



Wat voor welke warmte?

Eindrapport
Delft, augustus 2009

Opgesteld door:
C. (Cor) Leguijt
D. (Dorien) Bennink
F.J. (Frans) Rooijers
B.L. (Benno) Schepers

Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

C. (Cor) Leguijt, D. (Dorien) Bennink, F.J. (Frans) Rooijers, B.L. (Benno) Schepers

Wat voor welke warmte?

Delft, CE Delft, augustus 2009

Warmte / Wetten / Prijsstelling / Rendement

Publicatienummer: 09.3926.84

Opdrachtgever EnergieNed.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider, Cor Leguijt.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

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



Voorwoord

Op dit moment implementeert het ministerie van Economische Zaken de nieuwe Warmtewet. In deze wet is vastgelegd dat aan warmtelevering een maximumprijs wordt vastgesteld die *“is gebaseerd op de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron”*, en dat die kosten via de rendementsmethode worden bepaald. Deze wettelijk gereguleerde maximumprijs komt in de plaats van de huidige prijsmethodiek, de door EnergieNed gehanteerde marktwaardemethode. De marktwaardemethode is door EnergieNed ontwikkeld om recht te doen aan een eerlijke kostenvergelijking tussen warmteklanten en gasklanten. De wijze waarop de rendementsmethode precies moet worden ingevuld is niet vastgelegd in de Warmtewet, hoewel de bepalingen in de Warmtewet wel duidelijk richting geven. De precieze invulling van de rendementsmethode is een complexe zaak.

Om een onafhankelijke benadering van de materie te bevorderen heeft EnergieNed aan CE Delft gevraagd om vanuit haar optiek een oordeel te geven over de factoren die - binnen het kader van de Warmtewet- van invloed zijn bij het invullen van de rendementsmethode en de systeemgrenzen die daarbij zouden moeten worden gehanteerd.

Deze rapportage geeft hiertoe een overzicht van factoren die voor vaststelling van de maximumprijs van warmte relevant zijn, en eindigt met een analyse welke methodiek het meest recht doet aan de richting die in de Warmtewet wordt meegegeven voor de bepaling van de maximumprijs.

De rapportage geeft eerst een overzicht van de (aan de Warmtewet ontleende) terminologie met daarbij de omschrijving en de verwijzing, met als doel om spraakverwarringen te voorkomen.





Terminologie

Tabel 1 Overzicht van termen in de Warmtewet

Term	Omschrijving	Bron
Aansluitbijdrage	De aansluitbijdrage bedraagt maximaal hetgeen een gasverbruiker zou bijdragen in de situatie waarbij sprake is van aansluiting op een gasnet, te berekenen over een periode van 30 jaar. Het aansluittarief, wordt als onderdeel van het leveringsonafhankelijk deel van de prijs voor levering van warmte afzonderlijk op de nota gespecificeerd. (NB: Art. 5 gaat over de redelijke prijs, en hanteert de term aansluittarief i.p.v. aansluitbijdrage; naar onze interpretatie gaat het echter over eenzelfde prijs-component).	Warmtewet, Art. 6 Warmtewet, Art. 5
Leverancier	Een persoon die zich bezighoudt met de levering van warmte.	Warmtewet, Art. 1
Levering van warmte	De aflevering van warmte aan verbruikers.	Warmtewet, Art. 1
Maximumprijs	De maximumprijs is gebaseerd op de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron. Deze kosten worden bepaald met de rendementsmethode.	Warmtewet, Art. 4
Ontwikkelaar	Een persoon die een bouwproject ontwikkelt in een gebied waar de gebouwverwarming door middel van een warmtenet verzorgd wordt of zal worden.	Warmtewet, Art. 1
Prijs voor levering	De prijs voor levering van warmte is opgebouwd uit een leveringsafhankelijk deel, uitgedrukt in een bedrag in Euro per GJ, en een leveringsonafhankelijk deel uitgedrukt in een bedrag in Euro. (Art. 5 handelt over de <i>redelijke prijs</i>)	Warmtewet, Art. 5
Producent	Een persoon die zich bezighoudt met de productie van warmte.	Warmtewet, Art. 1
Redelijke prijs	De redelijke prijs is gebaseerd op de aan de levering van warmte redelijkerwijs toe te rekenen kosten. De raad van bestuur van de mededingingsautoriteit stelt beleidsregels vast met betrekking tot de elementen en wijze van berekening.	Warmtewet, Art. 5
Representatieve organisatie	Een bij ministeriële regeling aangewezen rechtspersoon die de belangen vertegenwoordigt van producenten, leveranciers of verbruikers.	Warmtewet, Art. 1
Verbruiker	Een persoon die warmte afneemt van een warmtenet en een aansluiting heeft van maximaal 1.000 kilowatt (kW).	Warmtewet, Art. 1



Term	Omschrijving	Bron
Vergunninghouder	De houder van een vergunning voor het leveren van warmte.	Warmtewet, Art. 1
(niet-)Vergunningplichtig	Een vergunning voor het leveren van warmte is niet verplicht wanneer dit geschiedt door een persoon die: a hetzij warmte levert aan ten hoogste tien personen tegelijk; b hetzij per jaar niet meer warmte levert dan 10.000 gigajoules (GJ); c hetzij eigenaar is van de gebouwen, ten behoeve waarvan de warmte wordt geleverd.	Warmtewet, Art. 2
Warmte	Warm water of tapwater bestemd voor ruimteverwarming of -koeling, sanitaire doeleinden en huishoudelijk gebruik.	Warmtewet, Art. 1
Warmtenet	Het geheel van tot elkaar behorende, met elkaar verbonden leidingen, bijbehorende installaties en overige hulpmiddelen dienstbaar aan het transport van warmte, behoudens voor zover deze leidingen, installaties en hulpmiddelen zijn gelegen in een gebouw of werk van een verbruiker of van een producent en strekken tot toe- of afvoer van warmte ten behoeve van dat gebouw of werk.	Warmtewet, Art. 1



Inhoud

	Terminologie	4
	Samenvatting	8
1	Inleiding	10
1.1	Leeswijzer	10
2	Methoden voor tariefberekening	12
2.1	Huidige methode	12
2.2	Prijsregulering in de Warmtewet	14
3	Systeemgrenzen	18
3.1	Systeemgrenzen wetstekst	18
3.2	Thermodynamische systeemgrenzen	20
4	Nieuwe ontwikkelingen	44
5	Invulling Rendementsmethode	46
	Literatuurlijst	50
Bijlage A	Kamerstukken	54
Bijlage B	Nieuwe ontwikkelingen	56
B.1	Ontwikkelingen aard en omvang warmtevraag	56
B.2	Technische ontwikkelingen warmte(-/koude)systemen	57





Samenvatting

Op afzienbare termijn zal het ministerie van Economische Zaken, in samenwerking met de Energiekamer, een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) opstellen met betrekking tot de maximumprijs voor warmte, op basis van de zogenaamde rendementsmethode, zoals opgenomen in de Warmtewet. Dit rapport biedt concrete handvatten aan EnergieNed voor een dialoog omtrent dit onderdeel van de uitwerking van de Warmtewet met het ministerie van Economische Zaken en de Energiekamer. Het rapport maakt duidelijk welke factoren daarbij meegenomen zouden moeten worden en waarom. Hetzelfde geldt voor de systeemgrenzen die zouden moeten worden gehanteerd. Het rapport eindigt met een analyse welke methodiek voor invulling van de maximumprijs het meest recht doet aan de richting die in de Warmtewet wordt meegegeven. Daarmee biedt dit rapport concrete aanknopingspunten en structuur voor nader overleg tussen de betrokken partijen.

De opdracht van EnergieNed aan CE Delft was gericht op de methodiek voor de rendementsmethode, en niet op het doen van kwantitatieve prijsaanbevelingen. In de studie wordt vooral ingegaan op 'kleinverbruikers' oftewel woningen, de analyses zijn echter ook geldig voor grotere warmteaansluitingen die binnen het door de Warmtewet gereguleerde domein vallen. Het onderzoek is uitgevoerd als een bureaustudie, waarbij primair gekeken is naar de Warmtewet, de historie daarvan, en naar de bijbehorende Kamerstukken. Op basis van deze studie is een overzicht gemaakt van de mogelijkheden en onmogelijkheden die de Warmtewet biedt als invulling van de rendementsmethode als methode voor vaststelling van de maximumprijs. Hierbij is een onderscheid gemaakt in systeemgrenzen gebaseerd op de wetstekst en grenzen die voortkomen uit een thermodynamische afbakening.

Uit de studie is gebleken dat op dit moment weinig vastgelegd ligt in de wetstekst met betrekking tot de componenten die opgenomen zouden moeten worden in de maximumprijs. Dit biedt aan de ene kant mogelijkheden om tot een goede uitvoering te komen, maar aan de andere kant ook vele onduidelijkheden en daardoor ook risico's voor zowel leveranciers als klanten.

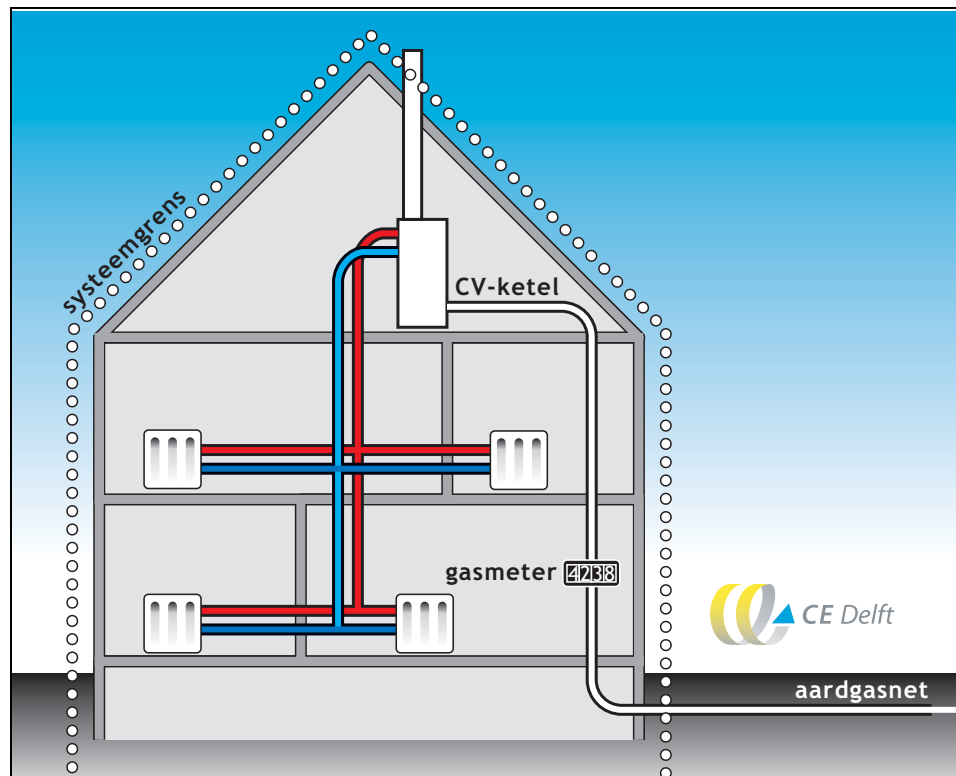
Hoewel in de wetstekst dus nog weinig specifiek vastgelegd wordt omtrent de invulling van de rendementsmethode voor de maximumprijs, geeft de wet wel heel duidelijk *richting*. Zo dient vergeleken te worden met 'gas als energiebron', en moet die vergelijking gebaseerd zijn op 'integrale kosten' voor het verkrijgen van 'dezelfde hoeveelheid warmte'. Uit de analyses in dit rapport volgt:

1. Dat situaties met gelijk comfort met elkaar vergeleken zouden moeten worden.
2. Dat vele factoren binnen de woning relevant zijn voor het bepalen van de integrale kosten (Zie 'Significantie van factoren'). M.a.w. de te hanteren systeemgrens dient om de woning c.q. het gebouw te liggen, en niet een systeemgrens om alleen de cv-installatie heen. Zie ook Figuur 1.
3. Dat uitgegaan zou moeten worden van een standaard verbruiksjaar, en niet van een momentane vergelijking van systeemrendementen.
4. Dat ook de gebruikssituatie van belang is voor het energetisch rendement van een installatie.
5. Dat een vergelijkingmethodiek op basis van voldoende grote, nette, aselechte en transparant samengestelde steekproeven van warmte- en gas-situaties het meest recht doet aan de bepalingen in de Warmtewet met betrekking tot de maximumprijs. Dit omdat de grootte van de verschil-



lende factoren die het systeemrendement bepalen afhankelijk zijn van individuele gebruikssituaties, ook wanneer sprake is van situaties met gelijk comfort, gelijke woninggrootte en gelijk aantal bewoners. Uitrekenen van de invloed van alle afzonderlijke factoren zou een nontransparante methodiek opleveren met vele voor discussie vatbare aannames. Toepassen van steekproeven lost dat probleem op. De steekproeven worden dan zo samengesteld dat belangrijke verbruikbepalende factoren zoals woninggrootte en gezinssamenstelling gelijk verdeeld zijn in beide steekproeven.

Figuur 1 Te hanteren systeemgrens: woning c.q. gebouw



1 Inleiding

Op dit moment implementeert het ministerie van Economische Zaken de nieuwe Warmtewet. In deze wet is vastgelegd dat voor de tariefstelling van de warmtelevering een maximumprijs wordt vastgesteld die *“is gebaseerd op de integrale kosten die een gebruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron”*, en dat die kosten via de rendementsmethode worden bepaald. Deze wettelijk gereguleerde maximumprijs komt in de plaats van de huidige prijsmethodiek, de door EnergieNed gehanteerde marktwaardemethode. De marktwaardemethode is door EnergieNed ontwikkeld om recht te doen aan een eerlijke kostenvergelijking tussen warmteklanten en gasklanten.

De wijze waarop de rendementsmethode precies moet worden ingevuld is niet vastgelegd in de Warmtewet, hoewel de bepalingen in de Warmtewet wel duidelijk richting geven. De precieze invulling van de rendementsmethode is nog een complexe zaak waarbij EnergieNed graag haar kennis en ervaring, en die van de warmteleveranciers, inbrengt.

Dit rapport biedt concrete handvatten aan EnergieNed voor een dialoog omtrent de invulling van de rendementsmethode met het ministerie van Economische Zaken en de Energiekamer. Het rapport maakt duidelijk welke factoren daarbij meegenomen zouden moeten worden en waarom. Hetzelfde geldt voor de systeemgrenzen die zouden moeten worden gehanteerd. Het rapport eindigt met een analyse welke invulling van de methodiek het meest recht doet aan de bepalingen in de Warmtewet. Daarmee biedt het rapport concrete aanknopingspunten en structuur voor nader overleg tussen de betrokken partijen.

1.1 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd:

1. Overzicht van de huidige methode voor het bepalen van het warmtetarief en de methoden welke in de Warmtewet worden genoemd.
2. Bepaling van de systeemgrenzen volgens de Warmtewet en op basis daarvan van de thermodynamische systeemgrenzen.
3. Opstellen van een overzicht van factoren die van invloed kunnen zijn op de rendementsmethode.
4. Identificeren van nieuwe ontwikkelingen op de warmtemarkt (de details zijn in een bijlage opgenomen).
5. Aanbevelingen voor de invulling van de rendementsmethode aan de hand van de bepalingen in de Warmtewet.

De focus van het onderzoek ligt op het bepalen van de mogelijkheden voor de maximumprijs in de Warmtewet. Voor het plaatsen van de maximumprijs in de context van de Warmtewet zal ook een korte verhandeling worden gegeven van de ook in de Warmtewet benoemde *redelijke prijs* en zal daar waar nodig hiernaar worden verwezen.

In deze rapportage zal veelvuldig worden verwezen naar de Kamerstukken die zijn gerelateerd aan de Warmtewet. Een overzicht van al deze documenten is gegeven in Bijlage A. De referenties in de tekst verwijzen naar de formele



nummers van deze documenten. Zo verwijst bijvoorbeeld 29 048, Nr. 22 naar de Zesde Nota van wijziging.



2 Methoden voor tariefberekening

Reeds in 1975 werd geadviseerd door de adviesgroep Stadsverwarming dat bij het bepalen van de prijs van warmte een zodanig tarief gehanteerd moet worden, dat de gebruiker gemiddeld niet duurder uit is dan bij gebruik van aardgas voor individuele verwarming. Het zogenaamde Niet-Meer-Dan-Anders-principe (NMDA). Het NMDA-principe wordt sindsdien toegepast bij warmteprojecten in Nederland¹.

Begin 2009 is door de Eerste Kamer het initiatiefwetsvoorstel van Ten Hoopen Samsom goedgekeurd, de Warmtewet (Eerste Kamer, 2008). In deze wet wordt vastgelegd welke methoden gehanteerd moeten worden voor het bepalen van de warmteprijsen. In dit hoofdstuk worden de huidige tariefsystematiek (i.e. de marktwaardemethode) en de bepalingen in de Warmtewet met betrekking tot de maximumprijs behandeld.

2.1 Huidige methode

Sinds 1994 wordt de warmteprijs in Nederland berekend aan de hand van de marktwaardemethode. In de marktwaardemethode wordt op basis van praktijkonderzoek (met panels) de warmteprijs bepaald. De prijs van het gemiddelde energiegebruik in gasgestookte woningen is maatgevend voor de prijs van de warmte die geleverd wordt aan stadsverwarmingswoningen. Het idee hierachter is dat een gemiddelde gebruiker met een warmteaansluiting op deze manier nooit meer kwijt is dan een gemiddelde gebruiker van aardgas (Niet Meer Dan Anders; NMDA).

2.1.1 Marktwaardemethode

Het uitgangspunt van de marktwaardemethode is de stadsverwarming op landelijk niveau. Jaarlijks geeft EnergieNed een Tariefadvies over het berekenen van het NMDA-tarief. Het tarief in dit advies bestaat uit de volgende onderdelen:

- Aansluitbijdrage: een eenmalige bijdrage ter vergoeding voor de aansluiting van de woning op het warmtenet.

De berekening van de aansluitbijdrage voor warmtelevering is gebaseerd op het principe van 'vermeden kosten' van de gasaansluiting en de verwarmings-/warmwaterinstallatie. Dit houdt in dat de aansluitbijdrage voor warmte gelijk is aan het verschil tussen de investering van een cv- en stadsverwarmingsinstallatie (inclusief warmtapwater), vermeerderd met de aansluitbijdrage voor aardgas.

- Rentabiliteitsbijdrage: bij de aansluitbijdrage kan er sprake zijn van een rentabiliteitsbijdrage. Hierover worden in de onderhandelingsfase van het project afspraken gemaakt tussen warmtebedrijf en bouwpartijen en/of lokale overheid. Dit is een eenmalige, additionele bijdrage per aansluiting die soms nodig is om de investering rendabel te

¹ Het EZ-agentschap SenterNovem heeft onder andere als taak om toezicht te houden op stadsverwarmingprojecten die financieel worden ondersteund door het Rijk of waar contractvoorwaarden moeten worden nagekomen. SenterNovem controleert de juiste toepassing van het NMDA-beginsel voor die projecten. SenterNovem beoordeelt ook het warmtetariefadvies van EnergieNed. De warmteprojecten die niet onder het toezicht van SenterNovem vallen hebben zich, al dan niet contractueel, verbonden om dat tariefadvies te hanteren (als bovengrens).



maken. In het tariefadvies wordt die tevens gerelateerd aan de vermeden gemiddelde kosten van EPN-maatregelen;

In verband met de hoge kosten van de aanleg van warmtenetten en de wens het NMDA-beginsel voor warmtelevering toe te passen op alle drie de tariefcomponenten is het soms niet mogelijk bij de start van nieuwe projecten een aansluitbijdrage te vragen waarmee het project aan de rentabiliteitseisen van het warmtebedrijf voldoet. Toch is het van belang dat warmteprojecten vanwege de gunstige milieuaspecten worden gerealiseerd.

