



**Agentschap NL**  
*Ministerie van Economische Zaken*

# **PROTOCOL MONITORING HERNIEUWBARE ENERGIE Update 2010**

**Methodiek voor het berekenen en registreren  
van  
de bijdrage van hernieuwbare  
energiebronnen**

**Agentschap NL**  
Mei, 2010

**Opgesteld door**  
Simone te Buck  
Bregje van Keulen  
Lex Bosselaar  
Timo Gerlagh

Publicatienummer 2DENB1013

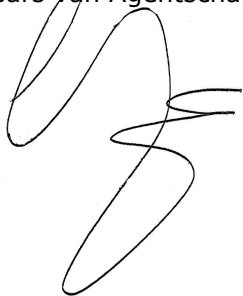
## VOORWOORD

Voor u ligt de vijfde, geactualiseerde editie van het Protocol Monitoring Hernieuwbare energie (voorheen Protocol Monitoring Duurzame Energie). Het protocol, opgesteld in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, kan worden beschouwd als een beleidsdocument dat voorziet in een uniforme berekeningswijze voor het bepalen van de hoeveelheid energie die in Nederland op hernieuwbare wijze wordt geproduceerd. Doordat alle overheden en organisaties uitgaan van de in dit protocol beschreven rekenmethodes wordt het mogelijk de ontwikkelingen op dit gebied goed en consistent in kaart te brengen. In de inleiding van dit protocol wordt de voorgeschiedenis geschetst en wordt de opzet, de geldigheid en de relatie met andere vergelijkbare documenten en afspraken toegelicht.

Het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie is opgesteld door Agentschap NL, waarbij betrokkenen in het veld de kans hebben gekregen om input te leveren. Deze is zo goed als mogelijk verwerkt. Het CBS gebruikt dit protocol om de hoeveelheid in Nederland geproduceerde hernieuwbare energie te berekenen. Deze gegevens worden vervolgens bij het Ministerie van Economische Zaken gebruikt om de realisatie van de beleidsdoelstellingen te volgen.

In juni 2009 is de Europese richtlijn voor energie uit Hernieuwbare bronnen gepubliceerd met hernieuwbare energie doelstellingen voor Nederland. Deze richtlijn gaat uit van een andere berekeningsmethode - de bruto eindverbruik methode - terwijl in de Nederlandse definitie wordt uitgegaan van de zogenoemde substitutiemethode. Aan Agentschap NL is gevraagd de berekening volgens de Bruto eindverbruik methode toe te voegen, alhoewel deze op een aantal punten nog niet helemaal uitgekristalliseerd is. Door de methode te beschrijven worden de openstaande vragen duidelijk, bijvoorbeeld ook op welke punten Nederland zich zou moeten inzetten bij de internationale discussies.

Indien u nog vragen of opmerkingen heeft over dit protocol, kunt u contact opnemen met de auteurs van Agentschap NL.



Mr. E.J. De Vries,  
Directeur Energie en Duurzaamheid  
Ministerie van Economische Zaken  
Mei 2010

# INHOUDSOPGAVE

|       |                                                                     |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INLEIDING.....                                                      | 5  |
| 2     | HERNIEUWBARE ENERGIE EN DE BRONNEN ERVAN .....                      | 11 |
| 2.1   | Hernieuwbare energie – een definitie.....                           | 11 |
| 2.2   | Hernieuwbare energie in Nederland – welke bronnen tellen mee? ..... | 11 |
| 3     | De verschillende methoden .....                                     | 13 |
| 3.1   | Substitutie,bruto-eindverbruik, primaire energie .....              | 13 |
| 3.2   | Toelichting op de substitutiemethode .....                          | 17 |
| 3.2.1 | Fractie hernieuwbare energie voor substitutie-methode.....          | 17 |
| 3.2.2 | Referentietechnologieën voor substitutie .....                      | 18 |
| 3.2.3 | De keuze van referentietechnologieën.....                           | 18 |
| 3.2.4 | De rendementen van de referentietechnologieën .....                 | 19 |
| 4     | UITWERKING PER HERNIEUWBARE ENERGIEBRON .....                       | 23 |
| 4.1   | Waterkracht .....                                                   | 23 |
| 4.2   | Windenergie .....                                                   | 24 |
| 4.3   | Het thermisch gebruik van zonne-energie .....                       | 25 |
| 4.3.1 | Zonneboilers .....                                                  | 26 |
| 4.3.2 | Overige thermische zonne-energiesystemen .....                      | 27 |
| 4.4   | Het fotonvoltaïsch gebruik van zonne-energie .....                  | 29 |
| 4.5   | Geothermie (diepe bodemenergie) .....                               | 30 |
| 4.6   | Ondiepe bodemenergie.....                                           | 30 |
| 4.6.1 | Bodem energie: open bronnen.....                                    | 31 |
| 4.6.2 | Bodem energie: gesloten systemen .....                              | 37 |
| 4.7   | Aerothermische energie.....                                         | 38 |
| 4.8   | Hydrothermische energie.....                                        | 38 |
| 5     | ENERGIE UIT BIOMASSA.....                                           | 40 |
| 5.1   | Afvalverbrandingsinstallaties .....                                 | 41 |
| 5.2   | Houtskool .....                                                     | 42 |
| 5.3   | Kleinschalige Houtverbranding.....                                  | 42 |
| 5.4   | Houtkachels voor warmte >18 kW .....                                | 43 |
| 5.5   | Het meestoken van biomassa in Energiecentrales.....                 | 44 |
| 5.6   | Overige biomassaverbranding in stationaire installaties .....       | 44 |
| 5.7   | Het vergisten van biomassa .....                                    | 45 |
| 5.8   | Biotransportbrandstoffen .....                                      | 47 |
| 5.9   | Overige conversietechnieken.....                                    | 48 |
| 6     | DE GROENE ELEKTRICITEITSBALANS.....                                 | 49 |
| 6.1   | Het systeem van garanties van oorsprong.....                        | 49 |
| 6.2   | De opzet van de balans – import en export .....                     | 50 |
| 6.3   | Binnenlandse productie, voorraden en consumptie .....               | 50 |
| 6.4   | Het meetellen van import en export t.a.v. beleidsdoelen .....       | 51 |
|       | LITERATUUR .....                                                    | 53 |
|       | BIJLAGE 1: BEPALING PERCENTAGE HERNIEUWBARE ENERGIE .....           | 55 |
|       | BIJLAGE 2: EMISSIEFACTOREN BRANDSTOFFEN .....                       | 57 |
|       | BIJLAGE 3: KENTALLEN AFVALVERBRANDING .....                         | 61 |
|       | BIJLAGE 4: SYMBOLEN EN AFKORTINGEN .....                            | 65 |
|       | FACTSHEETS .....                                                    | 69 |



# 1 INLEIDING

## De voorgeschiedenis van het protocol

Tot 1990 werd duurzame of hernieuwbare energie in nationale en internationale energieoverzichten slechts zelden besproken. De bijdrage daarvan was nog te klein en ook te moeilijk te meten. Die bijdrage groeide echter wel, en de Novem (later gefuseerd tot SenterNovem en nu hetende Agentschap NL) begon in 1990 met het uitvoeren van een Monitor Duurzame Energie, waarin de bijdrage van duurzame energie aan de nationale energievoorziening werd gepubliceerd. Met ingang van 2004 is de monitor duurzame energie overgenomen door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).

Natuurlijk waren ook andere organisaties in duurzame energie geïnteresseerd en elke organisatie hanteerde bij het rapporteren eigen definities en rekenmethoden. Om te komen tot een uniforme wijze van rapporteren over de bijdrage van duurzame energie aan de energievoorziening en over de bijdrage aan de reductie van de uitstoot van kooldioxide en verzurende componenten, stelde Novem in 1999 de eerste versie van dit Protocol Monitoring Duurzame Energie op. In 2002 en 2004 volgde een bijgewerkte versie en in 2006 was het document voor de vierde maal aan actualiseren toe.

Deze versie van 2010 is de vijfde versie. Ten opzichte van de vorige uitgave zijn de belangrijkste wijzigingen:

- Het aanpassen van de naam van het protocol in Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie
- De methode voor het berekenen van het bruto eindverbruik zoals in de recent gepubliceerd Europese Richtlijn 'Energie uit hernieuwbare bronnen' (2009/28/EG) staat in het protocol beschreven.
- Aanpassen kentallen warmte-koude opslag, mestvergisting en warmtepompen.
- De methode voor het berekenen van het referentierendement bij electriciteitsproductie is afgestemd met het protocol Monitoring Energiebesparing, waardoor beide protocollen hetzelfde referentierendement hanteren

## Duurzaam of hernieuwbaar?

In de vorige versies van het protocol werd gesproken van duurzame energie. Bij de update van dit protocol is er echter voor gekozen om de term duurzaam te vervangen door de term hernieuwbaar. Hiervoor waren meerdere redenen. Ten eerste wordt in de richtlijn 'Energie uit hernieuwbare bronnen' (2009/28/EG) gesproken van hernieuwbare energie. Deze richtlijn is in juni 2009 gepubliceerd en geeft Europese doelstellingen voor het aandeel hernieuwbare energie. Aan deze hernieuwbare energie worden in de richtlijn duurzaamheidseisen gesteld, immers biomassa is hernieuwbaar maar in lang niet alle gevallen duurzaam.

Daarnaast is de term duurzaam de afgelopen jaren veelvuldig gebruikt in verschillende context. Daarom kan de term verwarring oproepen. Bij hernieuwbare energie is de betekenis éénduidiger. Daarom is gekozen om in het huidige protocol te spreken van hernieuwbare energie. In paragraaf 2.1 zal nader worden ingegaan op de definitie van hernieuwbare energie.

## Beleidsdoelstellingen

In Nederland worden verschillende doelstellingen met betrekking tot hernieuwbare energie gehanteerd. Middels het werkprogramma 'Schoon en zuinig' heeft de overheid voor hernieuwbare energie onder andere de volgende doelen gesteld:

- In 2020 dient van alle verbruikte energie in Nederland 20% hernieuwbaar opgewekt te zijn.
- Een reductie van de uitstoot van broeikasgassen met 30% t.o.v. 1990 in 2020.

Ook in Europa zijn recent doelstellingen aangenomen die verwoord staan in de Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen. De doelstellingen zijn als volgt:

- In 2020 dient van alle verbruikte energie in Europa, 20% afkomstig te zijn uit hernieuwbare bronnen. Voor Nederland is een percentage van 14% vastgesteld

- In de transportsector geldt een doelstelling van 10% hernieuwbare energie in 2020. Dit zal hoofdzakelijk ingevuld worden met transportbrandstoffen. Ook elektrisch vervoer telt hier mee.

### **Wat biedt het protocol?**

Het protocol geeft aan hoe de bijdragen van de verschillende vormen van hernieuwbare energie berekend en gerapporteerd worden. Om de gewenste uniformiteit te bereiken, geeft dit protocol definities van het begrip hernieuwbare energie zelf, van systeemgrenzen en uitgangspunten en van de te gebruiken informatiebronnen. Bij het opstellen van deze definities is gestreefd naar aansluiting bij internationaal gebruikelijke werkwijzen. De toe te passen rekenmethoden worden in dit protocol beschreven. Dat gebeurt per hernieuwbare energiebron. Dit zal worden beschreven voor zowel de zogeheten substitutiemethode als de methode voor de berekening van het bruto eindverbruik zoals omschreven in de Europese Richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen. Daarnaast is ook de primaire energiemethode beschreven. Deze wordt door het International Energy Agency (IEA) en Eurostat gebruikt.

- A. Bij de substitutiemethode gaat men uit van het principe dat hoewel energie uit iedere willekeurige bron kan worden gewonnen, elke hernieuwbare bron in de praktijk vrijwel alleen als vervanging van een bepaalde conventionele energiebron gebruikt wordt; en met die conventionele bron (de referentietechnologie) moet hij dus worden vergeleken. Elke bijdrage van een hernieuwbare bron wordt in de substitutiemethode daarom teruggerekend naar de theoretische energie-inhoud van de vervangen conventionele bron. Dit is het vermeden verbruik van fossiele primaire energie. Deze substitutiemethode maakt het mogelijk de verschillende energiebronnen (en ook warmte, elektriciteit en gas) met elkaar te vergelijken. Deze substitutiemethode wordt gebruikt om de Nederlandse doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie te berekenen in het kader van Schoon en Zuinig programma.
- B. Bij de EU-Richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen wordt voor de bepaling van het aandeel hernieuwbare energie het bruto eindgebruik van energie als uitgangspunt genomen. Vervolgens wordt gekeken welk deel daarvan van hernieuwbare bronnen afkomstig is. Er wordt hierbij dus niet teruggerekend naar de hoeveelheid fossiele primaire energie. In de richtlijn zijn doelstellingen voor het aandeel hernieuwbare energie opgenomen. De methode voor de bepaling van het aandeel hernieuwbare energie uit de richtlijn sluit in principe aan op de energiebalansen zoals deze door Eurostat en IEA reeds lange tijd worden gemaakt (IEA/Eurostat, 2004) op basis van rapportages door de lidstaten. Op een aantal punten, zoals warmtepompen, is er voornamelijk een verschil tussen de statistiek en de richtlijn. Over de precieze invulling van deze punten is nog discussie.
- C. Eurostat en IEA rapporteren al jaren een aandeel hernieuwbare energie. Dit aandeel wordt ook berekend op basis van bovengenoemde energiebalansen, maar dan volgens een andere methode: de primaire energiemethode, ook wel input methode genoemd.

Evenals bij de editie van 2006 zijn in deze uitgave van het protocol *factsheets* opgenomen. De factsheets maken inzichtelijk op welke wijze het aandeel hernieuwbare energie volgens de substitutiemethode en de bruto eindverbruik methode zoals omschreven in de Europese richtlijn "Energie uit hernieuwbare bronnen" berekend moet worden. In de factsheets zijn kentallen, formules en rekenvoorbeelden gegeven om de transparantie van het protocol te verbeteren en het gebruik ervan te vereenvoudigen. De gegevens in deze factsheets zijn gebaseerd op het jaar 2008.

Als men berekeningen voor een ander jaar wil uitvoeren, moet een aantal van deze gegevens (zoals de rendementen van elektriciteitscentrales) worden vervangen door die voor het beoogde jaar.

Uit de definitie van hernieuwbare energie zoals die in dit protocol wordt gehanteerd (zie hoofdstuk 2), volgt dat levenscyclusanalyses (LCAs) van hernieuwbare en conventionele energiebronnen hier geen rol spelen in de berekening van het aandeel hernieuwbare energie. Een LCA is in principe wel nauwkeuriger, maar heeft ook nadelen. Ten eerste is een LCA complexer en dus minder transparant. Ten tweede is de gegevens behoefte groter, waardoor de kosten voor de verzameler en de verstrekker van de gegevens toenemen en waardoor er eerder problemen over de betrouwbaarheid ontstaan. Een LCA kan wel gebruikt worden om de onnauwkeurigheid van de andere methoden te analyseren. Er worden ook LCA's toegepast om naar de milieuimpact en mate van duurzaamheid te kijken. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 3.

De laatste jaren wordt er voor hernieuwbare elektriciteit gebruik gemaakt van Garanties van Oorsprong voor de handel. De meetmethodes die hier gebruikt worden komen terug in dit protocol. Specifieke meetmethodes zijn daarbinnen vastgelegd voor het meten van het percentage biogeen van mengbrandstoffen en voor afvalverbrandingsinstallaties (AVI's). Eveneens een gevolg van de definitie van hernieuwbare energie is dat de import van groene stroom niet wordt meegenomen in de binnenlandse productiecijfers. In het algemeen telt alleen op Nederlands grondgebied geproduceerde hernieuwbare energie mee. Niettemin kan import wel van belang zijn voor de doelrealisatie. Import van groene stroom (geregistreerd via het systeem van Garanties van Oorsprong) mag worden meegeteld voor de doelrealisatie van het importerende land, als het exporterende land daar expliciet door middel van een schriftelijke verklaring mee instemt. Daarom wordt de zogeheten Groene Energiebalans in hoofdstuk 6 besproken.

Hoewel dit protocol zich vooral richt op hernieuwbare energie, wordt tevens aandacht besteed aan het bepalen van de vermeden uitstoot van CO<sub>2</sub> voor de substitutiemethode. De reden daarvoor is dat het vermijden van CO<sub>2</sub> emissies een belangrijke achterliggende reden is bij het streven naar meer duurzame energie. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze getallen een leidraad zijn voor de vermeden CO<sub>2</sub>, maar dat Nederlandse emissieregistratie de te raadplegen bron is voor de berekening van broeikasgassen<sup>1</sup>.

Dit protocol wordt door het CBS gebruikt bij het bepalen van het verbruik van hernieuwbaar geproduceerde energie in Nederland. De resultaten worden gepubliceerd op Statline, de online databank van het CBS, artikelen en publicaties (CBS, 2009).

Alle CBS-publicaties zijn toegankelijk via internet ([www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)).

De hier beschreven kentallen en methodieken hebben een algemeen en statistisch karakter. Het protocol dient het maken van uniforme statistische overzichten en het toetsen van doelstellingen. De uitgangspunten die in dit protocol worden vermeld, kunnen niet worden gebruikt om aanspraak te maken op subsidies.

Het protocol is opgesteld om statistische informatie over hernieuwbare energie in Nederland te kunnen berekenen. De kentallen zijn alleen daarvoor te gebruiken en niet om bijvoorbeeld de opbrengst van individuele projecten te berekenen.

### **Relaties met andere richtlijnen en protocollen**

Voor het bestuderen van energie- en milieuvraagstukken zijn verschillende protocollen en afspraken beschikbaar. Naast het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie is er een Protocol Monitoring Energiebesparing, dat een aantal andere definities hanteert.

Zoals hiervoor behandeld is wordt de substitutiemethode gebruikt om de Nederlandse doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie (20% in 2020) te berekenen in het kader van Schoon en Zuinig programma. En daarnaast is er de methode voor de berekening van het bruto eindverbruik zoals omschreven in de Europese Richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen. Ten slotte zijn er rapportages over Nederland van verschillende internationale organisaties zoals het International Energy Agency (IEA) en Eurostat, die gebaseerd zijn op Nederlandse data.

---

<sup>1</sup> zie ook [www.broeikasgassen.nl](http://www.broeikasgassen.nl)

Het Protocol Monitoring Energiebesparing<sup>2</sup> is opgesteld door Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), Agentschap NL, het Centraal Planbureau (CPB) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Het beschrijft hoe kan worden bepaald hoeveel energie is bespaard, dat wil zeggen hoe veel minder energie is gebruikt. Het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie beschrijft hoe kan worden uitgerekend wat de opbrengst is van de ingezette hernieuwbare energiebronnen en hoe die zich verhoudt tot de totale opwekking.

Het Protocol Energiebesparing is gericht op de besparing ten opzichte van een vast referentiejaar (statisch), het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie op de substitutie ten opzichte van het actuele productiejaar (dynamisch); het Protocol Energiebesparing berekende het elektrisch referentierendement op andere manier als het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie. Aangezien beide protocollen werden herzien, is besloten dit op elkaar af te stemmen en de berekening van het referentierendement gelijk te trekken.

De belangrijkste verschillen tussen het Protocol Monitoring Energiebesparing en het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie zijn vermeld in de onderstaande tabel.

**Tabel 1.1: Vergelijking protocollen Monitoring Hernieuwbare Energie en Energiebesparing**

| vergeleken aspect                                       | Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie                                                                                      | Protocol Energiebesparing                                                                                             |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| referentiejaar                                          | dynamisch (actueel jaar)                                                                                                      | statisch (basisjaar)                                                                                                  |
| waardering warmte uit warmte-krachtkoppeling            | voor aftap bij het centrale productiesysteem n.v.t. (input beschouwd): elders de vermeden input voor referentiesysteem warmte | Voor aftap bij het centrale productie-systeem via bijstookfactor; elders vermeden input voor referentiesysteem warmte |
| netverliezen                                            | referenties gegeven zowel met als zonder netverlies                                                                           | Referentie inclusief gemiddelde netverliezen (voor elektriciteit via net)                                             |
| passieve zonne-energie                                  | hernieuwbare bron (niet waargenomen)                                                                                          | besparing (impliciet)                                                                                                 |
| hernieuwbaar achter de meter                            | telt mee als hernieuwbaar, berekening wordt uitgevoerd middels kentallen                                                      | telt mee als besparing indien niet statistisch verwerkt in verbruiksaldo (als winning)                                |
| totaal verbruik volgens definitie protocol <sup>3</sup> | groter of kleiner dan totaal binnenlands verbruik (TBV) zoals gedefinieerd door het CBS                                       | CBS totaal binnenlands verbruik (TBV) minus verbruik olie/gas als feedstocks                                          |

Hernieuwbare energie is ook onderdeel van de Energiebalans zoals die op jaarbasis door het CBS gemaakt wordt (CBS, 2008). In de CBS-Energiebalans worden per energiedrager en per sector energiebalansen opgesteld. Productie van elektriciteit uit windenergie, zonne-energie en waterkracht komt daarin terug als winning van elektriciteit. Biomassa is onderdeel van de energiedrager "warmte, biomassa en afval". Het CBS werkt eraan om biomassa als aparte energiedrager op te nemen in de Energiebalans. Voor de Energiebalans en de hernieuwbare energiestatistiek gebruikt het CBS dezelfde brongegevens.

### **Te hanteren informatiebronnen**

Bij statistische rapportages over de bijdrage van hernieuwbare energie aan de energievoorziening moeten de gebruikte informatiebronnen worden vermeld. De betrouwbaarheid van de bronnen wordt door het CBS besproken en, indien mogelijk, onderbouwd in de jaarrapportage (CBS, 2009).

<sup>2</sup> CPB, ECN, Novem en RIVM (2001)

<sup>3</sup> In het Protocol Hernieuwbare Energie wordt de output van hernieuwbare bronnen vertaald naar uitgespaarde fossiele brandstof. Daardoor worden omzettingsverliezen geïntroduceerd die niet in de CBS-balansen zijn opgenomen.



Uit oogpunt van het beperken van de administratieve lastendruk en efficiency wordt primaire waarneming (informatieverzameling speciaal voor de hernieuwbare energiestatistiek) alleen gebruikt indien er geen andere voldoende betrouwbare en tijdige bronnen beschikbaar zijn.

### **De toekomst van het protocol**

De voor u liggende versie van het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie zal waarschijnlijk niet de laatste zijn. Ten eerste veranderen zowel de conventionele als de hernieuwbare manieren waarop energie wordt opgewekt, zodat de rekenmethoden om ze met elkaar te vergelijken ook moeten veranderen. Ten tweede zijn er ontwikkelingen in Europa die het nodig maken om de Nederlandse monitoring daarop af te stemmen. Partijen die vragen of opmerkingen hebben over het protocol kunnen terecht bij Agentschap NL en het CBS.



## 2 HERNIEUWBARE ENERGIE EN DE BRONNEN ERVAN

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten en definities gegeven die dit protocol hanteert voor het bepalen van de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen aan de energievoorziening. In de eerste paragraaf komt de vraag aan de orde wat hernieuwbare energie is, daarna volgt de beschrijving van de bronnen die in Nederland als hernieuwbaar kunnen worden aangemerkt.

### 2.1 Hernieuwbare energie – een definitie

Het probleem met energieproductie is dat veel van de bronnen waaruit energie wordt gewonnen op kunnen raken, en dat er bij het produceren ervan vervuilende stoffen (vooral CO<sub>2</sub> en verzurende componenten) vrijkomen. Sinds jaren wordt dus gezocht naar energiebronnen waarvoor dit niet geldt.

In dit protocol wordt *hernieuwbaar* gebruikt in plaats van duurzaam zoals gehanteerd in het vorige protocol. De belangrijkste redenen zijn dat in de Renewable Energy Directive (richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen) wordt gesproken over hernieuwbare energie. Daarnaast zijn er criteria opgesteld voor duurzame energie. Hernieuwbare energie is hiermee niet in alle gevallen duurzaam. Om verwarring te voorkomen is daarom gekozen voor de term hernieuwbaar i.p.v. de term duurzaam.

De definitie van hernieuwbare energie volgt uit Artikel 1 van de Europese richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen:

- a) "energie uit hernieuwbare bronnen": energie uit hernieuwbare niet-fossiele bronnen, namelijk: wind, zon, aerothermische, geothermische, hydrothermische energie en energie uit de oceanen, waterkracht, biomassa, stortgas, gas van rioolzuiveringsinstallaties en biogassen;
- b) "aerothermische energie": energie die in de vorm van warmte is opgeslagen in de omgevingslucht;
- c) "geothermische energie": energie die in de vorm van warmte onder het vaste aardoppervlak is opgeslagen;
- d) "hydrothermische energie": energie die in de vorm van warmte in het oppervlaktewater is opgeslagen;
- e) "biomassa": de biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van biologische oorsprong uit de landbouw (met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, met inbegrip van de visserij en de aquacultuur, alsmede de biologisch afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval;

Voor de substitutiemethode kan geothermische en hydrothermische energie naast warmte ook uit koude bestaan.

### 2.2 Hernieuwbare energie in Nederland – welke bronnen tellen mee?

Om de bijdrage van hernieuwbare energie aan de energievoorziening in Nederland te bepalen, moeten we vaststellen welke energiebronnen in Nederland gelden als hernieuwbaar. De fossiele brandstoffen en kernenergie zijn hiervan uitgesloten.

In grote lijnen staan zes hernieuwbare energiebronnen ter beschikking: zon, wind, waterkracht, omgevingswarmte (aerothermische energie en hydrothermische energie), aardwarmte (geothermische energie en bodem energie) en biomassa.

Een overzicht van deze bronnen vindt u in tabel 2.1. Daarin zijn per energiesoort ook de technieken vermeld waarmee ze in bruikbare vorm kunnen worden omgezet.

De hernieuwbare energiebronnen: waterkracht, getijden, golven, wind en de zon worden in principe alle als hernieuwbare energiebron aangemerkt, ook al telt de bijdrage van passief zonne-energiegebruik, zoals aangepaste woningontwerp en oriëntatie, niet mee. Biomassa kan zijn verkregen als reststroom uit andere processen of als resultaat van kweek ten behoeve van het opwekken van energie. Bij het winnen van energie uit afval wordt alleen de bijdrage van de hernieuwbare fractie van het afval als hernieuwbaar beschouwd.

**Tabel 2.1: Overzicht van momenteel in beginsel voor de Nederlandse situatie beschikbare energiebronnen die als hernieuwbaar kunnen worden beschouwd.**

| Bron                                                                                                                                                                    | Technologie                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• wind</li> <li>• zon</li> </ul>                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• windturbines</li> <li>• a) fotovoltaïsche systemen (zonnecellen)</li> <li>• b) thermische systemen (zonneboilers, droogsystemen zwembadverwarming)</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• waterkracht</li> <li>• getijden</li> <li>• golven</li> <li>• zoet/zout gradient</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• waterkrachtcentrales</li> <li>• getijdenenergiecentrales</li> <li>• golfenergiecentrales</li> </ul>                                                           |
| Bodem en lucht: <ul style="list-style-type: none"> <li>• geothermie</li> <li>• bodem energie</li> <li>• aerotherm (lucht)</li> <li>• hydrotherm (opp. water)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geothermische installaties</li> <li>• a) direct als WKO</li> <li>• b) met een warmtepomp</li> <li>• warmtepompen</li> <li>• warmtepompen</li> </ul>           |
| Biomassa                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• thermische conversie: verbranding, vergassing, pyrolyse</li> <li>• biologische conversie: vergisting</li> <li>• inzet als transportbrandstof</li> </ul>       |

Ten slotte is het van belang dat, conform de statistische overeenkomsten van het CBS, Eurostat en dergelijke, alleen op Nederlands grondgebied geproduceerde hernieuwbare energie wordt meegeteld. Hernieuwbare energie die op de Antillen wordt geproduceerd, komt niet in de balans. Internationale handel in groene stroom wordt alleen meegerekend als hierover bilaterale afspraken zijn gemaakt (zie hiervoor hoofdstuk 6). Bij biotransportbrandstoffen gaat het niet om de productie, maar om de verkochte hoeveelheden op de binnenlandse markt, ongeacht de herkomst. Ook dit is conform Europese regelgeving.

## 3 De verschillende methoden

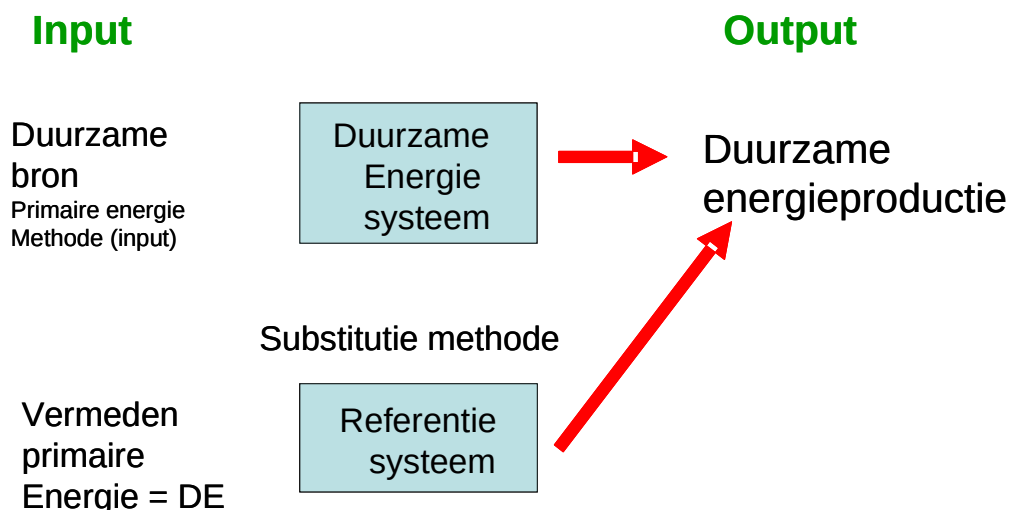
### 3.1 Substitutie,bruto-eindverbruik, primaire energie

In het protocol worden drie methoden beschreven: A de zogeheten substitutiemethode, B de methode voor de berekening van het bruto eindverbruik zoals omschreven in de Europese Richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen en C. de zogeheten primaire energie methode voor IEA/Eurostat.

