GAS AAN HET WERK!

VISIE OP DECENTRALE GASTOEPASSINGEN IN DE GEBOUWDE OMGEVING

PLATFORM NIEUW GAS

Creatieve Energie
EnergieTransitie

GAS AAN HET WERK!

VISIE OP DECENTRALE GASTOEPASSINGEN IN DE GEBOUWDE OMGEVING

PLATFORM NIEUW GAS

Het Platform Nieuw Gas (PNG) is een van de publiek-private teams die zijn opgericht voor de EnergieTransitie. Het platform richt zich op de verduurzaming van de gasketen via vier transitiepaden. Een van die paden is Decentrale energieopwekking/micro-wkk. Deze notitie is het resultaat van discussies met en bijdragen van diverse stakeholders. De werkgroep Decentrale Gastoepassingen zet de doelstellingen van dit transitiepad om in concrete acties. Deze werkgroep bestaat uit onder meer energiebedrijven, belangenverenigingen, fabrikanten en onderzoeksinstellingen.

OPDRACHTGEVER

WG Decentrale Gastoepassingen

Contactpersoon
Hans Overdiep - Gasterra

UITGEVOERD DOOR

Cogen Projects - SenterNovem

ir. M. van Gastel
ir. J. Hooijschuur
drs. A. de Jong
ir. I. de Visser

Postbus 197
3970 AD Driebergen
Princenhofpark 15+18

Met medewerking van
ir. E.J. Bakker - ECN
ir. H. van Wolferen - TNO

LEDEN VAN DE WERKGROEP DECENTRALE GASTOEPASSINGEN

Hans Overdiep
GasTerra
Voorzitter

Ivo Blezer
SenterNovem
Secretaris

John Baken
Ecofys

Ernst-Jan Bakker
ECN

Martijn Bongaerts
Continuon

Michael Colijn
Magic Boiler Company

Henk Ensing
GasTerra

Frank van Hunsel
GEAS

Margot van Gastel
Cogen Projects

Lennart Lalieu
Essent

Koos Lamme
Cogas

Bert Mathijsen

Rob van der Meer
Uneto-VNI

Ferry Nieuwboer
Vereniging Eigen Huis

René Moor
Ministerie van
Economische Zaken

Henk Sijbring
Smart Power Foundation

Jan Willem Turkstra
Gasunie Engineering
& Technology

Albert Koedam
Aedes

Hans Randsdorp
Netbeheer
Haarlemmermeer

Joost Straat
Cycle Systems

VOORWOORD

Bijna een halve eeuw wordt in Nederland aardgas ingezet voor de energie-voorziening. Momenteel voorziet aardgas voor bijna de helft in de totale energiebehoefte van ons land. Aardgas is ten opzichte van andere fossiele brandstoffen verreweg de schoonste brandstof, uitermate goed inzetbaar in de gebouwde omgeving en wereldwijd nog ruim voorradig.
Recent is Nederland gestart met energietransitie. Hiermee wordt de ontwikkelings- en overgangsfase naar een veilige, betrouwbare, betaalbare en duurzame energie-voorziening in gang gezet. In dat kader zijn doelstellingen met betrekking tot de reductie van CO_2, het terugdringen van de vraag naar energie en het verhogen van het gebruik van duurzame energiebronnen vastgesteld. Dit heeft zijn invloed op het gebruik en de inzet van aardgas. Aardgas zal zeker tot halverwege deze eeuw een belangrijke rol spelen binnen de transitie naar een zo duurzaam mogelijk energie-systeem. Wel is het van belang aardgas zo decentraal mogelijk in te zetten, te blijven zoeken naar de hoogst mogelijke rendementen van de verschillende gastoepassingen en aardgas door middel van bijmenging met biogassen (groene gassen) te vergroenen. Derhalve zal aardgas door de inzet van duurzame bronnen (duurzame warmte, duurzame elektriciteit, bijmenging van biogassen) steeds meer de rol krijgen van back-up brandstof; een rol die aardgas als transitiebrandstof erg goed past.

De Werkgroep Decentraal heeft zich vanaf 2006 hoofdzakelijk gericht op de decentrale opwekking van elektriciteit in woningen met als speerpunt micro-wkk (HRe-ketel). Evenals de HR-ketel (de huidige referentie) kan ook de HRe-ketel, bij grootschalige toepassing, de komende decennia zorgen voor het besparen van miljarden kubieke meters aardgas en het verlagen van de CO_2-uitstoot in de gebouwde omgeving. De HRe-ketel kan worden gecombineerd met duurzame opties zoals zonne-energie (zowel zon thermisch als zon elektrisch) en groene gassen. De HRe-ketel ondersteunt daarmee de route naar een meer duurzame energiehuishouding.

Nederland wordt, als typisch gasland, gezien als koploper op het gebied van innovatieve gastoepassingen zoals de HRe-ketel. Ons land kent momenteel de HR-ketel als exportartikel, dat kan straks de HRe-ketel worden. De grotere ketelfabrikanten zien de productie van de HR-ketel langzaam verdwijnen naar zogenaamde lage lonen landen, de complexere HRe-ketel zal volgens deze fabrikanten juist in Nederland worden samengesteld. Bovendien kan Nederland met de HRe-ketel gidsland (kennisland) worden op het gebied van decentrale elektriciteitsopwekking (combinatie van duurzaam en fossiel) in de gebouwde omgeving. De interesse vanuit het buitenland voor de HRe-ketel en grootschalige decentrale elektriciteitsopwekking is bijzonder groot. De HRe-ketel wordt gezien als een serieuze kanshebber om opvolger te worden van de HR-ketel.

In vergelijking met landen om ons heen wordt in Nederland aardgas al met een bijzonder hoog rendement in de gebouwde omgeving ingezet voor de verwarming van onder meer woningen en kantoren. Het nog efficiënter omgaan met aardgas betekent complexere en duurdere gastoepassingen die met name in de beginperiode van marktintroductie een zekere financiële ondersteuning vanuit de overheid nodig hebben. Niet alleen de HRe-ketel heeft zo'n tijdelijke ondersteuning nodig, dit geldt in het algemeen voor nieuwe schone en zuinige apparatuur.

In 2007 heeft de werkgroep haar blikveld verruimd door ook andere innovatieve, energiezuinige gastoepassingen (zoals de gaswarmtepomp) in beschouwing te nemen. Derhalve heeft de Werkgroep Decentraal haar naam onlangs veranderd in Werkgroep Decentrale Gastoepassingen. Voor u ligt een eerste versie van het visiedocument van de werkgroep waarin van de diverse kansrijke innovatieve gastoepassingen de volgende aspecten worden aangegeven: de fase van ontwikkeling, de te bereiken energiebesparing, de CO_2-reductie, de knelpunten voor grootschalige marktintroductie en de oplossingen voor deze knelpunten. Omdat de ontwikkeling van schone en zuinige gastoepassingen als een continu proces moet worden gezien zal de werkgroep haar speerpunten en acties elk jaar opnieuw benoemen.

Groningen, april 2008

Hans Overdiep
Voorzitter Werkgroep Decentrale Gastoepassingen

SAMENVATTING

Onder het Energietransitieplatform Nieuw Gas is begin 2006 de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen opgericht. Deze werkgroep heeft tot doel om efficiënte, decentrale aardgastoepassingen in de gebouwde omgeving te stimuleren, waarbij vanaf de oprichting de activiteiten voornamelijk gericht zijn op micro-wkk oftewel de HRe-ketel.

De HRe-ketel wordt gezien als een serieuze kanshebber om opvolger te worden van de HR-ketel, waarvan er jaarlijks ruim 400.000 in Nederland worden geplaatst. Evenals de HR-ketel kan ook de HRe-ketel, bij grootschalige toepassing, de komende decennia zorgen voor het besparen van miljarden kubieke meters aardgas en het verlagen van de CO_2-uitstoot in de gebouwde omgeving. De HRe-ketel beperkt de mogelijkheden van het gebruik van duurzame bronnen niet, de HRe-ketel kan goed worden gecombineerd met zonne-energie (zowel zon thermisch als zon elektrisch) en groene gassen. De HRe-ketel kan worden gezien als opstap naar een duurzamere energiehuishouding in de gebouwde omgeving. In de komende jaren zal de HRe-ketel voornamelijk gebaseerd zijn op mechanische technieken (zoals o.a. de Stirling motor, de interne verbrandingsmotor en de Organic Rankine Cycle), in een latere fase zal de brandstofcel naar verwachting onderdeel zijn van de HRe-ketel.

De HRe-ketel bevindt zich momenteel in een leerfase (periode met verschillende field trials) en moet nog in productie worden genomen. De ketelfabrikanten (verenigd in Smart Power Foundation) verwachten dat na de commerciële introductie in 2009/2010 de HRe-ketel binnen een vijfjarige periode zodanig in prijs is gedaald, door opschaling van de productie, dat een financiële prikkel na 2014 niet meer nodig zal zijn. Om tot een grootschalige toepassing van deze nieuwe generatie cv-ketels te komen, wordt aan de overheid gevraagd om na het leertraject (2007-2010) de HRe-ketel in de periode 2010-1014 met een eenmalige subsidie te ondersteunen. Ook andere nieuwe technieken die in de gebouwde omgeving zullen resulteren in een besparing van het gebruik van fossiele brandstoffen en het reduceren van de CO_2-emissie hebben zo'n financiële ondersteuning in de beginperiode nodig. Samen met de HRe-ketel wordt ingeschat dat de totale ondersteuning tussen de 100 en 150 miljoen euro bedraagt voor de periode 2010-2015.

Vanuit de werkgroep is de wens uitgesproken om het blikveld te verbreden en ook aandacht te besteden aan andere manieren om aardgas decentraal slim en efficiënt (o.a. met de gaswarmtepomp) in te zetten. Daarbij zal ook de positionering van de werkgroep t.o.v. werkgroepen in andere transitiepaden en overige (technologische) ontwikkelingen een rol spelen.
Met deze achtergrond is besloten om een visiedocument op te stellen, met als doel de mogelijke richtingen voor de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen te inventariseren. Met dit doel worden de mogelijkheden en potentiëlen om op decentraal niveau (o.a. huishoudens en utiliteit) energie te besparen, conversie efficiënter te maken en te verduurzamen op een rij gezet. Daarvoor wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de binnen energietransitie beschikbare informatie.

Dit betekent dat de werkgroep zelf geen onderzoek heeft gedaan naar de potentiëlen én dat er ook andere opties mogelijk zijn waaraan hier geen aandacht is gegeven. De gehanteerde prognoses zijn niet gecontroleerd op consistente aannames en worden ook niet perse onderschreven door de werkgroep. De analyses moeten dan ook niet worden bezien als harde voorspellingen van de werkgroep zelf, maar als dynamische gegevens die richtinggevend zijn voor de verbreding van het blikveld van de werkgroep.

In dit visiedocument is er gekeken naar de warmte-, koude-, en elektriciteitsvraag van de gebouwde omgeving en de mogelijkheden om deze energievraag in de toekomst efficiënter in te vullen. Uit deze analyse blijkt dat:

1. De cumulatieve prognoses voor duurzame(re) technieken de vraag op de warmtemarkt overstijgen, waardoor niet alle prognoses volledig gerealiseerd kunnen worden.
2. De in dit visiedocument beschreven technieken kunnen, op basis van de gehanteerde prognoses, invulling geven aan de doelstellingen van het kabinet op het gebied van energiebesparing. Echter, voor 2030 moeten zowel in de woningbouw als utiliteit alle zeilen worden bijgezet om de doelstellingen te bereiken.
3. Het aandeel van innovatieve, efficiënte gasgestookte systemen in het bereiken van de besparingsdoelstellingen rond de 30-40% ligt. Aandacht voor deze technieken binnen energietransitie is dus cruciaal.
4. Aardgas in 2030 nog een aanzienlijk deel van de energievoorziening van de gebouwde omgeving in zal vullen.[1]

Aardgas blijft een belangrijke brandstof voor de gebouwde omgeving in de komende decennia. Zelfs bij grote inspanning op het gebied van isolatie, restwarmte, zon-thermische systemen en elektrische warmtepompen zal aardgas een belangrijke rol spelen in de energievoorziening van de gebouwde omgeving. Daarom blijft aandacht voor efficiënte conversie van gas essentieel. Gastoepassingen zullen ook in 2030 nog aanzienlijk deel van de energievraag in de gebouwde omgeving voorzien en hebben met de toepassing van groen gas een enorme potentie tot verduurzaming.

Op basis van deze resultaten is aandacht voor HR+ gastoestellen en innovatieve gastoepassingen die leiden tot primaire energievraagreductie meer dan gewenst. Goed omgaan met gas en verduurzamen van gas is essentieel voor het behalen van de energiebesparingdoelstellingen.

1 Op basis van de opgetelde prognoses binnen energietransitie wordt in 2030 nog 40% tot 50% van de woningbouw middels gas van energie voorzien. Bij tegenvallende of juist versnelde marktintroducties kan het aandeel van gas in de gebouwde omgeving variëren.

In onderstaande figuur is aangegeven op welke deelgebieden van de energie-voorziening in de gebouwde omgeving de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen actief wil worden. Daarnaast geeft de figuur aan hoe de verdeling van werkgebieden met andere werkgroepen binnen Energietransitie verder kan worden vormgegeven.

De Werkgroep Decentrale Gastoepassingen zal zich richten op onderstaande technieken en kijken waar zij bij kan dragen aan een versnelde marktontwikkeling. Hiertoe is er voor elke techniek een analyse gemaakt van het potentieel, de marktknelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen[2]. Deze zullen verder worden uitgewerkt in een concreet werkplan.

	VRAAG reductie	Efficiënte conversie		
		Gas	Elektriciteit	Duurzaam
Warmtevraag	- Isolatie - Beter bouwen - Warmteterug winning	- HR-ketel - HRe-ketel - Mini-wkk - Gaswarmtepomp	- Elektrische warmtepomp	- Restwarmte - Zonthermisch
Koudevraag	- Zonwering - Interne last - Thermische massa	- Absorptiekoel machine (AKM) - Gasmotorwarmte pomp	- Elektrische warmtepomp - Chillers	- Vrije koeling - AKM (o.b.v. restwarmte)
Elektriciteits-vraag	- Efficiënte apparatuur - Hotfill - Gaswasdroger	- HRe-ketel - Mini-wkk		- Zon PV - Wind (stedelijk)

Figuur 1 Focusgebieden van de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen

2 Deze zijn te vinden in de bijlagen van dit visiedocument.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD 6

SAMENVATTING 8

1 INLEIDING 13

2 ENERGIEVRAAG VAN DE GEBOUWDE OMGEVING 15
- 2.1 Trends in de woningbouw 15
  - 2.1.1 Ontwikkeling van de gebouwvoorraad 15
  - 2.1.2 Ontwikkeling van de energievraag in de woningbouw 15
- 2.2 Trends in de utiliteitsbouw 18
  - 2.2.1 Ontwikkeling gebouwvoorraad 18
  - 2.2.2 Ontwikkeling van de energievraag in de utiliteitsbouw 19
- 2.3 Doelstellingen voor energievraag- en CO_2-emissiereductie 21
  - 2.3.1 Reductie warmte/koelvraag 21
  - 2.3.2 Reductie elektriciteitsvraag 22

3 WARMTEVOORZIENING IN DE GEBOUWDE OMGEVING 23
- 3.1 Warmtevraagreductie 23
- 3.2 Huidige referentie: de HR-ketel 23
- 3.3 Warmtepomp 24
- 3.4 Micro- en mini-wkk 27
- 3.5 Restwarmte 29
- 3.6 Zon-thermisch 30
- 3.7 Groen gas 31
- 3.8 Systeemoptimalisatie op wijkniveau 32

4 ELEKTRICITEITSVOORZIENING IN DE GEBOUWDE OMGEVING 33
- 4.1 Vraagreductie 33
- 4.2 Huidige elektriciteitsproductie 33
- 4.3 Micro- en mini-wkk 34
- 4.4 Zon-PV 34
- 4.5 Wind in de gebouwde omgeving 35
- 4.6 Energieopslag 36
  - 4.6.1 Warmte- en koudeopslag 36
  - 4.6.2 Elektriciteitsopslag 37

5 KOUDEVOORZIENING IN DE GEBOUWDE OMGEVING 38
5.1 Voorkomen van koudevraag met bouwkundige maatregelen 38
5.2 Compressiekoeling 38
5.3 Warmtepomp 39
5.4 Sorptiekoeling 39
5.5 Vergelijking tussen technieken 40

6 ANALYSE VAN DE ONTWIKKELING 41
6.1 Trends in de woningbouw 41
6.1.1 Analyse van de warmtemarkt 41
6.1.2 Prognose elektriciteitsvoorziening huishoudens 43
6.2 Trends in de utiliteitsbouw 44
6.2.1 Prognose warmtevoorziening 44
6.2.2 Prognose elektriciteitsvoorziening 44
6.3 Bijdrage aan overheidsdoelstellingen 45
6.3.1 Woningbouw 45
6.3.2 Utiliteitsbouw 45

7 CONCLUSIES VOOR DE WERKGROEP DECENTRALE GASTOEPASSINGEN 46

8 LITERATUURVERWIJZINGEN 49

1 INLEIDING

De primaire energievoorziening van Nederland wordt nu voor ongeveer 50% gedragen door aardgas. In de route naar een duurzame energiehuishouding is daarom, naast vraagreductie, ook veel inspanning nodig bij het verbeteren van de benuttingsgraad en de verduurzaming van het nu nog fossiele gas. Het verduurzamen van de gasvoorziening heeft niet alleen een positief effect op energiebesparing en CO_2 emissiereductie, maar geeft ook een verminderde afhankelijkheid en een verlenging van de beschikbaarheid van uiteindelijk eindige fossiele bronnen. Het Platform Nieuw Gas, waar de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen deel van uit maakt, neemt hierbij binnen energietransitie het voortouw.

Onder het Energietransitieplatform Nieuw Gas is begin 2006 de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen opgericht. Deze werkgroep heeft tot doel om efficiënte, decentrale aardgastoepassingen te stimuleren, waarbij tot en met 2007 de activiteiten voornamelijk gericht zijn op micro-wkk. Vanuit de werkgroep is de wens uitgesproken om het blikveld te verbreden en ook aandacht te besteden aan andere manieren om aardgas decentraal, slim en efficiënt in te zetten. In de keuzes die gemaakt worden, zal ook de positionering van de werkgroep t.o.v. werkgroepen in andere transitiepaden en overige (technologische) ontwikkelingen een rol spelen.

Met deze achtergrond is besloten om een visiedocument op te stellen, met als doel de mogelijke richtingen voor de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen te inventariseren. Met dit doel worden de mogelijkheden en potentiëlen om op decentraal niveau (o.a. huishoudens en utiliteit) energie te besparen, conversie efficiënter te maken en te verduurzamen op een rij gezet. Daarvoor wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de binnen energietransitie beschikbare informatie. Dit betekent dat de werkgroep zelf geen onderzoek heeft gedaan naar de potentiëlen én dat er ook andere opties mogelijk zijn waaraan hier geen aandacht is gegeven.

Het visiedocument geeft een beeld van de verwachtingen tot 2030 en bevat de volgende elementen:

- Schets van de huidige en toekomstige energievraag in de gebouwde omgeving met en zonder energiebesparing.
- Geschatte potentiëlen van efficiënte en duurzame technieken voor de warmte, elektriciteit en koudevoorziening van de gebouwde omgeving uitgaande van bestaande visiedocumenten.
- Analyse van de energievoorziening op basis van binnen energietransitie geschatte potentiëlen. Uitgelicht worden de mogelijkheden voor decentrale gastoepassingen, inclusief bijdrage aan overheidsdoelstellingen.
- De uitkomsten van de analyse kunnen worden gebruikt als onderlegger voor het formuleren van een nieuw werkplan van de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen.

De resultaten van de analyse moeten met de nodige terughoudendheid worden bekeken, het zijn geen harde voorspellingen van de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen zelf. Het is een optelsom van verschillende bronnen, die niet zijn getoetst op consequente aannames. De analyses zijn bedoeld om trends te signaleren en als richtinggevend voor het werkplan van de werkgroep voor de komende tijd.

