrens is zonder koudebrugwerking, bovengrens is met gebruik van forfaitaire koudebrugwerking in de EPB rekenmethode

(2) met forfaitaire koudebrugwerking uit de EPB rekenmethode.

Wat betreft rijwoningen is de specifiek NEB [in MJ/m³] voor ruimteverwarming voor een moderne rijwoning “normaal” te noemen. Verbeecq (2007, p. 168) geeft voor rijwoningen (optimale) waarden van 50 tot 100 MJ/m³ per jaar (zonder gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning). Voor 3-gevel en zeker voor open bebouwing is de NEB wellicht iets te gunstig verondersteld. Bij Verbeecq (2007, p. 168) varieert voor 3-gevelwoningen van 50 tot 170 MJ/m³, voor gewone open bebouwing van 40 tot 120 MJ/m³ en voor “architecturale” open bebouwing van 30 tot 300 MJ/m³. Onze gunstige waarden hebben ongetwijfeld ook te maken met een iets te optimistische inschatting wat betreft de compactheid. Voor flats zitten we boven de door Verbeecq (2007, p. 168) geciteerde waarden van 30 tot 60 MJ/m³. We hebben voor flatgebouwen geopteerd voor de vrij ongunstige 3-gevel variant (met 8 flats per gebouw), zodat de gemiddelde flat niet een “centraal gelegen” flat zal zijn¹³⁷. Het finaal energiegebruik voor ruimteverwarming in de typewoningen is alleszins beter dan het gemiddelde van de bestaande woningstock, met name 233 MJ/m³ (Hens & Verbeecq, 2002, p. 3), maar ligt in alle gevallen nog ver boven de vereiste 60 MJ/m³ per jaar voor lage energie woningen.

We hebben de (absolute) netto energiebehoefte (NEB in MJ per woning per jaar) van onze nieuwbouw typewoningen vergeleken met deze van 3 typewoningen (2-, 3- en 4-gevelwoningen) in een studie van het WTCB (2006). Deze studie onderzocht o.m. – in het kader van de Energie Advies Procedure – welke energiekwaliteitslabels men kan toekennen aan woningen. Onze nieuwbouwwoningen vallen zonder enig probleem onder het A kwaliteitslabel.

We tonen in de tabel ook de K-waarde en het E-peil per nieuwbouw typewoning in LEAP. De K-waarden blijven steeds onder de vereiste norm van K45, zij het voor open bebouwing maar net. Flatgebouwen profiteren van hun grotere compactheid. In feite zal de K-waarde (en de energiebehoefte) in werkelijkheid kleiner zijn dan deze door ons berekend, omdat we in de EPB-rekenprocedure gebruik hebben gemaakt van de (waarschijnlijk te hoge) forfaitaire toeslag voor koudebruggen. Als we de koudebrugwerking niet meerekenen, dan zijn de K-waarden gelijk aan 37 voor rijwoningen, 39 voor 3-gevelwoningen, 42 voor 4-gevelwoningen en 26 voor flats. Deze waarden bepalen de ondergrenzen van de intervallen waarin de werkelijke K-waarden zullen liggen

Het E-peil is niet enkel afhankelijk van de energiefunctie ruimteverwarming (we lopen dus op de zaken vooruit). We tonen het E-peil nu al om aan te tonen dat al de nieuwbouwwoningen ruim voldoen aan de eis van E-peil = 100 of minder.

14.2.2.2. Bereiding van warm water

Omdat we voor nieuwbouwwoningen vrij getrouw de EPB-rekenprocedure volgen, en omdat onze typewoningen qua volume tamelijk “ruim bemeten” zijn, is de netto energiebehoefte voor de productie van warm water in alle gevallen steeds gelijk aan de in de EPB rekenmethode ingebouwde bovengrens (in acht genomen het veronderstelde volume van onze nieuwbouw woningen), met name 2 523 MJ per jaar.

¹³⁷ Slechts een kwart van de flats heeft 2 verliesvlakken (gevel, dak of vloer), de helft 3 verliesvlakken en een kwart 4 verliesvlakken.

Volgens ons is dat, zelfs met gebruik van spaardouchekoppen en debietbegrenzers, een onderschatting van het werkelijke warm tapwater gebruik. Deze aanpak bemoeilijkt tevens de vergelijking met het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater in bestaande woningen, waar we een eigen procedure gebruiken voor het berekenen van de behoefte aan warm water (en dus van de NEB) op basis van de gemiddelde gezinsgrootte in de typewoningen. We houden ons (voorlopig) toch maar aan de EPB-rekenmethode.

De veronderstelde lengte van de leidingen bedraagt steeds 5 meter (wat niet altijd realistisch is, zeker niet indien men een combi-eenheid gebruikt).

De wamte-opwekker is voor bad en/of douche een gasboiler of een combi-eenheid in geval van verwarming met aardgas, of een combi-eenheid in geval van verwarming met stookolie. Voor de keuken voorzien we echter in alle gevallen een (kleine) elektrische boiler.

Voorlopig gaan we in het BAU scenario voor bad en/of douche enkel uit van aardgas als energiedrager.

In het BAU scenario gaan we er van uit dat niemand gebruik maakt van zonneboilers. Nogmaals, dit is onrealistisch maar hoort gewoon bij de manier waarop we het BAU scenario definiëren. We veronderstellen in het BAU scenario eveneens dat niemand gebruik maakt van een warmtepompboiler.

14.2.2.3. Hulpenergie

In het BAU scenario veronderstellen we nog altijd gemiddeld 1 waakvlam per typewoning (hetzij van de gasgestookte boiler¹³⁸ of de combi-eenheid voor de bereiding van warm water bij gasverwarmde woningen, hetzij van de olieketel). De centrale verwarming maakt bij veronderstelling evenmin gebruik van pompregeling.

Tabel 102: Hulpenergiegebruik in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

	finaal [MJ/woning]	Aandeel aardgas	Aandeel elektriciteit
2GP5	4 107	61,4%	38,6%
3GP5	4 683	53,9%	46,1%
4GP5	5 147	49,0%	51,0%
FLP5	3 643	69,3%	30,7%

Zoals eerder vermeld houden we in het BAU scenario (voorlopig) enkel rekening met aardgas als fossiele energiedrager voor nieuwbouw woningen.

14.2.2.4. Ventilatie

Het BAU scenario veronderstelt dat elke nieuwbouw woning voorzien is van mechanische ventilatie, met name ventilatiesysteem C (natuurlijke toevoer, mechanische afvoer) met gebruik van gelijkstroomventilatoren.

De veronderstelling dat alle nieuwbouw woningen mechanische ventilatie gebruiken kunnen we in LEAP makkelijk aanpassen door de penetratiegraden voor mechanische ventilatie aan te passen. We zouden bijvoorbeeld kunnen aangeven dat slechts 75 % van de nieuwbouw woningen mechanische ventilatie gebruikt, en de resterende 25 % natuurlijke ventilatie (via roosters met regelbare toegangsopeningen). De effecten van verschillende ventilatiesystemen op de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming kunnen we helaas niet opnemen in LEAP. We moeten daarvoor beroep doen op de "bottom-up" benadering in SAVER.

¹³⁸ Indien aparte gasboiler of -geiser en gasketel, zal 1 van beide bij veronderstelling met elektronische ontsteking werken.

Tabel 103: *Elektriciteitsgebruik voor (hygiënische) ventilatie in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2025)*

	Ventilatiesysteem C gelijkstroom [kWh/woning per jaar]	Aandeel van systeem C in mechanische ventilatie [%]
2GP5	327,6	100
3GP5	446,8	100
4GP5	542,8	100
FLP5	231,6	100

In plaats van ventilatiesysteem C met gelijkstroomventilatoren een aandeel van 100 % toe te kennen, kunnen we in LEAP zonder problemen het gebruik van mechanische ventilatie spreiden over de 4 weerhouden systemen voor mechanische ventilatie, met name: systeem C met wissel- of gelijkstroomventilatoren, of systeem D met wissel- of gelijkstroomventilatoren.

14.2.2.5. Koeling

In nieuwbouwwoningen is geen plaats voor actieve koeling. In LEAP vertaalt zich dat als een penetratiegraad van nul voor (actieve) koeling.

Tabel 104: *(potentiele) netto energiebehoefte voor actieve koeling bij de typewoningen in LEAP*

	NEB actieve koeling [MJ/woning per jaar]	Penetratie actieve koeling [%]
2GP5	1.314	0%
3GP5	2.554	0%
4GP5	2.955	0%
FLP5	255	0%

Om in “worst case” scenario’s toch rekening te kunnen houden met het (gedeeltelijk) gebruik van actieve koeling – bijvoorbeeld doordat de bewoners jaren later een omkeerbare warmtepomp installeren – hebben we met de EPB-rekenmethode de netto energiebehoefte (NEB) voor actieve koeling berekend, waarbij we gebruik maken van de waarden bij ontstentenis uit de EPB-procedures.

14.2.3. Toestellen en apparaten

We kunnen in LEAP het energiegebruik voor niet-gebouwgebonden toestellen of apparaten in essentie op 3 manieren beïnvloeden:

- Toe- of afname van de penetratiegraad van de apparaten;
- Een groter aandeel van meer energiezuinige toestellen of apparaten, indien relevant voor een bepaalde energiefunctie;
- Een verbetering van het specifiek energiegebruik (efficiëntie) van een toestel of apparaat. Het verondersteld specifiek energiegebruik van een energiezuinig toestel anno 2005 is immers een gemiddelde, dat bovendien de stand van de techniek in dat jaar reflecteert. Energiezuinige toestellen anno 2005 zouden tegen 2025 gemiddeld nog veel energiezuiniger kunnen zijn.

Om de evolutie van de penetratiegraden in te schatten, hebben we in de mate van het mogelijke gebruik gemaakt van “logistische regressies”. Deze schattingen zijn met een grove korrel zout te nemen, omdat de tijdreeksen waarop we ons moeten baseren meestal van bedenkelijke kwaliteit zijn en/of een te beperkt deel van de levenscyclus van een toestel omvatten.

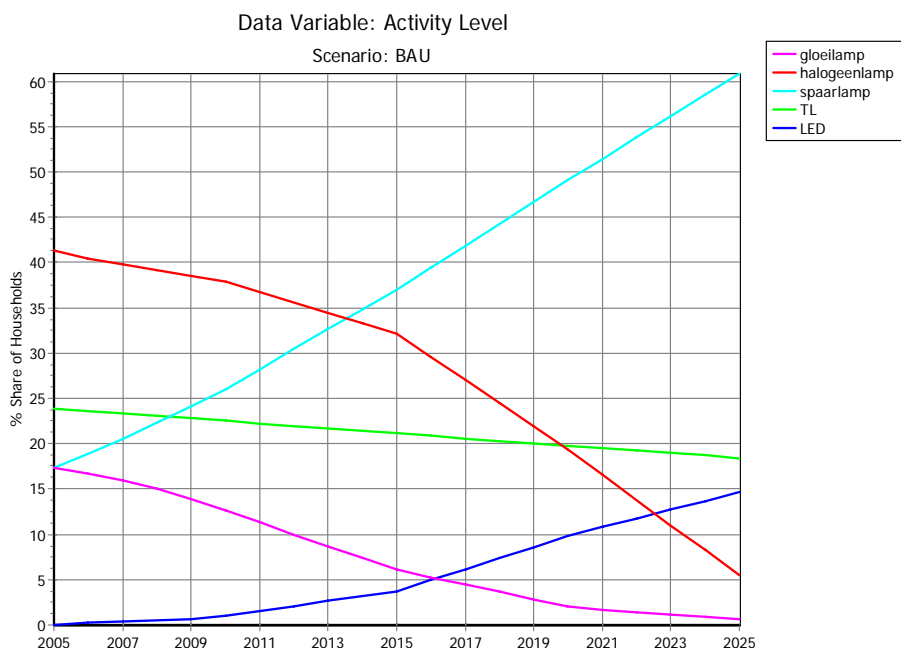
In het BAU scenario bevriezen we de energie-efficiëntie (bijvoorbeeld in termen van aandelen van energielabels A of beter) op het niveau van 2005. We houden evenmin rekening met de derde optie (het nog energiezuiniger worden van reeds bestaande energiezuinige toestellen).

14.2.3.1. Verlichting

Voor verlichting heeft de evolutie van de penetratiegraad geen zin: deze is en blijft 100 % over heel de beschouwde periode.

We hebben gepoogd om de aandelen van de verschillende verlichtingstechnieken (gloeilamp, halogeenlamp, spaarlamp, TL-lamp en LEDs) te schatten m.b.v. logistische regressies.

Figuur 42: Evolutie van de aandelen van verlichtingstechnieken in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

De gloeilamp zal in 2025 nagenoeg zijn verdwenen (met een aandeel van nauwelijks 0,6 %). Het aandeel van halogeenlampen gaat na 2015 ook snel bergaf (tot nauwelijks 5,5 % in 2025). Het gezamenlijk aandeel van gloei- en halogeenlampen zou in het BAU scenario in 2025 niet iets meer dan 6 % zijn.

De spaarlamp zet zijn opmars voort (met een geschat aandeel van 60,8 % in 2025). Het aandeel van de energiezuinige TL-lampen gaat wel in dalende lijn (tot 18,4 % in 2025)¹³⁹. Spaarlampen en TL-lampen zijn in 2025 goed voor 79,2 % of bijna vier vijfden van de totale kunstverlichting in de woning.

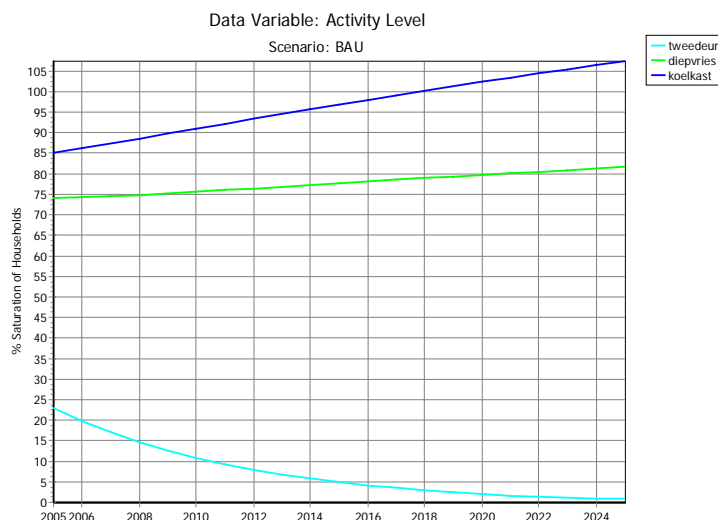
Het resterende aandeel is in handen van de LEDs, waarvan we verwachten dat ze vanaf 2010 à 2015 langzaam de markt zullen veroveren.

14.2.3.2. Koelen

We bekijken de verwachte evolutie van de penetratiegraden van tweedeurs koelapparaten (combi koelkast / vriezer), van diepvriezers en van koelkasten.

¹³⁹ In feite zijn de nieuwste fluorescentielampen (T5-lampen) efficiënter dan spaarlampen (≥ 90 lm/W tegenover 40 à 65 lm/W voor spaarlampen). T5-lampen zijn goed inzetbaar in keuken of living.

Figuur 43: *Evolutie van de penetratiegraden van koelapparaten in het BAU-scenario (Vlaanderen, 2005-2025)*



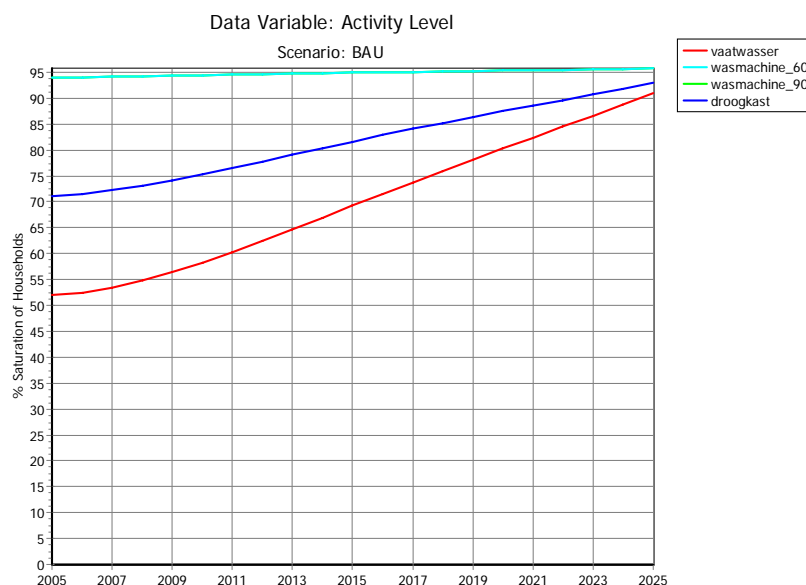
Bron: rechtstreekse output van LEAP

De diepvriezer kent tot 2005 nog een gestage groei. Opvallend is het bijna verdwijnen van de tweedeurs, vooral ten voordele van de koelkast. Vanaf 2018 zullen – volgens ons BAU scenario – een groot aantal gezinnen over meer dan 1 koelkast beschikken (penetratiegraad groter dan 100).

14.2.3.3. Reiniging (“natte” toestellen)

We bekijken de verwachte evolutie van de penetratiegraden van vaatwassers, wasmachines en droogkasten.

Figuur 44: *Evolutie van de penetratiegraden van vaatwassers, wasmachines en droogkasten in het BAU-scenario (Vlaanderen, 2005-2025)*



Bron: rechtstreekse output van LEAP

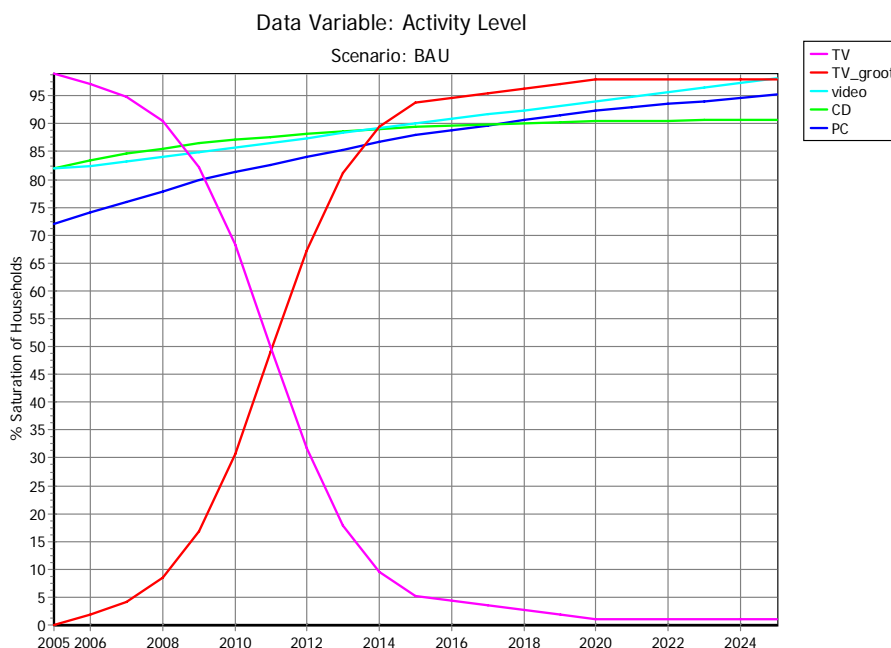
De penetratiegraad van wasmachines zal nog maar lichtjes stijgen tot 2025 (sommige gezinsvormen zoals de ‘singles’ zullen wellicht de voorkeur blijven geven aan waserettes of

de wasmachine van mama). De penetratiegraden van vaatwassers en droogkasten convergeren tegen 2025 naar een penetratiegraad van 90,9 respectievelijk 93, wat een sterke stijging is t.o.v. 2005.

14.2.3.4. Media

We bekijken de verwachte evolutie van de penetratiegraden van TV, video, CD en PC.

Figuur 45: Evolutie van de penetratiegraden van (multi)mediatoestellen in het BAU-scenario (Vlaanderen, 2005-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

Het is zeer moeilijk om prognoses te maken over (multi)mediatoestellen, omwille van de zeer snel veranderende technologische evolutie in deze sector.

De beeldbuis-TV's worden in snel tempo vervangen door LCD- of plasma-TV's, meestal met een groot scherm (een beeldbuis van meer dan 61 cm of zelfs 80 cm). Voor een energiezuinige LCD-TV met een beeldbuis van 80 cm rekent men op een jaarlijks energiegebruik van 120 à 136 kWh, voor een plasma-TV is het geraamd jaarlijks energiegebruik gelijk aan 337 kWh. Cijfermateriaal ontbreekt om de evolutie van de penetratiegraad van LCD- of plasma-TV's met grote beeldbuis correct te kunnen inschatten. Mogelijk moeten we in de toekomst eveneens rekening houden met alternatieve vormen van televisie, bijvoorbeeld "hand held" apparaten met grotere schermen, microgolfovens met ingebouwde televisie, speciale "badkamer televisies" die bestendig zijn tegen vocht, of televisie in de auto of op je horloge (Spot, Televisie rapport 2006, p. 14). De penetratiegraad van TVs in het algemeen schommelt wel al jaren rond de 97 à 99.