Door de huidige EPN-wetgeving is ruimte ontstaan voor het vragen van een extra bijdrage waardoor projecten, eerder dan in het verleden, kostendekkend kunnen worden. Deze zogenaamde rentabiliteitsbijdrage kan gevraagd worden indien in woningen aangesloten op warmte niet alle energiebesparende maatregelen worden doorgevoerd die wel nodig zouden zijn indien de woning op het aardgasnet zou worden aangesloten. Ook deze eenmalige bijdrage kan ervoor zorgen dat een warmteproject haalbaar wordt.

- Vastrecht: een jaarlijkse vergoeding voor het aangesloten zijn op het warmtenet.

De hoogte van het vastrecht wordt eveneens berekend op basis van het principe van vermeden kosten. Hier speelt het vastrecht voor aardgas en de onderhouds- en vervangingskosten van de verwarmings- en warmwaterinstallatie een rol. Het vastrecht voor warmte wordt derhalve berekend op basis van:

- *het vastrecht voor aardgas;*
- *de kosten voor uitgespaard onderhoud en reparatie van de cv-ketel;*
- *de kosten verband houdende met verschillen in levensduur van de componenten van een cv- en stadsverwarmingsinstallatie.*

- Warmteprijs: de kosten voor de geleverde warmte, gebaseerd op het marktwaardeprincipe.

De warmteprijs wordt berekend door uit te gaan van de marktwaarde van warmte op landelijk niveau. In de praktijk komt het erop neer dat het gemiddeld energiegebruik van een representatieve groep warmtegebruikers (aantal GJ's en kWh's) wordt vergeleken met het energiegebruik van een identieke groep huishoudens met individuele gasgestookte centrale verwarming (m³'s en kWh's). Een warmtetarief uitgaande van marktwaarde op landelijk niveau betekent dat veranderingen in de markt voortdurend van invloed zijn op de hoogte van dit tarief. Zo zullen wijzigingen van bijvoorbeeld gedrag, wijze van koken, en cv-ketelbestand in de genoemde referentiegroepen er de oorzaak van zijn dat de marktwaarde van warmte continu in beweging is. Voor het vertalen van deze marktbevingen naar de juiste warmteprijs verricht EnergieNed van tijd tot tijd onderzoek.

Zoals duidelijk mag zijn, bevatten de vier componenten vele verschillende aspecten die mogelijk van invloed zijn op de hoogte van het resulterende bedrag dat betaald moet worden door de consument. Een uitgebreid overzicht van het bepalen van het NMDA-tarief volgens de marktwaardemethode is terug te vinden in het Tariefadvies voor 2009 van EnergieNed (EnergieNed, 2008).

Warmteprijs (GigaJoule-prijs)

Eén van de belangrijkste componenten van het vaststellen van de warmteprijs in de marktwaardemethode is het gemiddelde energiegebruik van warmte- en gaswoningen. Jaarlijks wordt in opdracht van EnergieNed door het onderzoeksbureau Millward Brown (v.m. CMA) een onderzoek uitgevoerd om te bepalen wat de omvang van de totale energieconsumptie is van warmte-



woningen en vergelijkbare gasgestookte woningen. Aan de hand van twee deelonderzoeken, Basisonderzoek warmte kleingebruik (BWK) en Basisonderzoek aardgas- en elektriciteitsgebruik (HOME), wordt voor een populatie warmtewoningen (BWK) en gaswoningen (HOME) bepaald wat het gemiddelde jaarlijkse energiegebruik is.

De uitkomsten van dit onderzoek worden bewerkt om te komen tot twee vergelijkbare populaties waarvan het enige onderscheid is dat de ene populatie stadsverwarming heeft en de andere een cv-installatie. Het gemiddelde elektriciteits- en aardgasgebruik² van zowel de warmte- als gaswoningen wordt vervolgens gehanteerd om de prijs per GJ warmte te bepalen met de volgende formule:

$$1GJ = \frac{(A \times \text{gasprijs}) + (B \times \text{elektriciteitsprijs}) - (C \times \text{elektriciteitsprijs})}{D}$$

Waarbij:

- A gemiddeld gasgebruik per jaar voor een gaswoning;
- B gemiddeld elektriciteitsgebruik per jaar voor een gaswoning;
- C gemiddeld elektriciteitsgebruik per jaar voor een warmtewoning;
- D gemiddeld warmtegebruik per jaar voor een warmtewoning.

Genoemde prijzen zijn inclusief accijnzen en belastingen. Doordat er regionale en commerciële verschillen zitten in de gas- en elektriciteitsprijzen, ontstaan ook verschillende warmteprijzen.

Sinds het vrijmaken van de energiemarkt kan overigens niet meer gesproken worden van 'de gasprijs' en 'de elektriciteitsprijs', zoals die voorheen per leveringsgebied bepaald waren. Dit levert nieuwe discussies op.

2.2 Prijsregulering in de Warmtewet

De Warmtewet introduceert een wettelijk vastgelegde prijsregulering voor warmtelevering, voor warmtegebruikers met een aansluitcapaciteit tot 1.000 kW. In de Warmtewet worden de maximumprijs en de redelijke prijs geïntroduceerd: de maximumprijs op basis van de rendementsmethode en de redelijke prijs op basis van de (integrale) kosten van de warmtelevering. De maximumprijs 'is gebaseerd op de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron'. De maximumprijs lijkt daarmee op het eerste gezicht op de NietMeerDanAnders-maximumtarieven zoals die op basis van de marktwaardemethodiek worden vastgesteld.

De invulling van de maximumprijs en redelijke prijs zijn echter niet in de wet vastgelegd. Er is daarom op dit moment nog niet in te schatten welke componenten worden meegenomen in deze berekeningen. Deze uitwerking zal worden vastgelegd in een AMvB (met verzwaarde voorhang). De bepalingen in de wetstekst geven wel richting. Nadere verduidelijking is terug te vinden in de Kamerstukken die het wetsvoorstel ondersteunen. Deze zijn echter lang niet altijd eenduidig, en soms is er zelfs sprake van tegenstrijdigheden.

Uitgangspunt voor uitvoering en interpretatie van de Warmtewet vormt de wetstekst zoals deze door de Eerste Kamer is aangenomen (29 048, A). Vanaf

² Het elektriciteitsgebruik wordt meegenomen omdat er door diverse oorzaken een verschil in het gemiddeld elektriciteitsgebruik tussen warmte- en aardgaswoningen kan optreden.



het eerst wetsvoorstel in 2003 tot de goedkeuring door de Eerste Kamer in 2009 zijn vele aanpassingen voorgesteld, doorgevoerd en afgevoerd. Voor de volledigheid is daarom in Bijlage A een overzicht gegeven van alle Kamerstukken die van doen hebben met de Warmtewet.

Voor zover aanpassingen zijn doorgevoerd, zijn deze onderdeel geworden van de Warmtewet (het uiteindelijke document dat door de Eerste Kamer is goedgekeurd; 29 048, A). Als wetteksten daarentegen zijn komen te vervallen, en dus geen onderdeel (meer) uitmaken van de inmiddels vastgestelde Warmtewet, zijn ook de betreffende toelichtingen op deze vervallen wetteksten niet langer relevant.

Uit de verschillende Kamerstukken blijkt nog veel onduidelijkheid over de opbouw en het vaststellen van de warmtetarieven. In de komende paragrafen zal een korte toelichting worden gegeven op de methoden zoals die zijn omschreven in de Kamerstukken. In hoofdstuk 5 wordt de interpretatie van de mogelijkheden van deze omschrijvingen uitgewerkt.

2.2.1 Maximumprijs

Ter bescherming van de consumenten is in de Warmtewet een maximumprijs benoemd. In artikel 4.1 van de Warmtewet wordt de maximumprijs als volgt omschreven: *'De maximumprijs is gebaseerd op de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron. Deze kosten worden bepaald met de rendementsmethode'* en artikel 4.4: *'Bij of krachtens algemene maatregel van bestuur worden nadere regels gesteld met betrekking tot de elementen en wijze van berekening van een maximumprijs bedoeld in het eerste lid'*. Deze omschrijving in de Warmtewet geeft richting aan de invulling van de rendementsmethode en de maximumprijs.

Na de vaststelling van een maximumprijs, worden de prijzen voor levering van warmte die hoger zijn dan de maximumprijs van rechtswege gesteld op die maximumprijs (29 048, A, art. 4.3).

Artikel 6.1 van de Warmtewet gaat voorts specifiek in op het maximumbedrag van de *aansluitbijdrage*: *'Indien door een vergunninghouder bij een verbruiker of ontwikkelaar een aansluitbijdrage in rekening wordt gebracht, bedraagt deze bijdrage maximaal hetgeen een gasverbruiker zou bijdragen in de situatie waarbij sprake is van aansluiting op een gasnet, te berekenen over een periode van 30 jaar'*.

Artikel 4.1 stelt *niet* dat er een maximumprijs per GigaJoule én een maximumprijs voor 'het vastrecht' moet worden vastgesteld. De Warmtewet stelt op dit punt alleen dat er een maximumprijs voor warmte moet komen die gebaseerd is op de integrale kosten die een gasgebruiker zou moeten maken voor een vergelijkbare situatie. Die maximumprijs kan opgebouwd zijn uit verschillende componenten. De nadere invulling van de methodiek ter vaststelling van de maximumprijs wordt per AMvB geregeld.

Warmtelevering

De maximumprijs van warmte wordt bepaald door de rendementsmethode. De methodiek en de aspecten die worden meegenomen in de rendementsmethode worden vastgelegd in een AMvB die wordt opgesteld door EZ. De wet noch de toelichtingen bieden voor de nadere invulling van de rendementsmethode specifieke beschrijvingen, maar geven wel duidelijk richting door onder andere de gassituatie als vergelijk te hanteren.



In de Vijfde Nota van wijziging (29 048, Nr. 20, p. 14) wordt de rendementsmethode globaal beschreven: *'De rendementsbenadering houdt in dat bij de bepaling van de maximumprijs voor warmte wordt uitgegaan van de hoeveelheid gas die nodig is om een bepaalde hoeveelheid warmte (ruimteverwarming, warm water voor sanitaire doeleinden en huishoudelijk verbruik), uitgedrukt in Gigajoules, na omzetting van het gas in een volgens de laatste stand der techniek gebouwde gasketel in warmte, te verkrijgen. De prijs die moet worden bepaald voor de hoeveelheid gas nodig voor de in een gasketel te produceren hoeveelheid warmte is bepalend voor de prijs die een verbruiker aangesloten op een warmtenet voor een gelijke hoeveelheid warmte, uitgedrukt in Gigajoules, moet betalen.'*

In de Zesde (en laatste) Nota van wijziging (29 048, Nr. 22) is overigens de bepaling m.b.t. een volgens de laatste stand der techniek gebouwde gasketel weer vervallen.

Vastrecht

In de wetstekst en de Memorie van toelichting is geen specifieke invulling gegeven aan het wel of niet aanwezig zijn van de component vastrecht in de maximumprijs. Alleen in de ondersteunende Kamerstukken wordt hier melding van gemaakt.

Het vastrecht is onderdeel van het leveringsonafhankelijke deel van de prijs voor levering van warmte. Dit is een jaarlijks bedrag in Euro. Het vastrecht is een component van de maximumprijs.

In 29 048, Nr. 24 (p. 13) wordt het vastrecht warmte gemaximeerd op het vastrecht voor gas. Document 29 048, Nr. 24 (p. 14) stelt echter dat de vermeden kosten van het uitgespaarde aanleg *en onderhoud* van een cv-ketel onderdeel kunnen uitmaken van het vastrecht. Deze tegenstrijdigheden laten dus ruimte voor meerdere interpretaties.

De vastrechtcomponent 'levensduurverschillen' uit de huidige marktwaardesystematiek kan bij de Warmtewet in principe worden verschoven naar de eenmalige aansluitbijdrage, waarbij de Warmtewet rept over de totale kosten van een gasaansluiting in 30 jaar. NB: In de huidige marktwaardesystematiek worden bij de onderbouwing van de NMDA-aansluitbijdrage de eenmalige verschilkosten tussen gassituatie en warmtesituatie opgesomd, en worden kosten ten gevolge van levensduurverschillen tussen componenten in beide situaties in het vastrecht ondergebracht.

Aansluitbijdrage

Volgens de wetstekst zal *indien door een vergunninghouder bij een verbruiker of ontwikkelaar een aansluitbijdrage in rekening wordt gebracht, deze bijdrage maximaal bedragen hetgeen een gasverbruiker zou bijdragen in de situatie waarbij sprake is van aansluiting op een gasnet, te berekenen over een periode van 30 jaar (Art. 6.1)*. Invulling aan deze aansluitbijdrage zal worden gegeven in een nader op te stellen AMvB.

Kamerstukken geven daarbij aanvullende richting voor de invulling van de aansluitbijdrage. Bij de vaststelling van deze bijdrage mag rekening worden gehouden met vermeden kosten als gevolg van de warmtevoorziening. Het gaat om uitgespaarde bouwkosten en zogenaamde uitgespaarde EPC-kosten (29 048, Nr. 22, p. 6).

Deze component is in de praktijk overigens voor gebruikers niet relevant bij de ontwikkeling van nieuwe, grotere woningbouwprojecten. In het overleg tussen projectontwikkelaar, gemeente(n) en warmteleverancier(s) zal in die gevallen besproken worden welke bijdrage de projectontwikkelaar betaalt om op een door de warmteleverancier aan te leggen warmtenet aangesloten te worden. Dit overleg speelt zich dus af in een situatie waarbij de projectontwikkelaar en



gemeente vrije keus hebben ten aanzien van de energievoorziening en er dus geen sprake is van een gebondenheid ten gevolge van een monopoliepositie. Bij dit overleg speelt de gebruiker geen rol.

Het is slechts relevant voor situaties waarbij een bouwproject is gerealiseerd en voorzien van een warmtenet. Indien op een later tijdstip nieuwe woningen of gebouwen binnen het project worden gerealiseerd bestaat de kans dat er weinig keus is voor een andere warmtevoorziening. Het artikel biedt consumenten in die situatie bescherming tegen te hoge aansluitbijdragen en maakt het tevens mogelijk dat consumenten van de uitgespaarde kosten - via het warmtebedrijf - profiteren.

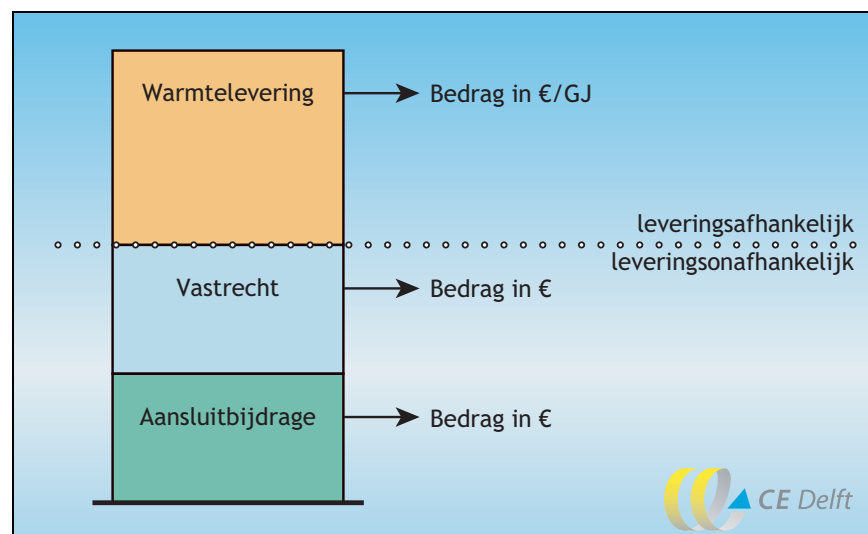
In de Warmtewet is de rentabiliteitsbijdrage, zoals die in de huidige marktwaardemethodiek is beschreven, niet gedefinieerd. Dat betekent echter niet dat deze post wegvalt, alleen dat deze niet in rekening gebracht mag worden door het energiebedrijf bij de warmteklant. Verrekenen met andere partijen is nog steeds een optie binnen de kaders van de wet, zoals de bovengenoemde passage laat zien.

In de wet is hiervoor echter wel een voorbehoud in opgenomen (combinatie van artikelen 1.f, 6.1 en 22.1). Dit is toegelicht in een Gewijzigd Amendement (29 048, Nr. 41): *'Het wetsvoorstel regelt de bescherming van de gebruiker tegen het in rekening brengen van een te hoge aansluitbijdrage door de vergunninghouder. In de gebruikelijke bouwpraktijk zullen de onderhandelingen over de hoogte van de aansluitbijdrage niet met de gebruikers, maar met de ontwikkelaars (projectontwikkelaars, woningcorporaties) gevoerd worden. Daarbij is er niet altijd sprake van een vrije onderhandelingsituatie.*

Indien een bouwproject ontwikkeld wordt in een gebied waar al een warmtenet aanwezig is kan er zelfs sprake zijn van een verplichte aansluiting op dit net. Het is daarom wenselijk dat de wettelijke bescherming tegen een te hoge aansluitbijdrage wordt uitgebreid tot de ontwikkelaars en dat ook de geschillenregeling voor hen wordt opengesteld.'

Schematisch zal de jaarnota volgens de maximumprijs voor een warmte woning als volgt zijn samengesteld, waarbij de regulering in principe op het totaalbedrag betrekking heeft tenzij de AMvB daar nadere detailleringen in aanbrengt.

Figuur 2 Schematische opbouw maximumprijs



3 Systeemgrenzen

Om te bepalen welke mogelijkheden er zijn om invulling te geven aan de rendementsmethode die uitgangspunt is bij de vaststelling van de maximumprijs, zal worden gekeken wat de relevante systeemgrens zou moeten zijn. De systeemgrenzen bepalen immers welke onderdelen van de warmtelevering van invloed (kunnen) zijn op het rendement van het totale systeem. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar de mogelijkheden die blijken uit de wetstekst en naar de daarop gebaseerde thermodynamische systeemgrenzen.

Voor het bepalen van de systeemgrenzen op basis van de wetstekst zal worden gekeken naar de drie onderdelen van de warmteprijs, zoals die in de Warmtewet zijn benoemd: warmtelevering, vastrecht en aansluitbijdrage. De Warmtewet zelf biedt niet veel houvast om de grenzen te bepalen, want het belangrijkste deel wordt vastgelegd in een nog nader in te vullen AMvB en beleidsregels.

De thermodynamische systeemgrenzen vormen onderdeel van de nog op de te stellen AMvB. Op dit moment is dan ook niet bekend welke componenten hier wel en niet binnen vallen. De wetstekst geeft echter wel richting. In de paragraaf over deze grenzen zal dan ook gepoogd worden een zo compleet mogelijk overzicht te geven van aspecten die van invloed kunnen zijn op de rendementsberekeningen. In hoofdstuk 5 wordt deze informatie gebruikt voor de analyse welke invulling van de methodiek het meest recht doet aan de bepalingen in de Warmtewet.

3.1 Systeemgrenzen wetstekst

De systeemgrenzen voor de bepaling van de maximumprijs zullen worden vastgesteld in een AMvB. De maximumprijs is gebaseerd op 'de integrale kosten die een gebruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron'. Deze kosten worden bepaald met de rendementsmethode (Warmtewet, art. 4.1). Aan de hand van de rendementsmethode stelt de NMa vast welke kosten een gebruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij gebruik van gas als energiebron (EK, 2008-2009, Handelingen, Nr. 21, p. 1082). Deze kosten kunnen dus alle kostencategorieën bevatten die een huidige gasgebruiker ook zou hebben: aansluitbijdrage, andere eenmalige kosten, vastrecht, andere periodieke vaste kosten, en leveringsafhankelijke kosten. Door in de wet te spreken van de integrale kosten, wordt de mogelijkheid geboden ook kosten als service en onderhoud mee te nemen bij het bepalen van de maximumprijs. Maar ook (het verschil in) de kosten voor de aanleg van de cv-installatie in de woning met alle aspecten die daar bij komen kijken. In Tabel 2 staat een overzicht van de verschillende componenten zoals die op dit moment in de huidige Marktwaardemethode zijn opgenomen en hoe deze terugkomen in de Warmtewet.