2 ENERGIEVRAAG VAN DE GEBOUWDE OMGEVING

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de huidige en toekomstige energievraag (tot 2030) van de gebouwde omgeving (woningbouw en utiliteit). De ontwikkeling van de energievraag in dit rapport is gebaseerd op de marktontwikkeling van de studie 'Technisch energie- en CO_2-besparingspotentieel van micro-wkk in Nederland' [ref. 1], welke voor de bepaling van de warmte en elektriciteitsvraag van huishoudens gebruik maakt van gegevens uit twee eerdere studies [ref. 2 & 3]. Het hoge detailniveau van de beschikbare gegevens is de reden om gebruik te maken van deze bronnen.

De energievraag voor de utiliteitsbouw (warmte, elektriciteit en koude) wordt uitgewerkt op basis van de Referentieramingen van ECN [ref. 4]. In deze studie zijn voor verschillende sectoren, waaronder huishoudens en handel, distributie & overheid, ramingen gemaakt voor energiegebruik en CO_2-emissie tot 2020.

2.1 Trends in de woningbouw

Om de prognoses van de conversiemethoden en systemen te kunnen plaatsen wordt eerst op basis van de micro-wkk potentieelstudie [ref. 1] de gebouwvoorraad geanalyseerd. Op basis van deze gegevens wordt een overall inzicht getoond in de vervangingsmarkt voor warmte-opwekkers en in de elektriciteitsvoorziening van de woningbouw.

2.1.1 Ontwikkeling van de gebouwvoorraad

Volgens de micro-wkk potentieelstudie ontwikkelt de woningvoorraad zich van 6 miljoen in 1990 tot 8,9 miljoen woningen in 2030.

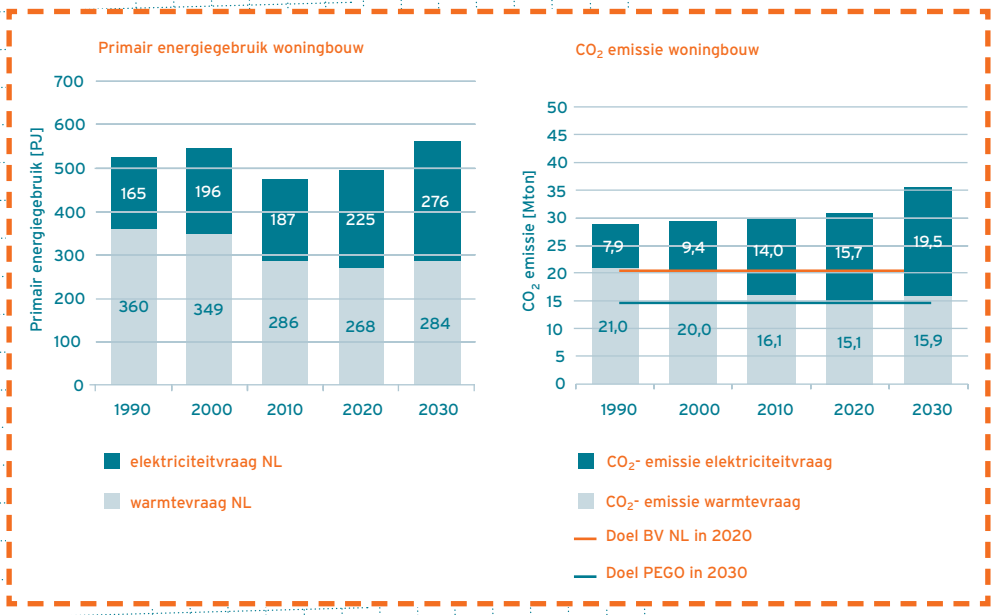
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2030
Aantal woningen [mln]	6,0	6,3	6,5	6,8	7,1	7,4	7,6	8,9
Sloop (x 1.000 per 5 jaar)			65	95	116	128	115	
Nieuwbouw (x 1.000 per 5 jaar)			350	400	425	400	700	

Tabel 1 ontwikkeling gebouwvoorraad [ref.1, 2 en 3]

Het aantal huishoudens neemt naar verwachting toe van ca. 6 miljoen in 1990 tot ca. 8,9 miljoen in 2030, als gevolg van bevolkingsgroei en afnemende gezinsgrootte. De geprognosticeerde nieuwbouwactiviteiten nemen toe, zeker tussen 2020 en 2030. Dit betekent dat nieuwbouw relatief een steeds belangrijkere rol zal gaan spelen in de jaarlijkse installatiemarkt.

2.1.2 Ontwikkeling van de energievraag in de woningbouw

Zo'n 17% van het nationaal primair energiegebruik komt voor rekening van de sector huishoudens. Onderstaande grafieken vatten de prognose van het primair energiegebruik en de CO_2-emissie van de sector huishoudens samen.



Figuur 2 Ontwikkeling energievraag en CO_2-emissie in de woningbouw

Warmtevraag

De primaire energievraag ten behoeve van verwarming en warmwatervoorziening daalt in deze prognose met 21% (2030 ten opzichte van 1990). Dat lijkt weinig, maar door de enorme toename van het aantal huishoudens, betekent dit in het theoretische geval waarin alle huishoudens evenveel besparen een warmtevraag reductie van bijna 50% op individueel huishoudniveau (ter indicatie: een vermindering van de jaarlijkse gasvraag met bijna 900 m^3/jaar).

De in de cijfers weergegeven reductie van de energievraag is het resultaat van zowel na-isolatie, verbeterde kwaliteit gebouwschil in nieuwbouw, als klimaatverandering (toename van de buitentemperatuur). Verbetering van conversiemethoden/ installaties is niet meegenomen.[3]
De uitdaging voor na-isolatie en verbeterde kwaliteit van de gebouwschil zal in de realiteit groter zijn dan de weergegeven cijfers doordat:

- een verandering in het stookgedrag wordt waargenomen, namelijk steeds meer ruimtes in huis worden verwarmd;
- nieuwbouwwoningen steeds groter worden, wat meer te verwarmen volume betekent.

Het energiegebruik per huishouden voor warm tapwater daalt licht, maar omdat het aantal huishoudens toeneemt, stijgt ook het totaal energiegebruik voor warm tapwater.

3 In de autonome installatievervanging is een beperkte rendementsverbetering opgenomen. Hierbij wordt echter geen rekening gehouden met de toepassing van een nieuwe technologie.

Elektriciteitsvraag

Voor 2010, 2020 en 2030 is voor de bepaling van het primair energiegebruik van de huishoudens het gemiddeld parkrendement bij de gebruiker toegepast. De ontwikkeling van de rendementen en CO_2-emissiefactor worden weergegeven in paragraaf 4.2. Het elektriciteitsgebruik van huishoudens verdubbelt gedurende de periode 1990 - 2030. De forse toename van het primair energiegebruik voor elektriciteit wordt enerzijds veroorzaakt door een stijging van het gemiddeld gebruik per huishouden en anderzijds door de toename van het aantal huishoudens.

De gemiddelde toename voor een individueel huishouden is ca. 65%, wat overeenkomt met ruim 2000 kWh/jaar. Het gemiddeld elektriciteitsgebruik per huishouden neemt toe door een toename van het aantal apparaten en een toename van de gebruiksduur. Het aantal apparaten neemt toe als gevolg van verdere penetratie van bijvoorbeeld het aantal televisies per huishouden, maar ook doordat meer apparaten op elektriciteit worden bedreven en er nieuwe comforteisen zijn, voor bijvoorbeeld koeling. De getallen zijn inclusief gebouwgebonden energie, zoals bijvoorbeeld hulpenergie voor ruimteverwarming en warm watervoorziening. Het gebruik is gecorrigeerd voor decentrale productie zoals micro-wkk en PV-panelen.

Koelvraag

Relatief nieuw voor de woningbouw is de groeiende vraag naar koeling als gevolg van buitentemperatuurstijging en meer vraag naar comfort. Prognoses over energiegebruik van koeling in woningbouw zijn nog maar zeer beperkt. In de ECN referentieraming [ref. 4] wordt aangegeven dat het elektriciteitsverbruik voor koeling fors toeneemt. Het aandeel ervan in het totale primair energiegebruik blijft echter beperkt tot 2 á 4%, respectievelijk SE en GE scenario.

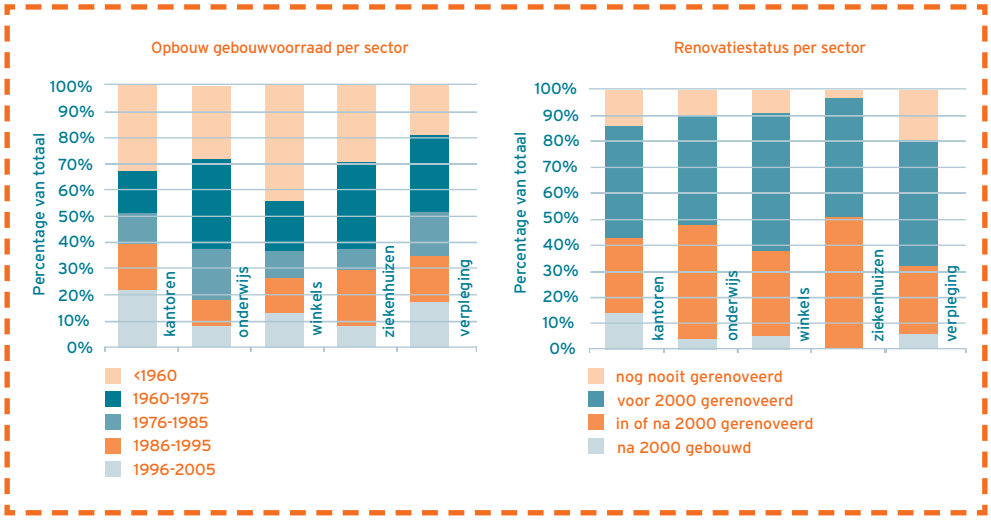
Totaal

Doordat het gebruik van aardgas daalt en het gebruik van elektriciteit toeneemt, neemt het aandeel van elektriciteit in de totale primaire energievraag toe van ca. 30% in 1990 tot 50% in 2030. Wanneer er wordt gestreefd naar het terugdringen van primair energiegebruik, is het van groot belang dat niet alleen de warmtevraag, maar ook de elektriciteitsvraag wordt verminderd en verduurzaamd. Verduurzaming van elektriciteit vindt niet noodzakelijkerwijs plaats op decentraal niveau. In dit rapport worden alleen de decentrale opties voor de verduurzaming van de elektriciteitsvoorziening meegenomen.

2.2 Trends in de utiliteitsbouw

2.2.1 Ontwikkeling gebouwvoorraad

De opbouw van het huidige utiliteitsbestand wordt weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3 Opbouw gebouwvoorraad [ref. 5]

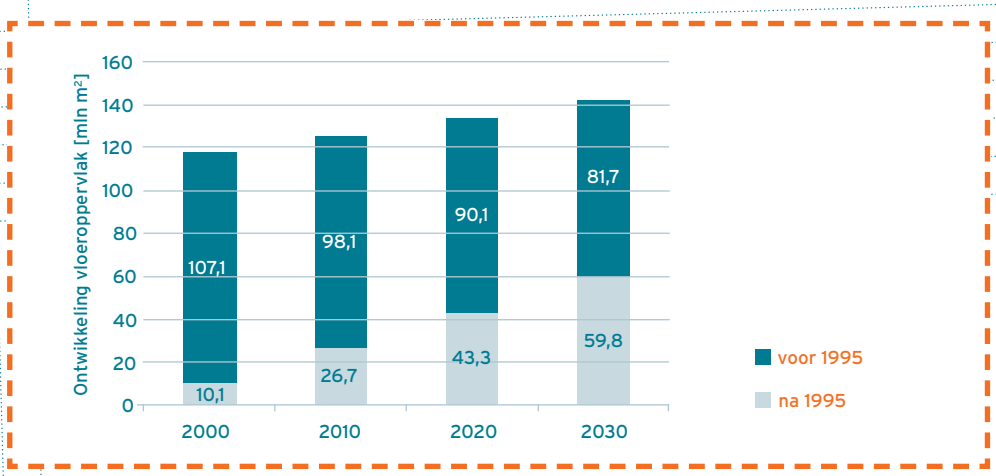
Duidelijk wordt dat 50 - 60% van de gebouwvoorraad van voor 1975 is, wat betekent redelijk wat oude gebouwvoorraad. Van de totale gebouwvoorraad is 50 - 60% nog nooit of voor 2000 gerenoveerd, wat betekent dat hier de komende jaren veel nieuwbouw of renovatie verwacht mag worden.
In de inpassing van (nieuwe) energiesystemen moet rekening worden gehouden met de sterk verschillende karakters van de gebouwen. Tabel 2 toont een viertal indicatieve kentallen.

Sector	Aantal gebouwen [Ref. 5]	Totaal energie-gebruik MJ/m² [Ref. 5]	Indicatief oppervlak per gebouw	Verhouding warmte-elektriciteitvraag
Ziekenhuizen & verpleging	6.300	1.700	2.650 m2	0,9
Onderwijs	13.700	820	2.050 m2	1,4
Kantoor	60.000	1.250	650 m2	0.6
Winkels	144.000	1.950	250 m2	0,3

Tabel 2 Indicatieve kengetallen utiliteitsbouw

In kantoren en winkels heeft de elektriciteitsvraag een relatief groot aandeel in de totale energievraag ten opzichte van de sectoren onderwijs en ziekenhuis & verpleging. Door het grote elektriciteitsgebruik daalt de behoefte aan warmte en stijgt de behoefte aan koelvraag. Vice versa neemt het elektriciteitsverbruik ook toe door een hoge koudebehoefte. Wanneer men slaagt de elektriciteitsvraag sterk te reduceren, kan dit ook de vraag naar warmte en koude beïnvloeden.

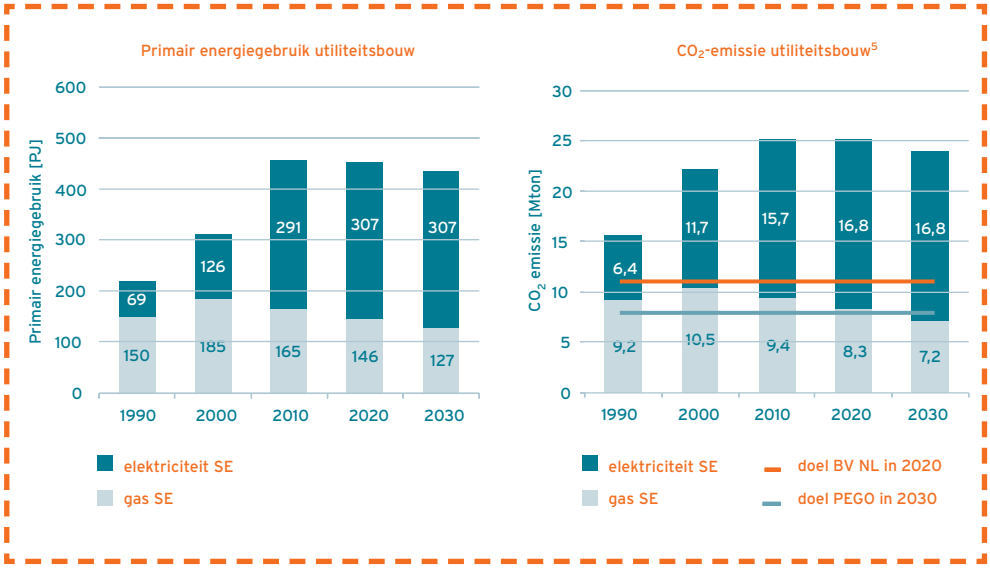
Naar verwachting zal het gebouwoppervlak voor utiliteit in de toekomst toenemen. Figuur 4 laat de verwachte ontwikkeling zien.



Figuur 4 Prognose ontwikkeling gebouwoppervlakte [ref. 7]

2.2.2 Ontwikkeling van de energievraag in de utiliteitsbouw

Circa 14% van het primaire energiegebruik komt voor rekening van de utiliteitsbouw (in de referentieraming is dit de sector handel, diensten en overheid). De prognose van de referentieraming stopt in 2020. Voor 2030 is een grove extrapolatiestap toegepast.[4]



Figuur 5 Ontwikkeling energievraag en CO_2-emissie in de utiliteitsbouw[5]

4 warmteafname tussen 2010 en 2020 is gelijk aan 2020 en 2030. Elektriciteitsgebruik 2020 en 2030 is gelijk

5 CO_2-emissie en primair energiegebruik elektriciteit op basis van het gemiddeld park

Warmtevraag

De primaire energievraag van verwarming en warmwatervoorziening daalt in deze periode met 15% (2030 ten opzichte van 1990). Dit lijkt weinig, maar zal een enorme inspanning vragen gezien de verwachte toename (ca. 20%) van het vloeroppervlak in deze sector.

De in de cijfers weergegeven reductie van de energievraag is het resultaat van zowel na-isolatie, verbeterde kwaliteit gebouwschil in nieuwbouw, als klimaatverandering (toename van de buitentemperatuur). Zoals eerder vermeld, is verbetering van conversiemethoden niet meegenomen.

Elektriciteitsvraag

Het elektriciteitsgebruik verviervoudigt in dit scenario over de gehele periode van 1990 tot 2030, wat een zeer sterke stijging van de primaire energievraag tot gevolg heeft. Factoren die leiden tot een hoger elektriciteitsgebruik zijn:

- meer onzichtbare ICT zoals infrastructuren voor internet en mobiele telefonie
- toename van gebouwoppervlak
- toename van koeling[6]. De toename van koeling wordt veroorzaakt door de toenemende vraag naar comfort en de oplopende buitentemperatuur.

Koeling

In zowel in de woningbouw als de utiliteitsbouw is er een toenemende behoefte aan koeling. Achtergronden van deze toenemende koelbehoefte zijn hogere comforteisen, betere isolatieniveaus en luchtdichtheid van gebouwen en toenemende koellasten (met name in de utiliteitsbouw) door toename van personen en apparatuur per vierkante meter. Naar verwachting zal deze trend in de toekomst doorzetten en daarmee zal de behoefte aan koeling in de gebouwde omgeving in de beschouwde zichtperiode toenemen. Nu al worden er geen of nauwelijks kantoren meer zonder koeling gebouwd, wordt in scholen steeds vaker koeling toegepast en wordt na de zeer warme zomer van 2002 in nieuwe en bestaande verpleeg- en verzorgingshuizen steeds vaker koeling aangebracht.

Tabel 3 geeft het aandeel van koeling in het gebouwgebonden energiegebruik op basis van de Energiebesparingsmonitor 2006 [ref. 5]. De cijfers in dit rapport zijn gebaseerd op een rapport uit 2002, maar er wordt vanuit gegaan dat deze ook de huidige situatie voldoende weerspiegelen.

	% van het totale energiegebruik voor koeling
Kantoren	4%
Onderwijs	-
Winkels	1%
Ziekenhuizen	5%
Verpleging en verzorging	1%

Tabel 3 Aandeel koeling van het totale energiegebruik per sector [ref. 5]

6 De emissieraming geeft geen inzicht in welk aandeel van het energiegebruik voor elektriciteit voor koeling wordt gebruikt.

2.3 Doelstellingen voor energievraag- en CO_2-emissiereductie

Figuur 2 en Figuur 5 geven naast de CO_2 emissieontwikkeling ook de overheidsdoelstellingen weer op gebied van CO_2-emissiereductie:

- 30% CO_2-emissiereductie in 2020 ten opzichte van 1990.
- 50% CO_2-emissiereductie in 2030 ten opzichte van 1990 (PEGO[7]).

De overheid heeft als doelstelling op het gebied van energiebesparing gesteld dat per jaar een reductie van primair energiegebruik van 2% moet worden gehaald. Dit komt neer op:

- 22% besparing in 2020 ten opzichte van 2007.
- 36% besparing in 2030 ten opzichte van 2007.

In dit rapport zal worden uitgegaan dat een totale besparing van 2% per jaar direct zal worden vertaald naar een 2% reductie per jaar in de gebouwde omgeving. Duidelijk wordt dat bij ongewijzigd beleid de doelstellingen niet gehaald zullen worden. Zowel voor de reductie van warmte- als van elektriciteitvraag zal een enorme inspanning noodzakelijk zijn.
In onderstaande paragrafen wordt aandacht gegeven aan de ideeën en mogelijkheden voor vraagreductie. In de hoofdstukken 3 en 4 wordt ingegaan op de mogelijkheden om met verbeterde conversie de primaire energiebehoefte te reduceren.