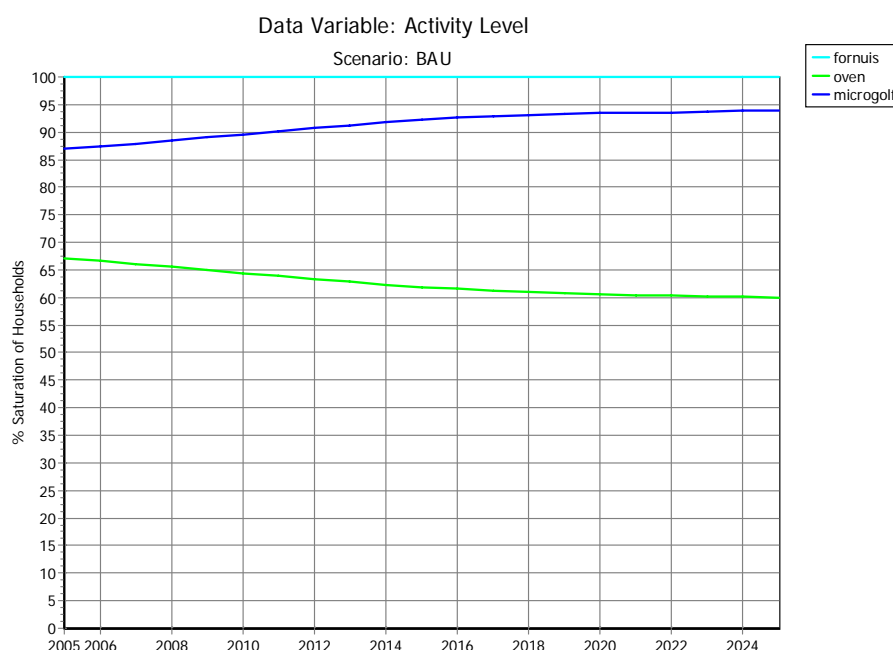
De analoge videorecorder wordt meer en meer vervangen door digitale recorders, met name DVD recorders of Hard Disk recorders. Voor de eenvoud stellen we in het BAU scenario dat het gemiddeld energiegebruik van een analoge of digitale videorecorder niet veel van elkaar verschilt, zodat we geen twee verschillende apparaten moeten definiëren. De penetratiegraad van video (DVD recordes) convergeert naar deze van TV's. De penetratiegraad van CD's (of gelijkaardige technologie in de toekomst) evolueert naar 91. In het BAU scenario houden we het gemiddeld energiegebruik voor video en CD constant op het niveau van 2005.

Voor PCs (of gelijkaardig) is de penetratiegraad – bij veronderstelling – ongeveer gelijk aan 95 in 2025. We houden het gemiddelde energiegebruik van een PC constant over de periode 2006-2025. We doen dit op basis van de volgende redenering: enerzijds zal voor huis-, tuin- en keukengebruik de PC energiezuiniger worden door het overnemen van laptop-technologieën (voor zover men de desktop PC niet daadwerkelijk vervangt door laptops); anderzijds zal het energiegebruik toenemen voor “special purpose” PCs, zoals bijvoorbeeld voor de hardcore gamers of voor het simuleren van virtuele realiteit.

14.2.3.5. Koken

We bekijken de verwachte evolutie van de penetratiegraden van fornuis (zowel elektrisch als op gas), de oven en de microgolfoven (in Nederland: magnetron).

Figuur 46: Evolutie van de penetratiegraden van elektrisch of gasfornuis, oven en microgolfoven in het BAU-scenario (Vlaanderen, 2005-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

We veronderstellen dat in de periode 2006-2025 elk huishouden (100 %) nog altijd over een fornuis zal beschikken. We nemen – althans in het BAU scenario – wel aan dat het aandeel van gasfornuizen geleidelijk daalt tot 17,8 % in 2025. Wat betreft elektrisch koken verdwijnt het keramisch koken volledig ten gunste van inductiekoken.

Ovens kunnen zowel elektrisch zijn als op gas werken. We vinden merkwaardig genoeg zeer weinig gegevens over (ingebouwde) ovens: noch over penetratiegraden noch over de aandelen van gas of elektriciteit. We negeren (voorlopig) ovens op aardgas (we veronderstellen dat dit energiegebruik mee vervat zit in het gasgebruik voor fornuizen), en gaan uit van de eenvoudige veronderstelling dat de penetratiegraad van gewone ovens en microgolfovens over de periode 2006-2025 dezelfde is als deze in 2005. Hierdoor daalt de penetratiegraad van ingebouwde elektrische ovens tot 60.

De penetratiegraad van microgolfovens (magnetrons) neemt toe tot 94 in 2025, in onze veronderstelling ten koste van de penetratiegraad van ingebouwde elektrische ovens.

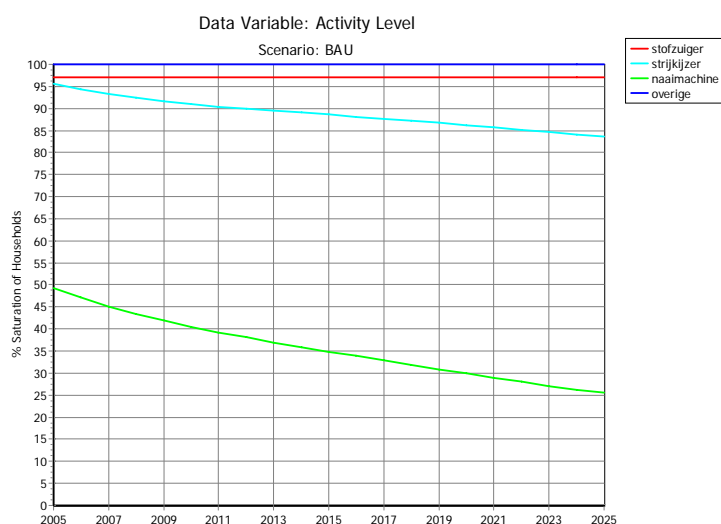
14.2.3.6. Overige

“Overige” omvat een zeer groot aantal verschillende toestellen of apparaten, waarvan sommige ongetwijfeld nu enkel nog maar als concept op papier bestaan. Sommige toestellen waarvan de penetratiegraad anno 2005 nog zeer gering was, kunnen in de toekomst sterk aan belang winnen. Indien het toestellen betreft met een relatief groot elektriciteitsgebruik (zoals bijvoorbeeld zonnepanelen of sauna’s), dan zal de evolutie van het bezit (en gebruik) van deze apparaten een zeer grote invloed hebben op de evolutie van het totale elektriciteitsgebruik van de huishoudens.

Omdat het inschatten van deze evoluties koffiedik kijken is, nemen we arbitrair aan dat het elektriciteitsgebruik van “overige toestellen” in de periode 2006-2025 jaarlijks met 0,5 % zal stijgen.

Enkel voor strijkijzers en naaimachines hebben we – ter illustratie – de evolutie van de penetratiegraden over deze periode geschat.

Figuur 47: Evolutie van de penetratiegraden van naaimachine en strijkijzer in het BAU-scenario (Vlaanderen, 2005-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

In een toenemende diensteneconomie (“dienstencheques”) zal het “huiselijk gebruik” van strijkijzer en naaimachine in het BAU scenario afnemen.

14.2.4. Resultaten energiegebruik in het BAU scenario

We onderscheiden gebouwgebonden energiegebruik en energiegebruik van toestellen of apparaten.

Tabel 105: Evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik [PJ] in het BAU-scenario (Vlaanderen, 2005-2025)

	2005 [PJ]	2010 [PJ]	2015 [PJ]	2020 [PJ]	2025 [PJ]
HH2G	41,6	43,2	44,9	46,2	47,4
HH3G	47,0	47,6	48,1	48,2	48,3
HH4G	96,2	96,2	95,8	94,8	94,0
HHFL	30,1	31,7	33,0	34,4	35,3
Totaal	215,0	218,8	221,7	223,6	225,0

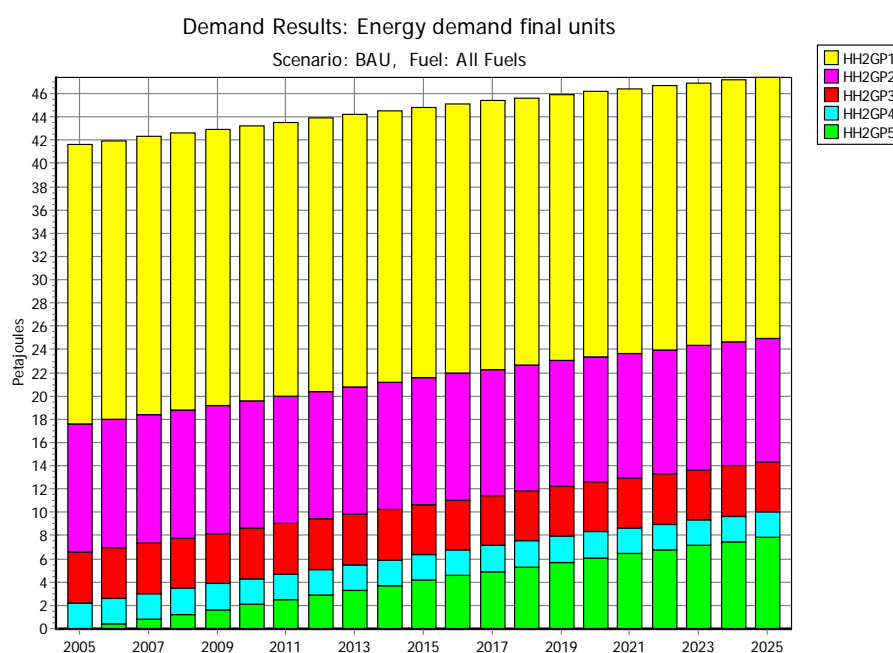
2G = 2 gevelwoning; 3G = 3 gevelwoning; 4G = 4 gevelwoning; FI = Flat

Het gebouwgebonden energiegebruik evolueert van 215 PJ in 2005 naar 225 PJ, of een stijging van +4,7 %. De stijging van het energiegebruik door de toename van het aantal

gezinnen (en dus woningen) wordt in het BAU scenario gedeeltelijk gecompenseerd door enerzijds de (structurele) verschuiving van 3- en 4-gevelwoningen naar rijwoningen en flats (kleinere gezinnen, meer alleenstaanden !), en anderzijds door de (beperkte) vervanging van oude, energie-inefficiënte woningen door nieuwe woningen die (minstens) moeten voldoen aan de huidige EPB-regelgeving.

Waar het aandeel van het gebouwgebonden energiegebruik in 2005 slechts 19,4 % was voor rijwoningen en 14,0 % voor flats, lopen deze percentages in 2025 op tot 21,1 % respectievelijk 15,7 %. Maar de grootste energiegebruikers blijven de 4-gevel woningen (open bebouwing) met een aandeel van 41,8 % in 2025, wat wel merkbaar minder is dan het aandeel van 44,8 % in 2005. Het aandeel van open bebouwing daalt niet sterker omdat er in dit scenario (zeer) weinig vervanging is van oude 4-gevel woningen. Voor 3-gevelwoningen zijn de aandelen 21,5 % in 2025 tegenover 21,9 % in 2005.

Figuur 48: Evolutie het energiegebruik voor rijwoningen per bouwjaarklasse (Vlaanderen, 2006-2025)



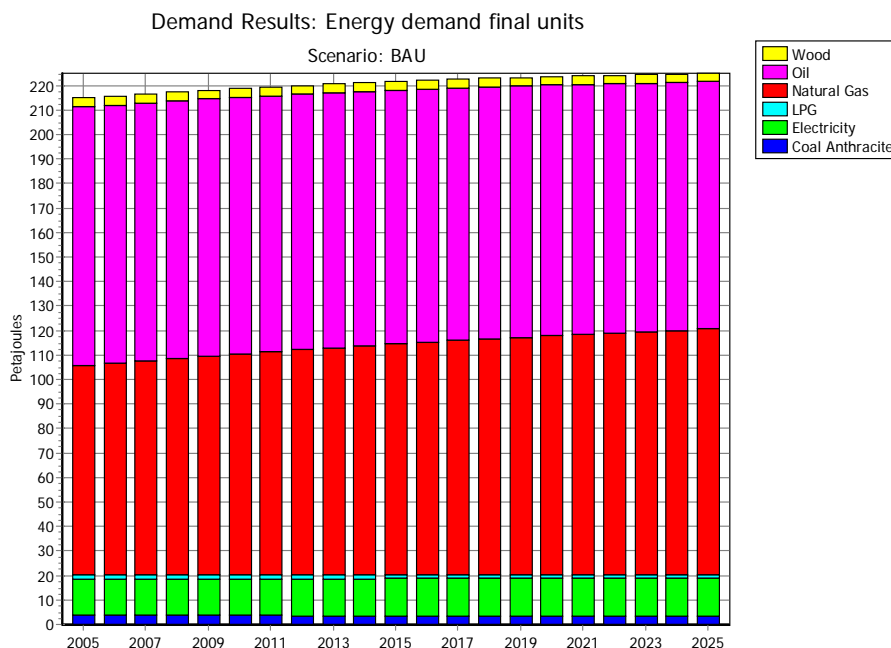
HH=huishoudens. 2G=2 gevelwoning. P1=voor 1945; P2=1946-1970; P3=1971-1990; P4=1991-2005; P5=na 2005.

Bron: rechtstreekse output van LEAP

Ter illustratie laten we de invloed van de bouwjaarklassen zien op de evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik van *rijwoningen* (2-gevel woningen). We zien dat de stijging voornamelijk het gevolg is van meer (nieuwbouw) rijwoningen, ook als is het gebouwgebonden energiegebruik per woning kleiner voor nieuwbouw rijwoningen dan voor bestaande rijwoningen. Oude woningen verdwijnen in Vlaanderen slechts zeer langzaam.

We kunnen in LEAP met een eenvoudige druk op de spreekwoordelijke knop gelijkaardige grafieken tonen voor de andere woningtypes: 3-gevelwoningen, open bebouwing of flats.

Tabel 106: Evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik [PJ] per energiedrager in het BAU-scenario (Vlaanderen, 2005-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

De evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik *per energiedrager* toont hoe onrealistisch (of “fictief”) het BAU scenario is. We veronderstelden voor bestaande woningen het gebruik van dezelfde gebouwinstallaties (verwarming, warm tapwater, ventilatie) als in 2005. De onvermijdelijke verbetering van de ketelrendementen door de geleidelijke vervanging van oude ketels zal ongetwijfeld een gunstige invloed hebben op het totale gebouwgebonden energiegebruik. Deze invloed en het effect van het “switchen” van energiedragers (o.m. van huisbrandolie naar aardgas) op het totale energiegebruik van bestaande woningen tonen we pas in het BAU-PLUS scenario.

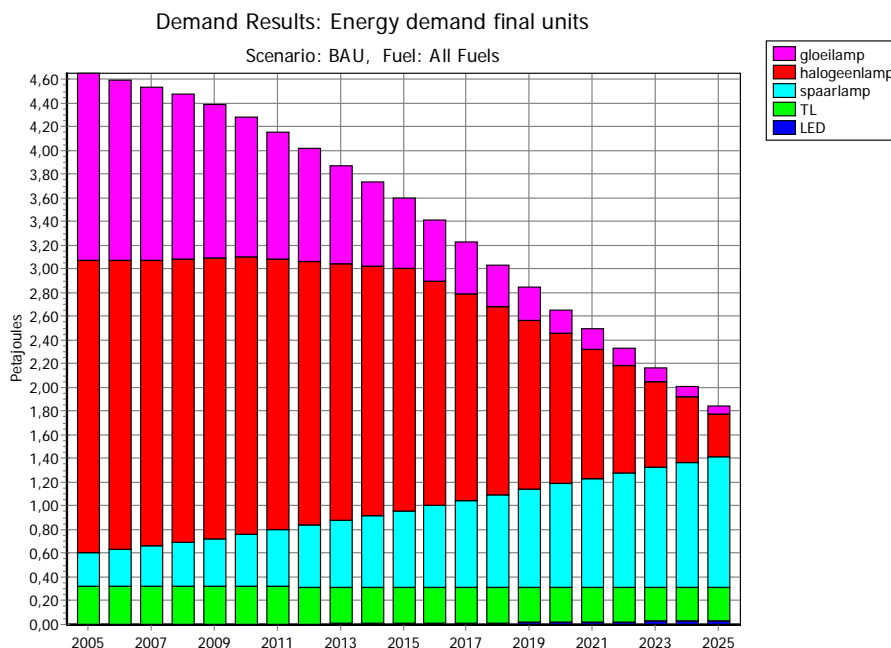
Tabel 107: Evolutie van het energiegebruik voor toestellen of apparaten [PJ] in het BAU scenario (Vlaanderen, 2005-2025)

	2005 [PJ]	2010 [PJ]	2015 [PJ]	2020 [PJ]	2025 [PJ]
verlichting	4,6	4,3	3,6	2,7	1,8
koelen	5,2	5,0	5,1	5,3	5,6
nat	6,1	6,7	7,5	8,3	9,1
media	4,2	4,9	6,0	6,4	6,6
koken	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2
overige	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1
Totaal	26,1	27,0	28,4	28,9	29,4

Het energiegebruik voor toestellen en apparaten stijgt met 12,7 % in 2025 t.o.v. 2005.

We noteren een sterke daling voor verlichting. Het quasi verdwijnen van de gloei- en halogeenvlampen vooral ten gunste van spaarlampen en in (veel) beperktere mate van LEDs zorgt voor een spectaculaire daling van het energiegebruik voor verlichting (-60,4 % in 2025 t.o.v. 2005). Het aandeel van verlichting in het niet-gebouwgebonden energiegebruik neemt daardoor af van 17,8 % in 2005 naar 6,3 % in 2025.

Figuur 49: Evolutie van het elektriciteitsgebruik voor verlichting per technologie (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

Ter illustratie tonen we de LEAP output van de evolutie van het elektriciteitsgebruik voor verlichting per technologie in het BAU scenario. Het “golvende” verloop is het gevolg van ons gebruik van logistische curves voor de toekomstige evolutie van de penetratiegraden van de verschillende verlichtingstechnieken. Omdat we de verschuiving van gloeilamp (en halogeenlamp) naar spaarlampen en later LEDs als een *structurele* verschuiving beschouwen, hebben we deze evolutie mee opgenomen in het BAU en niet in het BAU-PLUS scenario.

De aanvankelijke daling van het elektriciteitsgebruik (-2,7 % in 2010 t.o.v. 2005) voor koelen van voedsel is het gevolg van het vrij snel verdwijnen van de tweedeurs koelkast. Daarna neemt de stijging van het aantal gezinnen en vooral van de penetratiegraden van hoofdzakelijk koelkasten en in mindere mate diepvriezers terug de bovenhand (+7,7 % in 2025 t.o.v. 2005).

De stijging van het energiegebruik van “natte toestellen” (+49 % in 2025 t.o.v. 2005) is het gevolg van zowel het toenemend aantal gezinnen als van de penetratiegraden van deze toestellen, en dan vooral van de vaatwasser.

Het elektriciteitsgebruik voor (multi)media toestellen neemt snel toe (+58,9 % in 2025 t.o.v. 2005), niet enkel omwille van de gezinsverdunding en de toenemende penetratie van PC's of aanverwante apparatuur, maar ook door de snelle vervanging van klassieke kleuren-TV's door TV's met groot scherm, waaronder plasmatoestellen.

Voor koken verandert er qua energiegebruik weinig. De aanvankelijk lichte daling van het *finaal* energiegebruik is het gevolg van het vervangen van koken op gas door elektrisch koken. In termen van *primair* energiegebruik zal het energiegebruik hierdoor net stijgen.

Het elektriciteitsgebruik van “overige toestellen” is in 2025 + 16,7 % hoger dan in 2005. We veronderstelden voor deze categorie een forfaitaire jaarlijkse groei van 0,5 %. Het verondersteld dalend gebruik van strijkijzer en naaimachine kan daar niet tegen op.

14.2.5. Resultaten broeikasgasemissies per energiedrager

Met LEAP is het een koud kunstje om de gebouwgebonden emissies naar de omgevingslucht te tonen.

Figuur 50: Evolutie van de broeikasgasemissies [Mton CO₂-eq] t.g.v. huishoudelijk gebouwgebonden energiegebruik in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2015)

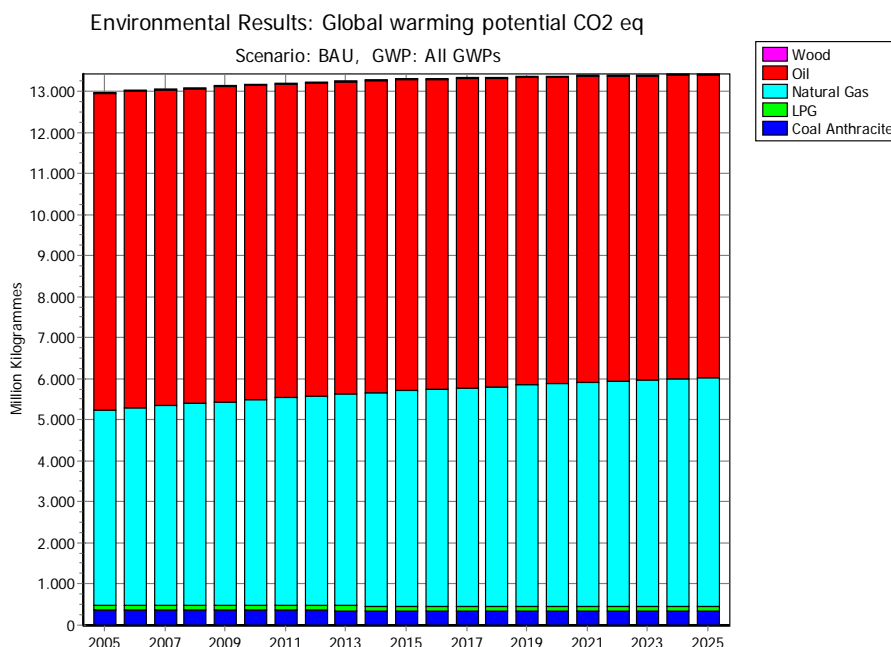
	2005 (*)	2010	2015	2020	2025
HH2G	2,434	2,515	2,598	2,662	2,723
HH3G	2,882	2,91	2,927	2,927	2,925
HH4G	6,016	6,005	5,972	5,91	5,856
HHFL	1,651	1,733	1,802	1,874	1,918
Totaal	12,983	13,163	13,299	13,374	13,422

(*) De totaalwaarde in 2005 is iets kleiner dan in de Energiebalans Vlaanderen van de Vito, omdat er ook nog een klein deel aardgasgebruik is voor niet-gebouwgebonden toestellen en apparaten (hoofdzakelijk koken).

