

# Warmte uit biomassa

## Vergelijking van de opties bioWK, kachel en SNG

A. van der Drift

J. van Doorn

E. Derijcke

J. Uitzinger

## Colofon

Deze studie is uitgevoerd door ECN, IVAM, Energy Valley en Ekoblok in het DEN-programma uitgevoerd door SenterNovem in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. Het SenterNovem projectnummer is 2020-04-11-14-002. Informatie is te vinden op [www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl).

SenterNovem  
Postbus 8242  
3503 RE UTRECHT  
Tel: 030 239 34 88  
Contactpersoon: K. Kwant  
E-mail: [k.kwant@senternovem.nl](mailto:k.kwant@senternovem.nl)

Novem geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ontwerpen, constructies, producten of productiemethoden voorkomende of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing. Aan deze publicatie kunnen geen rechten worden ontleend.

Deze studie is uitgevoerd door:

ECN  
Postbus 1  
1755 ZG Petten  
Tel: 0224 564515  
A. van der Drift  
[vanderdrift@ecn.nl](mailto:vanderdrift@ecn.nl)

IVAM  
Postbus 18180  
1001 ZB Amsterdam  
Tel: 020 525 5080  
J. Uitzinger  
[juitzinger@ivam.uva.nl](mailto:juitzinger@ivam.uva.nl)

Energy Valley  
Postbus 424  
9700 AK Groningen  
Tel: 050 5214472  
P. Luimstra  
[luimstra@energyvalley.nl](mailto:luimstra@energyvalley.nl)

Ekoblok  
Bedrijvenpark Twente 127  
7602 KE Almelo  
Tel: 053 4336017  
H. Stassen  
[huubstassen@netscape.net](mailto:huubstassen@netscape.net)

Rapportagedatum: januari 2007

## Verantwoording

Dit rapport is geschreven door ECN en IVAM in opdracht van SenterNovem. Het SenterNovem projectnummer is 2020-04-11-14-002; het ECN projectnummer is 7.5275. De looptijd van het project was 1 maart 2005 tot 31 december 2006.

## Samenvatting

Groene warmte (duurzaam opgewekte warmte) heeft in tegenstelling tot groene elektriciteit en groene transportbrandstoffen nog weinig aandacht, ondanks dat ruim 40% van de inzet van de primaire brandstoffen wordt gebruikt voor de productie van warmte. Een drietal technische opties voor de productie van groene warmte uit biomassa worden voorgesteld. Dit zijn: (1) pelletkachels voor ruimteverwarming, (2) warmte-kracht (WK) op basis van biomassa en (3) Synthetic Natural Gas (SNG) uit biomassa.

Deze technieken verschillen in karakteristieke schaalgrootte, potentieel, toepassingsmogelijkheden, state-of-the-art en kosten per opgewekte GJ warmte. Pelletkachels en bio-WK zijn bewezen technieken die al worden toegepast. SNG productie via vergassing is nog in ontwikkeling. Bij de economische beschouwingen is aangenomen dat alle drie opties volwassen technologieën zijn. De goedkoopste optie voor het produceren van warmte is de productie van SNG op grote schaal (typisch 1000 MW<sub>th</sub>). Pelletkachels zijn de duurste optie om warmte te produceren, vooral vanwege het beperkt aantal draaiuren per jaar.

Op basis van het Global Economy scenario uit de Welvaart en LeefOmgeving (WLO) rapporten zijn de toekomstige energievraag en –aanbod vastgesteld voor de verschillende sectoren met als zichtjaren 2020 en 2040. Ook de toekomstige elektriciteits- en gasprijzen zijn verkregen uit dit scenario. Kenmerkend voor dit scenario is het ontbreken van beleid op het gebied van duurzame energie en energiebesparing na 2020, waardoor er in dit scenario nauwelijks duurzame energie opties worden aangewend. Met behulp van de voorgestelde technologieën kan een belangrijk deel van de warmte (gas) vraag worden vergroend.

De markt voor SNG productie is verreweg het hoogst, omdat SNG voor alle huidige aardgastoeepassingen kan worden ingezet en zelfs in de nieuwe toepassing “rijden op aardgas”. De kosten per ton vermeden CO<sub>2</sub> emissie zijn het laagst voor bio-WK. Dit wordt veroorzaakt door het relatief hoge aandeel elektriciteit dat wordt geproduceerd. Omdat in de huidige brandstofmix voor elektriciteitsproductie in Nederland naast aardgas ook steenkool wordt toegepast is de CO<sub>2</sub> verdienste voor groene elektriciteit hoog ten opzichte van groene warmte.

Als onderdeel van deze studie is een onderzoek uitgevoerd naar de publieke acceptatie van groene warmte geproduceerd via beschreven drie opties. Belangrijkste uitkomsten zijn dat groen gas (SNG) een hoge graad van acceptatie heeft, vergelijkbaar met groene elektriciteit. Ook de acceptatie van bio-WK op stads- en wijkniveau scoort redelijk goed. De acceptatie van warmteproductie met pelletkachels daarentegen is laag vooral vanwege de inspanning die de gebruiker moet uitvoeren en de benodigde opslagruimte voor de brandstof. Voor alle opties geldt dat de prijs ten opzichte van aardgas een belangrijke overweging vormt.



# Inhoud

Lijst van tabellen	6
Lijst van figuren	6
1. Inleiding	7
2. Scenario's	9
2.1 Energievraag en energievraagontwikkeling	10
2.1.1 Huishoudens	11
2.1.2 Industrie	12
2.1.3 Verkeer en vervoer	12
2.1.4 Landbouw	12
2.1.5 Handel, diensten en overheid	12
2.1.6 Energiebedrijven	12
2.2 Energieaanbod- en prijs	13
2.2.1 Olie	13
2.2.2 Gas	13
2.2.3 Elektriciteit	13
2.2.4 Warmtekrachtkoppeling	14
3. Duurzame warmte	15
3.1 De technieken	15
3.1.1 Pelletkachel	15
3.1.2 Bio-WK	15
3.1.3 SNG	16
3.2 Logistiek en biomassaprijs	17
3.2.1 Pellets ten behoeve van pelletkachels	17
3.2.2 Pellets of houtchips ten behoeve van Bio-WK	18
3.2.3 Pellets of houtchips ten behoeve van SNG productie	18
3.3 Aannamen economie	18
3.4 Samenvatting karakteristieken	19
3.5 Resultaten economische berekening	20
3.6 Potentieel	21
3.6.1 Pelletkachel	21
3.6.2 Bio-WK	21
3.6.3 SNG productie	23
4. Acceptatie groen gas	25
4.1 Groen gas	25
4.2 Bio-WK	26
4.3 Houtpellets	27
4.4 Informatiebehoefte	27
5. Evaluatie en conclusies	29
6. Case study: Gemeente Groningen	33
6.1 Inleiding	33
6.2 Gemeente Groningen	34
7. Referenties	37
Bijlage A Wat vinden Nederlanders van warmte uit biomassa?	39

## Lijst van tabellen

Tabel 2.1	<i>Huidige inzet van primaire energiedrager in Nederland onderverdeeld naar “energieproducten”</i>	10
Tabel 2.2	<i>Finaal energieverbruik (PJ/jaar) in het GE scenario onderverdeeld naar sectoren en naar de inzet van brandstoffen (PJ/jaar)</i>	11
Tabel 2.3	<i>Gasprijs</i>	13
Tabel 2.4	<i>Elektriciteitsproductie (TWh)</i>	13
Tabel 2.5	<i>Elektriciteitsprijs</i>	13
Tabel 2.6	<i>Kerngegevens over het WK-segment van de huidige WK-markt (2003) [2] dat in principe in aanmerking komt voor biomassa uitgesplitst naar prime mover; de huidige brandstof is in alle gevallen aardgas; gem: gemiddelde waarde met aardgasverbruik als weefactor</i>	14
Tabel 2.7	<i>WK systemen onderverdeeld naar toepassingsgebied. De totale hoeveelheid geproduceerde warmte is berekend met behulp van de gemiddelde verhouding warmte – kracht volgens Tabel 2.6</i>	14
Tabel 3.1	<i>Karakteristieke eigenschappen van de beschreven technieken</i>	20
Tabel 3.2	<i>Resultaten economische berekeningen van de drie opties voor de productie van warmte uit biomassa</i>	20
Tabel 5.1	<i>Samenvatting markt, kosten en acceptatie van de drie vormen van warmte uit biomassa</i>	31
Tabel 6.1	<i>Bijdrage opwekking duurzame elektriciteit aan de totale (landelijke) elektriciteitsvraag volgens de scenario’s Global Economy GE and Strong Europe SE (in TWh).</i>	33
Tabel 6.2	<i>Bijdrage vermeden inzet primaire energie door hernieuwbare bronnen (landelijk) volgens de scenario’s Global Economy and Strong Europe (in PJ).</i>	34
Tabel 6.3	<i>Vertaling gegevens gemeente Groningen</i>	34

## Lijst van figuren

Figuur 4.1	<i>Acceptatie duurzame energie (bij gelijke prijs als huidige warmtevoorziening)</i>	26
------------	--	----

## 1. Inleiding

Het streven naar een grotere bijdrage van duurzame energie aan de Nederlandse en Europese energievoorziening kan worden ingevuld door het aandeel duurzaam opgewekte elektriciteit te verhogen, meer groene transportbrandstoffen toe te passen en het aandeel duurzaam opgewekte warmte uit te breiden. Voor groene elektriciteit en transportbrandstoffen zijn concrete doelstellingen geformuleerd die worden ondersteund door financiële middelen. Voor groene warmte is tot op heden weinig aandacht ondanks het feit dat ongeveer eenderde van het primaire energieverbruik ten behoeve van warmteproductie is. Het ontbreekt aan een duidelijke doelstelling en er wordt nog geen financiële ondersteuning verleend voor groene warmte.

Verwacht mag worden dat duurzame warmte een essentieel onderdeel wordt bij de verduurzaming van de energievoorziening. De belangrijkste redenen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in twee termijnen, zijn:

- *termijn tot 2020*: de energiedoelstelling van de Nederlandse overheid voor 2020 (20% duurzaam, ofwel circa ca. 600 PJ) zal hoogstwaarschijnlijk niet worden gehaald als de aandacht grotendeels uitgaat naar de vergroening van de markt van elektriciteit en transportbrandstoffen.
- *termijn 2020 tot 2040*: op langere termijn wordt aardgas, de belangrijkste primaire energiebron in Nederland voor de productie van warmte, dermate schaars en duur dat er een noodzaak is voor een alternatieve wijze van warmte produceren. Duurzaam geproduceerde warmte is het meest voor de hand liggende alternatief.

In dit rapport wordt een beeld gegeven van de mogelijkheden van de invulling van de toekomstige behoefte aan duurzame warmte door de inzet van biomassa via een drietal geselecteerde technieken. Deze technieken zijn ruimteverwarming op huishoudelijke schaal en bedrijfsniveau via een pelletkachel, biomassa gestookte warmte-kracht (wk) units en SNG (Substitute Natural Gas) productie uit biomassa. Deze technieken verschillen in “energieproduct”, schaalgrootte en state-of-the-art. Pelletkachels en bio-wk zijn bewezen technieken die binnen en buiten Nederland volop worden toegepast, terwijl SNG productie uit biomassa in ontwikkeling is. In de tijdsschaal van deze studie is het aannemelijk dat SNG productie uit biomassa ‘op tijd’ is ontwikkeld en als bewezen techniek kan worden toegepast.

### *Probleemstelling*

Het onderliggende probleem is dat de doelstellingen van de Nederlandse overheid wat betreft de bijdrage van duurzame energie in 2020 hoogstwaarschijnlijk niet zullen worden gehaald als de mogelijkheden van duurzame warmte worden onderschat of genegeerd. Verder geldt dat in 2040 aardgas (de voornaamste fossiele energiedrager voor de productie van warmte in Nederland) schaars wordt, en dus duurder, zodat alternatieve opwekking van warmte noodzakelijk is. In beide gevallen is het afgeleide probleem voor het onderhavige project dat het onvoldoende duidelijk is wat de perspectieven zijn van de productie van warmte uit biomassa. De relevante parameters hierbij zijn kosten, CO<sub>2</sub>-reductie, technologische status en maatschappelijke acceptatie. De studie wordt beperkt tot drie opties: warmte via WK-installaties op biomassa, warmte via SNG uit biomassa en warmte uit pelletkachels.

Doelstelling is het aangeven van het perspectief van groene warmte uit biomassa via de drie genoemde technieken aan de hand van een aantal kwantitatieve parameters.

### *Aanpak*

Er is een aantal studies in de vorm van scenario's opgesteld door CPB (Centraal Planbureau), MNP (Milieu- en Natuurplanbureau), RPB (Ruimtelijk Planbureau) en ECN, waarin de situatie in Nederland tot 2040 wordt beschreven. Ook de energievraag en het energieaanbod in de

periode van heden tot 2040 is beschreven. In deze studie is gebruik gemaakt van de energiescenario's beschreven in het WLO rapport (Welvaart en LeefOmgeving) [1]. In het WLO rapport worden vier scenario's beschreven, die elk uitgaan van een specifieke ontwikkeling van de nationale en internationale omstandigheden. Deze uitgangspunten leiden tot verschillen in energievraag en energieaanbod. Er is voor deze studie een keuze gemaakt voor één van de vier scenario's uit de WLO rapporten (Hoofdstuk 2).

Een drietal technieken waarmee biomassa kan worden ingezet voor de invulling van de behoefte aan warmte wordt beschreven (Hoofdstuk 3). Per techniek is een karakteristieke schaalgrootte gekozen met de daarbij behorende investeringskosten.



## 2. Scenario's

Bij het vaststellen van het potentieel van groene warmte en de wijze waarop dit potentieel zou kunnen worden ingevuld op korte en langere termijn is gebruik gemaakt van de scenario's zoals die zijn opgesteld door ECN, CPB, MNP en RPB onder de naam Welvaart en LeefOmgeving (WLO) [1]. In deze studie zijn de ontwikkelingen in energievraag, energieaanbod, bevolkingsopbouw en woningbestand beschreven in vier verschillende scenario's. Elk scenario heeft karakteristieke kenmerken, die leiden tot verschillen in maatschappelijke ontwikkelingen en daarmee gepaard gaande energievraag en –aanbod. De scenario's die in het WLO rapport beschreven worden zijn:

- Strong Europe
- Global Economy
- Regional Communities
- Transatlantic Market

De belangrijkste karakteristieken van de vier scenario's zijn:

### *Strong Europe*

- Hoge bevolkingsgroei
- Matige economische groei
- Mondiale handel met milieurestricties
- Effectief internationaal klimaatbeleid

### *Global Economy*

- Hoge bevolkingsgroei
- Hoge economische groei
- Mondiale vrijhandel
- Geen klimaatbeleid na 2020 (subsidies voor duurzame energie en CO<sub>2</sub> beleid worden na 2020 beëindigd)

### *Regional Communities*

- Lage bevolkingsgroei
- Lage economische groei
- Handelsblokken blijven gehandhaafd
- Effectief nationaal milieubeleid

### *Transatlantic Market*

- Gematigde bevolkingsgroei
- Hoge economische groei
- Handelsblokken blijven gehandhaafd
- Geen sterk milieubeleid

Voor de uitwerking in dit rapport is gebruik gemaakt van de uitgangspunten en de resultaten uit het scenario "Global Economy". De reden voor de keuze van dit scenario is dat zowel VROM als EZ een aantal beleidsstudies hebben uitgevoerd met dit scenario als basis. Deze studie sluit hierbij aan. Verder kenmerkt dit scenario zich door het ontbreken van een klimaatbeleid na 2020. Dit betekent dat in tegenstelling met de andere scenario's er weinig tot geen duurzame opties in dit deel van het scenario opgenomen zijn. Hierdoor kan geen "dubbeltelling" van duurzame opties optreden bij de inzet van biomassa voor de productie van groene warmte, zoals in dit rapport wordt beschreven.

Voor een uitgebreide beschrijving van de scenario's wordt verwezen naar de WLO rapporten. Een aantal kenmerken van het Global Economy (GE) scenario zijn kort samengevat.

#### *Global Economy (GE)*

*Marktwerking en internationalisering zijn de dominante economische krachten in het Global Economy scenario. De emissiehandel blijft tot 2020 bestaan, daarna vervalt deze in het GE scenario (2 €/ton in 2005; 7 €/ton in 2010; 11 €/ton in 2020). De tarieven voor de energiebelasting blijven vanaf 2007 constant. In de woningbouw vervalt de EPN na 2020; ook het beleid ten aanzien van de industrie (o.a. EIA en MEP WKK) vervalt na 2020. De kerncentrale van Borssele blijft open tot 2033; de bouw van nieuwe kerncentrale is in dit scenario mogelijk.*

*Overheden benadrukken de eigen verantwoordelijkheid van burgers en op mondiaal niveau maken succesvolle WTO onderhandelingen de weg vrij voor verdere internationalisering. De EU schaft alle handelsbelemmeringen af.*

## 2.1 Energievraag en energievraagontwikkeling

De huidige inzet van primaire energiedragers is in Tabel 2.1 weergegeven. Uit gegevens van het CBS (CBS 2006) [2] is de huidige inzet van de primaire energiedragers naar de verschillende energieproducten opgesplitst.

Tabel 2.1 *Huidige inzet van primaire energiedrager in Nederland onderverdeeld naar "energieproducten"*

Gebruik (in PJ/jaar)	steenkool	olie	aardgas	elektriciteit	overig	totaal
Elektriciteit	200	10	350	70 (import)	230	860
Transportbrandstoffen	0	480	0	10	0	490
Producten en chemicaliën	70	370	100	30	0	570
Warmte	40	240	1.060	0	20	1.360
Totaal	310	1.100	1.510	110	250	3.280

Het finaal energieverbruik in het GE scenario is per sector aangegeven in Tabel 2.2 en voor een aantal sectoren onderverdeeld naar energiedrager voor de huidige en toekomstige situaties. Het totale verbruik is aangegeven alsmede de onderverdeling naar aardgas en elektriciteit. Bij het vaststellen van de hoeveelheid elektriciteit zijn de omzettingsverliezen bij de opwekking aan de eindgebruiker toegerekend.

Tabel 2.2 *Finaal energieverbruik (PJ/jaar) in het GE scenario onderverdeeld naar sectoren en naar de inzet van brandstoffen (PJ/jaar)*

	2002	2020	2040
Huishoudens	443	464	526
aardgas	340	305	320
elektriciteit	103	159	206
Industrie	1132	1470	1998
aardgas			
elektriciteit	145	165	
Verkeer en vervoer	521	682	861
Landbouw	158	158	151
Handel, diensten en overheid	320	334	372
aardgas	183		120
elektriciteit	99		200
Energiebedrijven	630	897	1118
Transport	521	682	861
<i>energiebronnen:</i>			
Kolen	353	563	1049
Olie	1129	1574	2157
Aardgas	1523	1509	1606
Warmte	88	241	150
Overig	111	119	62

### 2.1.1 Huishoudens

Huishoudens hebben een aandeel van 14% in het primair energieverbruik in 2002, vnl. in de vorm van elektriciteit en aardgas (in beperkte mate ook warmte en huisbrandolie). Aardgas wordt voornamelijk gebruikt voor ruimteverwarming van woningen en de bereiding van warm tapwater.

Het jaarlijks aardgasverbruik zal dalen van 340 PJ in 2002 tot 305 PJ in 2020. Deze daling wordt veroorzaakt door het vervangen van oude woningen door nieuwbouw en door een verbeterde isolatie in bestaande woningen en hoger ketelrendement. Vanwege het vervallen van de EPN in 2020 in het GE scenario zal na 2020 weer een lichte stijging in het gasverbruik plaatsvinden tot 320 PJ in 2040. De groei van de elektriciteitsvraag wordt veroorzaakt door de groei van het aantal huishoudens (10 miljoen huishoudens in 2040) en een groei van het elektriciteitsverbruik per huishouden (doordat per huishouden meer elektrische apparatuur aanwezig is). De stijging in het jaarlijks elektriciteitsverbruik per huishouden gaat van 3.300 kWh in 2002 tot 5.300 kWh in 2040. Het aandeel van huishoudens aan het primaire energieverbruik bedraagt in 2020 ruim 11% en in 2040 ruim 10%.

De gemiddelde grootte van een huishouden is de afgelopen tientallen jaren gedaald. In 1960 waren er nog gemiddeld 3,6 personen per huishouden. In 2000 was dit gedaald tot 2,3 personen. In het GE scenario neemt het gemiddelde aantal personen af tot 2,1 in 2020 en 2,0 in 2040. De omvang van de bevolking stijgt van 18 miljoen in 2020 naar 20 miljoen in 2040 [1].

#### *Ontwikkeling huizenmarkt*

Het aantal woningen hangt samen met de bevolkingsgroei, demografische en maatschappelijke ontwikkeling. Het aantal woningen stijgt van 6,74 miljoen in 2002 naar 8,37 miljoen in 2020 en 9,75 miljoen in 2040. Omdat er gegevens over de gemiddelde warmte en elektriciteitsverbruik per woning beschikbaar zijn in de WLO studies wordt in dit rapport niet in detail ingegaan op de ontwikkeling van het type woningen en de ‘leeftijdsopbouw’ van het woningenbestand. Uit studies van ECN komt naar voren dat het bouwen van energiezuinige en zelf energieneutrale woningen binnen het tijdspad van deze studie mogelijk geacht wordt [3,4].

### 2.1.2 Industrie

De industrie is de grootste energieverbruikende sector (40% van het primaire energieverbruik). De energiedragers worden niet alleen voor de opwekking van energie, maar ook als grondstof gebruikt (aardgas, olie en steenkool voor de productie van o.a. kunststoffen, kunstmest en staal). De productiecapaciteit van de basischemie en basismetaal is voor de verschillende scenario's min of meer gelijk. Deze industrie is al relatief efficiënt en heeft een gunstige geografische ligging.

De raffinagesector heeft een sterke positie vanwege de goede geografische ligging en infrastructuur. Er is ruimte voor capaciteitsgroei in het GE scenario van 25% in de periode na 2020. Andere sectoren binnen de industrie worden sterker beïnvloed door de economische ontwikkeling. Bedrijven uit de metaal- en elektrotechnische industrie groeien met name buiten Nederland. De voedingsmiddelenindustrie behoudt zijn sterke positie en toont een verdere ontwikkeling mede door de verwevenheid met de landbouw en chemische industrie.

Het elektriciteitsverbruik in de industrie (145 PJ<sub>e</sub> in 2002) stijgt naar 165 PJ<sub>e</sub> in 2020. De vraag naar warmte bedraagt in 2002 440 PJ<sub>th</sub>, 540 PJ<sub>th</sub> in 2020 en 580 PJ<sub>th</sub> in 2040.

### 2.1.3 Verkeer en vervoer

De sector verkeer en vervoer heeft een aandeel van 17% van het primaire energieverbruik. De grootste gebruiker binnen deze sector is het wegvervoer (87% van het aandeel van deze sector). Vooral fossiele transportbrandstoffen en elektriciteit worden in deze sector gebruikt.

Bij het "vergroenen" van deze sector via de inzet van ethanol, biodiesel of SNG kan deze sector grote hoeveelheden biomassa gaan verbruiken. Daarnaast wordt (fossiel) aardgas al als transportbrandstof gebruikt en kan dus ook SNG als zodanig worden toegepast.

### 2.1.4 Landbouw

De sector landbouw verbruikt ongeveer 5% van de totale primaire energie, waarvan het overgrote deel bestemd is voor kasteelt (80% van het energieverbruik in deze sector).

De elektriciteitsvraag in de landbouw volgt de ontwikkeling van het areaal belichte teelt en stijgt van 20 PJ<sub>e</sub> in 2002 naar 40 PJ<sub>e</sub> in 2040. De ontwikkeling van de glastuinbouw is gebaseerd op het hoofdstuk landbouw uit het WLO rapport. Door de stijgende gasprijzen neemt het aardgasverbruik in de landbouw af; besparingen zijn door de stijgende gasprijzen aantrekkelijk.

### 2.1.5 Handel, diensten en overheid

Het energieverbruik in deze sector is vooral gericht op ruimteverwarming en elektrische apparatuur. Het aardgasverbruik in 2002 bedroeg 183 PJ en het elektriciteitsverbruik 99 PJ<sub>e</sub>. In 2040 zijn er 6,3 miljoen arbeidsjaren in deze sector.

### 2.1.6 Energiebedrijven

Zie 2.2.3 en 2.2.4

## 2.2 Energieaanbod- en prijs

### 2.2.1 Olie

Een belangrijk gegeven voor de scenario's is de ontwikkeling van de olieprijs. De olieprijs is bepaald op basis van bewezen en mogelijk nieuwe olievoorraden inclusief de ontwikkeling van "nieuwe" alternatieve oliebronnen zoals teerzanden. In het Global Economy scenario verdubbelt het mondiale oliegebruik, mede door de opkomende economieën in China en India.