2.3.1 Reductie warmte/koelvraag

Voor zowel woningbouw als utiliteitsbouw zijn de mogelijkheden in nieuwbouw om met een kwalitatief goede bouwschil en met goede keuzes in het gebouwontwerp warmte- (en koude-) vraag te reduceren enorm. Binnen energietransitie probeert PEGO ook de ontwikkeling voor nieuwe mogelijkheden om de gebouwschil te optimaliseren te stimuleren.
De overheid zal dit o.a. verder stimuleren met bouwnormen en het aanscherpen van de EPC. Europese eisen aan het energieverbruik van lidstaten zullen ook steeds verder worden aangescherpt. De EPBD (Energy Performance Building Directive), die overigens ook voor bestaande bouw geldt, is daar een voorbeeld van.

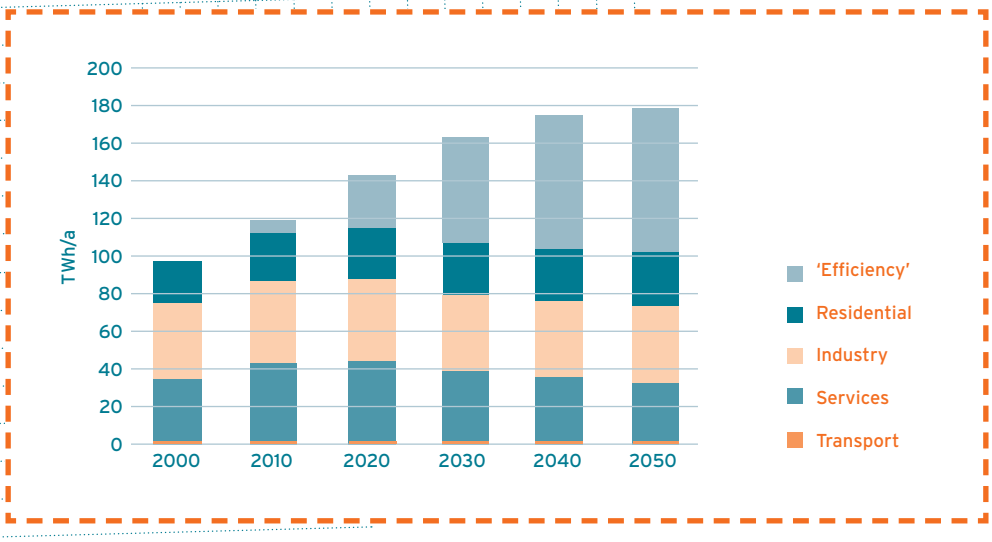
In 2020 bestaat 84% van het woningbestand uit woningen van voor 2005, wat betekent dat warmtevraag reductie in de bestaande bouw zeer belangrijk is. Tegelijkertijd is energiebesparing hier door o.a. grote verschillen in het woningbestand, marktorganisatie en de ingrijpende activiteiten tijdens het verbeteren van de gebouwschil veel moeilijker te bereiken. PEGO zoekt met deze achtergrond naar methoden om een energievraagreductie van 30% bij 200.000 tot 300.000 [ref. 6] bestaande woningen en utiliteitsgebouwen per jaar door te voeren. Men zoekt met de overheid naar mogelijkheden dit doel te verwezenlijken. Voorbeelden zijn.:

- Voor de particuliere markt: fiscale stimuleringen zoals het verlagen van het BTW-tarief van isolatiemateriaal en een differentiatie in overdrachtsbelasting.
- Voor de huurmarkt: convenanten tussen de overheid en woningcorporaties, energieprestatie waarderen in het woningwaarderingsstelsel

7 Platform Gebouwde Omgeving

2.3.2 Reductie elektriciteitsvraag

Zoals de grafieken in paragrafen 2.1 en 2.2 laten zien is aandacht voor reductie in elektriciteitsvraag ook essentieel voor het behalen van de doelstellingen.
Door te streven naar een hogere efficiency in de toepassing van apparaten zoals wasmachines, wasdrogers, verlichting, computers, beeldschermen heeft Greenpeace in haar Energy Revolution scenario [ref. 8] een prognose gemaakt van de mogelijke reductie in elektriciteitsvraag (zie Figuur 6).



Figuur 6 Prognose elektriciteitsvraag ontwikkeling in Nederland volgens Greenpeace [ref. 8]

Door het stimuleren van zuinige apparaten, het beter informeren van consumenten over energiezuinigheid van bepaalde apparaten en instellen van strenge productnormen moet een substantiële verlaging van de elektriciteitsconsumptie te realiseren zijn.

3 WARMTEVOORZIENING IN DE GEBOUWDE OMGEVING

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden tot verbetering van de conversie en verduurzaming van de warmtevraag in de gebouwde omgeving.

3.1 Warmtevraagreductie

Reductie van de warmtevraag kan vooral worden gerealiseerd door bouwkundige maatregelen. Isolatie van de gebouwschil, kierdichting, oriëntatie van een gebouw, zonlichttoetreding, het ventilatiesysteem en materiaalkeuze dragen allemaal bij aan het energiegebruik. Nieuwbouw kan worden vormgegeven op een manier die energieverbruik beperkt.
In de bestaande bouw zijn het aantal mogelijke maatregelen beperkter en is toepassing moeilijker.
Het vereist intensieve werkzaamheden aan het gebouw en vaak flinke investeringen. De kosten en het ongemak die dergelijke werkzaamheden met zich meebrengen belemmeren de toepassing van verbetering van de gebouwschil in de bestaande bouw. Woningcorporaties, energiebedrijven en energietransitie maken zich hard om deze moeilijke sector de komende jaren 30% energie te besparen.

3.2 Huidige referentie: de HR-ketel

Verwarming in gebouwen (ruimteverwarming en verwarming van tapwater) vindt momenteel voornamelijk plaats met behulp van gasgestookte ketels (HR, VR en CR). In de vervangingsmarkt heeft de HR-ketel momenteel het grootste aandeel, de CR- en VR-ketels worden stap voor stap verdrongen, waardoor nog een behoorlijke stap in efficiency verbetering gemaakt zal worden.

Voor ruimteverwarming is er binnen de HR-ketel nog maar weinig ruimte voor rendementsverbeteringen, echter op gebieden als warm tapwatervoorziening en hulpenergie[8] worden nog wel stappen gemaakt. De HR-ketel is een sterke benchmark wat betreft betrouwbaarheid, prijs en prestatie voor nieuwe technieken die de markt willen veroveren. In dit rapport zal de HR-ketel voor de woningbouw als referentie voor warmteopwekking worden gebruikt.

Woningbouw

De HR-ketel voorziet met aardgas woningen van ruimteverwarming en warm tapwater. In 2006 heeft ruim 80% van het woningbestand centrale verwarming en heeft 54% een HR-ketel, waarbij de huursector achterblijft bij de koopsector.

8 Pomp, ventilator, standby-energie

	1995	2000	2002	2005	2006
HR	15%	31%	36%	48%	54%
VR of CR	60%	49%	44%	20%	19%
Onbekend CV-systeem				15%	11%
Geen CV	24%	21%	19%	16%	16%

Tabel 4 Verdeling aanwezigheid warmte-opwekkers in woningbouw [ref. 9]

De woningen zonder centrale verwarming hebben een aansluiting op een collectiefsysteem/warmtenet (ca. 50% van woningen zonder CV) of lokale verwarming (ca. 50% van woningen zonder CV) of warmtepompen (overig) [ref. 11].

Utiliteitsbouw

Verwarming in utiliteitsbouw bestaat voor het grootste gedeelte uit HR-ketels. Echter ook warmtepompen en warmte/kracht hebben daar in specifieke sectoren nu al een belangrijke bijdrage in de warmtevoorziening.

	HR-ketels		WKK		Elektrische warmtepomp	
	2004	2006	2004	2006	2004	2006
Ziekenhuizen	22%	53%	55%	63%	33%	33%
Verpleging en verzorging	64%	64%	18%	14%	13%	13%
Kantoren	76%	77%	2,4%	4,0%	4%	11%
Onderwijs	58%	70%	0,4%	4,4%	12%	11%
Winkels	68%	74%	2,1%	2,3%	7,7%	8%
Totaal [9]	62%	69%	6,1%	7,4%	11%	11%

Tabel 5 Verdeling aanwezigheid warmte-opwekkers [ref. 5][9]

In Tabel 5 staat in welk deel van de gebouwen gebruik gemaakt wordt van één (of meer) HR-ketels, een WKK-systeem en één (of meer) elektrische warmtepompen. Dit betekent bijvoorbeeld dat in 2006 in 53% van de ziekenhuisgebouwen één of meer HR-ketels werden gebruikt, in 63% van de gebouwen een WKK-installatie en in 33% één of meer warmtepompen (vaak in combinatie met warmte-koude opslag). Doordat een gebouw kan beschikken over meer dan één warmte-opwekker kan de totale penetratie hoger zijn dan 100%.

3.3 Warmtepomp

Een warmtepomp is een toestel dat omgevingswarmte van een lage omgevingstemperatuur opwaardeert naar een hogere temperatuur waarop het als nuttige warmte voor verwarming of warmtapwaterbereiding kan worden ingezet. Met een warmtepomp kan ook worden gekoeld. Hiervoor wordt de warmte aan een gebouw onttrokken en op een hoger temperatuurniveau in de omgeving afgegeven. De warmtepomp fungeert dan als koelmachine. Wanneer de bodem of grondwater als warmtebron voor verwarming wordt gebruikt kan de koelfunctie ook direct worden vervuld door de warmte, zonder tussenkomst van de warmtepomp, direct af te geven aan de bodem of het grondwater.

9 Alle totaal cijfers zijn bepaald als gewogen (naar voorkomen) gemiddelde.

Er zijn verschillende principes bekend voor warmtepompen:
- Mechanische compressie: elektrische compressor of gasmotor
- Thermische compressie: warmtegedreven (gas, zon, restwarmte)
- Magneto-calorische warmtepompen (in conceptfase)
- Thermo-akoestische warmtepompen (in conceptfase)

Mechanische compressiewarmtepompen zijn bewezen technologie, die reeds wordt toegepast, zeker in utiliteit. Gasgestookte warmtepompen voor verwarming en koeling zijn nu nog niet voor individuele woningen beschikbaar maar wel in grotere vermogens voor verwarming (40 kW). Dit type warmtepompen vereist een relatief kleine warmtebron en heeft ook bij een hogere afgiftetemperatuur (50°C) een goede COP.

Warmtepompen worden zelden als enige warmte-opwekker toegepast maar meestal in combinatie met een elektrische bijstook-voorziening bij individuele warmtepompen in woningen of gasgestookte ketels bij grotere systemen om in de piekvraag te voorzien. Ook worden mechanische compressie warmtepompen soms direct door een gasmotor aangedreven, met name wanneer de elektrische infrastructuur ontoereikend is.

Een belangrijke randvoorwaarde om de voordelen van de warmtepomp bij ruimte-verwarming optimaal te kunnen benutten, is een afgiftesysteem met een lage temperatuur[10] en een juiste regeling. Reductie van de warmtevraag door een goede gebouwschil is voor de warmtepomp dus cruciaal. De regeling van warmte-pompsystemen is erop gericht de warmtepomp maximaal en de bijstook minimaal in te zetten. Nachtverlaging is in dergelijke systemen minder zinvol.
De meest voor de hand liggende markt om warmtepompen in te zetten is die van nieuwbouw woningen en utiliteit, omdat hierin eenvoudig lage temperatuur afgiftesystemen zijn in te passen en de warmtebron goed kan worden aangelegd.

Warmtapwaterbereiding
Hierbij wordt in de meeste situaties gebruik gemaakt van een voorraadvat, omdat de warmtepomp een te klein vermogen heeft voor een doorstroomtoestel. In grotere cv-systemen kan een twee-traps-verwarming worden gebruikt: Een eerste vat dat door de WP wordt verwarmd tot bijvoorbeeld 50 °C en een tweede vat waarin een andere (gasgestookte) warmte-opwekker het water verwarmd tot de gewenste eindtemperatuur (65 - 70°C t.b.v. circulatiesysteem).

Warmtepompen hebben de potentie significant beter te scoren dan de referentie-systemen als HR-ketel en compressiekoeling.
Grootschalige toepassing van elektrische warmtepompen zal de gasvraag sterk reduceren. In nieuwbouw wordt bij toepassing van warmtepompen vaak geen gasinfrastructuur meer aangelegd.

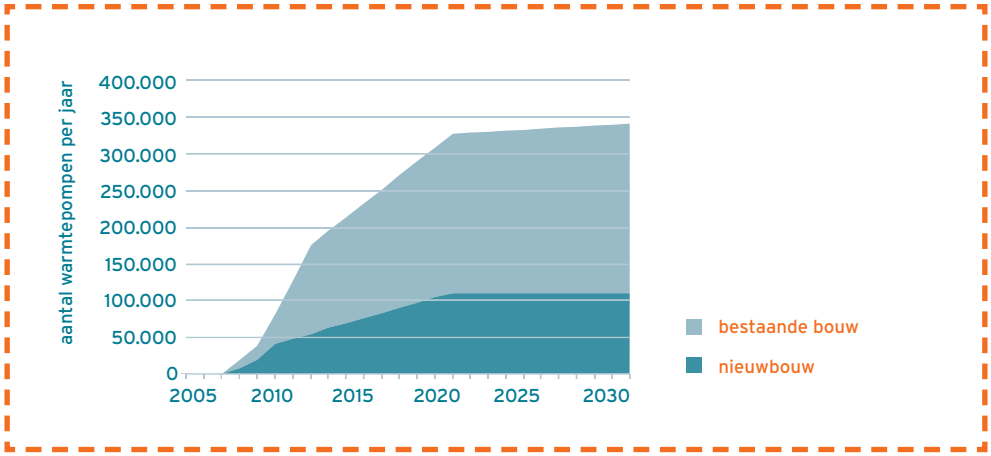
10 Bij vrije koeling (bodemsystemen) via koud water zijn juist weer hoge temperatuur afgiftesystemen vereist

Woningbouw

In de huidige nieuwbouw wordt in 6% van de woningen een warmtepomp toegepast, wat overeenkomt met de implementatie van 3.500 warmtepompen per jaar. Vooralsnog zijn dit voornamelijk elektrische warmtepompen. Gaswarmtepompen voor individuele woningen zijn nog in de conceptfase en worden verder ontwikkeld. Binnen de energietransitie zijn er doelen geformuleerd voor de marktontwikkeling van warmtepompen in de woningbouw: [ref 13]

- In de nieuwbouw wordt gestreefd naar een marktaandeel van 80% in 2020.
- In de bestaande bouw wordt gestreefd naar een marktaandeel van 30% van de vervangingsmarkt in 2012 en 50% in 2020.

Figuur 7 geeft de doelstellingen grafisch weer:



Figuur 7 Marktverwachting warmtepompen in de woningbouw

Om deze doelen te realiseren zijn belangrijke algemene aandachtspunten in de woningbouw:

- Kennisopbouw en -overdracht rondom de verschillende systeemopties voor installateurs en adviseurs.
- Aandacht voor een energetisch efficiënte warmwatervoorziening, welke een steeds groter deel van de warmtevraag wordt
- Reductie van de kostprijs en installatiekosten
- Markt versterken door medewerking van grote ketelfabrikanten
- Aandacht voor ruimte en elektrische aansluiting in bouwnormen
- Verkorten van procedures van vergunningverlening voor warmteopslag in de bodem

Aandachtspunten specifiek voor de bestaande bouw zijn:

- Sterke reductie van de warmtevraag. Hierdoor daalt tevens de bedrijfstemperatuur in het afgiftesysteem.
- Ontwikkelen van een elektrische warmtepomp met een HR-ketel als bijstook voor toepassing in hoge temperatuur afgifte systemen (de warmtepomp levert zijn bijdrage bij lage systeemtemperaturen, de HR-ketel neemt het over bij hoge systeemtemperaturen).
- Toepassing van multi-split- en VRV-systemen voor verwarming en koeling.

In utiliteit worden deze systemen al toegepast; voor woningen is dit een optie. Het warm tapwater kan met een geiser of gasboiler worden geleverd.
- Ontwikkelen van een hybride (gas)warmtepomp, voor een snelle, brede toepasbaarheid.

Utiliteitsbouw
De warmtepomp sluit goed aan bij de koude- en warmtevraag van de utiliteitsbouw. Mede hierdoor verloopt de marktontwikkeling in de utiliteitsbouw sneller dan in de woningbouw. In nieuwbouw van kantoren hebben warmtepompen nu al een aandeel van ca. 20 - 30%. In nieuwbouw van overige utiliteitsgebouwen is de toepassing van warmtepompen naar schatting 10% [ref. 13]. In de utiliteitsbouw zijn er al enkele gaswarmtepompen in gebruik, in tegenstelling tot de woningbouw. De techniek is echter nog vrij onbekend.

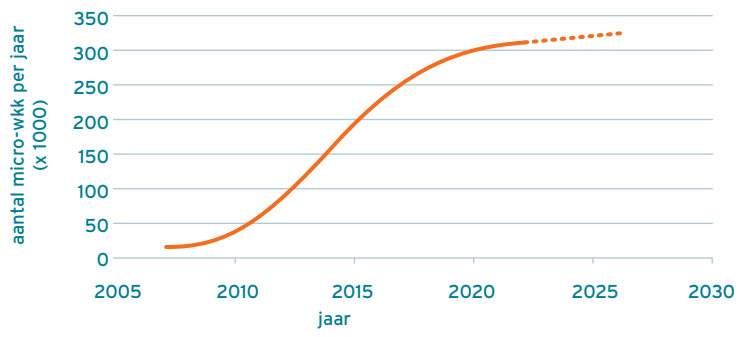
3.4 Micro- en mini-wkk

WKK staat voor warmte kracht koppeling, de gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit. Het benutten van de warmte die vrijkomt bij elektriciteits-productie vindt al op grote schaal plaats in o.a. industrie en glastuinbouw. Door technologische ontwikkeling kan wkk op steeds kleinere schaal worden toegepast, met micro-wkk zelfs in huishoudens. Micro-wkk wordt hier gedefinieerd als wkk op huishoudniveau en mini-wkk als wkk met een vermogen 5 tot 300 kWe, voor toepassing op laagspanningsnetten.
De meest voor de hand liggende markt om warmtekracht in te zetten is die van bestaande woningen en utiliteit, omdat hoge temperatuur afgiftesystemen voor WKK geen probleem zijn en de grotere warmtevraag en het langere stookseizoen gunstig zijn voor de bedrijfsvoering van WKK.

Woningbouw
Op dit moment staat de toepassing van micro-wkk bij individuele huishoudens in de startblokken. Met veldtesten is kennis opgebouwd over o.a. het installatieproces, praktijkgedrag en gedrag op het laagspanningsnet. Vanaf begin 2009 wordt de grootschalige marktintroductie verwacht, waarbij micro-wkk installaties zullen worden toegepast bij het vervangen van cv-ketels. Deze toestellen zullen zijn voorzien van een keurlabel, dat is ontwikkeld door de Stichting Energie Prestatiekeur: het Gaskeur HRe. Het keurmerk garandeert een minimum efficiëntie waardoor er een significante energiebesparing optreedt ten opzichte van de HR ketel. Toestellen met dit keurlabel mogen als HRe ketels in de markt worden gezet; waarbij de ‘e’ staat voor elektriciteit.

Er zijn verschillende types micro-wkk in ontwikkeling, waarvan de Stirlingmotor het dichtst bij marktintroductie is. Op moment van marktintroductie hebben deze toestellen een elektrisch rendement tussen 15 en 20%, met een overall HR-benutting van het aardgas doordat ook de warmte volledig wordt benut. Andere opties die nu ontwikkeld worden zijn brandstofcellen, gasmotoren, stoommotoren en gasturbines. Het elektrisch rendement van bepaalde typen brandstofcellen lijkt richting de 50% te gaan, waarmee er nog een groot potentieel aan energiebesparing wordt blootgelegd.