- A. Bij de **substitutiemethode** gaat men uit van het principe dat hoewel energie uit iedere willekeurige bron kan worden gewonnen, elke hernieuwbare bron in de praktijk vrijwel alleen als vervanging van een bepaalde conventionele energiebron gebruikt wordt; en met die conventionele bron (de referentietechnologie) moet hij dus worden vergeleken. Elke bijdrage van een hernieuwbare bron wordt in de substitutiemethode daarom teruggerekend naar de theoretische energie-inhoud van de vervangen conventionele bron. Dit is het vermeden verbruik van fossiele primaire energie. Deze substitutiemethode maakt het mogelijk de verschillende energiebronnen (en ook warmte, elektriciteit en gas) met elkaar te vergelijken.
- Deze substitutiemethode wordt gebruikt om de Nederlandse doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie te berekenen in het kader van Schoon en Zuinig programma. Paragraaf 3.2 geeft een nadere toelichting op de substitutiemethode de berekening van de fractie hernieuwbare energie voor deze methode en keuze voor referentietechnologieën.
- B. Bij de methode voor de bepaling van het **bruto eindgebruik** van energie volgens de **Richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen** (2009/28/EG) wordt het finale energetische energieverbruik als uitgangspunt genomen. Vervolgens wordt gekeken welk deel daarvan van hernieuwbare bronnen afkomstig is. Er wordt hierbij dus niet teruggerekend naar de hoeveelheid fossiele primaire energie. Het finale energieverbruik is de energie die geleverd is aan de eindverbruiksectoren (industrie, diensten, huishoudens, transport en landbouw). Elektriciteitsopwekking door de eindverbruiksectoren zelf wordt daarbij 'verplaatst' naar de energiesector. Het *bruto* eindverbruik is inclusief het verbruik van elektriciteit en warmte door de energiesector voor het produceren van elektriciteit en warmte en inclusief het verlies aan elektriciteit en warmte tijdens de distributie en de transmissie. Belangrijk verschil met de substitutiemethoden en de primaire energiemethode is dat de eindverbruikmethode van de EU-richtlijn het niet energetisch verbruik (bijvoorbeeld aardolie voor plastics) niet meeneemt. De methode wordt gebruikt voor het volgen van de doelstellingen in deze richtlijn. Deze zijn als volgt:
- In 2020 dient van alle verbruikte energie in Europa, 20% afkomstig te zijn uit hernieuwbare bronnen. Voor Nederland is een percentage van 14% vastgesteld
  - In de transportsector geldt een doelstelling van 10% hernieuwbare transportbrandstoffen in 2020. Ook elektrisch vervoer telt hier mee.
- C. **Primaire energiemethode/ input methode.** De gegevens die verzameld worden om het aandeel hernieuwbare energie te bepalen, worden ook gebruikt voor de internationale rapportages over Nederland aan het International Energy Agency (IEA) en Eurostat. De methode die door Eurostat en IEA tot heden gebruiken bij publicaties is de primaire energie ofwel input-methode. Dat wil zeggen dat men meet hoeveel hernieuwbare energie het systeem ingaat. Deze twee organisaties hanteren sinds 1999 een *joint questionnaire* over hernieuwbare energie, om de ontwikkelingen op het gebied van hernieuwbare energie in internationaal verband te volgen. De joint questionnaire over hernieuwbare energie is gekoppeld met andere gezamenlijke vragenlijsten over energie. Voor Nederland wordt

deze vragenlijst ingevuld door het CBS.

Zij gaan uit van de directe opbrengst aan energie in de eerst bruikbare vorm en wordt daarom primaire energie of inputmethode genoemd. Met de publicatie van de Europese Richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen (2009/28/EG) komt hier verandering in. De internationale rapportage zal verbreed worden en ook volgens de bruto eindverbruikmethode uit deze richtlijn rapporteren. Eurostat zal de brutoeindverbruik methode centraal stellen.



**Figuur 3.1 Schema van de input- output- en substitutiemethode**

In fig. 3.1 is de relatie tussen de input-, output- en substitutiemethode schematisch weergegeven. Als bijvoorbeeld hout verbrand wordt in een houtkachel, geeft de inputmethode de energetische inhoud van het hout, de output de geproduceerde warmte en de substitutiemethode de energie-inhoud van het gas dat bespaard wordt.

Bij de bruto-eindverbruik methode van de EU-Richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen wordt de afhankelijk van het energiesysteem gebruikt gemaakt van de input methode danwel de output methode. Bij het voorbeeld van het verbranden van hout wordt bij bruto eindverbruik de energiewaarde van het hout genomen (dit is gelijk aan input methode). De eindverbruiker is immers de houtstoker die warmte nodig heeft.

Bij een biomassavergistingsinstallatie met gekoppeld een WKK, is de eindverbruiker degene die na de WKK zit. Hier is het bruto eindverbruik de warmte en elektriciteit door de WKK geleverd en is dus sprake van de output.

In de volgende tabel wordt per techniek kort de manier genoemd hoe de hernieuwbare energie wordt berekend per methode. In Hoofdstuk 4 en 5 zal per techniek dit uitgebreid worden toegelicht. Formules en voorbeelden van de berekening staan in de factsheets uitwerkt.

**Tabel 3.1: Overzicht van berekeningsmethoden per techniek**

|                                  | <b>Substitutie</b>                                                   | <b>Richtlijn<br/>hernieuwbare<br/>energie</b> | <b>Input methode<br/>IEA/EUROSTAT</b> |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| 4.1 Waterkracht                  | Elek genormaliseerd / subs_fact                                      | Elek genormaliseerd                           | Elek                                  |
| 4.2 Windenergie                  | Elek genormaliseerd / subs_fact                                      | Elek genormaliseerd                           | Elek                                  |
| 4.3 Zonthermisch                 | Warmte <sup>4</sup> / subs_fact                                      | Warmte                                        | Warmte                                |
| 4.4 PV                           | Elek / subs_fact                                                     | Elek                                          | Elek                                  |
| 4.5 Geothermie (dieper dan 500m) | Warmte/subs_fact                                                     | Warmte                                        | Warmte                                |
| 4.6 Bodemenergie                 | Bodemkoude/subs_fact + bodemwarmte/subs_fact - ElekVerbrWP/subs_fact | Bodemwarmte                                   | Niet meegerekend                      |
| 4.7 Aerothermische energie       | Warmte/subs_fact - ElekVerbrWP/subs_fact                             | Warmte                                        | Niet meegerekend                      |
| 4.8 Hydrothermische energie      | Koude/subs_fact                                                      | Warmte                                        | Niet meegerekend                      |
| 5.1 Afvalverbranding             | (Elek / subs_fact + warmte / subs_fact) * % hernieuwbaar             | Elek(bruto) + warmte) * % hernieuwbaar        | Afval * % hernieuwbaar                |
| 5.2 Houtskool                    | Houtskool * conv_fact (0%) / subs_fact warmte (niet meegerekend)     | Houtskool                                     | Houtskool                             |
| 5.3 Kleinschalig hout            | Hout * conv_fact (10%-85%) /subs_fact                                | Hout                                          | Hout                                  |
| 5.4 Houtkachels > 18 KW          | Hout * conv_fact (85%) /subs_fact                                    | Hout                                          | Hout                                  |
| 5.5. Verbranding biomassa        | Elek / subs_fact + warmte / subs_fact                                | Elek(bruto) + Warmte                          | Biomassa                              |
| 5.6 Meestoken biomassa           | Biomassa                                                             | Elek(bruto) + Warmte                          | Biomassa                              |
| 5.7 Biomassa vergisting          | Elek / subs_fact + warmte / subs_fact + biogas                       | Elek(bruto) + Warmte (gealloceerd)            | Opgewekt biogas                       |
| 5.8 Biobrandstoffen              | Biobrandstoffen                                                      | Biobrandstoffen                               | Biobrandstoffen                       |

Dit drie methoden leiden tot grote verschillen met elkaar, vooral in de volgende twee gevallen:

- Bij de directe productie van hernieuwbare elektriciteit (wind, water, zon), is 1 GJ geproduceerd in de inputmethode 1 GJ in de statistieken. Bij de Nederlandse substitutie methode wordt gedeeld door het referentierendement om de substitutie van fossiele brandstoffen te berekenen. Voor 2008 komt dat uit op  $1/0,427 = 2,3$  GJ; bij het Bruto-eindverbruik wordt het genormaliseerd met de geïnstalleerde vermogen van de jaren ervoor en komt het voor 2008 net onder de 1 GJ uit.
- Bij lage conversierendementen (bijvoorbeeld biomassaverbranding met 50% warmterendement), staat bij de inputmethode 1 GJ biomassa voor 1 GJ duurzame energie. Bij de substitutie methode levert dit 0,5 GJ warmte op gedeeld door het referentierendement van 90% = 0,56 GJ. Bij het bruto-eindverbruik wordt de warmte

<sup>4</sup> Bij zonthermisch is de warmte voor de substitutiemethode andere warmte dan de warmte voor de RED en de primaire energiemethode.

genomen indien deze wordt verkocht en het gebruikte biogas voor het opwekken van de warmte indien de warmte niet wordt verkocht.

In een aantal gevallen is er sprake van directe substitutie van een fossiele energiedrager door een hernieuwbare energiebron. Dit is bijvoorbeeld het geval bij meestook in een kolencentrale of bij biotransportbrandstoffen. In dit geval past het protocol de directe substitutie toe. De inzet van een primaire energiedrager wordt in een dergelijk geval direct vermeden. Dit houdt in dat de vermeden primaire energie gelijk is aan de hernieuwbare bron (input).

### **LCA's**

In de berekening van het aandeel hernieuwbare energie volgens de drie methoden wordt geen levenscyclusanalyses (LCAs) uitgevoerd.

De levenscyclus analyse vergelijkt het hele productieproces van de hernieuwbare met conventionele energiedragers. Worden ketenemissies in kaart gebracht dan spreekt men van een LCA methode. Vooral bij biobrandstoffen is het gebruikelijk om een dergelijke analyse te maken (well to wheel), omdat bij de productieproces van biobrandstoffen veel van het uitgespaarde CO<sub>2</sub> verloren gaat. In de Europese richtlijn Hernieuwbare Energie staat een LCA rekenmethode gegeven om de besparing van broeikasgasemissies van biobrandstoffen t.o.v fossiele brandstoffen te kunnen berekenen. Hiermee wordt inzicht verkregen in de mate van duurzaamheid van de biobrandstof en kunnen er minimale duurzaamheidseisen (minimale CO<sub>2</sub> reductie) gesteld worden. In het geval van de RED gaat het daarbij om een LCA berekening op basis van broeikasgasemissies. Ook andere emissies dan CO<sub>2</sub> worden hierbij dus meegenomen en deze worden omgerekend naar CO<sub>2</sub> equivalenten. Het resultaat van de LCA-berekening wordt niet gebruikt om de energetische waarde van de biobrandstof te corrigeren. Biobrandstoffen die aan de minimale CO<sub>2</sub> reductie voldoen worden volledig meegeteld als hernieuwbaar.

Bij het telen van de grondstoffen en de productie van biobrandstoffen wordt relatief veel fossiele energie gebruikt en wordt vaak ook een substantiële hoeveelheid niet-CO<sub>2</sub> broeikasgassen uitgestoten (bijvoorbeeld door het kunstmestgebruik bij de productie van koolzaad voor biodiesel). Over de hele keten gezien is het vermeden verbruik van fossiele primaire energie en de vermeden emissie van broeikasgassen dan ook lager dan het primaire energieverbruik en de broeikasgasemissie van de vervangen fossiele brandstoffen. Bij de huidige generatie biobrandstoffen gaat het naar schatting om een kleine 80% vermeden primaire energie per eenheid vervangen biobrandstof. Voor CO<sub>2</sub> is de vermeden emissie nog duidelijk lager van minimaal 35% tot ongeveer 71% voor suikerrietethanol en 83% voor biodiesel uit afvalolieën.

Voor de substitutiemethode wordt voor het Protocol aangenomen dat 1 joule biobrandstoffen leidt 1 joule vermeden primaire energie. Dat is dus een overschatting.

De reden daarvoor is dat het voor de eenvoud aantrekkelijk is om geen LCA te gebruiken en dat de afwijking met de werkelijkheid nog acceptabel is. Voor de vermeden emissie van broeikasgassen leidt het weglaten van de LCA berekening tot een te grote afwijking van de realiteit. Daarom worden in het kader van dit Protocol geen vermeden emissies van broeikasgassen berekend voor biobrandstoffen.

In bijlage 5 van de richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen wordt een rekenmethode aangegeven en defaultwaarden voor broeikasemissiereducties omgerekend naar CO<sub>2</sub> equivalenten op basis van een levenscyclusanalyse (LCA). Voor de berekening van de CO<sub>2</sub> reductie van biobrandstoffen t.o.v fossiel brandstof is het daarom gekozen om hiernaar te verwijzen<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> 091006 Memo LCA biobrandstoffen



## 3.2 Toelichting op de substitutiemethode

Deze paragraaf geeft een nadere toelichting op de substitutie methode, de berekening van de fractie hernieuwbare energie voor deze methode en keuze voor referentietechnologieën.

Bij het bepalen van de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen is het niet altijd mogelijk of zinvol exact vast te stellen wat de systeemgrenzen zijn. Wat is bijvoorbeeld de energiedrager en wat de bron van windenergie? Daarom werken we met het begrip hernieuwbare energieproductie, dat als volgt wordt gedefinieerd:

*Hernieuwbare energieproductie is de nettoproductie van de secundaire energiedragers elektriciteit, warmte en brandstof uit hernieuwbare energiebronnen, gecorrigeerd met een substitutiefactor*

Voor de bepaling van de netto-energieproductie is het nodig om rekening te houden met het verbruik de installatie zelf, van buitenaf aan de installatie toegevoerde energie en het niet-gebruikte deel van de energieopbrengst. Dit moet op de brutoproductie in mindering worden gebracht. Dit deel, waaronder ook transportverliezen en dergelijke vallen, 'verdwijnt' namelijk en levert dus ook geen bijdrage.

Oftewel:

*Netto energieproductie = bruto energieproductie  
min eigen energieverbruik installatie,  
min aan installatie toegevoerde energie,  
min niet-gebruikt deel energieproductie.*

Voor de substitutiemethode is het van belang te weten hoeveel primaire energie vermeden wordt door de inzet van het hernieuwbare energiesysteem. Dat houdt in dat van de hernieuwbare energieproductie moet worden vastgesteld hoeveel primaire fossiele energie nodig was geweest om een gelijke hoeveelheid energie op te wekken. Dit kan door van de hernieuwbaar geproduceerde secundaire energiedrager, door middel van een referentie terug te rekenen naar primaire energie. Dit is de zogenaamde substitutiemethode, die tot op heden in Nederland wordt gebruikt. De vermeden primaire energie is de geproduceerde hernieuwbare energie.

### 3.2.1 Fractie hernieuwbare energie voor substitutie-methode

De overheid heeft een doelstelling opgesteld als percentage hernieuwbare energie van het totale energiegebruik. Door de substitutiemethode ontstaat er een probleem voor het bepalen van dit percentage als de fractie hernieuwbare energie groot wordt, want dan valt het percentage te hoog uit. Om in de toekomst dit probleem te voorkomen wordt nu al een methode toegepast die daarvoor corrigeert. In bijlage 1A wordt deze methodiek en de aanleiding ervoor toegelicht. De formule die gehanteerd wordt is:

$$\frac{\text{totaal vermeden primaire energie}}{\text{TVB} - \text{hernieuwbare energie in TVB} + \text{totaal vermeden primaire energie}}$$

Hierin is TVB het totale energieverbruik in Nederland en totaal vermeden primaire energie de hernieuwbare energieproductie bepaald volgens dit protocol.

### 3.2.2 Referentietechnologieën voor substitutie

De productie van hernieuwbare energie wordt uitgedrukt in hoeveelheden van de secundaire energiedragers, oftewel de energieproducten elektriciteit, warmte en (verschillende soorten) brandstof. Voor elk daarvan kunnen aannamen worden gedaan over de referentietechnologie: de conventionele methode waarmee dat energieproduct anders zou zijn opgewekt. Omdat van die methode het rendement bekend is, kan worden bepaald wat de theoretische energie-inhoud was van die conventionele energiedrager die men nu niet heeft hoeven gebruiken. Deze inhoud wordt de hoeveelheid (vermeden) primaire energie genoemd. Via de vermeden primaire energie kunnen alle energiebronnen met elkaar worden vergeleken. Daarnaast maakt het vaststellen van een referentietechnologie het mogelijk te bepalen hoeveel uitstoot van vervuilende stoffen is vermeden door die hernieuwbare energiebron te gebruiken.

### 3.2.3 De keuze van referentietechnologieën

Bij het kiezen van referentietechnologieën moet aan verschillende voorwaarden worden voldaan. Ten eerste moet over de referentietechnologieën informatie beschikbaar zijn in bij voorkeur jaarlijks gepubliceerde statistieken. Verder moet, omdat ook de conventionele technieken telkens worden verbeterd op het gebied van rendement en uitstoot, een vergelijking steeds plaatsvinden met gegevens over hetzelfde jaar als waarin de hernieuwbare energie is geproduceerd waarover men rapporteert. Dat betekent dat voor een lopend jaar referentiegegevens over dat lopende jaar beschikbaar moeten zijn – of althans zo recent mogelijke gegevens. Voor een 'vooruitblik' zijn gegevens nodig over de toekomst. Aangezien ongeveer bekend is hoe het conventionele productiepark er in 2010 en 2020 uit zal zien, kan men (eventueel met behulp van interpoleren of zelfs extrapoleren) voor een toekomstig moment een benadering maken van de bijdrage van een bepaalde hernieuwbare energiebron.

In dit protocol is een beperkt aantal referentietechnologieën gekozen (tabel 3.2). Voor gas en overige biobrandstoffen is de keuze tamelijk eenvoudig; over elektriciteit, warmte en energiebesparing valt nog iets extra te zeggen.

- Voor elektriciteit geldt als referentie de mix van in de beschouwde periode gangbare technieken om elektriciteit uit fossiele en nucleaire brandstoffen te winnen. Hierbij wordt uitgegaan van centrale opwekking inclusief centrales met weinig warmtebenutting (tot 20%). Centrales met veel warmtebenutting (met meer dan 20%) worden niet meegenomen. Een onderbouwing wordt gegeven in het Protocol Monitoring Energiebesparing 2010. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen een situatie zonder transport- en distributieverliezen (1a) en een situatie met verliezen (1b); voor elk gelden eigen kentallen. In het geval van bij- en meestook wordt de directe substitutiemethode toegepast voor de berekening van de hernieuwbare energieproductie (1c,1d).
- Voor warmteproductie wordt onderscheid gemaakt tussen kleine vermogens ( $<100 \text{ kW}_{\text{th}}$ ) zoals gebruikt in huishoudens en diensten, en grote vermogens ( $>100 \text{ kW}_{\text{th}}$ ) zoals gebruikt in de industrie, de landbouw en zwembaden. Voor grote vermogens gelden gasketels als referentie (3); voor kleine vermogens wordt een nader onderscheid gemaakt tussen warmtapwaterapparatuur (2a) en ruimteverwarmingsapparatuur (2b). Zonneboilers vallen niet in deze categorie; daarvoor wordt een andere aanpak gevolgd (referentie 7). In geval van bij- en meestook geldt voor de warmteproductie hetzelfde als bij elektriciteit (2c en 2d).
- Voor transportbrandstoffen geldt als referentie de hoeveelheid brandstof die wordt vervangen.
- Sommige hernieuwbare energiebronnen worden niet direct waargenomen, bijvoorbeeld omdat de energieproductie 'achter de meter' plaatsvindt of omdat ze geïntegreerd zijn in een groter systeem waarbij de energiebron mede bijdraagt aan energiebesparing.

Voor dergelijke bronnen (7) is de referentietechnologie niet altijd op eenduidige wijze vast te stellen. Dit geldt bijvoorbeeld voor zonneboilers en warmte/koudeopslag.

In dergelijke gevallen is het praktischer om de bijdrage van de energiebron direct in vermeden energieproducten (energiebesparing) of in vermeden primaire energie (brandstofbesparing) uit te drukken.

- Soms vervangt een hernieuwbare bron direct een fossiele bron zonder dat er sprake is van productie van warmte of elektriciteit, bijvoorbeeld als biomassa wordt bijgestookt in een industrieel proces. In dat geval wordt direct de vermeden brandstof meegenomen als bijdrage aan de hernieuwbare energie en is er in feite dus niet sprake van een referentietechnologie die wordt gebruikt. In dat geval staat in tabel 3.2. "directe substitutie"

**Tabel 3.2: Referentietechnologieën per hernieuwbaar verkregen energieproduct**

| energieproduct                            | Referentietechnologie                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| elektriciteit                             | 1a) elektriciteitsproductie (mix, productie)<br>1b) elektriciteitsproductie (mix, geleverd bij gebruiker)<br>1c) directe substitutie van kolen (bij- en meestook in kolencentrales)<br>1d) directe substitutie van gas (bij- en meestook in gascentrales)                                     |
| warmte                                    | 2a) kleine vermogens: warmtapwaterapparatuur (algemeen)<br>2b) kleine vermogens: ruimteverwarmingsapparatuur<br>2c) directe substitutie van kolen (bij- en meestook in kolencentrales)<br>2d) directe substitutie van gas (bij- en meestook in gascentrales)<br>3) grote vermogens: gasketels |
| gas                                       | 4) aardgas                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| overige<br>biobrandstoffen                | 5) aardgas<br>6) directe substitutie van fossiele transportbrandstoffen                                                                                                                                                                                                                       |
| energiebesparing                          | 7) diverse                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Industriële<br>warmte of<br>elektriciteit | 8) directe substitutie                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Koude productie                           | 9) compressie koelmachine                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Nu per energieproduct een referentietechnologie is gekozen, kunnen ook aan de energiebronnen zulke referenties worden toegekend. Sommige bronnen kunnen meer dan één soort energieproduct leveren; dan zijn ook meer referentietechnologieën van toepassing. In hoofdstuk 4 en 5 wordt per energiebron de referentietechnologie aangegeven.

### 3.2.4 De rendementen van de referentietechnologieën

Uit kwantitatieve informatie over energieproducten, conversierendementen en emissies van referentietechnologieën en hernieuwbare energiebronnen kunnen de vermeden primaire energie en de vermeden emissies van kooldioxide en verzurende stoffen worden berekend. Afhankelijk van het doel van de rapportage (historische ontwikkeling, huidige bijdrage of prognose) zijn kentallen betreffende het verleden, het heden en de toekomst nodig. Deze kentallen worden in deze paragraaf gegeven; de rekenmethoden die hierbij nodig zijn, worden in het volgende hoofdstuk behandeld.

#### Elektriciteitsproductie

De conversie- en emissiekentallen voor elektriciteitsproductie (referenties 1a-d) zijn opgenomen in tabel 3.3.

Wat betreft het verleden zijn deze gebaseerd op gegevens uit de statistiek Productiemiddelen Elektriciteit van het CBS en de Nationale Brandstoffenlijst van AgentschapNL. Een nadere uitwerking van de berekening van het referentierendement zal te vinden zijn in het Protocol Monitoring Energiebesparing 2010. Dit Protocol doet geen uitspraak over de CO<sub>2</sub>-emissiefactoren. Deze zijn voor het Protocol Hernieuwbare Energie bepaald uit de gemiddelde

emissiefactor van kolen, aardgas en kernenergie, gewogen met de inzet van deze drie energiedragers in het referentiepark.

De omzettingsrendementen zijn berekend op basis van de onderwaarde van de energieinhoud van de brandstoffen en de energieinhoud van de netto geproduceerde energiedragers elektriciteit en warmte. Het betreft alleen elektriciteitsproductie op basis van niet-hernieuwbare bronnen, zoals kolen, aardgas of kernenergie. Het betreft alleen productie eenheden die primair gericht zijn op elektriciteitsproductie, waarbij soms in beperkte mate warmteproductie plaats vindt. Een deel van de input wordt toegerekend aan de warmteproductie, waardoor het elektrisch rendement iets hoger uitvalt dan de verhouding tussen totale input en elektriciteitsproductie. Het betreft alle productie in Nederland, inclusief productie voor het buitenland. Aan uitgevoerde of binnenlands verbruikte elektriciteit wordt naar rato brandstofinput toegerekend, zodat het overall rendement ook geldt voor het binnenlands verbruik. In geval van een importsaldo wordt verondersteld dat deze met eenzelfde gemiddeld rendement is opgewekt als het geval is bij de binnenlandse productie. Hierdoor heeft import van elektriciteit geen invloed op het te hanteren gemiddelde rendement.

Een nadere uitwerking is te vinden in bijlage 1. Hierbij is verondersteld dat hernieuwbare energiebronnen besparen op binnenlandse productie, niet op de import van elektriciteit. Indien de transport- en distributieverliezen tussen de hernieuwbare energiebron en de gebruiker van de ermee opgewekte elektriciteit te verwaarlozen zijn (referentie 1b), moeten de referentiekentallen worden gecorrigeerd omdat bij conventionele technieken wél verliezen optreden. Dit is ongeveer 4,4%. De omzettingsrendementen uit referentie 1a worden hiertoe vermenigvuldigd met een verliesfactor  $f_v$  die is gebaseerd op dit verliespercentage.

**Tabel 3.3: Overzicht van de elektrische omzettingsrendementen en emissiefactoren voor elektriciteitsproductie (referentie 1a en 1b) voor de periode 2000–2008. Bron: ECN en CBS 2010, berekening voor Protocol monitoring energiebesparing, mei 2010**

| kental                                       | eenheid               | 2000  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  |
|----------------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| elektrisch omzettingsrendement (onderwaarde) | %                     | 41,8  | 42,1  | 43,0  | 43,7  | 42,7  |
| - productie (1a)                             | %                     | 39,8  | 40,2  | 41,0  | 41,7  | 40,8  |
| - geleverd bij verbruiker (1b)               |                       |       |       |       |       |       |
| emissiefactor CO <sub>2</sub> - gemiddeld    | kg/GJ <sub>prim</sub> | 71,3  | 68,9  | 68,9  | 68,9  | 68,9  |
| - productie (1a)                             | kg/kWh <sub>e</sub>   | 0,614 | 0,589 | 0,577 | 0,568 | 0,581 |
| - geleverd bij verbruiker (1b)               | kg/kWh <sub>e</sub>   | 0,645 | 0,617 | 0,605 | 0,595 | 0,608 |
| verlies bij transport en distributie         | %                     | 4,73  | 4,43  | 4,39  | 4,43  | 4,38  |

Op het moment van uitbrengen van dit protocol zijn de toekomstige omzettingsrendementen nog niet bepaald. ECN Beleidsstudies gaat deze berekenen aan de hand van referentieramingen.

In het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie en het Protocol Monitoring Energiebesparing (PME) werden het elektrisch rendement op verschillende wijzen bepaald. Aangezien beide protocollen werden herzien is besloten, dit op elkaar af te stemmen en de berekening van het referentierendement gelijk te trekken. Hierdoor zult u andere rendementen en CO<sub>2</sub>-emissiefactoren aantreffen dan in de vorige versie van dit Protocol. De uitkomsten van berekeningen van de verschillende hernieuwbare energieaandelen, uitgevoerd door het CBS zullen daardoor ook wijzigen.

De exacte methode van de berekening van het referentierendement vind u in het Protocol Monitoring Energiebesparing 2010.

## Warmteproductie

Warmteproductie in huishoudens en diensten vindt meestal plaats in gasgestookte en elektrische toestellen met kleine vermogens ( $<100 \text{ kW}_{\text{th}}$ ). Dat is voldoende voor tapwater- en ruimteverwarming. Wanneer een hernieuwbare energiebron wordt ingezet voor tapwaterverwarming, voorziet deze in het algemeen slechts in een deel van de warmtebehoefte; de resterende warmte wordt geproduceerd door een conventioneel warmwatertoestel. De stilstandsverliezen daarvan worden als gevolg van het inzetten van de hernieuwbare bron doorgaans nauwelijks verlaagd ten opzichte van de situatie waarin dit toestel de gehele warmteproductie verzorgt. Daarom wordt voor het omrekenen naar vermeden primaire energie geen gebruik gemaakt van het gebruiksrendement maar van het opwekkingsrendement: de verhouding tussen de door het water opgenomen energie en de toegevoerde energie (dus exclusief stilstands- en waakvlamverliezen). In de praktijk kunnen hier grote variaties in optreden, die in sommige gevallen worden beïnvloed door de hernieuwbare energiebron. Voor warmtapwaterproductie wordt daarom als vaste referentie (2a) een gasgestookt warmwatertoestel met een opwekkingsrendement voor warmtapwaterproductie van 65% (onderwaarde) gehanteerd. De vooronderstelling daarbij is dat hernieuwbare energiebronnen bij warmtapwaterproductie, vooral gasketels met hoge opwekkingsrendementen vervangen.

Bij ruimteverwarmingsapparatuur kan onderscheid worden gemaakt tussen individuele centrale verwarming, (gas)kachels en collectieve verwarming.

In dit protocol wordt voor alledrie als vaste referentie (2b) een gasketel met een opwekkingsrendement voor ruimteverwarming van 95% (onderwaarde) gebruikt.

Voor warmteproductie in de industrie en de landbouw zijn grote vermogens ( $>100 \text{ kW}_{\text{th}}$ ) nodig. Dit geldt ook voor bijvoorbeeld zwembaden en droogprocessen. Helaas ontbreken volledige gegevens over de gebruikte toestellen en hun gemiddelde opwekkingsrendement. Als referentie (3) wordt daarom een gasketel met een gemiddeld opwekkingsrendement van 90% (onderwaarde) voor warmteproductie genomen. De gegevens hiervoor staan in tabel 3.4.

**Tabel 3.4: Overzicht van de thermische omzettingsrendementen (onderwaarden) en emissiefactoren voor de periode 1990 tot en met 2020 van warmtapwaterproductie en ruimteverwarming (referenties 2a-b en 3)**

| kental                                                 | eenheid | 1990 | 2000 | 2005 | 2008 | 2010 | 2020 |
|--------------------------------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|
| omzettingsrendement bij $< 100 \text{ kW}_{\text{th}}$ | %       | 65   | 65   | 65   | 65   | 65   | 65   |
| • warmtapwater (2a)                                    | %       | 95   | 95   | 95   | 95   | 95   | 95   |
| • ruimteverwarming (2b)                                |         |      |      |      |      |      |      |
| omzettingsrendement bij $> 100 \text{ kW}_{\text{th}}$ | %       | 90   | 90   | 90   | 90   | 90   | 90   |
| warmtapwater en ruimteverwarming (3)                   |         |      |      |      |      |      |      |
| Emissiefactor $\text{CO}_2$                            | kg/GJ   | 56,8 | 56,8 | 56,8 | 56,7 | 56,7 | 56,7 |

## Energiebesparing

Van een aantal hernieuwbare energiebronnen, vooral bij de productie van warmte, heeft de bijdrage vooral de vorm van besparing, dat wil zeggen dat minder elektriciteit of aardgas wordt gebruikt. In dergelijke gevallen (referentie 7) wordt gerekend met de kentallen uit de voorgaande categorieën. In hoofdstuk 4 wordt besproken hoe deze berekening plaatsvindt. Dit kan voor veelvuldig toegepaste technieken op een generiek niveau gebeuren (bijvoorbeeld als een algemeen statistisch kental voor de energiebesparing met zonneboilers) of op een meer gedetailleerd niveau voor technieken die een per project variërende grootte kennen (aardwarmte, warmte/koude opslag, warmtepompen) en waar men over informatie beschikt over de specifieke referentiesituatie.