### 2.2.2 Gas

De gasprijzen stijgen tot 2040; de stijging zet in na 2011 vanwege het grotere aandeel van geïmporteerd (duurder) gas. In 2010 bedraagt de gasprijs 0,17 €/m<sup>3</sup>; vanaf 2010 neemt de gasprijs toe met 0,4% per jaar tot 2020. Vanaf 2020 stijgt de gasprijs met 0,7 tot 0,8% per jaar. Voor deze studie is op basis van het GE scenario uitgegaan van een gasprijs voor particulieren van 14,8 €/GJ in 2020 en 16,4 €/GJ in 2040. De prijs voor grootverbruikers is resp. 5,7 en 6,0 €/GJ.

Tabel 2.3 *Gasprijs*

	Eenheid	2002	2020	2040
Gasprijs particulieren	€/GJ	13,2	14,8	16,4
Gasprijs grootverbruikers	€/GJ	5,0	5,7	6,0

### 2.2.3 Elektriciteit

De productie van elektriciteit vindt plaats via centrale productie-eenheden, grootschalige stadsverwarming, industriële bedrijven met WK-installaties en decentrale "kleine" installaties (kleinschalige WK, AVI's, wind, waterkracht). Omdat na 2020 geen klimaatbeleid meer wordt gevoerd en subsidies voor duurzame energie worden afgeschaft daalt het aandeel duurzaam na 2020 drastisch. Er vindt uitbreiding van het productiepark plaats, vanwege de stijging van de vraag naar elektriciteit. Het productiepark in het GE scenario is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 2.4 *Elektriciteitsproductie (TWh)*

	2002	2020	2040
Kolencentrales	25	47	110
Gascentrales	34	34	33
Kerncentrales	4	4	0
Duurzaam	4	30	3
Decentraal (WK)	26	40	56
Invoer	21	16	28
Uitvoer	4	15	17
Finale vraag	108	157	213

Er is onderscheid gemaakt tussen de elektriciteitsprijzen voor huishoudens en grootverbruikers. De prijzen zijn opgebouwd uit commodity prijs, distributiekosten en heffingen. In Global Economy vervalt het handelssysteem voor CO<sub>2</sub> in 2020.

Tabel 2.5 *Elektriciteitsprijs*

	Eenheid	2002	2020	2040
--	---------	------	------	------

Elektriciteitsprijs particulieren	€ct/kWh	15	18	18
Elektriciteitsprijs grootverbruikers	€ct/kWh	4	6	6

## 2.2.4 Warmtekrachtkoppeling

Warmtekracht speelt een belangrijke rol in de energievoorziening in Nederland. In 2003 bedroeg het opgestelde vermogen 7,5 GW<sub>e</sub> (van de in totaal 20,9 GW<sub>e</sub>). De opwekking van elektriciteit via warmte-kracht vindt plaats met gasmotoren, stoomturbines, gasturbines en STEG's (Stoom en Gasturbine, Engels: Combined Cycle). In omvang nemen de STEG's installaties de eerste plaats. Dit betreft voornamelijk grootschalige units in de industrie, zie Tabel 2.6.

Tabel 2.6 *Kerngegevens over het WK-segment van de huidige WK-markt (2003) [2] dat in principe in aanmerking komt voor biomassa uitgesplitst naar prime mover; de huidige brandstof is in alle gevallen aardgas; gem: gemiddelde waarde met aardgasverbruik als weefactor*

		gasmotor (>1 MW <sub>e</sub> )	stoom- turbine	gasturbine	STEG	totaal
aantal installaties	-	300	18	67	48	433
aardgasverbruik	PJ/jaar	13	15	83	225	336
gemiddelde grootte	MW <sub>e</sub>	1	7	13	89	63 (gem.)
gem. elektrisch rendement	%	33%	12%	22%	38%	33% (gem.)
gem. warmte rendement	%	49%	70%	59%	35%	43% (gem.)

De productie van elektriciteit met WK systemen in het GE scenario is weergegeven in Tabel 2.7. De warmteproductie is berekend via het gemiddelde rendement van WK-units naar elektriciteit en warmte: 33% respectievelijk 43%. Er is geen onderscheid gemaakt naar schaalgrootte en/of toepassingsgebied. De productie van elektriciteit via WK stijgt. De ontwikkeling van WK is afhankelijk van de warmtevraag en de prijzen voor gas en elektriciteit.

Tabel 2.7 *WK systemen onderverdeeld naar toepassingsgebied. De totale hoeveelheid geproduceerde warmte is berekend met behulp van de gemiddelde verhouding warmte – kracht volgens Tabel 2.6*

	Eenheid	2000	2020	2040
Centraal	TWh	9	16	11
Joint-ventures	TWh	13	26	43
Industrie	TWh	7	4	3
Raffinaderijen	TWh	3	1	1
Land-en tuinbouw	TWh	3	5	6
Overig	TWh	2	3	1
Totaal elektriciteit	TWh	37	55	65
Totaal warmte	PJ <sub>th</sub>	173	258	305

Voor kostenberekening is als karakteristieke schaalgrootte gekozen voor een WK-eenheid met een capaciteit van 50 MW<sub>th</sub>.

## 3. Duurzame warmte

### 3.1 De technieken

De warmtevraag in huishoudens, industrie, dienstensector en landbouw kan op veel verschillende manieren worden ingevuld. In deze studie is een selectie van drie vormen van warmtelevering gemaakt met biomassa als brandstof. De technieken verschillen in karakteristieke schaalgrootte, energieproducten en state-of-the-art.

#### 3.1.1 Pelletkachel

Voor kleinschalige ruimteverwarming kunnen pelletkachels worden gebruikt. De warmte die vrijkomt bij het verbranden van de houtpellets wordt in de vorm van warm water in een buffervat opgeslagen. Het warme water wordt, analoog aan een conventioneel CV-systeem, door de te verwarmen ruimte gepompt. Het voordeel van een buffervat is dat de warmtevraag wordt losgekoppeld van de warmteproductie. Op het moment dat de temperatuur van het water in het buffervat beneden een grenswaarde is gekomen wordt de pelletkachel automatisch opgestart en blijft net zolang branden totdat het water in het buffervat, weer op de vereiste temperatuur is. In een aantal landen (bijv. Zweden) is het gebruik van deze pelletkachels gemeengoed geworden. Het aanvoeren van de pellets gebeurt hier in tankwagens, die de pellets via een slang in de opslagruimte van de gebruiker spuit. Met een geautomatiseerd voedingssysteem worden de pellets vanuit de opslagruimte naar de pelletkachel getransporteerd. In Nederland zijn verschillende bedrijven actief als vertegenwoordiger voor Duitse, Deense en Oostenrijkse kachels.

Het rendement van een pelletkachel is 85% (85% van de calorische waarde van de brandstof komt beschikbaar voor ruimteverwarming. De benuttingsgraad van pelletkachels bedraagt typisch 22% (2000 draaiuren per jaar). Deze lage benuttingsgraad wordt veroorzaakt door het warmtevraagprofiel van huishoudens.

#### 3.1.2 Bio-WK

Er zijn verschillende technische uitvoeringen beschikbaar om biomassa als brandstof voor warmtekracht installaties te gebruiken. De meest gangbare techniek is biomassaverbranding met stoomcyclus (stoomturbine) voor de productie van elektriciteit. Het rendement is sterk afhankelijk van de schaal en bovendien gaat warmteproductie ten koste van elektriciteitsproductie. Voor deze studie is biomassavergassing, gevolgd door gasreiniging en benutting van het stookgas in een gasmotor-generatorset gekozen omdat het rendement nauwelijks afhankelijk is van de schaalgrootte en bovendien het rendement naar warmte en elektriciteit onafhankelijk van elkaar is. Verder zijn significante ontwikkelingen gaande die vergassingstechnologie naar verwachting het komende decennium tot een volwassen technologie maken.

Als vergassingstechnologie wordt een CFB (circularerend wervelbed) vergasser voorgesteld. Met dergelijke vergassers wordt kippenmest vergast (Tzum) en zijn ook andere brandstoffen op pilotschaal succesvol getest (ECN) en worden op commerciële schaal toegepast (Lurgi, TPS). Het stookgas uit deze commerciële vergassers wordt direct gestookt in (cement)ovens en dus niet in een gasmotor. Voor de toepassing van het stookgas in een gasmotor is teerverwijdering noodzakelijk omdat het stookgas moet worden afgekoeld voordat het in de gasmotor kan worden verbrand. De kritische gasreinigingsstap is teerverwijdering.

Het rendement van de vergasser is 75%, het rendement van een gasmotor bedraagt 40%, dus het bruto elektrisch rendement is 30%. Het eigen elektriciteitsverbruik van de installatie is gesteld op 5% van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit. Dit betekent dat er na aftrek van het eigen verbruik een netto rendement is aangenomen van 25%. Het geproduceerde, maar nog niet gereinigde stookgas, heeft een te hoge temperatuur om ontdaan te worden van verontreinigingen als teer en ammoniak. Daartoe dient het stookgas eerst afgekoeld te worden tot een temperatuur van ongeveer 350-400°C. Bij deze temperatuur vindt nog geen teercondensatie en corrosie in de warmtewisselaar plaats. Convectieve gaskoeling is het meest gebruikelijk voor CFB toepassingen. De bij het koelen vrijkomende warmte wordt benut voor verwarmingsdoeleinden (stoomopwekking). De uitvoeringsvorm van de koeling is nog niet bekend. Op kleine schaal (enkele MW thermisch) is een zgn. double-pipe warmtewisselaar toe te passen, op grotere schaal is nog onbekend welk type warmtewisselaar het meest geschikt is. De functionele stappen in de gasreiniging voor laag zwavelhoudende brandstoffen, zoals schoon hout, zijn teerverwijdering door middel van de OLGA technologie en een conventionele ammoniakverwijdering.

Het grootste probleem bij vergassing van biomassa is de vorming van teercomponenten. Bij afkoeling van het stookgas condenseren deze teercomponenten en leiden tot verstoppingen. Om het teer uit het rookgas te verwijderen wordt de door ECN gepatenteerde OLGA technologie voorzien. Op labschaal heeft deze technologie aangetoond dat het mogelijk is aan de ingangseisen van de gasmotor te voldoen. OLGA bestaat (in de huidige configuratie) uit een tweetal scrubbers waarin het teer uit het gas wordt verwijderd. De door ECN in samenwerking met Dahlman ontwikkelde teerverwijderingsysteem [5] is op pilot-schaal met succes getest. Eind 2006 is een vergasser met een vermogen van 1 MW<sub>e</sub> uitgerust met OLGA teerverwijdering in Frankrijk opgestart.

Het teervrije gas wordt vervolgens, na condensatie van water in een condensor, in een waskolom gereinigd van ammoniak om emissie van NO<sub>x</sub> na verbranding in de gasmotor te verminderen. Ook hier wordt een scrubber gebruikt. De ammoniak wordt vervolgens uit het water gehaald met een “stripper” en de met ammoniak beladen lucht wordt naar de vergasser geleid om daar als vergassingslucht te dienen. Hierbij wordt een groot gedeelte van de aanwezige ammoniak weer omgezet in stikstof. Het is ook mogelijk om de ammoniakverwijdering weg te laten voor schone brandstoffen (met een laag chloorgehalte waardoor natte wassing en daarmee verwijdering van chloor niet noodzakelijk is), hierdoor zal meer NO<sub>x</sub> in de gasmotor ontstaan en de behoefte aan een De-NO<sub>x</sub> installatie na de gasmotor.

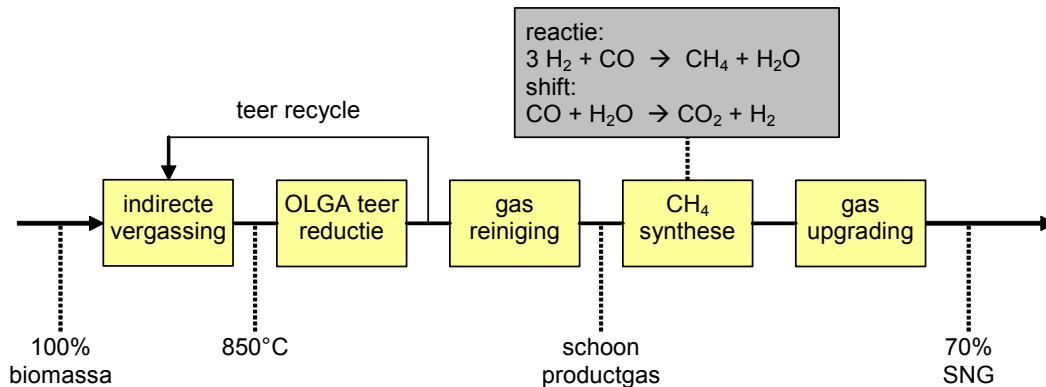
Gezien het tijdstraject van deze studie kan worden aangenomen dat bio-WK via vergassing zich in de komende periode voldoende zal ontwikkelen om als bewezen techniek aangemerkt te worden. De schaalgrootte van bio-WK heeft als ondergrens ca. 20 MW<sub>th</sub> om economische redenen (economy-of-scale) en in principe geen vastomlijnde bovengrens. Het aantal draaiuren is gesteld op 6000 per jaar (70% benuttingsgraad). In een monitoring studie (Biomass CHP in practice) [6] van meer dan 60 bio-wk installaties in Europa is gebleken dat de beschikbaarheid van de installaties gemiddeld 70-80% is. Omdat is uitgegaan van plaatsing van WK-units op locaties met een min of meer continue warmtevraag is het aantal draaiuren een realistische keuze. De schaalgrootte van de WK-unit wordt gekozen op basis van deze warmtevraag. Als karakteristieke schaalgrootte is een capaciteit van 50 MW<sub>th</sub> aangenomen.

### 3.1.3 SNG

In een aantal studies is bepaald dat het optimale systeem voor de productie van SNG bestaat uit een indirecte vergasser die werkt op druk (7 tot 20 bar) en 850°C. Hiermee wordt een stikstofarm productgas geproduceerd met een hoge initiële concentratie CH<sub>4</sub>. Teercomponenten in het productgas worden verwijderd met het OLGA proces (teren worden teruggevoerd naar de vergasser) [5]. Zwavel, chloor, ammoniak en andere verontreinigingen worden in een gasreinigingsstap verwijderd analoog aan het systeem voor Bio-WK. Het CO en H<sub>2</sub> in het “schone” productgas wordt in een katalytische methaniseringsreactor in methaan omgezet.



Vervolgens worden CO<sub>2</sub> en water verwijderd en het gas gecompriemd tot de benodigde druk voor injectie in het aardgasnetwerk.



Het energetische rendement van het SNG proces bedraagt circa 70%, d.w.z. dat 70% van de energie-inhoud van de biomassa in SNG wordt omgezet. Het proces levert ook nog warmte die kan worden omgezet in elektriciteit (rendement: 5-8%). Gemiddeld is voor de productie van 1 m<sup>3</sup> SNG 2,5 kg biomassa nodig.

De technologie voor het produceren van SNG uit biomassa is in ontwikkeling. Voor met name de downstream onderdelen kan worden geprofiteerd van bestaande technologie voor de productie van SNG uit kolen. In de VS wordt met groot succes reeds enkele decennia SNG geproduceerd uit bruinkolen op een schaal van circa 3 GW [7]. Het ontwikkelingstraject met biomassa als brandstof is ingezet en leidt naar verwachting over 10 jaar tot grootschalige (500-1000+ MW<sub>th</sub>) commerciële implementatie, dus binnen het tijdsplan van deze studie. Als karakteristieke schaalgrootte is 1000 MW<sub>th</sub> aangehouden.

### 3.2 Logistiek en biomassaprijs

De drie geselecteerde technieken maken gebruik van biomassa als brandstof. De vorm van de biomassa en de logistiek van de aanvoer van de brandstof naar de eindgebruiker verschillen tussen de drie toepassingen. Pelletkachels kunnen alleen houtpellets verstoffen. Voor beide andere technieken, bio-WK en SNG productie is het ook mogelijk om houtchips toe te passen. Voor de basiskosten van lokale biomassa wordt 4 €/GJ aangenomen. Dit is de prijs nabij de bron [8]. Voor de drie toepassingen is uitgegaan van geïmporteerde biomassa. In het land van herkomst wordt de biomassa gechipped, gedroogd en eventueel gepelletiseerd op verzamelpunten. Daarna vindt transport plaats over zee naar een Nederlandse haven, waar zich grootschalige opslagfaciliteiten voor chips en pellets bevinden. Vanaf deze opslag faciliteit wordt de biomassa verder getransporteerd. In het geval van SNG productie is de installatie in de haven zelf gelokaliseerd, direct naast de opslagfaciliteit [9].

#### 3.2.1 Pellets ten behoeve van pelletkachels

Pellets worden per schip in bulkhoeveelheden aangevoerd uit Scandinavië, de Baltische staten en/of Rusland. In de haven zijn grote opslagfaciliteiten. Vanuit de haven worden de pellets getransporteerd naar een regionale tussenopslag. Hier vanuit vindt het transport per vrachtauto plaats naar de eindgebruiker. Omdat het een fijnmazig systeem is zijn de uiteindelijke prijzen relatief hoog. In deze studie is gerekend met 9 €/GJ voor de prijs van biomassa op de plaats van de pelletkachel.

### 3.2.2 Pellets of houtchips ten behoeve van Bio-WK

De gedroogde houtchips of pellets worden geïmporteerd en opgeslagen in de haven. Vanuit de haven vindt transport plaats naar de opslagfaciliteiten van de bio-WK installatie. De hogere productiekosten van pellets worden gecompenseerd door de lagere transportkosten ten opzichte van chips. Dit leidt tot vergelijkbare prijzen van pellets en chips nl. 7,5 €/GJ [8]. Voor de verdere beschouwing is uitgegaan van houtpellets.

### 3.2.3 Pellets of houtchips ten behoeve van SNG productie

De SNG installatie is in de haven geplaatst in de nabijheid van de opslag locatie. Hierdoor is geen verder transport van de pellets met vrachtauto's nodig. De prijs van de pellets bedraagt 7,2 €/GJ [9].

## 3.3 Aannamen economie

Voor het vaststellen van de kosten van de verschillende vormen van groen gas/groene warmte die met de beschreven technieken geproduceerd worden is gebruik gemaakt van een aantal economische kentallen. Een deel hiervan is in bovenstaande tabel beschreven.

Een belangrijke parameter zijn de energieprijzen in 2020 en 2040. Deze bepalen in belangrijke mate de rendabiliteit van de groene alternatieven.

In het GE scenario zijn de volgende ontwikkelingen voor de gas- en elektriciteitsprijzen genoemd:

	Eenheid	2002	2020	2040
Gasprijs particulieren	€/GJ	13,2	14,8	16,4
Gasprijs grootverbruikers	€/GJ	5,0	5,7	6,0
Electriciteitsprijs particulieren	€/kWh	15	18	18
Electriciteitsprijs grootverbruikers	€/kWh	4	6	6

De technische levensduur van de drie technieken is op 10 jaar gesteld. De gewenste IRR is in alle gevallen 12%. De investeringskosten zijn afkomstig uit verschillende studies. Een pelletkachel met een typische grootte van 30 kW<sub>th</sub> kost 15 k€ [10,11]. Hierbij is aangenomen dat de pelletkachel volautomatisch bedreven wordt vanuit een pelletopslag. Verder is een waterbuffervat onderdeel van de installatie. Voor een Bio-WK met een typische capaciteit van 50 MW<sub>th</sub> wordt een totale investering van 25 M€ aangenomen. Dit is gebaseerd op de kosten van de 8 MW<sub>th</sub> WK in Güssing in Oostenrijk die na extrapolatie naar 50 MW<sub>th</sub> met schaalfactor 0.7 zou uitkomen op 35 M€ [12]. Vanwege ontwikkelingen en verbeteringen is 25 M€ aangenomen als geïnstalleerde kosten voor een toekomstig systeem. De investering van een SNG-plant van 1 GW<sub>th</sub> is 400 M€. Dit is gebaseerd op de kosten van een GtL-plant van aardgas naar Fisher-Tropsch-producten [13] waarbij de diverse verschillen zijn verrekend zoals het ontbreken van een zuurstoffabriek, de duurdere vergasser, de veel duurdere gasreiniging en de eenvoudigere productopwerking.

De bijbehorende O&M kosten bedragen 9% van de investeringskosten en zijn afgeleid van de methodiek voor de berekening van de onrendabele top ten behoeve van het vaststellen van de hoogte van de MEP subsidie [14]. Deze O&M kosten zijn afhankelijk van de schaalgrootte van een installatie. In het geval van de pelletkachel zijn de kosten voor de dagelijkse activiteiten (personele kosten) niet meegerekend, waardoor de O&M kosten lager uitvallen (3% van de investeringskosten). Aangezien de pelletkachel verregaand geautomatiseerd is (opstarten, brandstoftoevoer) zijn de dagelijkse handelingen beperkt tot het controleren van de werking en

zo nu en dan legen van het asvat. Deze handelingen worden door de gebruiker zelf uitgevoerd. Wel worden kosten gemaakt voor het jaarlijkse onderhoud van de installatie door de leverancier en voor het vegen van de schoorsteen. Deze kosten zijn gebaseerd op de onderhoudskosten van CV-ketels op aardgas en de kosten van het vegen van het rookgaskanaal van houtkachels en open haarden.

De aardgasprijs voor grootverbruikers is op 6 €/GJ gezet. Er is een onderscheid tussen de prijzen voor particulieren en de prijzen voor (industriële) grootverbruikers. Op dit moment is de prijs voor particulieren ongeveer 14 €/GJ.

Voor het berekenen van de vermeden CO<sub>2</sub> emissie is onderscheid gemaakt tussen de verschillende energieproducten.

1 groene kWh	=	562 gram CO <sub>2</sub> (496 in 2020, 764 in 2040)
1 GJ groene warmte	=	56,1 kg CO <sub>2</sub>
1 m <sup>3</sup> a.e. groen gas	=	1,78 kg CO <sub>2</sub>

De besparing van de CO<sub>2</sub> emissie per duurzaam opgewekte kWh is gebaseerd op de huidige brandstofmix die in Nederland voor de opwekking van elektriciteit wordt gebruikt. Bij een hoger aandeel van duurzaam opgewekte elektriciteit daalt de vermeden CO<sub>2</sub> emissie per opgewekte kWh (er wordt per kWh minder fossiele CO<sub>2</sub> vermeden!). In de berekeningen is met een vergroening in de brandstofmix geen rekening gehouden (in het GE scenario is het aandeel duurzaam gering). Omdat in de huidige brandstofmix voor elektriciteitsproductie een aanzienlijk deel steenkool wordt gebruikt is de vermeden hoeveelheid CO<sub>2</sub> per energie-eenheid relatief hoog ten opzichte van de vervanging van warmte (waar alleen de inzet van fossiel aardgas wordt uitgespaard). Uit oogpunt van CO<sub>2</sub> emissie reductie is het produceren van groene elektriciteit dus effectiever dan de productie van groene warmte.

De inkomsten uit de verkoop van de opgewekte elektriciteit (37 € per MWh) wordt in mindering gebracht op de jaarlijkse uitgaven voor het produceren van de groene warmte. Dit levert uiteindelijk een productieprijs per GJ groene warmte op.

### 3.4 Samenvatting karakteristieken

Onderstaande Tabel toont de karakteristieke eigenschappen van de drie in dit rapport beschreven technieken voor de productie van warmte uit biomassa.

Tabel 3.1 *Karakteristieke eigenschappen van de beschreven technieken*

	Eenheid	Pelletkachel	Bio-WK	SNG
Minimale/maximale capaciteit	MW <sub>th</sub>	0,015 - 1	20 - 100	100 – 1000+
Capaciteit (deze studie)	MW <sub>th</sub>	0,030	50	1000
Energieproduct	-	warmte	warmte, elektriciteit	groen gas, elektriciteit
Totaal rendement	%	85	85	75
Rendement naar E	%	-	25	5
Rendement naar W	%	85	60 <sup>a</sup>	-
Rendement naar gas	%	-	-	70
Investeringskosten	M€	0,015	25	400
Type biomassa	-	houtpellets	houtpellets	houtpellets
Verbr. waarde brandstof (LHV)	MJ/kg ar	17	17	17
Aantal draaiuren	uur/jaar	2000 (23%)	6000 (68%)	8000 (91%)
Benodigde biomassa	ton/jaar	13	63.500	1.700.000
Biomassa prijs (aan de poort)	€/GJ	9,0	7,5	7,2
Biomassa prijs (aan de poort)	€/ton	153	127	122
Brandstofkosten	€/jaar	1950	8.100.000	207.000.000
Energieproducten				
	elektriciteit kWh/jaar	-	75.000.000	400.000.000
	warmte GJ/jaar	184	650.000	-
	gas m <sup>3</sup> a.e./jaar	-	-	636.000.000

a: hiervan gaat gemiddeld 15% verloren als gevolg van verliezen tijdens de warmtedistributie

### 3.5 Resultaten economische berekening

De resultaten van de economische berekeningen geven een kostprijs in €/GJ opgewekte groene warmte per techniek. Tevens is uitgerekend wat de kosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> zijn. Bij het berekenen van de prijs per vermeden ton CO<sub>2</sub> wordt het totaal van de vermeden CO<sub>2</sub> dus door het produceren van groene warmte, groen gas en groene elektriciteit meegenomen.