De ketelfabrikanten die de HRe-ketel ontwikkelen, verenigd in de Smart Power Foundation (SPF), hebben een marktverwachting voor micro-wkk opgesteld. Ervan uitgaand dat micro-wkk in de eerste jaren een vorm van ondersteuning zal krijgen, zal er een snelle groei van het marktvolume plaatsvinden. Figuur 8 geeft de marktverwachting, wat overeenkomt met 1,6 miljoen geïnstalleerde HRe-ketels in 2020 en 4,1 miljoen in 2030.



Figuur 8 Marktontwikkeling micro-wkk volgens SPF

Uiteraard zijn er nog aandachtspunten om de grootschalige marktintroductie van micro-wkk te kunnen realiseren. Voorbeelden zijn:

- Verlagen van de terugverdientijd tot 5 jaar door:
  - realiseren van de kostprijsreductie tot € 1.500 meerprijs t.o.v. HR-ketel;
  - voorkomen van dubbele (energie)belasting voor huishouden;
  - redelijke teruglevergoeding voor netgeleverde elektriciteit.
- Vereenvoudigen van de installatieprocedure door:
  - met energiebedrijven afspraken te maken over meldingsplicht en aansluitvoorwaarden;
  - goede inbedding van micro-wkk in normen zoals NEN-1010 en EPN.

De ketelfabrikanten verwachten dat na de commerciële introductie in 2009/2010 de HRe-ketel binnen een periode zodanig in prijs is gedaald door opschaling van de productie dat een financieel prikkel na 2014 niet meer nodig zal zijn. Om tot een grootschalige toepassing van deze nieuwe generatie cv-ketels te komen wordt aan de overheid gevraagd om na het leertraject (2007-2010) de HRe-ketel in de periode 2010-1014 met een eenmalige subsidie van 80 miljoen euro (gemiddeld ca. 500 euro per toestel) te ondersteunen.

Op termijn zullen nieuwe regelmogelijkheden ontstaan. Het samenwerkingsverband Smart Power System is opgericht om de mogelijkheden daarvan te onderzoeken. Achtergronden voor aanpassen van de huidige regeling kunnen zijn: het inpassen van duurzame bronnen (PV/wind), optimalisatie van netkwaliteit, economische optimalisatie.

Utiliteitsbouw

Mini-wkk wordt al ruim 20 jaar in de utiliteitsbouw toegepast en is daarmee een bewezen technologie. Het totaal opgesteld vermogen van mini-wkk bedraagt ruim 500 MWe (voornamelijk in de hogere vermogens tot 300 kWe). Het elektrisch rendement van de huidige installaties ligt tussen de 30% en 40%. Naast warmte en elektriciteit kan mini-wkk in combinatie met absorptiekoelmachines ook koude leveren (trigeneratie). De techniek voor kleine koelmachines bevindt zich in het stadium van prototypen en eerste kleine series. Het technisch potentieel voor mini-wkk wordt geschat op 3 GWe [ref. 10] Er is voornamelijk een groot marktpotentieel in verpleging en verzorging, horeca, kantoren, ziekenhuizen en onderwijs.

De economische rentabiliteit van een wkk installatie is sterk afhankelijk de lokale situatie. Op dit moment zijn voornamelijk systemen met een elektrisch vermogen boven de 60 kWe rendabel. Kleinere systemen, zonder noodstroom toepassing, hebben het economisch zwaar o.a. doordat ze niet kunnen profiteren van de energiebelastingvrijstelling op het ingekochte aardgas.
Andere economische aandachtspunten zijn:

- De relatief hoge investeringskosten.
- Gebruik van elektriciteit achter de meter is in verzamelgebouwen en wijktoepassingen beperkt, waardoor de opbrengsten van vermeden elektriciteitsinkoop sterk verminderen.
- Geen EIA toegang voor non-profit organisaties.
- Gebrek aan kennis van installateurs op het gebied van technische en economische inpassing.

Oplossingen voor bovenstaande aandachtspunten zijn nodig om het technisch potentieel te kunnen realiseren

3.5 Restwarmte

Voor ruimteverwarming van zowel woningbouw als utiliteitsbouw kan restwarmte van industrie of elektriciteitsproductie worden betrokken. De restwarmte wordt naar de gebouwde omgeving getransporteerd en wordt daar gebruikt voor ruimteverwarming en warmwatervoorziening.
Naar verwachting kan restwarmte op termijn ook efficiënt worden gebruikt voor koeling en mogelijk zelfs elektriciteitsproductie.

Het Platform ketenefficiency heeft vier gebieden in Nederland gelokaliseerd die een goede (economische) potentie hebben om restwarmte uit de omgeving te benutten: zuidvleugel van de Randstad, Amsterdam, Emmen en Arnhem-Nijmegen. Op deze locaties is naar schatting in totaal een economisch potentieel van 20 PJ (bron: Platform keten efficiency) beschikbaar. In de analyse in dit rapport is als prognose opgenomen dat in 2030 een additioneel vermogen van 20 PJ is gerealiseerd. De afstand waarover de warmte moet worden getransporteerd (dus tussen de bron en de verbruiker) beperkt de toepassingsmogelijkheden van het gebruik van restwarmte.

Belangrijke dilemma's van restwarmtebenutting zijn:
- Zeer kapitaalsintensief, waardoor investeringen zonder betrokkenheid van de overheid erg risicovol zijn.
- Warmtevraagreductie leidt tot lagere opbrengsten uit exploitatie. Hierdoor lopen warmteprojecten het risico van een matige isolatie van de huishoudens, waardoor de stookkosten op kunnen lopen.
- Het nutskarakter van de warmtevoorziening waarbij de klant geen leverancier kan kiezen strookt niet met de huidige liberalisering van de energiemarkt. Discussies over prijsstelling en keuzemogelijkheden kunnen in een warmtewet worden gekanaliseerd. Door grote belangenverschillen verloopt dit proces langzaam.

3.6 Zon-thermisch

Zonnecollectoren vangen thermische zonne-energie op, welke kan worden gebruikt voor lage temperatuurverwarming en het verwarmen van tapwater. Op dit moment worden zonnecollectoren vooral toegepast voor warm tapwatervoorziening. Het gebruik van thermische zonne-energie wordt nu nog in combinatie met andere technologieën uitgevoerd.

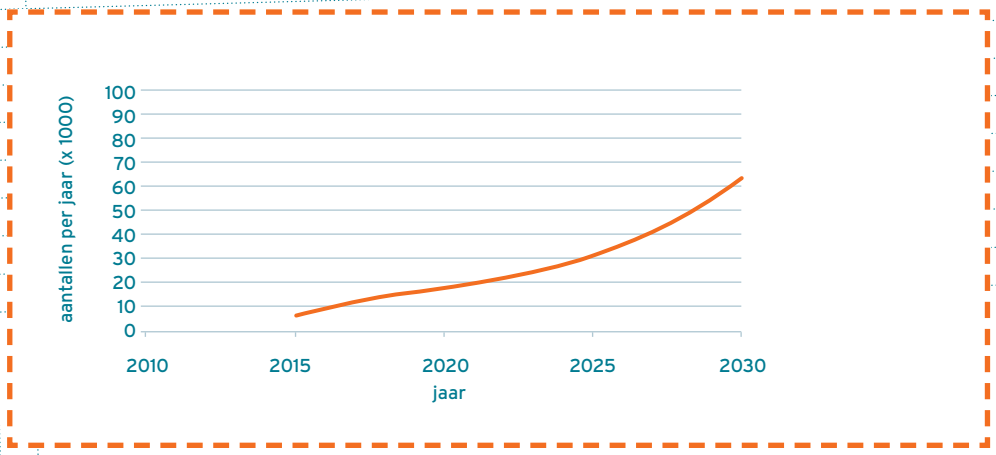
Het gebruik van thermische zonne-energie (d.m.v. collectoren) heeft in 2050 een jaarlijks potentieel van 81 PJ warmteproductie in Nederland [ref. 14]. De zonnecollector is een beproefde technologie die energiekosten kan reduceren door het gebruik van een gratis en onuitputtelijke bron. Het gebruik van zonnecollectoren kan worden gestimuleerd door verscherping van overheidsregels met betrekking tot energiegebruik.

Woningbouw

Naar verwachting kunnen zonthermische toepassingen op termijn in ca. 65 PJ van de warmtevraag in woningbouw voorzien. Het hiervoor verwachte opgestelde piekvermogen is 35 GWth. De ontwikkeling van het aantal geïnstalleerde systemen tot 2030 is weergegeven in Figuur 9.

	2005	2015	2030
nieuwbouw (m2/jr)	15.000	45.000	150.000
bestaande bouw (m2/jr)	4.000	90.000	700.000
totaal woningbouw (m2/jr)	19.000	135.000	850.000

Tabel 6 Afzetontwikkeling thermische zonnepanelen in vierkante meters [ref. 14]



Figuur 9 Marktontwikkeling zonthermisch in de woningbouw [ref. 14]

Utiliteitsbouw

De toepassing van thermische zonne-energie in de utiliteitsbouw is momenteel zeer beperkt en ook het potentieel in utiliteitsbouw wordt aanmerkelijk lager geschat dan in de woningbouw: 11 PJ per jaar, waarvoor een opgesteld vermogen van 6 GWth nodig is. Het verwachte opgesteld vermogen in 2030 ligt echter vele malen lager.

	2005	2015	2030
toename utiliteitsbouw (m2/jaar)	1.000	10.000	75.000
geïnstalleerd vermogen utiliteitsbouw (GWth)	0.02	0.06	0.5

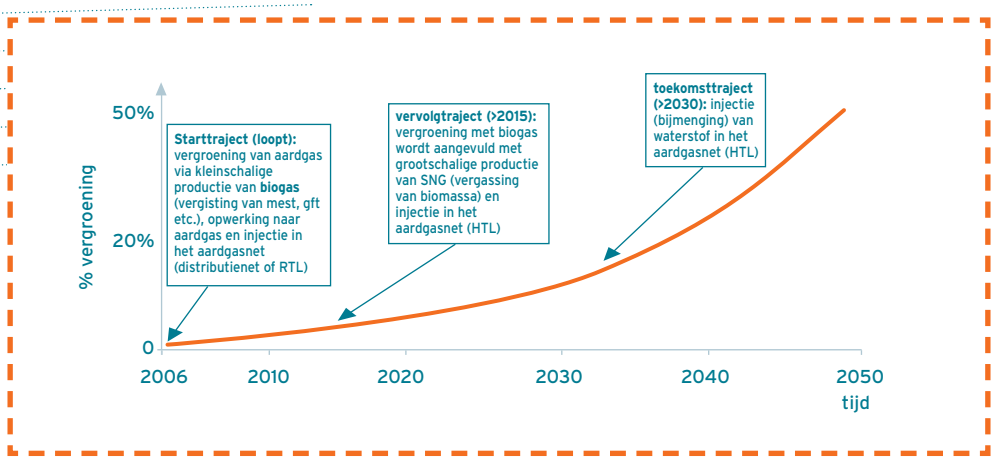
Tabel 7 Toename van toepassing van thermische zonne-energie [ref. 14]

3.7 Groen gas

Gebouwen beschikken doorgaans over een aansluiting op het gasnet. Via het landelijke gasnet wordt aardgas gedistribueerd van de gasvelden naar de gebruiker. In de gebouwde omgeving wordt het gas gebruikt voor ruimteverwarming, tapwaterverwarming en (een zeer klein gedeelte) om te koken. Vergroening van het aardgas verduurzaamt alle gasgestookte toepassingen (HR-ketel, (micro-)wkk, gasgestookte warmtepomp). Realisatie is op verschillende wijzen mogelijk:

- Op korte termijn: injectie van groengas (biogas opgewerkt tot aardgaskwaliteit) op distributie of middendruk gasnet. De theoretisch maximale potentie van biogas is naar schatting 50 tot 60 PJ, wat overeenkomt met 1 tot 3% van het landelijk aardgasverbruik. [ref 15]
- Op middellange termijn: Synthetic Natural Gas (SNG), door vergassing van biomassa met injectie in het hoge druk gasnet. Hiermee kan 20% tot 50% van het aardgas vervangen worden. Realisatie is in belangrijke mate afhankelijk van de grootschalige beschikbaarheid van (geïmporteerde) biomassa. [ref 15]
- Op lange termijn: waterstofinjectie/bijmenging in het hoge druk gasnet, met een potentie van 10% tot 20% aardgasvervanging. Naast injectie van waterstof in bestaande aardgasnetten, kunnen ook micro waterstofnetwerken op wijkniveau zich ontwikkelen. [ref 15]

Het doel van Platform Nieuw Gas is de vervanging van 20% van het aardgas door groen gas in 2030, met als tussendoel 10% in 2020 (zie Figuur 10).



Figuur 10 De marktverwachting voor groen gas [ref. 15]

Belangrijke aandachtsgebieden bij de vergroening van het aardgas zijn o.a.:

- Beschikbaarheid van biomassa
- Gaskwaliteit, zodat bijvoorbeeld bestaande gastoestellen zonder wijzigingen kunnen worden toegepast.
- Inpassing in infrastructuur
- Acceptatie
- Kosten

3.8 Systeemoptimalisatie op wijkniveau

Bij grootschalige renovatie en nieuwbouw wordt nu al steeds vaker aandacht gegeven aan optimalisatie van de energievoorziening op wijkniveau. We verwachten dat deze werkwijze steeds vaker zal worden toegepast.

Geen enkele van de opties hoeft in een dergelijke optimalisatieslag te worden uitgesloten, wel komen er nieuwe mogelijkheden. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan het gebruik van de organische reststoffen uit de wijk, welke o.a. middels vergisting lokaal naar biogas kan worden omgezet. Biogas kan opgewerkt worden naar groengas en in een netwerk worden ingebracht, of direct in een mini-wkk en/of gas warmtepomp op wijkniveau warmte en elektriciteit genereren. WKK kan op wijkniveau ook met andere technologieën worden gecombineerd, zoals met elektrische warmtepompen.

De optimalisatie op wijkniveau zal sterk locatie afhankelijk zijn als gevolg van bijvoorbeeld beschikbare restwarmte, bodemgesteldheid voor warmtepompen, woningkwaliteit etc. Ook zal organisatievorm en regelgeving van invloed zijn op gekozen opties.

4 ELEKTRICITEITSVOORZIENING IN DE GEBOUWDE OMGEVING

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gebruikte technologie met betrekking tot elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving, en de verwachte ontwikkeling van deze technologieën in de periode tot 2030.

4.1 Vraagreductie

Elektriciteitsvraag kan op verschillende manieren worden gereduceerd. Reductie kan plaatsvinden door gedragsverandering en door de inzet van efficiënte apparatuur. Gedragsverandering is onder andere het verminderen van het aantal apparaten en de gebruiksduur van deze apparatuur. In prognoses wordt echter tot op heden uitgegaan van een verdere toename van het aantal apparaten en de gebruiksduur.

De inzet van efficiënte installaties op gas zou mogelijk een bijdrage kunnen leveren aan de vraagreductie. Voorbeelden hiervan zijn gaswasdrogers en hotfill (af)wasmachines[11]. De potentiële bijdrage in de vraagreductie wordt nu nog niet vermeld in literatuur. In de onderstaande alinea wordt een eerste indicatie gegeven. Het energiegebruik voor reinigen, waar de bovengenoemde apparaten onder vallen, is in 2003 21% van het totale huishoudelijke elektriciteitsgebruik [ref. 16]. Tabel 8 geeft een indicatie van de primaire energiebesparing wanneer voor reinigen ook gastoepassingen worden toegepast. Duidelijk is dat gastoepassingen een forse besparing op het primair energiegebruik voor reinigen kunnen realiseren.

	2010	2020	2030
Primaire energievraag elektriciteit (PJ)	245	297	359
Aandeel reinigen	21%	21%	21%
Primaire energievraag reinigen elektrisch (PJ)	51	62	75
Omzetrendement [12]	71%	76%	76%
Potentiële woningen met hotfill	10%	20%	50%
Besparing door hotfill (PJ)	2	5	15

Tabel 8 Mogelijke primaire energiebesparing met gasreinigingsapparatuur[12]

4.2 Huidige elektriciteitsproductie

Nederlandse huishoudens nemen op dit moment vrijwel alle elektriciteit af van het net. De brandstofmix van de elektriciteitsproductie bestaat grotendeels uit gas en kolen, welke in zowel conventioneel als wkk-bedrijf worden omgezet naar elektriciteit. Verduurzaming van het centrale park zal nodig zijn om de nationale energiebesparings- en CO_2-emissiereductiedoelstellingen te halen. Er zijn verschillende scenario's voor het invullen van deze verduurzaming. Het ene

11 Water wordt niet opgewarmd met behulp van elektriciteit, maar er wordt gebruik gemaakt van warm water uit de warm tapwatervoorziening (bijvoorbeeld de HR-ketel).

12 omzetrendement: rendement warmwatervoorziening [ref. 1] vermenigvuldigd met 85%

scenario gaat uit van grotendeels kolen met CCS, het volgende van grootschalig wind en gas.

Voor 2010, 2020 en 2030 is voor de bepaling van het primair energiegebruik van de huishoudens het gemiddeld parkrendement bij de gebruiker toegepast (inclusief 3,9% netverlies). Tabel 9 toont de gebruikte waarden.

	2010	2020	2030
gemiddeld park rendement elektriciteit [ref. 1]	42,6%	43,0%	44,2%
CO_2 emissiefactor [kg/kWhe] [ref. 4]	0,482	0,442	0,442

Tabel 9 Ontwikkeling rendement en CO_2 emissiefactor elektriciteit

4.3 Micro- en mini-wkk

Decentrale opwekking van elektriciteit biedt goede mogelijkheden tot warmte-benutting, een belangrijke basis van de energiebesparing met mini- en micro-wkk. Mini- en micro-wkk kunnen een significante bijdrage leveren aan de productie van decentrale elektriciteit. Dit zal ook leiden tot een vermindering van netverliezen. In de eerste jaren zal micro-wkk warmtevraagvolgend worden aangestuurd en daarom slechts een deel van de momentane elektriciteitsbehoefte kunnen invullen. In de utiliteit zal mini-wkk vooral in de basislast worden ingezet en in een aantal situaties ook als noodstroomvoorziening.

Zoals eerder besproken in paragraaf 3.4 kunnen de regelstrategieën van zowel micro-wkk als mini-wkk in de toekomst veranderen, waardoor ze een bijdrage kunnen leveren aan het balanceren van elektriciteitsstromen en/of economische optimalisatie. Opslagmogelijkheden van energie (elektriciteit/warmte) en sturingsmogelijkheden van vraag zullen hiervoor verder ontwikkeld moeten worden.

4.4 Zon-PV

In photovoltaische (PV) zonnecellen wordt energie van zonlicht omgezet in elektrische energie. Het theoretisch potentieel van photovoltaische zonne-energie in Nederland bedraagt 120 tot 180 GWp, wat resulteert in een jaarlijkse elektriciteits-productie van 100 tot 150 TWh. Vergeleken met het huidige jaarlijks gebruik in Nederland van ca. 100 TWh, wordt duidelijk dat het potentieel enorm is. Hiervoor is een oppervlakte nodig van 600 km2 PV, waarvan momenteel 0,5 km2 geïnstalleerd is [ref. 18].

De toepassing van zon-PV wordt voornamelijk geremd door de hoge kostprijs. Prijsverlaging wordt verwacht door o.a. verhoging van het rendement van cellen, vergroting van de marktvolumes, nieuwe productieprocessen en het terugdringen van materiaalgebruik. Een financiële stimulans zal de komende 10 tot 15 jaar nodig blijven om de doorbraak van zon-PV te genereren.
Voor huishoudens echter, wordt al tussen 2015 en 2020 het break even point met het elektriciteitstarief verwacht.

Zon-PV alleen kan niet in de elektriciteitsbehoefte van een gebouw voorzien omdat de productie afhankelijk is van weersomstandigheden, en omdat elektriciteitsvraag en -productie vaak niet gelijk optreden. Een netaansluiting en eventueel elektriciteitsopslag blijven daarom noodzakelijk. Inpassing van zon-PV-systemen kan worden gecombineerd met andere energiebesparende technieken, alleen is er lichte concurrentie met zonthermische systemen voor oppervlakte. Als oplossing voor dit probleem zijn er ook hybride systemen ontwikkeld, die zowel elektriciteit als warmte leveren. Ook een combinatie met wkk levert synergie op omdat de productie van elektriciteit in zomer en winter goed op elkaar aansluiten. Een ander voordeel is dat de elektriciteitsproductie van zonnecellen het hoogst is op de momenten dat er een koelwatertekort kan optreden bij elektriciteitscentrales.