## 4 UITWERKING PER HERNIEUWBARE ENERGIEBRON

In dit hoofdstuk worden per hernieuwbare energiebron de gegevens besproken die nodig zijn om de bijdrage van elke bron aan de energievoorziening in Nederland te bepalen: de benodigde basisgegevens, de referentietechnologieën en eventueel de kentallen voor toekomstige energieproductie of -besparing. De rekenwijze voor de substitutiemethode, bruto-eindverbruik en de primaire energie (input) methode wordt ook gegeven. Bij sommige bronnen wordt tevens vermeld welke gemiddelde energieproductie per monitoringeenheid moet worden gehanteerd voor prognoses en doelstellingen tot en met het jaar 2020 (bijvoorbeeld de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit in kWh per kW geïnstalleerd vermogen). Op deze wijze is voor die jaren een omrekenfactor vastgelegd voor vermogens en aantallen, uitgedrukt in energieproducten, vermeden primaire energie en vermeden emissies. Voor het winnen van energie uit afval en biomassa zijn zoveel verschillende werkwijzen beschikbaar, er is gekozen om deze in het volgende hoofdstuk apart op te nemen.

### 4.1 Waterkracht

#### **Basisgegevens**

- het nominaal vermogen per systeem ( $MW_e$ );
- de gemeten netto en bruto elektriciteitsproductie ( $GWh_e$ ).

#### **Kentallen voor toekomstige projecten**

- uit de monitoring van de projecten in Nederland blijkt dat de gemiddelde opbrengst voor waterkrachtcentrales  $2,7 MWh_e/kW$  is.

#### **A. Substitutiemethode**

Besloten is om bij de berekening van de elektriciteitsproductie van waterkracht en windkracht (zie 4.2) te normaliseren volgens de methode omschreven in de richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen. Voor het volgen van de beleidsdoelen is het belangrijk om fluctuaties weg te middelen. De hoeveelheid waterkracht is minimaal in Nederland. Met name voor windenergie is dit belangrijk.

Elektriciteit dat is opgewekt met waterkracht wordt genormaliseerd over 15 jaar. Dit is het geïnstalleerd vermogen maal een normalisatie factor (het gemiddelde van 15 jaar opgewekte elektriciteit gedeeld door geïnstalleerd vermogen in dat jaar).

De berekeningsformule wordt in de factsheet behandeld

De vermeden primaire energie als bijdrage hernieuwbare energie is de genormaliseerde elektriciteitsproductie gecorrigeerd met als referentietechnologie het elektriciteitsrendement (mix-af productie).

#### **B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

Elektriciteit dat is opgewekt met waterkracht wordt genormaliseerd over 15 jaar. Bruto eindverbruik is het geïnstalleerd vermogen maal een normalisatie factor (het gemiddelde van 15 jaar opgewekte elektriciteit gedeeld door geïnstalleerd vermogen in dat jaar).

De berekeningsformule wordt in de factsheet behandeld

#### **C. Primaire energie (input) methode**

De inputmethode neemt direct de elektriciteitsproductie als hernieuwbare energieproductie. Er wordt niet gecorrigeerd of genormaliseerd.

## 4.2 Windenergie

### Basisgegevens

- het nominaal elektrisch vermogen ( $MW_e$ );
- de gemeten netto en bruto elektriciteitsproductie ( $GWh_e$ );

### Kentallen voor toekomstige projecten<sup>6</sup>

- nieuw te plaatsen windturbines, onshore:  $2.200 \text{ kWh}_e/\text{kW}$ ;
- nieuw te plaatsen windturbines, offshore:  $3.650 \text{ kWh}_e/\text{kW}$ .

### A. Substitutiemethode

Besloten is om bij de berekening van de elektriciteitsproductie van waterkracht en windkracht te normaliseren volgens de methode omschreven in de richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen. Met name voor windenergie is het belangrijk om fluctuaties weg te middelen. Elektriciteit dat is opgewekt met windkracht wordt genormaliseerd over 5 jaar. Dit is het geïnstalleerd vermogen maal een normalisatie factor (het gemiddelde van 5 jaar opgewekte elektriciteit gedeeld door geïnstalleerd vermogen in dat jaar). De berekeningsformule wordt in de factsheet behandeld.

Er is een duidelijk verschil in de productieopbrengst tussen energie door wind op land en wind op zee. De opbrengst van de laatste is hoger. Er zal de komende jaren meer wind op zee geplaatst worden. Om deze extra opbrengst niet af te vlakken met normaliseren wordt voor de substitutiemethode een onderscheid gemaakt tussen wind-op-land en wind-op-zee als er 5 windjaren bereikt zijn. Vanaf 2011 worden wind-op-land en wind-op-zee apart genormaliseerd. De richtlijn energie uit hernieuwbare bronnen energie maakt geen onderscheid tussen wind op land en wind op zee.

De vermeden primaire energie als bijdrage hernieuwbare energie is de genormaliseerde elektriciteitsproductie gecorrigeerd met als referentietechnologie het elektriciteitsrendement (mix-af productie).

### Opmerking

Voor de (kleine) elektriciteitsproducenten die niet gekoppeld zijn aan het net en voor eigen gebruik opwekken (zelfopwekkers) moet in het algemeen een schatting worden gemaakt. Dit wordt gedaan met behulp van de windindex of 'windex'.

### B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen

Elektriciteit dat is opgewekt met windkracht wordt genormaliseerd over 5 jaar. Bruto eindverbruik is het geïnstalleerd vermogen maal een normalisatie factor (het gemiddelde van 5 jaar opgewekte elektriciteit gedeeld door geïnstalleerd vermogen in dat jaar). De berekeningsformule wordt in de factsheet behandeld.

### C. Primaire energie (input) methode

De geproduceerde elektriciteit is voor de statistieken, die gebaseerd zijn op de inputmethode, de bijdrage aan hernieuwbare energie.

---

<sup>6</sup> Deze getallen wijken af van de voor de SDE gehanteerde waarden, omdat deze een andere achtergrond hebben: in de SDE wordt het aantal vollasturen gebruikt om de onrendabele top te berekenen, waarbij een zodanig aantal vollasturen is gekozen dat het maximaal aantal in 10 jaar gehaald zou moeten kunnen worden. Voor dit protocol is deze periode niet relevant. De waarden zijn echter wel terug te vinden in de SDE. Meer info op [http://www.Agentschap\\_NL.nl/SDE](http://www.Agentschap_NL.nl/SDE).



## 4.3 Het thermisch gebruik van zonne-energie

Slechts in zeer weinig gevallen kunnen we de warmteproductie door thermische zonne-energiesystemen direct meten. De meeste dergelijke systemen bevinden zich namelijk 'achter de meter' bij mensen thuis. Voor een schatting van hun bijdrage (productie of besparing) worden daarom kentallen gebruikt die zijn gebaseerd op aantallen installaties en het opgestelde collectoroppervlak. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende typen systemen.

- zonneboilers - systemen voor warmtapwater met een afgedekte collector (oppervlak < 6 m<sup>2</sup>); vooral toegepast in woningen (zie 4.3.1);
- overige thermische zonne-energiesystemen (zie 4.3.2), bestaande uit:
  - systemen voor warmwater met een afgedekte collector (oppervlak > 6 m<sup>2</sup>); vooral toegepast in de utiliteitsbouw en collectieve systemen voor flats;
  - systemen voor warmteproductie met behulp van onafgedekte collectoren, vooral gebruikt voor de badwaterverwarming van zwembaden.

Voor de internationale rapportage wordt geen onderscheid gemaakt naar de toepassing van grote en kleine systemen. Er wordt wel gevraagd naar de verhouding zonthermische systemen voor ruimteverwarming en het aandeel vacuümbuiscollectoren. Deze aandelen worden geschat op basis van de mening van experts uit de branche. Het IEA Solar Heating and Cooling programma en Estif (de Europese branche) zijn bezig om de resultaten uit het ThERRA project aan te passen tot een uniforme methode voor de monitoring van hernieuwbare energie uit thermische zonne-energie. De resultaten zijn nog niet bekend. Voor de substitutiemethode is nu niets veranderd. Voor de methode van de RED is aangesloten op de te verwachten aanpak.

### Basisgegevens

- het type systeem;
- het aantal systemen;
- het opgesteld oppervlak per systeem (m<sup>2</sup>);
- jaarlijkse globale straling (MJ/m<sup>2</sup>).

### A. Substitutiemethode

De bijdrage hernieuwbare energie is de primaire energie voor warmteproductie die bespaard wordt, gecorrigeerd met de primaire energie nodig voor het elektriciteitsverbruik

Voor zonneboilers:

- eigen energieverbruik (elektriciteit, geleverd bij gebruiker);
- energiebesparing.

Voor overige actieve thermische zonne-energiesystemen en nichemarkten:

- eigen energieverbruik (elektriciteit, geleverd bij gebruiker);
- ruimteverwarming;
- warmteproductie.

Kentallen voor toekomstige projecten

- Voor 2010 en 2020 worden voor zonneboilers dezelfde energiebesparingskentallen verondersteld als voor het jaar 2005 (tabel 4.3.2).

Opmerkingen

De totale capaciteit van alle geïnstalleerde zonnecollectoren wordt meestal uitgedrukt in m<sup>2</sup> collectoroppervlak. Om dit getal vergelijkbaar te maken met andere bronnen is door de internationale zonneboilerindustrie in samenwerking met het *Solar Heating and Cooling Programme* van het International Energy Agency afgesproken<sup>7</sup> dat een vierkante meter

<sup>7</sup> Persbericht IEA-SHC and Estif, 10 november 2004. [www.iea-shc.org](http://www.iea-shc.org) en [www.estif.org](http://www.estif.org).

zonnecollector overeenkomt met een vermogen van 0,7 kW<sub>th</sub>. Deze omrekenfactor geldt voor alle typen collectoren.

### **B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

De meeste zonneboilers staan bij de eindgebruiker. Het bruto eindverbruik is in dat geval de zonne-energie die de eindgebruiker benut, dus de inputmethode (zie C). Alleen bij zonne-energie die geleverd wordt aan een distributienet gaat het om de thermische output van het zonthermische systeem en moet de output methode worden gebruikt. In die gevallen is per project de geleverde warmte bekend en kan de werkelijke productiegenomen worden.

### **C. Primaire energie (input) methode**

De bijdrage aan hernieuwbare energie voor de statistieken van Eurostat/IEA wordt berekend aan de hand van het vermogen (geïnstalleerde collectoroppervlak).

## **4.3.1 Zonneboilers**

### **A. Substitutiemethode**

De energiebesparing bij warmtapwaterproductie verschilt sterk van installatie tot installatie. Daarom worden voor het berekenen ervan de volgende algemene uitgangspunten gehanteerd:

- gemiddeld 45% van de warmtevraag voor warmtapwater in huishoudens wordt gedekt door zonneboilers<sup>8</sup>;
- de warmtevraag voor warmtapwater wordt gelijkgesteld aan het gemiddelde aardgasverbruik van warmtapwaterapparatuur, uitgedrukt in m<sup>3</sup>/jaar (tabel 4.3.1);
- voor het extra eigen elektriciteitsverbruik van een zonneboiler wordt voor 2010 de volgende aanname gehanteerd: 30 kWh<sub>e</sub>/jaar (tabel 4.3.2);
- het gaat hier uitsluitend om de nettoproductie; het eigen elektriciteitsverbruik van de zonneboiler wordt volgens de substitutiemethode omgerekend in primaire energiedragers en afgetrokken van de energiebesparing (uitgedrukt in vermeden primaire energie).

**Tabel .4.3.1 : Kentallen aardgasbesparing door zonneboilers<sup>9</sup>**

|                                  | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| verbruik [m <sup>3</sup> /jaar]  | 400  | 365  | 375  | 383  | 383  | 379  | 366  |
| besparing [m <sup>3</sup> /jaar] | 180  | 164  | 169  | 172  | 172  | 171  | 165  |

**Tabel 4.3.2: Kentallen extra eigen energieverbruik zonneboilers ten opzichte van referentie (HR-ketel)<sup>10</sup>**

|                             | vóór 2000 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|-----------------------------|-----------|------|------|------|------|------|
| verbruik [kWh/toestel/jaar] | 42        | 36   | 33   | 30   | 27   | 24   |

\* Deze cijfers zijn gebaseerd op een mix van bestaande en nieuwe systemen.

\*\* De besparing op energieverbruik in de naverwarming is in deze getallen verrekend<sup>10</sup>.

\*\*\*Voor tussenliggende jaren kan worden geïnterpoleerd.

In feite is de besparing die met een zonneboiler op de warmtevraag kan worden gerealiseerd niet evenredig met de besparing op het energieverbruik voor de warmtapwaterproductie. Dit is het gevolg van onder andere stilstandsverliezen. Aangezien het moeilijk is vast te stellen welke correctie hiervoor moet worden uitgevoerd, wordt ter vereenvoudiging de warmtevraag gelijk gesteld aan het energieverbruik.

<sup>8</sup> Ecofys, 2006, overzicht praktijkmeting zonneboilers

<sup>9</sup> BAK, 2002, daarna via [www.energiecijfers.nl](http://www.energiecijfers.nl)

<sup>10</sup> TNO-Bouw, 2004

Als het warmtapwaterverbruik toeneemt, neemt de bijdrage van zonne-energie in het algemeen dus eveneens toe. De jaarlijkse besparing is 45% van het aardgasverbruik per warmtapwatertoestel ( $\text{m}^3/\text{jaar}$ ) (gedeeld door referentierendement) min het eigen elektrisch verbruik (gedeeld door het referentierendement). Vermenigvuldigen met het aantal zonneboilers geeft de totale netto energiebesparing door zonneboilers.

### **B. en C. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen en primaire energie (input)methode**

In de internationale statistieken worden zonneboilers niet per stuk geteld, maar naar het geïnstalleerde oppervlakte (of het vermogen). De methode wordt dan hetzelfde als bij de overige thermische zonne-energiesystemen en zie daardoor 4.3.2 onder B en C.

## **4.3.2 Overige thermische zonne-energiesystemen**

### **A. Substitutiemethode**

Overige actieve systemen voor het thermisch gebruik van zonne-energie worden toegepast voor zwembadverwarming, het drogen van landbouwproducten, ruimteverwarming, tapwaterverwarming en combinaties van de laatste twee. In tabel 4.3.3 zijn per collectortype de aannamen voor de gemiddelde systeemopbrengst per vierkante meter collectoroppervlak opgenomen. Met betrekking tot zwembadsystemen moet worden opgemerkt dat de warmteproductie door het zonne-energiesysteem feitelijk niet gelijk is aan de vermeden warmteproductie, omdat het aanbod van zonne-energie en de warmtevraag niet geheel op elkaar kunnen worden afgestemd.

Het extra eigen elektriciteitsverbruik van zonthermische systemen ten opzichte van de referentietechnologieën is opgenomen in tabel 4.3.4. Hierbij is er vanuit gegaan dat het eigenverbruik van zonnepanelen en zonthermische systemen ten behoeve van droogprocessen gelijk is aan dat van de conventionele technieken; voor de andere systemen wordt een extra eigen verbruik van  $5 \text{ kWh/m}^2/\text{jaar}$  gehanteerd.

Tenslotte wordt ook hier alleen naar de nettoproductie gekeken: het eigen elektriciteitsverbruik van zonthermische systemen wordt volgens de substitutiemethode omgerekend in primaire energiedragers en afgetrokken van de warmteproductie (uitgedrukt in vermeden primaire energie).

**Tabel 4.3.3: Warmteproductie ( $\text{MJ/m}^2/\text{jr}$ ) van overige actieve thermische zonne-energiesystemen**

| Type collector                | afgedekt          | lucht             | onafgedekt          |                     |                |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------|
| Toepassing                    | $> 6 \text{ m}^2$ | $> 6 \text{ m}^2$ | $> 100 \text{ m}^2$ | $< 100 \text{ m}^2$ | zonne-lamellen |
| zwembadverwarming             | 1.500             |                   | 900                 | 600                 | 600            |
| droogprocessen                | 511               | 650               |                     |                     |                |
| ruimteverwarming              | 540               | 650               |                     |                     |                |
| tapwaterverwarming            | 1.500             |                   |                     |                     |                |
| tapwater- en ruimteverwarming | 540               | 650               |                     |                     |                |

**Tabel 4.3.4: Extra eigen energieverbruik (kWh/m<sup>2</sup>/jr) van overige actieve thermische zonne-energiesystemen ten opzichte van conventionele systemen**

| type collector                | afgedekt           | lucht              | onafgedekt          |                      |                |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| toepassing                    | > 6 m <sup>2</sup> | > 6 m <sup>2</sup> | > 100m <sup>2</sup> | < 100 m <sup>2</sup> | zonne-lamellen |
| zwembadverwarming             | 5                  |                    | 5                   | 5                    | 0              |
| droogprocessen                | 0                  | 0                  |                     |                      |                |
| ruimteverwarming              | 5                  | 5                  |                     |                      |                |
| tapwaterverwarming            | 5                  |                    |                     |                      |                |
| tapwater- en ruimteverwarming | 5                  | 5                  |                     |                      |                |

**Tabel 4.3.5: Opwekkingsrendementen (% , op onderwaarde) van de referentietechnologieën voor overige actieve thermische zonne-energiesystemen, per toepassing en per type collector**

| type collector                | afgedekt           | lucht              | onafgedekt           |                      |                |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| toepassing                    | > 6 m <sup>2</sup> | > 6 m <sup>2</sup> | > 100 m <sup>2</sup> | < 100 m <sup>2</sup> | zonne-lamellen |
| zwembadverwarming             | 90                 |                    | 90                   | 95                   | 95             |
| droogprocessen                | 90                 | 90                 |                      |                      |                |
| overig                        | 90                 |                    |                      |                      |                |
| ruimteverwarming              | 95                 | 95                 |                      |                      |                |
| tapwaterverwarming            | 65                 |                    |                      |                      |                |
| tapwater- en ruimteverwarming | 65                 | 65                 |                      |                      |                |

## **B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

Aangezien vrijwel alle thermische zonne-energiesystemen in Nederland geplaatst zijn bij een eindgebruiker, geldt voor de RED de inputmethode zoals beschreven onder C.

## **C. Primaire energie (input) methode**

Het IEA *statistics department* en Eurostat gebruiken de inputmethode. Hierin is gedefinieerd: "The Solar thermal production is the heat available to the heat transfer medium minus the optical and collector heat losses".<sup>11</sup>

Door het project ThERRA (over de definitie van hernieuwbare warmte) is een voorstel gemaakt om dit voor zonthermische systemen vast te leggen met een simpele formule:

$$E = C_{in} * A [m^2] * G [GJ/m^2]$$

E = de hernieuwbare energie productie

C<sub>in</sub> = een constante voor de input methode

A = het collectoroppervlak

G = de instraling van de zon onder optimale condities (voor Nederland 45° zuid). G volgt uit NEN 5060: 2008 en is 4,28 GJ/m<sup>2</sup>. jaar. Dit is een vast getal voor de instraling.

De waarde van C<sub>in</sub> is nog niet internationaal afgesproken. De waarde varieert per toepassing. In deze versie van het protocol is de waarde zo genomen dat dit op het zelfde uitkomt als in de versie van 2006.

**Tabel 4.3.6: Constanten voor berekening van bijdrage thermische zonne-energie**

| Toepassing                              | C <sub>in</sub> |
|-----------------------------------------|-----------------|
| Zonneboilers + grote afgedekte systemen | 0,38            |
| Onafgedekte collectoren                 | 0,29            |
| Klein onafgedekt en zonnepanelen        | 0,19            |

<sup>11</sup> IEA, Eurostat, OECD statistics manual 2004.

## 4.4 Het fotovoltaïsch gebruik van zonne-energie

Bij het fotovoltaïsch gebruik van zonne-energie (ook wel PV genoemd, van *photovoltaic*) wordt een onderscheid gemaakt tussen netgekoppelde en autonome systemen. Bij autonome systemen is de opbrengst per kW<sub>p</sub> geïnstalleerd vermogen sterk afhankelijk van de toepassing en het gebruikspatroon.

### Basisgegevens

- het type systeem: netgekoppeld of autonoom;
- het opgesteld vermogen (kW<sub>p</sub>);
- de gemeten energieopbrengst per jaar (GWh<sub>e</sub>);
- de geschatte energieopbrengst per jaar (GWh<sub>e</sub>).

Als de elektriciteitsproductie van netgekoppelde PV-systemen niet kan worden gemeten, moet gebruik worden gemaakt van kentallen. Daarbij is het uitgangspunt de jaarlijkse energieopbrengst, die geschat wordt op basis van het aan het eind van het waargenomen jaar opgestelde vermogen. Momenteel ligt deze schatting op 700 kWh/kW<sub>p</sub>/jaar. Nieuw geplaatste systemen vanaf 2009 zullen voor het grootste deel individueel gemonitord worden, zodat ze gebruik kunnen maken van de SDE-subsidie. Het kentel is hiervoor niet relevant.

Autonome PV-systemen worden steeds speciaal voor de specifieke toepassing ontworpen. Daarbij is het maximaliseren van de opbrengst van ondergeschikt belang. Voor bijvoorbeeld (woon)boten bedraagt de opbrengst 230-550 kWh/kW<sub>p</sub>/jaar, met een gemiddelde van 450 kWh/kW<sub>p</sub>/jaar. Als gemiddelde opbrengst voor alle autonome PV-toepassingen wordt een waarde van 400 kWh/kW<sub>p</sub>/jaar gehanteerd. Deze waarde wordt verondersteld constant in de tijd te zijn.

### Kentallen voor toekomstige projecten

Op de middellange termijn zal deze opbrengst toenemen door verbeteringen van het systeem en een vergroting van het marktaandeel van nieuwe technologieën met een hogere opbrengst per kW<sub>p</sub>.

Bij een theoretisch maximum (bij de ideale hellingshoek en oriëntatie, zonder beschaduwingsverliezen en met de best beschikbare inverter) van 850-900 kWh/kW<sub>p</sub>/jaar, is de haalbare waarde voor een mix van bestaande en nieuwe systemen in 2020 dan 850 kWh/kW<sub>p</sub>/jaar<sup>12</sup>. Voor de tussenliggende jaren kan worden geïnterpoleerd.

### A. Substitutiemethode

De geproduceerde elektriciteit gedeeld door het rendement van referentietechnologie elektriciteit (geleverd bij verbruiker) voor systemen kleiner dan 15 kW<sub>p</sub>. Voor systemen meteen vermogen groter of gelijk aan 15 kW<sub>p</sub> is de referentie de elektriciteit (af productie), omdat aangenomen wordt dat dergelijke systemen vooral aan het net leveren.

De hier gehanteerde referentietechnologie (die neerkomt op bijvoorbeeld elektriciteit uit dieselaggregaten of op het afzien van een elektriciteitsverbruikende activiteit) is in veel gevallen feitelijk niet bruikbaar. Bij de berekening van de bijdrage van PV wordt deze nuancering buiten beschouwing gelaten.

### B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen

De geproduceerde elektriciteit is voor de richtlijn het bruto-eindgebruik en de bijdrage hernieuwbare energie.

---

<sup>12</sup> Gehanteerde waarde in SDE regeling, zie [www.Agentschap.NL.nl/sde](http://www.Agentschap.NL.nl/sde),

### **C. Primaire energie (input) methode**

De geproduceerde elektriciteit is voor de statistieken van Eurostat/IEA de bijdrage aan hernieuwbare energie.

## **4.5 Geothermie (diepe bodemenergie)**

Onder geothermie verstaan we in dit protocol de winning van aardwarmte dieper dan 500 m (de grens waaronder de mijnbouwwet geldt). Internationaal is de trend nu om alle systemen die warmte uit de bodem halen aardwarmte te noemen. In Nederland zijn de eerste projecten voor de toepassing van warmte uit geothermie in gebruik. Deze projecten worden per stuk gemonitord en de warmteproductie is bekend. Elektriciteitslevering uit geothermie is er nog niet. Die kan eventueel berekend worden vergelijkbaar met de andere hernieuwbare elektrische opties.

### **Basisgegevens**

- het thermisch vermogen ( $MW_{th}$ );
- de netto warmteproductie ( $TJ_{th}$ );

### **Kentallen voor toekomstige projecten**

De opbrengst van aardwarmteprojecten hangt sterk af van de duur van de warmtevraag. Voor Nederland worden de systemen gedimensioneerd op een lange draaitijd (zie memo IF)<sup>13</sup>. Dit komt neer op 5000 vollasturen. Er is dan 30% bijstook nodig.

### **A. Substitutiemethode**

Voor de substitutiemethode worden de volgende referentietechnologieën gebruikt.

- warmteproductie (grote vermogens);
- elektriciteit (geleverd bij verbruiker - voor het elektriciteitsverbruik);

De elektriciteit benodigd voor het oppompen van het water wordt op primaire energiebasis gecorrigeerd. Het kental voor de pompenergie is een COP van 20. Zie de factsheet voor een voorbeeldberekening. De energie voor de warmtedistributie wordt niet gecorrigeerd, omdat in de referentie ook gedistribueerd zou moeten worden.

### **B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

De productie van warmte uit een geothermiebron wordt in de praktijk volledig benut, dus de productie aan de bron is gelijk aan het bruto-eindverbruik. De energieproductie is het product van de massastroom, het temperatuurschil tussen warme en koude bron (op maaiveldniveau) en de soortelijke warmte van water.

### **C. Primaire energie (input) methode**

Geothermie valt voor IEA en Eurostat onder geothermal energy. Hierbij telt de totaal geleverde warmte aan de bron (dus gelijk aan B).

## **4.6 Ondiepe bodemenergie**

Ondiepe bodemenergie is de algemene benaming voor de benutting van warmte en koude uit de bodem. Het gaat hier om de ondiepe ondergrond tot 500 m diepte. Daaronder wordt het geothermie genoemd. Tot 500 m diepte gaat het vooral om seizoensopslag van warmte en koude. Deze systemen wordt vaak aangeduid met warmte-koude-opslag (WKO) of koudewarmte-opslag (KWO). Dit wordt in Nederland als hernieuwbare energie gezien. De Europese richtlijn energie uit hernieuwbare bronnen ziet dit ook als energie uit een hernieuwbare bron.

Bij de toepassing wordt een onderscheid gemaakt tussen:

1. Open bronnen: het water wordt uit een aquifer opgepompt en teruggevoerd.

---

<sup>13</sup> 091015 Memo IF, inzet geometrie (2009)

2. Gesloten bronnen: alleen de warmte en koude worden uit de bodem gehaald met een bodemwarmtewisselaar.

De term WKO wordt vaak alleen gebruikt voor open bronnen, maar ook bij gesloten bronnen is er sprake van warmte- en koudeopslag. In dit protocol omvat de term WKO beide systemen.

In het protocol van 2006 was er een andere indeling. Dit heeft geen effect op de hoeveelheid hernieuwbare energie, maar de benamingen zijn veranderd. De indeling is in overeenstemming gebracht met de ontwikkeling in Nederland en in de richtlijn energie uit hernieuwbare bronnen.

**Tabel 4.6.1 Toelichting op nieuwe indeling protocol**

| Protocol 2009                        |                                                                                                                                                                                             | Richtlijn<br>Hernieuwbare<br>Energie                                                                                  | Protocol 2006               |                                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| Bodemenergie<br>(of<br>aardwarmte)   | 4.5 Geothermie<br>(dieper dan 500m)                                                                                                                                                         | „geothermische<br>energie”: energie<br>die in de vorm van<br>warmte onder het<br>vaste aardoppervlak<br>is opgeslagen | Geothermie                  | 4.7 Geothermie                                  |
|                                      | 4.6 Ondiepe<br>bodemenenergie<br>(minder dan 500m<br>diep) of WKO.<br>ter verdelen in:<br>a. Open systemen:<br>Water-water<br>systemen<br>b. gesloten<br>systemen: Bodem-<br>water systemen |                                                                                                                       | WKO en<br>warmte-<br>pompen | 4.6 WKO<br>4.8 Warmtepompen                     |
| Aero-<br>thermische<br>energie       | 4.7<br>Omgevingswarmte:<br>Lucht-lucht sytemen<br>Lucht-water<br>systemen                                                                                                                   | „aerothermische<br>energie”: energie<br>die in de vorm van<br>warmte is<br>opgeslagen in de<br>omgevingslucht         | Warmte-<br>pompen           | 4.8 Warmtepompen:<br>Omkeerbare<br>warmtepompen |
| Hydro-<br>thermische<br>energie<br>- | 4.8 Hydrothermisch<br>(oppervlaktewater)                                                                                                                                                    | „hydrothermische<br>energie”: energie<br>die in de vorm van<br>warmte in het<br>oppervlaktewater is<br>opgeslagen     | Warmte-<br>pompen           | 4.8 Warmtepompen:<br>niet apart benoemd         |
|                                      | Biogene warmte                                                                                                                                                                              |                                                                                                                       | Warmte-<br>pompen           | 4.8 Warmtepompen:<br>warmte uit biogene<br>bron |

#### 4.6.1 Bodem energie: open bronnen

Bij open bronnen gaat om het om warmte- en koudeopslag in aquifers in de ondergrond. De term open bron wordt gebruikt, omdat het water wordt opgepompt. Al het opgepompte water wordt weer teruggebracht in de bodem. De warmte en koude van de bron wordt gebruikt. De koude vervangt in veel gevallen een compressiekoelmachine. De warmte kan direct gebruikt worden of, indien een temperatuurverhoging noodzakelijk is, via een warmtepomp. De warmte en koude uit de bodem telt alleen als hernieuwbare energie als de bron van de seizoensopslag een hernieuwbare bron is, zoals omgevingswarmte. Seizoensopslag van warmte uit fossiele energiedragers wordt niet als hernieuwbare energie gezien. De gegevens over de WKO systemen komen voornamelijk uit de registraties van de vergunningplichtige systemen bij de provincies. De warmtebenutting via een warmtepomp wordt bepaald door informatie over het geïnstalleerde warmtepompvermogen. Die gegevens komen uit enquêtes bij de warmtepompleverende bedrijven.

### **Basisgegevens voor de bronnen**

- het opslagprincipe (warmte en/of koude);
- toepassing en sector (utiliteit, proceskoeling/verwarming in industrie, woningen of agrarisch);
- het jaar van ingebruikname;
- Vergund maximaal grondwaterdebiet (m<sup>3</sup>);
- Aanwezigheid warmtepompen voor benutting warmte (ja/nee);
- Daadwerkelijk grondwaterdebiet (m<sup>3</sup>).

### **Basisgegevens voor de warmtepompen**

- het aantal projecten;
- toepassing en sector
- het geplaatste thermische vermogen (MW<sub>th</sub>)

De hernieuwbare energieproductie uit bodemenergie bestaat uit koude en warmte. Voor de warmte komt een groot deel van de bijdrage uit de toepassing van warmtepompen, maar er zijn ook systemen zonder warmtepompen. Van de open bronnen zijn de gegevens goed bekend, omdat hiervoor een vergunning nodig is van de provincie. De gegevens over de warmtepompen komen uit een enquête over het aantal geplaatste warmtepompen. De aanname is dat water-watersystemen altijd bij een open bron in gebruik zijn.

Bodemenergie is het totaal van bodemkoude en bodemwarmte.

Bodemkoude wordt berekend uit de gegevens over de open bronnen.

Bodemwarmte wordt berekend uit de gegevens over de open bronnen voor systemen zonder warmtepomp en uit de geplaatste water-water warmtepompen voor de systemen met een warmtepomp.

De gegevens over de bronnen komen van de provincies. De gegevens over het geplaatste aantal en vermogen van warmtepompen komt van de industrie. Om geen dubbeltelling te krijgen wordt voor systemen met een warmtepomp de hernieuwbare energie berekend uit het geplaatste warmtepompvermogen. De gegevens over de bron worden niet gebruikt.