Zoals uit het voorgaande hoofdstuk blijkt, zal de maximumprijs uit verschillende componenten bestaan. Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt in leveringsafhankelijke en leveringsafhankelijke componenten.



Leveringsonafhankelijk

De maximumprijs heeft een leveringsonafhankelijke component die gebaseerd is op de integrale kosten van een gasreferentie. Hierbij moet voor een specifieke warmtesituatie een passende gasreferentie worden gekozen waarbij ' *dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron* ' plaatsvindt. Dit betekent dus dat bij een situatie dat de warmteverbruiker geen warm tapwater geleverd krijgt, een gasreferentie gekozen moet worden waarbij dit ook het geval is. Dit gaat ook op voor de comfortklasse van de warmtelevering en het wel of niet onderhouden van de warmte-unit.

Aansluitbijdrage

Bij de vaststelling van de aansluitbijdrage, die onderdeel is van de maximumprijs, mag rekening gehouden worden met vermeden kosten als gevolg van de andere warmtevoorziening. Het gaat om zowel uitgespaarde installatiekosten als om zogenaamde uitgespaarde EPC-kosten (29 048, Nr. 24, p. 15). De componenten voor de aansluitbijdrage worden vastgesteld per AMvB.

Vastrecht

In de wetstekst en de Memorie van toelichting is geen invulling gegeven aan het wel of niet aanwezig zijn van de component vastrecht in de maximumprijs. Alleen in de ondersteunende Kamerstukken wordt hier melding van gemaakt. Het vastrecht is onderdeel van het leveringsonafhankelijke deel van de prijs voor levering van warmte. Dit is een jaarlijks bedrag in Euro. Het vastrecht maakt onderdeel uit van de maximumprijs. In 29 048, Nr. 24 (p. 13) wordt het gemaximeerd op het vastrecht voor gas. Dit betreft echter niet de Wetstekst zelf. Document 29 048, Nr. 24 (p. 14) suggereert echter dat ook de vermeden kosten van de uitgespaarde kosten van de *aanleg en onderhoud* van een cv-ketel onderdeel kunnen vormen van het vastrecht. Dit vormt een tegenspraak met de bovengenoemde teksten.

De diverse Kamerstukken zijn dus niet eenduidig over de invulling van het vastrecht, de Wetstekst zelf doet er geen specifieke uitspraken over. Redelijkheidshalve gaan wij er vanuit dat het vastrecht binnen de maximumprijs in ieder geval de componenten 'uitgespaard vastrecht aardgas' bevat en de uitgespaarde kosten van de 'aanleg en onderhoud' van de cv-installatie, zodat recht wordt gedaan aan een integrale vergelijking van kosten.

Leveringsafhankelijk

Op dit moment zijn er geen grenzen in de Warmtewet aangegeven waarbinnen de rendementsmethode moet blijven. De wetstekst spreekt in deze context van de integrale kosten die een gasverbruiker zou moeten maken. Dit kan dus zowel de directe als indirecte kosten betreffen.

In de volgende paragraaf zal worden ingegaan op de aspecten die van invloed kunnen zijn op het rendement en de kosten behorende bij dit rendement.



Tabel 2 Grenzen Warmtewet

	Huidig - Marktwaaarde	Warmtewet - Maximumprijs
Aansluitbijdrage	Vermeden kosten voor verschil in kosten tussen SV en CV + aansluitbijdrage voor aardgas	Aansluitbijdrage voor aardgas (over 30 jaar). Wordt nader bepaald in AMvB (29 048, A, Art. 6.1; 29 048, Nr. 22, p. 6; 29 048, Nr. 24, p. 15; 29 048, Nr. 41)
Vastrecht	Uitgespaard vastrecht aardgas + levensduurverschillen + uitgespaard onderhoud en te vervangen onderdelen	Integrale kosten van de gas-referentie (29 048, Nr. 3, p. 22; 29 048, Nr. 24, p. 13/14).
Warmteprijs	Marktwaaardemethode	Rendementsmethode: grenzen niet gedefinieerd in de wet. Wordt nader bepaald in AMvB (29 048, A, Art. 4; 29 048, Nr. 20, p. 14).
Rentabiliteitsbijdrage (Valt buiten de scope van de Warmtewet)	Projectafhankelijk	Geen mogelijkheid om deze in rekening te brengen aan de individuele warmteklant (verbruiker) (over evt. verrekening met anderen zegt de Warmtewet echter niets).

3.2 Thermodynamische systeemgrenzen

De Warmtewet (artikel 4, lid 1) bepaalt dat de maximumprijs voor de levering van warmte is gebaseerd op de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron. Deze kosten worden bepaald met de rendementsmethode.

Tot op heden wordt, bij de bepaling van het warmtetarief met de marktwaardemethode, de groep warmtegebruikers afgezet tegen een vergelijkbare groep gasgebruikers. Op basis van de kosten die de groep gasgebruikers maakt, wordt het tarief van een gigajoule (GJ) warmte berekend (EnergieNed, 2008). Daarbij geldt het NMDA-principe. Dit betekent dat gebruikers van stadsverwarming nooit meer mogen betalen dan gasgebruikers. Het panel, de groep gasgebruikers, moet representatief zijn voor gemiddelde gasgebruikers in Nederland (zoals op aspecten als de verhouding VR-/HR-ketels).

Het Warmteforum heeft er met anderen, tijdens de voorbereiding van de Warmtewet, voor gepleit bij vaststelling van het leveringsafhankelijke deel van de maximumprijs rekening te houden met het energetisch rendement door de zogeheten rendementsmethode toe te passen³. Dit voorstel is overgenomen in de Warmtewet (29 048, Nr. 22).

Over de exacte invulling van de rendementsmethode, en de invloed daarvan op de uiteindelijk vast te stellen maximumprijs, is nog niets bekend omdat de Warmtewet daar niets over zegt. Toepassing van de rendementsmethode (en het afbakenen van systeemgrenzen) moet nog nader worden uitgewerkt in een

³ Zie: <http://www.energiecentrum.nl/cms/publish/content/showpage.asp?pageid=1441>.



algemene maatregel van bestuur (AMvB) door het ministerie van Economische Zaken (EZ) (29 048, A, Art. 4.4).

Op dit moment kan het dus nog alle kanten op en biedt de Warmtewet nog veel ruimte. De bepalingen in de wet geven echter wel richting. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de factoren, die passen binnen dit ruime kader van de Warmtewet en die van invloed zijn op het rendement van de gas-referentiesituatie⁴. Dit overzicht kan door EnergieNed worden gebruikt om de discussie met EZ en de Energiekamer te voeren over een invulling van de rendementsmethode in de AMvB die recht doet aan de bepalingen in de wet.

In artikel 4.1 van de Warmtewet wordt gesteld dat de maximumprijs is gebaseerd op de kosten die gemaakt moeten worden voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron.

Hiermee wordt wel gezegd wat de referentie-energiebron is, maar niet welke referentie-configuratie. Door ook het ontbreken van duidelijke omschrijvingen in de overige Kamerstukken, zijn als gevolg van deze beperkte beschrijving tal van referentiesituaties te bedenken. In de geest van de Warmtewet, wordt echter aangenomen dat de gasreferentie primair zal bestaan uit een individuele woning (of kleine utiliteit, < 1.000 kW) met een individuele cv-installatie. Hierbij wordt de keuze voor nieuwbouw of bestaande bouw in het midden gelaten.

In de Warmtewet is in artikel 4.1 opgenomen dat de maximumprijs is gebaseerd op de integrale kosten. Dit betekent ons inziens dat alle relevante aspecten die van doen hebben met de functie warmte binnen een woning meegenomen moeten worden in het bepalen van de maximumprijs. Echter, omdat niet duidelijk omschreven is wat de rendementsmethode inhoudt en welke componenten in de integrale kosten zitten, kan het alternatief ook zijn dat alleen naar het rendement van de HR-ketel wordt gekeken in een laboratoriumopstelling (zie 2.2.1). Dit alternatief doet in onze ogen echter geen recht aan de complexiteit van het totaal aan componenten die de integrale kosten beïnvloeden.

In de komende paragrafen wordt een overzicht gegeven van alle aspecten die van invloed zijn op het rendement van een gasreferentiesituatie. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in factoren die een directe invloed hebben op het gemiddelde rendement van de HR-ketel (thermodynamische grenzen rondom de ketel) en factoren die een indirecte invloed hebben op de HR-ketel, maar een directe invloed op de hele cv-installatie (thermodynamische grenzen rondom de woning).

Hoewel dit onderscheid soms arbitrair is, maakt dat voor het overzicht niet zo heel veel uit, omdat het hierbij vooral gaat om het benoemen van de factoren en minder om de juiste indeling.

Veel factoren laten enige vorm van overlap of wisselwerking zien. Dit is inherent aan de mogelijkheden die er bestaan bij cv-installaties. Om echter een zo compleet mogelijk beeld te geven, zijn deze factoren zo veel mogelijk uit elkaar gehaald door hen individueel te benoemen. Het zal duidelijk zijn dat om deze reden factoren niet zomaar bij elkaar opgeteld kunnen en mogen worden.

Deze paragraaf wordt afgesloten met een overzichtstabel.

⁴ Daarbij wordt het rendement gedefinieerd als het aantal benodigde eenheden aardgas van Groningenkwaliteit (m³) per eenheid nuttige warmte (GJ).



In de volgende paragrafen worden de volgende rendementstermen gebruikt die het speelveld van de factoren en de grenzen van de rendementsmethode opspannen:

- **Ketelrendement - maximaal:** dit is het maximale omzettingrendement van de ketel. Dit is het rendement dat wordt bepaald door de maximale warmte die uit de ketel komt bij een eenheid aardgas op bovenwaarde (een HR-ketel heeft berekend op onderwaarde een rendement van 107%, op bovenwaarde ongeveer 96%).

Het maximale rendement wordt alleen gehaald bij warmteproductie voor ruimteverwarming, wanneer de brander van de ketel een lange tijd aanstaat (de start/stops vinden plaats met een lager rendement). Bij warm tapwaterbereiding vinden relatief veel start/stops plaats, waardoor het rendement daarbij aanzienlijk lager is.

- **Ketelrendement - gebruiksgemiddeld:** als gevolg van verschillende rendementen voor ruimteverwarming (rv) en warm tapwater (wtw) zal in het werkelijke gebruik het ketelrendement zo goed als nooit het maximale rendement halen als gekeken wordt naar de nuttig geleverde warmte. Dit ketelrendement wordt dus bepaald door de verhouding rv/wtw. Het gebruiksgemiddelde rendement is het omzettingsrendement dat de ketel gemiddeld behaalt, door toedoen van externe factoren.

- **Jaarverbruikrendement:** de functie 'warmte' in een woning is meer dan de conversie van aardgas in warmte binnen een ketel, maar gaat over het voorzien in de warmtevraag van een woning. Het gaat dus om de productie van nuttig gebruikte warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater. Dit betekent dat vele factoren van belang zijn voor de invulling, zoals de warmtevraag door het jaar, warmtevraag als gevolg van de fysieke eigenschappen van de woning/locatie, gedrag van de gebruikers, type installatie, et cetera.

Het jaarverbruikrendement behelst dus niet enkel het maximale rendement, zoals dat in de meest optimale situatie bereikt kan worden, maar geeft aan wat het rendement is van de productie van nuttige warmte, waarmee voorzien wordt in de specifieke warmtevraag van een gebruiker. Dus hoeveel aardgas (en hulpenergie) is nodig om de woning/locatie gedurende het jaar op temperatuur te houden en te voorzien van het gevraagde warm tapwater.

Het verschil met het gebruiksgemiddelde rendement is dat daar enkel naar het omzettingsrendement van de ketel gekeken wordt (onder invloed van externe factoren) en dat bij het jaarverbruikrendement gekeken wordt naar het rendement van het totale systeem. In het volgende tekstblok wordt dit verder toegelicht.



Gebruiksgemiddeld ketelrendement versus jaarverbruikrendement

Onderstaand wordt een illustratie gegeven van het verschil tussen gebruiksgemiddeld rendement en jaarverbruikrendement. Deze omschrijving is fictief en dient dan ook enkel tot het verbeelden van de mogelijkheden. Het voorbeeld van isolatie is een van de velen die allen tot gelijkwaardige dynamieken leiden.

Op het eerste gezicht betekent een hoger gemiddeld ketelrendement altijd een betere energieprestatie, en dus een lagere energierekening. Maar is dat wel zo? Het antwoord is: nee.

De reden daarvoor is dat de energierekening niet bepaald wordt door het energetisch rendement van de cv-ketel, maar door de hoeveelheid aardgas die de ketel verstoekt om in de warmtevraag te voorzien. Het energetisch rendement van de ketel neemt toe als de ketel volcontinu in bedrijf is, maar daardoor stijgt ook het gasverbruik en dus de energierekening.

In het onderstaand voorbeeld wordt dit geïllustreerd. Twee fictieve, identieke woningen die enkel verschillen op hun isolatiegraad en bij warm tapwater op verschil in leidinglengte en -isolatie.

De slecht geïsoleerde woning heeft weliswaar een hoger gebruiksgemiddeld ketelrendement, maar ook een veel hoger aardgasverbruik dan de goed geïsoleerde woning. Het mag duidelijk zijn dat de kosten voor de goed geïsoleerde woning aanzienlijk lager liggen, ondanks het lagere ketelrendement. Dit laat duidelijk zien dat de energieprestatie van een woning in dit geval haaks staat op het gebruiksgemiddelde ketelrendement van een cv-ketel.

Tabel 3 Gebruiksgemiddeld ketelrendement versus jaarverbruikrendement (cijfers zijn illustratief en alleen bedoeld om het voorbeeld te verduidelijken)

	Slecht geïsoleerd (wtw slecht uitgevoerd)	Goed geïsoleerd (wtw geoptimaliseerd)
Nuttige warmtevraag rv (eenheden)	50	50
Verliezen rv (eenheden)	50	0
Warmtevraag rv (eenheden)	100	50
Nuttige warmtevraag wtw (eenheden)	20	20
Verliezen wtw (eenheden)	10	0
Warmtevraag wtw (eenheden)	30	20
Totaal nuttige warmtevraag	70	70
Totaal warmtevraag	130	70
Ketelrendement rv	91%	91% *)
Ketelrendement wtw	67%	67% *)
Energielevering rv (eenheden)	110	55
Energielevering wtw (eenheden)	45	30
Totaal energieverbruik	155	85
Gebruiksgemiddeld ketelrendement	84% (=130/155)	82% (=70/85)
Jaarverbruikrendement	45% (=70/155)	82% (=70/85)

Opmerking: *) Een lage warmtevraag leidt tot meer start/stops van de cv-ketel. Als gevolg hiervan zou het gebruiksgemiddelde ketelrendement van de goed geïsoleerde woning nog lager uitkomen. In dit voorbeeld worden de rendementen (ter illustratie) echter gelijk gehouden.



Het voorbeeld toont aan dat het ketelrendement als maatstaf te beperkt is. Een betere maatstaf is het jaarverbruiksrendement. Het jaarverbruiksrendement drukt uit hoe goed de gehele installatie presteert in de praktijk, dus hoeveel aardgas wordt verstoekt om te voorzien in de wisselende vraag van ruimteverwarming en warm tapwater. Met andere woorden: het gaat om hoeveel aardgas er wordt omgezet in *nuttige* warmte.

Neem als voorbeeld de warmteverliezen in leidingen. Leidingverliezen zorgen voor een hoger verbruik van gas en dus een hogere energierekening. Maar doordat ze er continu zijn zorgen ze er ook voor een betere gebruikstijd van de ketel, waardoor de ketel het verstoekte gas met een hoger rendement omzet in warmte (minder start-/stopverlies). De crux in dit voorbeeld is dat het geen *nuttige* warmte is, het gaat hier immers om leidingverliezen en niet om warmtevraag door de gebruiker.

Het voorbeeld maakt duidelijk dat in situaties waarin gas wordt verstoekt dat niet direct ten dienste komt van de warmtevraag van de gebruiker het gebruiksgemiddelde ketelrendement zal toenemen (84% ten opzichte van 82%), maar het jaarverbruiksrendement juist zal afnemen (45% ten opzichte van 82%). Met een hogere energierekening tot gevolg.

Leeswijzer

Er is zeer weinig tot geen onderzoek gedaan naar de gevolgen van individuele factoren op het rendement van de ketel of het systeem. Het onderstaande overzicht van de factoren die een invloed kunnen hebben op de verschillende rendementen is dan ook gebaseerd op een kwalitatieve inschatting. Daar waar wel kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn, wordt dat aangegeven.

Bij het overzicht wordt van iedere factor een inschatting gemaakt op drie aspecten: frequentie, ordegrootte en significantie.

Frequentie: De frequentie heeft betrekking op hoe vaak de betreffende factor voor komt of in potentie voor kan komen in de Nederlandse gebouwde omgeving waar gebruik wordt gemaakt van individuele centrale verwarming. Hierbij zijn de categorieën hoog, midden en laag; van (in potentie) veel voorkomend tot weinig of niet voorkomend.

Ordegrootte: De ordegrootte geeft aan wat het procentuele verschil in rendement is tussen de referentie en het gevolg van de factor. Hierbij worden twee referenties aangehouden: (1) bij de systeemgrens Ketel is de referentie het maximale ketelrendement op bovenwaarde; (2) bij de systeemgrens Gebouw is de referentie een jaarverbruiksrendement bij een fictief verbruik, waarbij de factor van invloed is op een van de aspecten die het jaarverbruiksrendement beïnvloeden (*ceterus paribus*). Het betreft hier hoofdzakelijk kwalitatieve inschattingen in de categorieën: groot, middel en klein/geen. Voor een goed begrip van de tabel is verder van belang dat verschillende factoren onderling overlap in effecten kunnen vertonen en daarom niet zomaar bij elkaar opgeteld mogen worden.

Significantie: De significantie geeft aan of er significante gevolgen zijn als de betreffende factor niet wordt meegenomen in de systeemgrenzen voor de rendementsmethode. Dit is een afweging van de frequentie waarin deze factor (in potentie) voorkomt en de ordegrootte van de factor.

3.2.1 Jaarpraktijkrendement van de ketel

Essentieel voor het vergelijkbaar maken van de gasreferentiesituatie met de warmtesituatie is dat er gerekend moet worden met jaarpraktijkrendementen (op bovenwaarde). Metingen in laboratoriumtestopstelling met zeer geavanceerde meetinstrumenten, gelijkblijvende condities en optimale situaties geven enkel het maximale ketelrendement weer. Dit is geenszins te vergelijken met de werkelijke situatie in de gasreferentie, waar zeer veel aspecten invloed hebben op het uiteindelijke rendement van de warmteproductie en levering van een cv-installatie.



Het maximale ketelrendement (o.b.v. bovenwaarde) ligt bij de beste gasketels op dit moment rond de 96-98% (op onderwaarde 107-109%). Het rendement in de praktijk wordt bepaald door zeer veel factoren, waaronder bijvoorbeeld de interactie met de gebruiker of het jaartaprendement (het rendement waarmee warm tapwater geproduceerd wordt). Dit varieert sterk per cv-ketel, van rond de 63 tot de 81% op bovenwaarde (70-90% op onderwaarde).

Daarnaast wordt het maximale ketelrendement alleen gehaald wanneer deze continue draait zonder starts en stops. Al deze factoren zijn zeer lastig na te bootsen in een laboratoriumopstelling. Door het verbruiksrendement in de praktijk te bepalen, worden alle significante factoren meegenomen.