Naar verwachting zal in 2015 het Nederlandse geïnstalleerde vermogen 0,5 GWp bedragen. Per jaar zullen ongeveer 15.000 daken met zonnecellen worden toegevoegd. In 2030 zal het geïnstalleerde vermogen zijn toegenomen tot 6 GWp. Elektriciteitsproductie m.b.v. zonnecellen kan dan voorzien in 3% van de totale binnenlands elektriciteitsvraag. De cellen kunnen worden geplaatst in de woningbouw, utiliteitsbouw en in de infrastructuur. Plaatsing tot 2 GWp kan plaatsvinden zonder aanpassing aan het huidige netwerk, maar daarboven kunnen problemen optreden met netbalancering waardoor aanpassingen in het netmanagementsysteem noodzakelijk worden.

	MWp / jaar	woning (MWp/jr)	utiliteit (MWp/jr)	woning (aantal)	Utiliteit (aantal / jaar)
2005	10	8	2	4.000	200
2015	90	45	45	13.000	900

Tabel 10 Verspreiding van PV zonnecellen [ref. 18]

4.5 Wind in de gebouwde omgeving

In een stedelijke omgeving kan windenergie worden opgewekt m.b.v. kleine windmolens met een vermogen van 0,5 tot 20 kW. De technologie is volop in ontwikkeling, in binnen- en buitenland. Op dit moment is er nog een grote variëteit in technologie op dit schaalniveau en ontstaat er dus flinke concurrentie tussen ontwikkelaars. In december 2006 waren in de gebouwde omgeving in Nederland 53 turbines geplaatst [ref. 19]. Naar schatting zijn er ca. 40.000 geschikte locaties voor kleine windturbines in Nederland, waarmee een vermogen van 116 tot 1.161 MW kan worden gerealiseerd in 2040, voorbij de horizon van deze studie. Hiervoor is echter wel overheidssteun nodig. Een andere studie [ref. 17] spreekt van een marktpotentieel van 55 tot 65 MW opgesteld vermogen windenergie op, naast en in gebouwen in 2020, wat resulteert in een opbrengst van circa 125 GWh per jaar.

De windturbine moet nog verder worden ontwikkeld op een aantal punten: rendementen moeten worden verbeterd en de investeringskosten moeten omlaag. De rendementen van de huidige kleine turbines zijn aanzienlijk lager dan bij grote windturbines, terwijl de investeringskosten naar vermogen vele malen hoger liggen. Bij plaatsing van een turbine door een bedrijf is de EIA van toepassing, waardoor de

investeringskosten iets worden verlaagd. Doordat de kleine turbine slechts aan het begin van zijn leercurve staat, wordt snelle technische vooruitgang verwacht, zowel in rendementen als in duurzaamheid van de turbine.

Naast de huidige lage rendementen en hoge kosten, kunnen zich een aantal andere knelpunten voordoen bij het gebruik van kleine turbines.

- Een bouwvergunning is nodig voor de plaatsing. Omdat het nog geen alledaags verzoek is voor gemeentes, zijn er onduidelijkheden over de voorwaarden die worden gesteld. Ook het aanvragen van een ontheffing van het bestemmingsplan is soms nodig.
- De geschiktheid van een locatie is moeilijk te bepalen. De opbrengst van een turbine is in grote mate afhankelijk van de exacte locatie, zelfs op korte afstand kunnen opbrengsten veel uiteenlopen.
- De publieke opinie vaak niet positief tegenover windturbines; men is bang voor geluidsoverlast, trillingen en zichtvervuiling. Bij plaatsing blijken zicht- en geluidshinder vaak mee te vallen.
- Bij het installeren van een kleine turbine op een bestaand gebouw moet rekening gehouden worden met constructieve aspecten, oriëntatie, windsnelheden, en beschikbare ruimte voor kabeldoorvoer en onderhoud.

4.6 Energieopslag

Energieopslag zal in de toekomst steeds belangrijker worden. Het loskoppelen van vraag en aanbod voor zowel warmte/koude als elektriciteit kan op velerlei wijze voordeel bieden. Voorbeelden zijn:

- Energetische en economische optimalisatie van energiesystemen voor de eindgebruiker.
- Optimalisatie kwaliteit van infrastructuren.
- Optimalisatie van centrale productiesysteem.

4.6.1 Warmte- en koudeopslag

Water is op dit moment de meest toegepaste energiedrager bij warmteopslag voor zowel dagbuffers als seizoensbuffers. Bij dagbuffers in de gebouwde omgeving denken we meestal aan opslag voor de warmwatervoorziening. Vroeger werden met nachtstroom elektrische boilers verwarmd. Tegenwoordig worden ook warm waterbuffers toegepast bij mini-wkk, warmtepompen en zonneboilers.
Ook zijn er bij hotels, ziekenhuizen, flats en sportfaciliteiten vaak circulatie-leidingen voor het gebruik van warm tapwater in combinatie met een opslagvat voor warm water.

Wanneer vraag en aanbod van warmte/koeling verder uit elkaar liggen in de tijd, bijvoorbeeld bij een warmteoverschot in de zomer en een netto warmtevraag in de winter, is warmteopslag in de bodem een optie. In de winter kan een gebouw verwarmd worden met warmtepomp met het grondwater (direct of indirect) als bron. In de zomer moet de bron weer geladen worden met warmte uit het gebouw, zodat deze over het jaar energieneutraal is. Soms, wanneer dit warmte overschot niet voldoende is, worden ook collectoren gebruikt. De opslag van warmte en koude

in de bodem is alleen aantrekkelijk als de temperatuursverschillen beperkt zijn. Met name grotere (collectieve) systemen en toepassingen in nieuwbouw kunnen financieel aantrekkelijk zijn. In de bestaande bouw kan toepassing worden bemoeilijkt door bouwkundige aanpassingen die nodig zijn.

Opslag van hoge temperatuur warmte biedt een grote uitdaging in verband met opslagduur en ruimtegebruik. Om warmte/koude opslag te optimaliseren wordt veel onderzoek gedaan naar andere opslagmedia met een hogere energiedichtheid, bijvoorbeeld de eerder geïntroduceerde koelplafonds met PCM (Phase Change Materials; fase-overgangsmateriaal). Hierdoor wordt korte termijn warmte buffering minder ruimte-intensief en ontstaan mogelijkheden om de piekvraag naar koude te verminderen. Koelplafonds nemen in de nacht koude op en geven dit gedurende de dag weer af. Hierdoor vermindert de koelbehoefte overdag en neemt ook de benodigde piekcapaciteit af.

4.6.2 Elektriciteitsopslag

Elektriciteitsopslag op lage spanningsniveaus kan grote voordelen bieden voor:

- Kwaliteit;
- Spanningsregeling;
- blindstroomvoorziening;
- uitstellen van investeringen;
- verhogen van de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet.

Op dit moment zijn er geen geschikte technieken voor kleinschalige opslag van elektriciteit, op basis van opslagvermogen, ruimtebeslag en investeringskosten. Kleinschalige systemen voor energieopslag in de woning zijn accu's en batterijen. Deze chemische opslag van energie is doorgaans duur en inefficiënt. Productieoverschotten en tekorten balanceren met het openbare elektriciteitsnet is daarom vooralsnog een betere optie dan opslag in energiedragers. In de utiliteitsbouw wordt gebruik gemaakt van opslagcapaciteit om netonderbreking te voorkomen (UPS) en soms als noodstroomvoorziening. Ook hier geldt dat opslagsystemen erg kostbaar en inefficiënt zijn.

In de toekomst kunnen er wel nieuwe technologieën beschikbaar komen zoals supercapacitors, NaS-accu's en magnetische opslag (op basis van gekoelde supergeleidende materialen). Deze technologieën zijn vaak relatief complex in de systeemuitvoering en vereisen een omzetting naar gelijkstroom. Een andere mogelijkheid is om een overschot van elektriciteit tijdelijk om te zetten in energiedragers zoals waterstof. Dit kan op kleine schaal gebeuren, waarbij waterstof in de toekomst in brandstofcellen kan worden ingezet. Hiermee wordt direct een koppeling gelegd tussen gas en elektriciteitsinfrastructuur.

5 KOUDEVOORZIENING IN DE GEBOUWDE OMGEVING

Vooralsnog is de energievraag als gevolg van koeling vooral in de woningbouw beperkt tot ca. 1 á 2% van de totale vraag, maar er is duidelijk een stijgende trend te zien, te beginnen bij zorgvoorzieningen waarvoor eisen zijn opgesteld ten aanzien van de temperatuuroverschrijding. Maar ook in woningen wordt koeling steeds vaker toegepast.
In de utiliteitsbouw is de toepassing van koeling reeds de standaard bij kantoren en ziekenhuizen. Momenteel is een snelle verbreding van koeling in andere sectoren van utiliteit (scholen, winkels, horeca). Verhoging van de comforteisen en stijgende buitentemperaturen dragen bij aan een verdere toename van de koelbehoefte en daarmee een groeiend energiegebruik voor koeling.

5.1 Voorkomen van koudevraag met bouwkundige maatregelen

In nieuwbouwsituaties kan door keuzes in gebouweigenschappen de koelbehoefte worden teruggedrongen. Hierbij kan worden gedacht aan (na-)isolatie, ventilatie, het benutten van de massa van het gebouw, type beglazing, zonwering en oriëntatie van een woning of kantoor. Ook in bestaande bouw bieden bovengenoemde opties kansen tot besparing en comfortverbetering.

Ook kan de koelbehoefte worden verminderd door het toepassen van passieve koeltechnieken, ook wel vrije koeling genoemd. Door het toepassen van zomernachtventilatie kan op energiezuinige wijze de piek koudevraag worden gereduceerd. Een andere vorm van vrije koeling is toepassing van energie-besparende plafonds zoals eerder beschreven. Het gebruik van deze plafonds is nog niet gangbaar maar biedt veel perspectieven voor de toekomst.

In utiliteitsgebouwen blijkt in de praktijk dat koeling en verwarming een deel van het jaar gelijktijdig in bedrijf zijn. Door een betere afstelling van de regeling kan dit worden vermeden.

5.2 Compressiekoeling

Compressiekoeling, ofwel airconditioning, is op dit moment de standaard technologie voor het invullen van een koelbehoefte in Nederland. Meer dan 95% van het in Nederland opgestelde koelvermogen bestaat uit compressiekoelmachines. De koudedistributie gebeurt meestal met een LT-koudwaternet dat op 6-12 C wordt bedreven. De warmte wordt via droge of natte koeltorens afgegeven aan de buitenlucht. Compressiekoeling is daarmee de benchmark waarmee andere technologieën worden vergeleken. Het principe van compressiekoeling wordt verder uitgelegd in bijlage 1.

Compressiekoelmachines zijn in de afgelopen jaren nog wel verbeterd, met name op het gebied van efficiënte compressoren. In de huidige energieprestatienorm is een

forfaitaire COP[13] van 4 voor compressiekoeling opgenomen. De verdere ontwikkeling van compressoren zelf zal naar verwachting niet leiden tot grote sprongen in de efficiëntie.

Compressiekoelmachines vormen ook het hart van multi-split- en VRV-systemen. Deze koelsystemen kunnen tevens worden gebruikt voor verwarming. De koude-afgifte gebeurt met binnenunits aan de lucht. De warmteafgifte gebeurt met een buitenunit aan de buitenlucht. De COP bedraagt nu 4 à 5 maar kan in de toekomst oplopen tot 6 door optimalisatie van de compressor, de regeling en de dimensionering van warmtewisselaars. Deze systemen kunnen goed worden toegepast in bestaande bouw.

5.3 Warmtepomp

Een alternatief voor de compressiekoelmachine is het warmtepompsysteem. De technologie en de ontwikkeling daarvan hiervan is reeds besproken in paragraaf 3.3. Warmtepompsystemen met de bodem (warmtewisselaars) of grondwater (aquifers) als bronsysteem kunnen direct koude leveren zonder gebruik te maken van de warmtepomp. Dit wordt ook wel vrije koeling genoemd en kan COP's van 12 en hoger opleveren doordat enkel pompenergie nodig is en geen energie voor de generatie van koude. Deze vrije koeling kan alleen benut worden in een HT-koudwaternet dat op 12 -18°C wordt bedreven. De koudeafgifte gebeurt dan via vloer- en wandkoeling (woningen) of plafondsystemen, betonkernactivering of vergrote afgifte-units (utiliteit). Als daarnaast koeling op LT vereist is voor bijv. ontvochtiging in de luchtbehandelingskast kan hiervoor een koelmachine worden geplaatst. Deze systemen worden vooral toegepast in nieuwbouw of renovatie.

De levering van koude met warmtepompsystemen zal naar verwachting gelijke tred houden met de eerder geschetste marktontwikkeling van warmtepompen.

5.4 Sorptiekoeling

Naast de warmtepomp is ook de sorptiekoelmachine een alternatief voor compressie-koeling. Een sorptiekoelmachine zet warmte in koude om en kan gebruik maken van warmte uit een wkk, een zonthermisch paneel of industriële restwarmte. Het principe van sorptiekoeling is gelijk aan compressiekoeling, alleen zorgt een thermisch gedreven cyclus van een stoffenpaar voor de drukverhoging, een zogenaamde 'thermische compressor'. Bijlage 1 geeft meer uitleg over het principe van sorptiekoeling.

De temperatuur tot waar gekoeld kan worden is bij AKM's afhankelijk van het stoffenpaar, de temperatuur van de restwarmtekoeling en de temperatuur van de warmtebron. Keuzes in deze parameters bepalen ook direct de energetische prestaties van het systeem uitgedrukt in COP. Een typisch rendement voor een ééntrapskoelmachine is een COP van 0,7 en voor tweetrapssystemen ligt dit tussen de 1,1 – 1,4. Sorptiekoeling op basis van 'gratis' restwarmte uit industrie of uit

13 Coefficient of Performance: De verhouding tussen verbruikte energie en de afgeleverde koude.

duurzame bronnen zoals zonthermische energie levert een zeer positieve bijdrage aan het milieu. Daarnaast kan sorptiekoeling uitstekend worden gecombineerd met een wkk, waardoor de wkk in de zomer ook nuttige warmte-afzet mogelijkheid krijgt.

Recent zijn er kleine sorptiekoelmachines op de markt gekomen met een vermogen vanaf 35 kWth. Deze zouden kunnen worden toegepast in kleine kantoren, supermarkten, MKB etc. en aangedreven worden met mini/micro-wkk-installaties of restwarmte worden gebruikt. Sorptiekoeling voor individuele huishoudens, bijvoorbeeld in combinatie met een micro-wkk, is op dit moment nog in ontwikkeling.

5.5 Vergelijking tussen technieken

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de rendementen van koeling voor de verschillende beschreven technieken.

	COP	PER (%bw)
Compressiekoeling – LT-koudwatersysteem	4 -5	160 - 200
Split- en VRV systemen	5 – 6	200 – 240
Elektrische warmtepomp (vrije koeling)	12	480
Gaswarmtepomp	0,7	70
Gaswarmtepomp (vrije koeling)	12	480
Absorptiekoeling	0,7 – 1,4	70 – 140

Tabel 11 Efficiency van verschillende koeltechnieken

De huidige praktijkwaarden voor compressiekoeling liggen tussen 3 en 5.

6 ANALYSE VAN DE ONTWIKKELING

In de vorige hoofdstukken van het rapport zijn beschrijvingen gegeven van prognoses die door verschillende partijen zijn gegeven met betrekking tot de invulling van de warmte- en elektriciteitsvraag tot 2030. In dit hoofdstuk worden de verschillende prognoses, hoewel verschillend in mate van detail en achterliggende aannames, samengevoegd om te komen tot een indicatief eindbeeld van zowel woningbouw als utiliteitbouw én een indicatie van het effect op de energiebesparingdoelstellingen. Bij het samenvoegen van de prognoses is geen analyse uitgevoerd naar verdringing van technologieën. Er is ook niet gekeken of vraagreductie is opgenomen in de inschattingen.

6.1 Trends in de woningbouw

6.1.1 Analyse van de warmtemarkt

De installatiemarkt

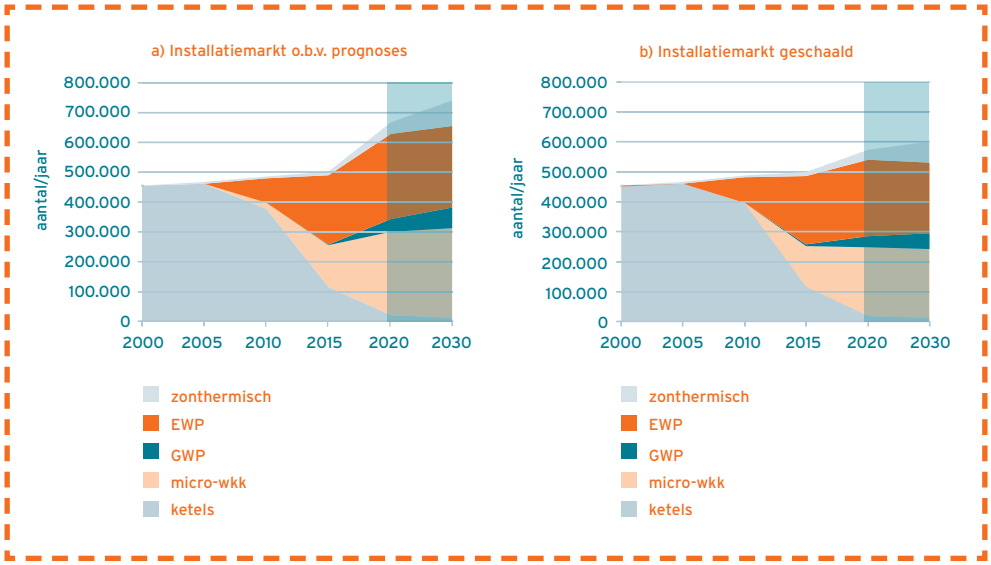
De totale installatiemarkt is een sommatie van de nieuwbouw en vervangingsmarkt. De nieuwbouw gegevens per jaar volgen uit de ontwikkeling van de gebouwvoorraad. De vervangingsmarkt is de markt die optreedt in de bestaande bouw als gevolg van het vervangen van de installaties. De omvang van de vervangingsmarkt wordt bepaald op basis van een gemiddelde technische levensduur (15 jaar) en de gebouwvoorraad, gecorrigeerd voor stadsverwarming/ restwarmteprojecten.

	2005	2010	2015	2020	2030
Nieuwbouw (x 1.000/jaar)	80	85	80	140	140
Vervangingsmarkt (x1.000/jaar)	375	400	425	425	450
Installatiemarkt (x1.000/jaar)	455	485	505	565	590
Percentage Nieuwbouw	17%	17%	16%	24%	23%

Tabel 12 Jaarlijkse vervangingsmarkt in de woningbouw

Op basis van de prognoses in hoofdstuk 3 van de verschillende technologieën is een inschatting gemaakt van hoe de Nederlandse installatiemarkt er tot 2030 uitziet volgens de beschikbare visiedocumenten en inschattingen zoals verzameld in voorgaande hoofdstukken. Figuur 11 toont het resultaat.

Figuur 11.a toont de installatiemarkt één op één op basis van de prognoses. Vanaf 2020 zijn de grafieken gearceerd om duidelijk te maken dat het hier niet om harde cijfers gaat, maar een analyse op basis van verschillende prognoses met verschillende achtergronden. Daarnaast nemen de onzekerheden van de prognoses sterk toe richting 2030.