### **Kentallen voor toekomstige projecten**

De techniek is nu redelijk ontwikkeld. Voor toekomstige projecten kunnen de huidige kentallen worden toegepast.

#### **A. Substitutiemethode**

Voor de substitutiemethode worden de volgende referentietechnologieën gebruikt:

- warmteproductie;
  - ruimteverwarming (vermogens ≤ 10 kW);
  - ruimteverwarming (vermogens > 10 kW);
  - tapwaterverwarming;
- koudeproductie (compressiekoelmachine).
- Elektriciteit: gemiddelde rendement bij eindgebruiker

#### **A.1 Berekening Bodemkoude**

De hernieuwbare energieproductie uit bodemkoude wordt bij de substitutiemethode berekend uit de geleverde koude uit de bron en de energie die een referentiesysteem met een compressiekoelmachine nodig gehad zou hebben. Dit is uitgewerkt in het rapport "Besparingskentallen koude- en warmteopslag"<sup>14</sup>. In dit rapport zijn de gegevens over 74 WKO-systemen verwerkt.

---

<sup>14</sup> Besparingskentallen koude- en warmteopslag, IF-technology, 2009.



In de tabel staan de kentallen uit het genoemde rapport.

**Tabel 4.6.2 Kentallen koude- en warmteopslag**

| Toepassing               | Warmte             |                         |                                                     | Koude              |                        |                                                    | Opmerking      |
|--------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------------------------------------|----------------|
|                          | $\Delta T$<br>(°C) | $\beta_{\text{warmte}}$ | $E_{\text{kental, warmte}}$<br>(MJ/m <sup>3</sup> ) | $\Delta T$<br>(°C) | $\beta_{\text{koude}}$ | $E_{\text{kental, koude}}$<br>(MJ/m <sup>3</sup> ) |                |
| Agrarisch zonder koeling | 7,4                | 0                       | 0                                                   | 8,8                | 0                      | 0                                                  | Altijd WP      |
| Agrarisch met koeling    | 7,4                | 0                       | 0                                                   | 8,8                | 0,5                    | 19,8                                               |                |
| Industrie                | 1,2                | 0                       | 0                                                   | 3,2                | 1                      | 3,5                                                | Alleen koeling |
| Utiliteit zonder WP      | 5,7                | 0,3                     | 23,0                                                | 4,1                | 1                      | 9,3                                                |                |
| Utiliteit met WP         | 4,4                | 0                       | 0                                                   | 3,8                | 1                      | 8,4                                                |                |
| Woningbouw met WP        | 3,6                | 0                       | 0                                                   | 3,9                | 0                      | 0                                                  | Altijd met WP  |

$\Delta T$  = temperatuurverschil (°C)

$\beta$  = de benuttingsfactor voor warmte respectievelijk koude

$E_{\text{kental}}$  = kental voor warmte respectievelijk koude benutting (MJ/m<sup>3</sup>)

NB:

- $E_{\text{kental, koude}}$  en  $E_{\text{kental, warmte}}$  is de besparing in primaire energie per m<sup>3</sup> waterverplaatsing, volgens de substitutiemethode.
- Bij de agrarische sector wordt soms ook actief gekoeld. Dit is een klein aandeel (fresiateelt en champignonkweek). De referentie is een compressiekoelmachine. Er is hiervoor een apart kengetal opgenomen.
- Bij industrie zal gedeeltelijk een compressiekoelmachine vervangen worden, maar een deel van de tijd andere koeling (lucht of oppervlaktewater). Er is aangenomen dat de helft van de tijd een koelmachine wordt vervangen en de andere helft een koeling die zeer beperkt primaire energie gebruikt.
- Voor de woningbouw is een compressiekoelmachine nog niet standaard. Voor koeling is daarom niets opgenomen.
- Voor systemen met een warmtepomp wordt de besparing berekend bij de warmtepomp (zie hieronder) en telt die daarbij mee. Daarom is  $\beta = 0$  in de tabel. In de statistiek van CBS worden beide bronnen opgeteld en als ondiepe bodemenergie gerapporteerd.
- De verhouding in volumedebiet ( $\theta$ ) tussen koeling en verwarming ligt op 50-50. Dus voor koeling telt het halve debiet zoals gerapporteerd bij de vergunning.  $\theta_{\text{koude}}$  is gelijk aan  $\theta_{\text{warmte}}$ .
- De hernieuwbare energiebijdrage voor koude wordt berekend door:  

$$E_k = E_{\text{kental-koude}} * V_{\text{totaal}} * \theta_{\text{koude}} * \beta_{\text{koude}}$$
 $E_k$  = de jaarlijkse hernieuwbare koude bijdrage  
 $E_{\text{kental-koude}}$  = is het kental uit tabel 4.6.2 voor koude benutting  
 $\theta_{\text{koude}}$  = de fractie van volumestroom  $V_{\text{totaal}}$  voor koudebenutting (is vastgesteld op 0,5)  
 $\beta_{\text{koude}}$  = de benuttingsfactor voor koude volgens de tabel 4.6.2  
 $V_{\text{totaal}}$  = volume van het totaal verplaatste grondwater per jaar (m<sup>3</sup>/jr)

## A.2 Berekening bodemwarmte

Voor systemen zonder warmtepomp volgt de bijdrage uit tabel 4.6.2 en wordt berekend vergelijkbaar met die voor bodemkoude:

- $E_w = E_{\text{kental-warmte}} * V_{\text{totaal}} * \theta_{\text{warmte}} * \beta_{\text{warmte}}$   
 $E_w$  = de jaarlijkse hernieuwbare warmte bijdrage (voor het deel zonder warmtepomp)  
 $E_{\text{kental-warmte}}$  = is het kental uit tabel 4.6.2 voor warmtebenutting  
 $\theta_{\text{warmte}}$  = de fractie van de volumestroom  $V$  voor warmtebenutting (is vastgesteld op 0,5)  
 $\beta_{\text{warmte}}$  = de benuttingsfactor voor warmte volgens de tabel 4.6.2  
 $V_{\text{totaal}}$  = volume van het totaal verplaatste grondwater per jaar (m<sup>3</sup>/jr)

Voor systemen met een warmtepomp volgt de bijdrage uit de berekening aan de warmtepomp. Deze bijdrage wordt toegevoegd aan de bodemwarmte voor systemen zonder warmtepomp om tot de totale bijdrage bodemwarmte te komen.

- De aanname is dat vrijwel alle water-water warmtepompen aan een open bron gekoppeld zijn. Een klein deel gebruikt oppervlakte water als bron. Als dat aandeel bekend is, kan de berekening onder hydrothermische energie (4.8) gebruikt worden.
- Bij openbronnen is meestal de grootste toepassing ruimteverwarming. Er zijn onvoldoende gegevens om het verbruik voor tapwater door te rekenen. De methode is hier wel opgenomen, omdat die wel relevant is voor andere toepassingen.
- De bijdrage wordt bepaald met de volgende formules:

| ruimteverwarming                                                                                           | Tapwaterverwarming                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $E_r = Q_{wp,r} / \eta_r - Q_{in,r} / \eta_e$<br>$Q_{wp,r} = P \cdot V_r$<br>$Q_{in,r} = Q_{wp,r} / SPF_r$ | $E_t = Q_{wp,t} / \eta_t - Q_{in,t} / \eta_e$<br>$Q_{in,t} = Q_{wp,t} / SPF_t$ |

Hierin zijn:

$Q_{wp,r}$  en  $Q_{wp,t}$ : de jaarlijkse warmteproductie van het apparaat [GJ/j];  
 $Q_{wp,t}$  is een vast kental (tabel .6)  
 $Q_{in,r}$  en  $Q_{in,t}$ : het jaarlijks energieverbruik [GJ/j];  
 $P$ : vermogen  
 $V_r$ : vollasturen (h/jr)  
 $\eta_r$  en  $\eta_t$ : rendement van het referentieverwarmingssysteem;  
 $\eta_e$ : gemiddelde Nederlandse omzettingsrendement bij elektriciteitsproductie (bij een gasabsorptiewarmtepomp is  $\eta_e = 1$ ).  
 $SPF_r$ : *seasonal performance factor voor ruimteverwarming*  
 $SPF_t$ : *seasonal performance factor voor warmtapwater*

De bijdrage  $\varepsilon$  [kg] van alle warmtepompen samen aan het vermijden van CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt dan bepaald met de volgende formules:

| ruimteverwarming                                                          | Tapwaterverwarming                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $\varepsilon = e_g \cdot Q_{wp,r} / \eta_r - e_e \cdot Q_{in,r} / \eta_e$ | $\varepsilon = e_g \cdot Q_{wp,t} / \eta_t - e_e \cdot Q_{in,t} / \eta_e$ |

Hierin zijn  $e_g$  en  $e_e$  de emissiefactoren voor gas en elektriciteit [kg/GJ]

De kengetallen voor de warmtepompen staan in tabel 4.6.3 en 4.6.4. Met dit protocol is de indeling van warmtepompen aangepast. Voor de systemen geplaatst t/m 2009 is de oude indeling aangehouden en de oude SPF-factoren. Het aantal draaiuren is teruggebracht tot wat nu volgens de rapportage van TNO realistisch is. TNO heeft in overleg met CBS enkele berekeningen uitgevoerd en experts gevraagd om tot een schatting te komen voor het aantal draaiuren in de praktijk. Verdere praktijkmetingen zijn wenselijk om tot betere getallen te komen.

Voor combiwarmtepompen is de energiebesparing gelijk aan de som van de energiebesparing van het ruimteverwarmingsdeel en die van het tapwaterdeel.

**Tabel 4.6.3: Kengetallen voor warmtepompen<sup>15, 16</sup>**

| Warmtepomp                                       | Ruimte-verwarming |         | Tapwaterverwarming   |         |
|--------------------------------------------------|-------------------|---------|----------------------|---------|
|                                                  | $V_r$ (h/jr)      | $SPF_r$ | $Q_{wp,t}$<br>[GJ/j] | $SPF_t$ |
| Lucht-Lucht $\leq 12$ kW $SPF > 3,6$             | 550*              | 3,0     | n.v.t.               | n.v.t.  |
| Lucht-Lucht $> 12$ kW $SPF > 3,6$                | 550*              | 3,0     | n.v.t.               | n.v.t.  |
| Lucht-Water $\leq 12$ kW $SPF > 3,6$             | 1100              | 3,2     | 8,940                | 1,9     |
| Lucht-Water $> 12$ kW $SPF > 3,6$                | 1100              | 3,2     | 8,940                | 1,9     |
| Bodem-Water $\leq 12$ kW                         | 1100              | 4,1     | 8,940                | 2,2     |
| Bodem-Water $> 12$ kW                            | 1100              | 3,8     | 8,940                | 2,2     |
| Bodem-Lucht $\leq 12$ kW                         | 1100              | 3,5     | n.v.t.               | n.v.t.  |
| Bodem-Lucht $> 12$ kW                            | 1100              | 3,2     | n.v.t.               | n.v.t.  |
| Water-water $\leq 12$ kW                         | 1100              | 4,3     | 8,940                | 2,4     |
| Water-water $> 12$ kW                            | 1100              | 4,3     | 8,940                | 2,4     |
| Water-lucht $\leq 12$ kW                         | 1100              | 4,0     | n.v.t.               | n.v.t.  |
| Water-lucht $> 12$ kW                            | 1100              | 3,7     | n.v.t.               | n.v.t.  |
| Gas-absorptie $\leq 12$ kW                       | 3500              | 1,2     | 8,940                | 1,2     |
| Gas-absorptie $> 12$ kW                          | 3500              | 1,3     | 8,940                | 1,3     |
| Gas-motor $\leq 12$ kW                           | 1100              | 1,5     | 8,940                | 1,5     |
| Gas-motor $> 12$ kW                              | 1100              | 1,6     | 8,940                | 1,6     |
| Warmteterugwinning bij melkkoeling (per melkkoe) |                   |         | 0,5                  | 4,0     |

**Tabel 4.6.4: Kengetallen voor warmtepompen geplaatst t/m 2009.<sup>15</sup>**

| soort warmtepomp                                 | Ruimteverwarming |         | tapwaterverwarming   |         |
|--------------------------------------------------|------------------|---------|----------------------|---------|
|                                                  | $V_r$<br>[h/jr]  | $SPF_r$ | $Q_{wp,t}$<br>[GJ/j] | $SPF_t$ |
| standaard ( $\leq 10$ kW)                        | 1.100            | 3,95    | n.v.t.               | n.v.t.  |
| standaard ( $> 10$ kW)                           | 1.100            | 3,66    | n.v.t.               | n.v.t.  |
| combi ( $\leq 10$ kW)                            | 1.100            | 3,95    | 8,940                | 2,1     |
| combi ( $> 10$ kW)                               | 1.100            | 3,66    | 8,940                | 2,1     |
| warmtepompboiler                                 | n.v.t.           | n.v.t.  | 8,940                | 2,4     |
| Omkeerbaar $> 10$ kW                             | 550*             | 3,00    | n.v.t.               | n.v.t.  |
| gasabsorptie ( $\leq 10$ kW)                     | 1.128            | 1,2     | n.v.t.               | 1,2     |
| gasabsorptie ( $> 10$ kW)                        | 3.013            | 1,2     | n.v.t.               | 1,2     |
| warmteterugwinning bij melkkoeling (per melkkoe) |                  |         | 0,5                  | 4,0     |

Opmerkingen op de twee bovenstaande tabellen:

\*: De met \* aangegeven waarden van 550 uur, betekenen 1100 vollasturen, maar de helft van de system is in de praktijk niet in gebruik als warmtepomp, maar alleen als koelinstallatie. Indien betere praktijkgegevens voorhanden zijn, wordt deze waarde aangepast.

COP-eis: Bij lucht-lucht systemen tellen de warmtepompen alleen mee als de COP (volgens EN14511) groter is dan 3,6 bij de testconditie 7/20. Voor lucht-water is de COP-eis gelijk en de testconditie 7/30. Voor de systemen tot 2009 is geen COP-eis, omdat toen geen COP-gegevens gevraagd werden. Gezien de onzekerheid over de COP wordt de categorie lucht-lucht tot 10 kW van voor 2009 niet meegeteld.

<sup>15</sup> : TNO, Update kentallen warmtepompen voor 'Protocol monitoring Duurzame Energie', 2009.

<sup>16</sup> Segers en de Koning, 2006.

## **B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

### **Bodemkoude**

In de richtlijn is aangegeven dat warmte en koude uit hernieuwbare bron meetelt, maar bij de nader uitwerking van de definities komt koude niet voor. Binnen de huidige energiestatistiek is koude geen energiedrager. Mocht koude internationaal in toekomst wel mee gaan tellen dan zou de koude geleverd door de bron meetellen.

Dit is  $\Delta T * \beta_{\text{koude}} * \theta_{\text{koude}} * c * V_{\text{totaal}}$

Met:

$\Delta T$ : delta T volgens tabel 4.6.2

$\beta_{\text{koude}}$ : de benuttingsfactor volgens de tabel

$\theta_{\text{koude}}$ : de fractie van de volumestroom V ten behoeve van koeling. Dit blijkt op 50% te liggen.

c: de soortelijke warmte van water: 4,2 MJ/m<sup>3</sup>

$V_{\text{totaal}}$ : het jaarlijkse waterverplaatsing m<sup>3</sup>/jr

### **Bodemwarmte**

Voor de directe benutting van de warmte uit open bronnen geldt dezelfde formule als bij koude, maar de  $\Delta T$  en  $\beta_{\text{warmte}}$  voor voor de warmtebenutting volgens tabel 4.6.2

Voor systemen met een warmtepomp geeft de Europese richtlijn in bijlage VII aan hoe de bijdrage van warmtepompen berekend moet worden. De formule komt er op neer dat alle energie die aan de bodem of omgeving wordt onttrokken telt als geleverd aan de eindgebruiker. Dit is in andere woorden de warmtebron voor de warmtepomp. In formule is dit als volgt:

| <b>ruimteverwarming</b>                              | <b>Tapwaterverwarming</b>    |
|------------------------------------------------------|------------------------------|
| $E_r = Q_{wp,r} * (1-1/SPF)$<br>$Q_{wp,r} = P * V_r$ | $E_t = Q_{wp,t} * (1-1/SPF)$ |

Hierin zijn:

$Q_{wp,r}$  en  $Q_{wp,t}$ : de jaarlijkse warmteproductie van het apparaat [GJ/j];

$Q_{wp,t}$  is een vast kental (tabel 4.6.3)

P: thermisch vermogen van de warmtepomp

$V_r$ : vollasturen (h/jr), zie de tabel

SPF: de seasonal performance factor (zie tabel)

- De SPF moet voldoen aan de eis dat die hoger is dan  $1,15 * 1/\eta$ . Waarbij  $\eta$  het gemiddelde rendement van de elektriciteitsopwekking in Europa is. Naar verwachting is dit rendement 43,8% voor 2007<sup>17</sup>. De eis voor de SPF wordt dan 2,62. Systemen die hier niet aan voldoen tellen niet mee.
- De richtlijn zegt niets over gasabsorptiewarmtepompen, maar in lijn met de redenering van de richtlijn zou de eis voor dergelijke systemen op een SPF van 1,15 liggen.

## **C. Primaire energie (input) methode**

In de internationale energiestatistiek komt warmte/koudeopslag niet expliciet voor. Koude is geen energiedrager. Warmteopslag zou kunnen vallen onder geothermal energy, hoewel er ook iets voor te zeggen is om dit te beperken tot aardwarmte. De huidige handleiding voor de internationale energiestatistiek<sup>18</sup> is niet heel duidelijk op dit punt. Vooralsnog wordt de keuze gemaakt om warmteopslag niet op te geven. Mochten er internationaal gezien duidelijke andere afspraken gemaakt worden, dan zal het CBS deze volgen.

<sup>17</sup> Voorlopige informatie van Eurostat (Roman Enescu, R., 2009. calculation of the efficiency of electricity generation, Eurostat, presentation at working group on renewable energy statistics, October 2009)

<sup>18</sup> IEA en Eurostat Statistics Manual (2004)

## 4.6.2 Bodem energie: gesloten systemen

Bij gesloten systemen wordt er geen water opgepompt, maar zit er een warmtewisselaar in de bodem. Hierdoor loopt een vloeistof (meestal water met een vorstbeschermingsmiddel) dat de warmte uit de bodem haalt in de winter en in de zomer omgevingswarmte in de bodem brengt. Er is geen statistiek over de bodemwarmtewisselaars. Ze worden veel toegepast bij woningbouw en kleine kantoren.

Deze vorm van bodemenergie is te bepalen door het aantal warmtepompen waar als bron de bodem is aangegeven. De koeling met gesloten bronnen is voor deze sector beperkt van belang. Er is geen mogelijkheid om er informatie over te krijgen, omdat niet goed bekend is hoeveel gesloten bronnen er zijn en welke worden gebruikt voor koeling.

### Basisgegevens voor de bronnen

- toepassing en sector (utiliteit, proceskoeling/verwarming in industrie, woningen of agrarisch);
- het geplaatste thermische vermogen
- het type systeem (puur ruimteverwarming, combi of tapwater)

### Kentallen voor toekomstige projecten

De techniek is nu redelijk ontwikkeld. Voor toekomstige projecten kunnen de huidige kentallen worden toegepast.

#### A. Substitutiemethode

Voor de substitutiemethode worden de volgende referentietechnologieën gebruikt:

- warmteproductie;
- ruimteverwarming (vermogens  $\leq 10$  kW);
- ruimteverwarming (vermogens  $> 10$  kW);
- tapwaterverwarming;
- elektriciteit: gemiddelde rendement bij eindgebruiker

### Berekening bodemwarmte

Er is vanuit gegaan dat alle warmtepompen van het type bodem-water gebruik maken van de bodem als warmtebron.

De berekening gaat hetzelfde als bij de open systemen, maar in tabel 4.6.3 moeten de bijpassende kengetallen gebruikt worden.

#### B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen

De bijdrage wordt ook hier berekend op dezelfde wijze als voor de openbronnen, zie 4.6.1 onderdeel B.

#### C. Primaire energie (input) methode

In de internationale energiestatistieken wordt bodemwarmte die met warmtepompen wordt benut nog niet standaard meegenomen. Een aantal landen rapporteert het onder geothermie, maar de huidige handleiding voor de internationale energiestatistieken<sup>19</sup> is niet heel duidelijk op dit punt. Vooralsnog wordt de keuze gemaakt om bodemgekoppelde warmtepompen niet op te geven. Mochten er internationaal gezien duidelijke andere afspraken gemaakt worden, dan zal het CBS deze volgen.

---

<sup>19</sup> IEA en Eurostat Statistics Manual (2004)

## 4.7 Aerothermische energie

Deze nieuwe term is ingevoerd in de richtlijn energie uit hernieuwbare bronnen. Ze zijn in Nederland bekender onder de naam lucht-lucht warmtepompen of lucht-water warmtepompen. In het vorige protocol stonden voor een groot deel onder de omkeerbare warmte pompen. De lucht-lucht system worden veel toegepast in de utiliteitsbouw. De lucht-water systemen beginnen populair te worden in de woningbouw. De hybride warmtepomp is een voorbeeld van een lucht-water systeem.

De hernieuwbare energieproductie is te bepalen uit het aantal systemen en het geïnstalleerd vermogen. Voor het aantal vollasturen en de SPF (seasonal performance) worden standaardwaarden aangenomen per sector.

### **Basisgegevens voor de bronnen**

- toepassing en sector (utiliteit, proceskoeling/verwarming in industrie, woningen of agrarisch);
- het geplaatste thermische vermogen
- kwaliteit van het systeem volgens de labelklasse

### **Kentallen voor toekomstige projecten**

De techniek is nu redelijk ontwikkeld. Voor toekomstige projecten kunnen de huidige kentallen worden toegepast.

#### **A. Substitutiemethode**

Voor de substitutiemethode worden de volgende referentietechnologieën gebruikt:

- warmteproductie;
- ruimteverwarming (vermogens  $\leq 10$  kW);
- ruimteverwarming (vermogens  $> 10$  kW);
- tapwaterverwarming;
- elektriciteit: gemiddelde rendement bij eindgebruiker

De koeling die deze systemen ook vaak verzorgen wordt niet gezien als hernieuwbare energie. De berekening gaat hetzelfde als bij de open systemen, maar in tabel 4.6.3 moeten de bijpassende kengetallen gebruikt worden.

#### **B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

De bijdrage wordt ook hier berekend op dezelfde wijze als voor de openbronnen, zie 4.6.1 onderdeel B. De systemen met een lagere labelklasse zullen mogelijk niet aan de eis voor de SPF kunnen voldoen.

#### **C. Primaire energie (input) methode**

In de internationale energiestatistieken worden aerothermische warmtepompen alleen meegeteld indien ze de warmte verkopen. Deze warmte wordt op dit moment nog niet als hernieuwbare energie gezien.

## 4.8 Hydrothermische energie

Deze nieuwe term is ingevoerd in de richtlijn energie uit hernieuwbare bronnen. De bron hydrothermische energie is in Nederland tot nu toe bekend als oppervlaktewater.

### **Opmerkingen**

- De hydrothermische systemen zijn niet apart te bepalen, want uit de verkoopstatistieken is alleen de toepassing water-water bekend. Er zijn ook geen aparte kengetallen bekend voor de SPF en de vollasturen. Indien er een goede schatting is te maken van het aandeel hydrothermische systemen, dan kan deze toepassing apart gemeld worden in de jaarlijkse

statistieken. De berekening volgt die van de warmtepompberekening bij bodemenergie met open systemen (4.6.1 en tabel 4.6.3)

- De koeling met oppervlakte water is aan het opkomen. Het staat bekend onder de term "deep lake cooling". Er zijn nog geen aparte kengetallen voor. Tot er meer bekend is kunnen de kengetallen en rekenmethode van de koeling uit openbronnen bij bodemenergie gebruikt worden.

### **Gebruik van biogene warmte**

Een aparte toepassing is de warmtepomp die gebruik maakt van de warmte in verse koeienmelk om tapwater te verwarmen en tegelijk de melk te koelen. Aangezien de bron voor deze warmtepomp een natuurlijke bron is, telt deze toepassing mee als hernieuwbare energie. Deze toepassing wordt behandeld als een warmtepompboiler. De warmtevraag per koe is geschat op 0,5GJ per jaar en de COP blijkt 4 te zijn<sup>20</sup>. Deze toepassing is in 2006 opgenomen in dit protocol. De schatting van de penetratiegraad is 30% in 2006, maar het CBS zal per jaar een schatting hiervan maken op basis van alle beschikbare bronnen. Zie tabel 4.6.3 voor de kengetallen.

De RED voorziet hier niet in. Mogelijk is deze vorm van hernieuwbare energie te rapporteren onder hydrothermische energie of een bijzondere categorie.

---

<sup>20</sup> Segers, de Koning: warmtepompen in de melkveehouderij, 2006

## 5 ENERGIE UIT BIOMASSA

Biomassa omvat een grote verscheidenheid aan organische stoffen (inclusief afval) waaruit op vele manieren energie kan worden gewonnen. Daarom wordt biomassa hier afzonderlijk van de andere hernieuwbare bronnen behandeld. Eerst moet echter worden afgebakend welke werkwijzen en grondstoffen hernieuwbaar mogen worden genoemd. Ten eerste worden uitsluitend niet-fossiele stoffen als hernieuwbare energiebron beschouwd. Bij afvalverbranding moet bijvoorbeeld de totale energieopbrengst dus worden gecorrigeerd voor het aandeel van de fossiele fractie en voor het gebruik van fossiele energie door de installatie. Bij andere installaties moet in het geval bekend is dat een stroom niet uit naar haar aard zuivere biomassa bestaat<sup>21</sup>, worden bepaald wat het percentage biogeen is. Deze omschrijving sluit aan bij de Europese definitie zoals beschreven in paragraaf 2.2.

De duurzaamheid van biomassa is bij het opstellen van dit protocol aan de orde geweest. Duurzaamheidscriteria spelen op dit moment vooral voor transportbrandstoffen en zijn daar in de methodiek meegenomen. Op termijn zal dit mogelijk ook voor sommige andere biomassastromen gaan gelden.

Voor dit protocol is al gekeken naar RWZI-slib<sup>22</sup>. Bij het verbranden van slib wordt soms veel fossiele energie gebruikt om het eerste te drogen. De hoeveelheid verbrand slib is echter relatief klein (2 PJ). Vanwege de eenvoud wordt slibverbranding op dit moment gewoon meegenomen, ongeacht de voorgeschiedenis. Mocht slibverbranding op basis van duurzaamheidscriteria worden uitgesloten voor de EU-richtlijn, dan zal het ook niet meetellen voor de nationale substitutiemethode.

Bij het bepalen van de bijdrage aan de energievoorziening van biomassa zijn de definitie van de energieproducten, het onderscheid tussen netto- en brutoproductie en voor de substitutiemethode, de daarmee samenhangende definitie van de referentietechnologieën van groot belang.

In dit hoofdstuk worden alle in Nederland toegepaste technologieën voor het omzetten van biomassa en afval tot energie besproken. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende soorten energieconversie:

- 5.1 Afvalverbrandingsinstallaties
- 5.2 Houtskool
- 5.3 Kleinschalige houtverbranding
- 5.4 Houtkachels voor warmte >18 kW
- 5.5 Bij- en meestoken van biomassa in energiecentrales en de industrie
- 5.6 Overige biomassaverbranding in stationaire installaties
- 5.7 Vergisten van biomassa
- 5.8 Vergassen, pyrolyse en andere conversietechnieken
- 5.9 Biotransportbrandstoffen

Elke verbrandingstechniek wordt in een eigen paragraaf besproken, evenals biomassavergisting. Vergassen, pyrolyse en de overige conversieroutes worden in een gezamenlijke paragraaf behandeld.

---

<sup>21</sup> In de regeling garanties van oorsprong wordt gesproken van naar haar aard zuivere biomassa, waarbij er vanuit mag worden gegaan dat deze zuiver is en andere biomassa, waarbij dit wel moet worden bepaald. Dit zijn NTA 8003 groepen 701 (mengsels overig), 709 (overig overige) en 890 (samengestelde stromen met kunststof >1%)

<sup>22</sup> 091022 Memo Slib



## 5.1 Afvalverbrandingsinstallaties

Een afvalverbrandingsinstallatie (AVI) is een installatie voor het verbranden van gemengd huishoudelijk en bedrijfsafval. Installaties bestemd voor specifieke afvalstromen, zoals slib en gevaarlijk afval, vallen buiten deze definitie. Verbrandingsinstallaties voor specifieke afvalstromen met een biomassa aandeel (zoals SRF) produceren wel hernieuwbare energie, maar vallen onder overige biomassaverbranding.

De keuze van de systeemgrenzen speelt bij deze technologieën een zeer belangrijke rol in het interpreteren van de statistische gegevens. Uitgangspunt is dat de aan een AVI gekoppelde voorscheiding, nascheiding en rookgasreiniging binnen de systeemgrenzen vallen. Activiteiten op dezelfde locatie die geen directe relatie hebben met de afvalverbrandingsinstallatie (zoals een stortplaats of gasmotoren) vallen buiten de systeemgrenzen.

Verder is voor het bepalen van de nettobijdrage van AVI's aan de hernieuwbare energievoorziening een correctie vereist voor de fractie niet-hernieuwbaar materiaal in het afval. Aangezien bestaande methodes<sup>23</sup> voor bepaling van het gehalte biogeen niet toepasbaar zijn voor mengstromen als huishoudelijk restafval wordt in dit protocol een aparte methode toegepast zoals beschreven in bijlage 3. De meest recent bepaalde waarde betreft 2008. Voor dat jaar is bepaald dat 49% van de energieproductie van AVI's afkomstig is van de hernieuwbare fractie (dit op basis van het PMDE 2006).

Een laatste correctie die noodzakelijk is, is voor het gebruik van fossiele brandstoffen door de installatie. Veel AVI's maken voor de bedrijfsvoering (verbranding in de ketel en rookgasreiniging) gebruik van fossiele brandstoffen. Omdat dit binnen de systeemgrenzen ligt, moet hiervoor worden gecorrigeerd.

### Basisgegevens

- hoeveelheid verbrand afval (kton);
- de netto en bruto stoomproductie ( $TJ_{th}$ );
- de netto en bruto warmwaterproductie ( $TJ_{th}$ );
- de netto en bruto elektriciteitsproductie ( $GWh_e$ );
- de verbrandingswaarde van het afval (GJ/ton);
- het percentage biomassa van het afval. Voor de bepaling van hernieuwbare energie is de energetische fractie relevant, voor de  $CO_2$ -uitstoot de koolstof fractie;
- het eigen verbruik (van fossiele brandstoffen) van de energieopwekkinginstallatie.

### A. Substitutiemethode

De substitutiemethode berekent het vermeden verbruik van fossiele primaire energie door de geproduceerde energie uit het biomassa gedeelte van het afval. Hiervoor wordt de netto energieproductie gealloceerd over het afval en de fossiele hulpbrandstof op basis van energie-inhoud van beiden. Als referentie geldt hier de netto elektriciteitsproductie (af-productie) en warmte productie met grote ketels. De correctie voor het percentage biomassa wordt landelijk toegepast, omdat de informatie niet beschikbaar is per AVI.