De broeikasgasemissies in het BAU scenario zijn in 2025 met + 3,4% gestegen t.o.v. 2005. Voornaamste oorzaken zijn de toename van het aantal gezinnen (en dus vereiste woningen) en een te gering aantal nieuwbouwwoningen (met nog relatief gesproken lakse EPB-normen) om echt het verschil te kunnen maken. Het iets grotere aandeel van aardgas in het BAU-scenario (bijna uitsluitend dank zij het verondersteld aardgasgebruik in de nieuwbouwwoningen) kan de evolutie van de broeikasgasemissies iets milderden.

We herhalen dat we in deze oefening enkel finaal en niet primair energiegebruik bekijken, waardoor we de broeikasgasemissies t.g.v. de productie van elektriciteit niet in aanmerking nemen.

Figuur 51: Evolutie van de broeikasgasemissies per energiedrager in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

Ter illustratie tonen we een LEAP output van de gebouwgebonden broeikasgasemissies in het BAU scenario per energiedrager. We kunnen dergelijke grafieken desgewenst tonen per woningtype (2-, 3-, 4-gevel of flat), per typewoning of zelfs per energiefunctie per typewoning.

Het weze hoe dan ook duidelijk dat zonder grondige renovatie van de bestaande woningstock (inclusief betere gebouwinstallaties) en betere normen voor nieuwbouwwoningen, Vlaanderen de gewenste doelstellingen qua vermindering van het energiegebruik en van de broeikasgasemissies van huishoudens niet zal halen.

14.3. BAU-PLUS scenario

14.3.1. Evolutie van de woningstock

We gebruiken – wat betreft de evolutie van de woningstock – in het BAU-PLUS scenario dezelfde aannames als in het BAU scenario.

14.3.2. Woninggebonden energiefuncties in bestaande woningen

14.3.2.1. Ruimteverwarming

We kijken eerst naar het 'technisch potentieel' ("beperkingsfactor") van maatregelen i.v.m. de isolatie van de gebouwschil van bestaande woningen.

Tabel 108: Isolatiepeil bij renovatie (na-isolatie van de gebouwschil)

	vloer OVG	vloer AOR	dak	gevel	venster	deur
2GP1	9%	100,0%	100%	71%	100%	100%
2GP2	4%	100,0%	100%	79%	100%	100%
2GP3	8%	100,0%	100%	73%	100%	100%
2GP4	44%	100,0%	100%	92%	100%	100%
3GP1	9%	100,0%	100%	71%	100%	100%
3GP2	4%	100,0%	100%	73%	100%	100%
3GP3	8%	100,0%	100%	63%	100%	100%
3GP4	25%	100,0%	100%	91%	100%	100%
4GP1	9%	100,0%	100%	71%	100%	100%
4GP2	4%	100,0%	100%	79%	100%	100%
4GP3	8%	100,0%	100%	80%	100%	100%
4GP4	46%	100,0%	100%	92%	100%	100%
FLP1	9%	100,0%	100%	75%	100%	100%
FLP2	4%	100,0%	100%	91%	100%	100%
FLP3	8%	100,0%	100%	72%	100%	100%
FLP4	35%	100,0%	100%	94%	100%	100%

OVG = op volle grond; AOR = aangrenzende onverwarmde ruimte

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Voor daken, vensters, deuren en vloeren boven kelders of (bereikbare) kruipruimten veronderstellen we dat bij renovatie van niet of gedeeltelijk geïsoleerde woningen (na-)isolatie mogelijk is, zodat het isolatiepeil voor deze constructiedelen 100 % is. We houden er wel rekening mee dat na-isolatie niet dezelfde mogelijkheden biedt (bijvoorbeeld qua dikte van het isolatiemateriaal) als bij nieuwbouw. Het technisch potentieel voor het na-isoleren van gevels schatten we in op 50 % voor woningen gebouwd voor 1945 en in de periode 1946-1970; en op 0 % voor bestaande woningen gebouwd na 1971. Dit laatste komt doordat we er van uitgaan dat de meeste van deze woningen beschikken over slechts *gedeeltelijk* geïsoleerde spouwmuren¹⁴⁰. In woningen gebouwd voor 1971 is buiten- of binnenisolatie van de meestal massieve muren mogelijk, maar omwille van de kostprijs en andere problemen (bijvoorbeeld gevels langs de straatkant bij rijwoningen, problemen met koudebruggen enz.) houden we het bij een potentieel van 50 %. Hierdoor zullen voor een deel van het bestaande woningenbestand de buitenmuren ongeïsoleerd blijven. Voor het na-isoleren van vloeren op volle grond schatten we het potentieel pessimistisch in. We veronderstellen dat het isolatiepeil van vloeren op volle grond constant blijft op het niveau van 2005.

¹⁴⁰ Een niet gering deel zal heel waarschijnlijk geen geïsoleerde spouwmuren hebben, en in die gevallen is navulling met isolatie zeker mogelijk. We hebben echter weinig zicht op over hoeveel woningen het gaat.

De effecten van na-isolatie van bestaande woningen moeten we vertalen naar R- en U-waarden van de verschillende constructiedelen.

Tabel 109: R- en U-waarden van de constructiedelen bij renovatie van bestaande woningen in het BAU-PLUS of BAU-PLUSPLUS scenario

code16	R-vloer OVG	R-vloer AOR	U-dak	U-gevel	U-venster	U-deur
2GP1	1,709	1,711	0,419	1,403	1,828	1,065
2GP2	1,737	1,711	0,380	0,910	1,828	1,189
2GP3	1,719	1,954	0,347	0,532	1,863	1,507
2GP4	1,537	2,016	0,398	0,520	1,870	0,955
3GP1	1,726	1,711	0,416	1,403	1,828	1,106
3GP2	1,737	1,711	0,385	0,910	1,814	1,148
3GP3	1,719	1,954	0,357	0,524	1,870	1,396
3GP4	1,732	2,016	0,409	0,521	1,870	1,093
4GP1	1,726	1,711	0,413	1,403	1,828	1,065
4GP2	1,737	1,711	0,374	0,910	1,814	1,175
4GP3	1,719	1,954	0,356	0,538	1,849	1,507
4GP4	1,677	2,016	0,342	0,524	1,870	1,120
FLP1	1,726	1,711	0,371	1,403	1,814	1,396
FLP2	1,737	1,711	0,371	0,910	1,814	1,507
FLP3	1,719	1,954	0,370	0,530	1,828	1,783
FLP4	1,714	1,441	0,318	0,565	1,905	0,913

OVG = op volle grond; AOR = aangrenzende onverwarmde ruimte

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

De getoonde R- en U-waarden zijn gewogen gemiddelden van de typewoningen in SAVER, maar houden nog geen rekening met het vooraf besproken technisch potentieel.

Conform onze aangepaste EPB-rekenmethode moeten we waarden invoeren voor een aantal parameters i.v.m. ramen ("vensters") zoals g-waarde, framefactor, en reductie- en gebruiksfactoren i.v.m. zonnewering.

Tabel 110: g-waarde, framefactor en reductie- en gebruiksfactoren van zonnewering in het BAUPLUS-scenario

	g-waarde	framefactor	F _c	a _c	a _c	a _c
				verwarming	oververhitting	koeling
2GP1	0,602	0,298	0,020	-	0,024	0,020
2GP2	0,602	0,298	0,020	-	0,024	0,020
2GP3	0,605	0,296	0,081	-	0,054	0,045
2GP4	0,605	0,295	0,860	-	0,600	0,500
3GP1	0,602	0,298	0,020	-	0,024	0,020
3GP2	0,601	0,299	0,010	-	0,012	0,010
3GP3	0,605	0,295	0,090	-	0,060	0,050
3GP4	0,605	0,295	0,860	-	0,600	0,500
4GP1	0,602	0,298	0,020	-	0,024	0,020
4GP2	0,601	0,299	0,010	-	0,012	0,010
4GP3	0,604	0,297	0,063	-	0,042	0,035
4GP4	0,605	0,295	0,860	-	0,600	0,500
FLP1	0,601	0,299	0,010	-	0,012	0,010
FLP2	0,601	0,299	0,010	-	0,012	0,010
FLP3	0,602	0,298	0,036	-	0,024	0,020
FLP4	0,608	0,293	0,840	-	0,600	0,500

OVG = op volle grond; AOR = aangrenzende onverwarmde ruimte

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

In het BAU-PLUS scenario veronderstellen we echter dat *enkel* de maatregelen i.v.m. isolatie van daken, vensters en deuren en vloeren worden uitgevoerd.

We gaan er tevens van uit dat in het BAU-PLUS scenario de bewoners geen extra-maatregelen treffen om de woning luchtdichter te maken, in combinatie met een (natuurlijk of mechanisch) ventilatiesysteem. We maken deze veronderstelling omdat het voldoende luchtdicht maken van bestaande woningen in combinatie met het aanleggen van kanalen een vrij ingrijpende maatregel is.

We hebben voor de maatregelen “enkel isolatie van dak”, “isolatie van dak + vensters” en “isolatie van dak + vensters + vloeren” voor elke typewoning in LEAP reductiepercentages op de netto energiebehoefte (NEB) voor ruimteverwarming berekend.

Tabel 111: *Reductiepercentages [%] op de NEB voor ruimteverwarming per typewoning in het BAU-PLUS scenario*

	Isolatie dak	Isolatie dak + venster	Isolatie (*) dak + venster + vloer
2GP1	77%	72%	69%
2GP2	87%	80%	77%
2GP3	92%	88%	83%
2GP4	100%	96%	93%
3GP1	82%	79%	77%
3GP2	88%	84%	80%
3GP3	91%	88%	84%
3GP4	97%	94%	91%
4GP1	85%	83%	80%
4GP2	89%	86%	82%
4GP3	91%	88%	84%
4GP4	100%	97%	94%
FLP1	84%	75%	67%
FLP2	88%	77%	73%
FLP3	95%	86%	78%
FLP4	99%	93%	90%

(*) dit is de weerhouden optie in BAU-PLUS. De overige 2 maatregelen tonen we enkel ter informatie. 2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Een (gewogen gemiddeld) reductiepercentage van 77 % op de netto energiebehoefte (NEB) voor ruimteverwarming betekent dat na toepassing van de maatregel(en) in het BAU-PLUS scenario de NEB slechts 77 % bedraagt t.o.v. de situatie in het BAU scenario, of m.a.w. een besparing van 23 % op de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming (“besparingseffect”). De referentie is steeds de situatie in het BAU scenario. Voor rijwoningen gebouwd voor 1945 betekent een reductie-percentage van 69 % voor de gecombineerde BAU-PLUS maatregel “na-isolatie van dak, vensters en vloer” een besparing van 31 % op de NEB voor ruimteverwarming t.o.v. de NEB voor ruimteverwarming in het BAU scenario.

Onze methode heeft het voordeel dat we rekening houden met mogelijke syn- of anergieën tussen 2 of meer gelijktijdig toegepaste maatregelen. Het gezamenlijk besparingseffect is niet (noodzakelijk) de som van de afzonderlijke besparingseffecten. We baseren ons evenmin op “literatuurwaarden”, waarvan niet altijd even duidelijk is op welke referentiesituatie deze betrekking hebben. Tot slot houden we beperkt rekening met “rebound effecten”, doordat we er van uitgaan dat betere isolatie zal leiden tot iets hogere gemiddelde binnentemperaturen.

De isolatie van daken heeft duidelijk het grootste effect. Dit is een universele maatregel die relatief goedkoop is, o.m. omdat de vlakken zo goed bereikbaar zijn. Hoe ouder de woning, hoe groter het besparingseffect, om de eenvoudige reden dat veel oudere woningen in anno 2005 (nog) niet of slechts gedeeltelijk geïsoleerd zijn.

In het BAU-PLUS scenario maken we vervolgens enkele veronderstellingen over het toekomstig aandeel van centrale verwarming (cv), de systeem- en opwekkingsrendementen van gas- en olietetels, en de aandelen van de energiedragers. De zaken die we hier niet expliciet vermelden worden onveranderd verondersteld t.o.v. het BAU scenario.

Tabel 112: Aandelen van centrale verwarming (cv) en van energiedragers in cv tegen 2025 in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2025)

	aandeel cv [%]	aandeel cv aardgas [%]	aandeel cv stookolie [%]	aandeel cv warmtepomp [%]
2GP1	83,9%	82,7%	7,3%	10,0%
2GP2	88,5%	78,4%	11,6%	10,0%
2GP3	95,6%	83,1%	6,9%	10,0%
2GP4	95,8%	87,7%	2,3%	10,0%
3GP1	85,5%	75,6%	14,4%	10,0%
3GP2	91,1%	72,4%	17,6%	10,0%
3GP3	95,5%	78,4%	11,6%	10,0%
3GP4	96,4%	84,4%	5,6%	10,0%
4GP1	86,1%	69,6%	20,4%	10,0%
4GP2	94,3%	67,2%	22,8%	10,0%
4GP3	95,1%	71,3%	18,7%	10,0%
4GP4	96,7%	76,5%	13,5%	10,0%
FLP1	88,2%	82,8%	7,2%	10,0%
FLP2	94,5%	79,2%	10,8%	10,0%
FLP3	96,0%	83,6%	6,4%	10,0%
FLP4	93,8%	88,6%	1,4%	10,0%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Lokale verwarming zal in 2025 in Vlaanderen in het BAU-scenario nog niet helemaal zijn verdwenen, maar de typewoningen in LEAP beschikken meestal voor meer dan 90 % over centrale verwarming. Enkel in woningen gebouwd voor 1945 zal lokale verwarming iets langer stand houden. De toenemende verschuiving van lokale naar centrale verwarming heeft overigens een "negatief besparingseffect", vermits we de veronderstelde verwarmde vloeroppervlakte bij centrale verwarming hoger veronderstellen dan bij lokale verwarming (cfr rebound effect).

Wat betreft systeemrendement veronderstellen we dat alle woningen met cv in 2025 gebruik maken van variabele instelwaarde van de vertrektemperatuur plus temperatuurgestuurde regeling van de binnentemperatuur per ruimte, met volledige isolatie van de binnenleidingen. Het gemiddeld opwekkingsrendement (op bovenste verbrandingswaarde) van een gasketel zou in 2025 91,8 % bedragen, en voor huisbrandolie 92,1 %.

Wat betreft energiedragers houden we in het BAU-scenario geen rekening met steenkool, LPG of hout (deze zouden in 2025 bij veronderstelling niet meer voorkomen). De dominante energiedrager in 2025 is aardgas, alhoewel huisbrandolie nog niet helemaal is verdwenen. Elektrische verwarming verdwijnt evenmin, maar zou bij veronderstelling enkel nog uit warmtepompen bestaan, waarvan we het aandeel in 2025 forfaitair op 10 % zetten¹⁴¹. De seizoensprestatiefactor (SPF) van warmtepompen zetten we forfaitair gelijk aan 300.

14.3.2.2. Bereiding van warm water

We veronderstellen vooreerst dat in 2025 alle (100 %) huishoudens over warm water zullen beschikken. Alle (100%) huishoudens zullen minstens over een bad of douche beschikken.

Het gebruik van spaardouchekoppen en debietbegrenzers is in 2025 algemeen (100 %). Deze maatregelen in het BAU-PLUS scenario leiden tot een reductiefactor op de netto energiebehoefte voor de bereiding van warm water van 88 %, of een energiebesparing van 12 % t.o.v. het BAU scenario. Waar we in BAU-PLUS geen rekening mee houden zijn gedragsaanpassingen zoals minder baden of douchen per persoon per week, of minder lang onder de douche staan.

¹⁴¹ Zoals eerder vermeld zijn om conceptuele redenen de aandelen van energiedragers in LEAP aandelen in de *netto energiebehoefte (NEB) voor ruimteverwarming*, en niet in het finaal energiegebruik.

We veronderstellen verder dat 50 % van de huishoudens tegen 2025 gebruik zullen maken van een zonneboiler voor de productie van warm water. Het gebruik van een zonneboiler zou – bij veronderstelling – de netto energiebehoefte voor de productie van warm water met de helft verminderen¹⁴².

De rendementen van de warmwater opwekkers zijn in BAU-PLUS bij veronderstelling dezelfde als in het BAU scenario (in casu de waarden bij ontstentenis in de EPB-rekenmethode). Deze veronderstelling kan strict genomen niet juist zijn, omdat de gezinnen een deel van het warm water zullen bereiden m.b.v. combi-eenheden, en zoals eerder vermeld zal het gemiddeld rendement van de gas- en olieketels toenemen. We hebben dit effect (nog) niet in rekening gebracht, omdat we hier beperkt worden door de mogelijkheden van de huidige EPB-rekenprocedures. Er is wel een kleine verbetering van het gemiddelde rendement, omdat we veronderstellen dat het aandeel van geisers toeneemt van 10 % naar 50 % tegen 2025. Zo stijgt het gemiddeld rendement van de warmwater opwekkers op gas of olie van 45,5 % naar 47,5 % tegen 2025; en van een warmtepompboiler van 140,5 naar 142,5.

Tabel 113: Aandelen van energiedragers bij de bereiding van warm water tegen 2025 in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2025)

	Aandeel gas (apart + combi) [%]	aandeel olie (combi) [%]	Aandeel warmtepompboilers [%]
2GP1	94,3%	2,2%	3,5%
2GP2	91,9%	3,6%	4,5%
2GP3	94,7%	2,3%	3,0%
2GP4	97,4%	0,8%	1,8%
3GP1	89,7%	4,3%	6,0%
3GP2	88,1%	5,6%	6,3%
3GP3	91,6%	3,9%	4,5%
3GP4	95,5%	1,9%	2,6%
4GP1	86,1%	6,2%	7,7%
4GP2	84,9%	7,5%	7,5%
4GP3	87,0%	6,2%	6,8%
4GP4	90,6%	4,6%	4,9%
FLP1	94,6%	2,2%	3,2%
FLP2	92,6%	3,6%	3,8%
FLP3	94,8%	2,1%	3,1%
FLP4	97,1%	0,5%	2,4%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bij het bepalen van de aandelen van de energiedragers bij de productie van warm water tegen 2025 houden we rekening met de aandelen van combi-eenheden voor de centraal met gas of olie verwarmde woningen. In BAU-PLUS is het aandeel van combi-eenheden 65 % voor centraal met aardgas verwarmde woningen, en 35 % voor centraal met olie verwarmde woningen. Het gebruik van LPG voor de bereiding van warm water zetten we tegen 2025 op nul. Warm water boilers met elektrische weerstand zullen bij veronderstelling zijn verdwenen tegen 2025. We houden wel rekening met een beperkt gebruik van warmtepompboilers.

Aardgas zal – bij veronderstelling in het BAU-PLUS scenario – in 2025 de dominante energiedrager zijn.

14.3.2.3. Hulpenergie

We veronderstellen dat tegen 2025 alle gas- en olieketels zullen zijn uitgerust met elektronica en ventilatoren. Het gebruik van pompregeling is – indien relevant – algemeen (100 %). Het

¹⁴² Dit is strict genomen niet juist. In de EPB-rekenprocedure is de nuttige energiebijdrage van een thermisch zonne-energiesysteem opgenomen als een factor die de *bruto* energiebehoefte voor de bereiding van warm water reduceert. In LEAP kunnen we niet werken met bruto energiebehoeften, enkel met netto en finaal energiegebruik. Zolang we het systeemrendement constant veronderstellen maken we geen fout.

gebruik van luchtverwarming is – bij veronderstelling in BAU-PLUS – verdwenen tegen 2025. Alle warmwateropwekkers zijn – indien relevant – tegen 2025 voorzien van elektronische ontsteking (geen waakvlammen).

Tabel 114: Reductiefactor op het hulpenergiegebruik tegen 2025 in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2025)

	Reductiefactor [%]
2GP1	47%
2GP2	38%
2GP3	36%
2GP4	41%
3GP1	53%
3GP2	44%
3GP3	41%
3GP4	44%
4GP1	54%
4GP2	44%
4GP3	44%
4GP4	46%
FLP1	35%
FLP2	30%
FLP3	29%
FLP4	36%

2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Het gevolg is dat het *fossiel* hulpenergiegebruik tegen 2025 verdwijnt (geen waakvlammen meer). Het hulpelektriciteitsgebruik kent een tegengestelde ontwikkeling: enerzijds een vermindering dank zij het universeel gebruik van pompregeling (indien relevant) en het verdwijnen van luchtverwarming (geen ventilatoren meer); anderzijds een toename door de aanwezigheid van elektronica en ventilatoren bij alle gas- en olieketels.