Tabel 3.2 *Resultaten economische berekeningen van de drie opties voor de productie van warmte uit biomassa*

		jaar	pelletkachel	bio-WK		SNG
				productie	met 15% warmteverlies	productie
investeringskosten	M€		0,015	25	25	400
kapitaalslasten	M€/jaar		0,00265	4,4	4,4	70,8
O&M kosten	M€/jaar		0,00045	2,3	2,3	36,0
brandstofkosten	M€/jaar		0,00194	8,1	8,1	207,4
draaiuren	uur/jaar		2000	6000	6000	8000
vermeden CO <sub>2</sub>	ton/jaar		10,3	78.500	73.000	1.350.000
productiekosten	€/GJ	2002	27,5	18,2	21,4	-
warmte		2020	27,5	15,9	18,7	-
		2040	27,5	15,9	18,7	-
productiekosten SNG	€/GJ	2002	-	-	-	14,8
		2020	-	-	-	14,4
		2040	-	-	-	14,4
kosten vermeden CO <sub>2</sub>	€/ton CO <sub>2</sub>	2002	255	109	123	146
		2020	226	89	105	126
		2040	198	68	79	112

Deze berekeningen laten zien dat de meest kosteffectieve manier voor de productie van groene warmte/groen gas SNG productie is. De duurste optie is het produceren van warmte met een pelletkachel. Dit wordt veroorzaakt door met name het lage aantal draaiuren en de relatief hoge investeringskosten in het geval van ruimteverwarming met een pelletkachel. Vanwege het relatief hoge aandeel elektriciteit met de bijbehorende hoge hoeveelheid vermeden CO<sub>2</sub> emissie door het vervangen van steenkool bij de elektriciteitsproductie, scoort bio-WK op het gebied van de kosten van CO<sub>2</sub> emissie reductie beter dan SNG. In deze vergelijking wordt een energie eindproduct (warmte en elektriciteit) vergeleken met een energiedrager (groen gas).

Bij bio-WK bedrijf waarbij de warmte via een warmtenet wordt getransporteerd treedt gemiddeld nog eens 15% warmteverlies op. Hierdoor stijgen de kosten per GJ geleverde warmte en per ton vermeden CO<sub>2</sub>, zie Tabel 3.2

Door de stijgende gas- en elektriciteitsprijzen neemt de kosteneffectiviteit in de tijd toe. De belangrijkste variabelen zijn de brandstofkosten en de kosten voor elektriciteit en gas.

De biomassa prijs heeft een aanzienlijke invloed op de uiteindelijke productiekosten van SNG en de andere energieproducten. Indien een biomassaprijs van 4 €/GJ wordt aangehouden (i.p.v. 7,2 €/GJ) dalen de productiekosten naar minder dan 10 €/GJ (zie ook [15]). Om de productiekosten te verlagen naar 6 €/GJ (grootverbruikerstarief), zonder rekening te houden met een financiële opbrengst van de CO<sub>2</sub> emissie reductie, is een biomassaprijs aan de poort van ca. 1,5 €/GJ noodzakelijk.

Bij de gehanteerde brandstofprijs van € 7,2/GJ is een financiële waardering voor de reductie in CO<sub>2</sub> emissie van 65 €/ton CO<sub>2</sub> nodig om uit te komen op een productieprijs voor SNG van 10 €/GJ.

## 3.6 Potentieel

### 3.6.1 Pelletkachel

Het potentieel van pelletkachels in Nederland kan worden gerelateerd aan de voorspellingen van de marktomvang van houtkachels. In het statusdocument Bio-energie 2005 van SenterNovem [16] is sprake van 7 PJ in 2010 voor houtkachels bij particulieren en bedrijven, terwijl bij het uitblijven van financiële ondersteuning van groene warmte een lichte daling na 2010 wordt voorzien (5-6 PJ). Ook de invoering van strengere emissie-eisen vanaf 2007 kan tot gevolg hebben dat de bijdrage van houtkachels stagneert of daalt.

Maximaal zou naar schatting 30% van de warmtevraag van huishoudens en HDO (handel, diensten, overheid) kunnen worden ingevuld (ca. 100-150 PJ). Dit is een zeer grove schatting waarin is verrekend dat een groot aantal afnemers de ruimte niet hebben voor de opslag van de biomassa.

In het kader van deze studie is door IVAM de acceptatie van groene warmte onderzocht (Bijlage A). Uit dit deel van het onderzoek volgt dat de acceptatie van pelletkachels kleiner is in vergelijking met groen gas of zonneboilers. De reden hiervoor is dat voor het bedrijven van een pelletkachel opslagfaciliteiten voor de brandstof nodig zijn en de gebruiker zelf de as moet verwijderen.

### 3.6.2 Bio-WK

Het uitgangspunt is de huidige WK-markt in Nederland. In Nederland is het totale brandstofverbruik in de WK-markt 546 PJ primaire brandstof (69% aardgas, 16% steenkool, 3%

aardolie en 12% andere brandstoffen/bronnen zoals stortgas, AVI's, hoogovengas) waarmee 178 PJ<sub>e</sub> elektriciteit en 213 PJ<sub>th</sub> warmte wordt geproduceerd [2]. Van de bestaande installaties is een deel geschikt om omgebouwd te worden naar biomassa. Voor een eerste benadering wordt het volgende aangenomen:

- De schaal dient minimaal 1 MW<sub>e</sub> te zijn om bioWK economisch en praktisch aantrekkelijk te maken. Hierdoor valt 39 PJ/jaar van de WK-markt af als kandidaat voor de omschakeling naar biomassa. Dit betreft nagenoeg uitsluitend gasmotoren, waarbij circa 75% van de primaire brandstof (aardgas) wordt verbruikt in installaties kleiner dan 1 MW<sub>e</sub> [17].
- De overige brandstoffen (stortgas, restgassen, raffinaderijgas, AVI's etc) worden niet vervangen door biomassa omdat deze brandstoffen hoe dan ook beschikbaar zijn vanwege een andere (niet energiegerelateerde) bedrijfsactiviteit. Dat geldt ook voor olie als brandstof wat met name als bijproduct in raffinaderijen wordt verbrand. Hiermee valt totaal 82 PJ van de WK-markt af.
- WK-installaties op kolen worden niet meegenomen in de beschouwing omdat de betreffende Nederlandse installaties elektriciteit als hoofdproduct maken en warmte nauwelijks een rol speelt. In de als WK tellende kolengestookte installaties is het rendement van kolen naar warmte slechts 5% ofwel 4 PJ<sub>th</sub>/jaar. De kolengestookte WK in Nederland is derhalve nauwelijks een relevante categorie. Hiermee valt 88 PJ van de WK-markt af.

De WK-markt die overblijft betreft alleen nog aardgasgestookte installaties. Dit segment komt in principe in aanmerking voor de overschakeling naar biomassa. Het betreft een markt ter grootte van 336 PJ<sub>prim</sub> aardgasverbruik en de productie van 110 PJ<sub>e</sub> elektriciteit (33%) en 145 PJ<sub>th</sub> warmte (43%). De gemiddelde grootte van een installatie in deze categorie is 200 MW<sub>prim</sub> (aardgas).

De 336 PJ/jaar WK-markt betreft met name locaties waar warmte/stoom-productie van primair belang is. De betrouwbaarheid van de warmtelevering is hierbij essentieel. Overschakelen naar biomassa zal daarom uitsluitend worden overwogen als biomassa-energie volwassen is. Aardgas als back-up is een optie op kortere termijn, waarbij de extra kosten wellicht uit de voorsnog hoge subsidies voor biomassa-elektriciteit kunnen worden betaald. Verder geldt dat de overschakeling van aardgas naar biomassa problemen kan opleveren met vergunningen (emissies, transport, veiligheid, geur, lawaai, ...).

Onderscheid wordt gemaakt tussen de termijn tot 2020 en de periode ruimer. Voor de eerste periode moet worden aangenomen dat de meeste bestaande installaties niet zijn afgeschreven en dus niet worden vervangen. Biomassa als brandstof kan in deze gevallen slechts worden bijgestookt met het aardgas. Hiervoor is een bijstookpercentage van 5% tot 15% mogelijk, afhankelijk van de gekozen vergassingstechnologie [18]. Vanwege betrouwbaarheidseisen en praktische problemen met vergunningen en ruimte (zie boven) wordt verder aangenomen dat slechts 25% van de markt voldoet en dus biomassa hooguit 15 PJ/jaar aan aardgas kan vervangen in WK-installaties.

Voor de lange termijn (na 2020) wordt aangenomen dat de huidige WK-installaties vervangen worden en dus volledig door biomassa-WK kunnen worden vervangen. Er geldt dan dat 25% van de eerder vastgestelde markt van 336 PJ kan voldoen aan de extra eisen die biomassa stelt en er dus een markt van 85 PJ vermeden fossiele brandstoffen bestaat.

Een andere optie waarbij bio-WK een rol kan spelen is die waarbij momenteel alleen warmte wordt geproduceerd. Mogelijk dat de gelijktijdige productie van elektriciteit hierbij wel mogelijk is, maar om diverse redenen niet is gerealiseerd. Momenteel wordt in Nederland totaal circa 1120 PJ warmte gemaakt, dat is inclusief de 213 PJ warmte die wordt geproduceerd in WK-installaties. Er wordt dus ruim 900 PJ warmte gemaakt door directe verbranding van primaire brandstoffen. Dit wordt voor ruim 76% geproduceerd uit aardgas, 5% uit kolen, 6% uit olie(producten) en 13% uit overige brandstoffen zoals met name restgassen en raffinaderijgassen. Analooq aan de argumenten hierboven, kan worden gesteld dat de huidige olie- en restgassen-

markt niet in aanmerking komt voor overschakeling naar biomassa. Over blijft ruim 80% van de markt, ofwel circa 730 PJ warmte of circa 860 PJ primaire energie.

Aangenomen wordt vervolgens dat de huishoudelijke markt (340 PJ primaire energie) te klein is voor bio-WK installaties. Ook wordt aangenomen dat de helft van de kantoren (diensten en overheid) te klein is, hiermee valt een aandeel van 170 PJ primaire energie af. Overblijft een markt ter grootte van  $860-340-170=350$  PJ primaire energie die verondersteld wordt geschikt te zijn qua schaal voor de plaatsing van een bioWK. Met eerder genoemde 25% die tevens de juiste logistieke etc. randvoorwaarden heeft, wordt de markt waar momenteel warmte wordt geproduceerd, maar waar een bioWK zou kunnen worden gerealiseerd, gelijk aan 90 PJ vermeden fossiele brandstoffen. Extra argument in deze markt is het warmte-vraagpatroon. Bij een aantal warmtevragers is het van groot belang dat de warmteproductie snel kan worden geregeld om de warmtevraag te volgen. Vanwege beperkingen van biomassagestookte systemen op dit punt (of het compromis dat biomassa alleen het basislast-gedeelte voor zijn rekening neemt), betekent dit een reductie van het potentieel. De reductie stellen we op 50% en er blijft dus een markt van 45 PJ vermeden fossiele brandstof over.

### 3.6.3 SNG productie

In principe kunnen alle aardgastoeepassingen worden ingevuld door SNG. Het huidige aardgasverbruik is ca. 1500 PJ per jaar, waarvan ongeveer 80% voor de productie van warmte wordt gebruikt. Het Platform Nieuw Gas heeft als ambitie om 20% van de gasconsumptie in 2030 en 50% van de gasconsumptie in 2050 door middel van groen gas te verduurzamen [19], dit komt overeen met respectievelijk circa 300 PJ en 800 PJ. Vertaald naar het gasverbruik zoals in het GE scenario is voorzien is de gewenste inzet van groen gas 150-200 PJ in 2020 en 500-600 PJ in 2040.

Nog onvermeld is het potentieel dat wordt gevormd door de snel groeiende transportsector. Momenteel wordt hier ruim 500 PJ aan primaire brandstoffen gebruikt. Een deel hiervan zou kunnen worden overgenomen door SNG: rijden op synthetisch aardgas. De doelstellingen voor bio-brandstoffen in het vervoer zijn zeer ambitieus en variëren van 15% (~100 PJ/jaar) in 2020 en 25% (~200 PJ/jaar) in 2030 volgens EU Biofuels Research Advisory Council tot zelfs 60% (~450 PJ/jaar) in 2030 volgens het Platform Groene Grondstoffen. Voor deze studie wordt aangenomen dat de bijdrage van SNG gering is en beperkt blijft tot hooguit 10% van de biobrandstoffen. Dit komt overeen met circa 50 PJ in 2040.

Het potentieel van groen gas via vergisting en anaërobe waterzuivering is maximaal 60 PJ [15]. Bij de bepaling van de markt en het potentieel van SNG wordt uitgegaan van de optimistische aanname dat het potentieel van anaerobe vergisting volledig zal worden benut voor de productie van groen aardgas.

Concluderend is het potentieel voor SNG de som van het (voorspelde) aardgasverbruik en het (voorspelde) gebruik van transportbrandstoffen, ofwel circa 2000 PJ/jaar in Nederland. De voorziene marktombang voor SNG wordt afgeleid van de ambitie van het Platform Nieuw Gas (werkgroep Groen Gas) en bedraagt circa 200 PJ/jaar in 2020 en 550 PJ/jaar in 2040. Dit betreft SNG gemaakt via vergassing. In de praktijk zal de markt voor SNG in 2020 echter beperkt worden door technologische ontwikkelingen. Het lijkt mogelijk niet meer dan één full-scale SNG-plant van 1 GW gereed te hebben. Dit komt overeen met circa 20 PJ SNG.





## 4. Acceptatie groen gas

Biomassa zal een belangrijk onderdeel worden bij de verduurzaming van de energievoorziening. Een relevante toepassing van biomassa is de inzet voor de productie van warmte. Naast technologische, economische en milieurelevante overwegingen, is het essentieel dat warmte uit biomassa door eindgebruikers wordt geaccepteerd.

In dit deelrapport wordt verslag gedaan van een landelijk onderzoek onder Nederlanders naar de acceptatie van groen gas, een bio-WK in de wijk en pellet CV-ketels en -kachels. De resultaten worden gebruikt voor meerdere doeleinden, namelijk:

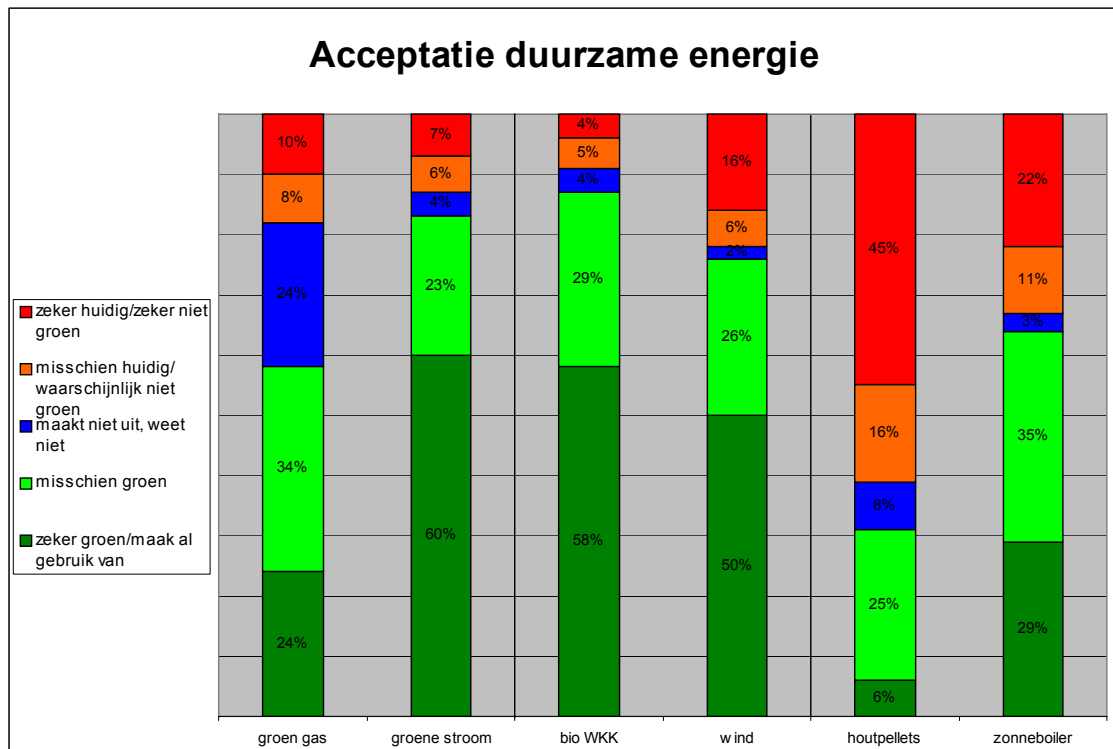
- Om de potentiële marktomvang van de opties vast te stellen;
- Om de kosten te bepalen van de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot;
- Om milieueffecten vast te stellen.

Dit gebeurt in de vorm van prognoses op landelijke schaal waarbij onderscheid wordt gemaakt naar middellange (2020) en lange (2040) termijn.

De acceptatie van warmte uit biomassa is gemeten door een enquête uit te zetten onder Nederlandse huishoudens. Per provincie zijn 325 enquêtes uitgezet en nog 25 extra enquêtes onder agrariërs. In totaal zijn dus 4200 enquêtes verstuurd. De respons was 14%. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de acceptatie van warmte uit biomassa door Nederlanders. In het figuur worden de biomassa opties vergeleken met andere duurzame energie opties.

### 4.1 Groen gas

De acceptatie van groen gas is groot (zie Figuur 4.1). Als groen gas even duur is als aardgas geeft een meerderheid van de geënquêteerden de voorkeur aan groen gas. Verwacht wordt dat met groen gas hetzelfde marktaandeel gehaald kan worden als met groene stroom. Het aandeel mensen dat misschien of zeker voor groen gas kiest is namelijk gelijk aan het aandeel huidige groene stroom klanten. Deze enquête was voor het merendeel van de ondervraagden waarschijnlijk de eerste keer dat zij kennis maakten met groen gas. Wanneer het op de markt beschikbaar komt en hieraan meer bekendheid wordt gegeven, wordt verwacht dat het mogelijk is om een vergelijkbaar aandeel groen gas klanten te werven.



Figuur 4.1 *Acceptatie duurzame energie (bij gelijke prijs als huidige warmtevoorziening)*

Prijs speelt een belangrijke rol bij de consumenten in de afweging tussen aardgas en groen gas. Bij gelijke prijs geeft een meerderheid voorkeur aan groen gas. Wanneer groen gas 10% goedkoper is geeft maar liefst 88% misschien of zeker voorkeur aan groen gas. En als groen gas 10% duurder is geeft toch nog altijd 36% misschien of zeker voorkeur aan groen gas. Belangrijk is dan wel om het product als een groen gelabeld product op de markt te zetten, juist omdat duurzaamheid de meerwaarde is waarvoor potentiële klanten bereid zijn een meerprijs te betalen. Uiteraard kan de overheid de acceptatie van groen gas bevorderen door positieve prijs prikkels. De vraag is echter of dat gaat gebeuren, gezien het huidige subsidiebeleid voor huishoudelijke energiebesparing en toepassing van duurzame energie.

Groen gas kan ook bijgemengd worden zonder het apart te labelen als groen product. Deze enquête geeft geen aanwijzingen dat bijmengen op weerstand zal stuiten. Ter stimulering kan de overheid een verplicht bijmeng percentage vaststellen, zoals ook het geval is bij biobrandstoffen vanaf 2007.

## 4.2 Bio-WK

Dit onderzoek laat zien dat er draagvlak is voor plaatsing van een bio warmtekracht installatie (bio WKK) in de gemeente van de geënquêteerde. Er is ook draagvlak wanneer een bio WKK in de wijk van de geënquêteerden wordt geplaatst. De houding van mensen is positiever ten aanzien van bio WK dan windturbines in de eigen gemeente (zie figuur). Energie opwekken met behulp van wind heeft echter wel een beter imago onder huishoudens dan energie opwekken met biomassa. Meer mensen geven namelijk de voorkeur aan energie opwekken met wind dan met biomassa. Een mogelijke reden hiervoor is dat biomassa een minder bekende duurzame energiebron is voor huishoudens. Een andere mogelijke reden kan te maken hebben met twijfel over het duurzame karakter van biomassa.

### 4.3 Houtpellets

De acceptatie van warmte uit houtpellets is beduidend kleiner dan die van groen gas of een zonneboiler. In Figuur 4.1 is een vergelijking gemaakt met de acceptatie van warmte uit een zonneboiler. Te zien is dat een groter percentage zeker nee zegt tegen houtpellets in vergelijking met een zonneboiler. De lagere acceptatie van houtpellets is verklaarbaar. Voor houtpellets moet immers een opslagruimte worden gecreëerd. Bovendien moet wekelijks de aslade worden geleegd, moet eenmaal per twee maanden de installatie worden schoongemaakt en moet jaarlijks het rookgaskanaal worden gereinigd. Bij de aanvoer van groen gas of warmte uit een zonneboiler gelden deze nadelen niet.

Er is een grotere voorkeur voor een pellet CV ketel dan een pelletkachel. Waarschijnlijk omdat een systeem met pellet CV ketel het meest lijkt op de huidige situatie bij de huishoudens.

### 4.4 Informatiebehoefte

De grootste behoefte aan informatie bestaat onder de mensen die zeker voorkeur geven aan warmte uit biomassa. Deze mensen hebben blijkbaar behoefte aan meer informatie om hun keuze goed te kunnen verantwoorden en onderbouwen. Ook onder de mensen die twijfelen over warmte uit biomassa is behoefte aan informatie. Meer informatie helpt hen beter hun keuze te maken. Wellicht dat meer informatie bij deze groep mensen de acceptatie van warmte uit biomassa ook zal bevorderen.



## 5. Evaluatie en conclusies

### *State-of-the-art*

Het is technisch mogelijk om een belangrijk deel van de behoefte aan groene warmte met behulp van biomassa in te vullen. Warmte-kracht op basis van biomassa en pelletkachels zijn op dit moment al toegepaste technieken en kunnen worden beschouwd als bewezen technologieën. SNG productie uit biomassa is in ontwikkeling en zal naar verwachting binnen de tijdshorizon van deze studie gerealiseerd kunnen worden (2020/2040).

### *Toepassingsgebieden*

Het toepassingsgebied van de drie geselecteerde technieken is duidelijk verschillend. Pelletkachels worden toegepast voor ruimteverwarming van huishoudens en in (een deel van) de dienstensector. Indien een deel van de warmte vraag met pelletkachels wordt ingevuld ontstaat een uitgebreid netwerk van losstaande pelletkachels, die een fijnmazig logistiek systeem vereisen. Dit is de reden dat de brandstof voor pelletkachels relatief duur is. In de nieuwere pelletkachelsystemen wordt gebruik gemaakt van een buffertank met water. Het water wordt naar de gewenste temperatuur opgewarmd en vanuit deze buffer wordt het verwarmde water analoog aan een conventioneel CV systeem door de te verwarmen ruimte gepompt. Op deze manier wordt de warmtevraag losgekoppeld van de warmteproductie.

Bij de toepassing van WK-unit op biomassa zijn twee belangrijke toepassingsgebieden: industriële omgeving en stadsverwarming. Bij een industriële toepassing wordt de warmte in de vorm van warm water of stoom afgezet en is meestal sprake van een continue vraag naar warmte. Bij toepassing voor stadsverwarming is de warmtevraag seizoensafhankelijk en dient een warmtenet aangelegd te worden. Het aantal vollast uren is door de seizoensgebonden warmtevraag beperkt, wat de rentabiliteit negatief beïnvloedt.

SNG productie vindt plaats op grote schaal. Om de logistiek van de aanvoer van de brandstof zo efficiënt mogelijk te laten verlopen zijn de productie-units in zeehavens gelegen. Het geproduceerde gas kan via het bestaande aardgasnet worden getransporteerd naar de eindgebruikers. De toepassingsgebieden van dit groene aardgas zeer breed. Alle huidige aardgastoepassingen zijn ook met SNG mogelijk, inclusief de nieuwe ontwikkeling van het gebruik van aardgas als transportbrandstof. De productie van SNG is losgekoppeld van de warmtevraagprofielen, waardoor enerzijds een hoog aantal bedrijfsuren kan worden gerealiseerd en anderzijds wordt voorkomen dat ingewikkelde regelingen nodig zijn.