### B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen

De RED gaat uit van energie geleverd, dat is in het geval van afvalverbrandingsinstallaties de bruto warmte en elektriciteitsproductie uitgedrukt in GJ, gecorrigeerd voor het percentage biomassa op energie-inhoud. De geproduceerde energie wordt per locatie gealloceerd over het afval en de fossiele (hulp)brandstoffen op basis van de energie-inhoud. De correctie voor het percentage biomassa wordt landelijk toegepast.

---

<sup>23</sup> Zie voor een overzicht o.a. CEN/prEN 15440 Solid Recovered fuels – Methods for the Determination of Biomass Content

### **C. Primaire energie (input) methode**

De inputmethode gaat uit van de bron, dat wil zeggen de energie-inhoud van het afval dat wordt verbrand. De verbrandingswaarde is hierbij een extra gegeven dat in de Nederlandse berekening geen rol speelt, maar wel volgt uit de berekening van het percentage biogeen (zie bijlage 3). De correctie voor het percentage biomassa wordt landelijk toegepast.

## **5.2 Houtskool**

Houtskool wordt vooral toegepast voor het bereiden van eten en kan dus het best gezien worden als een directe vervanger van aardgas dat in Nederland de belangrijkste brandstof voor huishoudens is. Het rendement is echter dusdanig laag dat de substitutie van aardgas verwaarloosbaar klein is. Aangezien in de IEA/Eurostat vragenlijst wel naar houtskool wordt gevraagd is deze toepassing wel opgenomen in dit protocol, maar met een substitutiefactor van nul. Er is dus geen bijdrage van hernieuwbare energie volgens de substitutiemethode. Mocht in de toekomst hier meer over bekend worden, dan kan dat worden meegenomen. De hoeveelheid houtskool die in Nederland wordt geproduceerd en verbruikt wordt nagevraagd bij de houtskool producerende industrie.

### **Basisgegevens**

- hoeveelheid houtskool geproduceerd en verbruikt (kton);
- rendement bij de productie van houtskool uit hout (%);
- verbrandingswaarde (GJ/ton).

### **A. Substitutiemethode**

Voor de substitutiemethode wordt aardgas als referentie genomen, maar als substitutiefactor wordt 0 gebruikt om aan te geven dat de inzet dusdanig inefficiënt is dat er in feite niet daadwerkelijk sprake is van minder fossiele brandstofinzet door de toepassing van houtskool

### **B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

De eindverbruiker is in dit geval de koper van de houtskool, dus wordt volgens de inputmethode gerapporteerd. Die is gelijk aan het verbruik (ton) maal de energie-inhoud (GJ/ton).

### **C. Primaire energie (input) methode**

Volgens de Eurostat-methode wordt de input gerapporteerd. Die is gelijk aan het verbruik (ton) maal de energie-inhoud (GJ/ton) plus de biogene omzettingsverliezen bij de houtskoolproductie.

## **5.3 Kleinschalige Houtverbranding**

Bij kleinschalige biomassaverbranding gaat het om installaties met een vermogen van minder dan 18 kW. Deze grens is gekozen omdat er een sterke scheiding is in de markt voor ketels onder dit vermogen, vooral gericht op huishoudens, en boven dit vermogen, vooral gericht op de industrie. Dit wordt veroorzaakt doordat kachels boven de 18 kW onder de NeR (Nederlandse emissie Richtlijn) vallen en die onder de 18 kW niet.

### **Basisgegevens**

- een schatting van het houtverbruik per type kachel;
- een schatting van het rendement per type kachel.

Het houtverbruik zal jaarlijks worden vastgesteld door CBS in overleg met TNO, welke dezelfde informatie gebruikt voor het vast stellen van de emissies van toxische stoffen. In dit protocol worden de gemiddelde rendementen vastgesteld. De verbrandingswaarde van biomassa komt uit de Nederlandse brandstoffenlijst (bijlage 2).

De gemiddelde rendementen van open haarden, inzethaarden en vrijstaande kachels worden jaarlijks bepaald aan de hand van een parkmodel van kachels in Nederland. Hierbij wordt geschat welke kachels er in Nederland worden gebruikt (inclusief de bijbehorende rendementen per kachel en houtverbruik). Dit wordt gebruikt om een gemiddeld rendement voor open haarden, inzethaarden en vrijstaande kachels bij kleinschalig houtverbruik te bepalen. De rendementen per kachel variëren van 10% voor open haarden, 50 tot 75% voor de inzethaarden en 60 tot 85% voor de vrijstaande kachels. Nieuwe kachels hebben gemiddeld een hoger rendement dan oude kachels.

TNO ontwerpt dit zogenoemde parkmodel voor de Emissieregistratie. Deze uitkomsten zullen gebruikt worden voor de hernieuwbare energiestatistiek.

#### **A Substitutiemethode**

Bij de substitutiemethode wordt voor kleinschalige installaties gekeken naar het bruto verbruik aan hout. Dit is dus de energie-inhoud van het hout zoals dat wordt verstoekt. De vermeden hoeveelheid fossiele energiedrager is afhankelijk van het aangenomen rendement voor het type kachel (zie tabel 5.1)

#### **B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

Bij de eindverbruik methode wordt voor kleinschalige installaties gekeken naar het bruto verbruik aan hout. Dit is dus de energie-inhoud van het hout zoals dat wordt verstoekt.

#### **C. Primaire energie (input) methode**

Bij de inputmethode wordt voor kleinschalige installaties gekeken naar het bruto verbruik aan hout. Dit is dus de energie-inhoud van het hout zoals dat wordt verstoekt.

## **5.4 Houtkachels voor warmte >18 kW**

Voor houtkachels voor warmte groter dan 18 kW, die veelal bij de industrie staan, wordt de hernieuwbare energieproductie berekend op grond van een enquête onder leveranciers. De hernieuwbare energie hiervan wordt berekend aan de hand van een standaardrendement. Voor 2004 was dit 83%. Het rendement van nieuw geplaatste kachels ligt rond de 85%. Er wordt aangenomen dat dit het gemiddelde rendement zal zijn in 2010 en de jaren daarna. De tussenliggende jaren worden geïnterpoleerd [Agentschap NL,2004]. Het aantal vollasturen wordt geschat op 1500 [CBS,2006].

#### **Basisgegevens**

- Capaciteit aan houtkachels (MWth)

#### **A Substitutiemethode**

De warmteproductie wordt berekend uit het opgestelde vermogen en het aangenomen aantal vollasturen. Voor de referentie wordt uitgegaan van warmteproductie met grote vermogens.

#### **B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

De eindverbruiker is in dit geval het de eigenaar van de kachel en daarom wordt de energie-inhoud van het hout meegenomen als bruto eindverbruik. Dit is de warmteproductie gedeeld door het rendement van de installatie.

#### **C. Primaire energie (input) methode**

De primaire energie input is in dit geval de energie-inhoud van het hout meegenomen. Dit is de warmteproductie gedeeld door het rendement van de installatie.

## 5.5 Het meestoken van biomassa in Energiecentrales

### Basisgegevens

- de inzet van biomassa (kton);
- de energie-inhoud van de biomassa (MJ/kg);
- bij niet-zuivere stromen het percentage biomassa (%GJ);
- inzet van fossiele brandstoffen (TJ);
- de netto en bruto stoomproductie ( $TJ_{th}$ );
- de netto en bruto warmwaterproductie ( $TJ_{th}$ );
- de netto en bruto elektriciteitsproductie (GWh<sub>e</sub>).

Industriële processen waarbij de biomassa wordt gebruikt in combinatie met fossiele brandstoffen volgen de berekening zoals beschreven onder "Overige biomassaverbranding" (5.6)

### A. Substitutiemethode

Bij het mee- of bijstoken wordt de biomassa toegevoerd aan elektriciteitscentrales of industriële installaties die van oorsprong draaien op kolen of gas. Daarom wordt de energie-inhoud van de biomassa gezien als hernieuwbare bijdrage. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat 1 GJ biomassa 1 GJ fossiele brandstof vervangt. Er bestaan aanwijzingen dat de substitutie niet altijd 1-op-1 is maar omdat er geen eenduidigheid over bestaat wordt er in het protocol de substitutiefactor één gehanteerd.

### B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen

De elektriciteitsproductie en warmteproductie van de installaties waar wordt bijgestookt wordt op energiebasis gealloceerd naar de primaire brandstof en de biomassa die wordt bijgestookt. Als bijvoorbeeld 10% van de energie-inhoud van een installatie biomassa is en 90% kolen dan wordt voor deze methode 10% van de geproduceerde elektriciteit en/of warmte worden meegenomen als hernieuwbare energie.

### C. Primaire energie (input) methode

De input aan biomassa, die de basis is voor de berekening van Eurostat/IEA, kan worden berekend uit het aantal tonnen dat wordt ingezet vermenigvuldigd met de verbrandingswaarde. Voor deze inzet is de methode gelijk aan de Nederlandse rekenwijze.

## 5.6 Overige biomassaverbranding in stationaire installaties

Alle overige biomassaverbranding wordt op een gelijke manier meegenomen in de monitoring. Dit betreft installaties die elektriciteit produceren en alle installaties die brandstoffen anders dan hout gebruiken. Houtverbranding voor eigen warmtevoorziening valt onder 5.3 of 5.4.

### Basisgegevens

- de inzet van biomassa (kton), uitgesplitst naar inzet voor elektriciteitsproductie en eindverbruik.
- de energie-inhoud van de (natte of droge) biomassa (MJ/kg);
- de netto warmteproductie ( $TJ_{th}$ );
- de bruto verkochte warmteproductie ( $TJ_{th}$ );
- de bruto niet verkochte wkk warmte (TJ)
- de netto en bruto elektriciteitsproductie (GWh<sub>e</sub>).

Opmerkingen

In gevallen waarbij de energieproductie niet bekend is (bijv. bij relatief kleine ketels), moet een schatting worden gemaakt van de energieproductie aan de hand van de wel bekende parameters of door de waarden voor kleine of grote houtkachels te hanteren.

#### **A Substitutiemethode**

Voor de substitutiemethode worden de volgende referentietechnologieën gebruikt.

Voor elektriciteit is dit de mix geleverd af productie. Voor warmteproductie zijn dit de grote vermogens. De netto geproduceerde elektriciteit en warmte wordt met deze referentierementen teruggerekend naar vermeden fossiel.

#### **B. Bruto eindverbruik volgens richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

Voor installaties die alleen elektriciteit leveren aan externe partijen geldt de bruto elektriciteitsproductie, inclusief eigen verbruik.

Voor installaties die alleen warmte leveren geldt de verkochte hoeveelheid warmte als bruto eindverbruik.

Voor installaties die beide leveren (WKK) volgt er een allocatie van brandstofinzet volgens de rekenregels voor WKK uit het energy statistics manual van IEA, EUROSTAT. De brandstofinput wordt gealloceerd op energiebasis naar bruto elektriciteit, verkochte warmte en niet verkochte warmte. Het bruto eindverbruik is dan de bruto elektriciteitsproductie plus de verkochte warmte plus de brandstofinzet toegerekend aan de niet verkochte wkk warmte.

Opmerking:

Totdat er meer richtlijnen voor komen voor de niet-verkochte warmte wordt de methode voor het alloceren van warmte gehandhaafd.

#### **C. Primaire energie (input) methode**

De input kan worden berekend aan de hand van de hoeveelheden ingezette biomassa en de verbrandingswaarde.

## **5.7 Het vergisten van biomassa**

Bij verschillende processen wordt biomassa vergist. Daarbij komt een methaanrijk gas vrij dat veelal wordt gebruikt voor het produceren van energie. Voorbeelden van dergelijke bronnen zijn het vergisten van gft-afval, mestvergisting, vergisting in een afvalstort (stortgas) en de processen in rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) en industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties (AWZI). Omdat bij RWZI's en AWZI's de stroom vaak zelf wordt gebruikt, wordt hier geleverd bij gebruiker als referentie genomen. In het geval gas extern wordt geleverd dat geen aardgaskwaliteit is, wordt dit teruggerekend naar aardgasequivalenten.

#### **Basisgegevens**

- de netto en bruto gasproductie ( $TJ_{\text{prim}}$  of  $\text{m}^3$  aardgasequivalenten);
- de netto en bruto warmwaterproductie ( $TJ_{\text{th}}$ );
- de netto en bruto elektriciteitsproductie ( $\text{GWh}_e$ );
- het eigen verbruik van de energie-opwekkingseenheid.

#### **A. Substitutiemethode**

De vermeden primaire energie als bijdrage hernieuwbare energie is de elektriciteitsproductie, warmteproductie en biogasproductie teruggerekend naar vermeden verbruik van primaire energie met referentietechnologieën:

- elektriciteit RWZI en AWZI (geleverd bij gebruiker)
- elektriciteit overig (af productie);
- warmteproductie (grote vermogens);
- aardgas.

#### Opmerkingen

Voor de berekening van de vermeden CO<sub>2</sub>-emissies wordt er bij stortgas vanuit gegaan dat er in Nederland eigenlijk geen ongecontroleerde emissie meer plaatsvindt. De referentie is dan ook affakkelen zonder terugwinning en voor de berekening hoeft alleen maar gekeken te worden naar de energieproductie van de stortgaswinning.

De warmte die vrijkomt bij een eventuele warmte/krachtinstallatie na een vergister wordt vaak (gedeeltelijk) gebruikt om het gistingproces aan de gang te houden. Deze warmte, naast het eigen elektrisch verbruik telt niet mee als hernieuwbare energie.

Hierbij wordt voor biomassavergisters bij landbouw en overige vergisters (Voedingsmiddelenindustrie, GFT)<sup>24</sup> uitgegaan van:

Eigen verbruik elektrisch = 0,03 MJ eigen verbruik / MJ geproduceerd biogas (incl WKK)

Eigen verbruik warmte = 0,1 MJ eigen verbruik / MJ geproduceerd biogas (incl WKK)

Bij installaties zonder gasmotor is het eigen elektriciteitsverbruik 0,015 MJ per MJ geproduceerd biogas.

Kentallen van een enkel project kunnen aanzienlijk afwijken van de bovenstaande berekende kengetallen. Er zijn veel variabelen die de kentallen bepalen. Belangrijkste zijn: wel of geen navergister waarin nog extra co-substraten zoals glycerine wordt vergist, de grondstoffen die worden vergist, de temperatuur waarop de vergister wordt gehouden (mesofiel ~ 38 C of thermofiel ~ 55 C) het gebruik van een hygiënatisatie proces voor het input materiaal van de vergister of het digestaat. Bijna alle vergisters in Nederland zijn mesofiel. De berekening van het gemiddelde bestaat om deze reden uit een steekproef van mesofiele installaties. Bovenstaande is een grove benadering van de werkelijkheid.

## **B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

De Richtlijn Energie uit Hernieuwbare Bronnen blijkt niet helemaal duidelijk aan te geven hoe het bruto eindverbruik van biomassavergistingsinstallaties berekend moet worden. Voor elektriciteit is de situatie helder. Hier wordt de bruto productie gerapporteerd.

In internationale statistieken wordt niet verkochte wkk-warmte niet expliciet gerapporteerd. In plaats daarvan wordt gevraagd om een deel van de brandstofinzet van de betreffende wkk installaties te alloceren aan deze warmte en dat deel te tellen als bruto eindverbruik. Om deze overboeking te kunnen maken is het nodig de wkk inzet uit te splitsen in een deel wat bestemd is voor de elektriciteitsopwekking en een deel wat bestemd is voor warmteopwekking. Over de methode van alloceren is internationaal afgesproken dat landen volledig vrij zijn voor het kiezen van een methode. Bij het ontbreken van een nationale methode suggereren Eurostat en IEA om te alloceren op basis van de energie van de output. Wij volgen deze aanbeveling om zo toch nog zoveel internationaal vergelijkbare uitkomsten te krijgen.

Het meetellen van aardgas gemaakt uit biogas (groen gas) is nog niet duidelijk. De tekst in de richtlijn blijkt wel de intentie te hebben om het mee te tellen. Echter, volgens de huidige statistische methode valt aardgas uit groen gas niet onder het bruto eindverbruik. Voorlopig tellen we groen gas mee als hernieuwbare warmte.

#### Opmerking:

Totdat er meer richtlijnen voor komen voor de niet-verkochte warmte wordt de methode voor het alloceren van warmte gehandhaafd.

---

<sup>24</sup> 091028 Memo Bepaling Kengetal vergisters

### **C. Primaire energie (input) methode**

Bij de primaire energiemethode moet de energie-inhoud van het nuttig gebruikte biogas worden gerapporteerd (dus exclusief fakkels). Wat betreft de elektriciteitsproductie is voor het IEA en Eurostat de bruto elektriciteitsproductie leidend in plaats van de netto elektriciteitsproductie.

## **5.8 Biotransportbrandstoffen**

### **Basisgegevens**

- verkoop biotransportbrandstoffen (% GJ brandstoffen) op de binnenlandse markt
- totale verkoop transportbrandstoffen.

### **A. Substitutiemethode**

De monitoring van biobrandstoffen is gekoppeld aan de verkoop van biobrandstoffen op de eindgebruikersmarkt, conform de Europese richtlijn van biotransportbrandstoffen (2003/30/EG) en de Europese richtlijn Energie uit hernieuwbare Bronnen (2009/28/EG). Om de hoeveelheid hernieuwbare energie uit brandstof te bepalen moet dus bekend zijn hoeveel biobrandstoffen er in Nederland verkocht zijn met welke energie-inhoud. Hieruit wordt, uitgaande van een 1 op 1 vervanging, de vermeden fossiele inzet berekend.

#### **Opmerkingen**

De mate van duurzaamheid van de transportbrandstoffen is onderwerp van discussie. Daarom zijn in de Europese richtlijn Energie Hernieuwbare bronnen duurzaamheidseisen gesteld. Biobrandstoffen die op de Nederlandse markt worden gebracht moeten daarom aan deze duurzaamheidseisen voldoen om mee te tellen (vanaf 2011).

Een volledige levenscyclus berekening (LCA) kan voor biobrandstoffen duidelijk minder hernieuwbare energie opleveren dan de directie substitutiemethode zoals hier toegepast. Dit geldt in sterkere mate voor de vermeden emissies van CO<sub>2</sub>. Toch wordt in dit Protocol de LCA-methode niet gebruikt. Dit is verder toegelicht in 3.1.

Het CBS meet overigens iets anders dan het ministerie van VROM in het kader van de biobrandstofdoelstellingen rapporteert. Het CBS zit daarbij dichter bij de **fysieke** werkelijkheid dan VROM.

Het CBS schat op basis van een enquête onder AGP-houders de hoeveelheid fysiek op de markt gebracht biobrandstoffen, terwijl onder het Besluit Biobrandstoffen Wegverkeer (artikel 3) wordt bijgehouden hoeveel er administratief naar de markt wordt uitgeslagen.

De administratieve uitslag is anders dan de fysieke vanwege drie redenen:

- De bepaling van het biogene gedeelte van bio-ETBE verschilt.
- Het is mogelijk om administratieve voorraden op te bouwen en te gebruiken door het ene jaar fysiek meer te doen dan verplicht en een volgend jaar minder.
- Bij de administratieve uitslag is niet noodzakelijk dat biobrandstof fysiek op de Nederlandse markt komt. De bijgemengde biobrandstof mag ook geëxporteerd worden zolang er maar geen rechten worden ontleend aan deze export (zoals bijvoorbeeld meetellen voor een bijmengplicht in een ander land)..

De getallen van CBS worden genomen voor de berekening van het aandeel hernieuwbare energie.

## **B. Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen**

Biobrandstoffen die aan duurzaamheidscriteria voldoen, zoals omschreven in de richtlijn, worden als hernieuwbaar meegeteld.

Er zijn eisen voor de CO<sub>2</sub>-prestatie in de biobrandstofproductieketen. Alleen biobrandstoffen met een minimale reductie van 35% CO<sub>2</sub> mogen meetellen. Voor installaties van voor januari 2008 geldt deze eis pas vanaf 2013. De broeikasreductie gaat naar 50% vanaf 2017 en voor nieuwe installaties vanaf 2017 naar 60% in 2018.

Ook mogen biobrandstoffen niet geproduceerd zijn van grondstoffen van gebieden met o.a. een hoge biodiversiteitswaarde, hoge koolstofvoorraden (bossen etc) en veengebieden. In december 2010 wordt de richtlijn geïmplementeerd en dus zal vanaf 2011 alle biobrandstoffen aan deze duurzaamheidseisen moeten voldoen om als hernieuwbaar te mogen meetellen.

### **Opmerking:**

De richtlijn heeft naast de doelstelling van het aandeel hernieuwbare energie (voor Nederland 14% in 2020) een doelstelling voor het aandeel hernieuwbare energie in het vervoer (10% in 2020, door toepassing van biobrandstoffen, waterstof en elektriciteit in het vervoer). Voor deze laatste doelstelling mogen biotransportbrandstoffen op basis van afval, reststromen, non-food celluloseachtig materiaal en lignocellulose dubbel geteld worden. Ook zijn er bonussen voor elektrische auto's: de (hernieuwbare) energie die deze verbruiken, telt 2,5 maal mee. Deze dubbeltelling en bonus geldt alleen voor de doelstelling in het vervoer.

## **C. Primaire energie (input) methode**

Omdat Nederland hier ook de inputmethode gebruikt zijn de identieke gegevens nodig voor de Eurostat/IEA-questionnaire.

## **5.9 Overige conversietechnieken**

Nieuwe conversiesystemen zullen zo goed mogelijk worden ingepast in de hier beschreven methodiek. Zo wordt er op dit moment onder andere gewerkt aan een aantal voorbehandelingstechnieken voor biomassa die leiden tot een betere meestook-brandstof. In die gevallen kan goed bij de monitoring voor bij- en mee stook worden aangesloten.



## 6 DE GROENE ELEKTRICITEITSBALANS

Sinds 2002 wordt in het jaarlijkse monitoringrapport over hernieuwbaar geproduceerde energie een zogenoemde *groene elektriciteitsbalans* opgenomen. Deze balans geeft weer hoe de Nederlandse markt voor elektriciteit uit hernieuwbare bronnen eruit ziet. Omdat de balans zwaar leunt op het systeem van Garanties van Oorsprong, worden hier eerst de hoofdlijnen van dit systeem uiteengezet. Vervolgens worden de verschillende onderdelen van de balans behandeld: import, binnenlandse productie, voorraad en consumptie, en export. Ten slotte wordt aandacht besteed aan Nederlandse beleidsdoelstellingen.

In het verleden is de methode van registreren verschillende malen gewijzigd. Voor de overzichtelijkheid wordt hier alleen ingegaan op de methode die sinds 1 januari 2004 wordt gebruikt.

### 6.1 Het systeem van garanties van oorsprong

Om onderscheid te kunnen maken tussen milieubewust opgewekte elektriciteit en 'gewone' elektriciteit heeft de overheid productiecertificaten ingevoerd. Deze certificaten vormen het bewijs dat elektriciteit milieubewust is opgewekt. CertiQ geeft deze certificaten uit en beheert, als dochteronderneming van TenneT, het systeem waarin de certificaten worden uitgegeven. Dit certificatenstelsel maakt het mogelijk om het traject van de producent tot de eindverbruiker inzichtelijk te maken. CertiQ geeft verschillende soorten certificaten uit waarbij de verschillende certificaten elk hun specifieke functie hebben. 'Garanties van Oorsprong' worden uitgegeven voor hernieuwbare elektriciteit.<sup>25</sup> In Nederland zijn Garanties van Oorsprong voor hernieuwbare elektriciteit het enige bewijs dat een leverancier 'groene' elektriciteit levert. Daarnaast worden Garanties van Oorsprong gebruikt voor stroometikettering. De uitgifte van Garanties van Oorsprong gebeurt conform de Elektriciteitswet 1998 en verschillende Ministeriële Regelingen. Garanties van Oorsprong voor hernieuwbare elektriciteit kunnen internationaal verhandeld worden. Dat betekent dat Nederlandse Garanties van Oorsprong kunnen worden geëxporteerd en Garanties van Oorsprong uit het buitenland naar Nederland kunnen worden geïmporteerd. CertiQ heeft met een aantal andere landen afspraken gemaakt over internationale handel in Garanties van Oorsprong en certificaten. Deze afspraken zijn nodig om te zorgen dat buitenlandse Garanties van Oorsprong die in Nederland worden gebruikt, voldoen aan dezelfde normen als in Nederland aangemaakte Garanties van Oorsprong.

Naast Garanties van Oorsprong bestaan er ook RECS certificaten. 'RECS' staat voor Renewable Energy Certificate System en betreft een Europees vrijwillig certificeringssysteem dat is geïnitieerd door verschillende internationale marktpartijen en dat het mogelijk maakt internationaal in certificaten te handelen. In Nederland is CertiQ de certificatenuitgever (issuing body) voor RECS. Een Nederlandse Garantie van Oorsprong kan ook de aanduiding 'RECS' bevatten. Op dit moment zijn er meer landen die voldoen aan de RECS standaard dan aan die van de Garantie van Oorsprong. Hierdoor kan een RECS certificaat aan meer landen verkocht worden dan een Garantie van Oorsprong. RECS certificaten kunnen in Nederland niet gebruikt worden voor stroometikettering of als bewijs van levering van hernieuwbare elektriciteit.

Installaties die in aanmerking komen voor Garanties van Oorsprong of RECS-certificaten zijn windturbines, biomassa centrales (inclusief AVI's), zonne-installaties en waterkracht centrales.

---

<sup>25</sup> Sinds 2007 is het ook mogelijk om Garanties van Oorsprong te ontvangen voor elektriciteit uit hoogrenderende warmtekrachtkoppeling.

De regionale netbeheerder controleert of de opgewekte elektriciteit in een installatie kan worden aangemerkt als hernieuwbaar of als warmtekrachtkoppelingsinstallatie en of de hoeveelheid elektriciteit eenduidig kan worden gemeten. De regionale netbeheerder stuurt de metingen van elektriciteit (meestal maandelijks) door naar CertiQ. De meetgegevens worden uiteindelijk omgezet in certificaten en worden bijgeboekt op de certificatenrekening van de handelaar die de producent van te voren heeft aangegeven.

Voor biomassa installaties gelden aanvullende eisen: Zo dient de elektriciteitsproducent met een accountantsverklaring aan te tonen welke soorten biomassa in welke verhouding zijn ingezet.

De handelaar kan de certificaten overmaken naar andere handelaren of zelf gebruiken voor levering van hernieuwbare elektriciteit aan een eindverbruiker.

Certificaten worden in Nederland niet alleen gebruikt om de eindgebruiker van stroom inzicht te geven in de herkomst. Ze worden ook gebruikt bij het toekennen van subsidie (MEP/SDE).

## 6.2 De opzet van de balans – import en export

Zoals eerder beschreven kunnen Garanties van Oorsprong voor hernieuwbare elektriciteit internationaal worden verhandeld. De Elektriciteitswet 1998 bepaalt dat deze naar aard en strekking vergelijkbaar moeten zijn. De nadere invulling van deze vereisten bestaat onder meer uit een controle op elementen als uniciteit, fraudebestendigheid, of de Garanties van Oorsprong zijn uitgegeven door een bevoegde instantie etc. CertiQ neemt om de internationale handel te bevorderen deel aan het ontwikkelen van een internationale standaard binnen de Association of Issuing Bodies (AIB).

Op dit moment worden in Nederland ook GvO's erkend uit: Noorwegen, Zweden, Finland, Denemarken, Duitsland, Oostenrijk en het gewest Vlaanderen.

### Monitoring

Sinds de introductie van Garanties van Oorsprong is er geen koppeling meer met fysieke import of export. Het gevolg is dat er een tijdsverschil (Garanties van Oorsprong zijn in Nederland maximaal een jaar geldig na uitgifte) bestaat tussen de fysieke productie en de import of export van het certificaat. Uit praktische overwegingen wordt de import van hernieuwbare elektriciteit hier gedefinieerd als de hoeveelheid geïmporteerde Garanties van Oorsprong. Hetzelfde geldt voor export; export van hernieuwbare elektriciteit is gedefinieerd als de hoeveelheid geëxporteerde Garanties van Oorsprong. Alleen Garantie van Oorsprong tellen in deze methode mee als groene import of export.

## 6.3 Binnenlandse productie, voorraden en consumptie

Ter bepaling van de binnenlandse productie in de balans wordt uitgegaan van de Garanties van Oorsprong die door CertiQ zijn uitgegeven. Deze hoeveelheid is niet gelijk aan de totale hoeveelheid opgewekte hernieuwbare elektriciteit in Nederland. Hiervoor zijn een aantal redenen: Niet voor alle hernieuwbare elektriciteit wordt een Garantie van Oorsprong aangevraagd en verstrekt. Daarnaast is er een tijdsverschil tussen de daadwerkelijke productie en de uitgifte van het certificaat. Aangezien de netbeheerder maandelijks de meetgegevens naar CertiQ stuurt, is er meestal een verschil van 1 à 2 maanden tussen de fysieke opwekking en het moment dat het certificaat wordt uitgegeven. Garanties van oorsprong (en RECS-certificaten) zijn in het Nederlandse systeem tot één jaar na datum van uitgifte geldig. Geldige certificaten staan op voorraad totdat zij op een van de volgende verschillende manieren van de markt worden gehaald:

- consumptie (afboeken);
- export;
- verlopen van geldigheid;
- terugtrekking.

Leveranciers die hernieuwbare elektriciteit leveren aan een eindverbruiker dienen daarvoor Garanties van Oorsprong af te boeken. Consumptie van hernieuwbare elektriciteit is gedefinieerd als de hoeveelheid Garanties van Oorsprong die zijn afgeboekt.

## **6.4 Het meetellen van import en export t.a.v. beleidsdoelen**

In Nederland worden verschillende doelstellingen met betrekking tot hernieuwbare energie gehanteerd. Voor het werkprogramma 'Schoon en zuinig' en de doelstellingen voor de Richtlijn Energie uit hernieuwbare bronnen geldt ten aanzien van het meetellen van import en export hetzelfde.

In het kader van de EU-richtlijn heeft de Europese commissie over hernieuwbare elektriciteit gesteld dat in de EU import van groene stroom (geregistreerd via het systeem van Garanties van Oorsprong) alleen mag worden meegeteld voor de doelrealisatie van het importerende land, als het exporterende land afstand doet van haar claim om deze productie toe te rekenen aan haar eigen doelstellingen (Europese Commissie, 2004). In de nieuwe EU-richtlijn voor duurzame energie wordt dit principe ook gevolgd.

Voor het vaststellen van de doelrealisatie is daarom van belang:

- (1) binnenlandse productie;
- (2) import en export;
- (3) import en export waar expliciet afspraken over zijn gemaakt;
- (4) hoeveelheid hernieuwbare energie die telt voor doelrealisatie.

Voor geïmporteerde hernieuwbare elektriciteit wordt de hoeveelheid vermeden fossiele brandstoffen bepaald met behulp van het gemiddelde Nederlandse rendement. Dat geldt alleen voor vermeden fossiele brandstoffen, niet voor de vermeden CO<sub>2</sub>-uitstoot.

De vermeden uitstoot van CO<sub>2</sub> telt altijd in het land van oorsprong (analoog aan emissies, die altijd worden toegerekend aan land waar ze ontstaan).