De reductiefactor op het hulpenergiegebruik in BAU-PLUS, met BAU als referentie, is bijna steeds kleiner dan 50 % (met uitzondering voor de 3- en 4-gevelwoningen gebouwd voor 1945). Dit betekent dat het “besparingseffect” t.o.v. BAU bijna altijd groter is dan de helft en zelfs kan oplopen tot 60 % à 70 % (dit laatste voor flats). Omdat naar schatting het totale hulpenergiegebruik in 2005 slechts 3,2 % van het totale finale energiegebruik (inclusief niet gebouwgebonden toestellen en apparaten) in de sector huishoudens bedroeg, is het totale besparingseffect uiteindelijk vrij beperkt.

14.3.2.4. Ventilatie

Zoals eerder vermeld verandert er qua luchtdichtheid en het gebruik van ventilatiesystemen in bestaande woningen in BAU-PLUS niets t.o.v. BAU. Het elektriciteitsgebruik voor de ventilatoren voor luchtverversing blijft hierdoor marginaal.

De mogelijke gevolgen op het energiegebruik van een toename in mechanische ventilatiesystemen voor luchtverversing, en de bijhorende effecten op het vlak van energiegebruik voor ruimteverwarming (dank zij een betere tochtichtheid en eventuele warmteterugwinning), bekijken we in het BAU-PLUSPLUS scenario.

14.3.2.5. Koeling

We kunnen vrij kort zijn over actieve ruimtekoeling in het BAU-PLUS scenario: actieve ruimtekoeling in bestaande woningen zal tegen 2025 volledig zijn verdwenen.

14.3.3. Woninggebonden energiefuncties in nieuwbouwwoningen

In het BAU-PLUS scenario moeten nieuwbouw woningen aan een strengere EPB-regelgeving voldoen.

De K-waarde mag maximaal 35 bedragen, en het E-peil moet kleiner zijn dan E60.

14.3.3.1. Ruimteverwarming

In het BAU-PLUS scenario zorgen we ervoor dat de woningen gebouwd na 2005 aan de verstrengde EPB-regelgeving voldoen. De nieuwbouwwoningen in het BAU-PLUS scenario zijn zeker geen passiefhuizen. In feite zijn het zelfs nog geen "lage energie woningen"! Dit is een bewuste keuze. In het BAU-PLUS scenario bekijken we voor de gebouwschil enkel opties die niet uitsluitend technisch maar zeker ook economisch haalbaar zijn. In afwachting van de resultaten van het onderzoek van de KU-Leuven in opdracht van de VEA naar het technisch-economisch optimum wat betreft energieprestaties van nieuwbouw woningen nemen we een voorzichtige houding aan. In feite is ons BAU-PLUS scenario een *ex-post* "What if?" analyse: wat als de overheid van meet af aan strengere (maar weinig te contesteren) voorwaarden had opgelegd wat betreft de isolatie van de gebouwschil?

Zoals in het BAU scenario proberen we voor de nieuwbouw woningen de officiële EPB-rekenmethode zo volledig mogelijk te volgen.

Tabel 115: gemiddelde R- en U-waarden van nieuwbouwwoningen in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

	R-vloer	U-dak	U-gevel	U-venster (*)	U-deur
2GP5	2,192	0,190	0,280	1,400	0,790
3GP5	2,192	0,190	0,280	1,400	0,790
4GP5	2,192	0,190	0,280	1,400	0,790
FLP5	3,236	0,190	0,280	1,400	0,790

(*) warmtedoorgangcoëfficiënt van "vensters", bestaande uit beglazing, afstandhouders, profielen, eventuele ventilatieroosters en vulpanelen..

2G = 2-gevel; 3G = 3-gevel; 4G = 4-gevel; FL = flat. P5 = vanaf 2006.

De U-waarden voor daken en vensters liggen beneden de U_{max} -waarden vereist voor een lage energiewoning, met name $U_{max} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ voor daken en $U_{max} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ voor vensters. De R-waarden voor de vloeren zouden eveneens in orde moeten zijn. Voor gevels zijn we voorzichtiger. De veronderstelde U-waarde voor gevels ligt iets hoger dan de voor lage energie woningen vereiste maximale U-waarde, met name $U_{max} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Conform onze aangepaste EPB-rekenmethode moeten we waarden invoeren voor een aantal parameters i.v.m. ramen ("vensters") zoals g-waarde, framefactor, en reductie- en gebruiksfactoren i.v.m. zonnewering.

Tabel 116: g-waarde, framefactor en reductie- en gebruiksfactoren van zonnewering voor nieuwbouw woningen in het BAU-PLUS scenario

	g-waarde	framefactor	F_c	ac verwarming	Ac oververhitting	ac koeling
2GP5	0,600	0,300	0,500	-	0,600	0,500
3GP5	0,600	0,300	0,500	-	0,600	0,500
4GP5	0,600	0,300	0,500	-	0,600	0,500
FLP5	0,600	0,300	0,500	-	0,600	0,500

2G = 2-gevel; 3G = 3-gevel; 4G = 4-gevel; FL = flat. P5 = vanaf 2006.

Qua luchtdichtheid en ventilatie (voor luchtverversing) veronderstellen we in het BAU-PLUS scenario dat het ventilatievoud voor alle nieuwbouwwoningen gelijk is aan 1. In het BAU scenario nemen we bovendien aan dat de huishoudens voor nieuwbouw enkel mechanische ventilatie van het type D met gelijkstroomventilatoren gebruiken (mechanische toevoer, mechanische afvoer), in combinatie met warmteterugwinning. Het veronderstelde rendement van de warmteterugwinning is 75 %. Hier wijken we af van de eerder gedefinieerde filosofie omtrent het BAU-PLUS scenario. Het is niet zeker dat het gebruik van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning technisch-economisch de beste oplossing is. We

motiveren deze keuze door te willen nagaan hoe de keuze van een ge-avanceerd ventilatiesysteem het energiegebruik en het E-peil beïnvloedt.

Wat betreft de verwarmingsinstallaties gaan we uit van 100 % centrale verwarming met gas- of olietetels. Het afgifferendement bedraagt in het BAU-PLUS scenario bij veronderstelling 89 % (variabele instelwaarde van de vertrektemperatuur, decentrale regeling van de binnentemperatuur, verwarmingselementen niet voor glas), een verdeelrendement van 100 % en een opwekkingsrendement (op *bovenste* verbrandingswaarde) van 93,6 % voor gasketels en van 95,9 % voor olietetels. Dat zijn waarden voor moderne condenserende ketels. Het gebruik van condenserende ketels impliceert een combinatie met bij voorkeur – maar niet absoluut noodzakelijk – een lagetemperatuurverwarming (LTV).

In het BAU-PLUS scenario veronderstellen we (voorlopig) dat in alle nieuwe typewoningen aardgas de voorkeur krijgt als energiedrager voor ruimteverwarming.

Op basis van deze veronderstellingen kennen we voor elke typewoning de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming [in MJ per m³ beschermd volume] en het finaal energiegebruik [MJ/m³].

Tabel 117: Netto energiebehoefte (NEB) en finaal energiegebruik voor ruimteverwarming, K-waarde en E-peil voor nieuwbouwwoningen in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

	NEB ⁽¹⁾ [MJ/m ³]	finaal gas ⁽²⁾ [MJ/m ³]	finaal olie ⁽²⁾ [MJ/m ³]	K-waarde ⁽¹⁾	E-peil ^{(1) (3)}
2GP5	60 - 64	76	74	28 - 30	47 - 50
3GP5	67 - 72	87	85	30 - 33	49 - 52
4GP5	75 - 81	97	94	32 - 35	51 - 54
FLP5	54 - 60	72	70	20 - 24	47 - 52

(1) ondergrens K-waarde zonder forfaitaire koudebrugwerking, bovengrens met forfaitaire koudebrugwerking.

(2) met forfaitaire koudebrugwerking.

(3) Zonder rekening te houden met zonneboilers (zie verder).

Het is duidelijk dat dit nog geen lage energiewoningen zijn. Het finale energiegebruik voor ruimteverwarming is daarvoor nog te hoog. De netto energiebehoefte voor ruimteverwarming valt gedeeltelijk wel binnen de optimale waarden berekend in het EI²EP-project (Verbeek, 2007, p. 221), met name: tussen 15 à 90 MJ/(m³.a) voor rijwoningen; 15 à 90 MJ/(m³.a) voor hoekwoningen; en 25 à 100 MJ/(m³.a) voor villa's. Voor "architecturale open bebouwing" zijn de *optimale* waarden 35 à 55 MJ/(m³.a) en voor flats (midden) minder dan 40 MJ/(m³.a). Dit zijn waarden we in het BAU-PLUS scenario niet halen. Voor flats hebben we al vermeld dat we een minder gunstige situatie veronderstellen dat in het EI²EP-project.

De K-waarden voldoen aan de door ons in het BAU-PLUS vooropgestelde maximum waarden, maar volstaan (net) niet voor lage energiewoningen (K30 of minder). Hierbij moeten we opmerken dat we transmissieverliezen door koudebruggen overschatten omdat we (ten onrechte) gebruik maken van de (relatief hoge) forfaitaire toeslag voor koudebruggen in de EPB-rekenprocedure. De compactheid van onze nieuwbouw woningen, die dezelfde zijn als in het BAU scenario, zijn evenmin erg gunstig te noemen. De compactheid van onze rijwoning is 1,72 t.o.v. 2,04 in het EL²EP-project; van de 3-gevel woning 1,48 wat vergelijkbaar is 1,49 in het EL²EP-project, en 1,26 voor open bebouwing tegenover 1,22 voor open bebouwing en 0,85 voor architecturale open bebouwing in het EL²EP-project. Volgens Verbeek (2007, p. 179) ligt de economisch optimale K-waarde voor woningen met een compactheid van 1,5 à 2 m bij een K-waarde tussen 25 en 30; en voor woningen met een lage compactheid bij een K-waarde van K20. Dat onze nieuwbouw open bebouwing niet voldoet aan het label "lage energiewoning" zal uiteindelijk niet zoveel belang hebben, omdat we in het scenario vertrekken van (zeer) weinig nieuwbouw voor 4-gevel woningen.

Het E-peil blijft ruim beneden de vooropgestelde maximale waarde van 60, maar hier spelen nog andere elementen anders dan isolatie van de gebouwschil en compactheid een rol.

14.3.3.2. Bereiding van warm tapwater

Omdat we voor nieuwbouwwoningen vrij getrouw de EPB-rekenprocedure volgen, en omdat onze typewoningen qua volume tamelijk “ruim bemeten” zijn, is de netto energiebehoefte voor de productie van warm water in alle gevallen steeds gelijk aan het maximum (in de EPB), met name 2 523 MJ per jaar.

De veronderstelde lengte van de leidingen bedraagt steeds 5 meter (wat niet altijd realistisch is indien men een combi-eenheid gebruikt).

De wamte-opwekker is voor bad en/of douche een gasboiler of een combi-eenheid in geval van verwarming met aardgas, of een combi-eenheid in geval van verwarming met stookolie. Voorlopig gaan we in het BAU scenario voor bad en/of douche enkel uit van aardgas als energiedrager. Voor de keuken voorzien we in alle gevallen een *geiser* op aardgas.

In het BAU-PLUS scenario gaan we er van uit dat 50 % van de nieuwbouw woningen gebruik maakt van zonneboilers. Zonneboilers reduceren – bij veronderstelling - het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater met 50 %. We maken hier geen gebruik van de EPB-rekenprocedure, om redenen die we eerder hebben vermeld. Het E-peil hebben we berekend zonder rekening te houden met gebruik van zonneboilers.

14.3.3.3. Hulpenergie

In het BAU-PLUS scenario veronderstellen we dat alle verbrandingstoestellen met elektronische ontsteking zonder permanente waakvlam werken. Het fossiele energiegebruik voor waakvlammen valt volledig weg. De centrale verwarming maakt bij veronderstelling altijd gebruik van pompregeling. Anderzijds beschikken alle ketels over elektronica en ventilatoren, wat het elektriciteitsgebruik doet toenemen t.o.v. conventionele ketels.

Tabel 118: Hulpenergiegebruik in het BAU scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

	finaal [MJ/woning]	aandeel aardgas	aandeel elektriciteit
2GP5	1 346	0,0%	100,0%
3GP5	1 836	0,0%	100,0%
4GP5	2 231	0,0%	100,0%
FLP5	952	0,0%	100,0%

Het fossiel energiegebruik (aardgas) voor hulpenergie valt weg.

14.3.3.4. Ventilatie

Het BAU-PLUS scenario veronderstelt dat elke nieuwbouw woning voorzien is van gebalanceerde ventilatie, met name ventilatiesysteem D (mechanische toevoer, mechanische afvoer) met gebruik van gelijkstroomventilatoren, en met warmteterugwinning. Het rendement van de warmteterugwinning is bij veronderstelling gelijk aan 75 %.

Tabel 119: Elektriciteitsgebruik voor (hygiënische) ventilatie in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

	Venitlatiesysteem D gelijkstroom [kWh/woning per jaar]	Aandeel van systeem D in mechanische ventilatie [%]
2GP5	578,2	100
3GP5	788,4	100
4GP5	957,9	100
FLP5	408,8	100

Het elektriciteitsgebruik voor ventilatoren ligt bij gebalanceerde ventilatie evident hoger dan bij natuurlijke ventilatie, maar ligt tevens een stuk hoger dan bij ventilatiesysteem C (of B).

14.3.3.5. Ruimtekoeling

In nieuwbouwwoningen is in het BAU-PLUS scenario geen plaats voor actieve koeling. In LEAP vertaalt zich dat als een penetratiegraad van nul voor (actieve) koeling.

14.3.4. Toestellen en apparaten

We kunnen in LEAP het energiegebruik voor niet-gebouwgebonden toestellen of apparaten in essentie op 3 manieren beïnvloeden:

- Toe- of afname van de penetratie van de apparaten;
- Een groter aandeel van meer energiezuinige toestellen of apparaten, indien relevant;
- Een verbetering van het specifiek energiegebruik (efficiënte) van een toestel of apparaat. Het verondersteld specifiek energiegebruik van een energiezuinig toestel anno 2005 is immers een gemiddelde, die bovendien de stand van de techniek in dat jaar reflecteert. Energiezuinige toestellen anno 2005 kunnen tegen 2025 nog veel energiezuiniger zijn.

Wat betreft de evolutie van de penetratiegraden wijzigt er in het BAU-PLUS scenario niets t.o.v. het BAU scenario.

Indien we voor een toestel of apparaat een energiezuinige variant hebben opgenomen, dan veronderstellen we in het BAU-PLUS scenario dat het aandeel van deze energievriendelijke variant tegen 2025 100 % zal bedragen. We houden tevens rekening met aandelen van energiezuinige varianten die anno 2005 nog niet op de markt waren.

In het BAU-PLUS scenario houden we met de derde optie (het nog energiezuiniger worden van energiezuinige toestellen) als volgt rekening.

14.3.4.1. Verlichting

We veronderstellen voor verlichting geen verandering t.o.v. het BAU scenario.

14.3.4.2. Koelen

Zowel voor diepvriezer, koelkast en tweedeurs (of het restant daarvan) gaan we ervan uit dat tegen 2025 de meest energiezuinige variant de "standaard" zal zijn.

Het gemiddeld jaarlijks energiegebruik per toestel voor de meest energiezuinige diepvrieskasten daalt van 182,5 kWh in 2005 naar 164,25 kWh in 2025; en voor energiezuinige koelkasten van 140,7 naar 137,35 kWh.

Dit verminderd energiegebruik is in het BAU-PLUS scenario enkel een gevolg van technische verbeteringen, niet van energiezuiniger gedrag (zoals de koelkast minder lang laten openstaan).

14.3.4.3. Reiniging ("natte" toestellen)

Zowel voor vaatwasser als voor wasmachine gaan we ervan uit dat tegen 2025 de meest energiezuinige variant de "standaard" zal zijn. Voor droogkasten veronderstellen we dat tegen 2025 50 % van de drogers zal bestaan uit energiezuinige condensdrogers, en 50 % uit energiezuinige drogers met luchtafvoer.

Voor vaatwassers daalt het gemiddeld jaarlijks energiegebruik per toestel voor de meest energiezuinige vaatwassers van 229,9 kWh in 2005 naar 193,6 kWh. Deze energiebesparing is bij veronderstelling het gevolg van zowel technische verbeteringen als van het feit dat de huishoudens in 2025 gemiddeld kleiner zullen zijn (zodat kleinere vaatwassers volstaan).

Voor wasmachines veronderstellen we dat tegen 2025 niemand nog op 90° wast. Dit is duidelijk een gedragsmatige besparing.

14.3.4.4. Media

Voor grote schermen veronderstellen we dat het gemiddeld jaarlijks energieverbruik daalt van 206,14 kWh naar 119 kWh. Dit komt erop neer dat men enkel nog LCD TV's met grote schermen gebruikt, en geen plasma TV's meer.

14.3.4.5. Koken

We veronderstellen voor koken geen verandering t.o.v. het BAU scenario.

14.3.4.6. Overige

In plaats van dat het elektriciteitsgebruik met 0,5 % per jaar groeit zoals in het BAU scenario, blijft "overig elektriciteitsgebruik" in het BAU-PLUS scenario constant op het niveau van 2005.

14.3.5. Resultaten van het BAU-PLUS scenario

14.3.5.1. Resultaten woninggebonden energieverbruik per typewoning

We onderscheiden gebouwgebonden energieverbruik en energieverbruik van toestellen of apparaten.

Tabel 120: Evolutie van het gebouwgebonden energieverbruik [PJ] in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2005-2025)

	2005 [PJ]	2010 [PJ]	2015 [PJ]	2020 [PJ]	2025 [PJ]
HH2G	41,6	40,4	36,2	32,0	29,9
HH3G	47,0	44,1	38,4	33,6	30,9
HH4G	96,2	88,9	76,7	67,0	61,3
HHFL	30,1	29,2	26,1	23,7	22,4
Totaal	215,0	202,6	177,4	156,3	144,5

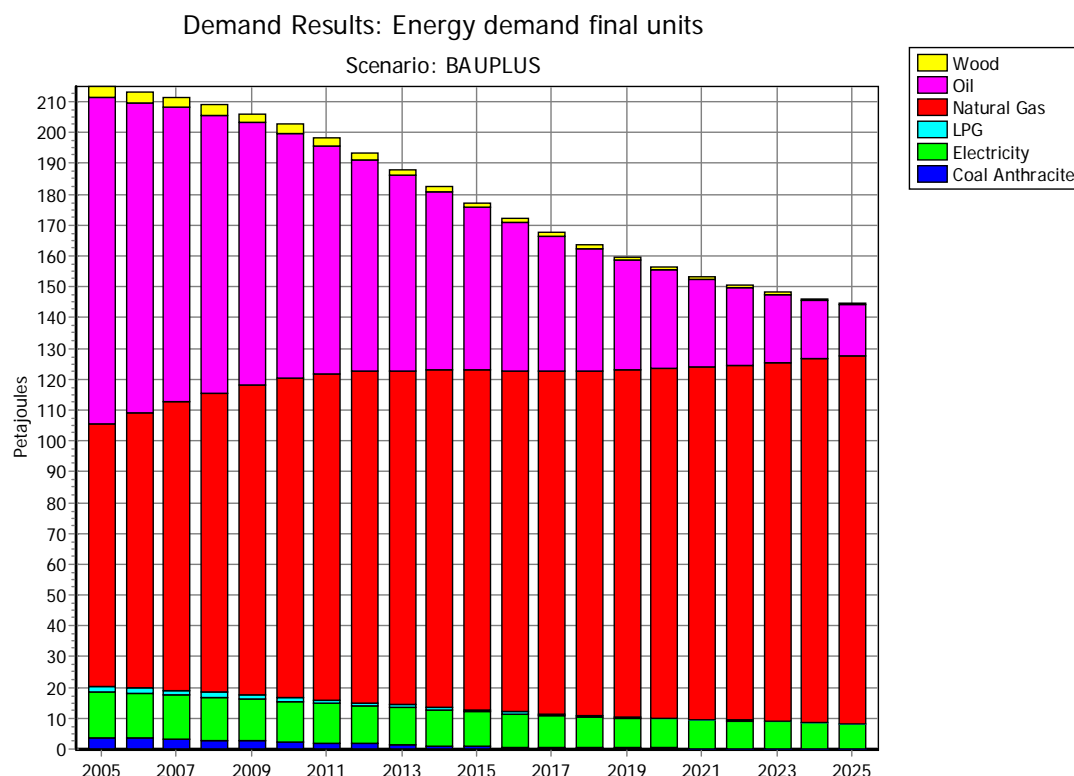
2G = 2 gevelwoning; 3G = 3 gevelwoning; 4G = 4 gevelwoning; FI = Flat

Het gebouwgebonden energieverbruik daalt in het BAU-PLUS scenario van 215,0 PJ in 2005 naar 144,5 PJ, of een daling met -32,8 %. De grootste daling van het energieverbruik is uiteraard het gevolg van de renovatie van bestaande gebouwen. De strengere EPB-regelgeving heeft vooral effect op rijwoningen en flats, omdat – in onze veronderstellingen – nieuwbouw vooral voor deze woningtypes relevant is.

Opvallend is dat in het BAU-PLUS scenario de aandelen van de verschillende typewoningen in LEAP in 2025 maar weinig veranderen t.o.v. 2005. Het aandeel van rijwoningen in het energieverbruik stijgt van 19,4 % in 2005 naar 20,7 % in 2025; en van flats van 14,0 % naar 15,5 %. De stijging van het energieverbruik die men voor rijwoningen en flats kon verwachten door hun toename in aantal, wordt voor een deel gecompenseerd juist doordat nieuwbouw aan de (strengere) EPB-normen moet voldoen. Voor 3-gevelwoningen daalt het aandeel van 21,9 % naar 21,4 %; en voor 4-gevelwoningen van 44,8 % naar 42,4 %.