### *Economie*

SNG productie is de meest kosteffectieve manier om groene warmte te produceren vanwege de schaalgrootte, het hoge aantal draaiuren en de relatief goedkope brandstof. Warmteproductie met pelletkachels is de duurste optie. De laagste productiekosten voor een GJ warmte bedragen ruim 14 €/GJ in het geval van SNG productie. Dit is ongeveer de helft van de productiekosten van warmte met pelletkachels.

De rentabiliteit wordt bepaald door de kosten van de brandstof, de tarieven voor elektriciteit en gas en de “economische waarde” van CO<sub>2</sub> emissie reductie. In deze studie is uitgegaan van houtpellets, een relatief dure biomassa brandstof. Omdat grote hoeveelheden biomassa-brandstof nodig zijn moeten deze voor een deel uit het buitenland worden aangevoerd. De hoge productiekosten voor pellets worden deels gecompenseerd door lagere transportkosten voor pellets.

De kosten per ton vermeden CO<sub>2</sub> zijn het laagst voor bio-WK. Dit wordt veroorzaakt doordat een relatief hoog aandeel elektriciteit wordt geproduceerd. De CO<sub>2</sub> verdienste van een groene kWh is

hoog omdat in de huidige brandstofmix voor elektriciteitsproductie in Nederland een belangrijk aandeel wordt ingevuld door steenkool. Indien in de komende periode het aandeel steenkool in de elektriciteitsopwekking afneemt ten gunste van aardgas en duurzame bronnen neemt de CO<sub>2</sub> verdienste per kWh af.

#### *Potentieel*

Het potentieel van de drie opties is geschat op basis van de huidige situatie en het GE scenario van de WLO studie.

Het potentieel van SNG productie wordt bepaald door de toekomstige vraag naar gas. Alle aardgastoepassingen kunnen met SNG worden ingevuld. Ook in nieuwe toepassingen van aardgas, zoals die van transportbrandstof kan worden voorzien met SNG. Totaal is dit circa 2000 PJ/jaar. De ambitie zoals uitgesproken door het Platform Nieuw Gas kan vertaald worden naar 150-200 PJ/jaar in 2020 en 500-600 PJ/jaar in 2040. Dit is inclusief een maximale bijdrage van 60 PJ biogas geproduceerd via vergisting. SNG gemaakt via vergassing dient derhalve de rest in te vullen: circa 150 PJ/jaar in 2020 en circa 500 PJ/jaar in 2040. De eventuele bijdrage van SNG in de transportsector kan hierbij worden opgeteld. Dit wordt geschat op hooguit 10% van de biobrandstoffen, overeenkomend met circa 50 PJ in 2040. De totale marktomvang van SNG wordt derhalve circa 200 PJ/jaar in 2020 en circa 550 PJ/jaar in 2040. In de praktijk zal de markt voor SNG in 2020 echter beperkt worden door technologische ontwikkelingen. Het lijkt mogelijk niet meer dan één full-scale SNG-plant van 1 GW gereed te hebben. Dit komt overeen met circa 20 PJ SNG.

Het potentieel voor Bio-WK is 700 PJ/jaar, zijnde de som van het huidige WK-segment en het segment waar nu alleen warmte wordt geproduceerd. In beide gevallen worden o.a. beperkingen opgelegd wat betreft minimale grootte vanwege het feit dat bio-WK relatief duur zijn. Het marktaandeel van bio-WK in 2020 in het huidige WK-segment wordt geschat op 15 PJ/jaar. Dit is een bescheiden potentieel vanwege het beperkte bijstookpercentage van 5-15% en het beperkte aantal bestaande WK-installaties dat geschikt is (ruimte, vergunningen, minimale grootte, bedrijfszekerheid, warmtevraagprofielen ...) voor het bijstoken van biomassa. Voor 2040 wordt aangenomen dat het potentieel van bio-WK tevens bestaat uit vervanging van huidige WK-eenheden door 100% biomassa-gestookte eenheden. Met dezelfde criteria wat betreft grootte, ruimte, vergunningen etc. is dit 85 PJ/jaar. Wat betreft de vervanging van bestaande warmte-centrales door bio-WK installaties, wordt een bijdrage van 45 PJ/jaar geschat. Totaal levert dit een geschatte marktopvang voor bio-WK van 15+45= 60 PJ/jaar in 2020 en 85+45=130 PJ/jaar in 2040.

In het in deze studie gehanteerde GE scenario is na 2020 geen stimuleringsbeleid voor energiebesparing en duurzame energie. Dit betekent dat besparingsmaatregelen in bijv. woningbouw niet worden toegepast, terwijl deze wel voorhanden zijn. Indien wel energiebesparende maatregelen in de woningbouw worden toegepast en de warmtevraag steeds lager wordt, wordt de toepassing van WK-systemen steeds minder aantrekkelijk.

De marktomvang van pelletkachels wordt gevormd door de bestaande markt voor kleinschalige warmte-installaties ofwel aardgasgestookte installaties in huishoudens en kleine kantoren en andere gebouwen: 500 PJ/jaar. De marktomvang voor pelletkachels is een kleine fractie hiervan vanwege met name beperkingen wat betreft ruimte voor de opslag van de pellets en de relatief grote installatie met waterbuffer. Op dit moment is circa 7 PJ/jaar aan houtkachels in Nederland opgesteld. Door SenterNovem wordt voorspeld dat dit daalt naar 5-6 in 2010. Ook de invoering van strengere emissie-eisen vanaf 2007 kan tot gevolg hebben dat de bijdrage van houtkachels stagneert of daalt. De voorspelde marktomvang voor pelletkachels in 2020 en 2040 is derhalve gering en wordt gesteld op respectievelijk 6 en 5 PJ/jaar.

### Acceptatie

Als onderdeel van deze studie is een onderzoek uitgevoerd naar de publieke acceptatie van groene warmte. Belangrijkste uitkomsten zijn dat groen gas een hoge graad van acceptatie heeft, vergelijkbaar met groene elektriciteit. Ook de acceptatie van bio-WK op stads- en wijkniveau scoort redelijk goed. De acceptatie van warmteproductie met pelletkachels daarentegen is laag vooral vanwege de inspanning die de gebruiker moet uitvoeren en de benodigde opslagruimte voor de brandstof. Voor alle opties geldt dat de prijs ten opzichte van aardgas een belangrijke overweging vormt.

### Conclusies

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste conclusies van deze studie samengevat.

Tabel 5.1 *Samenvatting markt, kosten en acceptatie van de drie vormen van warmte uit biomassa*

	theoretisch potentieel PJ/jaar	geschatte marktomvang PJ/jaar	kosten €/GJ warmte	kosten €/ton CO <sub>2</sub>	acceptatie (Bijlage A)
SNG productie					hoog
2005	2000	0	14,8	146	
2020		20 <sup>a</sup>	14,4	126	
2040		550 <sup>b</sup>	14,4	112	
bio-WK					hoog
2005	700	3	21,4	123	
2020		60 <sup>c</sup>	18,7	105	
2040		130 <sup>d</sup>	18,7	79	
pelletkachel					laag
2005	500	7	27,5	255	
2020		6	27,5	226	
2040		5	27,5	198	

a beperkt vanwege beschikbaarheid technologie

b afgeleid van ambitie uitgesproken door Platform Nieuw Gas (Werkgroep Groen Gas) met toevoeging van 50 PJ/jaar voor transport en met aftrek van de maximale marktomvang van biogas verkregen via anaerobe vergisting

c een kwart hiervan betreft het bijstoken van biomassa in bestaande aardgas-gestookte WK-eenheden, driekwart betreft de plaatsing van bio-WK eenheden op plaatsen waar nu alleen warmte wordt geproduceerd

d toename t.o.v. 2020 wordt veroorzaakt door nieuwe bio-WK eenheden als vervanging van nu bestaande aardgas-gestookte WK-eenheden





## 6. Case study: Gemeente Groningen

### 6.1 Inleiding

De resultaten van deze studie worden in een “case study” toegepast: de gemeente Groningen. Het doel is om een beeld te schetsen van de toekomstige situatie in deze gemeente indien wordt gekozen voor een volledig invulling van de warmtevraag via biomassa. Voor de invulling van de warmtevraag kan gebruik gemaakt worden van de drie beschreven technieken.

De gemeente heeft informatie over de toekomstige bevolkingsopbouw en woningbestand, industrie en landbouw aangeleverd. Een gedetailleerd beeld van de huidige en toekomstige opbouw van de industriële sector, vooral wat betreft de huidige en toekomstige energievraag is echter niet voorhanden. De energievraag voor deze sectoren is daarom op basis van landelijke gegevens geschat. De landelijke energievraag per sector uit het GE scenario (Global Economy, zie Hoofdstuk 2) is genormeerd op het aantal inwoners. Vervolgens is de energievraag per sector berekend op basis van het aantal huidige en toekomstige inwoners van beide gemeenten.

Energiebesparing en duurzame energieopwekking in de bebouwde omgeving zal de vraag naar energie beperken en voor een deel in de energiebehoefte kunnen voorzien. In het gehanteerde GE scenario is door het ontbreken van energiebesparingsmaatregelen en stimulerende maatregelen voor duurzame energie na 2020 een trendbreuk in het toepassen van deze nieuwe ontwikkelingen ontstaan. Indien energiebesparende maatregelen wel worden doorgezet in de periode 2020 tot 2040 en de toename van het aandeel duurzame energie blijft stijgen heeft dat gevolgen voor de invulling van de dan resterende energiebehoefte. Om beide situaties (“met en zonder” duurzame energie) in beeld te brengen is de bijdrage van duurzame energie uit het SE scenario (Strong Europe, zie Hoofdstuk 2) gebruikt.

In de verschillende scenario's is de bijdrage van duurzame energie geschat. In het in dit rapport gehanteerde scenario (GE) is deze bijdrage beperkt (1% van de energievraag in 2040). In andere scenario's is deze bijdrage veel groter. In onderstaande tabel zijn de bijdragen van de verschillende vormen van duurzaam opgewekte elektriciteit in twee van de verschillende scenario's weergegeven (GE en SE). Bij het vaststellen van de invulling van de vraag naar duurzame warmte is uitgegaan van de bijdrage van de duurzame energie opties in het SE scenario.

Tabel 6.1 *Bijdrage opwekking duurzame elektriciteit aan de totale (landelijke) elektriciteitsvraag volgens de scenario's Global Economy GE and Strong Europe SE (in TWh).*

	2002	Global Economy (GE)		Strong Europe (SE)	
		2020	2040	2020	2040
Windenergie op land	0,9	6,4	0	4,2	4,4
Windenergie op zee	0	7,7	0	10,5	35,2
Mee/bijstook biomassa in centrales	1,1	11,7	0	4,6	9,7
Afvalverbrandingsinstallaties	0,9	1,4	1,4	1,4	1,4
Overig	0,5	2,3	1,1	2,3	2,6
PV	0	0,2	0,3	0,2	2,4
Waterkracht	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Aandeel duurzame elektriciteit	3%	19%	1%	17%	34%

Tabel 6.2 *Bijdrage vermeden inzet primaire energie door hernieuwbare bronnen (landelijk) volgens de scenario's Global Economy and Strong Europe (in PJ).*

	2002	Global Economy (GE)		Strong Europe (SE)	
		2020	2040	2002	2020
Waterkracht	0,9	1,2	1,1	1,1	1,1
Windenergie	8,0	113,3	0	111,6	299,8
Zon fotovoltaïsch (PV)	0,1	1,3	2,1	1,2	18,7
Zon thermisch	0,6	4,2	4,6	3,1	6,6
Warmtepompen	0,5	4,1	7,4	4,0	7,7
Warmte-koude opslag	0,6	2,1	3,9	2,0	3,9
Biomassa thermisch	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Biomassa overig	30,0	140,0	28,0	78,4	122,7
Biobrandstoffen	0	11,9	15,3	10,0	30,2
Vermeden primaire energie (PJ)	48	286	70	219	498
Aandeel duurzaam	2%	7%	1%	6%	14%

Een tweede ontwikkeling die niet in het GE scenario is opgenomen is een verregaande energiebesparing in de verschillende sectoren. De mogelijkheid om het energieverbruik in de huishoudelijke sector te verminderen is realistisch. Er is zelfs sprake van de ontwikkeling van energie-nul woningen in de komende decennia. Door sloop van oudere woningen en vervanging door deze energie zuinige woningen kan het energieverbruik in deze sector drastisch afnemen binnen de tijdshorizon van deze studie.

## 6.2 Gemeente Groningen

In onderstaande tabel zijn de energievragen per sector en per energievorm voor de gemeente Groningen samengevat. Het energieverbruik in de landbouwsector is in de verdere berekeningen voor 20% meegenomen vanwege het ontbreken van kasteelt in de gemeente Groningen.

Tabel 6.3 *Vertaling gegevens gemeente Groningen*

	eenheid	2040	opmerking
<i>Huishoudelijk sector</i>			
Aantal inwoners		200.000	
Aantal woningen		92.000	
E-verbruik per woning	kWh	5.300	= 2,1 PJ totaal
E-verbruik totaal	GWh	488	
Gasverbruik totaal	PJ	3,2	= 101 miljoen m <sup>3</sup> aardgas
<i>Industrie</i>			
E-verbruik	PJ	2,0	
Gasverbruik + warmtebehoefte	PJ	4,1 + 5,9	
<i>Landbouw</i>			
			20% aanname, zie tekst
E-verbruik	PJ	0,1	
Gasverbruik	PJ	0,3	
<i>Handel/Diensten/Overheid</i>			
E-verbruik	PJ	2,0	
Gasverbruik	PJ	1,2	
<i>Transport</i>			
Totaal (transportbrandstoffen)	PJ	8,7	= 275 miljoen m <sup>3</sup> a.e.

De warmtebehoefte in de industrie is opgeteld bij het aardgasverbruik in deze sector; het totaal is weergegeven in PJ aardgas. De energievraag in de gemeente Groningen in 2040 uitgaande van het GE scenario is:

Elektriciteit:	6,2 PJ
Gas:	14,7 PJ
Transportbrandstoffen:	8,7 PJ

Het gasverbruik in de huishoudelijke sector, de dienstensector en de landbouw is seizoensgebonden. In de zomer is geen warmtevraag, dus wordt er nauwelijks gas afgenomen. Het gasverbruik in de industrie is over het gehele jaar gelijkmatig verdeeld. Dit betekent dat 4,7 PJ van de 14,7 PJ van het gasverbruik seizoensafhankelijk is (ca. 30%). Verder is de verhouding elektriciteit/warmte 1:3. Bij WK inzet wordt elektriciteit en warmte geproduceerd in de verhouding 1:2 uitgaande van de karakteristieke schaalgrootte van bio-WK (50 MW<sub>th</sub>). Het huidige potentieel voor bio-WK in Nederland is geschat op 130 PJ (primair). Vertaald naar de situatie in Groningen is dit ca. 1,5 PJ.

*Invulling warmtevraag door biomassa (GE scenario):*

Met behulp van de drie beschreven technieken dient 14,7 PJ aan gas te worden geproduceerd. Bij de realisatie van een (karakteristieke) SNG productie eenheid van 1000 MW wordt 20 PJ aan SNG geproduceerd. Hiermee kan worden voldaan aan de volledige vraag naar gas. Er kan zelfs nog een deel van de transportbrandstoffen worden ingevuld door auto's en vrachtauto's op aardgas te laten rijden. Bij de realisatie van een SNG plant wordt ook elektriciteit geproduceerd t.w. 1,4 PJ.

Een tweede route voor het invullen van de behoefte aan groene elektriciteit en warmte is via de bouw van bio-WK units. Met deze units is het mogelijk om de seizoensgebonden warmtevraag deels te volgen. Voor de productie van 6,2 PJ aan elektriciteit via WK-units zijn in totaal 23 WK units nodig. Hiermee wordt 15 PJ aan warmte geproduceerd.

Circa 30% van de warmtevraag, vooral bij huishoudens en de dienstensector, is seizoensafhankelijk en heeft een dag-nachtritme. Deze variërende warmtevraag is goed in te vullen met SNG (analoog aan aardgasgestookte CV-ketels) en pelletkachels. Bio-WK units zijn minder geschikt om hieraan te voldoen.

De benodigde jaarlijkse hoeveelheid biomassa voor een SNG productie unit bedraagt 1.700.000 ton houtpellets; voor 23 bio-WK units is de benodigde hoeveelheid biomassa ongeveer 1.500.000 ton per jaar.

*Invulling warmtevraag door biomassa (GE scenario met duurzame energie volgens SE scenario):*

De landelijke bijdrage van duurzame energie volgens het SE scenario in 2040 is genormeerd naar het aantal inwoners. Een deel van de energievraag wordt via duurzame energie opties ingevuld, waardoor de energievraag die met groen gas moet worden ingevuld lager wordt. Voor de gemeente Groningen is de bijdrage van duurzame energie in 2040 volgens het SE scenario 2,3 PJ, waarvan ruim 0,5 PJ elektriciteit, 1,5 PJ gas/warmte en 0,3 PJ biobrandstoffen. Elektriciteit opgewekt door windmolens op zee en waterkracht is hierbij niet meegenomen. Met deze duurzame energie bronnen kan een deel van de energiebehoefte worden ingevuld. Circa 10% van de gas/warmte behoefte is gedekt. De realisatie van SNG productie en/of bio-WK blijft echter noodzakelijk om een volledig duurzame warmtevoorziening te realiseren.



## 7. Referenties

1. L. H. J. M. Janssen, V. R. Okker and J. Schuur: *Welvaart en Leefomgeving*, Centraal Planbureau (CPB), Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), en Ruimtelijk Planbureau (RPB), ISBN-10: 90-6960-149-4, 239 p. (2006).
2. [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl). (2007).
3. *Building Future, visie op de ontwikkelingen naar een energieneutrale gebouwde omgeving.*, TNO-bouw 2004-BBE-B-597/KNB, ECN-DEGO memo 2004-15 (2004).
4. I. J. Opstelten, E. J. Bakker, B. De Boer, H. F. Kaan, J. Paauw and W. A. Borsboom: *Building concepts for a mid-century energy-neutral society*. In: SET 2006, 5th International Conference on Sustainable Energy Technologies, Vicenza, Italy, 30 August-1 September 2006 (2006).
5. [www.olgatechnology.com](http://www.olgatechnology.com) (2007).
6. *Bio-CHP in practice; A performance study covering 63 European plants. Altener contract 4.1030/Z/02-150/2002* (2005).
7. M. Dittus and D. Johnson: *Dakota gasification company Great Plains Synfuels Plant, the hidden value of lignite coal*. In: Gasification Technology Conference, 7-10 October 2001, San Fransisco (2001).
8. R. W. R. Zwart, H. Boerrigter and A. van der Drift: *The Impact of Biomass Pretreatment on the Feasibility of Overseas Biomass Conversion to Fischer-Tropsch Products*. Energy Fuels **20** 2192-2197 (2006).
9. R. W. R. Zwart, H. Boerrigter and A. van der Drift: *The impact of biomass pre-treatment on the feasibility of overseas biomass conversion to Fischer-Tropsch products*. Energy Fuels **20** 2192-2197 (2006).
10. [www.hout-cv.nl](http://www.hout-cv.nl) (2007).
11. [www.senternovem.nl/duurzameenergie/DE-technieken/Bio-energie\\_in\\_woningen/Index.asp](http://www.senternovem.nl/duurzameenergie/DE-technieken/Bio-energie_in_woningen/Index.asp) (2007).
12. R. Koch, C. Aichernig and R. Rauch: *Das Güssing Projekt*. In: Thermo-chemische Biomasse-Vergasung für eine effiziente Strom-/Kraftstoffbereitstellung - Erkenntnisstand 2007, 27-28 February 2007, Leipzig, Germany (2007).
13. H. Boerrigter: *Economy of biomass-to-liquids (BtL) plants, an engineering assessment*, ECN, Petten, the Netherlands, ECN-report ECN-C-06-019 (2006).
14. H. J. de Vries, X. van Tilburg, A. E. Pfeiffer and H. Cleijne: *Inzet van biomassa in centrales voor de opwekking van elektriciteit, berekening van de onrendabele top.*, ECN-05-082, September 2005 (2005).
15. R. W. R. Zwart, H. Boerrigter, E. P. Deurwaarder, C. M. van der Meijden and S. V. B. van Paasen: *Production of Synthetic Natural Gas (SNG) from biomass; development and operation of an integrated bio-SNG system; non-confidential version*, ECN, Petten, The Netherlands, ECN-E-06-018, 62 p. (2006).
16. J. Daey Ouwens: *Statusdocument bioenergie 2005*, p. -9, SenterNovem, Utrecht (2005).
17. E. Van der pijl: *Update gasmotorenbestand CBS, Cogen Projects BV* (2004).
18. R. W. R. Zwart: *Technical, economic and environmental potential of co-firing biomass and waste in natural gas fired turbines and combined cycles*, ECN-RX-03-003 (2003).
19. J. Gigler, H. Boerrigter, M. van Burgel, P. Cnubben, R. Hoogma and J. Wempe: *Vol gas vooruit; De rol van groen gas in de Nederlandse energiehuishouding, startnotitie voor de werkgroep Groen Gas i.o. en het Platform Nieuw Gas*, concept-rapport 7 december 2006 (2006).



## Bijlage A Wat vinden Nederlanders van warmte uit biomassa?

# **Wat vinden Nederlanders van warmte uit biomassa?**

**Erica Derijcke  
Jan Uitzinger**

Amsterdam, februari 2006

IVAM  
research and consultancy on sustainability  
Roetersstraat 33 - 1018 WB Amsterdam - Postbus 18180 - 1001 ZB Amsterdam  
Tel. 020-525 5080, Fax 020-525 5850, internet: [www.ivam.uva.nl](http://www.ivam.uva.nl), e-mail: [office@ivam.uva.nl](mailto:office@ivam.uva.nl)



## Colofon

ISO Doc. nr.	06100
Titel	Willen Nederlanders warmte uit biomassa?
Auteurs	Erica Derijcke Jan Uitzinger
Interne review door	Robert Jan Saft

Deze rapportage is tot stand gekomen met financiering van SenterNovem uit de subsidieregeling BSE duurzame energie 2004, SenterNovem referentienummer 2020-04-11-14-002.  
Contactpersoon opdrachtgever: dhr. K.W. Kwant

Het onderzoek maakt deel uit van een studie naar het potentieel voor biomassa die door ECN, IVAM, Energy Valley en Ekoblok wordt uitgevoerd.

Voor meer informatie over deze rapportage kunt u contact opnemen met:  
Erica Derijcke

Gegevens uit deze rapportage mogen worden overgenomen mits onder uitdrukkelijke bronvermelding.

IVAM UvA b.v. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Samenvatting

Biomassa zal een belangrijk onderdeel worden bij de verduurzaming van de energievoorziening. Een relevante toepassing van biomassa is de inzet voor de productie van warmte. ECN, IVAM, Energy Valley en Ekoblok doen onderzoek naar de perspectieven hiervan. Drie methoden voor de productie van warmte uit biomassa worden bekeken:

- warmte via synthetisch aardgas gemaakt uit biomassa, ofwel ‘groen gas’
- lokale biomassagestookte warmte-kracht installaties, ofwel bioWKK<sup>1</sup>
- lokale warmteproductie op kleine schaal uit houtpellets met pellet CV ketels en pelletkachels

Naast technologische, economische en milieurelevante overwegingen, is het essentieel dat warmte uit biomassa door eindgebruikers wordt geaccepteerd.

In dit deelrapport wordt verslag gedaan van een landelijk onderzoek onder Nederlanders naar de acceptatie van groen gas, een bio WKK in de wijk en pellet CV ketels en -kachels. De resultaten worden gebruikt voor meerdere doeleinden, namelijk:

- Om de potentiële marktomvang van de opties vast te stellen;
- Om de kosten te bepalen van de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot;
- Om milieueffecten vast te stellen.

Dit gebeurt in de vorm van prognoses op landelijke schaal waarbij onderscheid wordt gemaakt naar middellange (2020) en lange (2040) termijn. Deze landelijke prognoses worden gebruikt in een case study in een regio in Zuid-Oost Drenthe om te bepalen welke rol groen gas, bioWKK en houtpellets op lokaal niveau kunnen spelen. In deze case study wordt de lokale vraag naar warmte en elektriciteit meegenomen en de mogelijkheid om warmte en elektriciteit anders te produceren, namelijk uit zonne- en windenergie.