Tenslotte telt in Nederland tot op dit moment (2009) geïmporteerde elektriciteit niet mee voor de realisatie van de Nederlandse doelstellingen. De reden is dat de exporterende landen geen expliciete toestemming hebben gegeven om het volume geëxporteerde groene elektriciteit van hun doelstelling af te trekken en in Nederland bij de doelstelling op te tellen.



## LITERATUUR

CBS, *Nederlandse Energiehuishouding (NEH)*, [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl) rubriek statline, publicatie energiebalans te vinden onder bedrijfsleven/energie en water/energie fysiek.

CBS (2009), *Duurzame Energie in Nederland in 2008*

CBS(2006) en Animal Sciences Group, Divisie Veehouderij, Wageningen UR, Segers en De Koning, *Warmtepompen in de melkveehouderij*.

CEN(2006), prCEN/ TS 15440, *Method for the determination of the biomass conten*, CEN/TC 343.

Centraal Planbureau (CPB), Milieu en Natuurplanbureau (MNP) en Ruimtelijk Planbureau (RP), *Welvaart en leefomgeving, een scenariostudie voor Nederland in 2040*, september 2006, [www.welvaartenleefomgeving.nl](http://www.welvaartenleefomgeving.nl)

CPB, ECN, Novem en RIVM, P. Boonekamp, *Protocol monitoring energiebesparing*, 2001.

Ecofys (2004). Achtergrondinformatie referentierendementen DE. Ecofys i.o.v. Agentschap NL, augustus 2004.

Ecofys (2006). *Overzicht praktijkmetingen huishoudelijke zonneboilers 1989–2005*.

European Commission (2004). *The Share of RenewableEnergy in the EU*. Commission Report (2004), 366.

European Commission (2003) *Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the Promotion of the Use of Biofuels and other Renewable Fuels for Transport* (OJEU L123 of 17 May 2003).

ECN/Novem (2001). *Phyllis Database* (<http://www.ecn.nl/phyllis/>).

ECN/RIVM (2002). *Referentieraming energie en CO<sub>2</sub> 2001-2010*. ECN, Petten.

EnergieNed (1997). D. de Jager et al.: *Duurzame Energie in Cijfers*. EnergieNed/Ecofys, Arnhem.

EnergieNed, BAK (2001). *Basisonderzoek Aardgasverbruik Kleinverbruikers (BAK)*. Arnhem, november 2001. Latere gegevens verkregen uit dezelfde Home-database met behulp van Agentschap NL.

ETSU (1994). *An Assessment of Renewable Energy for the UK* Energy Technology Support Unit, Harwell, UK.

EZ (1995). *Derde Energienota*, Minister van Economische Zaken, Tweede Kamer, Vergaderjaar 1995-1996, 24, 525, nrs. 1-2, Sdu, 's-Gravenhage.

EZ (1999). *Duurzame energie in uitvoering*. Minister van Economische Zaken, Tweede Kamer, 's-Gravenhage.

IEA, Eurostat, OECD, *Energy Statistics Manual*, 2004.

IEA Solar Heating and Cooling Programme, European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF), *Worldwide Capacity of Solar Thermal Energy greatly underestimated*, 2004.

- IF-Technology (2006), *Energiebesparing van koude-/warmteopslag in de praktijk*.
- NEN (2003), NTA 8003:2003, *Classificatie van biomassa voor energietoepassing*.
- Novem (1996). *Grootschalige waterkracht in Nederland*. Nederlandse onderneming voor energie en milieu, Sittard, mei 1996.
- Novem/Ecofys (1999). *Protocol Monitoring Duurzame Energie. Methodiek voor het registreren en berekenen van de bijdrage van duurzame/hernieuwbare energiebronnen*. Ecofys i.o.v. Novem, Utrecht.
- Novem/Ecofys (2002). *Protocol Monitoring Duurzame Energie. Methodiek voor het registreren en berekenen van de bijdrage van duurzame/hernieuwbare energiebronnen. Update 2002*. Ecofys i.o.v. Novem, Utrecht.
- Novem (2003). *Biofuels in the Dutch Market: a Fact-Finding Study*. Rapport nummer 2GAVE-03.12. Uitgevoerd door Ecofys, Utrecht.
- Rekenkamer (2004). *Groene Stroom*. Tweede Kamer vergaderjaar 2003-2004, 29,630, nr.1-2.
- RIVM/LAE (1996). D. Nagelhout: *Monitoring prioritaire afvalstoffen – gegevens 1994*. RIVM/LAE, Bilthoven.
- RIVM/CBS (2001). *Milieucompendium 200*,. ([www.milieucompendium.nl](http://www.milieucompendium.nl)).
- Therra project (2006) *Report on Res Heat statistics in participating countries*, 2006 [www.therra.info](http://www.therra.info).
- TNO (2005). J. Koppejan, P.D.M. de Boer-Meulman. *Status warmteproductie middels biomassaverbrandingsinstallaties*, 2005.
- TNO (2004). H. Visser. *Second opinion voorstel Holland Solar kentallen zonneboilers*. TNO-Bouw i.o.v. Agentschap NL, september 2004.
- TNO (2004). A. Traversari. *Beoordeling systematiek protocol monitoring DE warmtepompen*. TNO-MEP i.o.v. Agentschap NL, augustus/september 2004.
- Agentschap NL, *Protocol monitoring duurzame energie*, uitgave 2004.
- Agentschap NL/Vereniging Afvalbedrijven/VROM (diverse jaargangen). Werkgroep Afval Registratie. *Afvalverwerking in Nederland*. Utrecht.

# BIJLAGE 1: BEPALING PERCENTAGE HERNIEUWBARE ENERGIE

Om de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen aan de Nederlandse energievoorziening te bepalen en de onderlinge vergelijking van die bronnen mogelijk te maken, wordt de productie (of besparing) van elektriciteit, warmte en brandstof omgerekend in vermeden primaire energie. Op vergelijkbare wijze kunnen ook de vermeden emissies van kooldioxide en verzurende stoffen worden bepaald.

In dit hoofdstuk wordt de algemene rekenmethodiek beschreven, evenals specifieke rekenwijzen voor de referentietechnologieën van elektriciteitsproductie.

## Benodigde informatie en rekenformules

Voor deze berekeningen moet eerst de benodigde informatie worden verzameld. Bij voorkeur zal die informatie afkomstig zijn uit waarnemingen, maar vaak zijn dergelijke gegevens niet beschikbaar. Dan moet de informatie uit andere grootheden worden herleid. In Hoofdstuk 4 en 5 bij de berekeningen per hernieuwbare energiebron is aangegeven hoe de benodigde informatie moet worden verkregen.

Voor alle hernieuwbare energiebronnen moet op zijn minst de volgende informatie worden verkregen:

- (netto) elektriciteitsproductie,  $E_{e(\text{elektriciteit})}$ ;
- (netto) warmteproductie,  $E_{w(\text{warmte})}$ ;
- (netto) gasproductie,  $E_{g(\text{as})}$ ;
- (netto) verdringing van fossiele energiedragers door biomassa,  $E_{b(\text{iomassa})}$ ;
- directe emissies van kooldioxide ( $\text{CO}_2$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) en zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) van de hernieuwbare energiebron,  $\epsilon_{\text{de}, i}$ .

Verder moet voor elke referentietechnologie de volgende informatie beschikbaar zijn:

- omzettingsrendementen van primaire energie naar elektriciteit ( $\eta_e$ ) of warmte ( $\eta_w$ );
- emissiefactoren voor kooldioxide ( $\text{CO}_2$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) en zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ), uitgedrukt in (kilo)gram per gigajoule primaire energie,  $e_{\text{ref}, i}$ .

Op basis van deze gegevens kunnen dan per hernieuwbare energiebron de vermeden primaire energie ( $E_{\text{prim}}$ ) en de vermeden emissies van elke stof  $i$  ( $\epsilon_i$ ) worden berekend met behulp van de volgende twee formules:

$$E_{\text{prim}} = E/\eta$$

$$\epsilon_{\text{netto}, i} = e_{\text{ref}, i} \cdot E/\eta - \epsilon_{\text{de}, i}$$

In het geval van directe verdringing van fossiele energiedragers door biomassa ( $E_g$  of  $E_b$ ) kunnen het rendement en de emissiefactor van het conversieproces worden beïnvloed. Daarvoor moet dan worden gecorrigeerd.

## Overige informatie

Naast informatie over de bijdrage van de bron, uitgedrukt in geproduceerde secundaire energiedragers, is in het algemeen tevens de volgende informatie relevant:

- het opgestelde thermisch en/of elektrisch vermogen;
- de capaciteit van de gasproductie, -winning en -benutting;
- de warmte-, elektriciteits- en brandstofproductie (netto/bruto);
- de brandstof- of gasproductie (syngas/gistingsgas, netto/bruto);
- het aantal productie-eenheden.
-

Bij de energetische benutting van afval en biomassa komt hier de volgende informatie bij:

- de brandstofinzet en de energie-inhoud van de brandstof;
- de directe emissies van de energetische conversie;
- de afnemers van de warmteproductie;
- het (gemiddelde) temperatuurniveau van de warmte (en de druk in het geval van stoomproductie).

Daarnaast is mogelijk nog een aantal andere gegevens van belang:

- overige relevante kentallen (bijvoorbeeld het collector- of moduleoppervlak bij het thermisch of fotovoltaïsch gebruik van zonne-energie);
- kentallen voor het berekenen van de energieproductie en -besparing bij hernieuwbare energieconversietechnologieën aan de vraagzijde (die zich 'achter de meter' bevinden en dus niet direct kunnen worden waargenomen).

Voor het bepalen van het percentage hernieuwbare energie op de energiebalans kan de volgende formule worden gebruikt:

$$\frac{\text{totaal vermeden primaire energie}}{\text{TVB} - \text{duurzame energie in TVB} + \text{totaal vermeden primaire energie}}$$

Op het eerste gezicht lijkt delen van de hernieuwbare energieproductie, uitgedrukt in totaal vermeden primaire energie, door het totale energieverbruik (TVB) afdoende. Dit leidt echter tot ongewenste effecten bij grotere bijdragen van hernieuwbare energie. Een voorbeeld is elektriciteitsproductie uit windenergie. Hier geldt dat 1 GJ elektriciteit via de substitutiemethode leidt tot ongeveer 2,5 GJ vermeden fossiel aan hernieuwbaar. Op de energiebalans (dus in het TVB) echter staat dezelfde elektriciteit maar voor 1 GJ. Door de energiebalans hiervoor te corrigeren kan dit verschil worden verrekend. Voor de jaren tot nu toe is het verschil klein waardoor deze wijziging geen trendbreuk zal veroorzaken. Deze correctie is specifiek voor de substitutiemethode en hoeft dus niet te worden gebruikt in rapportages richting Eurostat of IEA.

### **Omgaan met voortschrijdend inzicht**

In dit protocol wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de methodiek van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Nieuwe inzichten en nieuwe gegevens kunnen het nodig maken historische gegevens aan te passen, teneinde de historische reeksen zo consistent mogelijk te houden.



## BIJLAGE 2: EMISSIEFACTOREN BRANDSTOFFEN

Deze bijlage is een kopie van de Nederlandse brandstoffenlijst en is hier alleen informatief. Voor de monitoring moet altijd de meest actuele versie worden gebruikt. Deze is onder andere te vinden op [www.broeikasgassen.nl](http://www.broeikasgassen.nl)

### Inleiding

Voor de nationale monitoring van broeikasgasemissies in het kader van het klimaatverdrag (UNFCCC) en de monitoring op bedrijfsniveau ten behoeve van de Europese CO<sub>2</sub>-emissiehandel is het voorgeschreven dat er een nationale lijst van gedefinieerde energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren is vastgesteld. Deze lijst dient uit te gaan van de IPCC lijst met default CO<sub>2</sub>-emissiefactoren, maar dient nationale waarden te bevatten waar de nationale situatie afwijkt. Deze lijst zal in Nederland ook worden gebruikt in het e-MJV, omdat de MJV's worden gebruikt voor de nationale monitoring.

De Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren (verder 'de Nederlandse lijst') is thans beschikbaar in de vorm van:

1. een tabel met de naam (Nederlands en Engels) van de energiedrager en bijbehorende standaard energie-inhoud en CO<sub>2</sub>-emissiefactor
2. per energiedrager een factsheet waarbij de waarden worden onderbouwd, overeenkomstige namen en mogelijke specificaties worden gepresenteerd en een overzicht wordt gegeven van codes die organisaties voor die energiedrager hanteren.

Dit document is bedoeld voor gebruikers van de Nederlandse lijst. Het geeft de uitgangspunten voor de lijst aan en geeft aanwijzingen voor het gebruik ervan voor verschillende doeleinden, zoals de nationale monitoring van broeikasgasemissies, de Europese CO<sub>2</sub>-emissiehandel en in het e-MJV. Verder wordt de achtergrond van de lijst toegelicht. De lijst, dit document en de achtergronddocumenten voor de onderbouwing van de specifieke Nederlandse waarden zijn te vinden op [www.broeikasgassen.nl](http://www.broeikasgassen.nl).

### Uitgangspunten voor de Nederlandse lijst

Bij het opstellen van de Nederlandse lijst zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. de lijst bevat tenminste alle energiedragers, zoals opgenomen in de IPCC Guidelines (Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for national greenhouse gas inventories, verder de '1996 IPCC Guidelines'), tabel 1-1 (in hoofdstuk 1 van de Reference Manual, volume 3 van de 1996 IPCC Guidelines) en de verbijzondering daarvan in het workbook tabel 1-2 (in module 1 van het Workbook, volume 2 van de 1996 IPCC Guidelines). De 1996 IPCC Guidelines zijn van toepassing op de nationale monitoring van broeikasgasemissies in het kader van de UNFCCC.
2. de lijst bevat tenminste alle energiedragers, zoals opgenomen in de Beschikking 2007/589/EG van de Europese Commissie over rapportage voor CO<sub>2</sub> emissiehandel ('...tot vaststelling van richtsnoeren voor de bewaking en rapportage van de emissies van broeikasgassen...'), bijlage 1, paragraaf 11.
3. bij de definiëring van de energiedragers is aangesloten bij de definities die het CBS hanteert voor de energiestatistiek.
4. in navolging van de 1996 IPCC Guidelines en Beschikking 2007/589/EG van de EC genoemd bij 1. en 2. zijn de CO<sub>2</sub>-emissiefactoren met één cijfer achter de komma vastgesteld.
5. in de lijst is uitgegaan van de standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren in de 1996 IPCC Guidelines en Beschikking 2007/589/EG van de EC, maar voor energiedragers waarvoor de Nederlandse situatie afwijkt, zijn specifieke Nederlandse standaardwaarden bepaald, die (gedocumenteerd) zijn onderbouwd.

## **De Nederlandse lijst**

In 2002 is een onderzoek uitgevoerd naar specifieke Nederlandse CO<sub>2</sub>-emissiefactoren (TNO, 2002). Daaruit bleek dat voor een beperkt aantal energiedragers de Nederlandse situatie zodanig afwijkt dat er landspecifieke waarden dienen te worden bepaald. Voor een aantal energiedragers waren reeds eerder landspecifieke waarden vastgesteld (Emissieregistratie, 2002) die geactualiseerd konden worden en voor een beperkt aantal energiedragers moesten nieuwe, actuele waarden worden bepaald.

Voor de volgende energiedragers is *een specifieke Nederlandse standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactor* bepaald, of betreft het een energiedrager, die niet in de 1996 IPCC Guidelines of in Beschikking 2007/589/EG van de EC voorkomt, maar is toegevoegd als specificatie van één van de energiedragers daarin:

1. Motorbenzine
2. Gas- en dieselolie
3. LPG
4. Cokeskolen (cokeovens en basismetaal) (zie toelichting hieronder)
5. (Overige bitumineuze) steenkool
6. Cokesoven/gascokes
7. Cokesovengas
8. Hoogovengas
9. Oxystaalovengas
10. Fosforovengas
11. Aardgas (zie toelichting hieronder)

Bij industriële gassen is naast raffinaderijgas chemisch restgas onderscheiden.

Voor de IPCC hoofdgroep "other fuels" wordt alleen Afval onderscheiden (zie toelichting hieronder).

### **Cokeskolen**

Voor cokeskolen is de standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactor eveneens een gewogen gemiddelde en wel van cokeskolen ingezet in cokeovens en in de basismetaal.

### **Aardgas**

In 2006 is voor aardgas een onderzoek uitgevoerd naar vaststellingsmethodieken voor CO<sub>2</sub>-emissiefactoren voor aardgas (TNO, 2006), dat heeft geleid tot een advies om voor aardgas een landenspecifieke factor te hanteren vanaf het basisjaar 1990 (Agentschap NL, 2006).

In zijn vergadering van 25 april 2006 heeft de Stuurgroep Emissie Registratie advies overgenomen en daarmee een update van de brandstoflijst bekrachtigd voor de periode 1990-2006.

Vanaf 2007 wordt de CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor aardgas jaarlijks vastgesteld. In de vergadering van de Stuurgroep Emissieregistratie van 21 april 2009 is de procedure goedgekeurd, waarmee de emissiefactor voor aardgas jaarlijks wordt vastgesteld. In dit document (versie december 2009) is volgens de voorgestelde procedure de emissiefactor voor aardgas voor 2008 vastgesteld.

### **Afval**

Met ingang van 2009 is op de Nederlandse lijst de brandstof afval (niet biogeen) vervangen door Afval. Dit betreft alle afval die in Nederland wordt verbrand, dus zowel huishoudelijk afval als overige afval. Tevens worden vanaf 2009 worden de stookwaarde en de emissiefactor op de Nederlandse lijst jaarlijks vastgesteld. Deze waarden worden niet gebruikt als input voor broeikasgasemissies in het kader van het klimaatverdrag (UNFCCC), maar zijn het resultaat van die berekeningen (zie protocol Monitoring Duurzame Energie, 2006). In het e-MJV kunnen de waarden worden benut voor die bedrijven die afval verbranden.

In dit document (versie december 2009) zijn de stookwaarde en de emissiefactor voor afval voor 2008 vastgesteld.

Het afval dat wordt verbrand is een mengsel van biogeen en niet-biogeen afval. Zowel voor de stookwaarde als voor de emissiefactor wordt daarom apart het percentage biogeen vermeld.

### **Biomassa**

De lijst bevat ook biomassa als brandstof met bijbehorende specifiek Nederlandse CO<sub>2</sub> emissiefactoren. De emissies van biomassa worden in de nationale monitoring van broeikasgasemissies in het kader van de UNFCCC apart (als memo element) gerapporteerd en tellen niet mee in het nationale emissiecijfer hiervoor. De emissies blijven bij de Europese CO<sub>2</sub>-emissiehandel buiten beschouwing doordat daar voor biomassa een emissiefactor van 0 wordt gehanteerd.

Voor *vaste* biomassa is de CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor hout gehanteerd en voor *vloeibare* biomassa die voor palmolie<sup>26)</sup>. Voor *gasvormige* biomassa is de standaardfactor een gewogen gemiddelde van drie gespecificeerde biogassen, te weten:

1. rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) biogas,
2. stortgas
3. industrieel fermentatiegas

### **Stookwaarden**

De stookwaarden zijn overeenkomstig de standaardwaarden zoals het CBS die hanteert voor de waargenomen energiedragers in de enquêtes voor energiestatistieken.

**Tabel 2.B Nederlandse energiedragers en standaard CO<sub>2</sub>-emissiefactoren, versie december 2009**

| Hoofdgroep<br>(Nederlands)                      | Hoofdgroep (Engels)<br>IPCC (aangevuld) | Eenheid | Stookwaar<br>de<br>(MJ/eenhe<br>id) | CO <sub>2</sub> EF<br>(kg/GJ<br>) |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>A. Liquid Fossil, Primary Fuels</b>          |                                         |         |                                     |                                   |
| Ruwe aardolie                                   | Crude oil                               | kg      | 42,7                                | 73,3                              |
| Orimulsion                                      | Orimulsion                              | kg      | 27,5                                | 80,7                              |
| Aardgascondensaat                               | Natural Gas Liquids                     | kg      | 44,0                                | 63,1                              |
| <b>Liquid Fossil, Secondary Fuels/ Products</b> |                                         |         |                                     |                                   |
| Motorbenzine                                    | Gasoline                                | kg      | 44,0                                | 72,0                              |
| Kerosine luchtvaart                             | Jet Kerosene                            | kg      | 43,5                                | 71,5                              |
| Petroleum                                       | Other Kerosene                          | kg      | 43,1                                | 71,9                              |
| Leisteenolie                                    | Shale oil                               | kg      | 36,0                                | 73,3                              |
| Gas-/dieselolie                                 | Gas/ Diesel oil                         | kg      | 42,7                                | 74,3                              |
| Zware stookolie                                 | Residual Fuel oil                       | kg      | 41,0                                | 77,4                              |
| LPG                                             | LPG                                     | kg      | 45,2                                | 66,7                              |
| Ethaan                                          | Ethane                                  | kg      | 45,2                                | 61,6                              |
| Nafta's                                         | Naphtha                                 | kg      | 44,0                                | 73,3                              |
| Bitumen                                         | Bitumen                                 | kg      | 41,9                                | 80,7                              |
| Smeeroliën                                      | Lubricants                              | kg      | 41,4                                | 73,3                              |
| Petroleumcokes                                  | Petroleum Coke                          | kg      | 35,2                                | 100,8                             |
| Raffinaderij grondstoffen                       | Refinery Feedstocks                     | kg      | 44,8                                | 73,3                              |
| Raffinaderijgas                                 | Refinery Gas                            | kg      | 45,2                                | 66,7                              |
| Chemisch restgas                                | Chemical Waste Gas                      | kg      | 45,2                                | 66,7                              |
| Overige oliën                                   | Other Oil                               | kg      | 40,2                                | 73,3                              |
| <b>B. Solid Fossil, Primary Fuels</b>           |                                         |         |                                     |                                   |
| Antraciet                                       | Anthracite                              | kg      | 26,6                                | 98,3                              |

<sup>26)</sup> In de berekeningen van de nationale transportemissies voor biobrandstoffen worden niet de stookwaarde en emissiefactor voor biomassa vloeibaar gehanteerd. Zie voor nadere toelichting: Klein et al, 2009 (o.a. tabel 1.31)

| Hoofdgroep<br>(Nederlands)           | Hoofdgroep (Engels)<br>IPCC (aangevuld) | Eenheid            | Stookwaar<br>de<br>(MJ/eenhe<br>id) | CO <sub>2</sub> EF<br>(kg/GJ<br>) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Cokeskolen                           | Coking Coal                             | kg                 | 28,7                                | 94,0                              |
| Cokeskolen (cokeovens)               | Coking Coal (used in coke oven)         | kg                 | 28,7                                | 95,4                              |
| Cokeskolen (basismetaal)             | Coking Coal (used in blast furnaces)    | kg                 | 28,7                                | 89,8                              |
| (Overige bitumineuze<br>steenkool    | Other Bit.Coal                          | kg                 | 24,5                                | 94,7                              |
| Sub-bitumineuze kool                 | Sub-bit. Coal                           | kg                 | 20,7                                | 96,1                              |
| Bruinkool                            | Lignite                                 | kg                 | 20,0                                | 101,2                             |
| Bitumineuze Leisteen                 | Oil Shale                               | kg                 | 9,4                                 | 106,7                             |
| Turf                                 | Peat                                    | kg                 | 10,8                                | 106,0                             |
| <b>Solid Fossil, Secondary Fuels</b> |                                         |                    |                                     |                                   |
| Steenkool- en<br>bruinkoolbriketten  | BKB & Patent Fuel                       | kg                 | 23,5                                | 94,6                              |
| Cokesoven/ gascokes                  | Coke Oven/Gas Coke                      | kg                 | 28,5                                | 111,9                             |
| Cokesovengas                         | Coke Oven gas                           | MJ                 | 1,0                                 | 41,2                              |
| Hoogovengas                          | Blast Furnace Gas                       | MJ                 | 1,0                                 | 247,4                             |
| Oxystaalovengas                      | Oxy Gas                                 | MJ                 | 1,0                                 | 191,9                             |
| Fosforovengas                        | Fosfor Gas                              | Nm <sup>3</sup>    | 11,6                                | 149,5                             |
| <b>C. Gaseous Fossil Fuels</b>       |                                         |                    |                                     |                                   |
| Aardgas                              | Natural Gas (dry)                       | Nm <sup>3</sup> ae | 31,65                               | 56,7 <sup>27)</sup>               |
| Koolmonoxide                         | Carbon Monoxide                         | Nm <sup>3</sup>    | 12,6                                | 155,2                             |
| Methaan                              | Methane                                 | Nm <sup>3</sup>    | 35,9                                | 54,9                              |
| Waterstof                            | Hydrogen                                | Nm <sup>3</sup>    | 10,8                                | 0,0                               |
|                                      | Biomass <sup>28)</sup>                  |                    |                                     |                                   |
| Biomassa vast                        | Solid Biomass                           | kg                 | 15,1                                | 109,6                             |
| Biomassa vloeibaar                   | Liquid Biomass                          | kg                 | 39,4                                | 71,2                              |
| Biomassa gasvormig                   | Gas Biomass                             | Nm <sup>3</sup>    | 21,8                                | 90,8                              |
| RWZI biogas                          | Wastewater biogas                       | Nm <sup>3</sup>    | 23,3                                | 84,2                              |
| Stortgas                             | Landfill gas                            | Nm <sup>3</sup>    | 19,5                                | 100,7                             |
| Industrieel fermentatiegas           | Industrial organic waste gas            | Nm <sup>3</sup>    | 23,3                                | 84,2                              |
| <b>D Other fuels</b>                 |                                         |                    |                                     |                                   |
| Afval <sup>29)</sup>                 | Waste                                   | kg                 | 10,3                                | 97,5                              |

<sup>27)</sup> De emissiefactor voor aardgas in deze tabel (56,7 kg CO<sub>2</sub>/GJ) is van toepassing voor emissieberekeningen in 2007 (Zijlema, 2008) en in 2008 (Zijlema, 2009). Voor de periode 1990-2006 blijft de emissiefactor ongewijzigd (56,8 kg CO<sub>2</sub>/GJ). In de toekomst zal de emissiefactor voor aardgas jaarlijks worden geactualiseerd

<sup>28)</sup> Biomassa: waarde CO<sub>2</sub> emissiefactor is voor rapportage voor klimaatverdrag als memo-item; voor emissiehandel en voor Kyoto-protocol is de waarde 0

<sup>29)</sup> Het percentage biogeen in de stookwaarde is 49%. Het percentage biogeen in de CO<sub>2</sub>-emissiefactor is 63% (gebaseerd op 2008)

## BIJLAGE 3: KENTALLEN AFVALVERBRANDING

### Nieuwe opzet berekening Hernieuwbare energie

Het bepalen van het aandeel van biomassa energie bij een afvalverbrandingsinstallatie is lastig vanwege de inhomogeniteit van de brandstof. Probleem is onder andere het ontbreken van een bruikbaar protocol voor monstername en -analyse van materiaal dat dermate inhomogeen is. Omdat echter al wel jarenlang onderzoek is gedaan naar de samenstelling van het afval in Nederland, is ervoor gekozen met behulp van de daaruit bekende gegevens de energie en koolstofinhoud en daarbij horende biomassadeel te bepalen van de afvalstromen die in afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) worden verbrand. Uit het biomassa aandeel in de energie wordt dan voor alle AVI's in Nederland samen een zogeheten forfaitair percentage hernieuwbare energie berekend.

Het berekenen van het percentage hernieuwbare energie van AVI's gebeurt in een zevental stappen, die hierna elk worden beschreven. Deze stappen zijn kort samengevat in tabel B3.1, waarin ook is vermeld uit welke bronnen de informatie voor de verschillende afvalstromen in elk van de stappen afkomstig is.

**Tabel B3.1: Stappen in het berekenen van het aandeel hernieuwbaar bij afvalverbranding**

| Stap | Omschrijving stap                                   | Huishoudelijk restafval* | Overig afval        |
|------|-----------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1    | Hoeveelheid per stroom                              | WAR                      | WAR                 |
| 2    | Samenstelling van de componenten                    | sorteeranalyses          | monitoringsprotocol |
| 3    | Hoeveelheid energie per component                   | monitoringsprotocol      | Monitoringsprotocol |
| 4    | Aandeel hernieuwbare energie per component          | monitoringsprotocol      | monitoringsprotocol |
| 5    | Hoeveelheid energie van verbrand afval              |                          |                     |
| 6    | Hoeveelheid hernieuwbare energie van verbrand afval |                          |                     |
| 7    | Aandeel hernieuwbare energie                        |                          |                     |

\* Dit betreft het deel van stedelijk afval (EURAL 20.03.01) dat afkomstig is van huishoudens

Voor huishoudelijk afval en overig afval worden de stappen afzonderlijk besproken

#### *Huishoudelijk restafval*

##### Stap 1

De Werkgroep Afvalregistratie (WAR) rapporteert jaarlijks over de verbrande hoeveelheden huishoudelijk restafval. Dat gebeurt in de zomer en betreft steeds het voorgaande kalenderjaar. Voor huishoudelijk restafval gaat het van de stroom gemengd stedelijk afval horende bij Euralcode 200301 alleen om huishoudelijk restafval.

##### Stap 2

Van het huishoudelijk restafval wordt de samenstelling bepaald aan de hand van sorteeranalyses. Daartoe wordt in Nederland jaarlijks een representatieve steekproef genomen uit het huishoudelijk restafval van 1100 adressen. Dit afval wordt gesorteerd in componenten, en het totaal wordt geacht een afspiegeling te zijn van de gemiddelde samenstelling van huishoudelijk restafval in Nederland. Dit staat in de rapportages "Samenstelling van het huishoudelijk restafval", voor verschillende jaren van Agentschap NL. Hier wordt gebruikgemaakt van het 3 jaarlijks gemiddelde. Dit houdt in dat voor het jaar 2008 het gemiddelde is gebruikt van 2007, dus het gemiddelde van de jaren 2006, 2007 en 2008.

Aangezien het driejaarlijkse gemiddelde voor 2008 nog niet beschikbaar is op het moment

dat de statistieken worden vastgesteld, lopen de sorteeranalyses dus 1 jaar achter bij de hoeveelheden. In tabel B3.2 staat hoe de componenten in de verschillende studies bij elkaar horen.

De aandelen voor componenten bij de sorteeranalyses zijn bepaald voor huishoudelijk restafval direct van huishoudens. Door nascheiding worden bepaalde componenten deels uit het huishoudelijk restafval gehaald. De verhouding van de aandelen van componenten zal hierdoor veranderen. Indien nodig zal rekening gehouden worden met deze nascheidingsactiviteiten (bijvoorbeeld van kunststofverpakkingen)<sup>30</sup>.

#### Stap 3

Voor de NCV (energie-inhoud) van huishoudelijk restafval wordt gesommeerd over de aandelen van de componenten vermenigvuldigd met de NCV van de componenten. Dit is de gemiddelde NCV van het Nederlandse huishoudelijk restafval voor een gegeven jaar.

De NCV van de verschillende componenten staat in tabel B3.3. Hierin staat ook het aandeel koolstof en het aandeel biogeen koolstof van de component. Bron voor deze gegevens is Agentschap NL 2008.