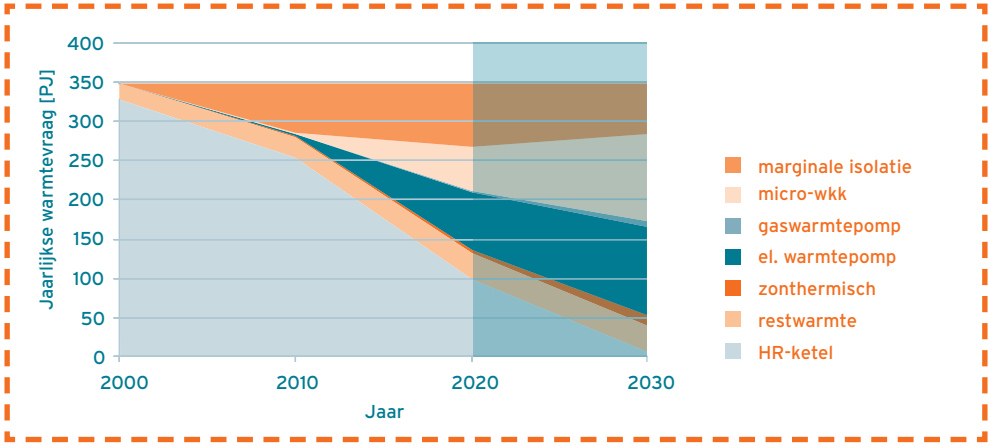


Figuur 11 Installatiemarkt in Nederland op basis van prognoses uit de sector

Duidelijk wordt dat er zoveel alternatieven voor de HR-ketel komen dat deze vanaf 2020 bijna volledig verdwijnt uit de installatiemarkt. Als gevolg van onzekerheden in de prognoses ontstaat er vanaf 2020 een overschrijding van het aantal mogelijke installaties per jaar; de voorspelling is hoger dan het totaal aantal installaties. In figuur b worden 2020 en 2030 geschaald zonder aanziens der techniek met respectievelijk 18 en 23%. Op basis van deze analyse is in 2030 nog bijna de helft van de jaarlijkse installatiemarkt in de woningbouw een gasgestookte installatie. Om de prognoses voor de installatiemarkt uit te laten komen, is nog een enorme inspanning nodig van zowel markt als overheid.

Warmtevoorziening in de woningbouw

Figuur 12 toont de vertaling van de prognoses naar de invulling van de warmtevoorziening in de woningbouw. De figuur geeft een indicatie van welk aandeel van de warmtevraag door een technologie wordt ingevuld.



Figuur 12 Warmtevoorziening in Nederland (geschaald)

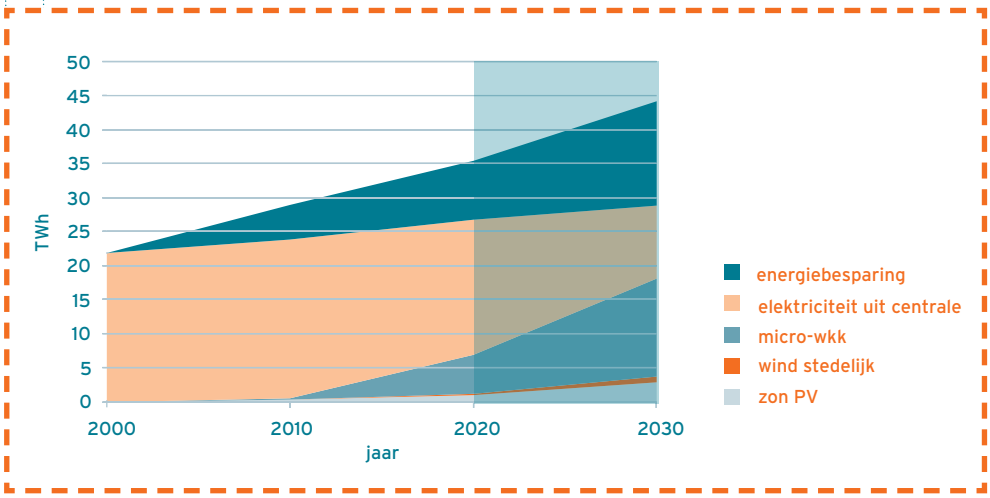
De figuur is geschaald omdat de prognoses voor andere dan technieken dan de HR-ketel de warmtemarkt overstijgen. Uit de figuur valt op te maken dat energiebesparing (isolatie), micro-wkk en warmtepompen de HR-ketel op termijn gaan verdringen[14]. Zelfs wanneer de HR-ketel totaal uitgefaseerd is, is het aandeel van gas in de totale warmtevoorziening in 2030 nog ruim 40%. Daarnaast moet worden opgemerkt dat mogelijke verduurzaming van het aardgas door opkomst van biogas/groen gas in deze grafiek geen plaats heeft gekregen.

Gasaansluiting

Wel is het de verwachting dat het aantal woningen met een gasaansluiting zal afnemen. Bijvoorbeeld doordat bij zowel warmtepompconcepten als (rest)-warmteprojecten steeds vaker geen gasinfrastructuur meer wordt aangelegd. Op deze plaatsen zijn geen gastoestellen meer mogelijk. Op basis van de prognoses in de voorgaande hoofdstukken, zal in 2020 ca. 2,5% en in 2030 20% van de vervangingsmarkt geen gasaansluiting meer hebben.

6.1.2 Prognose elektriciteitsvoorziening huishoudens

De getoonde elektriciteitsvraag is gebaseerd op de verwachte elektriciteitsvraag uit paragraaf 2.1. In deze elektriciteitsvraag is niet de toename als gevolg van extra warmtepompgebruik opgenomen.



Figuur 13 Elektriciteitsvoorziening in Nederland

Voorkomen van elektriciteitsvraag en decentrale productie van elektriciteit met micro-wkk, zon-PV en stedelijke wind vermindert de vraag naar elektriciteit afkomstig uit centrales. Een aansluiting op het elektriciteitsnet blijft echter belangrijk. Ook wanneer de reductie in elektriciteitsvraag slaagt zal nog bijna 40% van de elektriciteitsvraag[15], afkomstig zijn van centrale opwekking. Verduurzaming

14 Een daadwerkelijke uitfasering van de HR-ketel in 2030 wordt door de markt niet als realistisch gezien

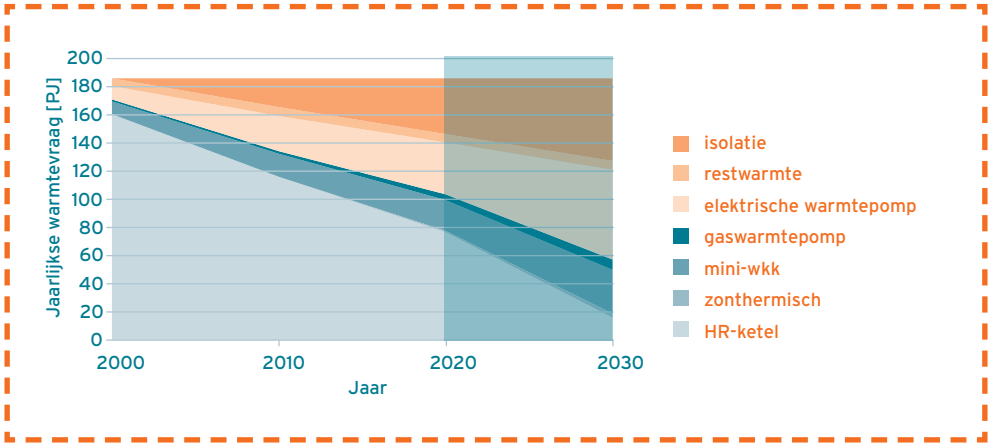
15 Dit wordt zelfs 50% in 2030 als de elektriciteitsvraag van warmtepompen in 2030 wordt meegenomen (ca 10TWh per jaar)

van de centrale elektriciteitsproductie blijft dus noodzakelijk. Met biogas kan ook de door de micro-wkk geproduceerde elektriciteit verder verduurzaamd worden.

6.2 Trends in de utiliteitsbouw

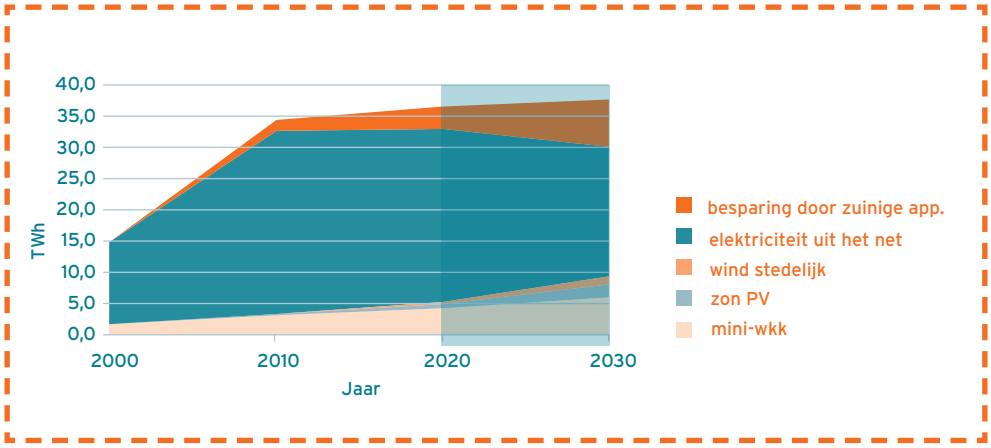
De utiliteitsbouw bestaat uit gebouwen met zeer verschillende functies. In dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen kantoren, onderwijs, winkels, ziekenhuizen & verpleging. Op basis van veel beperktere gegevens is voor de warmte- en elektriciteitsvoorziening een samenvattend overzicht gemaakt. Ook hier zijn de voorspellingen na 2020 gearceerd om aan te geven dat de onzekerheden sterk toenemen.

6.2.1 Prognose warmtevoorziening



Figuur 14 Warmtevoorziening in Nederland (geschaald)

6.2.2 Prognose elektriciteitsvoorziening



Figuur 15 Elektriciteitsvoorziening in Nederland

6.3 Bijdrage aan overheidsdoelstellingen

6.3.1 Woningbouw

Op basis van de overheidsdoelstellingen

	2020	2030
Geprognosticeerde energievraag	566 PJ	643 PJ
Doelstelling (vertaald naar energiebesparing)	414 PJ	340 PJ
Benodigde reductie	152 PJ	303 PJ
Mogelijk o.b.v. prognoses[16]	192 - 218 PJ	284 - 324 PJ
Bijdrage energiebesparing	112 PJ	121 PJ
Bijdrage conversie	81 - 106 PJ	164 - 203 PJ
Waarvan gasgestookt	14-24 PJ	47-74 PJ
	(17-23%)	(29-37%)

Tabel 13 Overheidsdoelstellingen woningbouw

Volgens deze grove sommering van bestaande prognoses:

- Voor behalen doelstellingen is zowel in 2020 als 2030 energie besparen (isolatie, vraagreductie) noodzakelijk.
- In 2020 ruime mogelijkheden, voor 2030 alle zeilen bij, zonder micro-wkk wordt behalen doelstelling lastig

6.3.2 Utiliteitsbouw

	2020	2030
Geprognosticeerde energievraag	453 PJ	434 PJ
Doelstelling (vertaald naar energiebesparing)	356 PJ	292 PJ
Benodigde reductie	97PJ	142 PJ
Mogelijk o.b.v. prognoses[16]	85-98 PJ	154-166 PJ
Bijdrage energiebesparing	52 PJ	85 PJ
Bijdrage conversie	32-46 PJ	69-81 PJ
Waarvan gasgestookt	10-16 PJ (32-34%)	19-25 PJ (27-30%)

Tabel 14 Overheidsdoelstellingen utiliteitsbouw

Volgens deze grove sommering van bestaande prognoses:

- Om de benodigde reductie 2020 en 2030 te behalen zullen de prognoses moeten worden waargemaakt. De bijdrage van gasgestookte conversiesystemen is hierin significant.

16 exclusief verduurzaming door biogas

7 CONCLUSIES VOOR DE WERKGROEP DECENTRALE GASTOEPASSINGEN

Aardgas blijft een belangrijke brandstof voor de gebouwde omgeving in de komende decennia. Zelfs bij grote inspanning op het gebied van isolatie, restwarmte, zonthermische systemen en elektrische warmtepompen (zoals afgeleid uit een aantal bestaande prognoses), waardoor het gasverbruik zal verminderen en meer wijken ontstaan zonder gasaansluiting, blijft aandacht voor een efficiënte inzet van gas essentieel. Gastoepassingen zullen ook in 2030 nog een aanzienlijk deel[17] van de energievraag in de gebouwde omgeving voorzien en heeft met de mogelijke toepassing van groen gas een enorme potentie tot verduurzaming.

Op basis van deze resultaten is aandacht voor HR+ gastoestellen en innovatieve gastoepassingen die leiden tot primaire energievraagreductie meer dan gewenst, ondanks het feit dat het huidige aardgas fossiel is. Goed omgaan met gas en verduurzamen van gas is essentieel voor het behalen van de energiebesparing-doelstellingen. De Werkgroep Decentrale Gastoepassingen richt zich daarom op reductie van CO_2-emissies en primaire energievraag door middel van innovatieve gastoepassingen in de gebouwde omgeving.

Scope van de Werkgroep

De scope van de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen ligt met name op het efficiënter maken van de gasconversie in de gebouwde omgeving. Ook de gastoepassingen die vraagreductie tot gevolg hebben worden hierbij meegenomen. Figuur 14 geeft aan op welke deelgebieden van de energievoorziening in de gebouwde omgeving de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen actief wil worden. Daarnaast geeft de figuur aan hoe de verdeling van werkgebieden met andere werkgroepen binnen Energietransitie verder kan worden vormgegeven.

17 Op basis van de opgetelde prognoses binnen energietransitie wordt in 2030 nog 40% tot 50% van de woningbouw middels gas van energie voorzien. Bij tegenvallende of juist versnelde marktintroducties kan het aandeel van gas in de gebouwde omgeving variëren.

	VRAAG reductie	Efficiënte conversie		
		Gas	Elektriciteit	Duurzaam
Warmtevraag	- Isolatie - Beter bouwen - Warmteterug winning	- HR-ketel - HRe-ketel - Mini-wkk - Gaswarmtepomp	- Elektrische warmtepomp	- Restwarmte - Zonthermisch
Koudevraag	- Zonwering - Interne last - Thermische massa	- Absorptiekoel machine (AKM) - Gasmotorwarmte pomp	- Elektrische warmtepomp - Chillers	- Vrije koeling - AKM (o.b.v. restwarmte)
Elektriciteits-vraag	- Efficiënte apparatuur - Hotfill - Gaswasdroger	- HRe-ketel - Mini-wkk		- Zon PV - Wind (stedelijk)

Figuur 14 Focus van de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen

De Werkgroep Decentrale Gastoepassingen zal zich richten op de volgende technieken:

- Micro-wkk; Huidige en toekomstige marktconcepten.
- Mini-wkk; huidige marktconcepten en mogelijke ontwikkelingen.
- Trigeneratie.
- Gaswarmtepompen; absorptie en gasmotor gedreven warmtepompen.
- Systeemoptimalisatie; virtuele power plant/smart power systems, energieopslag, combinatiemogelijkheden met andere technologieën.
- Zonthermische systemen i.c.m. aardgasgestookte ketel.
- Gasapparatuur zoals gaswasdrogers en hotfill (af)wasmachines.

Huishoudelijke gastoepassingen zoals koken op gas vallen niet binnen de scope van de werkgroep. De focus ligt op technieken die op het punt van een marktdoorbraak staan. Technieken die zich nu nog in een conceptfase bevinden worden vooralsnog niet meegenomen.

Niet van alle bovengenoemde opties is nu het beeld van de technische, economische en marktmogelijkheden even concreet. In Tabel 13 wordt voor elke techniek een overzicht gegeven van de huidige beschikbare kennis, aangevuld met eerste inschattingen.

	% v/d (installa-tie) markt	Energiebesparing (PJ)	CO_2-emissiereductie (Mton)	Ontwikkelingsstatus
Micro-wkk	40%	45 PJ	3 Mton	start marktintroductie
Mini-wkk	**	40 PJ	2 Mton	grootschalige toepassing
Trigeneratie	**	**	**	start marktintroductie
Gaswarmtepompen	10%	2 PJ*	0,1 Mton*	demonstratiefase
Gasmotorwarmtepompen	**	**	**	start marktintroductie
Systeem-optimalisatie (VPP)	**	**	**	demonstratiefase
Zonne-energie i.c.m. aardgas	10%	11 PJ	1 Mton	start marktintroductie
Gasapparatuur	50%	15 PJ	1 Mton	start marktintroductie

*** Voorlopige schatting, nader te onderzoeken**

**** Nog niet bekend**

Tabel 13 Overzicht van gastoepassingen en ontwikkelingspotentieel tot 2030[18]

In bijlage 2 van het visiedocument is voor elke techniek uitgebreider aangegeven in welke ontwikkelingsfase[19] de techniek zich bevindt en welke knelpunten[20] aandacht behoeven voor een succesvolle marktontwikkeling. Het komende jaar zou de werkgroep dit beeld verder kunnen uitwerken in een werkplan met concrete actiepunten.

Naast aandacht voor innovatieve gastoepassingen zelf, zou in een bredere context het Platform Nieuw Gas ook meer inzicht kunnen geven in de voorzieningszekerheid met (aard)gas. Steeds vaker wordt deze ter discussie gesteld door opraken van de nationale voorraden en de afhankelijkheid daardoor van economisch minder stabiele regio's. Een reëel beeld van de voorzieningszekerheid met aardgas en op termijn groen gas, voorkomt vertraging in de marktontwikkeling van efficiënte gasconversietechnieken die nodig zijn voor het realiseren van de besparingsdoelstellingen.