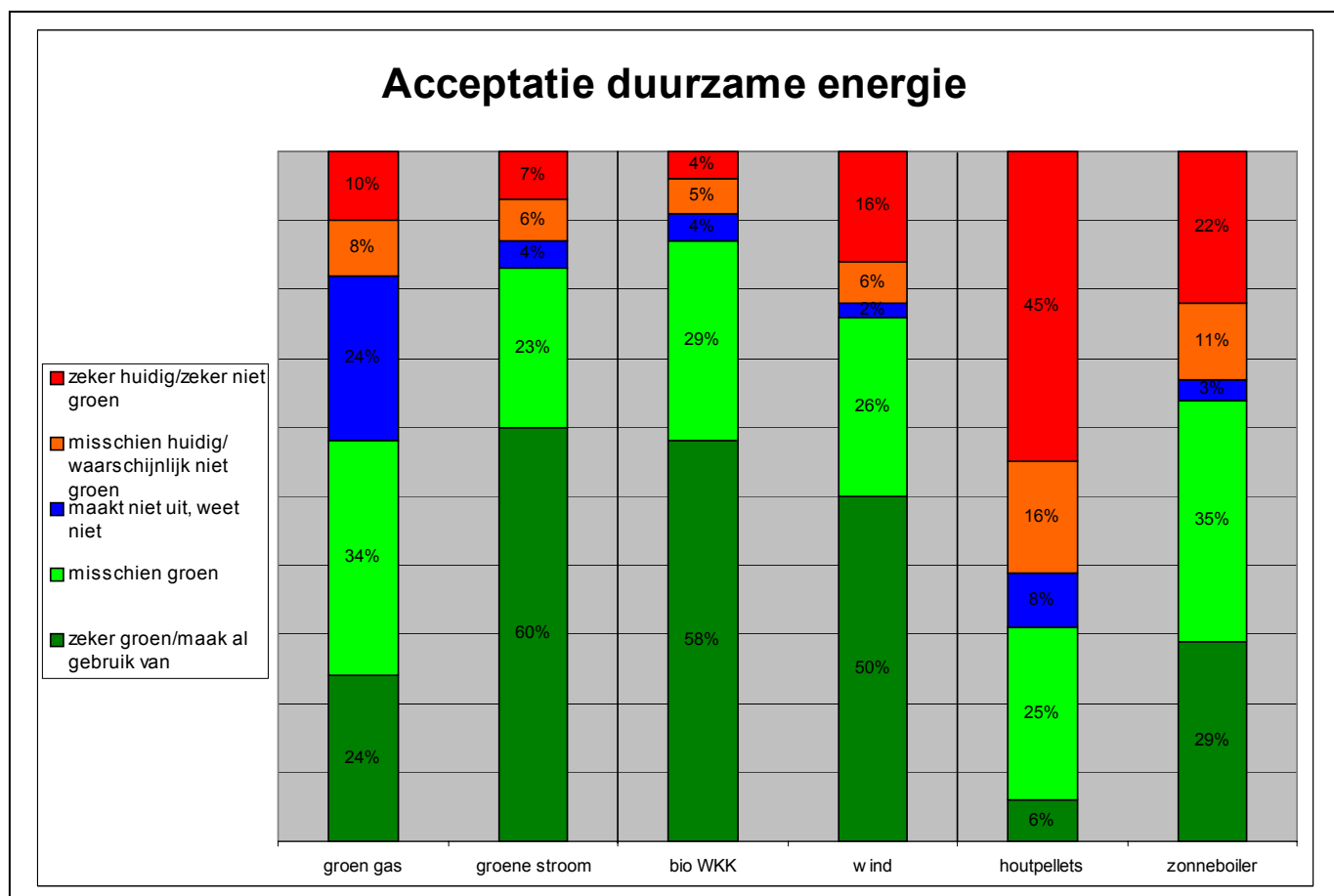
De acceptatie van warmte uit biomassa is gemeten door een enquête uit te zetten onder Nederlandse huishoudens. Per provincie zijn 325 enquêtes uitgezet en nog 25 extra enquêtes onder agrariërs. In totaal zijn dus 4200 enquêtes verstuurd. De respons was 14%. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de acceptatie van warmte uit biomassa door Nederlanders. In het figuur worden de biomassa opties vergeleken met andere duurzame energie opties.

## Groen gas

De acceptatie van groen gas is groot (zie figuur). Als groen gas even duur is als aardgas geeft een meerderheid van de geënquêteerden de voorkeur aan groen gas. Verwacht wordt dat met groen gas hetzelfde marktaandeel gehaald kan worden als met groene stroom. Het aandeel mensen dat misschien of zeker voor groen gas kiest is namelijk gelijk aan het aandeel huidige groene stroom klanten. Deze enquête was voor het merendeel van de ondervraagden waarschijnlijk de eerste keer dat zij kennis maakten met groen gas. Wanneer het op de markt beschikbaar komt en hieraan meer bekendheid wordt gegeven, wordt verwacht dat het mogelijk is om een vergelijkbaar aandeel groen gas klanten te werven.

---

<sup>1</sup> WKK staat voor Warmte Kracht Koppeling.



Figuur Acceptatie duurzame energie (bij gelijke prijs als huidige warmtevoorziening)

Prijs speelt een belangrijke rol bij de consumenten in de afweging tussen aardgas en groen gas. Bij gelijke prijs geeft een meerderheid voorkeur aan groen gas. Wanneer groen gas 10% goedkoper is geeft maar liefst 88% misschien of zeker voorkeur aan groen gas. En als groen gas 10% duurder is geeft toch nog altijd 36% misschien of zeker voorkeur aan groen gas. Belangrijk is dan wel om het product als een groen gelabeld product op de markt te zetten, juist omdat duurzaamheid de meerwaarde is waarvoor potentiële klanten bereid zijn een meerprijs te betalen. Uiteraard kan de overheid de acceptatie van groen gas bevorderen door positieve prijs prikkels. De vraag is echter of dat gaat gebeuren, gezien het huidige subsidiebeleid voor huishoudelijke energiebesparing en toepassing van duurzame energie.

Groen gas kan ook bijgemengd worden zonder het apart te labelen als groen product. Deze enquête geeft geen aanwijzingen dat bijmengen op weerstand zal stuiten. Ter stimulering kan de overheid een verplicht bijmeng percentage vaststellen, zoals ook het geval is bij biobrandstoffen vanaf 2007.

### Bio WKK

Dit onderzoek laat zien dat er draagvlak is voor plaatsing van een bio warmtekracht installatie (bio WKK) in de gemeente van de geënquêteerde. Er is ook draagvlak wanneer een bio WKK in de wijk van de geënquêteerden wordt geplaatst. De houding van mensen is positiever ten aanzien van bio WK dan windturbines in de eigen gemeente (zie figuur). Energie opwekken met behulp van wind heeft echter wel een beter imago onder huishoudens dan energie opwekken met biomassa. Meer mensen geven namelijk de voorkeur aan energie opwekken met wind dan met biomassa. Een mogelijke reden hiervoor is dat biomassa een minder bekende duurzame energiebron is voor huishoudens. Een andere mogelijke reden kan te maken hebben met twijfel over het duurzame karakter van biomassa.

## Houtpellets

De acceptatie van warmte uit houtpellets is beduidend kleiner dan die van groen gas of een zonneboiler. In het figuur is een vergelijking gemaakt met de acceptatie van warmte uit een zonneboiler. Te zien is dat een groter percentage zeker nee zegt tegen houtpellets in vergelijking met een zonneboiler. De lagere acceptatie van houtpellets is verklaarbaar. Voor houtpellets moet immers een opslagruimte worden gecreëerd. Bovendien moet wekelijks de aslade worden geleegd, moet eenmaal per twee maanden de installatie worden schoongemaakt en moet jaarlijks het rookgaskanaal worden gereinigd. Bij de aanvoer van groen gas of warmte uit een zonneboiler gelden deze nadelen niet.

Er is een grotere voorkeur voor een pellet CV ketel dan een pelletkachel. Waarschijnlijk omdat een systeem met pellet CV ketel het meest lijkt op de huidige situatie bij de huishoudens.

## Informatiebehoefte

De grootste behoefte aan informatie bestaat onder de mensen die zeker voorkeur geven aan warmte uit biomassa. Deze mensen hebben blijkbaar behoefte aan meer informatie om hun keuze goed te kunnen verantwoorden en onderbouwen. Ook onder de mensen die twijfelen over warmte uit biomassa is behoefte aan informatie. Meer informatie helpt hen beter hun keuze te maken. Wellicht dat meer informatie bij deze groep mensen de acceptatie van warmte uit biomassa ook zal bevorderen.

## Summary Acceptance of heat from biomass

Biomass will be important for a more sustainable energy supply. A relevant application is using biomass for the production of heat. ECN, IVAM, Energy Valley and Ekoblok study the prospects for heat from biomass. Three possible options for the production of heat from biomass are studied:

- heat from synthetic natural gas ("green natural gas"), produced from biomass
- local biomass cogeneration
- in-home small-scale heat production using a central-heating boiler or stove burning on wood pellets

Besides technological, economical and environmental considerations, it is essential that heat from biomass is accepted by consumers. This report shows the results of a Dutch survey on the acceptance of the three options.

For this survey 4200 questionnaires were sent, 325 per province to households and 25 to farmers. The response was 14%. The figure shows the acceptance of the biomass options compared to other renewable energy options.

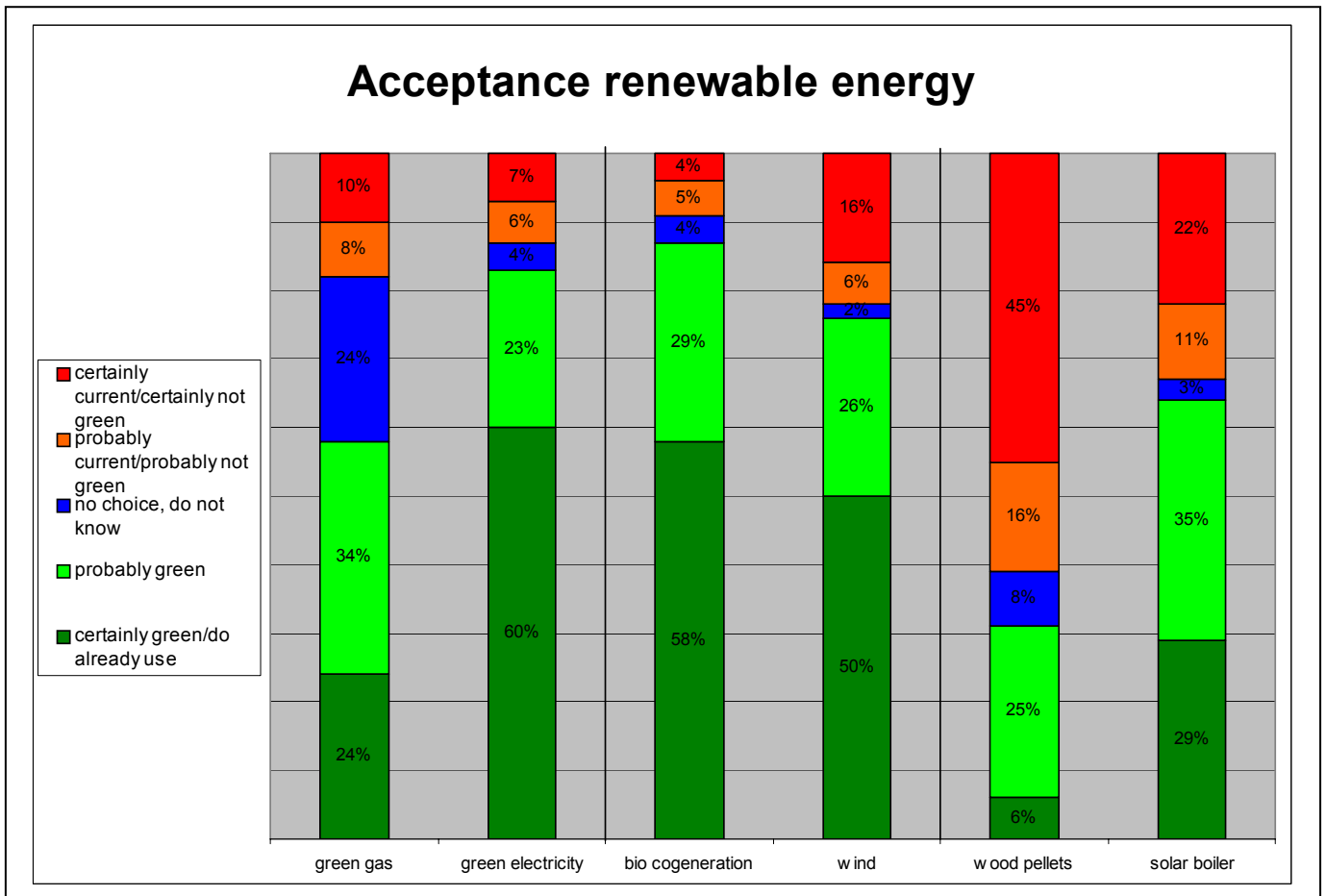


Figure Acceptance of renewable energy (at equal price as current heat provision)

## Green gas

Although this survey was probably the first time that most of the respondents heard about green gas, their acceptance is high (see figure). The proportion households that might or will certainly choose green gas equals the proportion of current green electricity customers. Therefore, it is expected that the same market share can be reached as for green electricity.

Price is important for consumers when choosing between natural gas and green gas. At equal price, more than half of the people prefers green natural gas over their current heat provision, i.e. they certainly or probably will choose for green gas instead of their current heat provision. When green gas is 10% cheaper, even more than 88% prefers it. But, when green gas is 10% more expensive, still 36% prefers green gas. Right then it is important to position green gas on the market as a green product, because sustainability is the surplus value that potential customers are willing to pay a higher price for.

Of course, the government can stimulate the acceptance of green gas by means of positive price incentives. It is however questionable whether this will happen, in view of the current policies on subsidies for household energy saving and application of renewable energy.

Green gas could also be added in the gas pipes without labelling it separately as a green product. This survey does not indicate resistance when green gas is added in the gas pipes. To stimulate market penetration, the government could oblige addition of a minimum percentage of green gas, as is the case with biofuels from 2007 on.

## Biomass cogeneration

58% certainly accepts biomass cogeneration in its municipality (figure). 38% certainly accepts a biomass cogeneration installation being installed in the own neighbourhood or district. Attitudes are more positive regarding biomass cogeneration compared to wind turbines within the own municipality (see figure). However, generating energy by means of wind is regarded more positively by households than generating energy from biomass. A possible reason might be that biomass is a less known renewable energy option. Another reason might be concerns about the sustainability of biomass.

## Wood pellets

The acceptance of heat from wood pellets is substantially smaller than the acceptance of green gas or a solar boiler. The figure shows the acceptance of wood pellets compared to the acceptance of to heat from a solar boiler. The figure shows that a higher percentage says "certainly no" against wood pellets than against a solar boiler. The smaller acceptance of wood pellets can be explained. After all, storage room for wood pellets needs to be created. Besides that the ash pan needs to be emptied weekly, the installation needs to be cleaned every two months and the chimney needs to be cleaned yearly. These disadvantages do not apply for green gas or heat from a solar boiler.

A central-heating boiler on wood pellets is more preferred than a wood pellet stove, probably because the system with the central-heating boiler most resembles the current situation for households.

## Need for information

One third of the people needs information about energy from biomass. They want information about safety, liability, use, appearance and comfort of the installation for heat provision and space needed for it. They also want information about financial aspects, environmental effects, origin of biomass and technical aspects.

People that certainly prefer heat from biomass show the highest need for information. Apparently they need more information to justify and to found their choice. Also people that hesitate about heat from biomass need information. More information will help them to better make a choice and it will probably stimulate their acceptance of heat from biomass.



## 1 Inleiding

De energievoorziening in Nederland moet de komende decennia duurzamer worden. Dit is nodig vanwege de opwarming van de aarde door CO<sub>2</sub>-uitstoot van fossiele energiebronnen en de afname van de voorraden fossiele energiebronnen. Daarnaast zijn er regionale factoren zoals de wens om de agrarische sector te stimuleren en de wens om onafhankelijk te zijn van olieproducerende landen. De aandacht voor duurzame energie in geïndustrialiseerde landen heeft zich tot nu toe met name gericht op elektriciteit. Er is ook veel aandacht voor duurzame transportbrandstoffen. Warmte als energievorm krijgt echter veel minder aandacht. Diverse factoren spelen hierbij een rol. De huidige relatief lage netto opbrengst van warmte die geleverd wordt via een warmtenet is er één van. Toch gaat in Nederland maar liefst éénderde van het primaire energieverbruik naar warmte, dus bijna 1000 PJ warmte per jaar.

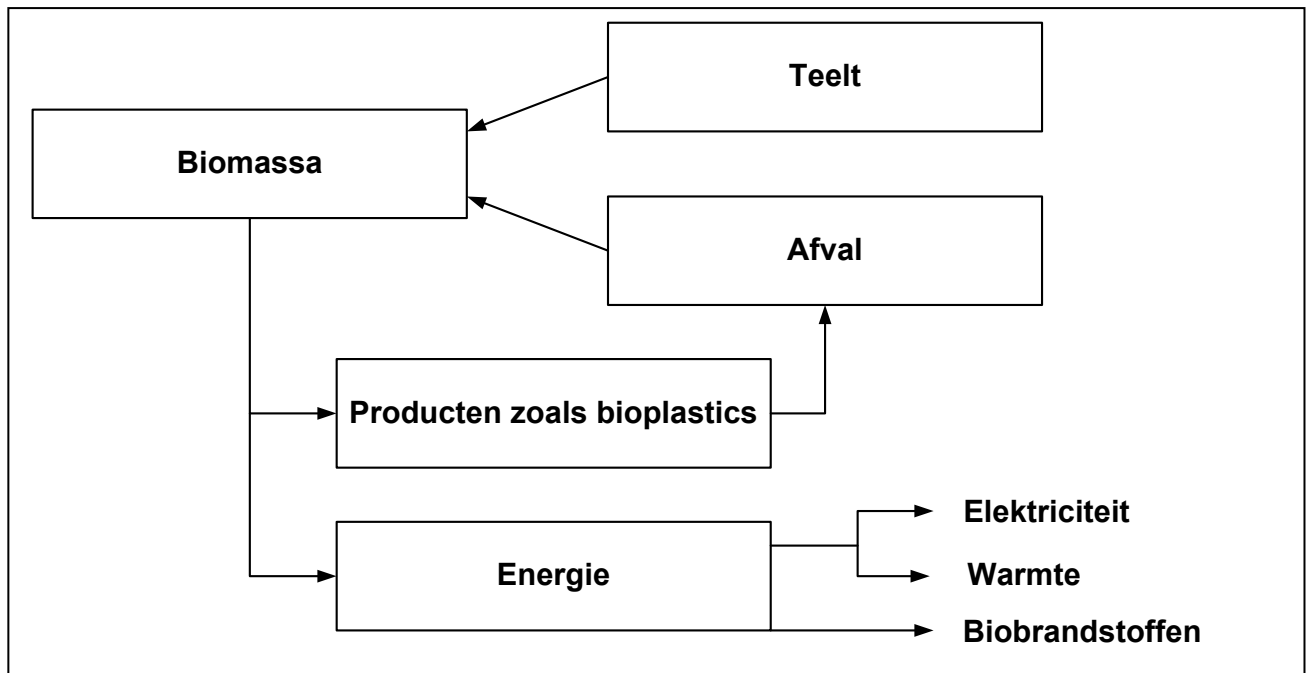
Verwacht mag worden dat duurzame warmte een essentieel onderdeel wordt bij de verduurzaming van de energievoorziening. Hiervoor zijn twee redenen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in twee termijnen:

- *termijn 2020*: de energiedoelstelling van de Nederlandse overheid voor 2020 (10% duurzaam, ofwel circa 300 PJ) zal hoogstwaarschijnlijk niet worden gehaald als de aandacht grotendeels uitgaat naar de vergroening van de markt van elektriciteit en transportbrandstoffen<sup>2</sup>.
- *termijn 2040*: op de lange termijn wordt aardgas, de belangrijkste energiebron in Nederland voor de productie van warmte, dermate schaars en duur (doordat de voorraden in Nederland beperkt zijn) dat er een noodzaak is voor een alternatieve wijze van warmte produceren. Duurzame warmte uit biomassa is een voor de hand liggend alternatief. Zie figuur 1.1 voor een schematisch overzicht voor energie uit biomassa.

---

<sup>2</sup> De doelstelling van ca. 300 PJ vervanging van fossiele brandstoffen door duurzame alternatieven moet grotendeels worden ingevuld door biomassa. Na aftrek van 45 PJ wind, 10 PJ zon PV, 10 PJ zon thermisch, 35 PJ warmtepompen (excl. industriële warmtepompen die niet meer worden gezien als duurzaam) en 20 PJ overig, blijft circa 180 PJ over. Dit zal bestaan uit 25 PJ uit AVI's (bij aanname dat 50% van afval bestaat uit biomassa), 50 PJ via bij/meestook in kolencentrales (bij 20% bij/meestookpercentage), 50 PJ brandstoffen (bij aanname van 10% duurzaam in transportstoffen) en 10 PJ via vergisting en verbranding. Met genoemde getallen blijft er een "gat" van haast 50 PJ. Dit wordt nog groter als de bijdrage van warmtepompen daalt. Dit is realistisch vanwege het dalende rendement van de gemiddelde elektriciteitsopwekking in Nederland (oorzaak: liberalisering, inzet van goedkopere aanbieders met een lager rendement). Hierdoor wordt het netto rendement van een warmtepomp lager, tot zelfs onder het rendement van een gewone CV-ketel op aardgas. (Bron: ECN)





Figuur 1.1 Energie uit biomassa

ECN, IVAM, Energy Valley en Ekoblok doen onderzoek naar de perspectieven van biomassa voor de productie van warmte. Drie methoden voor de productie van warmte uit biomassa worden bekeken:

- warmte via synthetisch aardgas gemaakt uit biomassa, ofwel ‘groen gas’
- lokale biomassagestookte warmte-kracht installaties, ofwel bioWKK<sup>3</sup>
- lokale warmteproductie op kleine schaal uit houtpellets met pellet CV ketels en pelletkachels

In het onderzoek wordt op basis van energiestromen in Nederland nu en in de toekomst aangegeven hoe de warmteproductie kan worden vergroend. Het onderzoek geeft inzicht in de potentiële marktomvang van de opties, de kosten van de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot, de milieueffecten en de maatschappelijke acceptatie. Het resultaat hiervan zijn prognoses voor de effecten van de opties op landelijke schaal op middellange (2020) en lange (2040) termijn.

De resultaten worden tevens toegepast in een case study in een regio in Zuid-Oost Drenthe. Hierin wordt ook de lokale vraag naar warmte en elektriciteit meegenomen en de mogelijkheid om warmte en elektriciteit anders te produceren, namelijk uit zonne- en windenergie. Hiermee zal de rol van groen gas, bioWKK en houtpellets op lokaal niveau worden bepaald.

Dit rapport is een deelverslag van het onderzoek en focust op de maatschappelijke acceptatie van warmte uit biomassa. Hiervoor heeft IVAM een landelijk onderzoek onder Nederlanders gedaan naar de acceptatie van groen gas, een bio WKK in de wijk en pellet CV ketels en -kachels.

<sup>3</sup> WKK staat voor Warmte Kracht Koppeling.

## 2 Werkwijze

### 2.1 Methode

De acceptatie van warmte uit biomassa is gemeten door een enquête uit te zetten onder Nederlandse huishoudens. Om de acceptatie per provincie te kunnen bepalen zijn in iedere provincie 325 enquêtes uitgezet. Hierdoor komen er ook uit de provincies met een kleiner inwoneraantal voldoende enquêtes terug om op provinciaal niveau uitspraken te kunnen doen. Er zijn mogelijk namelijk verschillen in acceptatie tussen inwoners van de verschillende provincies. Ook worden verschillen verwacht in de acceptatie onder agrariërs en de gemiddelde Nederlander. Daarom zijn per provincie 25 extra enquêtes uitgezet onder agrariërs. De resultaten van agrariërs worden alleen op landelijk niveau beschouwd. In totaal zijn 4200 enquêtes verstuurd.

### 2.2 Respons

In totaal zijn 574 ingevulde enquêtes teruggestuurd, een respons van 14% (zie Bijlage 1 voor de aantallen per provincie). De respons is conform de verwachting. We kunnen de respons bijvoorbeeld vergelijken met een enquête over de acceptatie van windenergie onder inwoners van een gemeente, waar de mogelijkheden worden onderzocht voor het plaatsen van windturbines. Hierin wordt de inwoners ook naar hun mening gevraagd over concrete potentiële locaties voor windturbines in de gemeente. Zo'n windenquête is concreter voor inwoners dan deze enquête over warmte uit biomassa en daarmee wordt doorgaans een respons van ruim 25% gehaald<sup>4</sup>.

### 2.3 Weging bij analyse

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van de mening van Nederlanders. Omdat in iedere provincie 325 enquêtes zijn uitgezet, heeft IVAM een provinciale weging toegepast. Zuid-Holland en Noord-Holland hebben bijvoorbeeld veel meer inwoners dan Flevoland en Zeeland. Daarom tellen de enquêtes uit provincies met meer inwoners relatief zwaarder mee dan enquêtes uit provincies met een kleiner inwoneraantal.