Hens, Verbeeck en Verdonck (2001) berekenden voor heel België een reductie van -32,8 % van het energieverbruik in 2015 t.o.v. 2000, onder de volgende voorwaarden: een zwakke toename van het aantal huishoudens (jaarlijkse groei van 0,46 % t.o.v. 1990); een vraaggestuurde renovatie en heropbouw van de bestaande woningstock en geen uitbreiding meer van de woningstock na 2010; en een energieverbruik van 180 MJ/(m².a) voor ruimteverwarming in nieuwe woningen in samenhang met strengere U-waarden voor daken [0,2 W/(m².K)], gevels [0,5 W/(m².K)] en beglazing [1,3 W/(m².K)] bij renovatie na 2001. Dat de reductiepercentages exact overeenstemmen is toeval. Er zijn vele verschillen met onze aanpak, zowel qua methodologie als qua hypothesen.

Figuur 52: Evolutie van de aandelen van de energiedragers in het gebouwgebonden energiegebruik in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

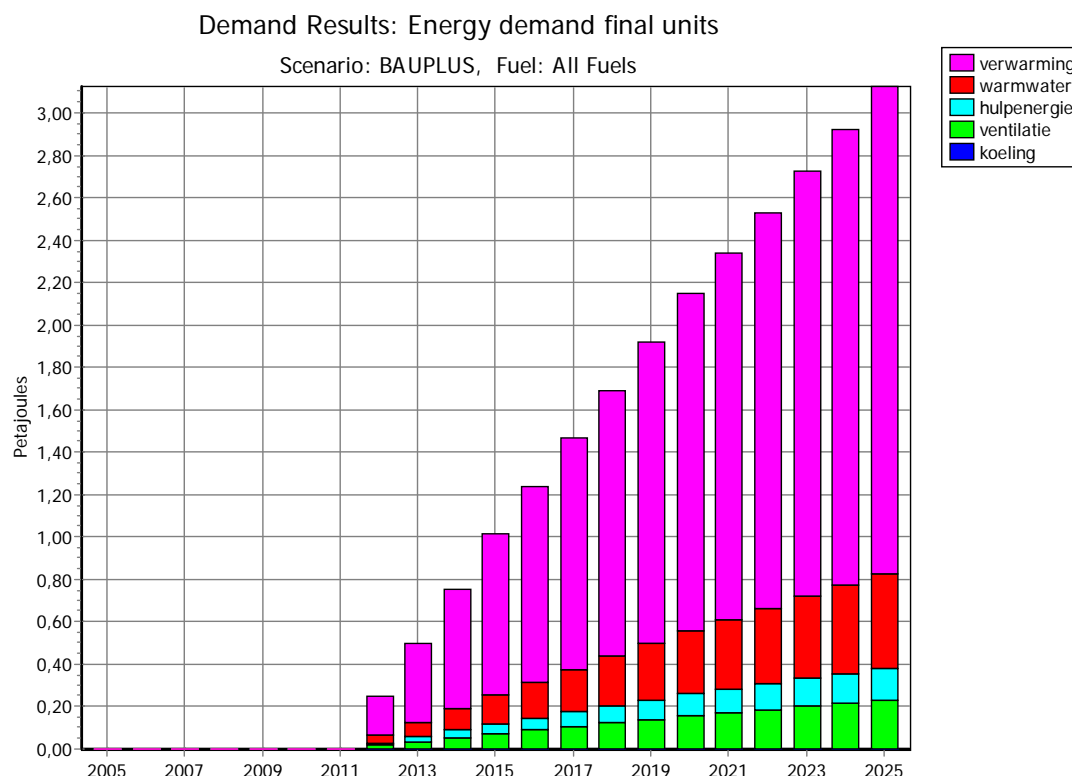


Bron: rechte reeks output van LEAP

In het BAU-PLUS scenario neemt het aandeel van aardgas in het woninggebonden energiegebruik – bij voorafgaande veronderstelling – zienderogen toe (tot 82,7 % in 2025), ten koste van huisbrandolie (11,3 % in 2025). Het streefdoel in Vlaanderen is een aansluitbaarheidsgraad op het aardgasdistributienet van 99 %. Het gebruik van LPG zal – behoudens enkele uitzonderingen – overbodig worden. Steenkool verdwijnt helemaal als energiedrager voor ruimteverwarming. We hebben hout niet weerhouden als energiedrager in het BAU-PLUS scenario. Een variant van het BAU-PLUS scenario kan erin bestaan een relatief groot aandeel toe te kennen aan (rendabele) houtpelletketels of –kachels. Het is niet moeilijk om in LEAP een dergelijke variant (en enkele honderden andere) te implementeren.

Zelfs zonder (hoofd- of bij)verwarming op elektriciteit zal er nog altijd elektriciteit nodig zijn voor bepaalde gebouwgebonden energiefuncties, zoals de circulatiepompen voor de centrale verwarming en zeker de ventilatoren voor luchtverversing m.b.v. mechanische ventilatie. Bovendien vervangen we klassieke elektrische verwarming voor een deel door warmtepompen; en elektrische boilers voor de productie van warm tapwater door warmtepompoilers. Het aandeel van gebouwgebonden elektriciteitsgebruik (verwarming, ventilatie, koeling) daalt van 6,9 % in 2005 naar 5,7 % in 2025.

Figuur 53: Evolutie van het energiegebruik van nieuwbouw rijwoningen na 2012 per energiefunctie in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechte reeks output van LEAP

Ter illustratie tonen we de evolutie van het gebouwgebonden energiegebruik van *nieuwbouw* rijwoningen na 2012 *per energiefunctie* in het BAU-PLUS scenario.

In tegenstelling tot oudere rijwoningen waar de ventilatie op natuurlijke wijze gebeurt of gewoon het gevolg is van ex/infiltratie, neemt het elektriciteitsgebruik voor gebalanceerde ventilatie in 2025 ongeveer 7,4 % van het totale energiegebruik van de woning voor zijn rekening. Dit lijkt niet zo veel, maar vermits het elektriciteitsgebruik betreft moeten we met een factor 2,5 vermenigvuldigen om het energiegebruik in *primaire* termen te verkrijgen.

Het hulpenergiegebruik behoudt – ondanks het wegvallen van de waakvlammen en het universeel gebruik van pompregeling – een klein maar significant aandeel (4,8 % in 2025), al was het maar omdat moderne condenserende ketels gebruik maken van elektronica en ventilatoren.

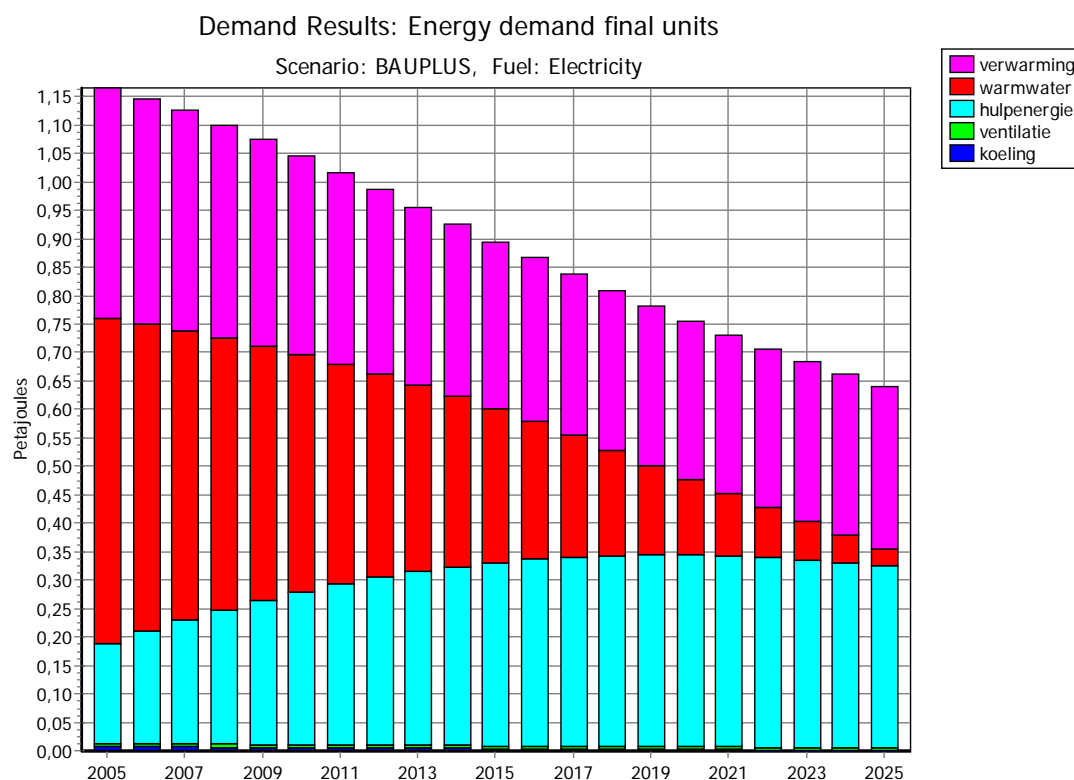
Wij menen overigens dat door het volgen van de EPB-rekenprocedure we het aandeel van de bereiding van warm tapwater onderschatten (13,5 % in 2012 naar 14,2 % in 2025), en dat van ruimteverwarming overschatten. Het is wel zo dat in onze veronderstellingen het isolatiepeil en bijgevolg het energiegebruik voor ruimteverwarming meer dan waarschijnlijk niet helemaal optimaal zijn. Het gebruik van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is evident enkel zinvol mits zeer goede thermische isolatie en luchtdichtheid van het gebouw.

Het elektriciteitsgebruik omvat overigens ook een (klein) deel gebruik voor ruimteverwarming m.b.v. warmtepompen (goed voor 2,9 % van het totale energiegebruik voor ruimteverwarming in nieuwbouw rijwoningen in 2025).

Met LEAP kunnen we zonder veel moeite gelijkaardige analyses maken voor de andere typewoningen (3- en 4-gevelwoningen en flats).

We kunnen desnoeds het gebruik van afzonderlijke energiedragers¹⁴³ bestuderen. Als voorbeeld nemen we het gebouwgebonden elektriciteitsgebruik van bestaande rijwoningen van voor 1945.

Figuur 54: Evolutie van het gebouwgebonden elektriciteitsgebruik van rijwoningen van voor 1945 per energiefunctie in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechteoutput van LEAP

Alhoewel we veronderstellen dat traditionele elektrische verwarming tegen 2025 moet verdwenen zijn, blijft het aandeel van elektriciteit in ruimteverwarming vrij groot door het gebruik van warmtepompen. Bij veronderstelling zal men elektriciteit niet meer mogen gebruiken voor de productie van warm tapwater, tenzij middels warmtepompboilers (waarvoor we het aandeel in 2025 voor rijwoningen vrij klein hebben verondersteld). Alhoewel het gebruik van elektriciteit voor hulpfuncties aanvankelijk stijgt, stabiliseert (of daalt) dit gebruik toch, dank zij de introductie van meer performante verwarmingssystemen (vooral circulatiepompen met pompregeling). Mechanische ventilatie is – althans in het BAU-PLUS scenario – niet aan de orde voor *oude* rijwoningen.

De globale oefening toont alleszins aan dat men – zelfs in omstandigheden die wellicht boven het technisch-economisch optimum liggen – het woninggebonden energiegebruik in Vlaanderen in 2025 zeker met een derde kan verminderen.

14.3.5.2. Resultaten voor toestellen en apparaten

We bekijken het energiegebruik voor niet-gebouwgebonden toestellen en apparaten afzonderlijk.

¹⁴³ LEAP catalogeert elektriciteit wel automatisch onder het misleidende “fuels”.

Tabel 121: Evolutie van het energiegebruik voor verlichting en huishoudelijke toestellen en apparaten [PJ] in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2005-2025)

	2005 [PJ]	2010 [PJ]	2015 [PJ]	2020 [PJ]	2025 [PJ]
Verlichting	4,6	4,3	3,6	2,7	1,8
Koelen	5,2	3,9	2,9	2,8	2,8
Reiniging	6,1	5,7	5,4	5,7	5,9
Media	4,2	4,6	2,8	2,7	2,3
Koken	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1
Overige	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0
Totaal	26,1	24,5	20,7	20,0	18,9

Het niet-gebouwbonden energiegebruik daalt met -27,6 % in 2025 t.o.v. 2005.

De daling van het energiegebruik voor verlichting is reeds aan bod gekomen in het BAU scenario. De vervanging van gloei- en halogeenlampen door spaarlampen beschouwen we eerder als een *structureel* effect. Verlichting heeft in 2025 nog maar een aandeel van 9,7 % in het niet-gebouwbonden energiegebruik.

De sterke daling van het energiegebruik voor het koelen van voedsel (-45,0 %) is grotendeels het gevolg van de massale aanwezigheid van meer energiezuinige koelkasten en diepvriezers in 2025. De omschakeling naar energiezuinige apparaten compenseert de toenemende penetratie van koelkasten en diepvriezers. Het aandeel van koelen van voedsel daalt van 19,8 % in 2005 tot 15,0 % in 2025.

Voor de “natte toestellen” is er eveneens een omschakeling naar meer energiezuinige apparaten, maar de energiebesparing die hier het gevolg van is wordt voor een groot gedeelte geneutraliseerd door de sterk toegenomen penetratie van vaatwassers en wasdrogers. Hierdoor daalt het “hygiënisch” energiegebruik met slechts -3,3 % in 2025 t.o.v. 2005. Het aandeel van “natte toestellen” stijgt van 23,4 % in 2005 naar 31,1 % in 2025.

De daling van het energiegebruik in de categorie van de multimedia toestellen bedraagt -44,9 %. Maar eerst is er een forse stijging (+10,5 % in 2010) De grote schuldige is de omschakeling naar TVs met grote schermen en het toenemend gebruik van PCs of aanverwante apparatuur. Hierbij dient vermeld dat we het gemiddeld energiegebruik per multimediatoestel in het BAU scenario constant hebben gehouden. De omschakeling komt er door het massaal vermijden van het stand-by gebruik, bijvoorbeeld door middel van zogenaamde “stand-by killers”. Op deze wijze nemen multimediatoestellen in 2025 nog maar een aandeel van 12,1 % van het niet-gebouwbonden energiegebruik voor hun rekening.

Het energiegebruik voor koken kent een lichte daling (-2,2 % in 2025 t.o.v. 2005). Dit is niet zozeer het gevolg van een afgenomen penetratie van kooktoestellen, dan wel van het verdwijnen van keramisch koken ten gunste van inductiekoken en het toenemend gebruik van energiezuinigere microgolfovens. Er is tevens een “gunstig” effect t.g.v. een lichte vermindering van het koken met aardgas, maar dat is zeer misleidend, omdat we hier uitsluitend “finaal” en niet “primair” energiegebruik bekijken. Het aandeel van koken stijgt tot 21,5 % in 2025.

De al dan niet sterke daling van de hierboven besproken categorieën zorgt voor een stijging van het aandeel van “overige toestellen” tot 10,6 % in 2025. Deze categorie is een grote onbekende, en het is zeer moeilijk te voorspellen hoe ze zal evolueren.

14.3.5.3. Resultaten broeikasgasemissies per energiedrager

We bekijken de evolutie van de broeikasgasemissies in het BAU-PLUS scenario, eerst per typewoning en dan per energiedrager.

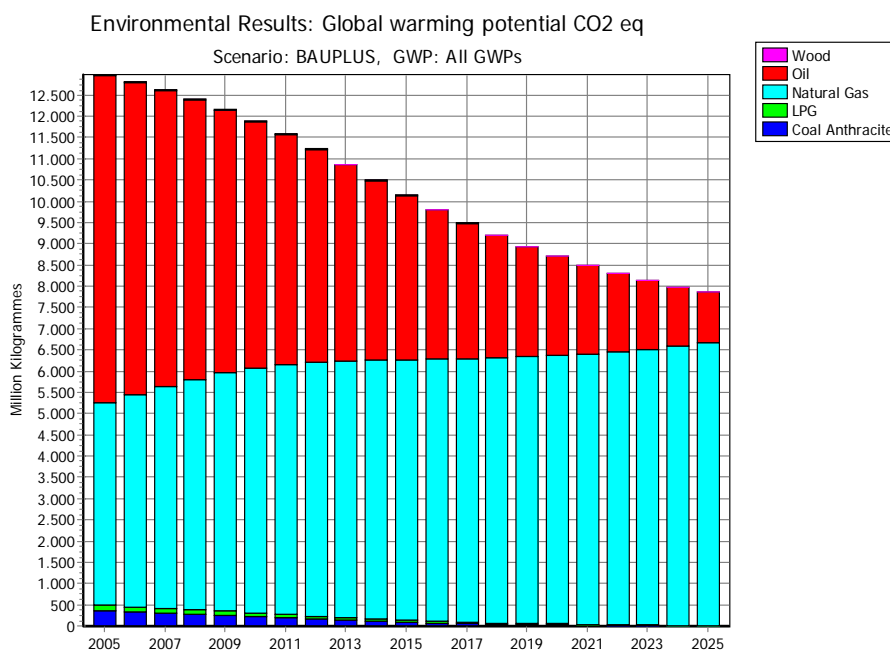
Tabel 122: Evolutie van de gebouwgebonden broeikasgasemissies per woningtype (kton CO₂-eq) in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2005-2025)

	2005 [kton CO ₂ -eq]	2010 [kton CO ₂ -eq]	2015 [kton CO ₂ -eq]	2020 [kton CO ₂ -eq]	2025 [kton CO ₂ -eq]
HH2G	2,434	2,299	2,008	1,736	1,588
HH3G	2,882	2,622	2,213	1,879	1,681
HH4G	6,016	5,399	4,522	3,83	3,399
HHFL	1,651	1,579	1,396	1,26	1,189
Totaal	12,983	11,898	10,139	8,705	7,857

2G = 2 gevelwoning; 3G = 3 gevelwoning; 4G = 4 gevelwoning; Fl = Flat

De gebouwgebonden broeikasgasemissies dalen continu, tot -39,5 % in 2025 t.o.v. 2005. Deze daling is niet enkel het gevolg van het energiezuiniger worden van de woningen, maar ook van de omschakeling van huisbrandolie naar aardgas. Het aandeel in de gebouwgebonden broeikasgasemissies neemt voor rijwoningen toe van 18,7 % in 2005 naar 20,2 % in 2025; en voor flats zelfs van 12,7 % naar 15,1 %. De grootste bron van broeikasgassen blijft de open bebouwing, met een aandeel van 43,3 % in 2025 t.o.v. 46,3 % in 2005. De aandelen van half open bebouwing zijn 22,2 % in 2005 en 21,4 % in 2025.

Figuur 55: Evolutie van de gebouwgebonden broeikasgasemissies (kton CO₂-eq) per energiedrager in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2005-2025)



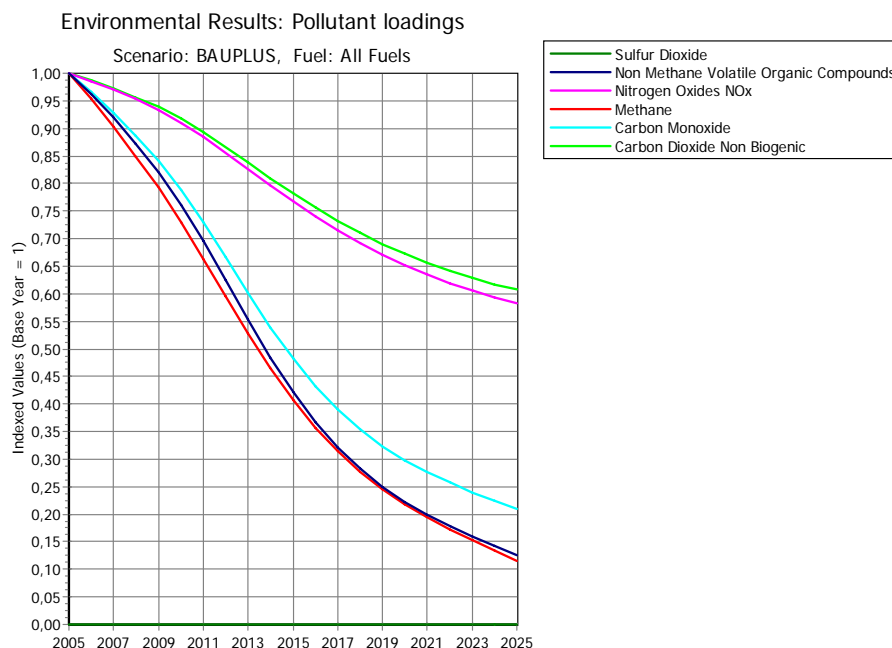
Bron: rechtstreekse output van LEAP

In 2025 zal in het BAU-PLUS scenario 84,8 % van de gebouwgebonden broeikasgasemissies afkomstig zijn van de verbranding van aardgas.

14.3.5.4. Resultaten overige gebouwgebonden emissies

LEAP berekent niet enkel de broeikasgasemissies t.g.v. de verbranding van fossiele brandstoffen, maar alle relevante emissies.

Figuur 56: Evolutie van de gebouwgebonden emissies in het BAU-PLUS scenario, Index 2005 = 1 (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

LEAP gebruikt bij ontstentenis de emissiefactoren van het IPCC, maar het is mogelijk om deze emissiefactoren te wijzigen (bijvoorbeeld om ze aan te passen aan de Vlaamse situatie).