Door een jaarverbruiksrendement in de praktijk te bepalen, over tenminste één stookseizoen, kan een werkelijk behaald, realistischer, rendement worden bepaald, dat in het algemeen lager ligt dan in de laboratoriumsituatie.

Frequentie: Het jaarpraktijkrendement is in alle gevallen waar een individuele centrale verwarming is geplaatst relevant.

Ordegrootte: Het verschil tussen maximale ketelrendement en jaarpraktijkrendement is ongeveer 15-20%.

Significantie: Deze factor is zeer significant.

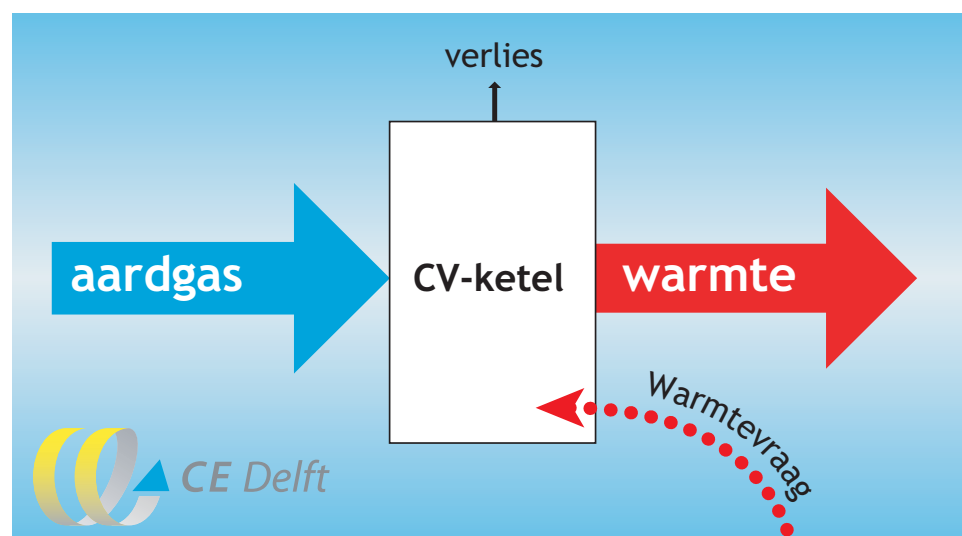
3.2.2 Systemegrens: ketel

De hieronder weergegeven opsomming van factoren die van invloed zijn op het rendement van de gasreferentiesituatie passen alle binnen het kader van de Warmtewet. Hierbij wordt de systemegrens rondom de HR-ketel getrokken (zie Figuur 3). Dit is een zeer enge benadering van de rendementsmethode, want vele aspecten die van invloed zijn op het rendement van de HR-ketel bevinden zich juist in de omgeving en het gebruik van de ketel. Echter, omdat het op dit moment nog niet bekend is welke systemegrenzen in de AMvB van het ministerie van Economische Zaken worden opgenomen, zullen de in deze paragraaf genoemde systemegrenzen de ondergrens van de benadering vertegenwoordigen.

Referentie voor ordegrootte:

Voor de ordegrootte van de rendementsverandering zal in deze paragraaf het maximale ketelrendement (HR107) als referentie worden gehanteerd.

Figuur 3 Beperkte systemegrens



1. Oude en nieuwe gasgestookte ketels

De mate waarin oude en nieuwe ketels meewegen in de rendementsmethode is van invloed op de hoogte van de toegestane maximumprijs voor levering van warmte. Opties waaraan gedacht kan worden:

- enkel het behaalde/te behalen (testopstelling- of praktijk)rendement van de meest gangbare technologie in nieuwe situaties wordt de norm;
- een gewogen gemiddeld rendement afhankelijk van het aanwezige 'ketelbestand' (oud versus nieuw) wordt de norm.

In het Warmteforum (maart 2007) is met partijen afgesproken dat bij de tariefstelling van de producten dient te worden uitgegaan van de energetische opwekrendementen op basis van de meest gangbare technologie in nieuwe situaties⁵.

Een gassteekproef, bestaande uit nieuwe woningen met nieuwe gasinstallaties, zal een hoger aandeel HR107-ketels bevatten dan een steekproef uit het totaal aan gasgebruikers. Het gevolg daarvan zal zijn, dat het gemiddeld rendement voor het ruimteverwarmingsdeel toeneemt, maar het relatieve aandeel ruimteverwarming in de totale warmtevraag juist afneemt (als gevolg van betere gebouwisolatie), en het relatieve aandeel tapwaterverwarming toeneemt.

Frequentie: Langzaam aan worden steeds meer oude conventionele of verbeterde rendementsketels vervangen en wordt hun aandeel steeds kleiner. Deze factor heeft een kleine frequentie.

Ordegrootte: Het rendementsverschil van tussen het maximale ketelrendement van alleen nieuwe ketels en een weging maximale ketelrendementen van nieuwe en oude ketels kan 0-10% lager zijn. Echter, door verschillende situaties in de praktijk, is het werkelijke netto-effect zeer lastig in te schatten/bepalen.

Significantie: In theorie is deze factor significant.

2. Type gasgestookte installatie

Bij de gasoptie zijn verschillende typen cv-ketels optimaal voor verschillende typen woningen. De keuze tussen een combi- of soloketel heeft gevolgen voor het gebruiksgemiddelde rendement van de installatie.

Een combiketel levert zowel ruimteverwarming als warm tapwater. Voor beide producten geldt een ander rendement. Voor de productie van warmte voor ruimteverwarming is dat veelal 96-98% (b.w.) en voor warm tapwater 63-81% (b.w.). Het gebruiksgemiddelde ketelrendement zal dus een gewogen gemiddelde zijn van deze twee rendementen.

Een soloketel levert alleen warmte voor ruimteverwarming. Met uitzondering van de start/stops gebeurt dit met het maximale ketelrendement. Voor de levering van warm tapwater is een soloketel echter afhankelijk van een boiler (gas, elektrisch, close-in). Het gebruiksgemiddelde rendement van de ketel aan zich zal dus het maximale rendement benaderen, maar boilers hebben vaak een aanzienlijk lager rendement⁶, waardoor het gezamenlijke rendement voor het leveren van ruimteverwarming en warm tapwater ook veel lager ligt.

⁵ Bron: Warmteforum (2007).

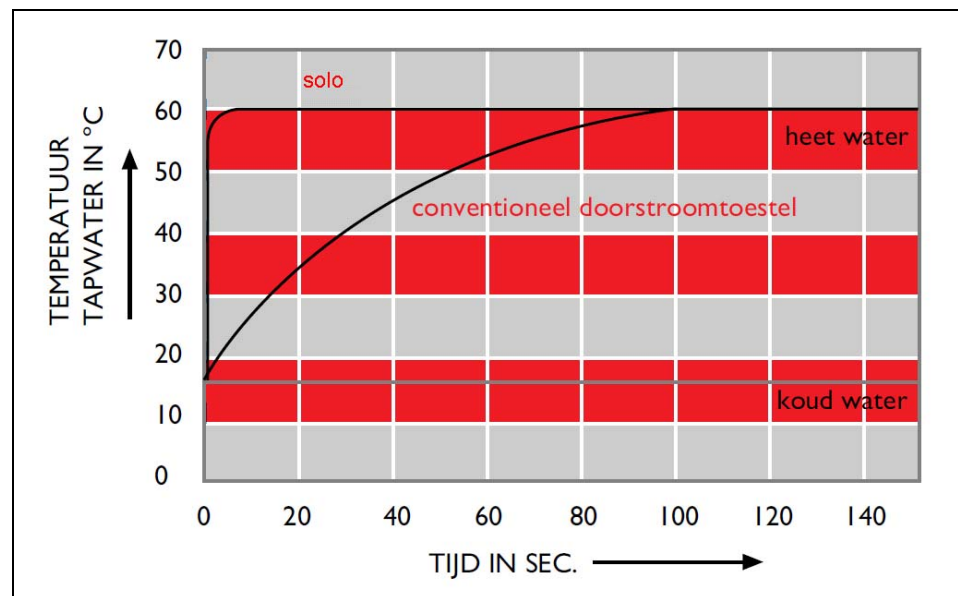
⁶ Zo moet bijvoorbeeld bij elektrische boilers worden meegenomen dat de elektriciteit die is opgewekt in Nederland gemiddeld al een verlies heeft van 60% (gemiddeld rendement Nederlands elektriciteitscentrales). De boiler zelf mag dan wel een hoog omzetrendement behalen, over de hele keten zal dat dus aanzienlijk lager liggen. En voor een correcte vergelijking moet naar het primaire energieverbruik worden gekeken.



Wanneer dus *sec* naar de ketel wordt gekeken, dan zal het gebruiksgemiddelde rendement van een soloketel aanzienlijk hoger liggen dan bij een combiketel. Hierbij moet alleen wel in ogenschouw worden gehouden dat in de ene situatie zowel ruimteverwarming als warm tapwater wordt geleverd en in de andere situatie alléén ruimteverwarming. Het maximale ketelrendement zal daarentegen in beide gevallen hetzelfde zijn, namelijk HR107.

Figuur 4 geeft weer wat het verschil is in levering van warm tapwater door middel van een boiler (solo) en door middel van een traditioneel doorloop-toestel (combi zonder voorraadvat). Het is duidelijk te zien dat het aanzienlijk langer duurt om dezelfde tapwatertemperatuur te bereiken met het doorloop-toestel.

Figuur 4 Warm tapwatervoorziening solo- en combiketel



Bron: Nefit, 2009.

- Frequentie:** Iedere situatie vraagt om een keuze tussen het type installatie. De inschatting is echter, dat in een groot deel van de situaties de installatie goed aansluit bij het gebruik.
- Ordegrootte:** Indien *sec* naar het verschil in maximum rendement van de ketel wordt gekeken en niet naar de producten, dan zal verschil nihil zijn. Indien ook wordt gekeken naar het gebruiksgemiddelde rendement, dan zal dat van een combiketel aanzienlijk lager liggen dan het maximum ketelrendement (10-20%). Bij een soloketel zal het ketelrendement het maximale ketelrendement benaderen (combinatie van maximaal ketelrendement en start/stops).
- Significantie:** Hoewel de ordegrootte moeilijk te bepalen is, is deze factor zeer significant. Omdat hier een keuze mogelijkheid is tussen twee technieken met ieder zeer verschillende karakteristieken en ontstaan er met die keuze ook significante gevolgen voor de rendementsmethode.



3. Comfortklasse gasgestookte installatie

Net als het type ketel, heeft ook de keuze voor de comfortklasse gevolgen voor het jaarrendement van de cv-installatie. Een CW3, 4, 5 of 6 zijn allen gedimensioneerd op een bepaald gebruik en comfortklasse. Indien deze dimensionering niet overeenkomt met het werkelijke gebruik, door bijvoorbeeld verandering in gezinssamenstelling of verkeerde inschatting bij installatie, dan kan dat gevolgen hebben voor het rendement.

De comfortklasse neemt over het algemeen toe naarmate meer gebruik wordt gemaakt van boilers (zodat op meerdere tappunten tegelijk warm water afgenomen kan worden). Zoals eerder beschreven, heeft dit gevolgen voor het gebruiksgemiddelde rendement van het systeem.

- Frequentie:** Iedere situatie vraagt om een keuze tussen het type installatie. De inschatting is echter, dat in een groot deel van de situaties de installatie goed aansluit bij het gebruik.
- Ordegrootte:** Deze factor heeft een minimale tot geen invloed op het maximale rendement, maar wel veel op het gebruiksgemiddelde rendement (dit zal afnemen).
- Significantie:** Kleine afname van het rendement, maar wel significant en relevant voor de rendementsmethode.

4. Verhouding ruimteverwarming/warm tapwater

Het cv-systeem bij de gasoptie heeft vaak verschillende rendementen voor het ruimteverwarmings- en tapwaterdeel. De verhouding van het energieverbruik voor verwarming en warm water is dus van invloed op het gebruiksgemiddelde rendement. Omdat huizen tegenwoordig beter geïsoleerd worden, neemt het warmtegebruik voor ruimteverwarming ten opzichte van warmtegebruik voor tapwaterverwarming naar verhouding af. Omdat het rendement voor tapwaterverwarming over het algemeen lager is dan voor ruimteverwarming zal dit een neerwaarts effect hebben op het 'overall' rendement en daarmee een opwaarts effect op de maximumprijs.

Hoewel de gevolgen van de verhouding rv/wtw binnen de systeemgrens van de ketel vallen, bevinden de oorzaken hiervan zich buiten deze systeemgrens. In paragraaf 3.2.3 wordt daarom een aanvullend overzicht gegeven van de verschillende factoren die van invloed zijn op de verhouding rv/wtw maar buiten de ketel liggen.

- Frequentie:** De verhouding ruimteverwarming/warm tapwater is in alle gevallen aanwezig.
- Ordegrootte:** Afhankelijk van het type ketel (solo of combi) en de situatie kan er een verschil in gebruiksgemiddeld rendement ontstaan van 0-20%. Het is afhankelijk van de situatie of dit een verbetering of verslechtering van het rendement is.
- Significantie:** Deze factor is zeer significant voor de rendementsmethode.

5. Slijtage warmtewisselaar

Het maximale rendement van een HR-ketel blijft in principe constant over de hele levensduur van de ketel, mits de warmtewisselaar niet verandert. In sommige gevallen gebeurt dit echter wel. Het betreft ketels met aluminium warmtewisselaars waarbij de aluminium lamellen in de warmtewisselaar langzaam worden aangetast door aluminiumoxide (Al_2O_3). Indien de warmtewisselaar van roestvrij staal (RVS) is geproduceerd zal dit niet voorkomen en zal er geen verschil in rendement ontstaan, mits goed schoongehouden uiteraard (Overdiep, 2009).



- Frequentie:** Indien er goed onderhoud wordt gepleegd, zal hier geen sprake van zijn.
- Ordegrootte:** Het verschil in maximaal rendement zal minimaal zijn.
- Significantie:** Deze factor wordt niet relevant/significant geacht.

6. Modulerende ketel op branderhoogte

De warmtevraag is nooit constant. Het is dan ook wenselijk om het juiste vermogen bij de juist te vraag te hebben. Hiervoor is het noodzakelijk dat een cv-ketel kan moduleren: wisselen in vermogen. Cv-ketels die hun vermogen terug kunnen regelen naar rond de 20 of 30% van het maximum vermogen zijn beter in staat (mits goed aangestuurd) om te voldoen aan de veranderende warmtevraag. Zo zal een modulerende ketel naarmate de beoogde ruimtetemperatuur in zicht komt op een steeds lager vermogen gaan branden, zodat deze niet pas stopt als de temperatuur is bereikt en daarna nog een na-ijleffect heeft. Dat leidt tot temperatuurschommelingen en onnodig energieverbruik. Dit verlaagt daarmee het jaarverbruiksrendement van het systeem.

Op dit moment zijn lang niet alle HR-ketels op markt in staat te moduleren op vermogen. Zij kunnen dus alleen aan en uit op vol vermogen. En daarnaast zijn er ook veel ketels op de markt die wel kunnen moduleren, maar die geen juiste thermostaat (geen OpenTherm) hebben en dus alsnog niet kunnen moduleren.

- Frequentie:** Er zijn op dit moment veel ketels op de Nederlandse markt die niet kunnen moduleren op branderhoogte. Of die de verkeerde aansturing krijgen.
- Ordegrootte:** Het maximale rendement zal naar verwachting niet veranderen. Het verschil in jaarverbruiksrendement wordt ingeschat op 0-5% (verbetering).
- Significantie:** Gezien de veelheid van voorkomen en de verbetering die behaald kan worden is deze factor significant.

7. Modulerende pomp

Een belangrijk onderdeel van de cv-installatie is de pomp die het water door het systeem pompt. Deze pomp is verantwoordelijk voor een groot deel van het elektriciteitsgebruik van de cv-installatie. Door de toepassing van toerengeregelde pompen zal de circulatie in het systeem gelijke tred houden met het afnemen van vermogen. Hiermee blijft de regeling stabiel en neemt het elektriciteitsverbruik sterk af (Van Vliet, 2008).

- Frequentie:** In veel situaties is géén sprake van een modulerende pomp (marktaandeel onbekend).
- Ordegrootte:** Deze factor heeft geen invloed op het maximale ketelrendement, wel op het jaarverbruiksrendement. De orde-grootte voor het jaarverbruiksrendement wordt geschat op 0-5% (verbetering).
- Significantie:** Gezien de veelheid van voorkomen en de verbetering die behaald kan worden op het jaarverbruiksrendement is deze factor significant.

8. Beschikbare techniek

Tot de Zesde Nota van wijziging werd in de Warmtewet gesproken dat de referentie de best beschikbare techniek zou zijn. In deze Zesde Nota wordt dit vervangen door: '*gebaseerd op de integrale kosten die een gebruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron.*'

Hierbij wordt dus niet meer gesproken over de best beschikbare techniek, maar wordt de mogelijkheid geboden om naar de gemiddeld toegepaste of meest gangbare techniek te kijken (zie punt 1).



In bepaalde situaties wordt in de praktijk een VR-ketel opgehangen. De voorkeur voor een VR-ketel zal dan vooral zijn ingegeven door bijvoorbeeld een lage warmtevraag en laag gasverbruik, de verschillende eigenschappen van een dergelijke ketel (zo is er bijvoorbeeld geen extra afvoer nodig voor de condens, of een aangepaste afvoer voor de condenserende rookgassen) en de lagere prijs er van. Door de wijziging van de omschrijving zou ook de VR-ketel voor deze situaties als referentie kunnen dienen.

In de onderstaande tabel staan de maximale rendementen die behoren bij de verschillende typen cv-ketels.

Tabel 4 Maximale rendementen cv-ketels

	Conventioneel	VR	HR100	HR104	HR107
Bovenwaarde			≥ 90%	≥ 93,5%	≥ 96%
Onderwaarde	70-80%	≥ 88,5%	≥ 100%	≥ 104%	≥ 107%

Frequentie: De voorkeur van een VR-ketel boven een HR-ketel is vooral gebaseerd op de kosten. Bij een zeer laag gasverbruik zal de meerinvestering voor een HR-ketel niet terugverdiend worden. Er wordt ingeschat dat deze factor weinig voorkomt.

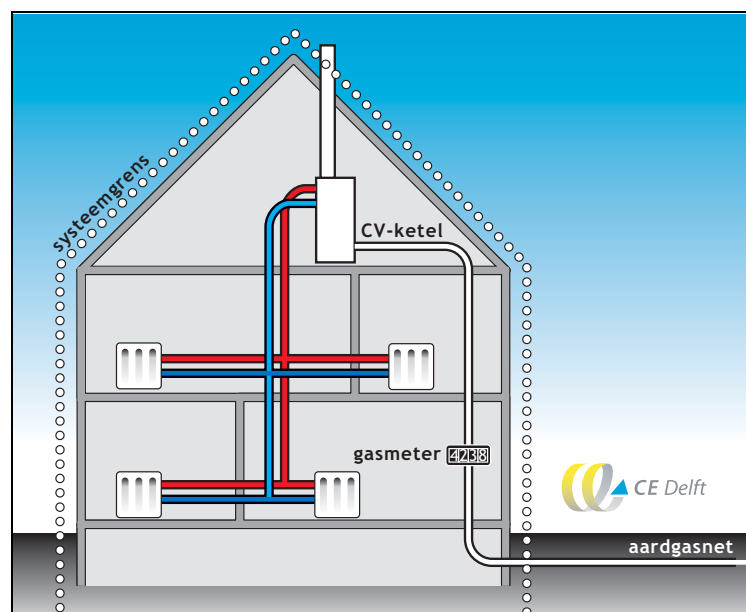
Ordegrootte: Het verschil in maximaal rendement tussen CV/VR en HR is afhankelijk van de keuze en wordt ingeschat op 10-30%.