Omdat er extra enquêtes zijn uitgezet onder agrariërs, heeft IVAM per provincie de agrariërs terug gewogen tot de normale proporties. Zie Bijlage 1 voor een toelichting op de weegfactoren.

### 2.4 Verschillen tussen provincies en agrariërs versus niet-agrariërs

In dit rapport wordt de acceptatie van warmte uit biomassa door Nederlanders beschreven. Indien de acceptatie door inwoners van specifieke provincies significant afwijkt van het Nederlandse gemiddelde, wordt dit apart vermeld. Dat geldt ook voor afwijkingen in de acceptatie onder agrariërs. Voor het significantieniveau wordt een betrouwbaarheid van 95% gehanteerd<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Gemeentelijke Draagvlaktest Windenergie (verschillende onderzoeken tussen 1999 en 2003 in de gemeenten: Obdam, Wageningen, Heerhugowaard, Lopik, Houten, Renkum, Kampen, Waterland, Brunsum, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Onderbanken, Simpelveld, Voerendaal, Dordrecht, s'-Gravendeel, Zwijndrecht, Zoetermeer en Bleiswijk)

<sup>5</sup> Dat betekent dat er 5% kans is dat gevonden afwijkingen op toeval berusten.

### 3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van het onderzoek onder Nederlandse huishoudens. Het begint met een beschrijving van de geënquêteerden. Dit wordt gevolgd door een algemene paragraaf over de houding van de geënquêteerden ten aanzien van energie. Vervolgens wordt in gezoomd op de acceptatie van de drie opties (groen gas, bio WKK, houtpellets).

#### 3.1 Beschrijving van de deelnemers aan de enquête

Wie hebben de vragen beantwoord? In tabel 3.1 is te zien welk type woning de huishoudens bewonen. Vergeleken met het landelijke beeld zijn flatbewoners ondervertegenwoordigd (landelijk 25%, zie bijlage 2) en bewoners van vrijstaande woningen oververtegenwoordigd (landelijk 16%, zie bijlage 2). Analyses van woningtype en de acceptatie van groen gas, een bio WKK in de buurt of houtpellets geven echter geen aanleiding om te wegen naar woningtype.

Tabel 3.1 Woningtype

Woningtype	% huishoudens (N= 574)
vrijstaande woning	25%
twee-onder-een-kap woning	17%
rijtjes-tussen-woning	26%
rijtjes-hoek-woning	11%
flat	13%
anders, met tuin	6%
anders, zonder tuin	1%

Aan de huishoudens is gevraagd of hun woonomgeving het beste is te omschrijven als stedelijk, landelijk of als een dorpskern. De antwoorden hierop zijn gegeven in tabel 3.2. Het soort woonomgeving is mogelijk van invloed op de acceptatie van een bio WKK in de buurt of de acceptatie van houtpellets.

Tabel 3.2 Woonomgeving

Woonomgeving	% huishoudens (N= 570)
stedelijk	41%
landelijk	30%
in dorpskern	29%

Bij het bepalen van de acceptatie van warmte uit biomassa is de huishoudens telkens de keuze voorgelegd tussen de huidige warmtevoorziening en warmte uit biomassa bij gelijke prijs, wanneer biomassa 10% goedkoper is of wanneer het 10% duurder is. Omdat bij dergelijke afwegingen het inkomen mogelijk van invloed is, is aan de huishoudens het bruto inkomen per maand gevraagd (zie tabel 3.3).

**Tabel 3.3 Bruto inkomen huishoudens**

Bruto inkomen per maand	% huishoudens (N= 494)
Minder dan € 1500	13%
tussen € 1500 en € 3500	49%
tussen € 3500 en € 6000	26%
meer dan € 6000	12%

Onder de eenpersoons huishoudens hebben evenveel vrouwen als mannen de vragenlijst ingevuld. Onder de meerpersoons huishoudens hebben meer mannen dan vrouwen de vragenlijst ingevuld, wat overigens gebruikelijk is voor een dergelijke vragenlijst. Onder de respondenten is 67% man en 33% is vrouw.

Het opleidingsniveau is mogelijk van invloed op de acceptatie van warmte uit biomassa. Het opleidingsniveau van de respondenten wordt in tabel 3.4 weergegeven.

**Tabel 3.4 Hoogst voltooide opleiding**

Opleiding	% personen (N= 564)
lager onderwijs	5%
mavo, mulo, ulo, lager beroepsonderwijs	15%
vwo, havo, hbs, gymnasium, lyceum	8%
middelbaar beroepsonderwijs	22%
hoger beroepsonderwijs	32%
universiteit	18%

## 3.2 Houding ten aanzien van energie

Omdat de houding ten aanzien van duurzame energie in het algemeen en de huidige warmtevoorziening van belang kan zijn voor de acceptatie van warmte uit biomassa, zijn hierover enkele vragen gesteld.

In tabel 3.5 is te zien in hoeverre huishoudens gebruikmaken van groene stroom, namelijk 55%. In 2004 gebruikte 38% van de Nederlandse huishoudens groene stroom<sup>6</sup>. Er hebben dus relatief meer huishoudens die positief staan tegenover groene stroom de enquête ingevuld. Dat kan betekenen dat de resultaten zoals beschreven in dit rapport iets rooskleuriger uitpakken voor de verschillende duurzame warmte opties.

**Tabel 3.5 Gebruik van groene stroom: U kunt bij energiebedrijven duurzaam opgewekte stroom kopen. Gaat u hiervan gebruikmaken?**

Gebruik groene stroom	% huishoudens (N= 574)
ik maak er al gebruik van	55%
ja, zeker wel	5%
misschien wel	23%
waarschijnlijk niet	6%
nee, zeker niet	7%
weet niet	4%

<sup>6</sup> CBS (2005) *Duurzame energie in Nederland 2004*

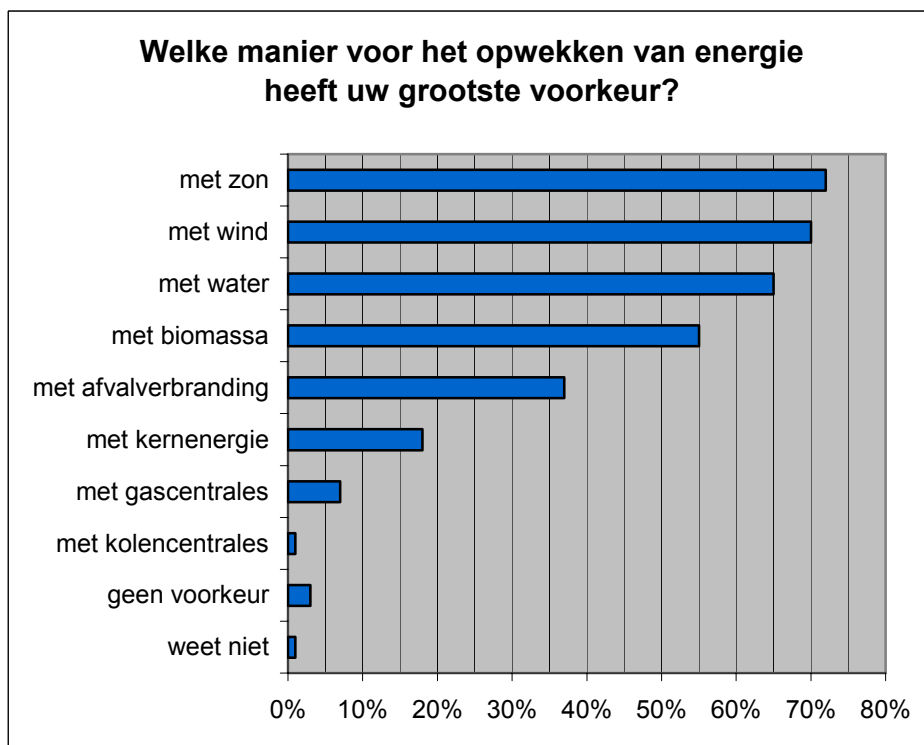
Ook is de huishoudens gevraagd hoe belangrijk men het vindt dat energie duurzaam, dus d.m.v. biomassa, zon, wind en waterkracht wordt opgewekt. Bijna alle huishoudens vinden dit belangrijk en 62% vindt het zeer belangrijk, zie tabel 3.6.

Tabel 3.6 Belang van duurzame opwekking energie

Belang van duurzame energie	% huishoudens (N= 573)
zeer belangrijk	62%
belangrijk	31%
niet belangrijk / niet onbelangrijk	5%
onbelangrijk	1%
zeer onbelangrijk	1%

Dat huishoudens duurzame opwekking van energie belangrijk vinden blijkt ook uit de voorkeur die men uitspreekt voor zon, wind, water en biomassa, zie figuur 3.1. Overigens scoort biomassa het minst goed van de vier duurzame energiebronnen. Een mogelijke reden is dat biomassa de minst bekende duurzame energiebron is voor huishoudens. Een andere mogelijke reden kan te maken hebben met twijfel over het duurzame karakter van biomassa.

Opvallend is de toegenomen voorkeur voor kernenergie (18%). In verschillende onderzoeken van IVAM tussen 1999 en 2003 had gemiddeld 3% van de huishoudens voorkeur voor kernenergie<sup>7</sup>.



Figuur 3.1 Voorkeur voor energieopwekking

Om na te gaan wat huishoudens belangrijk vinden aan de warmtevoorziening in huis, is hen gevraagd een aantal aspecten te scoren op mate van belang, zie tabel 3.7. Met name veiligheid en betrouwbaarheid vindt men erg belangrijk. Uiterlijk vindt men het minst belangrijk.

<sup>7</sup> Gemeentelijke Draagvlaktest Windenergie (verschillende onderzoeken tussen 1999 en 2003 in de gemeenten: Obdam, Wageningen, Heerhugowaard, Lopik, Houten, Renkum, Kampen, Waterland, Brunsum, Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Nuth, Onderbanken, Simpelveld, Voerendaal, Dordrecht, s'-Gravendeel, Zwijndrecht, Zoetermeer en Bleiswijk)

Tabel 3.7 Belangrijke kenmerken van de warmtevoorziening (% huishoudens)

	N	Erg belangrijk	Belangrijk	Neutraal	Onbelangrijk	Erg onbelangrijk	Weet niet
Veiligheid	557	84%	14%	2%	0%	0%	0%
Betrouwbaarheid	556	74%	25%	1%	0%	0%	0%
Comfort	556	38%	49%	11%	1%	1%	0%
Milieu	560	38%	49%	10%	1%	1%	1%
Handig in gebruik	554	36%	51%	12%	1%	0%	0%
Prijs	558	35%	46%	19%	0%	0%	0%
Ruimtebeslag	556	19%	43%	28%	8%	2%	0%
Uiterlijk	554	6%	27%	37%	24%	5%	1%

De huishoudens is gevraagd of zij behoefte hebben aan informatie over energie uit biomassa. Eenderde van de huishoudens heeft daaraan behoefte (zie tabel 3.8). In hoeverre men behoefte heeft aan informatie hangt samen met de interesse die men heeft voor warmte uit biomassa. Huishoudens die zeker voorkeur geven aan warmte uit biomassa hebben meer behoefte aan informatie erover. Deze mensen hebben blijkbaar behoefte aan meer informatie om hun keuze goed te kunnen verantwoorden en onderbouwen.

Tabel 3.8 Behoeftte aan informatie over energie uit biomassa

Informatiebehoefte	% huishoudens (N=545)
ja	33%
nee	57%
weet niet	10%

Men heeft niet alleen belangstelling voor aspecten van de warmtevoorziening (zoals veiligheid, betrouwbaarheid, gebruik, ruimtebeslag, uiterlijk en comfort), financiële en technische aspecten, maar ook voor milieu-effecten en de herkomst van de biomassa (zie tabel 3.9). Aan het einde van de vragenlijst hadden de respondenten de mogelijkheid opmerkingen op te schrijven. Ook uit deze opmerkingen blijkt dat ze meer informatie willen over de herkomst van biomassa en milieu-effecten van het vervoer van biomassa.

Tabel 3.9 Informatiebehoefte onderwerpen

Onderwerpen	% huishoudens (N=236)
warmtevoorziening: veiligheid, betrouwbaarheid, gebruik, ruimtebeslag, uiterlijk, comfort	73%
financiële aspecten	60%
milieu-effecten	53%
herkomst van biomassa	53%
technische aspecten	52%
anders, namelijk	10%

### 3.3 Acceptatie groen gas

Bij de huishoudens is nagegaan in hoeverre zij de voorkeur geven aan de huidige warmtevoorziening of via groen gas. Alleen huishoudens die op dit moment een gasaansluiting hebben (96%) zijn meegenomen in analyse. De volgende omschrijving is hen voorgelegd.

**Groen gas**

Het verschil met aardgas is dat het gemaakt wordt uit hout dat speciaal wordt geteeld voor energieopwekking. Het hout komt uit het buitenland. Voor het gebruik in huis maakt het geen verschil, het ruikt hetzelfde en geeft evenveel warmte. De prijs is gelijk aan wat u betaalt voor aardgas. Het groene gas wordt gemaakt in een industriële haven ergens in Nederland en komt via de aardgasleidingen bij u in huis.

Huishoudens staan welwillend tegenover groen gas. De antwoorden zijn weergegeven in tabel 3.10. Als de prijs gelijk is aan wat men nu betaalt voor aardgas geeft de meerderheid de voorkeur aan groen gas. Ongeveer een vijfde van de huishoudens maakt het niet uit en een vergelijkbaar percentage zal de huidige warmtevoorziening handhaven.

Tabel 3.10 Voorkeur voor huidige warmtevoorziening of via groen gas

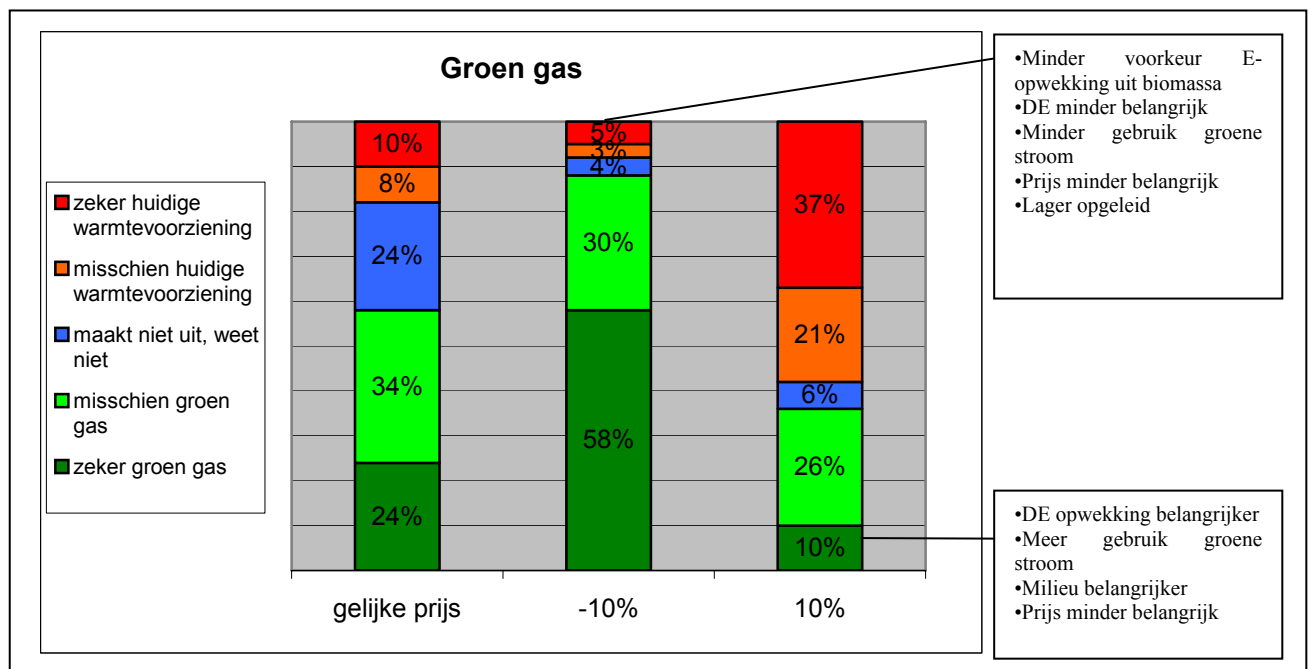
	Gelijke prijs (N= 543)	10% goedkoper (N= 546)	10% duurder (N= 546)
zeker naar huidige warmtevoorziening	10%	5%	37%
misschien naar huidige warmtevoorziening	8%	3%	21%
maakt me niet uit	22%	3%	4%
misschien naar groen gas	34%	30%	26%
zeker naar groen gas	24%	58%	10%
weet niet	2%	1%	2%

De huishoudens hebben de keuze ook gemaakt wanneer groen gas 10% goedkoper is en wanneer het 10% duurder is dat de huidige warmtevoorziening. Voor de keuze tussen de huidige warmtevoorziening of groen gas is te zien dat de prijs een belangrijke factor is. Als groen gas 10% goedkoper is kiest namelijk 58% zeker voor groen gas en 30% misschien, ook mensen die duurzame energie niet belangrijk vinden. Wanneer groen gas echter 10% duurder is kiest het merendeel voor de huidige warmtevoorziening.

Onder de mensen die de enquête hebben ingevuld zijn groene stroom gebruikers oververtegenwoordigd ten opzichte van het landelijke cijfer. Onder groene stroom gebruikers is een grotere voorkeur voor groen gas dan onder huishoudens die nu geen gebruikmaken van groene stroom. Daarom is de acceptatie van groen gas wellicht iets te positief weergegeven. De te positieve weergave is echter in de orde van enkele procenten.

De mensen die zeker voor de huidige warmtevoorziening kiezen, ook al is groen gas 10% goedkoper, verschillen met de mensen die zeker voor groen gas kiezen op de volgende aspecten (zie figuur 3.2):

- zij geven minder voorkeur aan energieopwekking uit biomassa
- zij vinden duurzame energie opwekking minder belangrijk
- zij maken minder gebruik van groene stroom
- zij vinden prijs minder belangrijk
- zij zijn lager opgeleid.



Figuur 3.2 Acceptatie groen gas

De mensen die zeker voor groen gas kiezen, ook al is het 10% duurder, verschillen met de mensen die zeker voor de huidige warmtevoorziening kiezen op de volgende aspecten (zie figuur 3.2):

- zij vinden het belangrijker dat energie duurzaam wordt opgewekt
- zij maken meer gebruik van groene stroom
- zij vinden het milieu belangrijker
- zij vinden prijs minder belangrijk.

### 3.4 Acceptatie houtpellets

De acceptatie van het gebruik van houtpellets is gemeten. Alleen huishoudens in een vrijstaande woning, twee-onder-een-kap woning, rijtjeswoning of een andersoortige woning met tuin zijn in de analyse meegenomen (86% van de respondenten). Dit zijn overwegend de woningen met een eigen rookgaskanaal waarop een pellet CV ketel of een pelletkachel aangesloten kan worden.



Figuur 3.3 Houtpellets



De huishoudens hebben de volgende uitleg gekregen over houtpellets.

### Houtpellets

Houtpellets zijn korrels die in het buitenland worden gemaakt door hout (speciaal geteeld voor energieopwekking) te vermalen en samen te persen. De houtpellets worden gestookt in een pellet CV ketel óf in een pelletkachel.

Een pellet CV ketel bereidt net als een gewone CV ketel warm water voor de verwarming en de kraan/douche.

Een pelletkachel staat in de woonkamer en verwarmt de ruimte door middel van stralingswarmte. U kunt de houtpellets zien branden. Middels een warmwatervat heeft u ook verwarming en warm water in andere ruimten.

Bij zowel de pellet CV als bij de pelletkachel gebeurt het stoken automatisch vanuit een voorraadbak (u hoeft dus niet zelf pellets in de CV ketel of in de kachel te stoppen).

U kunt zelf benodigd onderhoud doen: ca. eenmaal per week de aslade legen, eenmaal per twee maanden de ketel/kachel schoonmaken. En eenmaal per jaar moet u het rookgaskanaal (laten) schoonmaken.

Een vrachtwagen komt de houtpellets brengen, bijv. een à tweemaal per jaar afhankelijk van de grootte van de voorraadbak (bijv. in de kelder, een silo in de tuin). U hoeft daarvoor niet thuis zijn.

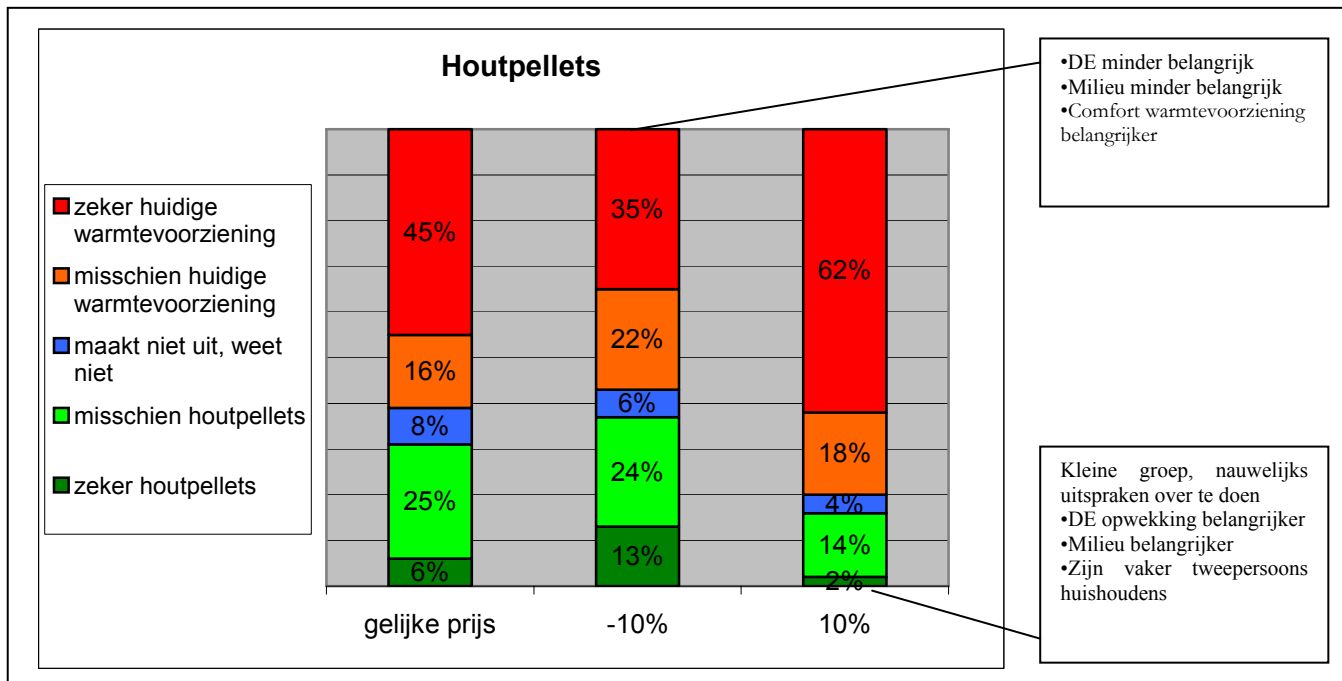
De acceptatie van warmte uit houtpellets is beduidend minder groot dan de acceptatie van groen gas. Ook als het 10% goedkoper is om warmte uit houtpellets te hebben dan de huidige warmtevoorziening, geeft ruim de helft van de huishoudens voorkeur aan de huidige warmtevoorziening (zie tabel 3.11). Van de geënquêteerden kiest 13% zeker voor houtpellets en 24% misschien voor houtpellets. Als warmte uit houtpellets 10% duurder is dan de huidige warmtevoorziening kiest nog slechts 2% hiervoor.

Tabel 3.11 Voorkeur voor huidige warmtevoorziening of via houtpellets

	Gelijk (N=484)	10% goedkoper (N= 484)	10% duurder (N= 484)
zeker naar huidige warmtevoorziening	45%	35%	62%
misschien naar huidige warmtevoorziening	16%	22%	18%
maakt me niet uit	2%	2%	1%
misschien naar houtpellets	25%	24%	14%
zeker naar houtpellets	6%	13%	2%
weet niet	6%	4%	3%

De mensen die zeker voor de huidige warmtevoorziening kiezen indien dit met houtpellets 10% goedkoper is, verschillen van de mensen die sowieso voor houtpellets kiezen. Het verschil uit zich op de volgende aspecten: mensen met voorkeur voor huidige warmtevoorziening vinden duurzame energie en het milieu minder belangrijk en zij vinden comfort van de warmtevoorziening belangrijker.