14.3.6. Kosten in het BAU-PLUS scenario

Het is met enige terughoudendheid dat we kosten voor het BAU-PLUS scenario proberen te schatten. In hoofdstuk 7 hebben we een poging gedaan om de kosten van een aantal besparingsopties in detail te beschrijven. Wat opvalt is dat de "range" in de meeste gevallen zeer groot is. Kosten hangen immers af van een groot aantal factoren, en in dit soort oefeningen zijn de onzekerheden rond deze variabelen vaak aanzienlijk. Onze oefening is bijgevolg niet meer dan een zeer ruwe schatting, waarbij we enkel trachten een "grootte-orde" te bepalen, en waarbij we in het achterhoofd moeten houden dat de getoonde schattingen behoren tot een interval dat zeer breed kan zijn.

De kosten voor de renovatie van de (in 2005) bestaande (en overlevende) woningen bestaan uit de volgende deelrubrieken:

- Kosten voor het isoleren van daken, de makkelijk bereikbare vloeren en het vervangen van "vensters" (zowel beglazing als kozijnen of raamprofielen);
- Kosten voor het vervangen van de verwarmingsinstallaties, zowel de warmte-opwekkers (condenserende ketels, warmtepompen) als de regelsystemen (thermostatische kranen, buitenvoeler, ...);
- Kosten voor het verminderen van het gebruik van warm tapwater (spaardouchekoppen, debietbegrenzers);
- Kosten voor het gebruik van zonneboilers en warmtepompoilers.

Wat betreft hulpenergie houden we geen rekening met extra kosten, omdat deze eventueel al vervat zitten in de kosten van nieuwe warmte-opwekkers (pompregeling, elektronische ontsteking, elektronica).

We hebben aangenomen dat bij de renovatie van bestaande woningen geen mechanische ventilatie is voorzien. Het aanleggen van de nodige kanalen vergt een zeer grondige renovatie, en jaagt de kosten de hoogte in.

Ruimtekoeling is geen optie in BAU-PLUS, zodat we daar evenmin rekening mee moeten houden.

De methode die we volgen is in principe zeer eenvoudig. Per besparingsmaatregel bepalen we de eenheidskosten, en het aantal eenheden waarop de maatregel van toepassing is (bijvoorbeeld aantal m² dakoppervlak en de kosten per eenheid dakoppervlak). We doen dit voor elk jaar in de beschouwde periode 2006-2025. De totale jaarlijkse investeringskosten verdisconteren we naar het basisjaar 2005. Dat geeft dan een totale geactualiseerde investeringskost voor heel het (bestaande) woningpark over een periode van 20 jaar. Als delgingsfactor (of “discontovoet”) gebruiken we stevast 4 %.

We houden geen rekening met eventuele onderhouds- of werkingskosten. Een andere vereenvoudigende veronderstelling is dat we ervan uitgaan dat elke maatregel een levensduur heeft van 20 jaar of meer. Op die manier moeten we geen rekening houden met 2 of meer opeenvolgende investeringen tijdens de beschouwde periode.

Naast het bepalen van de “gemiddelde eenheidskosten” is het grootste probleem het bepalen van “het aantal relevante eenheden”. We houden in de mate van het mogelijke rekening met de reeds getroffen besparingsmaatregelen. Bijvoorbeeld, een gezin dat reeds een spaardouchekop gebruikt heeft geen behoefte aan een bijkomende spaardouchekop.

14.3.6.1. Kosten voor het isoleren van de gebouwschil van bestaande woningen

We bekijken voor bestaande gebouwen enkel het isoleren van de dakgedeelten die nog niet geïsoleerd zijn, de nog niet-geïsoleerde en makkelijk bereikbare vloeren (boven kelder of kruipruimte), en het vervangen van ramen (“vensters”, normaliter zowel beglazing als kozijnen of raamprofielen) en deuren.

Tabel 123: Isolatie van de gebouwschil van de bestaande woningstock: eenheidskosten en kosten per typewoning in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	vloer [euro/m ²]	dak [euro/m ²]	raam [euro/m ²]	deur [euro/m ²]	kost [euro/woning]
2GP1	35	17	320	530	7 246
2GP2	35	17	320	530	5 595
2GP3	17	17	320	530	2 619
2GP4	17	17	148	530	1 134
3GP1	35	17	320	530	8 826
3GP2	35	17	320	530	7 819
3GP3	17	17	320	530	4 222
3GP4	17	17	148	530	1 663
4GP1	35	17	320	530	11 115
4GP2	35	17	320	530	9 268
4GP3	17	17	320	530	4 130
4GP4	17	17	148	530	1 907
FLP1	35	17	320	530	4 220
FLP2	35	17	320	530	3 590
FLP3	17	17	320	530	1 861
FLP4	17	17	148	530	332

Bron: eigen schattingen (zie hoofdstuk 7).

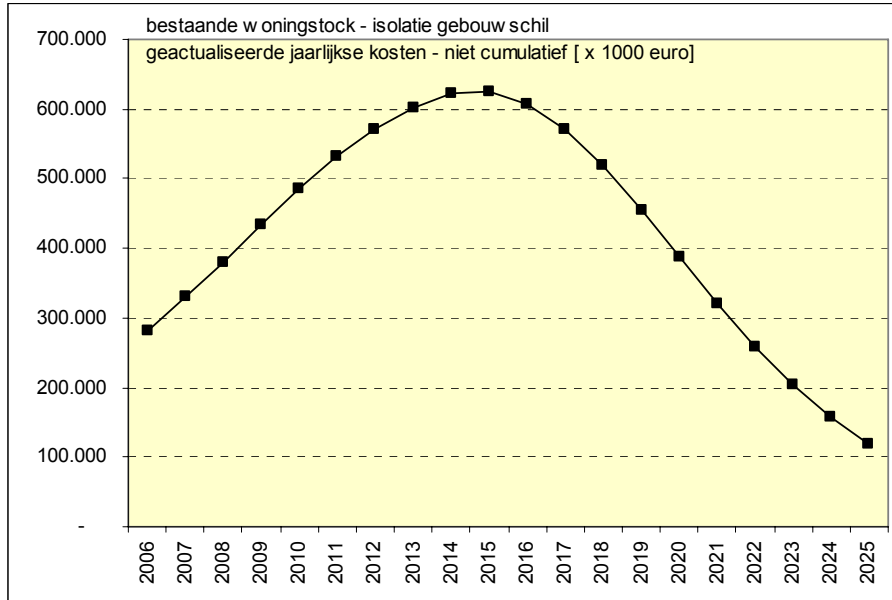
Voor woningen gebouwd tussen 1991 en 2005 nemen we aan dat de gezinnen de bestaande kozijnen zullen blijven gebruiken, zodat men enkel de beglazing zal vervangen.

Voor flats is er het probleem dat de isolatie van de gebouwschil evident geldt voor het appartementsgebouw in zijn totaliteit, niet voor de individuele flats. Omdat we aannemen dat men de kosten zal delen over alle flatbewoners, hanteren we toch een “gemiddelde kost per flat”, door de totale kost voor heel het flatgebouw te delen door het gemiddeld aantal flats per flatgebouw. Op die manier betalen de bewoners van een centrum-flat mee voor de kosten van het isoleren van vloer en dak.

We beklemtonen nogmaals dat de getoonde kosten *gewogen gemiddelde* kosten zijn, waarbij o.m. rekening is gehouden met de bestaande woningen die reeds (gedeeltelijk) geïsoleerd zijn. De getoonde kosten in euro per typewoning zijn daarom lager dan de extra kosten voor een typewoning die nog helemaal niet is geïsoleerd. Dat verklaart ook waarom de gemiddelde kosten per typewoning dalen naarmate de typewoningen jonger zijn. De kans dat een recente woning al (gedeeltelijk) is geïsoleerd is nu eenmaal veel groter.

Hoe realistisch zijn deze schattingen? Verbeeck en Hens (2005, p. 750-751) vermelden investeringskosten voor een rijwoning en een landelijke woning. De kosten zijn extra kosten voor het isoleren van de gebouwschil t.o.v. een referentiesituatie, met name geen isolatie. De isolatiemaatregelen zijn het aanbrengen van 12 cm dakisolatie; 6 tot 8 cm vloerisolatie; en het vervangen van bestaande dubbele beglazing door beglazing met een U-waarde van 1,3 W/(m².K) evenals het vervangen van de kozijnen door houten of aluminium kozijnen met een thermische onderbreking. (Verbeeck & Hens, 2005, p. 748) De optimale extra investeringskosten voor de rijwoning bedragen 5 500 euro per woning. Dit is minder dan de 7 246 euro per woning die wij voorzien voor een rijwoning gebouwd voor 1945. De extra investeringskosten voor de landelijke woning bedragen 13 000 euro per woning. Dat is iets meer dan de 11 115 euro per woning die wij vooropstellen voor open bebouwing van voor de tweede wereldoorlog. Qua grootte-orde is er bijgevolg een vrij goede overeenstemming.

Figuur 57: Geactualiseerde jaarlijkse kosten voor de isolatie van de gebouwschil van bestaande woningen in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)

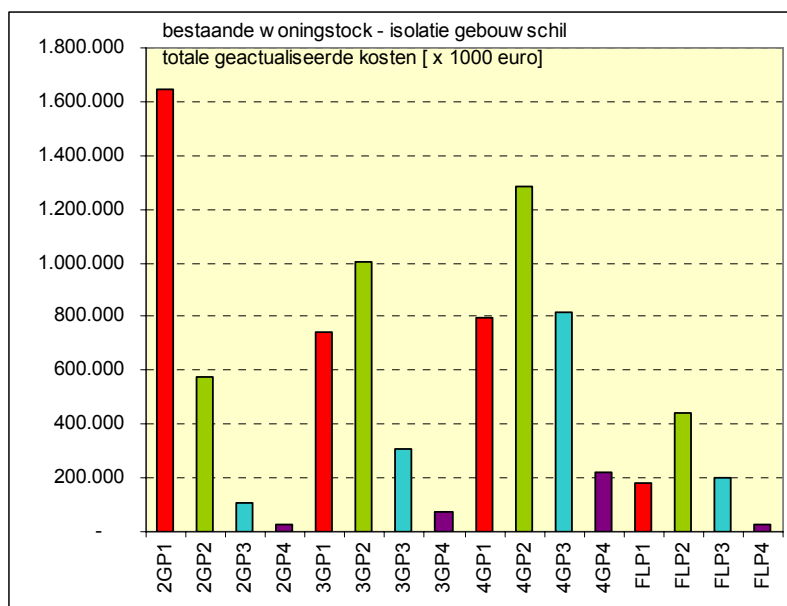


2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bron: eigen berekeningen

De totale, *geactualiseerde* kosten voor het isoleren van bestaande woningen over de periode 2006-2025, en gerekend met een delgingsfactor van 4 %, zouden ongeveer 8,5 miljard euro bedragen. De grootste inspanningen zijn gesitueerd rond 2015.

Figuur 58: *Geactualiseerde kosten voor de isolatie van de gebouwschil van bestaande woningen in het BAU-PLUS scenario, per typewoning in LEAP (Vlaanderen, 2006-2025)*



2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bron: eigen berekeningen

De grootste inspanningen zijn – niet geheel onverwacht – te leveren voor rijwoningen gebouwd voor 1945. Aanzienlijke inspanningen zijn eveneens nodig voor halfopen en open bebouwing uit de periodes voor 1945 en vooral 1946-1970. Iets verrassend zijn de grote inspanningen vereist voor open bebouwing uit de bouwjaarclassificatie 1971-1990, wat zowel te maken heeft met de slechte isolatiekwaliteit als de relatief grote aantallen van deze woningen. Voor het grootste deel van de woningen gebouwd tussen 1991 en 2005 zijn in het BAU-PLUS scenario geen extra maatregelen voorzien, alhoewel het isolatiepeil van veel van deze woningen niet altijd bevredigend is.

14.3.6.2. Kosten voor verwarmingsinstallaties in de bestaande woningstock

We voorzien in BAU-PLUS voor de bestaande woningstock de geleidelijke vervanging van oude centrale verwarmingsinstallaties (zowel op aardgas als op huisbrandolie) door hoofdzakelijk condenserende ketels op gas. Bij de omschakeling van lokale naar centrale verwarming zullen de gezinnen eveneens opteren voor condenserende gasketels. Een deel van de woningen die op huisbrandolie stoken blijven dit doen, maar dan met gebruik van condenserende olietanketels. Na 2017 zullen de gezinnen zo goed als geen olietanketels meer aankopen. We benadrukken dat condenserende ketels niet noodzakelijk de economisch meest optimale oplossing zijn. In LEAP beantwoorden we enkel "What if?" vragen. Klassieke elektrische verwarming (accumulatie, radiator of convector) verdwijnt, maar in de plaats komen (gedeeltelijk) warmtepompen. We opteren voor de duurdere optie grond/water-warmtepompen, die een betere SPF hebben dan lucht/water-warmtepompen. Ook hier geldt de opmerking dat grond/water-warmtepompen niet noodzakelijk de meest optimale keuze zijn in bedrijfseconomische termen.

Tabel 124: Condenserende gas- en olietelers, warmtepompen en zonneboilers in de bestaande woningstock: meerkosten ⁽¹⁾ per typewoning in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	Condenserende gasketel [euro]	Condenserende olietel [euro]	Warmtepomp [euro]	Zonneboiler [euro]
2GP1	942	2 391	8 074	4 856
2GP2	960	2 438	8 232	4 954
2GP3	973	2 472	8 346	4 878
2GP4	975	2 475	8 358	4 775
3GP1	1 109	2 817	9 510	5 265
3GP2	1 111	2 821	9 527	5 393
3GP3	1 096	2 783	9 397	5 277
3GP4	1 100	2 793	9 430	5 142
4GP1	1 279	3 249	10 972	5 797
4GP2	1 239	3 148	10 628	6 000
4GP3	1 224	3 107	10 493	5 871
4GP4	1 260	3 200	10 805	5 765
FLP1	873	2 216	7 484	4 251
FLP2	885	2 248	7 590	4 352
FLP3	866	2 199	7 424	4 237
FLP4	876	2 225	7 514	4 138

(1) voor condenserende gas- en olietelers en warmtepompenmeerkosten t.o.v. conventionele gas- of olietel in 2005. Voor zonneboilers de eenheidskosten per installatie.

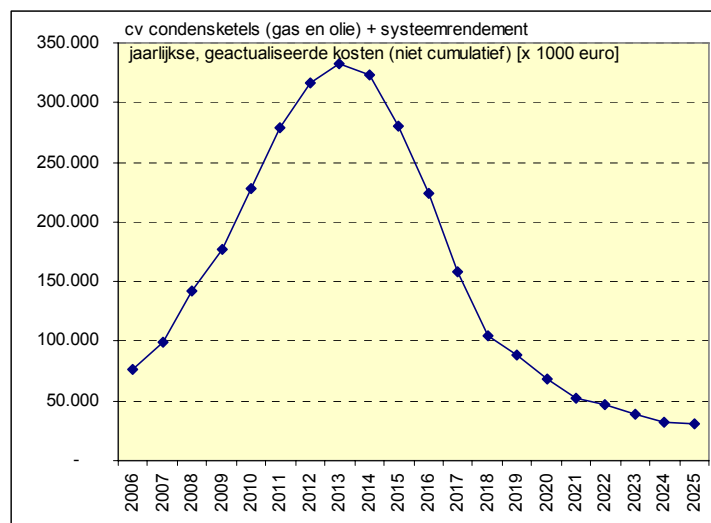
2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bron: eigen schattingen (zie hoofdstuk 7).

Normaliter zullen gezinnen in de periode 2006-2025 hun verwarmingsinstallatie hoe dan ook moeten vervangen (natuurlijk investeringsmoment). De kosten die we aanrekenen zijn daarom uitsluitend de "extra" kosten t.o.v. conventionele cv-ketels anno 2005. Voor condenserende gasketels voorzien we een meerkost die varieert van 866 euro tot 1 260 euro per installatie; en voor condenserende olietelers van 2 199 euro tot 3 200 per installatie. Dank zij de betere isolatie kan men volstaan met kleinere vermogens, waardoor het gros van de condenserende gasketels wandmodellen zullen zijn. "As the dimensions of the heating system strongly depend on the insulation level and on the type of building, a detailed dimensioning of the heating system for each building variant according to the ruling standards would be necessary". (Verbeeck & Hens, 2007, p. 157) We beschikken helaas niet over een functie die de kosten van de ketels in relatie brengt met het vereiste vermogen van de ketels (of met het isolatiepeil van de woningen). Om toch enige diversificatie te kunnen inbrengen passen we de "scale exponent method" toe (European Commission, 2006). Deze methode is vrij gebruikelijk in de procesindustrie, maar niet in woningbouw. De referentie is een recente 4-gevel woning. De "approximation factor" zetten we gelijk aan 0,40.

Condenserende ketels vereisen een aanpassing van de rest van het verwarmingsstelsel. We brengen geen extra kosten in rekening voor de vervanging van de afgifte-elementen (vloer- of wandverwarming of grotere radiatoren), omdat we er van uitgaan dat de radiatoren in bestaande woningen sowieso al overgedimensioneerd zijn. Condenserende ketels vereisen wel dat men de temperatuur van het aanvoerwater regelt afhankelijk van de buitentemperatuur. Extra kosten zijn daarom de aankoop van een buitenvoeler en van thermostatische kranen (voor zover deze nog niet aanwezig zijn). Een kamerthermostaat wordt verondersteld van al voorhanden te zijn. De kost van een buitenvoeler is 300 euro; en van een thermostatische kraan 45 euro per stuk. Voor 2- en 3-gevel woningen voorzien we 5 thermostatische kranen, voor 4-gevel woningen 6 stuks, en voor flats 4 stuks.

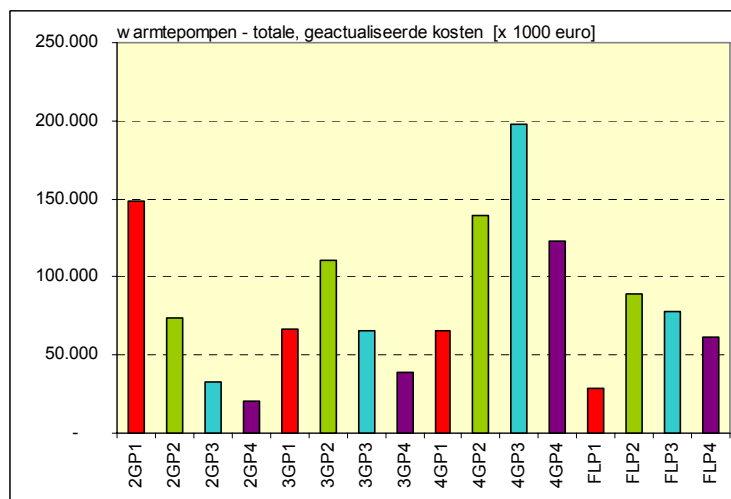
Figuur 59: *Geactualiseerde jaarlijkse meerkosten voor condenserende ketels en bijhorende regeling in bestaande woningen in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)*



Bron: eigen berekeningen.

De totale, geactualiseerde extra investeringskosten voor condenserende gas- en olietelers met bijhorende regeling (buitenvoeler, thermostatische kranen) in de bestaande woningstock in Vlaanderen bedragen ongeveer 3,1 miljard euro, gespreid over 20 jaar (2006-2025). Het basisjaar is 2005. De delgingsfactor (discontovoet) is 4 %.

Tabel 125: *Geactualiseerde totale kosten voor warmtepompen in bestaande woningen in het BAU-PLUS scenario, per typewoning in LEAP (Vlaanderen, 2006-2025)*



2G = 2gevel, 3G=3gevel, 4G=4gevel, FL=flat. P1=voor 1945; P2=1945-1970; P3=1971-1990 en P4=1991-2005.

Bron: eigen berekeningen.

In een aantal centraal verwarmde woningen opteren de bewoners voor grond/water-warmtepompen, wellicht niet zozeer om economische redenen dan wel om redenen van energie- en milieubewustzijn. Zo zou voor een open bebouwing het energiegebruik van de relatief goedkope lucht/water warmtepompen weliswaar kleiner zijn dan van condenserende ketels, maar ten koste van een netto huidige waarde¹⁴⁴ die lager is en zelfs negatief kan

¹⁴⁴ Bij een positieve netto huidige waarde (NHW) is de besparingsmaatregel "rendabel", i.e. de geactualiseerde jaarlijkse 'opbrengsten' (in de vorm van energiebesparingen t.o.v. een referentiesysteem) compenseren de vereiste extra investeringskosten.

worden (Verbeeck, 2007, p. 183). De duurdere grond/water warmtepompen zouden in de meeste gevallen zelfs niet economisch rendabel zijn. (id., p. 183-184) De extra kosten voor dit soort warmtepompen variëren in ons scenario van 7 424 euro tot 10 805 per installatie. In dat bedrag zijn grondwerken en vereiste aanpassingen van het distributie-, afgifte- en regelsysteem mee inbegrepen.

De totale, naar 2005 geactualiseerde kosten voor het installeren van warmtepompen in de bestaande woningstock is in het BAU-PLUS scenario iets minder dan 1,341 miljard euro, gespreid over 20 jaar (2006-2025). In 2025 zouden ongeveer 219 000 bestaande woningen uitgerust zijn met een warmtepomp met een SPF gelijk aan 3.