Significantie: Deze factor is significant.

3.2.3 Systeemgrens: gebouw

De tweede mogelijkheid van de systeemgrens is het trekken van de grens rondom de woning/gebouw. Hiermee worden alle aspecten die met de functie 'warmte' voor een woning van doen hebben meegenomen. Ons inziens geeft het trekken van de systeemgrens rondom de woning/gebouw de meest logische invulling van de term 'integraal' in de wetstekst. De vergelijking met de gasreferentiesituatie doet op deze wijze het meeste recht aan het NMDA-principe. Dit wordt weergegeven in Figuur 5.

Figuur 5 Systeemgrens: gebouw



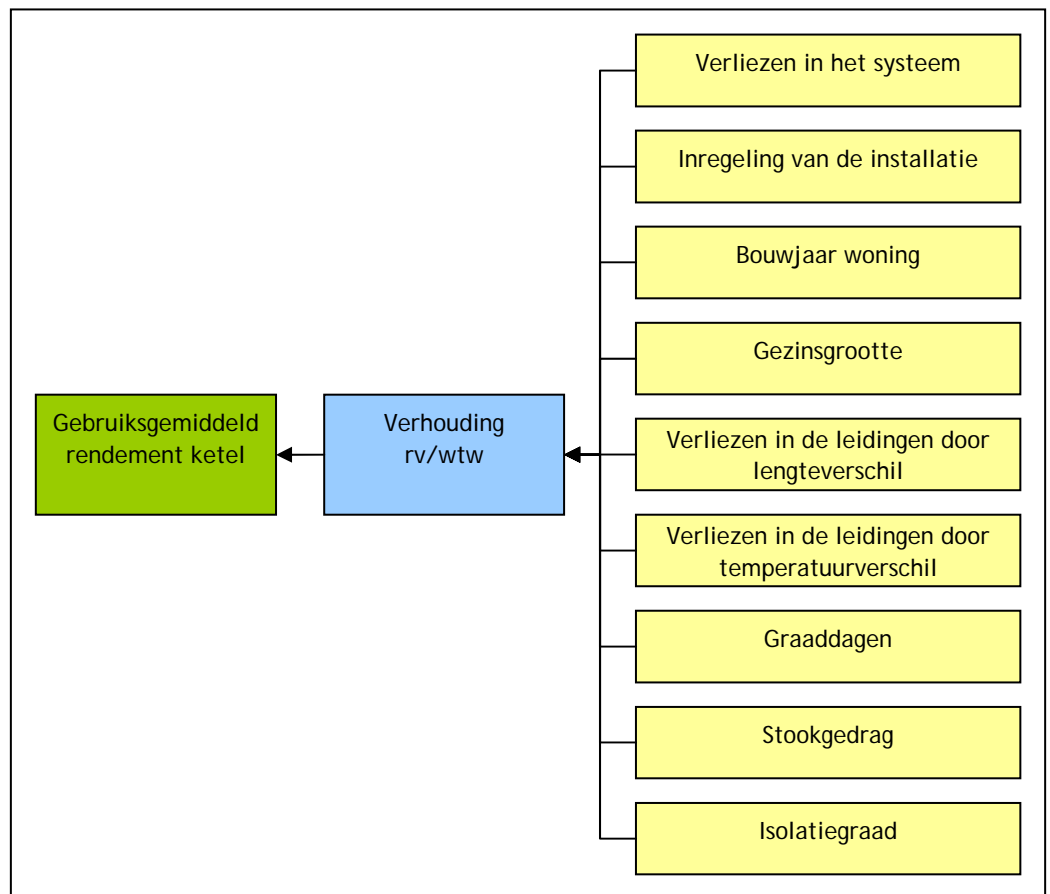
Referentie voor ordegraote:

Voor de ordegraote van de rendementsverandering zal in deze paragraaf het totaalrendement bij een fictief warmtegebruik als referentie worden gehanteerd. Hierbij wordt de ordegraote ingeschat van de gevolgen van de factor, waarbij de overige omstandigheden gelijk blijven (*ceterus paribus*).

9. Verhouding rv/wtw - systeemfactoren

Zoals bij factor 4 in de voorgaande paragraaf reeds is aangegeven, liggen vele oorzaken voor een verschil in de verhouding rv/wtw niet binnen de ketel, maar juist binnen het gebouw. Onderstaand staan deze factoren individueel, kort toegelicht die een invloed hebben op het gebruiksgemiddelde rendement van de ketel. Figuur 6 geeft een overzicht van al deze factoren.

Figuur 6 Overzicht factoren van invloed op verhouding rv/wtw



a. Verliezen in het systeem

De warmteoptie en de gasoptie verschillen veelal wezenlijk qua infrastructuur in de woning. De Warmtewet geeft niet aan waar de systeemgrenzen liggen en welke verliezen dus wel/niet meetellen bij het berekenen van het (gemiddelde) rendement. Binnen de te bepalen systeemgrenzen hebben beide opties verschillende componenten en deze componenten dragen bij aan het rendement van het totale systeem. Hierbij valt te denken aan voorraadvaten, close-in boilers, leidinginfrastructuur, et cetera. Een belangrijk aspect hierbij is ook de locatie van de warmteconversie (nabij of ver weg van de grootste warmtevraag; woonkamer of andere vertrekken). Zonder een duidelijk beeld hiervan is het niet mogelijk een realistisch jaarverbruikrendement te bepalen. Er zal

een inschatting moeten worden gemaakt, bijvoorbeeld op basis van de aard van het woningenbestand, of de locatie van de warmteconversie inderdaad een factor van betekenis is. Immers, er zijn situaties denkbaar waarin verliezen in het systeem groter zijn bij de gasoptie dan bij de warmteoptie (eengezinswoning met ketel op zolder), maar ook andersom (appartementen-complex).

Daarnaast vindt bij warmtelevering geen conversie in de woning plaats. Voor de productie van 1 GJ warmte is in de gassituatie meer warmte nodig dan bij een warmtesituatie.

Tevens is er het bijkomende effect dat grotere verliezen in de woning/gebouw leiden tot een hoger gebruiksgemiddeld ketelrendement. Als gevolg van de verliezen zal de ketel namelijk langer moeten stoken om het gewenste comfortniveau te bereiken/behouden (met het maximale ketelrendement voor de ruimteverwarming), waardoor het gebruiksgemiddelde ketelrendement zal toenemen. Echter, hierbij zal uiteraard ook meer aardgas verbruikt worden.

- Frequentie:** In praktisch alle systemen vinden verliezen plaats.
Ordegrootte: Exacte gegevens zijn onbekend, maar de inschatting is dat het gebruiksgemiddelde rendement afneemt en het jaarverbruiksrendement toeneemt. Dit wordt ingeschat op 0-10%.
Significantie: Deze factor is significant.

b. Inregeling van de installatie

Het juist inregelen van een cv-installatie kan veel energie besparen en heeft daarmee invloed op het totaalrendement. Wanneer bepaalde delen van de woning/gebouw wel warm worden en andere niet, kan dat veroorzaakt worden door een verkeerde verdeling van de warmte.

Dit kan opgelost worden door de kamerthermostaat een paar graden hoger te zetten, maar dat resulteert in andere ruimtes die te warm worden. Een alternatief is het waterzijdig inregelen van de installatie. Hierbij dient dan wel iedere radiator voorzien te zijn van een inregelventiel. Dat is een eenmalige handeling waarmee men de maximale doorstroomopeningen van de radiator-kranen op elkaar afstelt. De juiste instelling is afhankelijk van de afstand van de radiator tot de ketel. Hoe verder, hoe minder druk er zal zijn, en hoe groter de opening zal moeten zijn.

Hoe waterzijdig inregelen in theorie kan leiden tot energiebesparing en comfortverhoging is bekend. Het effect van waterzijdig inregelen blijkt in de praktijk echter door meer parameters te worden bepaald dan er bij het waterzijdig inregelen op zich aan bod komen (ECN, 2003a). Daarnaast blijkt er een zeer grote spreiding in de behaalde besparingen bij het waterzijdig inregelen voor te komen, zowel bij de woningbouw (Novem, 2002) als de utiliteitsbouw (Novem, 2003).

Bij grotere installaties speelt dit probleem ook en misschien nog wel meer, omdat hier over het algemeen grotere cv-netwerken bij horen en meerdere ruimtes (bijvoorbeeld een kleine school of kantoorgebouw).

Een niet-optimaal afgestelde cv-installatie heeft invloed op de verhouding rv/wtw en daarmee op het gebruiksgemiddelde rendement van de ketel.

- Frequentie:** Er wordt ingeschat dat bij veel cv-installaties een verbetering behaald kan worden.
Ordegrootte: Het verschil in verbruik wordt ingeschat op 0-10% (lager) voor ruimteverwarming. Het jaarverbruiksrendement zal stijgen.
Significantie: Deze factor is significant.

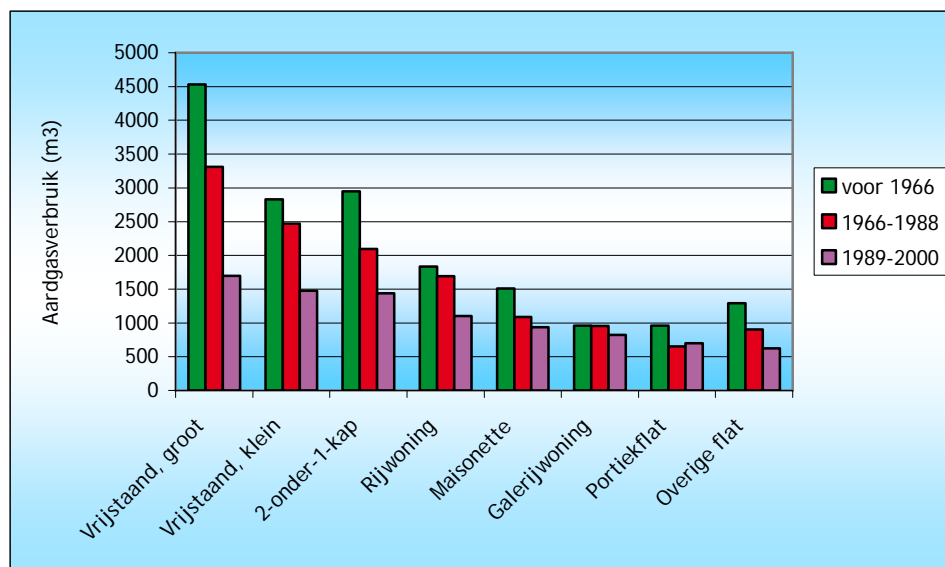




c. Bouwjaar woning

Het bouwjaar van de woning geeft een goede indicatie van de aanwezige isolatiemaatregelen in de schil van de woning. Oude woningen hebben gemiddeld een slechtere isolatie dan nieuwe woningen. Met name sinds de invoering van de EPC (sinds 1995 verplicht), worden de energieprestaties van woningen steeds beter. In de onderstaande tabel staan de warmtevragen van verschillende typen woningen per bouwperiode.

Figuur 7 Aardgasverbruik naar bouwjaar woning



Bron: SenterNovem, 2007

Het gevolg van betere isolatie is niet alleen dat de warmtevraag overal lager is, maar ook de verhouding ruimteverwarming/warm tapwater anders is. Het aandeel tapwater zal groter worden en aangezien het produceren van tapwater gemiddeld een lager rendement heeft, zal het gebruiksgemiddeld rendement ook afnemen (zie tabel 6). Dus een lager energieverbruik, maar óók een lager energetisch rendement.

Tabel 5 Illustratie verandering gebruiksgemiddeld rendement (b.w.) als gevolg van verandering in warmtevraag

	Oud		Nieuw	
	Ruimte	Water	Ruimte	Water
Aantal eenheden	78	22	55 (-30%)	20
Rendement (b.w.)	91%	67%	91%	67%
Gebruiksgemiddeld rendement (b.w.)	85,7%		84,6%	

Opmerking: Door bijvoorbeeld na te isoleren kan 30% op de vraag naar ruimteverwarming worden bespaard (aantal warmte-eenheden, min 30%). Door de veranderde verhouding tussen ruimteverwarming en tapwaterverwarming daalt het gebruiksgemiddeld rendement dan met 1,1%. (De rendementen komen uit EnergieNed (2009)).

Frequentie: Deze factor komt altijd voor.
Ordegrootte: Het gebruiksgemiddeld rendement varieert afhankelijk van de situatie met 0-20% en jaarverbruiksrendement zal verbeteren.
Significantie: Deze factor is significant.

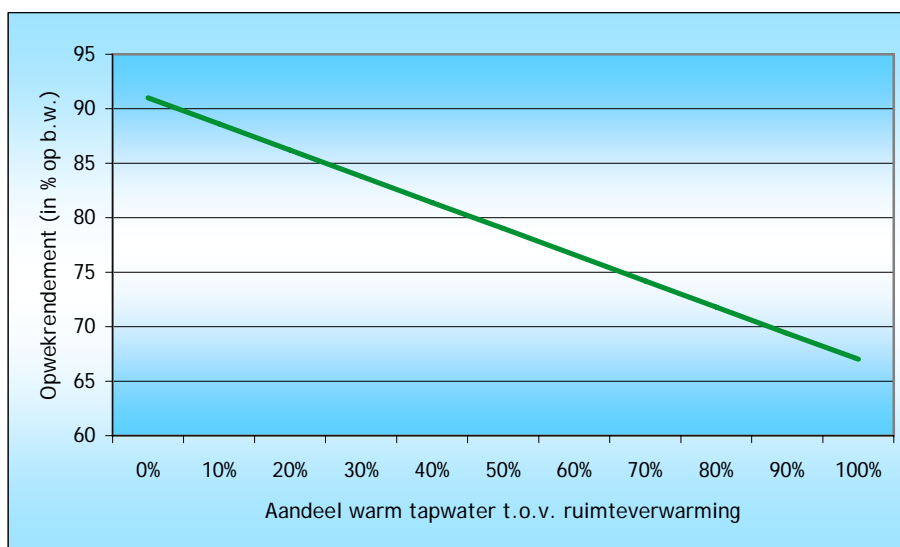
d. Gezinsgrootte

De gezinssamenstelling is vooral van invloed op het warm tapwatergebruik. In de berekeningen in de BAK (EnergieNed, 2001) speelt de gezinsgrootte een significante rol in het bepalen van het aandeel van warmwaterbereiding (gezinsgrootte, gezinsfactor, aantal douches/baden per week). Omdat de gezinsgrootte van kleine invloed is op het aardgasverbruik voor ruimteverwarming, zal er bij een groter gezin dus een groter aandeel warm tapwater zijn. Dit heeft dus gevolgen voor de verhouding rv/wtw.

De dynamiek tussen het gemiddelde opwekrendement en het aandeel warm tapwater wordt illustratief weergegeven in de onderstaande grafiek (Figuur 8). Dit loopt analoog met de aspecten van het bouwjaar en isolatiegraad van een woning.

Frequentie: Deze factor heeft een zeer hoge frequentie.
Ordegrootte: Het gebruiksgemiddeld rendement varieert afhankelijk van de situatie met 0-20% en jaarverbruiksrendement zal verbeteren.
Significantie: De gezinsgrootte wordt significant geschat voor het rendement.

Figuur 8 Gevolgen voor gebruiksgemiddelde rendement van HR-ketel naar aandeel van warm tapwater



e. Verlies in de leidingen door lengteverschil (verschil CV/SV)

Een cv-ketel wordt bij voorkeur geplaatst in een ruimte die zo min mogelijk gebruikt wordt. De zolder is de meest voor de hand liggende locatie. Vooral omdat afvoerpijpen dan gemakkelijk te installeren zijn.

Het gevolg van het plaatsen van de cv-ketel op zolder is dat de lengte van de verwarmingsbuizen hiermee gemiddeld genomen toe zal nemen. Zeker ten opzichte van stadsverwarming, waarbij de warmtewisselaar/overdracht zich veelal in meterkast op de begane grond bevindt. Door de langere verwarmingsbuizen zal er ook meer warmteverlies optreden op locaties waar deze warmte niet nuttig gebruikt kan worden.

De nadelige effect wordt versterkt wanneer in ogenschouw wordt genomen welke locaties in de woning gemiddeld de meeste warmte vragen: woonkamer en keuken (bij uitstek de locaties waar de thermostaat zich bevindt). Hiermee wordt de zolder dus de meest afgelegen bron van warmte ten opzichte van de hoofdvraag aan warmte. Met veel verliezen in de lange leidingen tot gevolg. De warmtewisselaar in de meterkast is juist optimaal gepositioneerd voor de gemiddelde woningen, vanwege de kortere leidingen naar de hoofdvraag aan warmte.

De rendementsverandering van dit punt is sterk afhankelijk van de vormgeving van de warmte-installatie. Zo zullen bijvoorbeeld bij appartementencomplexen met lange warmteleidingen de verliezen in de leidingen groter zijn dan wanneer al deze appartementen individuele cv-ketels hebben.

Op basis van een onderzoek van Gastec (1997) is te concluderen dat de gemiddelde energetische besparing van de 9 toestellen op 22% ligt (verschil tussen zolder- en keukenopstelling). Deze besparing wordt behaald op een deel van de warmtevraag (tapwater). Onze inschatting is dat gezien de spreiding in de rapportage van Gastec en het samennemen van rv/wtw het aannemelijk is dat de spreiding van de systeembesparing (het verschil tussen een keuken/meterkastopstelling (bij SV) en zolderopstelling) ingeschat kan worden op 10-20%.

De frequentie is moeilijk in te schatten. De situatie doet zich vooral voor bij niet-gestapelde woningen. Uit gegevens van SenterNovem blijkt dat 70% van de woningen in Nederland niet-gestapeld is (vrijstaand, 2-onder-1, rij). Er mag dus verwacht worden dat de frequentie van voorkomen hoog is.

Het tegengaan van verliezen in de leiding is relatief eenvoudig, maar hier dient wel in geïnvesteerd worden. Leidingisolatie heeft een significante besparingsmogelijkheid en daarmee op het rendement van het systeem. Dit geldt voor zowel stadsverwarming als voor cv-installaties.

- Frequentie:** De frequentie van het verlies als gevolg van de lengte van de leidingen wordt matig ingeschat.
- Ordegrootte:** Het verschil in jaarverbruiksrendement wordt ingeschat op 10-20% (verbetering).
- Significantie:** Deze factor wordt als significant ingeschat.

f. Verlies in de leidingen door T-verschil

Uit de Eerste hoofdwet van de thermodynamica kan worden afgeleid dat de overdracht van warmte toeneemt, naarmate het verschil in temperatuur tussen de leiding en de omgeving groter wordt.

Voor stadsverwarmingsprojecten kunnen de gevolgen hiervan verschillen. Indien de stadsverwarming warmte levert van 70 graden en het wordt vergeleken met een cv-installatie op 90 graden, dan zal de stadsverwarming uiteraard in het voordeel zijn. Wanneer de referentie echter een LTV met HR-ketel is die op lagere temperaturen werkt, dan zal dit in het nadeel werken.

Ook voor dit punt geldt dat het tegengaan van verliezen in de leiding relatief eenvoudig is, maar hier dient wel in geïnvesteerd worden. Leidingisolatie heeft een significante besparingsmogelijkheid en daarmee invloed op het rendement van het systeem. Door goede leidingisolatie wordt de vraag naar ruimteverwarming lager en wordt daarmee de verhouding rv/wtw beïnvloed. Dit heeft waarschijnlijk een dalend jaarverbruiksrendement tot gevolg. Dit geldt minder voor stadsverwarming dan voor cv-installaties, vanwege de kortere leidingen bij stadsverwarming.