Als de warmtevoorziening 10% duurder is met houtpellets, is de groep mensen die zeker voor houtpellets kiest relatief klein. Daarom zijn er statistisch nauwelijks uitspraken te doen over verschillen tussen degenen die zeker voor de huidige warmtevoorziening kiezen of zeker voor houtpellets. De enige significante verschillen zijn dat de mensen die voor houtpellets kiezen duurzame energie en het milieu belangrijker vinden en dat dit vaker tweepersoonshuishoudens zijn. Dat laatste kan te maken hebben met de handelingen die verricht moeten worden bij houtpellets (zoals schoonmaken). Tweepersoons huishoudens hebben waarschijnlijk meer het idee dat ze dit voor elkaar kunnen krijgen dan eenpersoonshuishoudens.

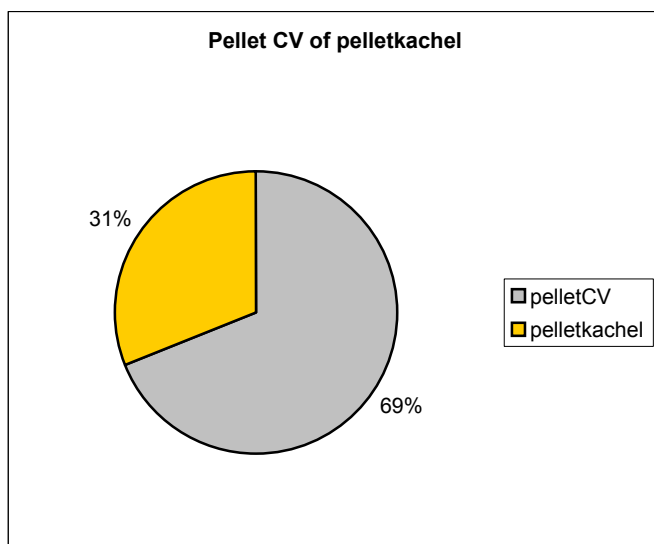


Figuur 3.4 Acceptatie houtpellets

De respondenten is gevraagd hun voorkeur uit te spreken voor een pellet CV of een pelletkachel. Een pellet CV is populairder dan een pelletkachel onder de huishoudens (zie figuur 3.6).



Figuur 3.5 Pellet CV en Pelletkachel



Figuur 3.6 Voorkeur voor pellet CV of pelletkachel

Ter vergelijking is aan de huishoudens gevraagd in hoeverre men de voorkeur geeft aan warmte uit een zonneboilercombi vergeleken met de huidige warmtevoorziening. In de analyse zijn de huishoudens buiten beschouwing gelaten die zelf aangeven dat een zonneboilercombi niet mogelijk is bij hun woning (wel in analyse 83%). De huishoudens hebben de volgende uitleg gekregen over een zonneboilercombi.

#### Zonneboilercombi

Bij een zonneboilercombi heeft u een zonnecollector op het dak van uw woning. De zon warmt het water hierin op dat met gas wordt bijverwarmd in een CV ketel. Net als een gewone CV ketel bereidt de zonneboilercombi warm water voor de verwarming en de kraan/douche.

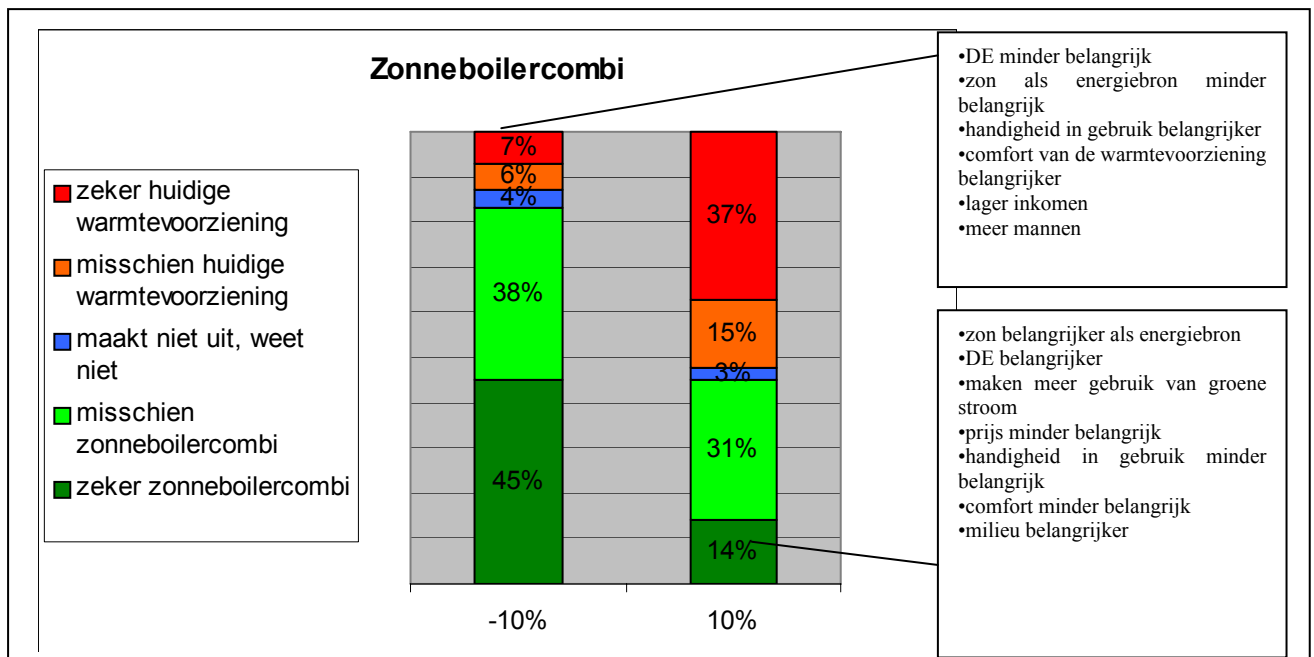
Huishoudens staan welwillend tegenover een zonneboilercombi, hoewel de prijs van invloed is (zie tabel 3.12). Als warmte uit een zonneboilercombi 10% goedkoper is dan de huidige warmtevoorziening geeft een ruime meerderheid de voorkeur aan een zonneboilercombi, namelijk 43% zeker en 38% misschien. Als warmte uit een zonneboilercombi 10% duurder is dan de huidige warmtevoorziening, kiest een meerderheid voor de huidige warmtevoorziening. Echter 12% geeft nog steeds zeker de voorkeur aan een zonneboilercombi en 31% nog misschien. Omdat de vragen over de zonneboilercombi slechts zijn opgenomen als referentie voor warmte uit biomassa, is ervoor gekozen om niet te vragen naar de voorkeur bij gelijke prijs, om de vragenlijst niet te lang te laten worden.

Tabel 3.12 Voorkeur voor huidige warmtevoorziening of via zonneboilercombi

	10% goedkoper (N= 466)	10% duurder (N= 466)
zeker naar huidige warmtevoorziening	7%	37%
misschien naar huidige warmtevoorziening	6%	15%
maakt me niet uit	2%	1%
misschien naar een zonneboilercombi	38%	31%
zeker naar een zonneboilercombi	43%	12%
weet niet	2%	2%
ik heb al een zonneboilercombi	2%	2%

Huishoudens die voor de huidige warmtevoorziening kiezen, ondanks dat een zonneboilercombi 10% goedkoper is, verschillen van huishoudens die voor een zonneboilercombi kiezen op de volgende aspecten (zie figuur 3.7):

- zij vinden duurzame energie minder belangrijk
- zij vinden de zon als energiebron minder belangrijk
- zij vinden handigheid in gebruik belangrijker
- zij vinden comfort van de warmtevoorziening belangrijker
- zij hebben een lager inkomen
- degene die de enquête heeft ingevuld is vaker man.



Figuur 3.7 Acceptatie zonneboilercombi

Huishoudens die voorkeur geven aan een zonneboilercombi, terwijl deze 10% duurder is, verschillen van huishoudens die kiezen voor de huidige warmtevoorziening op de volgende aspecten:

- zij vinden de zon belangrijker als energiebron
- zij vinden duurzame energie opwekking belangrijker
- zij maken meer gebruik van groene stroom
- zij vinden prijs minder belangrijk
- zij vinden handigheid in gebruik minder belangrijk
- zij vinden comfort minder belangrijk
- zij vinden milieu belangrijker.

### 3.5 Acceptatie warmtekracht installatie op biomassa (bioWKK)

Aan de huishoudens is gevraagd in hoeverre men het acceptabel vindt als een warmtekracht installatie op biomassa in de buurt wordt geplaatst. De volgende toelichting is gegeven.

#### **Warmtekracht installatie op biomassa**

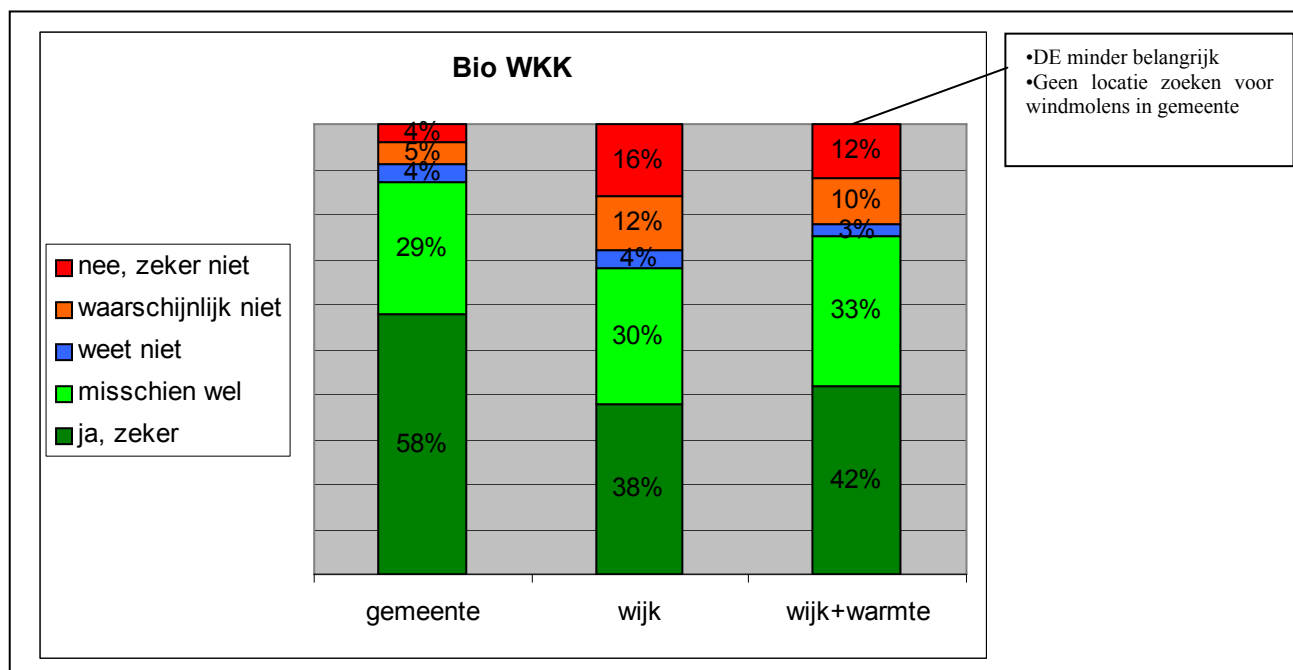
Dit is een soort kleine elektriciteitscentrale. Bij een normale elektriciteitscentrale komt bij de elektriciteitsproductie warmte vrij die grotendeels ongebruikt blijft. Bij een warmtekracht installatie wordt de warmte wel nuttig gebruikt, wat beter is voor het milieu. Een warmtekracht installatie kan bijvoorbeeld bij een bedrijf worden geplaatst dat zo zijn eigen elektriciteit en warmte opwekt. De biomassa warmtekracht installatie wordt gestookt op biomassa uit de omgeving en op hout uit het buitenland (speciaal geteeld voor energieopwekking), dat per vrachtwagen bij de installatie wordt afgeleverd. De biomassa warmtekracht installatie kan eruitzien als een klein gebouwtje met een schoorsteen. De uitstoot uit de schoorsteen levert geen gevaar op voor de gezondheid.

Aan de huishoudens is niet de keuze voorgelegd tussen de huidige warmtevoorziening en warmte uit een warmtekracht installatie op biomassa, omdat in de praktijk huishoudens deze keuze niet hebben. Daarom is de huishoudens gevraagd of men vindt dat een bedrijf bij hen in de gemeente een warmtekracht installatie mag plaatsen, bij hen in de wijk of bij hen in de wijk terwijl de huishoudens er warmte uit geleverd krijgen.

Een ruime meerderheid van de huishoudens vindt het acceptabel als bij hen in de wijk een warmtekracht installatie op biomassa wordt geplaatst. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.13 en figuur 3.8.

Tabel 3.13 Vindt u dat een bedrijf een warmtekracht installatie mag plaatsen?

	In de gemeente (N= 571 )	In de wijk (N= 570)	In de wijk + warmtelevering aan woningen (N= 561)
ja, zeker	58%	38%	42%
misschien wel	29%	30%	33%
waarschijnlijk niet	5%	12%	10%
nee, zeker niet	4%	16%	12%
weet niet	4%	4%	3%



Figuur 3.8 Acceptatie warmte uit bio-WKK

Net zoals bijvoorbeeld bij het vinden van locaties voor windturbines treedt ook hier het Not In My Backyard (NIMBY) effect op: een warmtekracht installatie binnen de gemeentegrenzen vindt men acceptabeler dan wanneer deze dichterbij in de eigen wijk komt te staan. Als de huishoudens er ook nog nut van hebben, namelijk warmtelevering aan de woning, lijkt de acceptatie iets toe te nemen. Dit verschil is echter niet significant.

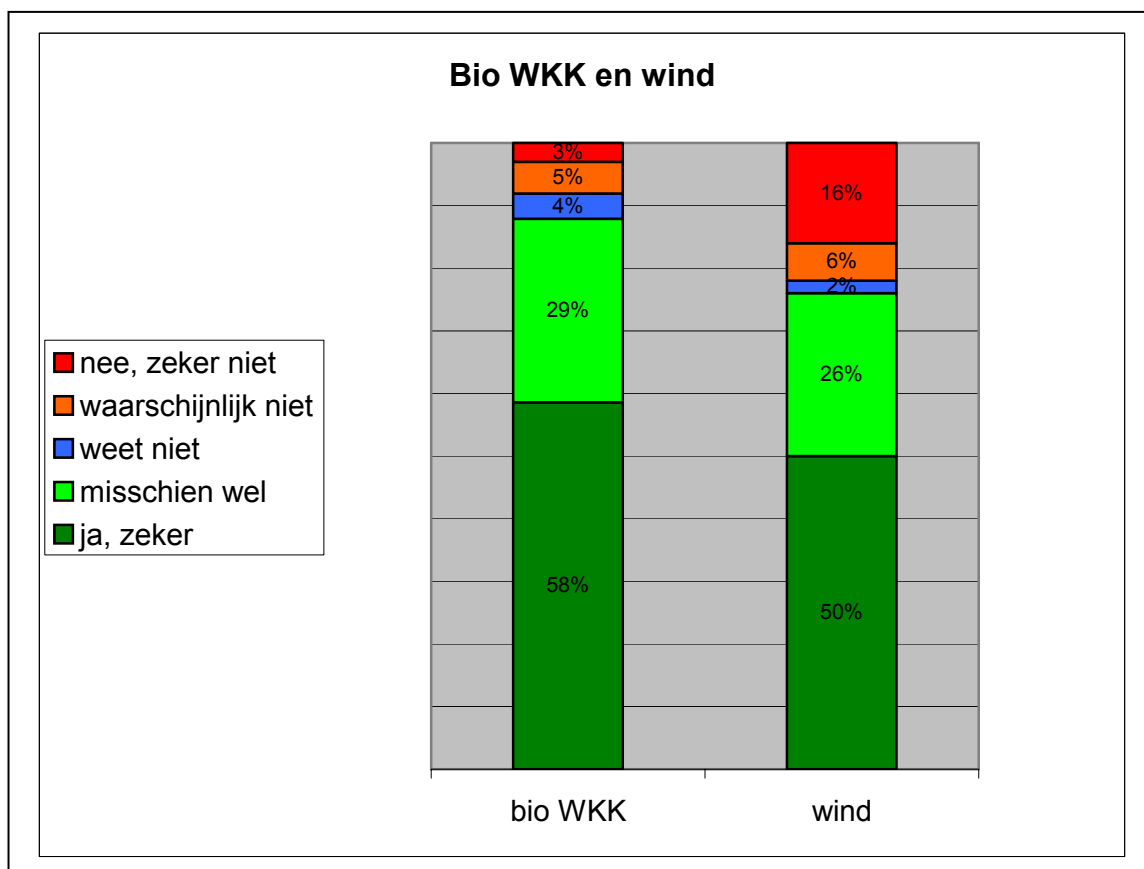
Uit onderzoek onder omwonenden van bestaande biomassacentrales blijkt dat zij over het algemeen vrij positief staan tegenover het gebruik van biomassa voor de opwekking van elektriciteit<sup>8</sup>. Dat geldt zowel voor mensen die op drie tot vier kilometer afstand van de centrale wonen als voor mensen die binnen een straal van een kilometer van de centrale wonen. Als een biomassacentrale eenmaal gerealiseerd is lijkt het NIMBY effect dus niet meer op te treden.

Als referentie is gevraagd of men vindt dat de gemeente actief naar een geschikte locatie voor de plaatsing van één of meerdere windmolens zou moeten zoeken, zie tabel 3.14. Huishoudens staan significant positiever tegenover het plaatsen van een warmtekracht installatie in de gemeente dan tegenover één of meerdere windmolens in de gemeente, zie figuur 3.9.

Tabel 3.14 Vindt u dat uw gemeente actief naar een geschikte locatie voor de plaatsing van één of meerdere windmolens zou moeten zoeken?

	In de gemeente (N= 572 )
ja, zeker	50%
misschien wel	26%
waarschijnlijk niet	6%
nee, zeker niet	16%
weet niet	2%

<sup>8</sup> A.L. Meijnders (2005) *Biomassacentrales vanuit het perspectief van omwonenden*. TUE.



Figuur 3.9 Acceptatie bio-WKK versus windturbine(s) in de gemeente

Energie opwekken met behulp van wind heeft echter wel een beter imago onder huishoudens dan energie opwekken met biomassa. Van de geënquêteerden geeft 70% namelijk de voorkeur aan energie opwekken met wind en 55% met biomassa zoals is weergegeven in figuur 3.1.

De mensen die vinden dat een warmtekracht installatie die warmte aan de woning levert zeker niet bij hen in de wijk geplaatst mag worden verschillen van de mensen die vinden dat dat zeker wel mag, in die zin dat zij minder belang hechten aan duurzame opwekking van energie. Dit zijn ook de mensen die vinden dat de gemeente geen locatie moet zoeken voor windmolens in de gemeente, zie figuur 3.8.

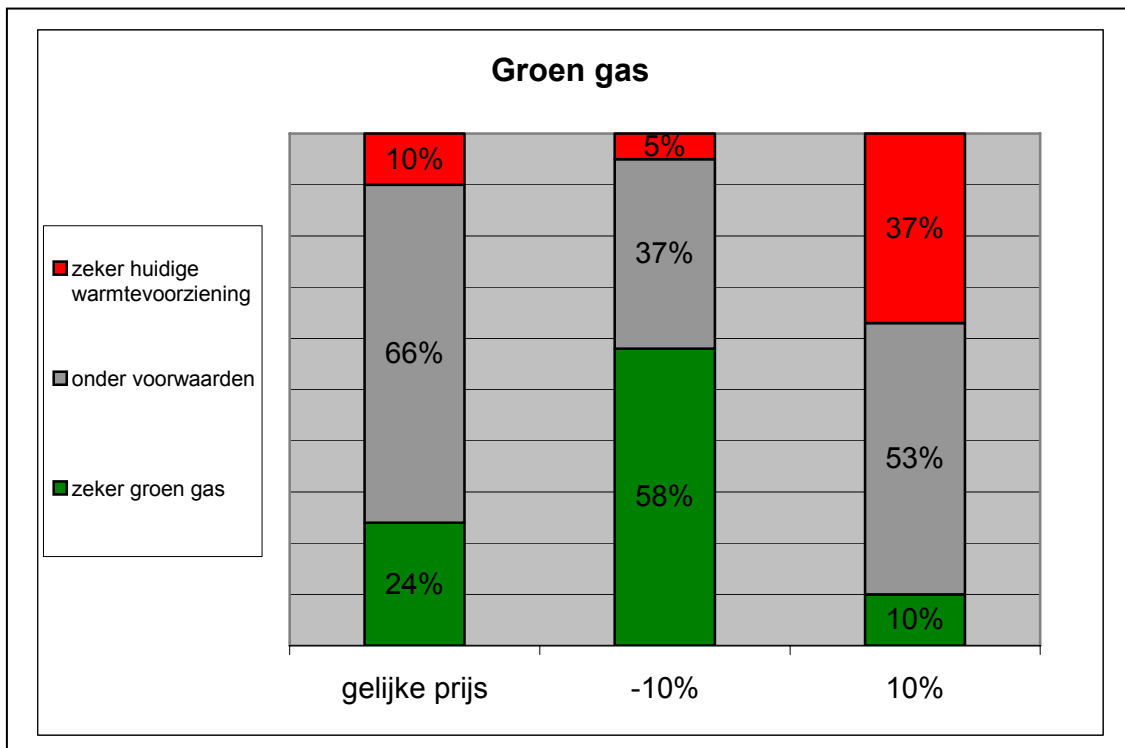
## 4 Potentieel huishoudelijke markt voor warmte uit biomassa

In dit hoofdstuk wordt een potentieel schatting gemaakt van de huishoudelijke markt voor groen gas. Hiervoor wordt het aantal huishoudens dat een gasaansluiting heeft gecombineerd met de uitkomsten van de enquête, namelijk de acceptatie onder Nederlanders. Er wordt een bandbreedte bepaald van een minimaal en een maximaal potentieel. Het minimale potentieel zijn de mensen die zeker voorkeur hebben voor duurzame warmtevoorziening. Voor het maximaal potentieel worden hier ook de mensen aan toegevoegd die twijfelen, de zogenaamde categorie "onder voorwaarden". Dat zijn de mensen die misschien voorkeur hebben voor de huidige warmtevoorziening, misschien voorkeur hebben voor duurzame warmtevoorziening, het niet uitmaakt of het niet weten.

Van houtpellets en bio-WK wordt de bandbreedte van de acceptatie aangegeven. Deze gegevens combineert ECN met het door hen bepaalde technische potentieel om de potentiële huishoudelijke markt voor houtpellets en bio-WK in te schatten. ECN maakt ook een inschatting van het potentieel van de drie biomassa opties voor de niet-huishoudelijke markt.

### 4.1 Groen gas

In Nederland zijn 6,3 miljoen huishoudens met een gasaansluiting<sup>9</sup>. Deze huishoudens kunnen mogelijk overstappen op groen gas. In figuur 4.1 is te zien in hoeverre Nederlanders groen gas accepteren.



Figuur 4.1 Acceptatie groen gas

In tabel 4.1 is te zien wat het minimale en het maximale huishoudelijke potentieel in percentage huishoudens is voor groen gas in Nederland bij gelijke prijs, wanneer 10% goedkoper is dan

<sup>9</sup> Bron: <http://www.dte.nl/nederlands/gas/marktmonitor/index.asp>.



aardgas en wanneer het 10% duurder is dan aardgas. En tabel 4.2 toont het minimale en het maximale huishoudelijke potentieel in aantallen huishoudens.