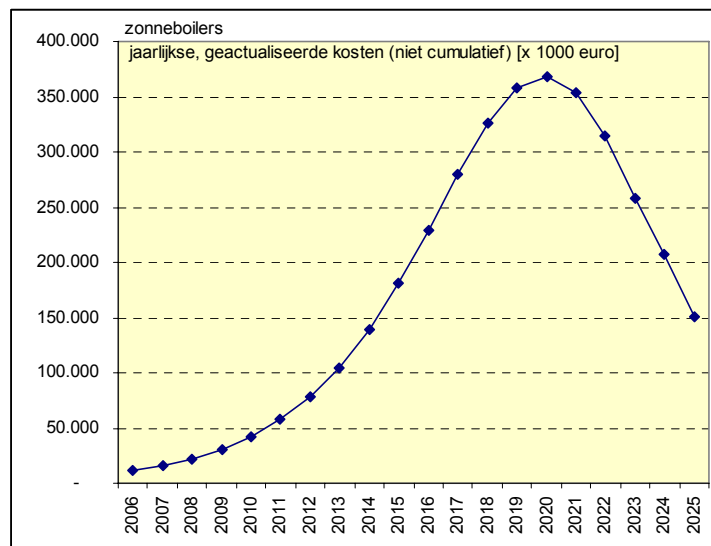
14.3.6.3. Kosten voor besparing op het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater

Een eerste besparingsmaatregel betreft het verminderen van het gebruik van warm tapwater, middels spaardouchekoppen en debietbegrenzers. Een spaardouchekop kost gemiddeld 22,5 euro per stuk: een debietbegrenzer gemiddeld 12,5 euro per stuk. Relatief veel gezinnen zijn reeds in het bezit van een spaardouchekop en/of debietbegrenzer.

De totale, geactualiseerde investeringskosten voor spaardouchekoppen en debietbegrenzers in de bestaande woningstock bedraagt iets meer dan 57 miljoen euro, gespreid over 20 jaar (2006-2025).

De grootste besparing op het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater is te realiseren door het grootschalig toepassen van zonneboilers. We veronderstelden een gemiddelde besparing van 50 % op het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater dank zij zonneboilers. Dergelijke besparing vereist per woning een bepaalde oppervlakte zonnecollectoren (met een bepaalde oriëntatie en helling), die – omwille van de lokale omstandigheden – zal verschillen naargelang de (type)woning. De vereiste collectoroppervlaktes bepalen mee de investeringskosten voor zonneboilers. Wij maken gebruik van zeer ruw geschatte investeringskosten per zonneboiler voor de diverse typewoningen in LEAP.

Tabel 126: Geactualiseerde jaarlijkse kosten voor zoneboilers in bestaande woningen in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: eigen berekeningen.

In het BAU-PLUS scenario bedragen de geactualiseerde investeringskosten voor zonneboilers in de bestaande woningstock iets minder dan 3,53 miljard euro (periode 2006 – 2025, delingsfactor 4 %).

14.3.6.4. Meerkosten voor nieuwbouwwoningen na 2012

In het BAU-PLUS scenario moeten nieuwbouwwoningen vanaf 2012 aan strengere EPB-normen voldoen.

Voor *alle* nieuwbouwwoningen vanaf 2012 impliceert dit twee soorten extra kosten t.o.v. nieuwbouwwoningen gebouwd in de periode 2006-2011:

- extra isolatie van de gebouwschil. De gemiddelde R-waarde van de vloer evolueert van $R = 1,692$ naar $R = 2,192$. De U-waarde van het dak gaat van $U = 0,33$ naar $U = 0,19$; en van de gevel van $U = 0,33$ naar $U = 0,28$. De totale U-waarde van het raam of "venster" (beglazing + kozijn of raamprofiel) verstrengt van $U = 1,8$ naar $U = 1,4$;
- balansventilatie met warmterugwinning, met een rendement van 75 %.

Hierbij dient vermeld dat – onder de voorwaarden van het BAU-PLUS scenario – men in de periode 2012 – 2025 in totaal "slechts" 135 100 woningen zal bouwen die aan de strengere EPB-normen moeten voldoen, waarvan het overgrote deel (82,5 %) rijwoningen !

Een aantal nieuwbouwwoningen zal men na 2012 – eerder om ecologische dan om economische redenen – voorzien van warmtepompen en/of zonneboilers. Het betreft in totaal 15 968 nieuwbouwwoningen (11,8 %) met warmtepomp, en 79 440 (58,8 %) nieuwbouwwoningen met zonneboiler.

Tabel 127: Nieuwbouwwoningen na 2012: eenheidskosten per typewoning in LEAP (Vlaanderen, 2005)

	extra kosten isolatie [euro/woning]	extra kosten ⁽¹⁾ systeem D met wtw 75 % [euro/woning]	extra kosten ⁽²⁾ warmtepomp [euro/woning]	Kosten ⁽³⁾ zonneboiler [euro/woning]	Extra kosten totaal ⁽⁴⁾ [euro/woning]
2GP6	2 337	3 500	8 027	4 042	17 906
3GP6	3 504	3 962	9 565	4 352	21 383
4GP6	5 096	4 283	10 805	4 880	25 064
FLP6	895	3 046	7 409	3 502	14 853

(1) extra kosten t.o.v. ventilatiesysteem C

(2) extra kosten t.o.v. condenserende aardgasboiler

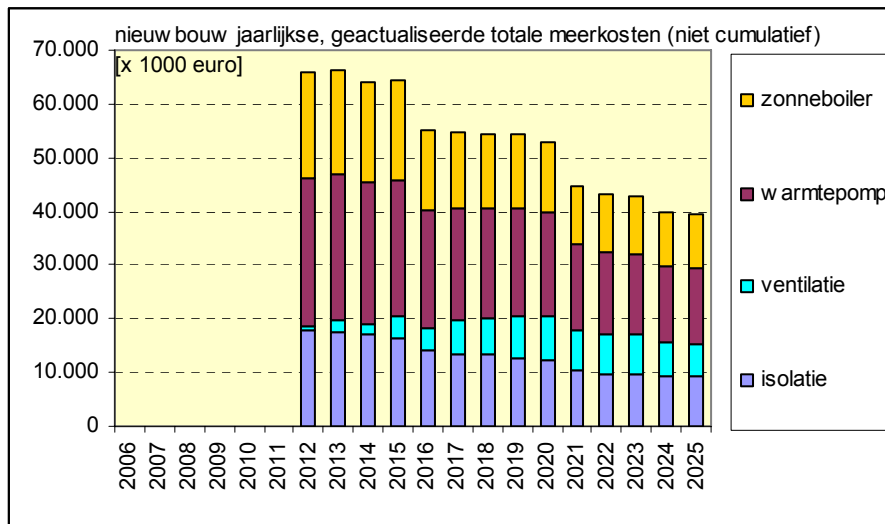
(3) we nemen iets lagere kosten voor de zonneboilers dan bij renovatie, omdat zonneboilers reeds van bij het ontwerp zijn in de woning zijn geïntegreerd

(4) slechts een beperkt aantal nieuwbouwwoningen installeren en warmtepomp en zonneboiler

Bron: eigen berekeningen (zie ook hoofdstuk 7).

We zijn voor de extra isolatie van de gebouwschil betrokken van de volgende assumpties. De eenheidskost voor de extra isolatie van de vloer bedraagt 6 euro per m² vloeroppervlak; voor het dak ongeveer 10 euro/m², en voor de gevel bij benadering 3 euro/m². De extra kosten voor de beter isolerende ramen ("vensters") zijn moeilijk in te schatten. De meerkost voor beter isolerende beglazing is wellicht te verwaarlozen. In 2004 was "superisolerend glas van $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ nog 5 euro/m² duurder dan glas van $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. We verwachten dat beglazing met een $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ tegen 2012 de standaard is (voor zover dat anno 2008 al niet het geval is), zodat een meerkost niet meer van tel is. Betrouwbare kosteninformatie over betere kozijnen is moeilijk te verkrijgen. We nemen forfaitair een meerkost van 37 euro/m².

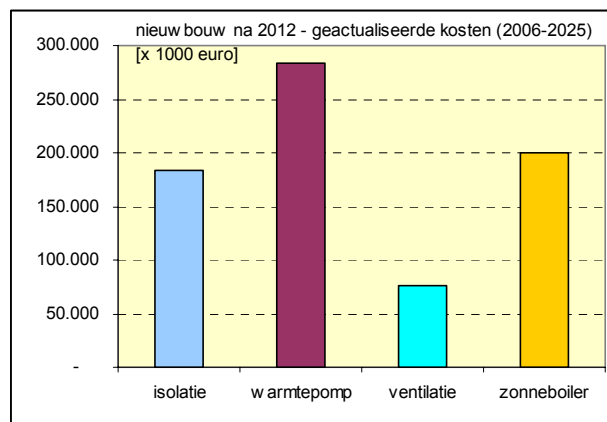
Tabel 128: Geactualiseerde jaarlijkse kosten voor nieuwbouwwoningen na 2012 in het BAU-PLUS scenario (Vlaanderen, 2006-2025)



Bron: eigen berekeningen (zie ook hoofdstuk 7).

Het “schijnbaar” gefaseerde verloop in 3 perioden (2012-2015; 2016-2020; en 2021-2025) is toeval (en zeker niet het gevolg van een gefaseerde invoering van strengere EPB-normen).

Tabel 129: Geactualiseerde totale kosten voor betere isolatie, ventilatie, warmtepompen en zonneboilers in nieuwbouwwoningen na 2012 in het BAU-PLUS scenario, per maatregel (Vlaanderen, 2006-2025)

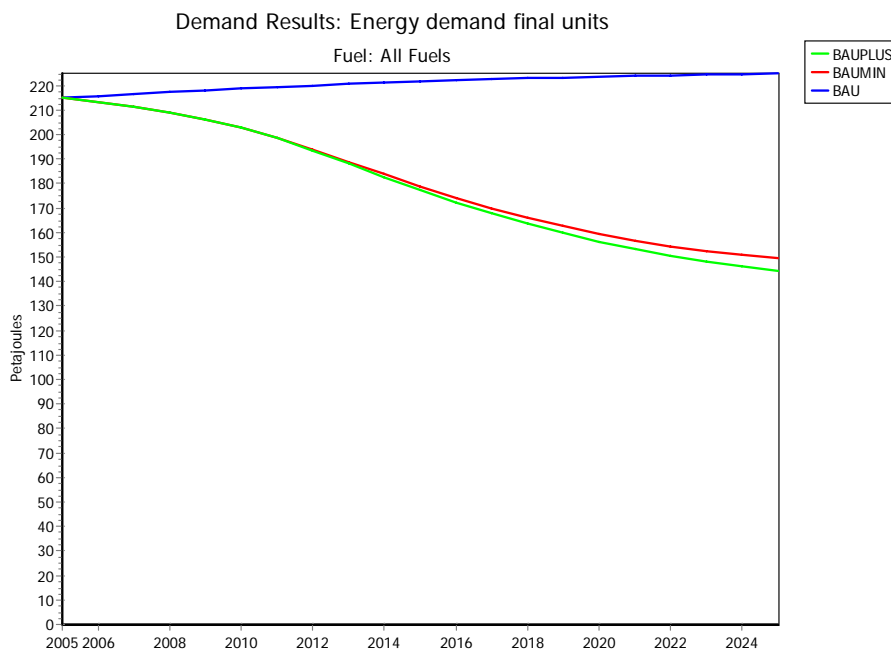


Bron: eigen berekeningen (zie ook hoofdstuk 7).

Ondanks het feit dat de gezinnen slechts in een beperkt aantal nieuwbouwwoningen na 2012 warmtepompen zullen installeren, nemen deze laatste toch het leeuwenaandeel ($\pm 38\%$) van de totale, geactualiseerde kosten voor zich. Zonneboilers zijn goed voor $\pm 27\%$ van de totale geactualiseerde kosten. Het installeren van zonneboilers is dan wel van toepassing op meer dan de helft van de nieuwbouwwoningen. In acht genomen dat betere isolatie van de gebouwschil (25 %) en betere ventilatie (10 %) in alle nieuwbouwwoningen worden toegepast, zijn deze maatregelen relatief goedkope opties. Voor de gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning moeten we dit lichtjes nuanceren. De kosten zijn extra kosten t.o.v. mechanische ventilatie (systeem C) en niet t.o.v. natuurlijke ventilatie.

Hoe groot is nu het besparingseffect ten gevolge van de verstrengde EPB-normering vanaf 2012 ?

Figuur 60: Gebouwgebonden energiegebruik met en zonder verstrengde EPB-normering vanaf 2012 (Vlaanderen, 2006-2012)



Bron: rechtstreekse output van LEAP

Het effect is bijna marginaal te noemen. Met een verstrengde EPB-normgeving vanaf 2012 daalt het gebouwgebonden energiegebruik t.o.v. 2005 met -32,8 %; zonder met -30,5 %. Dat is een verschil van 'nauwelijks' 2,3 %.

De totale (extra) kosten over de periode 2012-2025, geactualiseerd naar 2005 aan een delgingsfactor van 4 %, bedragen dan ook maar 742,54 miljoen euro, tegenover totale geactualiseerde kosten over de periode 2006-2025 van 15,145 miljard euro voor het renovatieprogramma.

Alle bovenvermelde kosten zijn zeer ruwe schattingen.

15. Conclusies

15.1. Conclusies rond methodologie

De ontwikkeling van SAVER-LEAP ging gepaard met heel wat problemen. De afspraak met de opdrachtgever (VMM-MIRA) was dat we als vertrekpunt de energiebalans Vlaanderen zoals opgesteld door de Vito (2007a) en aangepast voor MIRA zouden nemen. De “calibratie” van onze bottom-up aanpak met de energiebalans stuitte op twee grote problemen:

- Een aanvankelijke overschatting van het energieverbruik voor ruimteverwarming in SAVER;
- Aandelen van huisbrandolie en aardgas in SAVER die helemaal niet in overeenstemming te brengen waren met deze in de energiebalans Vlaanderen.

De overschatting in SAVER is toe te schrijven doordat we het “rebound effect” eerst niet goed hebben ingeschat. In slecht geïsoleerde woningen kan het theoretisch (geschat) energiegebruik vrij sterk afwijken van het werkelijk (gemeten) energiegebruik. (Hens, 2007) (Bartiaux et al, 2006, p. 106-107) (Wallyn, 2002) (Hens, Verbeeck & Verdonck, 1997 p. 85-86) (Wouters, De Baets & Schietekat, 1989, p. 13) Gezinnen, zeker deze met lage inkomens, zullen een aantal ruimten niet verwarmen en/of de kamerthermostaat enkele graden lager zetten eerder dan torenhoge energiefacturen te moeten betalen. Er zijn niet enkel grote onzekerheden rond de gemiddelde binnentemperatuur, maar ook rond de ventilatievouden. (Hens, 2007) (Hens, Verbeeck & Verdonck, 1997, p. 85-86) (Wouters, De Baets & Schietekat, 1989, p. 7) Het rebound effect is moeilijk te kwantificeren. *“Rebound effects are very difficult to quantify, and their size and importance under different circumstances is hotly disputed.”* (Sorrell, 2007, p. V) Mede dank zij de input van het begeleidingscomité (Hens, 2007) hebben we dit probleem toch op min of meer bevredigende wijze kunnen oplossen.

Het tweede probleem – de sterk afwijkende aandelen van gas en olie in het totaal energiegebruik – bleek onoplosbaar. Uit alle recente enquêtes kan men duidelijk afleiden dat steeds meer huishoudens voor de centrale verwarming aardgas boven huisbrandolie verkiezen. In 2005 stookte 52 à 54 % van de gezinnen met aardgas, tegenover 32 à 34 % met olie. Zelfs als we rekening houden met het feit dat met olie gestookte woningen in de regel slechter geïsoleerd zijn dan met gas gestookte woningen, en dat oude(re) en slecht onderhouden stookolieketels vaak een (zeer) slecht seizoensrendement¹⁴⁵ hebben, dan nog is het ons niet duidelijk hoe het aandeel van olie t.o.v. aardgas in de energiebalans zo veel groter kan zijn. In het begeleidingscomité is afgesproken om desondanks de verdeling over de verschillende energiedragers van de energiebalans te volgen. Door enkele kunstgrepen (de aandelen van de energiefuncties in SAVER toepassen op de energiebalans Vlaanderen) zijn we daarin geslaagd, maar het blijft tot nader order een “schijnoplossing”.

Andere problemen zijn meer methodologisch van aard. Van bij de aanvang van het project was met het begeleidingscomité afgesproken dat we de EPB-rekenmethode zouden volgen (het EPB-softwarepakket is gratis beschikbaar bij de Vlaamse overheid, www.energiesparen.be). Het EPB-pakket heeft echter een totaal andere finaliteit, met name een gebouwkwaliteit vastleggen, dan het werkelijk energiegebruik van (bestaande) woningen te berekenen (Hens, 2007, p. 3) Er zat uiteindelijk niets anders op dan zelf een aangepaste versie van de EPB-software te schrijven. Dat was onvoorzien, heeft zeer veel tijd gekost, en verklaart mede waarom dit project maanden vertraging heeft opgelopen.

Voor de bottom-up aanpak van SAVER werden we geconfronteerd met het probleem dat eigen is aan veel bottom-up modellen: een relatief zwakke gegevensbasis, zeker voor wat betreft de oudere woningen. Hopelijk zal de invoering van het energieprestatiecertificaat en de bijhorende databanken hierin in de toekomst verandering brengen.

LEAP is zeer geschikt als scenariotool. De grootste tekortkoming is dat een aantal interconnecties (bijvoorbeeld een toename van mechanische ventilatie impliceert een betere

¹⁴⁵ Oudere stookolieketels dienden doorgaans op temperatuur te blijven. Als men slecht geïsoleerde woningen met dergelijke ketels gaat isoleren zonder de installatie aan te passen, dan krijgt het rendement een flinke knauw (Hens, 2007, p. 3)

luchtdichtheid, dus minder ventilatieverliezen en een daling van de netto energiebehoefte voor ruimteverwarming) moeilijk of niet rechtstreeks binnen LEAP zelf zijn te integreren. Het is vooral het bottom-up gedeelte (SAVER) dat dergelijke consistenties moet verzekeren. Dat is zeker geen onoverkomelijk probleem, omdat SAVER grotendeels ontwikkeld is in Excel, en automatische links tussen Excel en LEAP makkelijk te implementeren zijn. Het blijft hoe dan ook een omslachtige procedure die lichtjes indruist tegen de filosofie dat LEAP real time toe te passen moet zijn.

Eens alle gegevens voor het basisjaar (de “current accounts” in het jargon van LEAP) zijn ingevoerd, is LEAP een zeer snelle en handige tool om een groot aantal scenario's door te rekenen en te presenteren. De huidige versie van ons LEAP model is ongetwijfeld nog voor talloze verbeteringen vatbaar, maar we menen dat de twee vingeroefeningen (BAU en BAU-PLUS) afdoende hebben aangetoond dat SAVER-LEAP zonder meer bruikbaar is voor het volgende en de daarna volgende MIRA-S rapporten.

15.2. Conclusies rond resultaten

Tot slot enkele conclusies wat de resultaten betreft. Alhoewel onze scenario's louter “vingeroefeningen” zijn, kunnen we toch tot de volgende voorzichtige conclusies komen:

- Een vermindering van het energiegebruik en van de broeikasgasemissies van de huishoudens met 25 tot 30 % in 2025 t.o.v. 2005 moet mogelijk zijn;
- Dergelijke reducties zijn enkel haalbaar indien vooral de bestaande woningstock grondig wordt aangepakt. Moeilijke en dure maatregelen zoals gevelisolatie of gebalanceerde ventilatie zijn daarbij zelfs niet eens noodzakelijk. De betere isolatie van de gebouwschil moet men aanvullen met meer performante verwarmingssystemen (condenserende ketels met bijpassende regeling), maar voor ruimteverwarming zijn dure systemen zoals warmtepompen strict genomen niet nodig.

De bovenvermelde percentages zijn erg afhankelijk van enkele beginvoorwaarden, waar de overheid weinig of geen vat op heeft. Bij een sterke gezinsverdunning zal het energiegebruik in het BAU scenario sterker stijgen, waardoor grote reducties t.o.v. 2005 moeilijker te halen zijn. Daar staat tegenover dat als het gemiddeld aantal graaddagen in de toekomst beneden dat van 2005 zal liggen, grotere reducties wel bereikbaar zijn (de vraag is in hoeverre we daar op *mogen hopen*).

In de scenario's hebben we – zonder enig overleg - een groot aantal keuzes gemaakt. Veel van deze keuzes zijn ongetwijfeld aanvechtbaar, en sluiten niet altijd aan bij de keuzes van andere onderzoekers (Verbeeck, 2007) (Verbeeck en Hens, 2007) (Vito, 2007b) Het is niet aan ons om dergelijke keuzes te maken. Wij bieden met LEAP louter een gereedschap aan, dat snel en overzichtelijk de consequenties van bepaalde beleidsbeslissingen aanschouwelijk maakt.

16. Referenties

't Kasteeltje (s.d.): *'t Kasteeltje ... een groot en duurzaam huishouden*, Wijgmaal.

ABEA (s.d.): *Energieaudit*, Brussels Energie Agentschap, De Stadswinkel vzw, Brussel. (www.curbain.be)

APS (2004) – *Stativaria 31 Woonkwaliteit en tevredenheid met de Woonomgeving in Vlaanderen - Een analyse van de Algemene Socio-Economische Enquête 2001*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Planning en Statistiek, Brussel, juli 2004. http://aps.vlaanderen.be/statistiek/publicaties/stat_Publicaties_stat31.htm

ASHRAE (1997): *ASHRAE Handbook of Fundamentals (SI)*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, June 1997.