- Frequentie:** De frequentie van het verlies als gevolg van de temperatuur van de leidingen wordt matig ingeschat.
- Ordegrootte:** Het verschil in jaarverbruiksrendement wordt ingeschat op 0-5% (verbetering).
- Significantie:** Deze factor wordt als matig significant ingeschat.

g. Graaddagen

Belangrijkste vraag: hoe worden deze meegenomen in de rendementsmethode? De buitentemperatuur is van invloed op de vraag van ruimteverwarming voor de woning (en heeft geen invloed op de vraag naar warm tapwater) en daarmee heeft het ook invloed op het jaarverbruiksrendement van het systeem (verhouding ruimteverwarming/warm tapwater).

- Frequentie:** Buitentemperaturen hebben zeer veel invloed op de ruimteverwarming.
- Ordegrootte:** Onbekend (waarschijnlijk middelgroot).
- Significantie:** Deze factor heeft veel significantie.

h. Stookgedrag

Het stookgedrag (of beter: het gedrag van de consument met betrekking tot stoken en tapwaterverwarming) heeft niet alleen wezenlijke invloed op het energiegebruik, maar ook op het totale energetisch rendement van een installatie. Zuinig stoken betekent een lager energiegebruik, maar daardoor ook een relatief hoger aandeel warmtapwatergebruik. Het stookgedrag en gedrag m.b.t. tapwaterverwarming heeft ook effecten op het aantal starts/stops van de gasinstallatie, en op de tijdsverhouding vollast en deellast.

- Frequentie:** Het stookgedrag van bewoners/gebruikers heeft veel invloed op het jaarverbruiksrendement van een installatie. De inschatting is dat hier vaak verbeteringen op te behalen zijn.
- Ordegrootte:** Onbekend.
- Significantie:** Deze factor heeft veel significantie.

i. Isolatiegraad

De mate waarin een gebouw of woning geïsoleerd is, is een van de belangrijke indicaties van de warmtevraag. Met een goede isolatie zal de vraag naar ruimteverwarming afnemen en verandert de verhouding ruimteverwarming/warm tapwater. Dit heeft waarschijnlijk een dalend gebruiksgemiddeld rendement tot gevolg.

Indien er sprake is van na-isolatie, dan kan het voorkomen dat bij het plaatsen van een nieuwe cv-ketel er sprake is van overdimensionering (zie Vermogen gasgestookte installatie).

- Frequentie:** De isolatiegraad is voor iedere woning van invloed op de warmtevraag en daarmee het rendement.
- Ordegrootte:** Het gebruiksgemiddeld rendement varieert afhankelijk van de situatie met 0-20% en jaarverbruiksrendement zal verbeteren en wordt ingeschat op 0-20%.
- Significantie:** Deze factor wordt als significant ingeschat.

10. Vermogen gasgestookte installatie

Naast typen en comfortklassen zijn er ook verschillende vermogens voor cv-installaties. Met betrekking tot de vermogens kan op basis van de Warmtewet een onderscheid worden gemaakt in woningen (aansluitingen met maximaal ongeveer 50 kW) en utiliteit of blokverwarming (aansluitingen tot maximaal 1.000 kW).



Voor beide situaties is het uiteraard van belang dat de installatie goed gedimensioneerd is. Niet te veel (zodat er te veel warmte wordt geproduceerd, met bijvoorbeeld doorschieteffecten) en niet te weinig (zodat ruimtes niet warm te krijgen zijn).

Deze dimensionering is van vele factoren afhankelijk en kan dan ook veel van invloed zijn op het totale rendement van de installatie wanneer dit niet correct wordt gedaan. Zo wordt veelal tijdens de ontwerpfase bepaald welk vermogen de verwarmingsinstallatie dient te hebben. Wenselijker is het om als de schil van het gebouw eenmaal klaar is te dimensioneren (bij voorkeur op een zeer koude dag), zodat het exacte gevraagde vermogen bepaald kan worden, maar dat is niet geheel realistisch. Een andere oorzaak van verkeerde dimensionering is bijvoorbeeld na-isolatie, waardoor de vraag naar ruimteverwarming daalt.

Een van de mogelijke gevolgen van een verkeerd gedimensioneerde eenheid is dat bijvoorbeeld de retourtemperatuur van het water te hoog is, waardoor de rookgassen niet meer kunnen condenseren. Dit heeft tot gevolg dat de HR-ketel in de praktijk als VR-ketel functioneert. Een verlies van snel 6% (Van Vliet, 2008).

Frequentie:	Er wordt ingeschat dat overdimensionering van een installatie weinig voorkomt.
Ordegrootte:	Het verschil in jaarverbruiksrendement wordt ingeschat op 0-5% (verbetering).
Significantie:	Hoewel de frequentie relatief laag is, is er een kans dat er ongemerkt sprake is van overdimensionering. Juist omdat dit in de bestaande bouw voor kan komen (door bijvoorbeeld na-isolatie), wordt deze factor als significant ingeschat.

11. Onderhoud van de installatie

De mate waarin de installatie wordt onderhouden, is eveneens van invloed op het te behalen rendement. Goed onderhoud voorkomt vervuilingen van de installatie die tot storingen kunnen leiden die ten koste gaan van het rendement⁷. Zo kan de gas/luchtfactor veranderen door onvoldoende onderhoud, met een onvolledige verbranding tot gevolg (vast te stellen met een CO₂/CO-meting).

Gangbaar bij een cv-installatie is een jaarlijkse onderhoudsbeurt. Met de kanttekening dat cv-servicebedrijven bij een onderhoudsabonnement voor een nieuwe cv-ketel de eerste jaren veelal geen onderhoud rekenen.

Frequentie:	Alle cv-installaties moeten jaarlijks worden gecontroleerd.
Ordegrootte:	Als gevolg van slecht onderhoud kan het jaarverbruiksrendement aanzienlijk afnemen. De ordegrootte wordt ingeschat op 0-20%.
Significantie:	Deze factor is significant, te meer omdat het wel of niet opnemen van onderhoud in de integrale kosten voor de rendementsmethode één van de keuzemogelijkheden is.

12. Type verwarming (HTV/LTV)

Een HR-ketel bereikt haar hoge rendement door energie terug te winnen uit neerslaande waterdamp. Voor deze condensatie mag de retourtemperatuur niet hoger zijn dan circa 50°C. Bij een traditioneel 90/70°C-systeem, condenseert de HR-ketel dan ook gedurende een groot deel van de tijd niet of nauwelijks en werkt hij als een VR-ketel. HR-ketels werken dan ook pas optimaal in combinatie met lage temperatuur verwarmingssystemen.

⁷ In Drenthe Bespaart (2009) wordt gesproken over 10% rendementsverlies.



Er zijn meerdere systeemconfiguraties met Lage Temperatuur Verwarming mogelijk. Voor alle configuraties geldt dat, door de lagere ontwerp-temperaturen, de HR-ketel een hoger maximaal rendement heeft. Met de standaard EPN-bepaling als uitgangspunt is de verbetering 2 à 3%. Dit kan in de praktijk echter oplopen tot 9%. Door verbeteringen van het jaarverbruiksrendement van vloer- of wandverwarming zijn de uiteindelijke energiebesparingen nog hoger (Tabel 7).

De onderstaande tabellen geven het verschil in maximaal rendement weer en welke verbeteringen te behalen zijn in het jaarverbruiksrendement ten opzichte van hoge temperatuur (HT)-radiatoren (respectievelijk HT-convectoren) en HR-ketel.

De te behalen rendementsverbetering door de lagere retourtemperatuur is beperkt (een paar procent), maar door het opheffen van de koudevlakken kan lager gestookt worden bij hetzelfde comfortniveau, waardoor een lager verbruik gerealiseerd wordt.

Tabel 6 Verschil in maximaal rendement (b.w.) voor ruimteverwarming tussen LTV en HTV

Verwarmingsinstallatie	Aanvoertemperatuur < 55° C	Aanvoertemperatuur > 55° C
Conventioneel	0,75	0,75
VR	0,80	0,80
HR-100	0,925	0,90
HR-104	0,95	0,925
HR-107	0,975	0,95

Bron: SenterNovem, 2009.

Opmerking: Maximaal rendement individuele centrale verwarmingstoestellen exclusief waakvlam, geplaatst binnen de begrenzing van de EPC-berekening, volgens NEN 5128.

Tabel 7 Verbeteringen van het systeemrendement door LTV

Uitvoering	Rendementsverbetering
Vloerverwarming met HR-ketel	6%
Wandverwarming met HR-ketel	9%
Radiatoren met HR-ketel	2 à 3%
Convectoren met HR-ketel	2 à 3%

Bron: Novem, 2001.

Frequentie: De mogelijkheid om te kiezen tussen LTV en HTV is niet altijd aanwezig.

Ordegrootte: Het verschil in jaarverbruiksrendement wordt ingeschat op 0-10% (verbetering).

Significantie: De rendementsverbetering kan redelijk hoog zijn, maar door de hoge kosten in de bestaande bouw, en de beperkte mogelijkheden, wordt deze factor als matig significant ingeschat.

13. Zekerheid van levering/storingsgevoeligheid

Er kan een mogelijk verschil zitten in de kans op onderbreking van de levering. Op dit moment is het ons niet bekend of hierin een verschil zit tussen cv-installaties en stadsverwarming. De gevoeligheid voor en de duur van de onderbrekingen kunnen effecten hebben op het jaarverbruiksrendement. De kosten van maatregelen voor het ondervangen van onderbrekingen zijn van invloed op de totale kosten.



- Frequentie:** De frequentie van onderbrekingen en storing is (zeker bij goed onderhoud) laag.
- Ordegrootte:** Het verschil in jaarverbruiksrendement wordt ingeschat op 0%.
- Significantie:** Deze factor wordt als niet significant ingeschat.

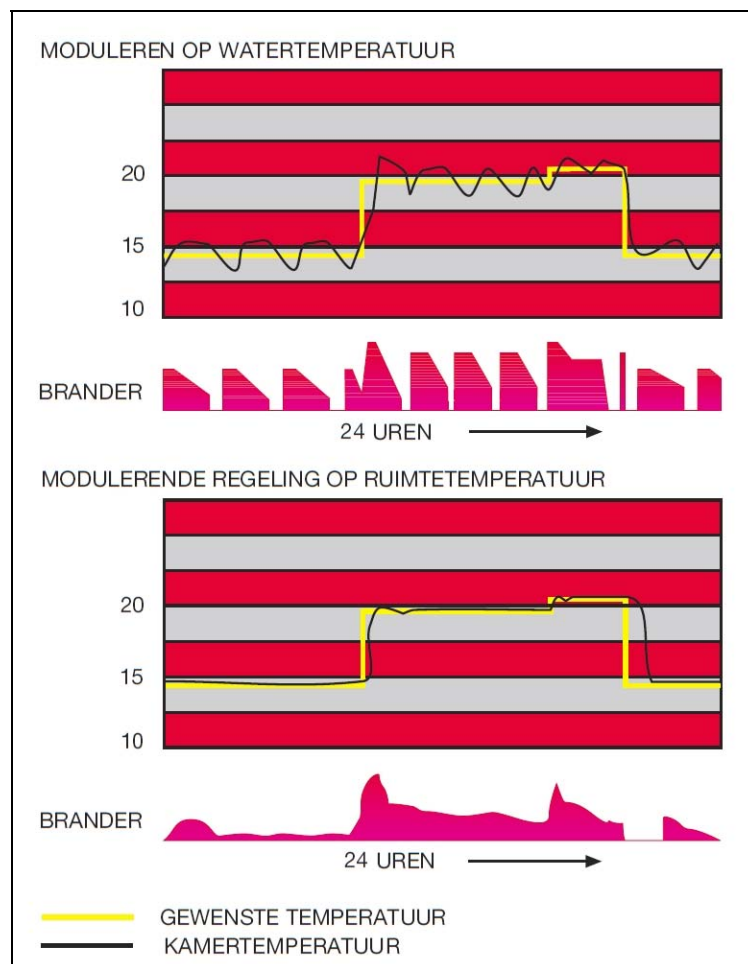
14. Modulerende ketel op ruimtetemperatuur of watertemperatuur

Bij problemen in het cv-systeem kan het wenselijk zijn om de cv waterzijdig in te regelen (op basis van de retourtemperatuur), zodat alle locaties binnen het gebouw of de woning goed worden verwarmd. Echter, wanneer het systeem juist gedimensioneerd is en er is sprake van een modulerende ketel, dan kan het inregelen op ruimtetemperatuur een aanzienlijke verbetering van het jaarverbruiksrendement opleveren.

In Figuur 9 wordt geïllustreerd wat de gevolgen zijn van het inregelen op ruimtetemperatuur en watertemperatuur. Het is duidelijk te zien dat bij een modulerende ketel, het verbruik bij inregelen op ruimtetemperatuur aanzienlijk efficiënter is dan bij watertemperatuur.

Het gebruiksgemiddelde rendement zal bij een modulerende ketel niet wezenlijk veranderen. Echter, doordat het aantal *overshoots* afneemt, is er in totaal minder aardgas nodig voor het leveren van nuttige warmte. Als gevolg hiervan zal jaarverbruiksrendement van het systeem toenemen.

Figuur 9 Resultaten verschillende regeling



Bron: Nefit, 2009.

- Frequentie:** Er wordt ingeschat dat in veel situaties een aanpassing verandering in modulatie van de cv-ketel een rendementsverbetering op kan leveren.
- Ordegrootte:** De verbetering van jaarverbruiksrendement wordt ingeschat op 5-10%.
- Significantie:** Deze factor wordt als significant ingeschat.

15. Type gasmeter/nauwkeurigheid

Voor een correcte implementatie van het NMDA-principe is het nodig om met meetinstrumenten te werken die ook daadwerkelijk in de markt toegepast worden. Meten met een zeer goed geijkte gasmeter in een laboratoriumopstelling geeft weliswaar in absolute termen het werkelijke verbruik weer, maar dit levert niet het juiste beeld op van wat er in de 'werkelijkheid' gebeurt.

De balgengasmeter, zoals die nu vooral wordt gebruikt, is geijkt bij een temperatuur van 7 graden Celsius. Afwijkingen op deze temperatuur leveren een andere meting. Echter, uit stukken van de Tweede Kamer blijkt dat op basis van praktijkervaring is gebleken dat de kwaliteit (nauwkeurigheid en betrouwbaarheid) van een aangepaste balgengasmeter met temperatuurcorrectie vergelijkbaar is met die van de 'gewone' balgengasmeters zonder temperatuurcorrectie (Tweede Kamer, 2008). Praktijkervaringen met elektronische meetinstrumenten zijn nog niet voorhanden.

Ook de nauwkeurigheid van de warmtemeter heeft enkele haken en ogen. Zo is deze meter onder andere minder goed in staat kleine warmtestromen te detecteren. Dit kan zogenaamd 'sluipverbruik' van warmte tot gevolg hebben. Wat de consequenties van deze onnauwkeurigheden zijn, is niet bekend.

- Frequentie:** Zeer veel gassituaties hebben balgengasmeters.
- Ordegrootte:** Onbekend (waarschijnlijk zeer klein).
- Significantie:** Onbekend.

16. (Her)ontwerp installatie

Het herontwerpen van de installatie kan vaak leiden tot optimalisatie. Vooral bij de wat grotere installaties in (woning)complexen kan door herontwerp besparing worden behaald. Belangrijke mogelijkheden zijn (Van Vliet, 2008):

- demonteer alle kortsluitleidingen;
- wijzig driewegverdeelkleppen naar tweewegkleppen (smoorschakeling);
- plaats een openverdeler;
- verwijder de hoofdtransportpomp of shunt pomp;
- voed een boiler met een separate ketel;
- decentrale verwarming.

- Frequentie:** Veel installaties zijn redelijk optimaal ontworpen. Bij slechts een klein deel kan door middel van herontwerp een besparing worden behaald.
- Ordegrootte:** De jaarverbruiksrendementverbetering van het systeem wordt geschat op 0-30%.
- Significantie:** Aangezien herontwerp niet vaak mogelijk of nodig is, is deze factor weinig significant.



3.2.4 Significantie van factoren

In Tabel 8 wordt een overzicht gegeven van alle factoren, hun significantie voor de rendementsmethode, frequentie van voorkomen en de ordegraote van de besparing die te behalen is (verschil tussen optimale toepassing en suboptimale toepassing).

Het gaat in Tabel 8 vooral om kwalitatieve inschattingen. Er is weinig tot geen onderzoek gedaan naar de mogelijke besparingen van individuele factoren.

Daar waar wel concrete besparingen bekend zijn, is dit aangegeven.

Tabel 8 is opgebouwd uit twee grote blokken, voor respectievelijk factoren met betrekking tot de systeemgrens 'Ketel' en factoren met betrekking tot de systeemgrens 'Gebouw'. Binnen deze blokken zijn de factoren in Tabel 8 gesorteerd naar significantie, zodanig dat de grootste en meest significante factoren bovenin het blok staan.

Tabel 8 moet als volgt geïnterpreteerd worden:

- Frequentie: De frequentie heeft betrekking op hoe vaak de betreffende factor voor komt of in potentie voor kan komen in de Nederlandse gebouwde omgeving waar gebruik wordt gemaakt van individuele centrale verwarming. Hierbij zijn de categorieën hoog, midden en laag; van (in potentie) veel voorkomend tot weinig of niet voorkomend.
- Ordegraote: De ordegraote geeft aan wat het procentuele verschil in rendement is tussen de referentie en het gevolg van de factor. Hierbij worden twee referenties aangehouden: (1) bij de systeemgrens Ketel is de referentie het maximale ketelrendement op bovenwaarde; (2) bij de systeemgrens Gebouw is de referentie een jaarverbruikrendement bij een fictief verbruik, waarbij de factor van invloed is op een van de aspecten die het jaarverbruikrendement beïnvloeden (*ceterus paribus*). Het betreft hier hoofdzakelijk kwalitatieve inschattingen in de categorieën: groot, middel en klein/geen.
Voor een goed begrip van de tabel is verder van belang dat verschillende factoren onderling overlap in effecten kunnen vertonen en daarom niet zomaar bij elkaar opgeteld mogen worden.
- Significantie: De significantie geeft aan of er significante gevolgen zijn als de betreffende factor niet wordt meegenomen in de systeemgrenzen voor de rendementsmethode. Dit is een afweging van de frequentie waarin deze factor (in potentie) voorkomt en de ordegraote van de factor.

Uit Tabel 8 valt op te maken dat het grootste deel van de significante factoren (deels) binnen de systeemgrens van het gebouw liggen. Op basis van dit overzicht kan dus worden geconcludeerd dat de aanbevolen systeemgrens voor het opstellen van de rendementsmethode ruim gekozen moet worden: de systeemgrens Gebouw, en niet de systeemgrens Ketel.

Deze gevolgtrekking heeft ook consequenties voor de verschillende onderdelen die in de maximumprijs meegenomen dienen te worden bij het bepalen van de integrale kosten, zoals de kosten voor onderhoud, installatie, et cetera.