18 Met een STEG-centrale als referentie voor elektriciteitsopwekking

19 conceptontwikkeling, systeemontwerp, demonstratiefase, start-marktintroductie, grootschalige toepassing

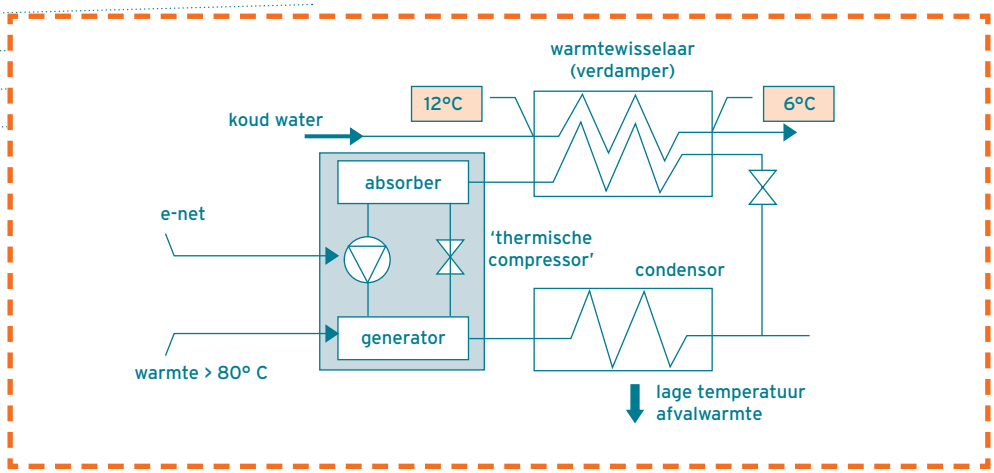
20 Technisch in toestel, markt/organisatorisch, financieel, technisch systeem

LITERATUURVERWIJZINGEN

1. *Technisch energie- en CO_2-besparingspotentieel van micro-wkk in Nederland (2010-2030)*. A. de Jong, E.J. Bakker, J. Dam & H. van Wolferen (2006)
2. *Welvaart en Leefomgeving; Een scenariostudie voor Nederland in 2040*. CPB, MNP, RPB (2006)
3. *Een blik op de toekomst met SAWEC*. Y.H.A. Boerakker, M. Menkveld & C.H. Volkers. Petten: ECN (2005) [ECN-C-05-070]
4. *Referentieramingen energie en emissies 2005-2020*. A.W.N. van Dril e.a. Petten: ECN (2005) [ECN-C-05-018]
5. *EnergieBesparingsMonitor gebouwde omgeving 2006*. SenterNovem voor VROM/DGW programma Kompas, December 2006
6. *Meer met minder*. Energietransitie, EnergieNed & Aedes, 2007
7. *Prognose Milieu-effecten Duurzaam Bouwen*. L.E.M. Crommentuijn, E.D.M. Verbeek, m.m.v. A.Dullemond & J. Nijland (TNO-bouw); november 1999 [RIVM rapport 771404002]
8. *Energy revolution: A sustainable pathway to a clean energy future for Europe*. S. Teske, Greenpeace International, 2005
9. *Website milieucentraal, http://www.milieucentraal.nl/pagina?onderwerp=Trend%20CV-ketels; met verwijzing naar VROM 2002 en EnergieNed 2005*
10. *Marktanalyse mini-wkk: potentieel en knelpunten in Nederland*. Cogen Projects, 2007
11. *Cijfers en tabellen*. SenterNovem in opdracht van het Ministerie van VROM, 2007
12. *Energiebesparende maatregelen in de woningvoorraad*. Ministerie van VROM, 2002
13. *Warmtepompen in de transitie naar een duurzame warmtevoorziening*. Koppen e.a. 2007
14. *Transitiepad thermische zonne-energie; De roadmap van Holland Solar*. Holland Solar, 2007
15. *Vol gas vooruit, de rol van groen gas in de Nederlandse energiehuishouding*; Visiedocument (concept) Werkgroep groengas onderdeel Platform Nieuw Gas, J. Wempe en M. Dumont, 5 juni 2007;
16. *website www.energie.nl*; energie in cijfers, elektriciteitsverbruik huishoudens naar functie, met verwijzing naar Energie in Nederland, EnergieNed
17. *Opwekking van windenergie in de gebouwde omgeving*. Novem 2002
18. *Transitieplan zonnestroom; De roadmap van Holland Solar*. Holland Solar, 2005
19. *Urban wind turbines, leidraad voor kleine windturbines in de gebouwde omgeving*. WINEUR project, J. Cace & E. ter Horst, 2007

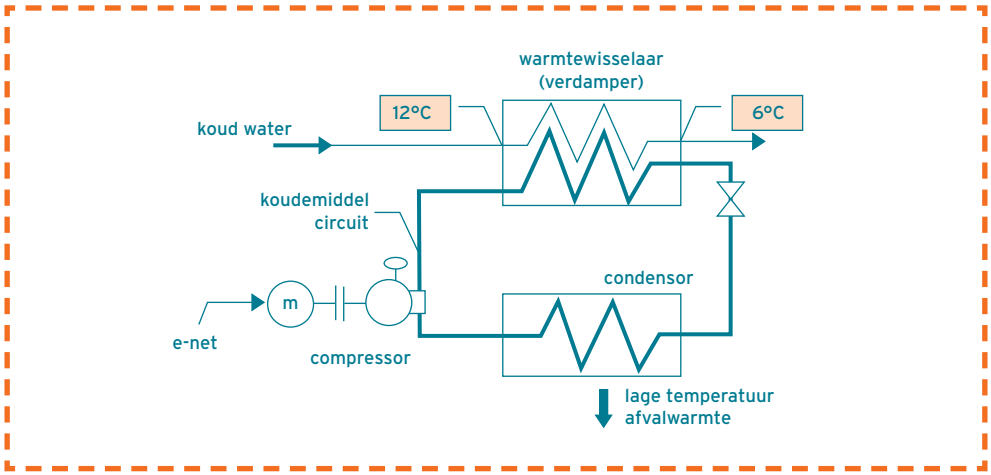
BIJLAGE 1 KOELPRINCIPES

Sorptiekoeling



Bij sorptiekoeling wordt de cyclus aangedreven door warmte en niet door elektriciteit. Alleen de pomp is elektrisch aangedreven. De onderdelen verdamper en condensor werken als bij de compressiekoelmachine. De compressor is vervangen door een absorber, een pomp en een generator. In de absorber wordt de koelstof in dampvorm geabsorbeerd door een absorptiemiddel. Hierbij komt warmte vrij. Aan de generator wordt warmte toegevoerd, hier verdampt de koelstof weer uit het absorptiemiddel. Vervolgens wordt in de condensor (afval)warmte afgegeven. Na expansie wordt in de verdamper warmte onttrokken aan de omgeving en wordt het koelmiddel weer teruggevoerd naar de absorber.

Compressiekoeling



Een compressor zuigt een koudemiddel (uit de verdamper) aan, die door compressie op een hogere druk wordt gebracht. Het koudemiddel wordt naar een condensor geleid waar het tot vloeistof condenseert en daarbij afvalwarmte afgeeft. Vervolgens vindt in het expansieventiel een reductie van de druk plaats, waarna het vloeibare koudemiddel bij deze lagere druk tot verdamping komt. Hierbij wordt warmte aan water of aan lucht onttrokken, of anders gezegd koude afgegeven.

BIJLAGE 2 TECHNIEKBLADEN

De techniekbladen zijn een korte weergave van de voor de werkgroep decentraal relevante technieken – oplossingsrichtingen. De techniekbladen geven daarnaast een overzicht van knelpunten en mogelijke actiepunten voor de WG Decentrale Gastoepassingen.

Beschouwde technieken:
- HR-ketel
- Micro-wkk op basis van Stirlingmotor, brandstofcellen en overige technieken
- Compressiewarmtepompen
- Thermische warmtepompen
- Mini-wkk
- Trigeneratie
- Zonthermische systemen
- Gasapparatuur zoals gaswasdroger en hotfill.
- Virtual power plant

Deze technieken worden beschreven aan de hand van de volgende criteria:

Criterium	Indicator
Beschrijving techniek	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	CO_2-emissiereductie in Mton in 2030 Energiebesparing in PJ in 2030
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	Mogelijke effecten op het gebied van grondstofgebruik, luchtkwaliteit, afval, water en eventueel andere relevante milieuaspecten
Effecten op voorzieningszekerheid	Factoren van invloed op afhankelijkheid van fossiele brandstoffen Factoren van invloed op leveringszekerheid van elektriciteit in Nederland
Effecten op economische ontwikkeling	Factoren die bijdragen aan economische ontwikkeling in Nederland
Ontwikkelingsfase	Er wordt voor deze technologieën onderscheid gemaakt naar verschillende ontwikkelingsfasen: 1. Conceptontwikkeling 2. Systeemontwerp 3. Demonstratiefase 4. Start van marktintroductie 5. Grootschalige toepassing
Knelpunten en oplossingsrichting	Knelpunten met betrekking tot de techniek en oplossingsrichting
Benodigde acties vanuit de WG DG	Acties voor de WG decentrale Gastoepassingen en haar leden

HR-ketel

	Hoogrendementsketel	
Beschrijving:	De HR-ketel is een ketel waarbij ook de warmte uit de waterdamp van de rookgassen worden benut, door deze damp te laten condenseren. Hierdoor kan er nog meer energie worden gehaald uit een kubieke meter gas dan een in een gaskachel of een CV- of VR-ketel.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	De HR-ketel staat inmiddels in 64% van de huishoudens met een individuele cv-installatie. De rest van de huishoudens met een individuele cv-installatie heeft een gaskachel, CR-ketel of een VR-ketel. Hierdoor is er ook in deze huishoudens, ca 35% van de huishoudens nog een flinke besparing mogelijk.	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	Door een verlaging van het gasverbruik verminderen de lokale emissies	
Effecten op voorzieningszekerheid	Lagere afhankelijkheid van gas in sector huishoudens, op nationaal niveau minder brandstof nodig	
Effecten op economische ontwikkeling	Behoud van kennis en werkgelegenheid op het gebied van HR-ketels	
Ontwikkelingsfase	Grootschalige marktintroductie	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Meerkosten technische inpassing zoals condensafvoer	Stimulans voor woningbouwcorporaties/ particulieren om over te schakelen
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Vervanging van CR- en VR-ketels door HR-ketel stimuleren [werkgroepleden als ambassadeurs]	

Micro-wkk

	Micro-wkk op basis van een Stirlingmotor	
Beschrijving:	Met een micro-wkk wordt zowel warmte als elektriciteit geproduceerd op huishoudniveau (elektrisch vermogen < 5kW). Hiervoor zijn verschillende technologieën in ontwikkeling. De eerste generatie zal zijn gebaseerd op de Stirling motor. Een Stirlingmotor is een externe verbrandingsmotor, waardoor lage emissies en inzet van andere brandstoffen dan aardgas mogelijk zijn. Naar verwachting komen vanaf 2008/2009 de eerste Stirling micro-wkk's op de markt. Deze toestellen zullen zijn voorzien van een keurlabel, dat is ontwikkeld door de Stichting Energie Prestatiekeur: het Gaskeur HRe. Het keurmerk garandeert een minimum efficiëntie waardoor er een significante energiebesparing optreedt ten opzichte van de HR ketel. Toestellen met dit keurlabel mogen als HRe ketels in de markt worden gezet; waarbij de 'e' staat voor elektriciteit.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	Op basis van het door ketelfabrikanten opgestelde marktscenario is een inschatting gemaakt van de bijdrage van micro-wkk aan de energiebesparing en CO_2-emissiereductie. De energiebesparing van alle typen micro-wkk samen tussen de 45 en 55 PJ in 2030 (afhankelijk van de referentie). De emissiereductie ligt tussen de -0,5 en 3 Mton CO_2 per jaar in 2030, afhankelijk van de referentie.	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	Door toepassing van micro-wkk hoeft er minder stroom van hoogspanning naar laagspanning te worden getransporteerd, hetgeen naar verwachting resulteert in minder netverliezen. Dit effect kan deels worden gecompenseerd door transport van eventuele stroomoverschotten. Lozing van warmte in oppervlaktewater door elektriciteitscentrales vermindert door lagere centrale productie Door een verhoogd gasverbruik stijgen de lokale emissies enigszins t.o.v. de HR-ketel.	
Effecten op voorzieningszekerheid	Een groot aantal micro-wkk's met centrale sturing (Virtual power plant) kan de gevolgen van uitval van het elektriciteitsnet verkleinen, mits de ketels niet worden afgeschakeld bij storing van het net. Voorlopig zal centrale sturing nog niet worden toegepast en heeft de plaatsing van micro-wkk naar verwachting geen invloed op uitval van het elektriciteitsnet. Centraal aangestuurde micro-wkk's kunnen ook een bijdrage leveren aan de (on)balans op het elektriciteitsnet. Grotere afhankelijkheid van gas in sector huishoudens, op nationaal niveau minder brandstof nodig (uitgaande van centrale opwekking uit gas of kolen).	
Effecten op economische ontwikkeling	Nederland als frontrunner in de micro-wkk technologie in Europa. Hoogwaardige productie/samenbouw van HRe-ketels in NL Uitstellen van investeringen in netverzwaring LS-netten bij toepassing van micro-wkk met intelligente sturing. Combinatie met slimme meter/domotica mogelijk	
Ontwikkelingsfase	Stirling micro-wkk: Start marktintroductie (4) 2008/2009	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Meerkosten aanschaf	Tijdelijke subsidie. Serieproductie bij grootschalige introductie, techniek-ontwikkeling
	Meldingsplicht	Duidelijkheid scheppen m.b.t. procedure Vaststellen in samenspraak met verschillende partijen
	Aansluitvoorwaarden	Opnemen in praktijkblad
	Implementatie in normen (energieprestatie, veiligheidseisen)	Opnemen in energieprestatienorm
	Dubbele energiebelasting (EB)	Oplossing i.s.m. Ministerie van Financiën
	Weinig kennis/ervaring bij installateurs	Voorlichting en communicatie
	Onduidelijkheid m.b.t. stabiliteit netwerken	Demoprojecten, testopstellingen
	Onduidelijkheid werkelijke prestaties	Onderzoek (vergelijking met HR)
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Objectief informeren van de markt [communicatiemiddelen ontwikkelen, stand op VSK] Knelpunten EB, meldingsplicht, normen aanpakken [overleg met diverse instanties] Vergelijking HR en HRe ketels [studie werkelijke prestaties] Neteffecten micro-wkk in praktijksituatie [studie eventueel i.c.m. proefproject] Pleiten voor tijdelijke stimuleringssubsidie om meerkosten te dekken [overleg]	

	Micro-wkk op basis van brandstofcellen	
Beschrijving:	Er bestaan grofweg twee typen brandstofcellen: direct op aardgas gestookte brandstofcellen en brandstofcellen op waterstof. SO-brandstofcellen kunnen aardgas intern omvormen. PEM-brandstofcellen maken gebruik van zuiver waterstof. Beide technieken kunnen hoge elektrische rendementen behalen ten opzichte van andere micro-wkk technieken (tot 50% elektrisch rendement). Dit betekent ook dat hun thermische vermogen vaak aanzienlijk lager is, hetgeen een andere inzet bij verwarming en warm water productie vereist.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	2020: 22% van de micro-wkk o.b.v. BC 2030: 30% van de micro-wkk o.b.v. BC verantwoordelijk voor 40% v.d. milieuwinst van micro-wkk [1]	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	Door toepassing van micro-wkk hoeft er minder stroom van hoogspanning naar laagspanning te worden getransporteerd, hetgeen naar verwachting resulteert in minder netverliezen. Dit effect kan deels worden gecompenseerd door transport van eventuele stroomoverschotten. Lozing van warmte in oppervlaktewater door elektriciteitscentrales vermindert door lagere centrale productie Lagere tot geen emissie van broeikasgassen voor brandstofcellen (i.g.v. brandstofcel op 'duurzame' waterstof)	
Effecten op voorzieningszekerheid	Zie ook micro-wkk op basis van Stirlingmotoren Kunnen ook gebruik maken van (nog aan te leggen) waterstofinfrastructuur in de toekomst. Sommige typen brandstofcellen zoals PEM-brandstofcellen zijn geschikt als noodstroomvoorziening.	
Effecten op economische ontwikkeling	Productie en ontwikkeling van brandstofcellen in Nederland Uitstellen van investeringen in netverzwaring LS-netten bij toepassing van micro-wkk met intelligente sturing	
Ontwikkelingsfase	Micro-wkk o.b.v. PEM brandstofcellen: systeemontwerp/demonstratiefase (2/3) Micro-wkk o.b.v. SO brandstofcellen: systeemontwerp/demonstratiefase (2/3)	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Hoge productiekosten	Serieproductie bij grootschalige introductie en techniekontwikkeling
	Aantonen van betrouwbaarheid techniek	Veldtesten, demonstratieprojecten
	Onzekerheid met betrekking tot levensduur brandstofcellen	Laboratorium- en veldtesten
	Beschikbaarheid waterstof	Proefproject lokale waterstofinfrastructuur
	Voor PEM-brandstofcellen: conversierendement van aardgas naar waterstof	Onderzoek naar verbetering van rendement, techniekontwikkeling
	Nog geen certificering technieken	Initiëren van certificering
	Onzekerheid met betrekking tot gedrag micro-wkk op laagspanningsnetten	Veldtesten
	Techniek is nog niet opgenomen in normen (1010, EPG)	Opname in praktijkblad en energieprestatienorm
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Volgen ontwikkelingen bij Werkgroep Waterstof [afstemming] Stimuleren verdere ontwikkeling brandstofcel micro-wkk's [demonstratieproject] Inpassing in netwerk [studie] Ontwerpen integraal woningconcept op basis van brandstofcel (hoe in te zetten?).	

	Micro-wkk op basis van overige technieken	
Beschrijving:	Naast de Stirling en brandstofcel micro-wkk zijn er een aantal andere technieken in ontwikkeling, te weten de gasmotor, de stoommotor, de Organic Rankine Cycle (ORC) en de gasturbine. Deze technieken variëren in elektrische rendementen. Deze technieken bevinden zich nog in een conceptfase en/of demonstratiefase	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	Zie ook Stirling micro-wkk	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	Door toepassing van micro-wkk hoeft er minder stroom van hoogspanning naar laagspanning te worden getransporteerd, hetgeen naar verwachting resulteert in minder netverliezen. Dit effect kan deels worden gecompenseerd door transport van eventuele stroomoverschotten. Lozing van warmte in oppervlaktewater door elektriciteitscentrales vermindert door lagere centrale productie Effecten op emissies zijn afhankelijk van het type. Gasturbines hebben zeer lage emissies in vergelijking met andere elektriciteitsopwekkers. Gasmotoren zonder rookgasreiniging hebben een hogere NOx-emissies dan HR-ketels.	
Effecten op voorzieningszekerheid	Zie ook micro-wkk op basis van Stirlingmotoren	
Effecten op economische ontwikkeling	Productie en ontwikkeling van micro-gasturbines, ORC en/of stoommotoren in Nederland Uitstellen van investeringen in netverzwaring LS-netten bij toepassing van micro-wkk met intelligente sturing	
Ontwikkelingsfase	Micro-wkk o.b.v. gasmotor: start marktintroductie (3) Micro-wkk o.b.v. ORC: systeemontwerp/demonstratiefase (2/3) Micro-wkk o.b.v. stoommotor: systeemontwerp/demonstratiefase (2/3) Micro-wkk o.b.v. gasturbine: conceptontwikkeling/systeemontwerp (1/2)	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Omlaag brengen van productiekosten	Serieproductie na grootschalige introductie en techniekontwikkeling
	Aantonen van betrouwbaarheid techniek	Veldtesten en demonstratieprojecten
	Nog geen certificering technieken	Initiëren van certificering
	Onzekerheid m.b.t. gedrag micro-wkk op laagspanningsnetten	Veldtesten
	Implementatie in normen (1010, EPG)	Opname in praktijkblad en energie-prestatienorm
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Stimuleren verdere ontwikkeling micro-wkk [demonstratieproject EOS/UKR] Inpassing in netwerk [studie] Studie naar inpasbaarheid in Nederlandse gebouwde omgeving [studie]	

Mini-wkk

	Mini-wkk met gasmotor en andere mechanische technieken	
Beschrijving:	Mini-wkk wordt hier gedefinieerd als wkk met een vermogen 5 tot 300 kWe, voor toepassing op laagspanningsnetten. [ref 1] Toepassing in verzamelgebouwen, wijkinstallaties en MKB. Mini-wkk wordt vooral toegepast op basis van een gasmotor. Andere technieken zoals mini-gasturbines, stirlingmotoren zijn beperkt beschikbaar. Ook zijn er brandstofcelsystemen op deze schaalgrootte in ontwikkeling.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	Inschatting op basis van een geïnstalleerd vermogen van 4 GW in 2030: CO_2-emissiereductie 2 Mton Energiebesparing 40 PJ	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	In de gebouwde omgeving zal meer gas worden verstookt in low-NOx toestellen, hetgeen de lokale luchtkwaliteit enigszins beïnvloedt. Op nationaal niveau kan, afhankelijk van ontwikkelingen in het centralepark, de luchtkwaliteit positief beïnvloed worden. Lokale inzet van duurzame brandstof is mogelijk verdere reductie CO_2 emissie mogelijk Vermindering van warmtelozing oppervlaktewater door elektriciteitscentrales.	
Effecten op voorzieningszekerheid	Grotere afhankelijkheid van gas op gebouwniveau, op nationaal niveau minder brandstof nodig Kan worden ingezet als noodstroomvoorziening Een groot aantal mini-wkk's met centrale sturing verkleint de gevolgen van storing van het elektriciteitsnet. Centraal aangestuurde mini-wkk's (Virtual power plant) kunnen een bijdrage leveren aan de (on)balans op het elektriciteitsnet.	
Effecten op economische ontwikkeling	Import van mini-wkk's	
Ontwikkelingsfase	Mini-wkk o.b.v. gasmotoren is al op de markt, dus gereed voor grootschalige toepassing (5) Mini-wkk met microturbines: demonstratiefase (3) Mini-wkk met ORC: demonstratiefase (3)	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Weinig bekendheid mini-wkk, geen voor de hand liggende keuze	Voorlichting en communicatie
	Nog weinig kennis bij installateurs over economische toepassing en randvoorwaarden	Cursussen en voorlichting, oprichten kenniscentrum
	Systemen < 60 kWe: vaak financieel niet aantrekkelijk [ref 1]: – geen vrijstelling energiebelasting op gas – hoge investeringskosten – systeem moet passen in de situatie: zowel warmte als elektriciteit moeten gebruikt worden – geen EIA voor non-profit organisaties	Analyse maken voor LT-oplossing Overleg met fabrikanten/serieproductie Overleg met overheid
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Objectief informeren van de markt over mini-wkk [communicatiemiddelen ontwikkelen bv website] Stimuleren verdere ontwikkeling nieuwe typen mini-wkk [demonstratieproject EOS/UKR] Kennisoverdracht naar installateurs over technische en economische inpassing [Opleidingstraject starten – communicatiemiddelen ontwikkelen] Mini-wkk met microturbines [demonstratieproject] Inpassing in netwerk [studie]	