Bartiaux F., Vekemans G., Gram-Hanssen K., Maes D., Cantaert M., Spies B. and Desmedt J. (2006): *Socio-technical factors influencing Residential Energy Consumption SEREC*, final report, D/2005/1191/9, Belgian Science Policy, Brussels, Januari 2006.

BIM (2000): Hoornaert B., *Warmte-isolatie van gebouwen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*, Departement Energie, BIM, Brussel.

BIM (2005): *Energiezuinige huizen en appartementen bouwen of renoveren is technische haalbaar én economisch rendabel !* Samenvatting van het rapport 'Technisch-Economische Analyse van de Rendabiliteit van Energiebesparende Investerings – Residentiële Sector', voor BIM uitgevoerd door 3^E en KULeuven, Een technische en economische demonstratie voor Brussel, Brussel, December 2005, Herziening 30/01/2006.

CeDuBo (s.d.): *Bouwen voor aan de toekomst. 21 duurzame tips voor de 21ste eeuw*, brochure, Centrum Duurzaam Bouwen, Heusden-Zolder, s.d.

Chassin D., Carlon T. Gowri K. and Bauman N. (2003): *Energy Efficient and Affordable Small Commercial and Residential Buildings Research Program. Project 2.6 – Enhancement of the Whole-Building Diagnostician. Task 2.6.10 – Whole-Building Energy Enhancement Report*, Pacific Northwest National Laboratory, operated by Battelle for the United States Department of Energy, available from the National Technical Information Service.

CRB (2005): *Advies over energie-efficiëntie in de woningsector in België*, Centrale Raad voor het Bedrijfsleven, Brussel, 21/12/2005.

de Bruyn G. (2002): *Goed comfort met een goed concept*, PassiefHuis-Happening 2002, Kamp C, Westerlo, 29 oktober 2002.

de Bruyn G. (2005): *Prestaties en kosten Passiefhuis Heusden-Zolder*, Cenergie, 21 oktober 2005.

De Coninck R. en Verbeeck G. (2005): *Technisch-economische analyse van de rendabiliteit van energiebesparende investeringen*, Eindrapport, Brussels Instituut voor Milieubeheer, Brussel, 13/08/2005.

De Meulenaer V., Van der Veken J., Verbeeck G. and Hens H. (2005): *Comparisons of measurements and simulations of a "Passive House"*, Laboratory of Building Physics, Department of Civil Engineering, KU Leuven, in: Proceedings of the Ninth International IBPSA Conference, Montréal, Canada, August 15-18, 2005.

De Meulenaer V., Van der Veken, J. Verbeeck G. and Hens H (2005), *Performance assessment of passive houses based on extensive measuring*, in: Proceedings of 7th Nordic Building Physics Symposium, Reykjavik, Iceland, June 13-15, 2005.

de Wit J.B. en Traversari A.A.L. (2005): *NMDA, een redelijke prijs voor warmte*, in: VV+, juni 2005.

Derny F. (2006): *Energiebesparend verwarmen*, MatriCiel, Energie uitdaging, info-avond verwarming, 17 januari 2006.

Dewitte S. (2004): *Een korte introductie tot het glas*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 195, december 2003 – januari 2004, pp. 61-67.

DPWB (1985): *Met de hulp van onderzoekers, kies de meest geschikte thermische ingrepen voor uw woning*, RD-Energie Nationaal Programma, Diensten voor programmatie van het wetenschapsbeleid, Brussel, januari 1985.

Eandis (2004): *De energiemeter: meet uw elektrisch verbruik*, s.l., 1 september 2004.

Eandis (2007): *Hoe zuinig omgaan met energie ?* brochure.

Eandis (s.d.): *Warm water: combineer comfort met lage rekeningen ! Interessante weetjes en praktische besparingtips in verband met warm water*, brochure.

ECN (1999) – Boonekamp P.G.M. en Jeeninga H.: *Gedrag en huishoudelijk elektriciteitsverbruik, Kwalitatieve en kwantitatieve analyse 1980-1997*, ECN-C—99-057, ECN, Petten, september 1999.

ECN (2000) – Boonekamp P.G.M., Jeeninga H. en Heining H.: *Effectiviteit energiepremies. Analyse voor het huishoudelijk verbruik tot 2010*, CN-C—00-062, ECN, Petten, Mei 2000.

ECN (2003) – Jeeninga H. en Volkers C.H.: *Ontwikkeling van SAWEC versie 1.22 Een Simulatie en Analyse model voor verklaring en voorspelling van het Woninggebonden Energieverbruik en CO₂-emissie*, ECN-C—03-067, ECN, Petten, Juli 2003.

ECN (2005) – Boerakker Y.H.A., Menkveld M. en Volkers C.H.: *Een blik op de toekomst met SAWEC Een analyse van het woninggebonden energiegebruik voor de periode 2000-2020*, ECN-C—05-070, ECN, Petten, Juli 2005.

EURIMA (2001): *Thermische isolatie in de bouw: van cruciale belang voor het milieu*, Brussel.

European Commission (2006): *Reference document on Economics and Cross-Media Effects*, July 2006.

Eykens P. (2002): *Passiefhuizen: per definitie geen luchtkasteel*, PassiefHuis-Happening 2002, Kamp C, Westerlo, 29 oktober 2002.

FRDO (2007): *Advies over elektrische verlichting in huishoudens*, Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling, s.l., goedgekeurd door de Algemene Vergadering op 28 februari 2007.

Ghanadan R. and Koomey J.G. (2005): *Using energy scenarios to explore alternative energy pathways in California*, in: Energy Policy, 33, pp. 1117-1142.

Groen Licht Vlaanderen (2005): *Feiten en Mythes rond Spaarlampen*, KaHo Sint-Lieven, Gent, 01.10.2005.

Groen Licht Vlaanderen (2006): *Led's toegelicht*, KaHo Sint-Lieven, Gent, 01-09-2006.

Hens H. (1993): *Zuinig met energie : in uw belang*, brochure, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Bestuur Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Brussel.

Hens H. (1994): *Energiezuinig bouwen: toeval of bewuste keuze*, Wedstrijd Energiezuinig Bouwen Electrabel, 15 December 1994.

Hens H. (1996): *Computerprogramma VERBMIR2*, Rapport 96/23(6), VMM, Aalst.

Hens H. (1996): *MIRA2: Huishoudelijk Energiegebruik Wetenschappelijk rapport*, Rapport 96/23(2), VMM, Aalst.

Hens H. (2002a): *Toegepaste Bouwfysica en Installaties: energieverbruik, verwarming, ventilatie*, ACCO, Leuven.

Hens H. (2002b): *Passiefhuizen: droom of werkelijkheid?*, PassiefHuis-Happening 2002, Kamp C, Westerlo, 29 oktober 2002..

Hens H. (2003): *Nul Energie gebouwen: droom of ooit werkelijkheid*, TI-KVIV, Lezingenreeks Energie, Antwerpen, 11 maart 2003.

Hens H. (2007): persoonlijke communicatie i.v.m. "Memo: problemen met het SAVER-LEAP model", 30 november 2007.

Hens H. en Verbeeck G. (2002): *Lage energie gebouwen: ontwerp en uitvoering*, European Green Cities Network, EGCN Conference and Training, Westerlo, 1-2 October 2002.

Hens H., Verbeeck G. and Verdonck B. (2001): *Impact of energy efficiency measures on the CO₂ emissions in the residential sector, a large scale analysis*, in: Energy and Buildings, 33, pp. 275-281.

IVEM (2004): Benders R.M.J., de Jong P., Moll H.C., Meijer A., Eenkhoorn R., Noorman K.J., *Perspectief op een optimale en duurzame energie-infrastructuur op een decentraal niveau*, IVEM-onderzoeksrapport nr. 112, Groningen, februari 2004.

Janssen E. (2006): *Woningverwarming en rationeel energiegebruik*, Karel de Grote-Hogeschool Antwerpen, januari 2006.

Janssens A. (2002): *Ingangspunten bij het ontwerp van een passiefhuis*, PassiefHuis-Happening 2002, Kamp C, Westerlo, 29 oktober 2002.

Kaiser G. (2006): *Condensatieketels Vaak de beste keuze*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 216, februari 2006, pp. 83-90.

Kaiser G. (2007): *Pomp maar op, die gratis warmte*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 228, april 2007.

Kanne P. (2005): *Watergebruik thuis 2004*, Uitgevoerd in opdracht van de Vereniging van Waterbedrijven in Nederland, tsnipo, Amsterdam, 31 januari 2005.

Kofod C., (1999): *A strategy Study Concerning Promotion of Energy Efficient Lighting in IEA Member Countries: Energy Savings by Use of CFLs in the Residential Sector. The Potential for an Effort Coordinated by the IEA*, Energy Pioano for the IEA, Paris.

KU Leuven (2001): *Rekenprocedure voor het bepalen van het E-peil van woningen en woongebouwen*, Voorstel van tekst als basis voor overleg, Studiedag de nieuwe EnergiePrestatieRegelgeving in Vlaanderen, Brussel, Vlaams Parlement, 21 maart 2001.

LEAP (2006): *Long-range Energy Alternatives Planning System User Guide*, Stockholm Environment Institute (SEI), Boston, USA., March 2006.

Lecompte J. (2002): *Glastechnologie*, European Green Cities Network, EGCN Conference and Training, Westerlo, 1-2 October 2002.

Lonfils N. (2006): *Uitvoering van een energieaudit Typologie van het woonmilieu in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*, Vorming Energieadviseur "Woonsector", Brussels Energie Agentschap (ABEA), 16 oktober 2006.

Melis A. en Vanuytven H. (1987): *Beschrijving van het woningenbestand op basis van de N.I.S. volkstelling 1981 en het residentieel energiegebruik in 1984*, SESO, UFSIA, Antwerpen, mei 1987.

MinaRaad (2007): De Wel B.: *De begroting leefmilieu 2007*, studie uitgevoerd in opdracht van de Minaraad.

Nuon (s.d.): *Voordelig én milieuvriendelijk wonen* Positieve energietips die werken. Brochure.

ODE (2004): *Warmtepompen*, Brochure, Kessel-Lo.

ODE (2005): *Bouwen met fotovoltaïsche zonne-energie*, Brochure, Kessel-Lo.

ODE (2006): *Warmte uit zonlicht*, Brochure, Kessel-Lo.

ODE (2007): *Duurzame Energie Wegwijzer 2007*, Brochure, Kessel-Lo.

Pannecoucke I., P. De Decker (2005): *De Vlaamse huursector belicht*, in: De Decker P., L. Goossens, Pannecoucke I. (red.), *Wonen aan de onderkant*, Garant, Antwerpen.

PHP (2005): Cobbaert B., *Certificatiesysteem voor passiehuizen*, Passiehuis-Platform, in: *Proceedings Passiehuis-Symposium*, Aalst, 21 oktober 2005.

Renard J.-M.: (2006): *Centrale verwarming op hout kan dat ?*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 218, april 2006, pp. 71-78.

Scheffer W. (2000): *Warmwatergebruik volgens EPN*, in: intech, april 2000, p. 76-78.

SenterNovem (2005): *Handboek Handhaving EPN* gebaseerd op NEN 5128:2004 en NEN 2916:2004, Bouwkunidge en installatietechnische achtergrondinformatie voor de gemeentelijke afdeling bouw- en woontoezicht, s.l., juli 2005.

SenterNovem (2006): *Cijfers en tabellen 2006* Kompas, energiebewust wonen en werken, s.l., januari 2006.

SENVIVV (1999): *Isolatie, Ventilatie en Verwarming in Nieuwbouwwoningen. Resultaten van het SENVIVV onderzoek: Studie van de Energieaspecten van Nieuwbouwwoningen in Vlaanderen: Isolatie, Ventilatie, Verwarming* (VLIET Project 930.256/WTCB) 1.1.1995-31.12.1997, WTCB rapport nr. 4, WTCB, Brussel, 1999.

Sorrell S. (2007): *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*, A report produced by the Sussex Energy Group for the Technology and Policy Assessment function of the UK Energy Research Centre, UKERC, London, oktober 2007.

SPOT (2006): *Televisierapport 2006*, s.l., s.d.

Stassen V. (2007): *Eigen haard is goud waard*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 225, december 2006, januari 2007.

STEM (1999): Meurisse W. en Schrooten G., *Modellering van de Huishoudelijke Energievraag in Vlaanderen*, wetenschappelijk rapport, MIRA-S 2000, Universiteit Antwerpen, december 1999.

STEM (2001): *Stimulatiemodel ter evaluatie van combinaties van CO₂-emissie reductiemaatregelen*, N° CG/DD/211, DWTC/SSTC, Brussel.

STEM (2002): Willemé P., *Verklaring en beheerstring van de energievraag*, Eindrapport, STEM, Universiteit Antwerpen, april 2002.

SumResearch (2006) – Le Roy M., Myncke R. en Vandekerckhove B. (projectleider): *Ruimte voor woonbeleid Stand van zaken onderzoek woningaanbod in Vlaanderen*, SumResearch Urban Consultancy, Brussel, juli 2006.

Surkyn J. en Deboosere H. (s.d.) *Databank Woningen Een vergelijking tussen census en kadaster Empirisch onderzoek naar de vergelijkbaarheid van administratieve data met census*, studie uitgevoerd in opdracht van de Hoge Raad voor de Statistiek, Steunpunt Demografie, Vakgroep Sociaal Onderzoek, Vrije Universiteit Brussel, s.d.

Transitie duurzaam wonen & bouwen (2005): *Situatieschets wonen & bouwen in Vlaanderen*, Bruno Deraedt, Derk Loorbach, Jo Van Assche en Martin Van de Lindt (auteurs), AMINAL, Brussel, 6 september 2005.

Tratsaert K. en S. Winters (2006): *Onderzoek over de woonconsument in Vlaanderen 1995-2005*. Inventaris van studies en databanken met perspectieven voor verder onderzoek, Kenniscentrum Duurzaam Woonbeleid, s.l., 18 oktober 2006.

Van Cauwelaert K. (2004): *Het vuur aan de schenen*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 195, december 2003-januari 2004.

Van Dam R. en Geurts V. (2000): *De bewoners van gesubsidieerde en niet gesubsidieerde woningen in Vlaanderen: profiel, woningkwaliteit en betaalbaarheid*, Antwerpen: UFSIA/Universiteit Antwerpen, Centrum voor Sociaal Beleid.

Van den Bossche P. (2005): *De Energie Prestatie Regelgeving staat voor de deur*, in: De Koevoet, winter 2005, p. 6-8.

Van Herck K., De Caigny S. en Avermaete T. (2006): *Wonen in Welvaart. Woningbouw en wooncultuur in Vlaanderen, 1948-1973*, Tentoonstelling van 30.11.2006 tot 14.01.2007 in deSingel international Arts Centre, Antwerpen.

Vander Elst L. (2006): *Van steenkool tot warmtepomp*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 223, oktober 2006.

Vanderhyden A. (2001): *Verwarmen met elektriciteit ?*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 168, juni 2001.

Vanderhyden A. (2002): *Goede redenen om te kiezen voor gas*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 182, 21^{ste} jaargang, oktober 2002, pp. 41-62.

Vanderhyden A. (2003): *Stookolieketels steeds zuiniger*, in: beter bouwen en verbouwen, nr. 194, november 2003, pp. 51-61.

VEA (2001): *Enquête energiegebruik huishoudens in Vlaanderen in 2001, Synthese*, Vlaams Energieagentschap, Brussel, december 2001

VEA (2003): *Enquête energiezuinig gedrag Vlaamse huishoudens in 2003*, Vlaams Energieagentschap, Brussel, september 2003.

VEA (2005): *Energiegebruik in huishoudens in Vlaanderen Resultaten enquête 2005*, Vlaamse Energieagentschap, Brussel, december 2005.

VEA (2006) – Roelens W.: *Status van de invoering van de EPBD in het Vlaamse Gewest (België)*, EPBD Building Platform, P06, Europese Gemeenschap, 16-08-2006.

VEA (2007a): *Maak uw huis energiezuinig en betaal minder belastingen*, brochure, Brussel.

VEA (2007b): *Energie besparen bij u thuis Premies van uw netbeheerder in 2007*, brochure, Brussel.

VEA (2007c): *Energierenovatieprogramma Vlaams Energieagentschap*, presentatie door tns Dimarso, Brussel, 11 oktober 2007.

Verbeeck G. (2004): *Een logische hiërarchie van investeringen in energiebesparing*, in: Energiezuinig (ver)bouwen: Dik isoleren of een dure installatie?, VIBE, Antwerpen-Berchem, december 2004.

Verbeeck G. (2007): *Optimisation of extremely low energy residential buildings*, Proefschrift voorgedragen tot het behalen van het doctoraat in de ingenieurswetenschappen, KU-Leuven, mei 2007.

Verbeeck G. and Hens H. (2005): *Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable?*, in: Energy and Buildings, 37, pp. 747-754.

Verbeeck G. and Hens H. (2007): *Life Cycle Optimization of Extremely Low Energy Dwellings*, in: Journal of Building Physics, Vol. 31, No. 2, October 2007, pp. 143-177.

Verbeeck G. en Hoornaert B. (2002): *IBGE-BIM-K*, Brussels Instituut voor Milieubeheer, Brussel, 2002.

VIBE (2004): Bellens G., *De energiezuinige woning: de basisprincipes*, in: Energiezuinig (ver)bouwen: Dik isoleren of een dure installatie?, VIBE, Antwerpen-Berchem, december 2004.

Vito (2003): Schrooten L., De Vlieger I., Cornelis E., Lefebvre E., Lodewijks P. en Van Rompaey H., *Evaluatie van het reductiepotentieel voor fijn stof emissies (TSP, PM10, PM2,5) naar het compartiment lucht in een aantal sectoren in Vlaanderen. Deel 2: Scenario's* Studie uitgevoerd in opdracht van AMINAL, 2003/IMS/R/175b, Vito, Mol, December 2003.

Vito (2006a) – Duerinck J., Briffaerts K., Vercalsteren A., Nijs W., De Vlieger I., Schrooten L. en Huybrechts D. (2006): *Energie- en broeikasgasscenario's voor het Vlaamse gewest Business as usual scenario 2000-2020*, Eindrapport, Vito, Mol.

Vito (2006b): Renders N., *Discussienota Residentiële Sector voor de studie: "Energie en broeikasgasscenario's voor het Vlaamse Gewest – verkenning beleidsscenario's tot 2030"*, Vito, Mol.

Vito (2006c): Maes D., *Een correcte audit en misverstanden Aandachtspunten uit auditcontroles*, Powerpoint presentatie, De Energie Advies Procedure voor bestaande gebouwen: De eerste resultaten uit de praktijk, 16 maart 2006, Vito, Mol.

Vito (2007a): Aernouts K. en Jaspers K., *Energiebalans Vlaanderen 2005: Onafhankelijke methode*, 2007/IMS/R/188, Vito, Mol, mei 2007.

Vito (2007b): Duerinck J., Aernouts K., Beheydt D., Briffaerts K., De Vlieger I., Renders N., Schoeters K., Schrooten L. en Van Rompaey H.: *Energie- en broeikasgasscenario's voor het Vlaams gewest – verkenning beleidsscenario's tot 2030*, Eindrapport, Studie uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Gewest, Contract 051631 2007/IMS/R/118, Vito, Mol, april 2007.

viWTA (2005) – Goorden L., Vandenabeele J., Couder J., Van Fleteren M. en Bongaerts V.: *Determinanten huishoudelijk energiegebruik*, Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek, Brussel, februari 2005.

viWTA (2006) – Vandaele L., Van Orshoven D., Palmers G., Woyte A., Coppys W., Hens H., Coene A., Vandermarcke B. en Corthals K.: *Bouwen, Wonen en Energie*, Eindrapport, Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek, Brussel, november 2004.

Vlaamse Regering (2004) – Peeters K.: *Beleidsnota 2004-2009 Energie en natuurlijke rijkdommen*, Kabinet van Vlaams minister van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel.

Wallyn B. (2002): *Context van sociale huisvesting*, European Green Cities Network, EGCN Conference and Training, Westerlo, 1-2 October 2002.

VMM (2002): *Water, elke druppel telt !*, brochure, Aalst.

Willems P. (2007): *Projecties van aantallen huishoudens naar huishoudgrootte voor de 308 gemeenten van het Vlaamse Gewest Twee scenario's voor de periode 2005-2025*, Diensten voor het Algemeen Regeringsbeleid, Studiedienst van de Vlaamse Regering, Brussel, 2007.

Wouters, De Baets D. en Schietecat J. (1989): *Analyse van de warmte-isolatie en het energieverbruik in een aantal sociale-woonwijken*, in: WTCTB – tijdschrift nr. 3-4, 2^{de} katern, 1989, pp. 1- 18.

WTCTB (1979): *De warmte van mijn huis*, brochure.

WTCTB (2006): De Cuyper K., *Condensatieketels besparen energie !*, in: WTCTB-Contact, nr. 9, maart 2006, pp. 14-15.

WTCTB (2006): Loncour X., *Bestaande gebouwen: de grote uitdaging*, in: WTCTB-Contact, nr. 9, maart 2006, pp. 7.

WTCTB (2006): Vandaele L., *Duurzaam energiegebruik in onze bebouwde omgeving*, in: WTCTB-Contact, nr 9, maart 2006, pp. 2-3.

WTCTB (2007): Schietecat J., *Bepaling van het systeemrendement van verwarmingsinstallaties*, in: WTCTB-Contact, nr 14, 2-2007.

WTCTB(2006): Loncour X., Prieus S. & Guiot E.: *Possibilities of simplification of on site data collection of the voluntary energy audits Sensitivity analysis of input data at the level of EAP*, Division Energy and Climate, Belgian Building Research Institute, s.l., July 2006.