Tabel 8 Significantie factoren

Factor	Frequen- tie	Orde- grootte	Signifi- cantie	Systeemgrens	
				Ketel	Gebouw
0. Jaarpraktijkrendement		- 15-20%		X	X
Systeemgrens Ketel					
4. Verhouding RV/WTW		+/- 0-20%		X	X
8. Best beschikbare techniek		+ 10-30%		X	
6. Modulerende ketel op branderhoogte		+ 0-5%		X	
7. Modulerende pomp		+ 0-5%		X	X
2. Type gasgestookte installatie		- 0-5%		X	
3. Comfortklasse gasgestookte installatie		- 0-5%		X	
1. Oude en nieuwe gasgestookte ketels		- 0-10%		X	
5. Rendement door de jaren heen		0%		X	
Systeemgrens Gebouw					
9e. Verlies door lengteverschil		+ 10-20%			X
9c. Bouwjaar woning		+/- 0-20%			X
9d. Gezinsgrootte		+/- 0-20%			X
9i. Isolatiegraad		+/- 0-20%			X
11. Onderhoud van de installatie		- 0-20%		X	X
14. Modulerende ketel op water/ruimte		+ 5-10%		X	X
9g. Graaddagen					X
9h. Stookgedrag					X
9a. Verliezen in het systeem		+ 0-10%			X
9b. Inregeling van de installatie		+ 0-10%			X
10. Vermogen gasgestookte installatie		+ 0-5%			X
16. (her)ontwerp installatie		+ 0-30%			X
12. Type verwarming (HTV/LTV)		+ 0-10%			X
9f. Verlies door temperatuurverschil		+ 0-5%			X
13. Zekerheid van levering/storingen		0%			X
15. Type gasmeter/nauwkeurigheid					X
	Hoog	Groot	Veel		
	Matig	Middel	Matig		
	Laag	Klein/geen	Weinig		



4 Nieuwe ontwikkelingen

De Warmtewet en de rekenmethode voor de maximumprijs, op basis van de rendementsmethode, moeten vele jaren meekunnen. De vast te stellen AMvB zou zo veel mogelijk robuust moeten zijn voor toekomstige ontwikkelingen van technieken die van invloed zijn op de gasreferentiesituatie waartegen het integrale tarief voor warmtelevering wordt afgezet; de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron. Zo mag bijvoorbeeld worden verwacht dat verdere aanscherping van de EPC-norm⁸ voor woningen ertoe zal leiden dat woningen nóg beter geïsoleerd worden en dat daarnaast nu nog relatief dure energie besparende bouw- en installatietechnieken, grootschaliger toegepast zullen gaan worden.

In bijlage B wordt een aantal toekomstige, met name technische, ontwikkelingen besproken op het gebied van warmtevoorziening (ruimte- en tapwaterverwarming) in de gasreferentiesituatie. Per ontwikkeling wordt een indicatie gegeven van het te verwachten effect bij toepassing van de rendementsmethode.

De overheersende trend van deze nieuwe technologische ontwikkelingen is dat zij de komende jaren vooral gekenmerkt worden door een hogere aanvangsinvestering en lagere variabele kosten (lager energieverbruik). Op dit moment zorgt dat er voor dat de *integrale* kosten voor de meeste technieken nog hoger zijn dan bij de gasreferentie, maar deze zullen in de toekomst waarschijnlijk dalen. Geen van de beschreven technieken heeft op dit moment een groot marktaandeel; de HR-ketel heeft op dit moment een dominante positie in de markt.

Los van technische ontwikkelingen ontwikkelt ook de vrije gasmarkt zich. Groen gas uit vergistinginstallaties wordt nu nog op kleine schaal ingevoerd in het aardgasnet, maar deze duurzame energiebron is groeiend. Compensatie van de CO₂-emissies van aardgasverbranding wordt als product aangeboden door energieleveranciers.

Het meest in het oog springend op dit moment is echter het groeiend aantal contractvormen rond aardgas. Met meerjarig vaste of met fluctuerende prijzen per kubieke meter, met relatief hoge vaste kosten maar lage prijzen per kubieke meter of juist omgekeerd. Ook stuntaanbiedingen komen voor, evenals koppelingen tussen gas- en elektracontracten.

Aangezien de maximumprijs voor warmte moet worden gebaseerd op de kosten die een verbruiker zou hebben gehad in een (fictieve) gassituatie, zijn deze ontwikkelingen ook van belang voor de bepaling van de methode voor de maximumprijs. Omdat de warmteklant, anders dan de gasklant, niet vrij is zijn leverancier te kiezen, is onze aanbeveling om op het punt van gasprijzen uit te gaan van het marktgemiddelde, gewogen naar marktaandelen (ervan uitgaand dat die gegevens voor de Energiekamer toegankelijk zijn).

Hoewel het van belang is dat bij het opstellen van de regels omtrent de maximumprijs de nieuwe ontwikkelingen in het achterhoofd te houden, zodat de regeling ook houdbaar is in de toekomst, zijn deze ontwikkeling voor dit moment minder relevant. Voor de Warmtewet is het mogelijk om naar de

⁸ Van 0,8 naar 0,6 in 2011 en van 0,6 naar 0,4 in 2015 (werkprogramma Schoon & Zuinig, VROM/EZ). Voor utiliteitsbouw gelden soortgelijke aanscherpingen.



gemiddeld toegepaste of meest gangbare techniek te kijken. Gegeven de veelheid aan nieuwe technologische initiatieven en ontwikkelingen, is het op dit moment niet mogelijk om aan te geven welke ontwikkelingen op welke termijn onder deze omschrijving zullen gaan vallen. Het mag immers duidelijk zijn dat het nog een lange tijd gaat duren voordat de miljoenen cv-installaties in Nederland vervangen zijn door een nieuwe technologie. De HR-ketel heeft op dit moment een dominante marktpositie.



5 Invulling Rendementsmethode

Zoals in de voorgaande hoofdstukken is beschreven en aangetoond gaat de Warmtewet voor de maximumprijs expliciet uit van een integrale vergelijking tussen de gas- en de warmtesituatie. Artikel 4.1 stelt: *'De maximumprijs is gebaseerd op de integrale kosten die een verbruiker zou moeten maken voor het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron. Deze kosten worden bepaald met de rendementsmethode.'*

De rendementsmethode wordt bij AMvB vastgelegd. De methode zal uitvoerbaar, transparant en zoveel mogelijk robuust in de tijd moeten zijn. Van belang voor invulling van de methode zijn de in de wet opgenomen termen **'integrale kosten'**, en de vergelijking met **'gas als energiebron'** (en bijvoorbeeld niet een geheel andere energiebron, zoals een elektrische warmtepomp). We nemen aan dat hier aardgas met Groningen-kwaliteit wordt bedoeld (energie-inhoud 31,65 MJ/m³ op onderwaarde), zoals in Nederland algemeen gebruikelijk in de gebouwde omgeving. In de ondersteunende teksten bij de wet wordt expliciet de gasketel genoemd als referentie. De wetstekst stelt in artikel 4.1 ook dat vergeleken moet worden op basis van **'dezelfde hoeveelheid warmte'** bij gebruik van gas als energiebron. Dit houdt ook in dat vergeleken moet worden tussen situaties met **gelijk comfort**, voor ruimteverwarming maar ook voor tapwaterverwarming. Dit is van belang voor het vaststellen van de specifieke gasreferentiesituatie.

De wetstekst maximeert dus de prijs van warmte aan de hand van de gas-situatie. **Het gaat hier per definitie om een vergelijking van een fysieke warmtesituatie met een fictieve gassituatie.** Immers: de specifieke warmteverbruiker waarvoor de maximumprijs moet worden vastgesteld verbruikt warmte, en geen gas. De gassituatie waarmee vergeleken wordt zal dus scherp moeten worden gedefinieerd. In Hoofdstuk 3 is uitgebreid ingegaan op alle mogelijke factoren die een rol spelen in het aardgasgebruik en het warmtegebruik in een specifieke situatie. Daarbij is ook aandacht besteed aan het effect dat een gasinstallatie met hoge verliezen zal leiden tot een hoog gasgebruik, en dus hoge kosten voor de gasgebruiker, maar ook tot een hoog ketelrendement omdat de gebruikstijd van de ketel toeneemt. Alleen al om die reden zal de **streeplijn** voor het vergelijken van de warmte- en de gassituatie **het gebouw** (de woning) als geheel moeten zijn, en niet slechts de gasketel⁹. Het gaat immers om het leveren van **nuttige warmte**.

Omdat het energetisch rendement van een gasinstallatie afhangt van het momentane type warmtevraag (i.e. vollast, deellast, ruimteverwarming, tapwaterverwarming) zal het energetisch rendement van een gasinstallatie van moment tot moment fluctueren binnen bepaalde bandbreedtes. Die bandbreedte is weer afhankelijk van het specifieke gebouwen gebruikssituatie waarin de gasinstallatie de warmte levert. We interpreteren de wet en de wetsgeschiedenis zodanig dat het niet de bedoeling kan zijn dat een warmteleverancier een momentaan energetisch rendement uitkiest waardoor de warmteprijs zo hoog mogelijk wordt. Alleen een nette vergelijking over een **vol standaard verbruiksjaar** doet recht aan artikel 4.1 van de Warmtewet. Met standaard verbruiksjaar wordt hier bedoeld: een jaar met een gemiddeld

⁹ Ook andere factoren kunnen tot eenzelfde effect resulteren. Niet één enkele factor is bepalend, maar de samenhang van de verschillende factoren.



buitentemperatuurprofiel, aangezien dit medebepalend is voor het aandeel ruimteverwarmingsvraag in de totale warmtevraag van een gebouw, en daarmee voor het gemiddeld energetisch rendement van de gasketel. Correcties van gas- en warmteverbruiken van een willekeurig jaar naar een standaardjaar zijn goed mogelijk, bijvoorbeeld door de graaddagenmethodiek toe te passen.

Met het vaststellen dat het om een nette vergelijking van gasgebruik en warmtegebruik gaat over een vol standaardjaar is de fictieve gassituatie echter nog niet voldoende gedefinieerd. Het gemiddeld energetisch rendement van de gasinstallatie hangt immers van de specifieke **gebruikssituatie** af (en dus ook niet alleen van de gasketelinstallatie), zoals uitgebreid aangetoond in hoofdstuk 3). Wij interpreteren de wet en wetsgeschiedenis zodanig, dat het niet de bedoeling kan zijn dat een warmteleverancier voor de vergelijking met de gassituatie een reële gasgebruikssituatie neemt, waarin echter het gemiddeld energetisch rendement van de gasinstallatie zo laag mogelijk is. Dit zou immers leiden tot een relatief hoge warmteprijs op basis van de rendementsmethode.

Het probleempunt in de vaststelling van de methodiek voor de rendementsmethode voor de maximum warmteprijs blijft het feit, dat het noodzakelijk is om de maximumprijs voor de fysiek bestaande, specifieke warmtesituatie vast te stellen, aan de hand van een fictieve, niet-bestaande gassituatie. Theoretisch zou de gebruikssituatie van de warmteklant tot in detail bepaald kunnen worden en zo goed mogelijk worden gematcht met een gebruikssituatie van een - afgezien van het verschil in warmtebron - zo identiek mogelijke en in detail gemeten gasklant. Zodat iedere warmteklant zijn eigen individuele gasreferentie zou krijgen. Dit lijkt ons in de praktijk een onuitvoerbare exercitie en leidt zeker niet tot de gewenste transparantie.

Al met al betekent het dus dat de rendementsmethode rekening moet houden met de verschillende **factoren** van de aardgasreferentie, **integrale kosten** van de aardgasreferentie, een **gelijkwaardig comfort** en **nuttige warmte** en dat alles bepaald naar een standaard verbruiksjaar voor een correct vergelijk met de aardgasreferentie.

Voor de invulling van de rendementsmethode zien wij in theorie vier verschillende oplossingsrichtingen, die we vervolgens zullen bespreken aan de hand van de eisen van de Warmtewet:

- het vaststellen van het maximale rendement van een HR-ketel in een laboratorium en het warmteverbruik terug te rekenen naar een gas-hoeveelheid (en daarmee de prijs);
- in een laboratoriumopstelling zo goed mogelijk een gemiddelde gasreferentie nabootsen, hierin het jaarverbruiksrendement bepalen en met dit rendement het warmteverbruik terug te rekenen naar een gashoeveelheid (en daarmee de prijs);
- in een bewoonde woning het jaarverbruiksrendement bepalen en met dit rendement het warmteverbruik terug te rekenen naar een gashoeveelheid (en daarmee de prijs);
- het instellen van een aselechte steekproef van vergelijkbare gas- en warmtewoningen, en het gemiddeld gas- c.q. warmteverbruik in de beide steekproeven aan elkaar te relateren.

Een rendementsmethode op basis van het maximale ketelrendement doet ons inziens geen recht aan de eisen die worden gesteld in de Warmtewet. Immers wordt op deze wijze geen vergelijking gemaakt met een reële gasreferentie, waarin tal van factoren van invloed zijn op het werkelijke rendement van de warmteproductie. Hier is enkel sprake van een hypothetische situatie, waarin



een HR-ketel non-stop, (maximaal) warmte voor ruimteverwarming produceert.

Daarnaast is deze situatie ook geen terechte interpretatie van *'het verkrijgen van dezelfde hoeveelheid warmte bij het gebruik van gas als energiebron'*, omdat in deze situatie aanzienlijk meer warmte uit het aardgas wordt geproduceerd dan in werkelijkheid het geval is.

Ook mag het door fabrikanten, om commerciële redenen, gepubliceerde rendement onder standaardlaboratoriumcondities niet representatief worden geacht voor een praktijksituatie.

Het bepalen van een gemiddeld jaarverbruiksrendement in een laboratoriumopstelling zou een mogelijke oplossing kunnen zijn. Indien hierbij zo goed mogelijk een gemiddelde gasreferentie wordt nagebootst dan kan dit de werkelijkheid benaderen. Echter rijst hierbij wel de vraag in hoeverre één of meerdere laboratoriumopstellingen wel een eerlijke referentie geven? En hoeveel situaties moeten nagebootst worden om recht te doen aan alle factoren die significant zijn voor het jaarverbruiksrendement? Er zijn veel factoren en er is een grote wisselwerking tussen al deze factoren. Bovendien varieert de grootte van veel van deze factoren naar gelang de individuele gebruikssituaties. Het bepalen van de effecten van alle individuele, significante factoren en vervolgens de cumulatieve effecten van de wisselwerking van deze factoren kan leiden tot vele duizenden mogelijke combinaties. Ons inziens is dit niet realistisch, niet transparant, vergt het veel aannames, en is zeer omslachtig in de uitvoering. Daarnaast zal ook voor een laboratoriumopstelling jaarlijks opnieuw bepaald moeten worden wat de stand van de technologie en het woningbestand is, om een zo reëel mogelijke weergave van de gasreferentie te geven.

Het in een bewoonde situatie bepalen van het verbruiksrendement is lastig, omdat ten eerste aan de ingang van de cv-ketel en de afgiftepunten (kranen en radiatoren) gemeten moet worden. Dit is meettechnisch complex (vele meetpunten, niet alleen aan de ketel maar aan de gehele installatie). Ten tweede dient, om een betrouwbaar resultaat te krijgen dat goed recht doet aan de verschillende gasreferentiesituaties, minimaal een geheel jaar gemeten te worden. Ten derde zal zo'n meting in een groot aantal woningen uitgevoerd dienen te worden omdat de verschillende factoren die het jaarverbruiksrendement beïnvloeden verschillen in grootte naar gelang de individuele verbruikssituaties. Indien deze systematiek wordt gekozen zal dus een grote steekproef moeten worden genomen, waarbij in al die gebouwen gedurende een heel jaar op een groot aantal punten moet worden gemeten. Dit is een omslachtige en dure methodiek met veel risicofactoren voor een betrouwbare en transparante uitkomst.

De oplossingsrichting die ons inziens gekozen moet worden om te voldoen aan de bepalingen van de Warmtewet is het gebruik maken van een vergelijking tussen aselechte steekproeven van gaswoningen en warmtewoningen, waarbij de gemiddelde gas- c.q. warmteverbruiken in de steekproeven aan elkaar gerelateerd worden. Ook de Warmtewet lijkt hier reeds op te duiden. Artikel 4.1 rept immers van 'is gebaseerd op' en niet 'is gelijk aan'. Dit opent de mogelijkheid om uit te gaan van een **vergelijking op basis van aselechte steekproeven**, in plaats van het vergelijken van één specifieke warmtegebruiker en die te vergelijken met één precies gematchte specifieke gasgebruiker. Een in de praktijk onuitvoerbaar en niet-transparante individuele één-op-één-vergelijking wordt zo vervangen door het gemiddelde te nemen van een grote groep warmtegebruikers en gasgebruikers. Door een voldoende grote groep te nemen, middelen alle kleine situatiespecifieke verschillen uit. Uiteraard moet



er voor worden gewaakt dat door de samenstelling van de steekproeven geen systematische verschillen geïntroduceerd worden (zoals bijvoorbeeld systematisch verschillen in woninggrootte of gezinsgrootte). Hiervoor zijn eenvoudige en transparante tests beschikbaar.

Door uit te gaan van een steekproefaanpak zullen alle relevante factoren automatisch meegenomen worden in de steekproef. Dit voorkomt arbitraire keuzes en discussies over welke factoren wel of niet meegenomen worden en wat de omvang van deze factoren is. Daarnaast neemt een jaarlijks steekproefonderzoek ook de ontwikkeling in de markt mee: nieuwe technologieën, nieuwe woningen, et cetera.

Een vergelijkingsmethodiek waarbij rekening wordt gehouden met de integrale kosten van zowel de warmte- als gasgebruiker en die over een standaardverbruiksjaar zijn berekend, zou qua uitkomst dicht bij de huidige marktwaardemethodiek komen. Een belangrijk verschil tussen de huidige praktijk en de voorgestelde vergelijkingsmethodiek is dat de laatste zal worden uitgevoerd door de NMa, waardoor een groot nadeel van de huidige systematiek, namelijk de in de markt ervaren intransparantie, ondervangen kan worden.

Een in verband met de bestaande kritiek op de marktwaardemethode relevante vraag is of de gassteekproef dan een nette aselechte steekproef uit de totale gebouwvoorraad moet zijn waarin dus ook oudere gasinstallaties zijn opgenomen, of een aselechte steekproef uit nieuwbouwwoningen (met een gasinstallatie). De uiteindelijke wetstekst geeft hier geen uitsluitel over. In de Vijfde Nota van wijziging wordt nog gesproken van 'een volgens de laatste stand der techniek gebouwde gasketel'. In de laatste, Zesde Nota van wijziging wordt iedere referentie naar een techniek verwijderd. De keuze moet gemaakt worden, maar is dus niet vastgelegd in de wetstekst.

Indien er gekozen wordt voor een gassteekproef, bestaande uit nieuwe woningen met nieuwe gasinstallaties, dan zal deze een hoger aandeel HR107-ketels bevatten dan een steekproef die getrokken wordt uit het totaal aan gasgebruikers. Het gevolg daarvan zal zijn, dat het gemiddeld rendement voor het ruimteverwarmingsdeel toeneemt, maar het relatieve aandeel ruimteverwarming in de totale warmtevraag juist afneemt, en het relatieve aandeel tapwaterverwarming toeneemt. Beide factoren hebben een tegengestelde werking op het gemiddelde jaarverbruiksrendement van de gassituatie. Het is belangrijk om dat inzicht te betrekken in de uiteindelijke keuzes.



Literatuurlijst

Algemene Rekenkamer, 2007

Algemene Rekenkamer
Tariefstelling stadsverwarming
Den Haag : Algemene Rekenkamer, 2007

Drenthe Bespaart, 2009

Onderhoud uw ketel goed. Mei 2009
<http://www.drenthebespaart.nl/particulieren/tips/verwarmen-en-warm-water/onderhoud-uw-ketel-goed/>

DWA, 2008

DWA Installatie- en energieadvies
Onderzoek naar de toegepaste meetmethoden in de stadsverwarming van Tilburg
Bodegraven : DWA, 2008

ECN, 2003

ECN
E.J. Bakker, K.J. Strootman
Parameterstudie waterzijdig inregelen/CV-optimalisatie in woningen
Petten : ECN, 2003
<http://gasunie.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/2003/2893390/2893390.pdf>

ECN, 2004

M. Menkveld
De kosten van energiebesparende maatregelen in woningen (intern ECN-rapport)
Petten : ECN, 2004

Eerste Kamer, 2008

Voorstel van wet van de leden Ten Hoopen en Samson tot het stellen van regels omtrent de levering van warmte aan verbruikers (Warmtewet)
Den Haag : Eerste Kamer, vergaderjaar 2007-2008, 29 048, A

EnergieNed, 2001

Basisonderzoek Aardgasverbruik Kleinverbruikers BAK 2000
Arnhem : EnergieNed, 2001

EnergieNed, 2008

Tariefadvies voor de levering van warmte aan Kleinverbruikers 2009
Arnhem : EnergieNed, 2008

Gastec, 1997

H. Schurink
Invloed plaats warmtapwater bereiders
Apeldoorn : Gastec, 1997

Leenaers, 2007

H. Leenaers
Nederland wordt een gatenkaas
In: Onderste boven
s.i. : TNO, 2007
<http://www.tno.nl/downloads/ondersteboven.pdf>



Milieucentraal, 2009

Warmtepompen. Mei 2009

<http://www.milieucentraal.nl/pagina.aspx?onderwerp=Warmtepompen>

Radiator of LTV. Mei 2009

<http://www.milieucentraal.nl/pagina.aspx?onderwerp=Radiator+of+LTV>

Ministerie van EZ, 2009

The Only Way is Up! Mei 2009

http://www.geothermie.nl/bestanden/symposium/mark%20frequin-presentatie_10_nov_08_AS.pdf

Nefit, 2009

Nefit EcomLine Classic HR-ketels

Deventer : Nefit B.V.