Trigeneratie

	Micro- en mini-trigeneratie	
Beschrijving:	In dit visiedocument wordt onder trigeneratie verstaan de productie van warmte, kracht en koude (WKKK) uit één systeem. Een trigeneratie systeem kan bestaan uit WKK (warmte en kracht) en sorptiekoeling (koude). Een voordeel is dat door koeling toe te voegen het aantal draaiuren van een warmtevraagvolgende WKK in de zomer vergroot kan worden, hetgeen de rentabiliteit kan verbeteren.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	Er is nog geen studie gedaan naar het energie- of CO_2-reductiepotentieel van trigeneratie in Nederland. Er is sprake van twee effecten: 1. De co-productie van elektriciteit kan leiden tot een CO_2-reductie, afhankelijk van de geldende emissiefactoren voor centrale opwekking. 2. Grootschalige toepassing van koeling is in principe extra energieverbruik, afhankelijk van de aannames voor centrale opwekking zelfs in die situaties waar compressiekoeling vervangen / vermeden wordt	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	In de gebouwde omgeving zal meer gas worden verstookt, hetgeen de lokale lucht-kwaliteit enigszins negatief beïnvloedt. Op nationaal niveau kan, afhankelijk van ontwikkelingen in het centralepark, luchtkwaliteit positief beïnvloed worden. Vermindering van warmtelozing oppervlaktewater door elektriciteitscentrales. Condensorwarmte kan doorgaans niet nuttig worden gebruikt en zal worden geloosd in de omgeving. Grootschalig gebruik van koudemiddelen zoals ammonia/water en water/lithium-bromide kan een negatieve invloed hebben, maar milieuvriendelijke alternatieven zoals silicagel/water zijn beschikbaar.	
Effecten op voorzieningszekerheid	Groot voordeel van thermisch gedreven koelmachines is dat ze in de zomer geen piekvraag in het elektriciteitsnet veroorzaken. Uitgaande van gasgestookte WKK wordt de afhankelijkheid van gas op gebouwniveau wel groter, op nationaal niveau is er minder brandstof nodig	
Effecten op economische ontwikkeling	Nieuwe markt voor mini- en micro sorptiekoeltechniek (mogelijkheden voor productie en kennisvergaring in Nederland). Gebruiksduur van het gasnet wordt groter waardoor exploitatie relatief goedkoper wordt	
Ontwikkelingsfase	Prototype-ontwikkeling/demonstratiefase van micro-sorptiekoeler (2/3) Proof of Concept van micro-trigeneratie. (1/2)	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Sorptietechniek vooralsnog duurder dan compressiekoeling.	Serieproductie na grootschalige introductie en techniekontwikkeling
	WKK rendement bij benodigde aandrijf-temperaturen voor koeler (bijvoorbeeld Stirling + koeler)	Techniekontwikkeling
	Koude-afgifte in combinatie met HRe-ketels in bestaande bouw	Techniekontwikkeling Laboratorium- en veldtesten
	Weinig bekendheid van technologie (bij zowel klant als installateur)	Communicatie en voorlichting
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Stimuleren verdere ontwikkeling [veldtest micro-trigeneratie en voorbeeldproject mini-trigeneratie] Potentieel in kaart brengen [studie in combinatie met Europese potentieelstudie van ECN] Bekendheid van trigeneratie vergroten [werkgroepleden als ambassadeurs]	

Warmte en koude met warmtepompen

	Compressiewarmtepompen (o.a. gasmotorwarmtepompen)
Beschrijving:	Warmtepompen algemeen Een warmtepomp is een toestel dat omgevingswarmte van een lage omgevingstemperatuur opwaardeert naar een hogere temperatuur waarop het als nuttige warmte voor verwarming of warmtapwaterbereiding kan worden ingezet. Een warmtepomp kan ook functioneren als een koelmachine. Wanneer de bodem of grondwater als warmtebron wordt gebruikt kan de koelfunctie ook direct worden vervuld door de warmte, zonder tussenkomst van de warmtepomp, direct af te geven aan de bodem of het grondwater. Er zijn verschillende principes bekend voor warmtepompen: – Mechanische compressie: elektrische compressor of gasmotor – Thermische compressie: warmtegedreven (gas, zon, restwarmte) – Magneto-calorische warmtepompen – Thermo-akoestische warmtepompen – Stirling warmtepompen Momenteel is het merendeel van de geplaatste warmtepompen van het eerste type, een elektrische warmtepomp. Warmtepompen worden doorgaans toegepast in combinatie met een elektrische bijstook-voorziening (bivalent-systeem) om in de piekvraag te voorzien. Ook zijn er systemen in ontwikkeling voor toepassing (op hoge temperatuur) in de bestaande bouw, dit zijn combinaties van een gasgestookte HR-ketel en een kleine warmtepomp, die de basislast aan warmte levert. Een combinatie met een gasmotor is mogelijk, waarbij de as van de gasmotor direct de compressor aandrijft. Hierdoor is er geen zwaardere elektrische infrastructuur nodig. Ook het gasnet blijft nodig; bepaald moet worden of een gasnet of een zwaarder elektriciteitsnet de hoogste efficiëntie heeft. Er kunnen uiteenlopende warmte/koudebronnen worden gebruikt: – Bodem (door middel van bodemwarmtewisselaars of energiepalen) – Grondwater (aquifers) – Oppervlaktewater – Buitenlucht – Afvoer ventilatielucht – Restwarmte afvalwater – Zonne-energie (via zonnecollector of zonnedak) Afgiftesystemen Bij afgifte van warmte via cv-water zijn lage temperatuur afgiftesystemen vereist zoals LT-radiatoren, vloer- en wandverwarming, luchtverwarming, betonkernactivering (utiliteitsbouw), klimaatplafond (utiliteitsbouw), luchtverwarmer in LB-kast (utiliteitsbouw). De afgiftesystemen voor koeling zijn in veel gevallen dezelfde als de afgiftesystemen voor verwarming.
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	Warmtepompen hebben de potentie significant beter te scoren dan referentie-systemen als HR-ketel en compressiekoeling. Individuele elektrische warmtepompen voor ruimteverwarming kunnen een COP van 5-6 bereiken. Dit betekent een halvering van het primair energiegebruik t.o.v. HR-ketel. De COP voor warm-tapwaterbereiding ligt tussen 2,5 (huidige combi-WP) en 3,5 (WPBoiler). Hoe de prestaties van een gasmotorgedreven warmtepomp zijn is nog onduidelijk; op dit moment bedraagt de PER 1,6 tot 2,0.
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	Voor elektrische warmtepompen geldt: geen lokale emissie, op nationaal niveau groter elektriciteitsgebruik met bijbehorende emissie. Heat islands (condensorwarmte afvoer bij koeling) Thermische verstoring van bodem of water bij grootschalige toepassing Kortsluiten watervoerende lagen (vervuiling) Koudemiddelen + lekkage
Effecten op voorzieningszekerheid	Voor elektrische warmtepompen geldt dat de afhankelijkheid van lokale gasvoor-ziening wordt verminderd. De piekbelasting op het elektriciteitsnet neemt toe. Door intelligente sturing is de piekbelasting als gevolg van warmtepompen wellicht te verlagen. Deze sturing wordt nog niet toegepast in de praktijk (onderzoek is gaande). Een gasmotorgedreven warmtepomp voorkomt piekbelasting op het elektriciteitsnet.
Effecten op economische ontwikkeling	Groei in markt van productie / import warmtepompen, aanleg van bronnen voor omgevingswarmte en geschikte afgiftesystemen.
Ontwikkelingsfase	Elektrische warmtepompen zijn bewezen technologie, die reeds wordt toegepast in zowel de woningbouw als utiliteit (5). Gasmotorgedreven warmtepompen zijn beschikbaar voor toepassing in utiliteit (4) maar nog niet op woningniveau.

Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Kostprijsverlaging bronsysteem. Een mogelijkheid lijkt buitenlucht als bron-systeem (lucht-water of splitsysteem), echter de maximaal haalbare COP is hierbij lager.	Bepalen jaarprestaties multi-split en lucht-water systemen
	Warmwatervoorziening heeft lage COP	Techniekontwikkeling: verhogen van COP
	Randvoorwaarden voor toepassing in de bestaande bouw: – LT-afgifte systeem. Reduceren van de warmtevraag en een goede gebouwschil zijn voor de warmtepomp dus cruciaal. – Aparte groep voor elektrische aansluiting	Samenwerking met de bouw- en installatie branche
	Toepassing warmtepompen in HT-afgiftesysteem in bestaande bouw.	Techniek-ontwikkeling WP-systeem met ketel als back-up
	Verstoring bodem- en grondwatermilieu	Studie
	Financiering van collectieve warmte-pompsystemen	Overleg projectontwikkelaar/ woning-bouwcorpaties
	Technische kennis installateurs Bijdrage emissiereductie GMWP niet bekend	Voorlichting en communicatie Studie naar besparingspotentieel
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Bijdrage aan energiebesparing / CO_2-reductie van gasmotorgedreven warmtepompen [studie] Overleg over financieringsmogelijkheden [overleg sector] Afstemming met werkgroep Warmtepompen [overleg]	

	Thermische compressiewarmtepompen (o.a. gasabsorptiewarmtepompen)	
Beschrijving:	Het kringproces van een sorptiewarmtepomp lijkt sterk op de compressiewarmtepomp, met als verschil dat de mechanische compressie vervangen wordt door een thermische compressie. De aandrijfenergie is dus (hoogwaardige) warmte. Sorptiewarmtepompen kunnen over het algemeen een hogere temperatuurlift leveren dan de gebruikelijke compressiewarmtepompen (want compressie van vloeistof kent minder energieverliezen dan damp). De meest toegepaste variant is de absorptiewarmtepomp (AWP). Deze kan in principe op twee manieren worden aangedreven: 1. Met een (gasgestookte) brander, 2. Zon, restwarmte of stadsverwarming op een temperatuurniveau van 100 °C. Gasgestookte warmtepompen voor verwarming en koeling zijn nu nog niet voor individuele woningen beschikbaar maar wel in grotere vermogens (40 kW). Dit type warmtepompen vereist een relatief kleine warmtebron en heeft ook bij een hogere afgiftetemperatuur (50 °C) een goede COP.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	Het potentieel is in principe groot; zowel in nieuwbouw en in mindere mate bestaande bouw. In bestaande bouw is inpassing ook mogelijk mits men het systeem zo dimensioneert dat de warmtepomp bij lage bedrijfstemperaturen wordt ingezet. Dit potentieel wordt vergroot als het systeem goed is ingeregeld en als het pand is geïsoleerd na oplevering, waardoor de watertemperaturen verder omlaag kunnen. Het gebouw moet wel geschikt gemaakt worden voor LT verwarming De COP van gasgestookte warmtepompen bedraagt op jaarbasis 1,5 (150% bw). Voor koeling ligt de COP rond 0,6-0,7 (60-70% bw); aanzienlijk lager dan voor compressiekoelers. Uitgaande van een marktpenetratie van 70.000 eenheden per jaar in 2030 is het besparingspotentieel ongeveer 2PJ.	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	Bij gasgestookte warmtepompen treedt lokale emissie op, zij het lager dan bij ketels.	
Effecten op voorzieningszekerheid	Kleinere afhankelijkheid van gas op woningniveau/nationaal niveau	
Effecten op economische ontwikkeling	Groei in markt van productie / import warmtepompen, aanleg van bronnen voor omgevingswarmte en geschikte afgiftesystemen.	
Ontwikkelingsfase	Thermische compressiewarmtepompen zijn bewezen technologie, die reeds wordt toegepast, zeker in utiliteit (5) Thermische reversibele warmtepompen op woningniveau zijn nog niet beschikbaar. Systeemontwerp/demonstratiefase (2/3)	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Productie van oplossingspomp	Techniekontwikkeling
	Gewichtsreductie	Techniek- en productontwikkeling
	Lagere COP bij kleinere vermogens	Techniekontwikkeling
	Beschikbaarheid	Techniekontwikkeling
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Stimuleren verdere ontwikkeling gasabsorptiewarmtepomp in de utiliteit & woningbouw [demonstratieproject]	

Zonthermisch

	Zonthermisch (zonne-energie met aardgas)	
Beschrijving:	Belangrijkste toepassing van zonthermische energie zijn zonneboilers. De zonnewarmte wordt in collectoren opgevangen. Als hiermee niet voldoende warm tapwater met voldoende hoge temperatuur wordt geproduceerd, wordt naverwarmd met de CV-ketel op aardgas. Beide systemen kunnen geïntegreerd zijn in een bivalent systeem. Ook een combinatie met technieken als HRe en mini-wkk is op termijn mogelijk.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030		

	besparing (PJ)	CO_2 emissiereductie (Mton/jr)
2020	5	0,4
2030	11	0,6

referentie: HR ketel met tapwater rendement van 83%
[ref 2, ref 3]

Effecten op milieu en luchtkwaliteit	geen emissie bij gebruik. Bij gebruik naverwarming: reductie van emissies door vermindering aardgasverbranding.	
Effecten op voorzieningszekerheid	Verminderde afhankelijkheid van gas. Opbrengst is afhankelijk van de zon. In de praktijk zal een combinatie worden gemaakt met een gasgestookte ketel om voorzieningszekerheid te bieden.	
Effecten op economische ontwikkeling	productie van collectoren, boilers en regelingen evt. in Nederland	
Ontwikkelingsfase	gereed voor grootschalige toepassing (4/5)	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Meerkosten	Stimuleringsbeleid – serieproductie/ techniekontwikkeling
	Inpassen in bestaande bouw (plaats voor opslagvat)	Samenwerking met installatiebranche
	Inpassen in bestaande bouwmethoden Installatie op het dak	Samenwerking met bouwbranche
	Onbekendheid	Voorlichting en communicatie
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Pleiten voor tijdelijke stimuleringssubsidie om meerkosten te dekken [overleg overheid] Objectief informeren van de markt over zonthermische technologie [communicatie-middelen ontwikkelen] Bekendheid vergroten [werkgroepleden als ambassadeurs]	

Gasapparatuur

	Gasapparatuur	
Beschrijving:	Hotfill (af-)wasmachines en drogers gebruiken geen elektriciteit om lucht of water op te warmen. Het water kan bijvoorbeeld in de CV-ketel worden opgewarmd of er kan (voornamelijk in de industrie) gebruik worden gemaakt van restwarmte. Ook warmte uit de zonneboiler kan worden benut.	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	Woningbouw: Bijdrage aan CO_2 reductie, ref. gemiddeld park, gebruik HR ketel, geen zonneboiler. Indien gebruik gemaakt wordt van zonneboilers kunnen de besparingen hoger zijn.	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	reductie inefficiënt gebruik van elektriciteit voor warmte Verlaging van centrale emissies, verhoging van lokale emissies	
Effecten op voorzieningszekerheid	Lagere belasting van elektriciteitsnetten In het geval van gasgestookte hotfill grotere afhankelijkheid van gas	
Effecten op economische ontwikkeling	Productie hotfill apparatuur	
Ontwikkelingsfase	Hotfill-sets voor wasmachines zijn op de markt verkrijgbaar. Ook zijn er speciale hotfill wasmachines. Deze zijn dus in principe gereed voor grootschalige toepassing (4/5). Vaatwassers lopen hierop wat achter. Ook gaswasdrogers zijn op de markt verkrijgbaar 4/5).	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Meerkosten apparatuur & installatie	Serieproductie na grootschalige introductie en techniekontwikkeling
	Onbekendheid, milieuwinst is voor de leek niet direct duidelijk.	Voorlichting en communicatie
	Aanpassing in woning nodig voor hotfill-toevoerleiding	Samenwerking met bouw- en installatiebranche
	Implementatie in energieprestatienormen	Opnemen in normen
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Objectief informeren van de markt over gasapparatuur [communicatiemiddelen ontwikkelen] Bekendheid vergroten [voorbeeldprojecten] [werkgroepleden als ambassadeurs] (e.e.a. eventueel in samenwerking met Slim met Gas)	

	Energiebesparing (PJ/jaar)	reductie CO_2 emissie (Mton/jr)
2020	5	0,1
2030	15	0,9

Virtual power plant

	Virtual Power Plant	
Beschrijving:	Een Virtual Power Plant omvat een aantal via het net gebonden, decentrale opwekkers die bijvoorbeeld in woningen of andere gebouwen geplaatst worden. De decentrale units kunnen op afstand bestuurd worden, waardoor het netwerk van decentrale units zich kan gedragen als een grote centrale: een Virtual Power Plant. Hiermee kan in de grote vraag tijdens piekuren worden voorzien. Dit schept ook ruimte voor inpassing van andere duurzame, decentrale opwekkers met een onregelmatig aanbod. Het VPP-concept is wederzijds versterkend met mini-wkk en HRe-ketels. Met behulp van het aansturingsmechanisme kan ook een optimalisatie behaald worden van de inzet van de decentrale units. Hiermee kan de inzet van decentrale units in relatie met de centrales geoptimaliseerd worden	
Bijdrage aan energiebesparing / CO_2 reductie doelstelling in 2020 en 2030	De voordelen van VPP op het gebied van energiebesparing en CO_2-reductie zijn nog niet duidelijk. Er zijn verschillende mechanismen op woningniveau en nationaal niveau. Een VPP zorgt voor een optimale inzet van de opwekkers en infrastructuren als totaal. Voorwaarde voor een aanzienlijke bijdrage aan emissiereductie is dat de regel- en sturingsmechanismen op CO_2 zijn ingeregeld. De regelmogelijkheden van decentrale opwekkers kunnen ervoor zorgen dat energie uit duurzame bronnen (wind/zon) nog beter lokaal gebruikt worden	
Effecten op milieu en luchtkwaliteit	vermindering landelijke emissie CO_2 bij inregeling op emissie	
Effecten op voorzieningszekerheid	Een VPP faciliteert de opkomst van decentrale, duurzame bronnen. Hiermee draagt de VPP indirect bij aan het verminderen van de afhankelijkheid van buitenlandse energieleveranciers. Een VPP zorgt voor een optimale inzet van de energiebronnen (wind, zon en gas (HRe). Hiermee zal dus zuiniger met het aardgas omgesprongen worden, en dus wordt de afhankelijkheid van gas verminderd. Verbeterde stabiliteit van het elektriciteitsnet Verkleinde uitvalduur door eilandbedrijf mogelijkheden mini- & micro-wkk	
Effecten op economische ontwikkeling	Een VPP van installaties van huishoudens is nog niet eerder gerealiseerd. Realisatie levert een kennisvoorsprong op ten opzichte van het buitenland. Door vermindering van onbalans worden investeringen in andere onbalansvoorzieningen lager (regelvermogen, infrastructuur)	
Ontwikkelingsfase	Onderzoeksfase / prototypeontwikkeling (1/2)	
Knelpunten en oplossingsrichting	knelpunt	oplossingsrichting
	Betrouwbaarheid moet nog worden aangetoond, ook in extreme situaties	Veldtesten, demoprojecten
	Publieke opinie ('verlies van controle')	Voorlichting en communicatie
	Beperkte dekking UMTS	Uitbreiding netwerk/andere netwerken
	Sturing en regeling zijn nog niet ontwikkeld	technologieontwikkeling
	Financiële regeling en haalbaarheid onduidelijk	Business case uitwerken
Benodigde acties vanuit de Werkgroep Decentrale Gastoepassingen en haar leden	Stimuleren ontwikkeling VPP [veldtesten en demonstratieprojecten] In kaart brengen potentiële besparing/ bijdrage aan energietransitie [studie] (e.e.a. eventueel in samenwerking met SPS)	

EnergieTransitie - Creatieve Energie

Bedrijfsleven, overheid, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties zetten zich gezamenlijk in om ervoor te zorgen dat de energievoorziening in 2050 duurzaam is. Energie is dan schoon, voor iedereen betaalbaar en wordt continu geleverd. EnergieTransitie vraagt én geeft Creatieve Energie.

Contactgegevens

EnergieTransitie
Platform Nieuw Gas
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
e nieuwgas@senternovem.nl

www.creatieve-energie.nl

2ETPNG08:01