Tabel 4.1 Potentieel groen gas in Nederland (% huishoudens)

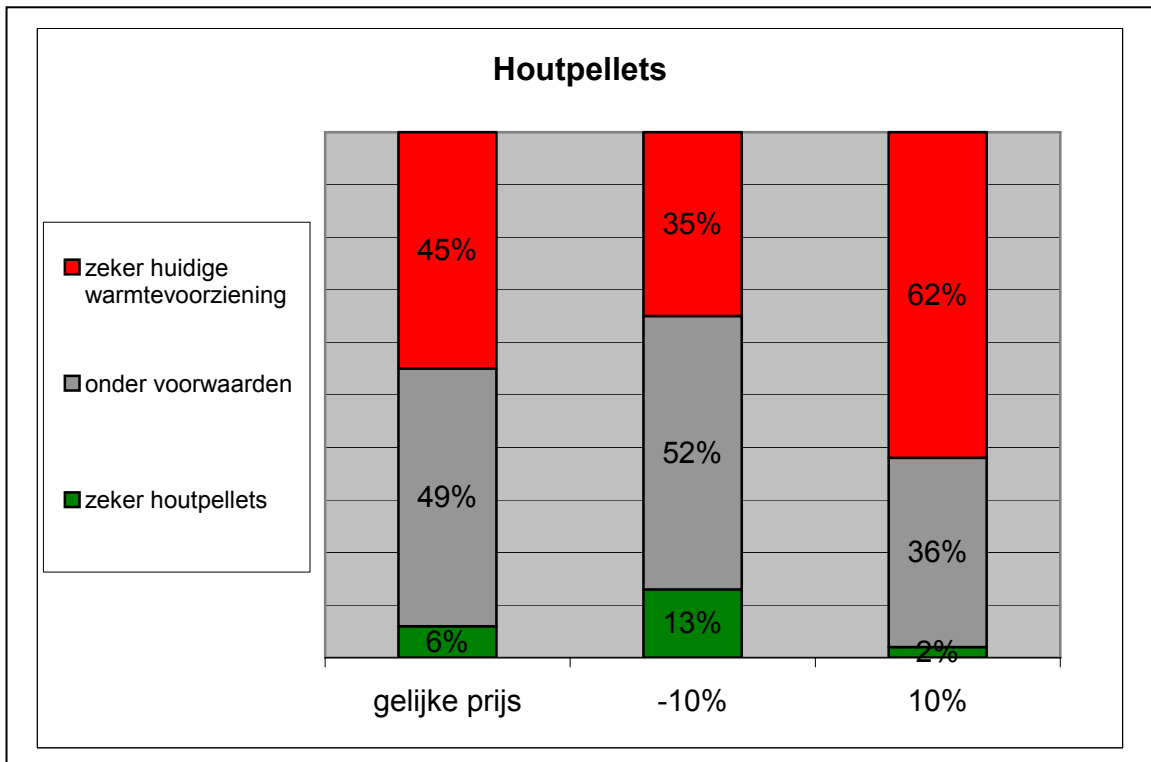
	Minimaal potentieel	Maximaal potentieel
Gelijke prijs	24%	90%
10% goedkoper	58%	95%
10% duurder	10%	63%

Tabel 4.2 Potentieel groen gas in Nederland (aantal huishoudens)

	Minimaal potentieel	Maximaal potentieel
Gelijke prijs	1.512.000	5.670.000
10% goedkoper	3.654.000	5.985.000
10% duurder	630.000	3.969.000

## 4.2 Houtpellets

De bandbreedte van de acceptatie van houtpellets in Nederland bij gelijke prijs, wanneer het 10% goedkoper is en wanneer het 10% duurder is dan de huidige warmtevoorziening, is weergegeven in figuur 4.2 en tabel 4.3.



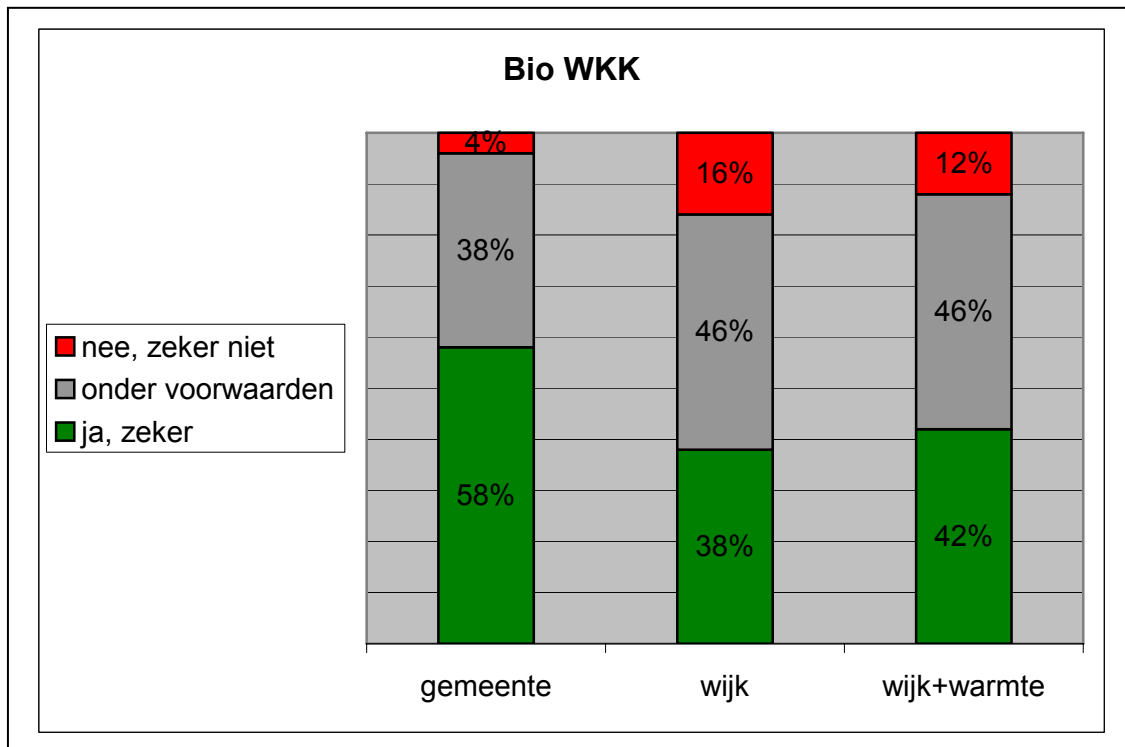
Figuur 4.2 Acceptatie houtpellets

Tabel 4.3 Acceptatie houtpellets in Nederland (% huishoudens)

	Minimale acceptatie	Maximale acceptatie
Gelijke prijs	6%	55%
10% goedkoper	13%	63%
10% duurder	2%	38%

### 4.3 Warmtekracht installatie op biomassa

Figuur 4.3 en tabel 4.4 tonen de bandbreedte in de acceptatie van een warmtekracht installatie in de gemeente, in de wijk of in de wijk terwijl men er ook warmte van geleverd krijgt.



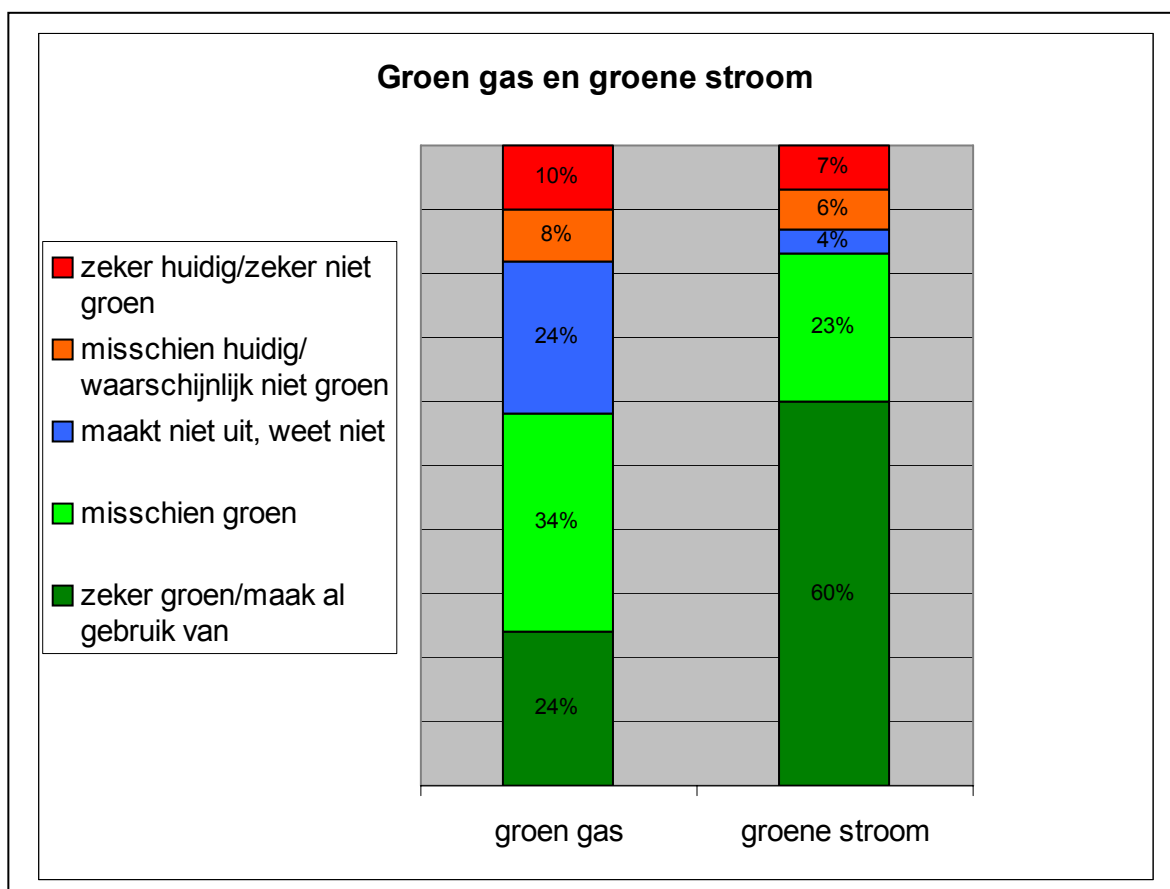
Figuur 4.3 Acceptatie bio-WKK

Tabel 4.4 Acceptatie bio-WKK in Nederland (% huishoudens)

	Minimale acceptatie	Maximale acceptatie
Gemeente	58%	96%
Wijk	38%	84%
Wijk + warmte levering aan woningen	42%	88%

## 5 Conclusies en aanbevelingen

De acceptatie van groen gas is groot (zie figuur 5.1). Als groen gas even duur is als aardgas geeft een meerderheid van de geënquêteerden de voorkeur aan groen gas. Verwacht wordt dat met groen gas hetzelfde marktaandeel gehaald kan worden als met groene stroom. Het aandeel mensen dat misschien of zeker voor groen gas kiest is namelijk gelijk aan het aandeel huidige groene stroom klanten. Deze enquête was voor het merendeel van de ondervraagden waarschijnlijk de eerste keer dat zij kennis maakten met groen gas. Wanneer het op de markt beschikbaar komt en hieraan meer bekendheid wordt gegeven, wordt verwacht dat het mogelijk is om een vergelijkbaar aandeel groen gas klanten te werven.



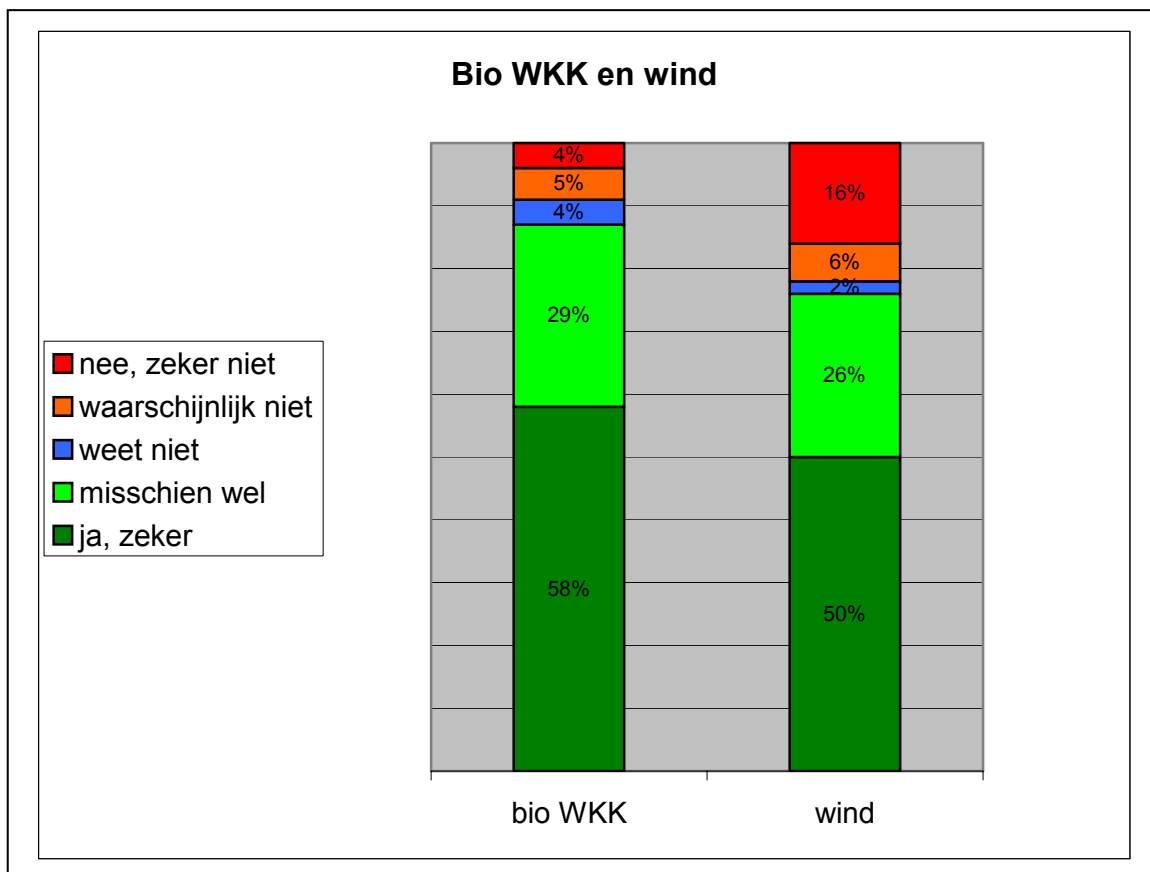
Figuur 5.1 Acceptatie groen gas versus groene stroom

Prijs speelt een belangrijke rol bij de consumenten in de afweging tussen aardgas en groen gas. Bij gelijke prijs geeft een meerderheid voorkeur aan groen gas. Wanneer groen gas 10% goedkoper is geeft maar liefst 88% misschien of zeker voorkeur aan groen gas. En als groen gas 10% duurder is geeft toch nog altijd 36% misschien of zeker voorkeur aan groen gas. Belangrijk is dan wel om het product als een groen gelabeld product op de markt te zetten, juist omdat duurzaamheid de meerwaarde is waarvoor potentiële klanten bereid zijn een meerprijs te betalen. Uiteraard kan de overheid de acceptatie van groen gas bevorderen door positieve prijs prikkels. De vraag is echter of dat gaat gebeuren, gezien het huidige subsidiebeleid voor huishoudelijke energiebesparing en toepassing van duurzame energie.

Groen gas kan ook bijgemengd worden zonder het apart te labelen als groen product. Deze enquête geeft geen aanwijzingen dat bijmengen op weerstand zal stuiten. Ter stimulering kan de

overheid een verplicht bijmeng percentage vaststellen, zoals ook het geval is bij biobrandstoffen vanaf 2007.

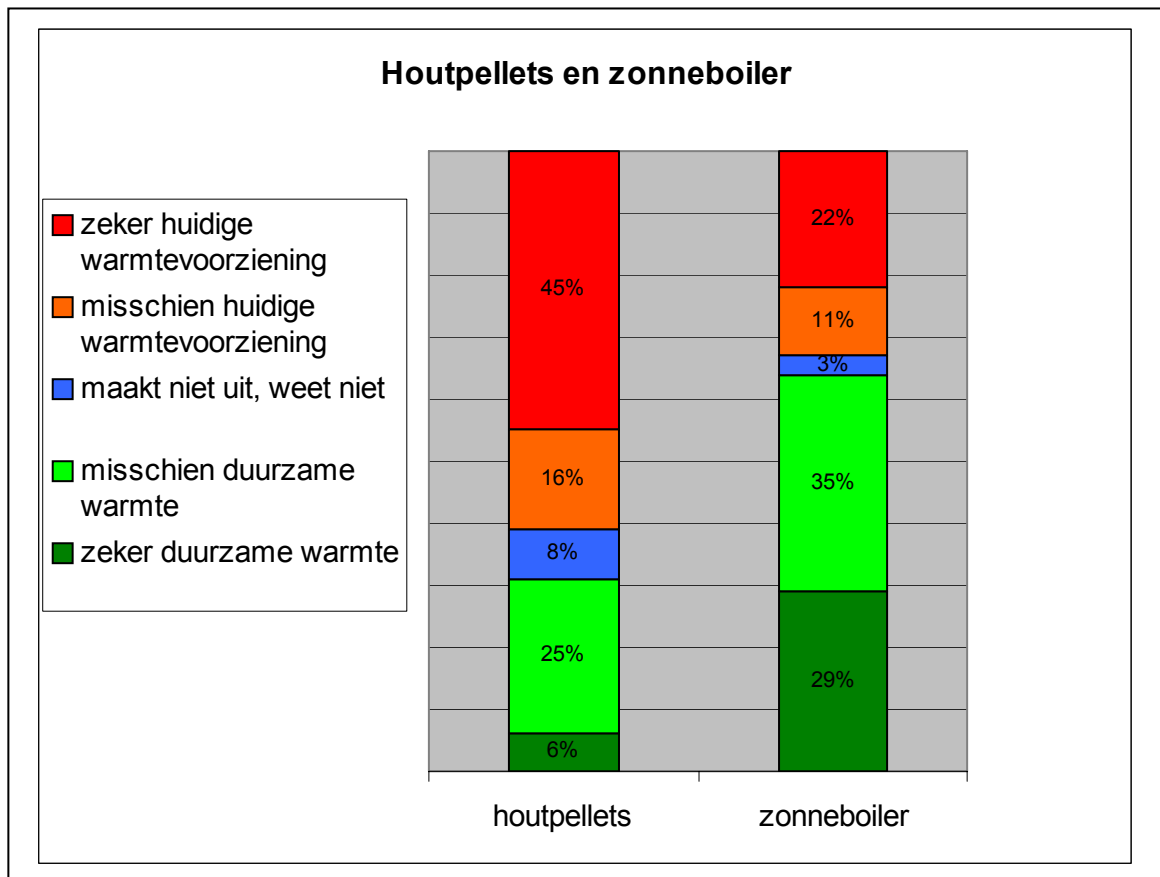
Dit onderzoek laat zien dat er draagvlak is voor plaatsing van een bio-warmtekracht installatie (bio-WKK) in de gemeente van de geënquêteerde. Er is ook draagvlak wanneer een bio-WKK in de wijk van de geënquêteerden wordt geplaatst. De houding van mensen is positiever ten aanzien van bio-WK dan windturbines in de eigen gemeente (zie figuur 5.2). Energie opwekken met behulp van wind heeft echter wel een beter imago onder huishoudens dan energie opwekken met biomassa. Meer mensen geven namelijk de voorkeur aan energie opwekken met wind dan met biomassa. Een mogelijke reden hiervoor is dat biomassa een minder bekende duurzame energiebron is voor huishoudens. Een andere mogelijke reden kan te maken hebben met twijfel over het duurzame karakter van biomassa.



Figuur 5.2 Acceptatie bio-WKK versus windturbine(s)

De acceptatie van warmte uit houtpellets is beduidend kleiner dan die van groen gas of een zonneboiler. In figuur 5.3 is een vergelijking gemaakt met de acceptatie van warmte uit een zonneboiler. Te zien is dat een groter percentage zeker nee zegt tegen houtpellets in vergelijking met een zonneboiler. De lagere acceptatie van houtpellets is verklaarbaar. Voor houtpellets moet immers een opslagruimte worden gecreëerd. Bovendien moet wekelijks de aslade worden gelegd, moet eenmaal per twee maanden de installatie worden schoongemaakt en moet jaarlijks het rookgaskanaal worden gereinigd. Bij de aanvoer van groen gas of warmte uit een zonneboiler gelden deze nadelen niet.

Er is een grotere voorkeur voor een pellet CV ketel dan een pelletkachel. Waarschijnlijk omdat een systeem met pellet CV ketel het meest lijkt op de huidige situatie bij de huishoudens.



Figuur 5.3 Acceptatie houtpellets versus zonneboiler

De grootste behoefte aan informatie bestaat onder de mensen die zeker voorkeur geven aan warmte uit biomassa. Deze mensen hebben blijkbaar behoefte aan meer informatie om hun keuze goed te kunnen verantwoorden en onderbouwen. Ook onder de mensen die twijfelen over warmte uit biomassa is behoefte aan informatie. Meer informatie helpt hen beter hun keuze te maken. Wellicht dat meer informatie bij deze groep mensen de acceptatie van warmte uit biomassa ook zal bevorderen.

Er zijn geen verschillen gevonden in acceptatie van warmte uit biomassa tussen agrariërs en de gemiddelde Nederlander. Ook zijn er geen afwijkingen in provincies ten opzichte van het totaal voor Nederland.

## Bijlage 1 Weegfactoren

In tabel B1 zijn de aantallen geretourneerde enquêtes van huishoudens en agrarische huishoudens per provincie te zien. In tabel B2 staan het totaal aantal huishoudens en het aantal agrarische huishoudens waaruit de steekproef is getrokken.

Tabel B1 Aantal geretourneerde enquêtes door huishoudens en agrarische huishoudens per provincie

Provincie	Huishoudens	Agrarische huishoudens
Noord-Holland	45	5
Zuid-Holland	41	1
Flevoland	55	3
Utrecht	51	4
Overijssel	42	3
Drenthe	51	3
Groningen	41	4
Friesland	35	5
Gelderland	42	4
Brabant	47	3
Limburg	50	2
Zeeland	36	2

Tabel B2 Totaal aantal huishoudens en agrarische huishoudens per provincie

Provincie	Totaal aantal huishoudens	Agrarische huishoudens
Noord-Holland	843.541	8.320
Zuid-Holland	1.115.711	12.220
Flevoland	100.534	2.686
Utrecht	385.154	5.512
Overijssel	350.108	14.167
Drenthe	168.475	5.265
Groningen	193.675	4.910
Friesland	210.650	7.171
Gelderland	624.000	26.908
Brabant	752.804	21.855
Limburg	389.072	10.142
Zeeland	139.768	4.519

In tabel B3 zijn de weegfactoren weergegeven die per respondent zijn gehanteerd bij de analyse van de acceptatie van biomassa door Nederlanders en bij de acceptatie per provincie. In onderstaand voorbeeld is toegelicht hoe deze zijn berekend voor een huishouden met tuin in de provincie Noord-Holland.

Provincie Noord-Holland, huishouden:

$$\text{Nederlander} = ((843541 - 8320) / 843541) * 50 / 45 * (843541 / 5273492) * 574 / 50$$

$$= 2,02$$

$$\text{Per provincie} = ((843541 - 8320) / 843541) * 50 / 45$$

$$= 1,10$$

Tabel B3 Weegfactoren Nederlanders en per provincie

Respondent (provincie, huishouden/agrarisch huishouden, met/zonder tuin)	Weegfactor Nederlander	Weegfactor per provincie
Noord-Holland, huishouden	2,02	1,10
Noord-Holland, agrarisch huishouden	0,18	0,10
Zuid-Holland, huishouden	2,93	1,01
Zuid-Holland, agrarisch huishouden	1,33	0,46
Flevoland, huishouden	0,19	1,03
Flevoland, agrarisch huishouden	0,10	0,52
Utrecht, huishouden	0,81	1,06
Utrecht, agrarisch huishouden	0,15	0,20
Overijssel, huishouden	0,87	1,03
Overijssel, agrarisch huishouden	0,51	0,61
Drenthe, huishouden	0,35	1,03
Drenthe, agrarisch huishouden	0,19	0,56
Groningen, huishouden	0,50	1,07
Groningen, agrarisch huishouden	0,13	0,29
Friesland, huishouden	0,63	1,10
Friesland, agrarisch huishouden	0,16	0,27
Gelderland, huishouden	1,55	1,05
Gelderland, agrarisch huishouden	0,73	0,50
Brabant, huishouden	1,73	1,03
Brabant, agrarisch huishouden	0,79	0,47
Limburg, huishouden	0,82	1,01
Limburg, agrarisch huishouden	0,55	0,68
Zeeland, huishouden	0,41	1,02
Zeeland, agrarisch huishouden	0,25	0,61

## Bijlage 2 Woningtypen

Tabel B4 toont de verschillende woningtypen in Nederland.

Tabel B4 Woningtypen

Woningtypen 2002	2002	2002
Nederland	aantal	%
Soort woning: vrijstaand/bungalows	990.485	14,2
Soort woning: twee onder een kap	797.179	11,5
Soort woning: rijtjeshuizen/eengezins	2.783.449	40
Soort woning: herenhuizen/grachtenpand	106.835	1,5
Soort woning: boerderijen/tuinderijen	140.602	2
Soort woning: zelfstandige bejaardenwoning	200.920	2,9
Soort woning: onbekend	133.338	1,9
Soort woning: flats in gebouw (<5 verd)	749.160	10,8
Soort woning: flats in gebouw (>4 verd)	381.483	5,5
Soort woning: etagewoningen-maisonnetes	410.990	5,9
Soort woning: etage/flats in grachtpand	59.604	0,9
Soort woning: studentenwoningen/flats	25.865	0,4
Soort woning: woonboten	6.247	0,1
Soort woning: woonwagens	2.313	0
Soort woning: loopt erg uiteen	164.184	2,4
Totaal	6.952.654	100

Bron: Wegener, geomarktprofiel