#### Stap 4

Voor de totale biomassa NCV wordt eerst het aandeel van de component vermenigvuldigd met de NCV van de component en het aandeel biomassa van de NCV. Daarna wordt alle bijdragen van de componenten bij elkaar opgeteld. Dit is het deel van de NCV dat toe te rekenen is aan biomassa van het Nederlandse huishoudelijk restafval voor een gegeven jaar.

#### *Overig afval*

##### Stap 1

De Werkgroep Afvalregistratie (WAR) rapporteert jaarlijks over de verbrande hoeveelheden afval. Dat gebeurt in het jaar volgend op de rapportage jaar.

##### Stap 2

De verschillende afvalstroomtypen zijn verdeeld over 6 standaard stoffen waarover gegevens bekend zijn. De standaard stoffen zijn papier en karton, organisch, hout, kunststof, overig en niet brandbaar. De indeling staat in tabel B3.4.

##### Stap 3

De NCV per afvalstroom is de sommatie per afvalstroom van de aandelen van de standaard stoffen vermenigvuldigd met de NCV van de standaard stoffen. De NCV van de standaard stoffen staat in tabel B3.5. Dit is de gemiddelde NCV van de afvalstroom.

##### Stap 4

De biomassa NCV per afvalstroom is de sommatie per afvalstroom van de aandelen van de standaard stoffen vermenigvuldigd met de biomassa NCV van de standaard stoffen. De biomassa NCV van de standaard stoffen staat in tabel B3.5.

#### *Totaal afval*

##### Stap 5

Voor de totale energie-inhoud wordt per afvalstroom de NCV vermenigvuldigd met de hoeveelheid van de afvalstroom. Dit wordt gesommeerd. Hierbij wordt ook de energie-inhoud van het huishoudelijk restafval meegenomen.

##### Stap 6

Voor de totale biomassa energie-inhoud wordt per afvalstroom de biomassa NCV vermenigvuldigd met de hoeveelheid van de afvalstroom. Dit wordt gesommeerd.

---

<sup>30</sup> De uitwerking hiervan zal in overleg gaan met de sector.

### Stap 7

Uit de verhouding tussen de hernieuwbare energie-inhoud van alle afval samen en de totale energie-inhoud van het afval (hernieuwbaar + niet- hernieuwbaar) wordt het percentage hernieuwbare energie uit verbrand afval berekend.

De NCV van verbrand afval is dan de totale energie-inhoud van verbrand afval gedeeld door de totale massa van verbrand afval.

**Tabel B3.2: Conversietabel componenten sorteeraanlyse naar NCV lijst**

| <b>NCV componenten</b> | <b>Sorteeranalyse componenten</b> |
|------------------------|-----------------------------------|
| Gft-afval              | =GFT totaal - or                  |
| Or                     | =or                               |
| Papier (excl. luiers)  | =Papier totaal - luiers           |
| Luiers                 | =luiers                           |
| Kunststoffen           | =kunststoffen totaal              |
| Glas                   | =glas totaal                      |
| Ferro                  | =ferro totaal                     |
| Non-ferro              | =non-ferro totaal                 |
| Textiel                | =textiel                          |
| KCA                    | =KCA                              |
| Hout                   | =overig hout                      |
| Overig, rest           | =overig rest                      |
| Overig, EEA            | =overig EEA                       |
| Overig, steenachtig    | =overig steenachtig               |
| niet brandbaar         | <i>nvt</i>                        |

**Tabel B3.3: NCV lijst per component**

| <b>Sorteerfracties</b> | <b>NCV (MJ/kg)</b> | <b>NCV biomassa (MJ/kg)</b> | <b>Vochtgehalte (gewicht%)</b> |
|------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Gft-afval              | 5,8                | 5,1                         | 50,9                           |
| Or                     | 3,8                | 3,4                         | 47,9                           |
| Papier (excl. luiers)  | 10,2               | 8,9                         | 38,8                           |
| Luiers                 | 7,1                | 3,6                         | 59,2                           |
| Kunststoffen           | 23                 | 4,6                         | 17,7                           |
| Glas                   | 0                  | 0                           | 0                              |
| Ferro                  | 0                  | 0                           | 0                              |
| Non-ferro              | 0                  | 0                           | 0                              |
| Textiel                | 15,9               | 0                           | 18,5                           |
| KCA                    | 0                  | 0                           | 0                              |
| Hout                   | 14,2               | 13,2                        | 22,8                           |
| Overig, rest           | 7,4                | 0                           | 4,5                            |
| Overig, EEA            | 16,4               | 0                           | 13,5                           |
| Overig, steenachtig    | 0                  | 0                           | 0                              |

**Tabel B3.4: Verdeling standaardstoffen per afvalcategorie**

| afvalcategorie           |                                                 | brandbaar                    |      |           |              |        | niet brandbaar |
|--------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|------|-----------|--------------|--------|----------------|
|                          |                                                 | papier, karton               | hout | organisch | kunststoffen | overig |                |
| Huishoudelijk restafval  | huishoudelijk restafval                         | Jaarlijks via sorteeranalyse |      |           |              |        |                |
|                          | grofvuil                                        | 4%                           | 28%  | 11%       | 16%          | 14%    | 27%            |
| Bedrijfsafval            | bedrijfsafval                                   | 25%                          | 4%   | 34%       | 12%          | 15%    | 10%            |
|                          | agraris ch afval                                |                              |      |           |              | 100%   |                |
|                          | industrieel afval, niet gevaarlijk              | 25%                          | 4%   | 34%       | 12%          | 15%    | 10%            |
|                          | specifiek ziekenhuisafval, niet gevaarlijk      |                              |      |           |              | 100%   | 0%             |
| Reststoffen na scheiding | reststoffen scheiding                           | Gelijk aan hhr               |      |           |              |        |                |
| Overig afval             | autobanden                                      |                              |      | 30%       | 70%          |        |                |
|                          | bouw- en sloopafval, overig                     | 8%                           | 55%  | 0%        | 14%          | 23%    | 0%             |
|                          | reinigingsdienstafval                           | 9%                           | 2%   | 80%       | 9%           | 0%     | 0%             |
|                          | residuen composteren/vergisten                  |                              |      | 60%       | 0%           | 0%     | 40%            |
|                          | reststoffen AVI's niet gevaarlijk               | 25%                          | 4%   | 34%       | 12%          | 15%    | 10%            |
|                          | reststoffen na drinkwater                       |                              |      | 64%       | 0%           | 0%     | 36%            |
|                          | shredderafval, totaal                           | 35%                          | 10%  | 20%       | 20%          | 7%     | 8%             |
|                          | zuiveringsslib van communale RWZI's             |                              |      | 64%       | 0%           | 0%     | 35%            |
|                          | overig afval                                    | Gelijk aan hhr               |      |           |              |        |                |
| Gevaarlijk afval         | overig afval of niet gespecificeerd, gevaarlijk |                              |      |           |              | 100%   | 0%             |
|                          | reststoffen AVI's gevaarlijk                    |                              |      |           |              | 100%   | 0%             |
|                          | specifiek ziekenhuisafval, gevaarlijk           |                              |      |           |              | 100%   | 0%             |

**Tabel B3.5: NCV van standaardstoffen**

|               | brandbaar      |      |           |              |        | niet brandbaar |
|---------------|----------------|------|-----------|--------------|--------|----------------|
|               | papier, karton | hout | organisch | kunststoffen | overig |                |
| NCV MJ/kg     | 10             | 14   | 3         | 33           | 15     | 0              |
| w.v. biomassa | 100%           | 100% | 100%      | 0%           | 50%    | 0%             |



## BIJLAGE 4: SYMBOLEN EN AFKORTINGEN

| <b>begrippen<br/>en afkortingen</b> | <b>Betekenis</b>                                                                                                                |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AVI                                 | afvalverbrandingsinstallatie                                                                                                    |
| AWZI                                | afvalwaterzuiveringsinstallatie                                                                                                 |
| BAK                                 | Basisonderzoek Aardgasverbruik Kleinverbruikers                                                                                 |
| CBS                                 | Centraal Bureau voor de Statistiek                                                                                              |
| CE                                  | Centrum voor Energiebesparing                                                                                                   |
| CEN                                 | European Committee for Standardization                                                                                          |
| COP                                 | <i>Coëfficiënt of performance</i> , verhouding tussen nuttige warmte en opgenomen energie bij gespecificeerde bedrijfscondities |
| CPB                                 | Centraal Planbureau                                                                                                             |
| DEN                                 | Duurzame Energie Nederland, een programma van Agentschap NL                                                                     |
| DTO-chemie                          | Duurzame Technologische Ontwikkeling                                                                                            |
| EC                                  | Europese Commissie                                                                                                              |
| ECN                                 | Energie Centrum Nederland                                                                                                       |
| EEA                                 | Elektrische en elektronische apparaten                                                                                          |
| ER                                  | Emissieregistratie                                                                                                              |
| EZ                                  | (Ministerie van) Economische Zaken                                                                                              |
| GFT                                 | Groente-, fruit- en tuinafval                                                                                                   |
| GHA                                 | Grof huishoudelijk afval                                                                                                        |
| GvO                                 | Garantie van oorsprong                                                                                                          |
| HT                                  | Hoge temperatuur                                                                                                                |
| IEA                                 | International Energy Agency                                                                                                     |
| KCA                                 | Klein Chemisch afval                                                                                                            |
| LT                                  | Lage temperatuur                                                                                                                |
| MJV                                 | Milieujaarverslag                                                                                                               |
| NEH                                 | Nederlandse Energiehuishouding                                                                                                  |
| NEN                                 | Nederlandse Normalisatie instituut                                                                                              |
| NO <sub>x</sub>                     | Verzamelnaam voor stikstofoxiden                                                                                                |
| NP                                  | Niet procesgerelateerd afval                                                                                                    |
| NTE                                 | Nederlandse Technische Afspraken                                                                                                |
| OR                                  | Ondefinieerbare rest                                                                                                            |
| Protocol MHE                        | Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie                                                                                        |
| PV                                  | Fotovoltaïsch (van het Engels, <i>photovoltaic</i> )                                                                            |
| RECS                                | Renewable Energy Certificate System                                                                                             |
| RED                                 | Renewable Energy Directive                                                                                                      |
| RIVM                                | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu                                                                                   |
| RWZI                                | Rioolwaterzuiveringsinstallatie                                                                                                 |
| SPF                                 | Seasonal Performance Factor, verhouding tussen nuttige warmte en opgenomen energie gedurende een stook of koelseizoen           |
| SHC                                 | Solar Heating and Cooling Programma (van het IEA)                                                                               |
| Statline                            | Online databank van CBS                                                                                                         |
| TBV                                 | Totaal binnenlands verbruik                                                                                                     |
| VA                                  | Vereniging Afvalbedrijven                                                                                                       |
| VROM                                | (Ministerie van) Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu                                                                |
| WAR                                 | Werkgroep Afval Registratie                                                                                                     |
| Windex                              | Windindex                                                                                                                       |
| WKK                                 | Warmtekrachtkoppeling                                                                                                           |

## Lijst met Symbolen

| Symbol                                         | Naam                                                                                                                             | Eenheid                                        |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| $\beta$                                        | kwaliteitsfactor                                                                                                                 | -                                              |
| $\beta_{\text{koude}} \beta_{\text{warmte}}$   | benuttingsfactor koeling/verwarming                                                                                              | -                                              |
| $\epsilon$                                     | (vermeden) emissie                                                                                                               | kg CO <sub>2</sub>                             |
| $\epsilon_{\text{netto}}$                      | vermeden CO <sub>2</sub> -emissie                                                                                                | kg CO <sub>2</sub>                             |
| $\eta$                                         | (omzettings)rendement                                                                                                            | -                                              |
| $\eta_{e,A}$                                   | het elektrisch omzettingsrendement, 'af productie' (op exergiebasis);                                                            | -                                              |
| $\eta_{e,B}$                                   | het elektrisch omzettingsrendement, geleverd bij gebruiker (op exergiebasis);                                                    | -                                              |
| $\eta_{\text{ref}}$                            | rendement referentietechniek                                                                                                     | -                                              |
| $\theta_{\text{koude}} \theta_{\text{warmte}}$ | Fractie grondwater t.b.v. koeling/verwarming                                                                                     |                                                |
| $A$                                            | collectoroppervlak                                                                                                               | m <sup>2</sup>                                 |
| $A_{\text{kental}}$                            | kental aardgasbesparing per eenheid                                                                                              | m <sup>3</sup> (normaal kubieke meter aardgas) |
| $A_{\text{hulp}}$                              | aardgasgebruik als hulpenergie                                                                                                   | MJ/jaar                                        |
| $A_{\text{tot}}$                               | totaal biogasproductie                                                                                                           | MJ/jr (of m <sup>3</sup> /jr)                  |
| $A_{\text{netto}}$                             | netto biogasproductie                                                                                                            | MJ/jr (of m <sup>3</sup> /jr)                  |
| $B$                                            | brandstofinzet                                                                                                                   | ton                                            |
| $B_e$                                          | energie-inhoud brandstof (totaal brandstofinzet)                                                                                 | MJ                                             |
| $c$                                            | soortelijke warmte water                                                                                                         | KJ/kg.°C                                       |
| $C$                                            | opgesteld vermogen                                                                                                               | MW                                             |
| $C_{\text{in}}$                                | constante voor berekening bijdrage thermisch zonne-energie                                                                       |                                                |
| $\text{cop}$                                   | <i>Coefficient of performance</i> , verhouding tussen nuttige warmte en opgenomen energie bij gespecificeerde bedrijfscondities. |                                                |
| $D$                                            | Debiet                                                                                                                           | m <sup>3</sup> /jaar                           |
| $D_z$                                          | Geïnstalleerd vermogen                                                                                                           | kW                                             |
| $E$                                            | energie(productie), als elektriciteit, warmte of brandstof                                                                       | KWh of GJ                                      |
| $E_{\text{be}}$                                | bijdrage hernieuwbare energie bruto eindverbruik                                                                                 | GJ                                             |
| $E_e$                                          | opgewekte elektriciteit                                                                                                          | GWh                                            |
| $E_{N(\text{norm})}$                           | Genormaliseerde elektriciteit in jaar N                                                                                          | GWh                                            |
| $E_{\text{prim}}$                              | besparing op primaire energie                                                                                                    | GJ                                             |
| $E_{\text{prim,zb}}$                           | besparing op primaire energie per zonneboiler                                                                                    | GJ                                             |
| $E_{\text{kental}}$                            | kental elektriciteitsverbruik per eenheid                                                                                        | KWh                                            |
| $E_{\text{kental, koude}}$                     | Kental vermeden primaire energiegebruik voor koude toepassing in geval van bodem-energie                                         | MJ/m <sup>3</sup>                              |
| $E_{\text{kental, warmte}}$                    | Kental vermeden primaire energiegebruik in geval van bodem-energie                                                               | MJ/m <sup>3</sup>                              |
| $e$                                            | emissiefactor                                                                                                                    | kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>prim</sub>         |
| $e_{\text{elekCO}_2}$                          | gemiddelde emissiefactor voor elektriciteitscentrales                                                                            | kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>prim</sub>         |
| $e_{\text{elekCO}_2\text{eind}}$               | emissiefactor voor elektriciteit geleverd aan de eindgebruiker                                                                   | kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub>           |
| $e_{\text{elekCO}_2\text{prod}}$               | emissiefactor voor elektriciteit aan de                                                                                          | kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub>           |

|                              |                                                                                                                 |                                          |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
|                              | productiekaant                                                                                                  |                                          |
| $e_{\text{aardgCO}_2}$       | emissiefactor voor het verbranden van aardgas                                                                   | $\text{kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{prim}}$ |
| $e_{\text{kolenCO}}$         | emissiefactor voor het verbranden van kolen                                                                     | $\text{kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{prim}}$ |
| $f$                          | Verliesfactor                                                                                                   |                                          |
| $F$                          | Fossiele brandstofinzet                                                                                         | MJ                                       |
| $G$                          | instraling van de zon                                                                                           | $\text{Mj}/\text{m}^2$                   |
| $h$                          | percentage hernieuwbaar van afval                                                                               | %                                        |
| $m$                          | massastroom water                                                                                               | $\text{Kg}/\text{hr}$                    |
| NCV                          | netto calorische waarde (verbrandingswaarde)                                                                    | $\text{GJ}/\text{ton}$                   |
| $P$                          | Vermogen                                                                                                        | -                                        |
| $S$                          | Substitutiefactor biomassa                                                                                      | -                                        |
| $\text{SPF}_r, \text{SPF}_t$ | Seasonal performance factor ruimte- / tapwaterverwarming                                                        | -                                        |
| $T_w$                        | Temperatuur warme bron                                                                                          | $^{\circ}\text{C}$                       |
| $T_k$                        | Temperatuur koude bron                                                                                          | $^{\circ}\text{C}$                       |
| $Q$                          | Warmteproductie                                                                                                 | $\text{GJ}/\text{jaar}$                  |
| $Q_{\text{kental}}$          | kental warmteproductie per eenheid                                                                              | Mj                                       |
| $Q_{\text{in}}$              | Benodigd electrisch vermogen warmtepompen                                                                       | $\text{MJ}/\text{jr}$                    |
| $Q_{\text{wp},r}$            | geleverde warmte door een warmtepomp aan ruimteverwarming                                                       | $\text{GJ}/\text{jaar}$                  |
| $Q_{\text{wp},t}$            | geleverde warmte door een warmtepomp aan tapwater                                                               | $\text{GJ}/\text{jaar}$                  |
| $V$                          | Vollasturen                                                                                                     | uur                                      |
| $V_r, V_t$                   | Vollasturen ruimte/tapwater verwarming                                                                          | uur                                      |
| $V_{\text{totaal}}$          | Jaarlijkse verplaatsing van grondwater = verplaatsing voor warmte per jaar + verplaatsing voor koeling per jaar | $\text{m}^3/\text{jaar}$                 |
| ZB                           | Aantal zonneboilers                                                                                             | -                                        |



# FACTSHEETS

## Introductie

In dit document staat per hernieuwbare energietechniek aangegeven hoe de bijbehorende energiebijdrage berekend wordt volgens de methodiek uit het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie (versie 2010).

Het *doel* van deze factsheets is aan de hand van voorbeelden beter inzicht te geven in de methodiek van het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie, dat de basis vormt bij de monitoring van de Nederlandse hernieuwbare energie ontwikkelingen. Tevens kunnen ze gebruikt worden als eerste indicatie van de opbrengst van hernieuwbare energieprojecten. Hierbij dient wel in acht genomen te worden dat we bij de factsheets uitgaan van bepaalde standaardsituaties (jaar, bedrijfstijd, etc.). In deze factsheets zijn de berekeningen gemaakt voor 2008, omdat hiervoor alle gegevens beschikbaar zijn. Voor het bepalen van de werkelijke bijdrage moeten de meest actuele gegevens gebruikt worden. De in het Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie en in deze factsheets getoonde methodieken kunnen ook voor toekomstberekeningen gebruikt worden. Dan moet een aantal kentallen (zoals het landelijk gemiddelde rendement van elektriciteitscentrales) aangepast worden. Bij de berekening van specifieke hernieuwbare energieprojecten zal altijd nagegaan dienen te worden of deze uitgangspunten inderdaad van toepassing zijn. Indien dit niet het geval is, dienen de berekeningen aan de specifieke omstandigheden te worden aangepast.

Agentschap NL streeft er uitdrukkelijk naar alle berekeningen voor hernieuwbare energie van monitoring en voor de toekomst volgens het onderhavige Protocol en de factsheets uit te voeren. Zij verwacht dat dit protocol een referentie zal worden voor anderen in Nederland die zich met hernieuwbare energieberekeningen bezig houden. Alleen indien van de in dit Protocol genoemde kentallen afgeweken wordt, dient expliciet vermeld te worden dat NIET volgens het protocol is gerekend.

In onderstaande tabel staan de uitgangspunten van de berekeningen in de factsheets

**Tabel F1 Uitgangspunten bij factsheets berekeningen (Monitoring)**

| naam:                                  | afkorting          | uitgegaan van:                                 |
|----------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|
| referentiejaar                         |                    | 2008                                           |
| rendement elektriciteitcentrales       |                    |                                                |
| - mix - af productie                   | $\eta_{e,A}$       | 42,7%                                          |
| - mix - geleverd bij gebruiker         | $\eta_{e,B}$       | 40,8 %                                         |
| emissiefactor CO <sub>2</sub>          |                    |                                                |
| - elektriciteitscentrales gemiddeld    | $e_{elekCO_2}$     | 68,9 kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>primair</sub> |
| - verbranden aardgas                   | $e_{aardgCO_2}$    | 56,7 kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>primair</sub> |
| - verbranden kolen                     | $e_{kolenCO_2}$    | 94,7 kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>primair</sub> |
| - elektriciteitsproductie              | $E_{elekCO_2prod}$ | 0,581 kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub>     |
| - elektriciteit geleverd bij gebruiker | $E_{elekCO_2eind}$ | 0,608 kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub>     |

| <b>waterkracht</b>                                                           | <b>afkorting</b>                                                                                                                                                                                                              | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| geïnstalleerd vermogen                                                       | C                                                                                                                                                                                                                             | In MW                                                                                                                                                                               |
| kental vollasturen                                                           | V                                                                                                                                                                                                                             | 2.700 h/jr                                                                                                                                                                          |
| electriciteitsproductie in jaar i                                            | $E_{ei}$<br>of<br>$E_{ei} = C * V$                                                                                                                                                                                            | in GWh dmv meting (monitoring):<br><br>dmv berekening (toekomstig project)<br>MWh/jr = opgesteld vermogen (MW) * kental vollasturen (h/jr)                                          |
| referentiejaar                                                               | N                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                     |
| genormaliseerde elektriciteit in jaar N                                      | $E_{N(norm)} = 3,6 * C_N * \left[ \sum_{i=N-14}^N \frac{E_{e,i}}{C_i} \right] / 15$                                                                                                                                           | in GWh<br>3,6 * geïnstalleerd vermogen (MW) * normalisatiefactor (GWh/MW) (het gemiddelde van 15 jaar opgewekte elektriciteit in jaar i GWh) / geïnstalleerd vermogen in jaar i MW) |
| rendement elektriciteit-centrales (mix-af productie)                         | $\eta_{e,A}$                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                     |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                 |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                     |
| <b>bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie</b> | $E_{prim} = E_{N(norm)} * 3,6 / \eta_{e,A}$                                                                                                                                                                                   | vermeden primaire energie ( $TJ_{prim}/jr$ ) = genormaliseerde elektriciteitsproductie (GWh) * conversiefactor ( $TJ/GWh$ ) / rendement elektriciteitcentrales (mix-af productie)   |
| vermeden primaire energie in 2008                                            |                                                                                                                                                                                                                               | $E_{prim} (TJ_{prim}/jr) = E_{N(norm)} (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,427$                                                                                                             |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                             | $\epsilon_{netto} = E_{prim} * e_{elekCO2}$                                                                                                                                                                                   | vermeden CO <sub>2</sub> emissies (kg CO <sub>2</sub> /jr) = $E_{prim} (GJ_{prim}/jr) * \text{emissiefactor CO}_2 \text{ elektriciteitscentrale (kg CO}_2/GJ_{primair})$            |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                                     |                                                                                                                                                                                                                               | $\epsilon_{netto} (kg CO_2/jr) = E_{primair} (GJ_{primair}/jr) * 68,9 (kg CO_2/GJ_{primair})$                                                                                       |
| <b>A. Voorbeeld voor 2008.</b>                                               |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                     |
|                                                                              | $C_{2008} = C_{2007} \frac{t/m}{C_{1990}}$                                                                                                                                                                                    | 37 MW                                                                                                                                                                               |
|                                                                              | $E_{e1994}$<br>$E_{e1995}$<br>$E_{e1996}$<br>$E_{e1997}$<br>$E_{e1998}$<br>$E_{e1999}$<br>$E_{e2000}$<br>$E_{e2001}$<br>$E_{e2002}$<br>$E_{e2003}$<br>$E_{e2004}$<br>$E_{e2005}$<br>$E_{e2006}$<br>$E_{e2007}$<br>$E_{e2008}$ | 100 GWh<br>88 GWh<br>80 GWh<br>92 GWh<br>112 GWh<br>90 GWh<br>142 GWh<br>117 GWh<br>110 GWh<br>72 GWh<br>95 GWh<br>88 GWh<br>105 GWh<br>107 GWh<br>102 GWh                          |

|                                                                       |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       | $E_{2008(norm)} = \frac{C_N * \left[ \sum_{i=N-14}^N \frac{E_{e,i}}{C_i} \right] / 15}{1}$       | 37 MW * 40,54 GWh/MW / 15 = 100 GWh                                                                                                                                                                                                            |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{prim} = 3.6 * E_{N(norm)} / \eta_{e,A}$                                                      | 3,6 TJ/GWh * 100 GWh * / 0,427 = 843 TJ                                                                                                                                                                                                        |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $E_{netto} = E_{prim} * e_{elekCO2}$                                                             | 843*10 <sup>3</sup> GJ* 68,9 kg CO <sub>2</sub> /GJ = 58.088.993 kg CO <sub>2</sub> = 58 kton CO <sub>2</sub> /jr                                                                                                                              |
| <b>B. EU –richtlijn hernieuwbare energie</b>                          |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in bruto eindverbruik</b> | $E_{be} = 3.6 E_{N(norm)} = 3,6 * C_N * \left[ \sum_{i=N-14}^N \frac{E_{e,i}}{C_i} \right] / 15$ | bruto eindverbruik (TJ) = 3,6 * genormaliseerde elektriciteit (GWh) = 3,6 * geïnstalleerd vermogen (MW) * normalisatiefactor (GWh/MW) (het gemiddelde van 15 jaar opgewekte elektriciteit in jaar i GWh)/ geïnstalleerd vermogen in jaar i MW) |
| bruto eindverbruik in 2008                                            |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                       | N                                                                                                | referentiejaar                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                       | E <sub>N(norm)</sub>                                                                             | genormaliseerde elektriciteit in jaar N in GWh                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                       | E <sub>ei</sub>                                                                                  | elektriciteitsproductie in jaar i in GWh                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                       | C <sub>i</sub>                                                                                   | totaal geïnstalleerd vermogen in MW                                                                                                                                                                                                            |
| <b>B. Voorbeeld voor 2008</b>                                         |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                       | E <sub>be</sub>                                                                                  | 3,6* 37MW *40,54 GWh/MW / 15 =360 TJ                                                                                                                                                                                                           |

| windenergie                                                                                                    | Afkorting                                                                                                                                              | eenheden en formules                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| opgesteld vermogen in jaar i                                                                                   | $C_j$                                                                                                                                                  | MW                                                                                                                                                                                                            |
| kental vollasturen                                                                                             | V                                                                                                                                                      | op land: 2.200 h/jr<br>op zee: 3.650 h/jr                                                                                                                                                                     |
| electriciteitsproductie in jaar i                                                                              | $E_{ei}$<br><br>of<br>$E_{ei} = C_j * V$                                                                                                               | in GWh dmv meting (monitoring):<br><br>dmv berekening (toekomstig project) MWh/jr = opgesteld vermogen (MW) * kental vollasturen (h/jr)                                                                       |
| referentiejaar                                                                                                 | N                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                               |
| genormaliseerde elektriciteit in jaar N                                                                        | $E_{N(norm)} =$<br><br>$\left[ \frac{C_N + C_{N-1}}{2} * \frac{\sum_{i=N-n}^N E_{e,i}}{\sum_{j=N-n}^N \left( \frac{C_j + C_{j-1}}{2} \right)} \right]$ | in GWh =<br>gemiddeld geïnstalleerd vermogen van 2 jaar (MW) * som van 5 jaar geproduceerde elektriciteit (GWh) / gemiddelde van 5 jaar geïnstalleerd vermogen (MW)                                           |
|                                                                                                                | N                                                                                                                                                      | 4 of het aantal jaren voorafgaand aan het jaar N waarvoor capaciteits- en productiegegevens beschikbaar zijn, als het aantal lager is                                                                         |
| Rendement elektriciteitscentrales (mix-af productie)                                                           | $\eta_{e,A}$                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                               |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                                                   |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                               |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie<br><br>vermeden primaire energie in 2008 | $E_{prim} = E_{N(norm)} * 3,6 / \eta_{e,A}$                                                                                                            | genormaliseerde elektriciteitsproductie (GWh) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitscentrales (mix-af productie)<br><br>$E_{prim} (TJ_{prim}/jr) = E_{N(norm)}(GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,427$ |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie<br><br>vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                               | $\epsilon_{netto} = E_{prim} * e_{elekCO2}$                                                                                                            | $E_{prim} (GJ_{prim}/jr) * \text{emissiefactor CO}_2 \text{ elektriciteitscentrale (kg CO}_2/GJ_{prim})$<br><br>$kg CO_2/jr = E_{prim} (GJ_{prim}/jr) * 68,9 (kg CO_2/GJ_{prim})$                             |



|                                                                       |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Voorbeeld A voor 2008</b>                                          |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                       | $C_{2003}$<br>$C_{2004}$<br>$C_{2005}$<br>$C_{2006}$<br>$C_{2007}$<br>$C_{2008}$                                                                                 | 906 MW<br>1073 MW<br>1224 MW<br>1558 MW<br>1748 MW<br>2121 MW                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                       | $E_{e2004}$<br>$E_{e2005}$<br>$E_{e2006}$<br>$E_{e2007}$<br>$E_{e2008}$                                                                                          | 1867 GWh<br>2067 GWh<br>2733 GWh<br>3438 GWh<br>4256 GWh                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                       | $E_{N(norm)}$                                                                                                                                                    | $1934,5 \text{ (MW)} * 14361 \text{ (GWh)} /$<br>$7116,5 \text{ MW} = 3904 \text{ GWh}$                                                                                                                                                                                          |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{prim} = E_{N(norm)} * 3,6 / \eta_{e,A}$                                                                                                                      | $3904 \text{ GWh} * 3,6 \text{ TJ/MWh} / 0,427$<br>$= 32.913 \text{ TJ/jr}$                                                                                                                                                                                                      |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{netto} = E_{prim} * e_{elekCO2}$                                                                                                                      | $32913 * 10^3 \text{ GJ/jr} * 68,9 \text{ kg}$<br>$\text{CO}_2/\text{GJ} = 2.268 \text{ kton CO}_2/\text{jr}$                                                                                                                                                                    |
| <b>B. EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                           |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in bruto eindverbruik        | $E_{be} = 3,6 E_{N(norm)} = 3,6 * \left[ \frac{C_N + C_{N-1} * \frac{\sum_{i=N-n}^N E_{e,i}}{2}}{\sum_{j=N-n}^N \left( \frac{C_j + C_{j-1}}{2} \right)} \right]$ | Bruto eindverbruik (TJ) = $3,6 * \text{Genormaliseerde elektriciteit in jaar N (GWh)}$<br>$= 3,6 * \text{gemiddeld geïnstalleerd vermogen van 2 jaar (MW)} * \text{som van 5 jaar geproduceerde elektriciteit (GWh)} / \text{gemiddelde van 5 jaar geïnstalleerd vermogen (MW)}$ |
| bruto eindverbruik in 2008                                            |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                       | N                                                                                                                                                                | referentiejaar                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                       | $E_{N(norm)}$                                                                                                                                                    | Genormaliseerde elektriciteit in jaar N (GWh)                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                       | $E_{ei}$                                                                                                                                                         | Elektriciteitsproductie in jaar i in (GWh)                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                       | $C_j$                                                                                                                                                            | Totaal geïnstalleerd vermogen (MW)                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                       | n                                                                                                                                                                | 4 of het aantal jaren voorafgaand aan het jaar N waarvoor capaciteits- en productiegegevens beschikbaar zijn, als het aantal lager is                                                                                                                                            |
| <b>B. Voorbeeld voor 2008</b>                                         |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                       | $E_{N(norm)}$<br>$E_{be}$                                                                                                                                        | $1934,5 \text{ (MW)} * 14361 \text{ (GWh)} /$<br>$7116,5 \text{ MW} = 3904 \text{ GWh}$<br>$3,6 \text{ (TJ/GWh)} * 3904 \text{ (GWh)} =$<br>$14053 \text{ TJ}$                                                                                                                   |

| <b>fotovoltaïsche zonne-energie</b>                                                  | <b>afkorting</b>                                                                                         | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| opgesteld vermogen                                                                   | C                                                                                                        | KW <sub>p</sub>                                                                                                                 |
| kental vollasturen:<br>- netgekoppelde systemen <sup>31</sup><br>- autonome systemen | V                                                                                                        | - 700 h/jr<br>- 400 h/jr                                                                                                        |
| elektriciteitsproductie                                                              | E <sub>e</sub><br>of<br>E <sub>e</sub> =C*V                                                              | meting (monitoring): in kWh/jr<br><br>berekening : opgesteld vermogen (kW <sub>p</sub> ) * kental vollasturen (h/jr)            |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                         |                                                                                                          |                                                                                                                                 |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie                | $E_{\text{prim}} = E_e * 3,6 / \eta_{e,B}$                                                               | elektriciteitsproductie (kWh) * conversiefactor (MJ/kWh) / elektrisch omzettingsrendement, geleverd bij de gebruiker            |
| vermeden primaire energie in 2008                                                    |                                                                                                          | $E_{\text{prim}} (\text{MJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) = E_e (\text{kWh}/\text{jr}) * 3,6 (\text{MJ}/\text{kWh}) / 0,408$         |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                                     | $\epsilon_{\text{netto}} = E_e * E_{\text{elekCO2eind}}$<br>of<br>$E_{\text{prim}} * E_{\text{elekCO2}}$ | E <sub>e</sub> (kWh/jr) * emissiefactor CO <sub>2</sub> elektriciteit bij eindgebruiker (kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub> ) |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                                             |                                                                                                          | $\epsilon_{\text{netto}} (\text{kg CO}_2/\text{jr}) = E_e (\text{kWh}/\text{jr}) * 0,608 \text{ kg}/\text{kWh}_e$               |
| <b>A. Voorbeeld voor project in 2008</b>                                             |                                                                                                          |                                                                                                                                 |
| opgesteld vermogen                                                                   | C                                                                                                        | 1 kW                                                                                                                            |
| vollasturen                                                                          | V                                                                                                        | 700 h/jr                                                                                                                        |
| elektriciteitsproductie                                                              | E <sub>e</sub> = C*V                                                                                     | 1 kW * 700 h/jr = 700 kWh/jr                                                                                                    |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie                | $E_{\text{prim}} = E_e * 3,6 / \eta_{e,B}$                                                               | 700 kWh/jr * 3,6 MJ/kWh / 0,408 = 6.176 MJ/jr = 6,2 GJ/jr                                                                       |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                                     | $\epsilon_{\text{netto}} = E_e * E_{\text{elekCO2eind}}$                                                 | 6,2 GJ/jr * 68,9 kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>prim</sub> =426 kg<br>700 kWh * 0,608 = 426 kg CO <sub>2</sub>                     |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                                           |                                                                                                          |                                                                                                                                 |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in bruto eindverbruik                       | E <sub>be</sub> = E <sub>e</sub> *3,6                                                                    | elektriciteitsproductie (kWh) * conversiefactor (MJ/kWh)                                                                        |
| bruto eindverbruik in 2008                                                           |                                                                                                          | $E_{be} (\text{MJ}_{be}/\text{jr}) = E_e (\text{kWh}/\text{jr}) * 3,6 (\text{MJ}/\text{kWh})$                                   |
| <b>B. Voorbeeld voor project in 2008</b>                                             |                                                                                                          |                                                                                                                                 |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in bruto eindverbruik                       | E <sub>be</sub> = E <sub>e</sub> *3.6                                                                    | 700 kWh/jr * 3,6 MJ/kWh = 2,52 GJ/jr                                                                                            |