<http://www.nefit.nl/SiteCollectionDocuments/Brochures/BrochureClassic.pdf>

Novem, 2001

LTV voor nieuwbouw en renovatie, Méér comfort met minder energie

Sittard : Novem, 2001

http://www.senternovem.nl/mmfiles/138389_LTV_brochure_tcm24-105131.pdf

Novem, 2002

Praktijkonderzoek waterzijdig inregelen bestaande woningvoorraad

Sittard : Novem, 2002

http://www.senternovem.nl/mmfiles/Praktijkonderzoek_waterzijdig_inregelen_bestaa nde_woningvoorraad_tcm24-72529.pdf

Novem, 2003

CV-optimalisatie in utiliteitsgebouwen

Sittard : Novem, 2003

http://www.senternovem.nl/mmfiles/CV-optimalisatie_in_utiliteitsgebouwen_tcm24-72450.pdf

Overdiep, 2009

E-mail van dhr. H. Overdiep van GasTerra B.V., d.d. 19 mei 2009

P-Plus, 2009

Organic Rankine Cycle. Mei 2009

<http://www.p-plus.nl/beelden/ORC%20techniek.pdf>

SenterNovem, 2007

Voorbeeldwoningen bestaande bouw 2007

Sittard : SenterNovem, 2007

SenterNovem, 2009

EPN en nieuwbouw. Mei 2009

http://www.senternovem.nl/epn/maatregelen/verwarming/lage_temperatuursysteme n.asp

Telecomwereld, 2009

Brandstofcellen werpen schaduw vooruit. Mei 2009

<http://www.telecomwereld.nl/brandstof.htm>



Tweede Kamer, 2008

Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Gaswet ter uitvoering van richtlijn nr. 2003/54/EG, (PbEG L 176), verordening nr. 1228/2003 (PbEG L 176) en richtlijn nr. 2003/55/EG (PbEG L 176), alsmede in verband met de aanscherping van het toezicht op het netbeheer (Wijziging Elektriciteitswet 1998 en Gaswet in verband met implementatie en aanscherping toezicht netbeheer)
Den Haag: Tweede Kamer, vergaderjaar 2008-2009, 29 372, Nr. 74

Van Vliet, 2008

C. van Vliet

Ketelinstallatie vervangen: wie durft er diep te snijden?

In : VV+, december 2008

Warmteforum, 2007

Warmteforum; brief aan de Tweede Kamer, t.a.v. de Vaste commissie van Economische Zaken. 21 maart 2007

<http://www.nietmeerdan.nl/downloads2/tk%20brief%20warmteforum.pdf>





Bijlage A Kamerstukken

Tabel 9 Kamerstukken Warmtewet (dossier nr. 29 048)

Kamerstuk	Document	Datum
EK, 2007-2008, 29 048, A	Voorstel van wet van de leden Ten Hoopen en Samsom tot het stellen van regels omtrent de levering van warmte aan verbruikers (Warmtewet); Gewijzigd voorstel van wet	3 juli 2008
TK, 2002-2003, 29 048, Nr. 1	Geleidende brief	17 september 2003
TK, 2002-2003, 29 048, Nr. 2	Voorstel van wet	2 oktober 2003
TK, 2002-2003, 29 048, Nr. 3	Memorie van toelichting	18 september 2003
TK, 2003-2004, 29 048, Nr. 4	Advies en nader rapport	27 mei 2004
TK, 2003-2004, 29 048, Nr. 5	Nota van wijziging	28 mei 2004
TK, 2003-2004, 29 048, Nr. 6	Verslag	13 september 2004
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 7	Brief minister (met bijlage)	30 september 2004
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 8	Brief Presidium	23 november 2004
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 9	Nota n.a.v. het verslag	20 mei 2005
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 10	Tweede nota van wijziging	20 mei 2005
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 11	Brief minister	22 juni 2005
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 12	Amendement	29 juni 2005
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 13	Brief indieners	12 juli 2005
TK, 2004-2005, 29 048, Nr. 14	Brief minister (met 3 bijlagen)	22 augustus 2005
TK, 2005-2006, 29 048, Nr. 15	Derde nota van wijziging	8 september 2006
TK, 2005-2006, 29 048, Nr. 16	Vierde nota van wijziging	14 september 2006
TK, 2006-2007, 29 048, Nr. 17	Amendement	26 september 2006
TK, 2006-2007, 29 048, Nr. 18	Amendement	28 september 2006
TK, 2006-2007, 29 048, Nr. 19	Brief indiener	7 juni 2007
TK, 2006-2007, 29 048, Nr. 20	Vijfde nota van wijziging	7 juni 2007
TK, 2006-2007, 29 048, Nr. 21	Amendement	11 juni 2007
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 22	Zesde nota van wijziging	20 mei 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 23	Nader verslag	17 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 24	Nota n.a.v. het nader verslag	17 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 25	Nader advies en reactie indieners	24 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 26	Amendement	26 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 27	Amendement	26 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 28	Amendement	26 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 29	Amendement	26 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 30	Amendement	26 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 31	Amendement	26 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 32	Gewijzigd amendement	27 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 33	Amendement	27 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 34	Amendement	27 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 35	Amendement	27 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 36	Amendement	27 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 37	Amendement	30 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 38	Amendement	30 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 39	Amendement	30 juni 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 40	Brief indieners	2 juli 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 41	Gewijzigd amendement	3 juli 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 42	Amendement	3 juli 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 43	Brief minister	4 juli 2008



Kamerstuk	Document	Datum
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 44	Gewijzigd amendement	9 juli 2008
TK, 2007-2008, 29 048, Nr. 45	Amendement	9 juli 2008
EK, 2008-2009, 29 048, Nr. B	Voorlopig verslag	16 oktober 2008
EK, 2008-2009, 29 048, Nr. C	Memorie van antwoord	11 november 2008
EK, 2008-2009, 29 048, Nr. D	Brief minister	11 november 2008
EK, 2008-2009, 29 048, Nr. E	Nader voorlopig verslag	4 december 2008
EK, 2008-2009, 29 048, Nr. F	Nadere memorie van antwoord	9 december 2008
EK, 2008-2009, 29 048, Nr. G	Eindverslag	18 december 2008
EK, 2008-2009, Handelingen, Nr. 21	Behandeling van het voorstel (p. 1059-1067)	24 februari 2009
EK, 2008-2009, Handelingen, Nr. 21	Voortzetting van de behandeling (p. 1082-1097)	24 februari 2009

Bron: Parlando, 12 mei 2009.



Bijlage B Nieuwe ontwikkelingen

B.1 Ontwikkelingen aard en omvang warmtevraag

B.1.1 Toename isolatiegraad woningen

Naarmate woningen steeds energiezuiniger zullen moeten worden, zal de verhouding ruimteverwarming/tapwaterverwarming veranderen wat invloed heeft op het totale rendement van het systeem. In goed geïsoleerde woningen neemt het warmtegebruik voor ruimteverwarming ten opzichte van warmtegebruik voor tapwaterverwarming naar verhouding af. Omdat het rendement voor tapwaterverwarming over het algemeen lager is dan voor ruimteverwarming zal dit een neerwaarts effect hebben op het 'overall' rendement van het systeem.

B.1.2 Toename LTV (lage temperatuurverwarming)

De voordelen van LTV zijn legio: HR-ketels leveren in combinatie met LTV (maximale aanvoertemperatuur 45 - 55^o C) een hoger rendement en de efficiënte(re) inzet van duurzame energiebronnen als zonne-energie en aardwarmte komt binnen bereik. Om de energiebesparende toepassing van warmtepompen mogelijk te maken is LTV zelfs een voorwaarde. Voor de gebruiker levert LTV naast een lager energieverbruik, een betere binnenluchtkwaliteit, meer veiligheid en een aanzienlijk beter thermisch comfort op. De toepassing van LTV heeft een gunstige invloed op tal van aspecten die samenhangen met het binnenklimaat en de beleving van comfort. Naar verwachting zal het aandeel lage temperatuurverwarming toenemen naarmate bijvoorbeeld de EPC-norm wordt aangescherpt.

De temperatuur van warm tapwater moet om gezondheidsredenen minimaal 60°C zijn. Met een HR-ketel is dit geen probleem. Maar er zijn ook warmtebronnen die het tapwater zonder speciale maatregelen niet altijd voldoende verwarmen. Daarom zijn bijvoorbeeld bij zonneverwarmingsinstallaties (zonneboiler(combi)) en warmtepompen aanvullende voorzieningen voor naverwarming nodig. Het rendement van het totale systeem (ruimte- en tapwaterverwarming) hangt af van het totale rendement van al deze onderdelen samen.

B.1.3 Toename koudevraag

Naast warmte ontstaat er, bijvoorbeeld door toepassing van warmte/koudeopslagsystemen in de utiliteitsbouw, meer vraag naar koude. De verwachting is dat dit, uit oogpunt van comfort, in de toekomst verder zal gaan toenemen.

Het rendement van warmte/koudeopslag is het grootst als de vraag naar warmte en de vraag naar koude in evenwicht zijn, waardoor een duurzaam gebalanceerd energiesysteem ontstaat. Een warmtepomp hoeft dan alleen nog maar die extra paar temperatuurgraden omhoog of omlaag te leveren¹⁰. De vraag welke invloed een toenemende koudevraag op het totale systeem van warmte/koudelevering heeft, hangt dus af van de gelijktijdigheid van de vraag naar warmte en koude. Naar verwachting zal de vraag naar warmte zich vooral in de winter voordoen en de vraag naar koude in de zomer.

¹⁰ Bron: SenterNovem (Kompas, 2009).



B.2 Technische ontwikkelingen warmte(-/koude)systemen

B.2.1 Warmtepompen (met of zonder bodemwarmtewisselaar)

Warmtepompen

De subsidieregeling duurzame warmte (gelanceerd in september 2008 als onderdeel van het programma Warmte op Stoom) moet ertoe leiden dat in 2011 ca. 5.000 warmtepompen in bestaande woningen zijn geplaatst. Aanscherping van de energieprestatie-eisen zal tevens leiden tot een toename van deze toepassingen op nieuwbouwlocaties.

Warmtepompen zijn al een paar jaar op de markt als bron voor ruimteverwarming, -koeling en warm tapwater. Warmtepompen voor verwarming gebruiken meestal de bodem als warmtebron; boilers die worden aangedreven door een warmtepomp gebruiken doorgaans warmte uit de lucht. Een warmtepomp haalt warmte uit de omgeving (bodem of lucht) en brengt die op een hogere temperatuur om hem geschikt te maken voor verwarming. Bij nieuwe kantoren zijn warmtepompen al bijna standaard. Ook in de woningbouw worden ze veel toegepast.

Warmtepompen werken op elektriciteit of op gas, maar de hoeveelheid benodigde energie is veel lager dan die van een gasgestookte HR-ketel. Het rendement van de installatie wordt uitgedrukt in de Coëfficiënt Of Performance (COP). De COP geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid warmte die de warmtepomp afgeeft en de hoeveelheid energie die de installatie nodig heeft om te pompen en dergelijke. Een COP van één betekent dat de warmtepomp net zo veel warmte afgeeft als die aan energie opmaakt. De huidige elektrische warmtepompen hebben een COP tussen drie en vijf. Bij een COP van drie geeft de warmtepomp drie maal meer warmte af dan het nodig heeft; het rendement is dan 300%.

Om echt te kunnen vergelijken met een HR-ketel, moet je ook het elektriciteits- of gasverbruik voor de warmtepomp meewegen. Elektriciteit ontstaat door verbranding van kolen en gas. Bij die productie gaat 60 % van de energie verloren in restwarmte. Elektriciteitsproductie heeft dus een rendement van veertig procent. Een elektrische warmtepomp duikt onder het energieverbruik van een gasgestookte HR-ketel (rendement 100%), als die een COP heeft van minimaal 2,5. Want 2,5 maal 40% (elektriciteitsrendement) is 100%. De gasgestookte warmtepomp heeft een rendement 120 tot 140 %. Dat is vergelijkbaar met een elektrische warmtepomp met een COP van 3 tot 3,5. Die installaties hebben een 11 tot 31 % hoger rendement dan de beste HR-ketels (109 procent)(Milieucentraal, 2009).

Bodemwarmtewisselaars

Bodemwarmtewisselaars (horizontaal/verticaal) werken in grote lijnen hetzelfde als warmte-/koudeopslag, alleen wordt er geen grondwater verpompt. Water met een antivriesmiddel, bijvoorbeeld glycol, wordt door bodemlussen gepompt om warmte of koude aan de bodem te onttrekken.

Het rendement van een bodemwisselaar en een warmtepomp ligt circa 40 tot 60 % hoger dan de huidige, gasgestookte, hoogrendementsketels (Leenaers, 2007).



B.2.2 Warmte-Koudeopslag

Warmte uit de zomer gebruiken in de winter, en de winterkou bewaren voor koeling in de zomer: dat is het principe van warmte-/koudeopslag. De warmte wordt opgeslagen in waterlagen, die bijna overal in Nederland beschikbaar zijn. Warmte-/koudeopslag is voor duizend kantoren nu al een rendabele toepassing.

Zoals al eerder opgemerkt, is het rendement van warmte/koudeopslag het grootst als de vraag naar warmte en de vraag naar koude in evenwicht zijn, waardoor een duurzaam gebalanceerd energiesysteem ontstaat. Een warmtepomp hoeft dan alleen nog maar die extra paar temperatuurgraden omhoog of omlaag te leveren. De vraag welke invloed een toenemende koudevraag op het totale systeem van warmte/koudelevering heeft, hangt dus af van de gelijktijdigheid van de vraag naar warmte en koude. Naar verwachting zal de vraag naar warmte zich vooral in de winter voordoen en de vraag naar koude in de zomer.

B.2.3 Zonneboilers

In 100.000 Nederlandse woningen (zowel bestaande bouw als nieuwbouw) wordt het warme water nu al geleverd door zonneboilers. De subsidieregeling duurzame warmte (gelanceerd in september 2008 als onderdeel van het programma Warmte op Stoom) moet ertoe leiden dat in 2011 ca. 55.000 zonneboilers in bestaande woningen zijn geplaatst. Aanscherping van de energieprestatie-eisen zal tevens leiden tot een toename van deze toepassingen op nieuwbouwlocaties.

Er zijn drie soorten zonneboilers die warm kraanwater leveren: de standaard zonneboiler, de cv-zonneboiler en de compact zonneboiler. Daarnaast is er de zonneboilercombi, die verwarmt ook het huis. Omdat we er in de referentiesituatie van uitgaan dat de zonneboiler zowel geschikt moet zijn voor ruimteverwarming als tapwaterverwarming wordt in het nuvolgende (enkel) ingegaan op de zonneboilercombi.

Een zonneboilercombi bespaart gemiddeld 233 m³ aardgas per jaar, ten opzichte van een Hoog Rendement combiketel. Ongeveer 60 m³ aardgas daarvan is besparing op ruimteverwarming. Daarnaast bespaart de zonneboilercombi jaarlijks 173 kubieke meter aardgas voor warm tapwater. De totale besparing verlaagt de uitstoot van CO₂ met 394 kilogram per jaar. Daarbij is de CO₂ al meegerekend die vrijkomt door elektriciteitsverbruik van de zonneboilerpomp.

De installatie werkt het best als warmte in huis wordt verspreid via vloer- en wandverwarming. Speciale lage temperatuur radiatoren of convectoren zijn ook geschikt. LTV vergt minder bijverwarming dan gewone radiatoren (Milieucentraal, 2009). Het rendement is onder meer afhankelijk van eventuele naverwarming die nodig is (bijvoorbeeld op momenten dat de zon niet schijnt).

B.2.4 Geothermie

Het potentieel van geothermie wordt voor 2020 geschat op 7 tot 11 PJ (EZ, 2009). Huizen, kantoren of kassen kunnen verwarmd worden met geothermie ofwel aardwarmte. Het is een duurzame en rendabele techniek die geen omgevingshinder en nauwelijks CO₂-uitstoot veroorzaakt. Nu de eerste projecten ontwikkeld worden, neemt de belangstelling voor deze techniek sterk toe.



Door zijn aard leent diepe geothermie zich met name voor relatief groot-schalige warmtevraag. Deze warmtevraag moet daarbij ook nog op een niet al te groot areaal verspreid zijn: het transporteren van het warme water leidt anders tot te grote energieverliezen en dit gaat ten kosten van het energetisch en economisch rendement. Technisch kan geothermie ook koude leveren en/of elektriciteit, maar dit is normaal gesproken niet de eerste keuze.

B.2.5 WKK en ORC

De Organische Rankine Cyclus is een techniek waarmee via een 'stoomturbine' van (laagwaardige) warmte elektriciteit is te maken. Uiteraard neemt het rendement toe naarmate de temperatuur van de beschikbare warmte hoger is. Bij lagere temperatuur kan ongeveer 10% van de warmte omgezet worden in elektriciteit. Bij hogere temperaturen neemt dit toe tot ruim 20 % (P-Plus, 2009). Een ORC-turbine kan een wkk zo'n 10% meer elektriciteit laten leveren dan normaal.

B.2.6 Micro-WKK (vanaf begin 2010)

De subsidieregeling duurzame warmte (gelanceerd in september 2008 als onderdeel van het programma Warmte op Stoom) moet ertoe leiden dat in 2011 ca. 10.000 Micro-Wkk's in bestaande woningen zijn geplaatst. Aanscherping van de energieprestatie-eisen zal tevens leiden tot een toename van deze toepassingen op nieuwbouwlocaties.

Het elektrisch rendement van een micro-WKK installatie is 10% voor een stirlingmotor, 20% voor een gasmotor en 30% a 40% voor aan brandstofcel. Het totaalrendement is 95 à 100%. Bij de kosten van een micro-WKK-installatie moet rekening worden gehouden met additionele kosten ten opzichte van een HR-ketel voor bijvoorbeeld de brandstofcel unit, reforming van aardgas, warmtewisselaar, warmtebuffering, meet- en regeltechniek en DC/AC-converter. De huidige meerprijs van een micro-WKK installatie t.o.v. een HR-ketel ligt boven de 5000 € per woning, uitgaande van een 1 kW_e systeem (ECN, 2004).

B.2.7 Brandstofcellen

Brandstofcellen zetten chemische energie direct om in elektrische energie waardoor de efficiëntie direct veel hoger ligt, hoewel ze nog wel hun eigen omzettingsverliezen kennen. Als brandstof dient meestal waterstof, soms ook methanol of ethanol. De brandstof wordt in de cel in verbinding gebracht met zuurstof. Naast energie en warmte levert dit ook water als restproduct op, dat in kleine brandstofcellen zal verdampen. Soms komt, afhankelijk van het type brandstofcel, ook in geringe mate het schadelijke CO₂ vrij. Maar het gaat in vergelijking met traditionele verbrandingsmotoren om te verwaarlozen hoeveelheden (Telecomwereld, 2009).