<sup>31</sup> Berekeningsmethode voor netgekoppelde en autonome systemen is gelijk op het aantal jaarlijkse vollasturen na.

| <b>zonthermische systemen:<br/>a) zonneboiler (ZB)</b>                             | <b>afkorting</b>                                                                                                                      | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| aantal zonneboilers                                                                | ZB                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| kental aardgasbesparing per zonneboiler<br>kental in 2008                          | $A_{\text{kental}}$                                                                                                                   | - gemiddeld 45% van de warmtevraag voor warmtapwater in huishoudens<br>- 165 m <sup>3</sup> aardgas per ZB per jaar zie tabel 4.3.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| kental elektriciteitsverbruik per zonneboiler in 2008                              | $E_{\text{kental}}$                                                                                                                   | 31,2 kWh/toestel/jaar, zie tabel 4.3.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                       |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| bijdrage hernieuwbare energie per zonneboiler in vermeden primaire energie in 2008 | $E_{\text{prim,zb}} = A_{\text{kental}} * 31,65 - E_{\text{kental}} * 3,6 / \eta_{e,B}$                                               | kental aardgasbesparing per capaciteit (m <sup>3</sup> /ZB/jr) * netto calorische waarde aardgas (MJ <sub>prim</sub> /m <sup>3</sup> ) – kental eigen elektriciteitsverbruik (kWh) * 3,6 (MJ/kWh) / elektrisch omzettingsrendement geleverd bij verbruiker.<br>$E_{\text{prim,zb}} \text{ (MJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) = 165 \text{ (m}^3/\text{ZB/jr}) * 31,65 \text{ (MJ}_{\text{prim}}/\text{m}^3) - (31,2 \text{ (kWh)} * 3,6 \text{ (MJ/kWh)} / 0,408) = 4.9467 \text{ MJ}$ |
| totale bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie       | $E_{\text{prim}} = ZB * E_{\text{prim,zb}}$                                                                                           | aantal zonneboilers (#) * bijdrage hernieuwbare energie per zonneboiler (MJ <sub>prim</sub> /jr)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie per zonneboiler                                   | $\epsilon_{\text{netto}} = [A_{\text{kental}} * 31,65 * e_{\text{aardgCO}_2}] - [E_{\text{kental}} * e_{\text{elekCO}_2\text{eind}}]$ | $\epsilon_{\text{netto}} \text{ (g CO}_2\text{/jr)} = [A_{\text{kental}} \text{ (MJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * 31,65 \text{ (MJ/m}^3 \text{ aardgas)} * \text{emissie CO}_2 \text{ aardgas verbranding (g CO}_2\text{/MJ}_{\text{prim}})] - [E_{\text{kental}} \text{ (kWh)} * \text{emissie CO}_2 \text{ elektriciteitscentrale af gebruiker (kg CO}_2\text{/kWh}_e)]$                                                                                                          |
| <b>A. Voorbeeld voor project in 2008</b>                                           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| aantal zonneboilers                                                                | ZB                                                                                                                                    | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| kental aardgasbesparing per zonneboiler                                            | $A_{\text{kental}}$                                                                                                                   | 165 m <sup>3</sup> /jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| kental elektriciteitsverbruik per zonneboiler                                      | $E_{\text{kental}}$                                                                                                                   | 31,2 kWh/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| bijdrage hernieuwbare energie per zonneboiler in vermeden primaire energie.        | $E_{\text{prim,zb}} = A_{\text{kental}} * 31,65 - E_{\text{kental}} * 3,6 / \eta_{e,B}$                                               | $1 \text{ ZB} * 165 \text{ (m}^3/\text{ZB/jr}) * 31,65 \text{ (MJ}_{\text{prim}}/\text{m}^3) - 31,2 \text{ (kWh)} * 3,6 \text{ (MJ/kWh)} / 0,408 = 4.947 \text{ MJ} = 4,9 \text{ GJ}$                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| netto vermeden CO <sub>2</sub> emissie per zonneboiler                             | $\epsilon_{\text{netto}} = [A_{\text{kental}} * 31,65 * e_{\text{aardgCO}_2}] - [E_{\text{kental}} * e_{\text{elekCO}_2\text{eind}}]$ | $[165 \text{ m}^3/\text{jaar} * 31,65 \text{ MJ/m}^3 * 56,7 \text{ g CO}_2/\text{MJ}] - [31,2 \text{ kWh} * 608 \text{ g CO}_2/\text{kWh}_e] = 277 \text{ kg CO}_2/\text{jr}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>B. EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                                        |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| constante                                                                          | $C_{\text{in}}$                                                                                                                       | 0,38, zie tabel 4.3.6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| collectoroppervlak                                                                 | A                                                                                                                                     | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| optimale instraling van de zon                                                     | G                                                                                                                                     | 4,28 GJ/ m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik                                | $E_{\text{be}} = C_{\text{in}} * A * G$                                                                                               | Constante * collectoroppervlak (m <sup>2</sup> ) * optimale instraling (GJ/ m <sup>2</sup> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>B. Voorbeeld voor project in 2008</b>                                           |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                    | A                                                                                                                                     | 1 m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                    | $E_{\text{be}} = C_{\text{in}} * A * G$                                                                                               | $0,38 * 1 * 4,28 = 1,63 \text{ GJ}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| <b>actieve zonthermische systemen:<br/>b) overige systemen</b>                        | <b>afkorting</b>                                                                   | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| opgesteld collectoroppervlak                                                          | A                                                                                  | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| kental warmteproductie per capaciteit                                                 | Q <sub>kental</sub>                                                                | MJ/m <sup>2</sup> /jr, zie tabel 4.3.3:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| warmteproductie                                                                       | $Q = A * Q_{kental}$                                                               | collectoroppervlak (m <sup>2</sup> ) * kental warmteproductie per capaciteit (MJ/m <sup>2</sup> /jr)                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| warmteproductie, uitgedrukt in vermeden primaire energie                              | $Q_{primair} = Q / \eta_{ref}$                                                     | warmteproductie (MJ/jr) / opwekkingsrendement van referentietechnologie (zie tabel 4.3.5)<br>$Q_{prim} (MJ_{prim}/jr) = Q (MJ/jr) / \eta_{ref}$                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                          |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| eigen energieverbruik zonthermisch systeem (ingaaand), uitgedrukt in primaire energie | $E_{primairverbrZTS} = A * E_{kental} * 3,6 / \eta_{e,B}$                          | Collectoroppervlak (m <sup>2</sup> ) * kental elektriciteitsverbruik per capaciteit (kWh/m <sup>2</sup> /jr) * conversiefactor (MJ/kWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix-geleverd bij gebruiker)                                                                                                                                                                                     |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie                 | $E_{prim} = Q_{prim} - E_{primairverbrZTS}$                                        | aardgasbesparing (MJ <sub>prim</sub> /jr) - Eigen energieverbruik zonthermisch systeem (MJ <sub>prim</sub> /jr)<br><br>uitsluitend de netto energiebesparing wordt beschouwd, d.w.z. dat het eigen energieverbruik van de zonthermisch systeem volgens de referentiemethodiek wordt omgerekend naar beslag op primaire energiedragers en van de primaire warmteproductie wordt afgetrokken. |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                                      | $\epsilon_{netto} = Q_{primair} * e_{aardgCO_2} - [E_{primairZTS} * e_{elekCO_2}]$ | (g CO <sub>2</sub> /jr) = [warmteproductie, prim. (MJ <sub>prim</sub> /jr) * emissie CO <sub>2</sub> aardgas verbranding (g CO <sub>2</sub> /MJ <sub>prim</sub> )] - [eigen energieverbruik (MJ <sub>prim</sub> /jr) * emissie CO <sub>2</sub> elektriciteitscentrale (g CO <sub>2</sub> /MJ <sub>prim</sub> )]                                                                             |

|                                                                                       |                                                           |                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. Voorbeeld voor project in 2008</b>                                              |                                                           |                                                                                |
| opgesteld vermogen                                                                    | A                                                         | 100 m <sup>2</sup> onafgedekt systeem                                          |
| kental warmteproductie per capaciteit                                                 | Q <sub>kental</sub>                                       | 900 MJ/m <sup>2</sup> /jr                                                      |
| kental elektriciteitsverbruik per capaciteit                                          | E <sub>kental</sub>                                       | 5 kWh/m <sup>2</sup> /jr                                                       |
| warmteproductie                                                                       | $Q = A * Q_{kental}$                                      | 100 m <sup>2</sup> * 900 MJ/m <sup>2</sup> /jr = 90 GJ/jr                      |
| warmteproductie, uitgedrukt in vermeden primaire energie                              | $Q_{prim} = Q / \eta_{ref}$                               | 90 GJ/jr / 0,90 = 100 GJ/jr                                                    |
| eigen energieverbruik zonthermisch systeem (ingaaand), uitgedrukt in primaire energie | $E_{primairverbrZTS} = A * E_{kental} * 3,6 / \eta_{e,B}$ | 100 m <sup>2</sup> * 5 kWh/m <sup>2</sup> /jr * 3,6 MJ/kWh / 0,408 = 4,4 GJ/jr |

|                                                                             |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in vermeden primaire<br>energie | $E_{\text{prim}} = Q_{\text{prim}} - E_{\text{primairverbrZTS}}$                                                     | $100 - 4 = 96 \text{ GJ/jr}$                                                                                                                                                    |
| netto vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{\text{netto}} = [Q_{\text{prim}} * e_{\text{aardgCO}_2}] - [E_{\text{primairZTS}} * e_{\text{elekCO}_2}]$ | $[100 \text{ GJ/jr} * 56,1 \text{ kg CO}_2/\text{GJ}] - [4,3 \text{ GJ/jr} * 68,9 \text{ kg CO}_2/\text{GJ}] = 5314 \text{ kg CO}_2/\text{jr} = 5,3 \text{ ton CO}_2/\text{jr}$ |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                                  |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                 |
| constante                                                                   | $C_{\text{in}}$                                                                                                      | 0,29, zie tabel 4.3.6                                                                                                                                                           |
| collectoroppervlak                                                          | $A$                                                                                                                  | m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                  |
| optimale instraling van de zon                                              | $G$                                                                                                                  | 4,28 GJ/ m <sup>2</sup>                                                                                                                                                         |
| totale bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in bruto eindverbruik    | $E_{\text{be}} = C_{\text{in}} * A * G$                                                                              | Constante * collectoroppervlak (m <sup>2</sup> ) * optimale instraling (GJ/ m <sup>2</sup> )                                                                                    |
| <b>B. Voorbeeld voor project in 2008</b>                                    |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                 |
|                                                                             | $A$                                                                                                                  | 100 m <sup>2</sup> onafgedekt systeem                                                                                                                                           |
|                                                                             | $E_{\text{be}} = C_{\text{in}} * A * G$                                                                              | $0,29 * 100 * 4,28 = 124,12 \text{ GJ}$                                                                                                                                         |

| <b>Geothermie</b>                                                     | <b>afkorting</b>                                                                            | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| capaciteit                                                            | P                                                                                           | kW <sub>th</sub>                                                                                                                                                                           |
| Kental vollaasturen                                                   | V <sub>r</sub>                                                                              | 5.000 h/jr                                                                                                                                                                                 |
| Massastroom water                                                     | m                                                                                           | kg/hr                                                                                                                                                                                      |
| Soortelijke warmte water                                              | c                                                                                           | kJ/kg.°C                                                                                                                                                                                   |
| Temperatuur warme bron (maaiveld)                                     | T <sub>w</sub>                                                                              | °C                                                                                                                                                                                         |
| Temperatuur koude bron (maaiveld)                                     | T <sub>k</sub>                                                                              | °C                                                                                                                                                                                         |
| Warmteproductie (MJ/jr)                                               | $Q_g = m \cdot c \cdot (T_w - T_k) \cdot V_r$<br>of<br>$Q_g = P \cdot V_r \cdot 3.6$        | massastroom water (kg/hr) * soortelijke warmte (kJ/kg.°C) * temperatuurverschil (°C) * kentalvollaasturen (h/jr)<br>Capaciteit (kW <sub>th</sub> ) * kentalvollaasturen (h/jr) * 3.6 MJ/kW |
| Benodigd elektrisch vermogen pompen                                   | $Q_{in} = Q_g / \text{cop}$                                                                 | Warmteproductie (MJ/jr) / coëfficiënt of performance.                                                                                                                                      |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                          |                                                                                             |                                                                                                                                                                                            |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{\text{prim}} = Q_g / \eta_{\text{ref}} - Q_{in} / \eta_{e,B}$                           | warmteproductie (GJ/jr) / opwekkingsrendement van referentietechnologie – eigen energieverbruik pompen (GJ/jr) / het elektrische omzettingsrendement geleverd bij gebruiker                |
| vermeden primaire energie in 2008                                     |                                                                                             | $E_{\text{prim}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) = Q_g / 0,9 - (Q_g / \text{COP}) / 0,408$                                                                                             |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} \cdot e_{\text{aardgCO}_2}$                      | $E_{\text{primair}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) \cdot \text{emissiefactor CO}_2 \text{ aardgas verbranding (kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{prim}})$                                     |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                              |                                                                                             | $(\text{kg CO}_2/\text{jr}) = E_{\text{prim}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) \cdot 56,1 (\text{kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{prim}})$                                                     |
| <b>A. Voorbeeld project in 2008</b>                                   |                                                                                             |                                                                                                                                                                                            |
|                                                                       | P                                                                                           | 5,5 kW <sub>th</sub>                                                                                                                                                                       |
|                                                                       | cop                                                                                         | 30 MJ/MJ                                                                                                                                                                                   |
|                                                                       | $Q_g = P \cdot V_r \cdot 3.6$                                                               | $5,5 (\text{kW}_{\text{th}}) \cdot 5000 (\text{hr}/\text{jr}) \cdot 3,6 (\text{MJ} / \text{kW}) = 99.000 \text{ MJ}$                                                                       |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{\text{prim}} = Q_g / \eta_{\text{ref}} - Q_{in} / \eta_{e,B}$                           | $99 (\text{GJ}) / 0,9 - [99 (\text{GJ}) / 30] / 0,408 = 101,9 \text{ GJ}$                                                                                                                  |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} \cdot e_{\text{aardgCO}_2}$                      | $101,9 \text{ GJ} \cdot 56,1 \text{ kg CO}_2/\text{GJ} = 5.740 \text{ kg CO}_2 = 5.7 \text{ ton CO}_2$                                                                                     |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                            |                                                                                             |                                                                                                                                                                                            |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik                   | $E_{be} = Q_g = m \cdot c \cdot (T_w - T_k) \cdot V$<br>of<br>$Q_g = P \cdot V_r \cdot 3.6$ | Warmteproductie (MJ/jr)                                                                                                                                                                    |
| <b>B. Voorbeeld project in 2008</b>                                   |                                                                                             |                                                                                                                                                                                            |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik                   | $E_{be} = Q_g = P \cdot V_r \cdot 3.6$                                                      | $5,5 (\text{kW}_{\text{th}}) \cdot 5000 (\text{hr}/\text{jr}) \cdot 3,6 (\text{MJ} / \text{kW}) = 99.000 \text{ MJ}$                                                                       |

| <b>bodemenergie<br/>openSysteem WKO<br/>zonder warmtepomp</b>          | <b>afkorting</b>                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| bodemenergie                                                           | Bodemkoude + Bodemwarmte                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                 |
| Benuttingsfactor koude en warmte                                       | $\beta_{\text{koude}}, \beta_{\text{warmte}}$                                                                                                                                                                                                                        | Zie tabel 4.6.2                                                                                                                 |
| fractie grondwater tbv koude- en warmtelevering                        | $\theta_{\text{koude}}, \theta_{\text{warmte}}$                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                 |
| Soortelijke warmte water                                               | c                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4,2 MJ/m <sup>3</sup>                                                                                                           |
| totaal verplaatst grondwater tbv koude- en warmtelevering              | $V_{\text{totaal}}$                                                                                                                                                                                                                                                  | meting (monitoring) [m <sup>3</sup> /jr]                                                                                        |
| temperatuurverschil                                                    | $\Delta T$                                                                                                                                                                                                                                                           | °C, zie tabel 4.6.2                                                                                                             |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                 |
| kental besparing primaire energie per m <sup>3</sup> grondwater        | $E_{\text{kental, koude}}$                                                                                                                                                                                                                                           | MJ/m <sup>3</sup> , zie tabel 4.6.2                                                                                             |
| koudeproductie                                                         | $E_{\text{koude}} = \beta_{\text{koude}} * \theta_{\text{koude}} * V_{\text{totaal}} *$<br>$E_{\text{kental, -koude}}$                                                                                                                                               | Benuttingsfactor * fractie grondwater* hoeveelheid grondwater * kental besparing primaire energie per m <sup>3</sup> grondwater |
| warmteproductie WKO (zonder warmtepomp)                                | $E_{\text{warmte}} = \beta_{\text{warmte}} * \theta_{\text{warmte}} * V_{\text{totaal}} *$<br>$E_{\text{kental, -warmte}}$                                                                                                                                           | Benuttingsfactor * fractie grondwater* hoeveelheid grondwater * kental besparing primaire energie per m <sup>3</sup> grondwater |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie: | $E_{\text{prim,}} = E_{\text{koude}} + E_{\text{warmte}}$                                                                                                                                                                                                            | MJ                                                                                                                              |
| vermeden CO <sub>2</sub> -emissie:                                     | $\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{koude}} * e_{\text{elekCO2}} +$<br>$E_{\text{warmte}} * e_{\text{aargdCO2}}$                                                                                                                                                     | kg CO <sub>2</sub>                                                                                                              |
| <b>A. Voorbeeld: Utiliteit systeem zonder warmtepomp</b>               |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                 |
|                                                                        | $V_{\text{totaal}}$                                                                                                                                                                                                                                                  | 100.000 m <sup>3</sup>                                                                                                          |
|                                                                        | $\beta_{\text{koude}}$                                                                                                                                                                                                                                               | 1 (tabel 4.6.2)                                                                                                                 |
|                                                                        | $\beta_{\text{warmte}}$                                                                                                                                                                                                                                              | 0,3 (tabel 4.6.2)                                                                                                               |
|                                                                        | $\theta_{\text{koude}} = \theta_{\text{warmte}}$                                                                                                                                                                                                                     | 0,5                                                                                                                             |
|                                                                        | $E_{\text{kental, -koude}}$                                                                                                                                                                                                                                          | 9,3 MJ/m <sup>3</sup> (tabel 4.6.2)                                                                                             |
|                                                                        | $E_{\text{kental, -warmte}}$                                                                                                                                                                                                                                         | 23 MJ/m <sup>3</sup> (tabel 4.6.2)                                                                                              |
| besparing primaire energie                                             | $E_{\text{prim,}} = E_{\text{koude}} + E_{\text{warmte}} =$<br>$\beta_{\text{koude}} * \theta_{\text{koude}} * V_{\text{totaal}} * E_{\text{kental, -koude}} +$<br>$\beta_{\text{warmte}} * \theta_{\text{warmte}} * V_{\text{totaal}} * E_{\text{kental, -warmte}}$ | 1*0,5*100.000* 9,3 +<br>0,3*0,5*100.000*23 =<br>465 GJ + 345 GJ = 810 GJ                                                        |
| vermeden CO <sub>2</sub> -emissie                                      | $\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{koude}} * e_{\text{elekCO2}} +$<br>$E_{\text{warmte}} * e_{\text{aargdCO2}}$                                                                                                                                                     | 465 (GJ) * 68,9 (kg/GJ) +<br>345 (GJ)* 56,7 (kg/GJ) = 51,6 ton                                                                  |
| <b>B. EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                            |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                 |
| koudeproductie                                                         | Wordt niet meegenomen                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                 |
| Warmteproductie WKO (zonder warmtepomp)                                | $E_{\text{warmte}} = \beta_{\text{warmte}} * \theta_{\text{warmte}} * V_{\text{totaal}} *$<br>$c * \Delta T$                                                                                                                                                         | Benuttingsfactor * fractie grondwater*soortelijke warmte * hoeveelheid grondwater * temperatuurverschil                         |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in bruto eindverbruik         | $E_{\text{be}} = E_{\text{warmte}}$                                                                                                                                                                                                                                  | MJ                                                                                                                              |
| <b>B. Voorbeeld : Utiliteit systeem zonder warmtepomp</b>              |                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                 |
|                                                                        | c                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4,2 MJ/m <sup>3</sup>                                                                                                           |
|                                                                        | $\Delta T_{\text{warmte}}$                                                                                                                                                                                                                                           | 5,7°C (tabel 4.6.2)                                                                                                             |
|                                                                        | $E_{\text{be}} = \beta_{\text{warmte}} * \theta_{\text{warmte}} * V_{\text{totaal}} * c$<br>$* \Delta T$                                                                                                                                                             | 0,3*0,5*100.000*4,2*5,7 =<br>359 GJ                                                                                             |

| <b>bodemenergie openSysteem met warmtepomp</b>                                                | <b>afkorting</b>                                                                                                                                     | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| bodemenergie                                                                                  | Bodemkoude + Bodemwarmte                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                                  |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Bodemkoude</b>                                                                             |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| benuttingsfactor                                                                              | $\beta_{\text{koude}}$                                                                                                                               | Zie tabel 4.6.2                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| fractie grondwater ten behoeve van koeling                                                    | $\theta_{\text{koude}}$                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| totaal verplaatst grondwater tbv koude- en warmtelevering                                     | $V_{\text{totaal}}$                                                                                                                                  | meting (monitoring) [m <sup>3</sup> ]                                                                                                                                                                                                                                                       |
| kental besparing primaire energie per m <sup>3</sup> grondwater                               | $E_{\text{kental,}}$                                                                                                                                 | MJ/m <sup>3</sup> , zie tabel 4.6.2                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Koudeproductie                                                                                | $E_{\text{koude}} = \beta_{\text{koude}} * \theta_{\text{koude}} * V_{\text{totaal}}$<br>$E_{\text{kental, -koude}}$                                 | Benuttingsfactor * fractie grondwater * hoeveelheid grondwater * kental besparing primaire energie per m <sup>3</sup> grondwater                                                                                                                                                            |
| vermeden CO <sub>2</sub> -emissie:                                                            | $\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{koude}} * e_{\text{elekCO2}}$                                                                                    | kg CO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Bodemwarmte met warmtepomp</b>                                                             |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| capaciteit                                                                                    | P                                                                                                                                                    | kW <sub>th</sub> (uitgaand thermisch vermogen)                                                                                                                                                                                                                                              |
| Vollasturen ruimte- of tapwaterverwarming                                                     | $V_r$<br>$V_t$                                                                                                                                       | h/jr, gemeten of kental afhankelijk van warmtepomptype voor toepassing ruimte- of tapwaterverwarming, zie tabel 4.6.3                                                                                                                                                                       |
| warmteproductie ruimteverwarming en tapwaterverwarming                                        | $Q_{\text{wp,r}} = P * V_r * 3,6$<br>$Q_{\text{wp,t}} = P * V_t * 3,6$                                                                               | uitgaand thermisch vermogen (kW) * vollasturen (h/jr) * conversiefactor (MJ/kWh)                                                                                                                                                                                                            |
| benodigd elektrisch vermogen                                                                  | $Q_{\text{in,r}} = Q_{\text{wp,r}} / \text{SPF}_r$<br>$Q_{\text{in,t}} = Q_{\text{wp,t}} / \text{SPF}_t$                                             | geleverde thermisch vermogen (MJ) / seasonal performance coëfficiënt Gemeten of uit tabel 4.6.3                                                                                                                                                                                             |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie voor ruimteverwarming   | $E_{\text{prim,r}} = Q_{\text{wp,r}} / \eta_{\text{ref}} - Q_{\text{in,r}} / \eta_{\text{e,B}}$                                                      | $E_{\text{primair}} (\text{MJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) = \text{warmteproductie (uitgaand, MJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) / \text{rendement ref. systeem} - \text{eigen energieverbruik warmtepomp (ingaaand, MJ/jr)} / (\text{het elektrisch omzettingsrendement, geleverd bij gebruiker}).$ |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie voor tapwaterverwarming | $E_{\text{prim,t}} = Q_{\text{wp,t}} / \eta_{\text{ref}} - Q_{\text{in,t}} / \eta_{\text{e,B}}$<br>$Q_{\text{in,t}} = Q_{\text{wpr}} / \text{SPF}_t$ | $E_{\text{prim,t}} (\text{MJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) = \text{geleverde warmte (GJ)} / \text{rendement ref. Tapwatersysteem} - \text{benodigde elektrische energie (MJ/jaar)} / (\text{het elektrische omzettingsrendement geleverd bij gebruiker})$                                       |



|                                                                                                                 |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie voor ruimteverwarming                                                          | $\epsilon_{\text{netto}} = [e_{\text{aardgCO}_2} * Q_{\text{wp,r}} / \eta_{\text{ref}}] - [e_{\text{elekCO}_2} * Q_{\text{in,r}} / \eta_{e,B}]$        | $\epsilon_{\text{netto}} \text{ (g CO}_2\text{/jr)} = [\text{emissie CO}_2 \text{ referentietechnologie (g CO}_2\text{/MJ}_{\text{prim}}) * \text{geleverde energie door de warmtepomp (MJ) / rendement ref. systeem}] - [\text{emissie CO}_2 \text{ elektriciteit (g CO}_2\text{/MJ}_{\text{prim}}) * \text{benodigd vermogen (MJ) / rendement elektriciteit}]$<br>{Deze formule gaat uit van een elektrische warmtepomp. Voor gasabsorptie is $\eta_{e,B} = 1$ en moet voor de emissie ook gas genomen worden. |
| voor tapwaterverwarming                                                                                         | $\epsilon_{\text{netto}} = [e_{\text{aardgCO}_2} * Q_{\text{wp,t}} / \eta_{\text{ref}}] - [e_{\text{elekCO}_2} * Q_{\text{in,t}} / \eta_{e,B}]$        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>A. Voorbeeld: Utiliteit systeem met warmtepomp voor ruimteverwarming (water-water &gt; 12KW (jaar 2008))</b> |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Bodemkoude</b>                                                                                               |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                 | $V_{\text{totaal}}$                                                                                                                                    | 100.000 m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                 | $\beta_{\text{koude}}$                                                                                                                                 | 1 (tabel 4.6.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                 | $\beta_{\text{warmte}}$                                                                                                                                | 0,3 (tabel 4.6.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                 | $\theta_{\text{koude}}$                                                                                                                                | 0,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                 | $E_{\text{kental-koude}}$                                                                                                                              | 8,4 MJ/m <sup>3</sup> (tabel 4.6.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| koudeproductie                                                                                                  | $E_{\text{koude}} = \beta_{\text{koude}} * \theta_{\text{koude}} * V_{\text{totaal}}$<br>$E_{\text{kental-koude}}$                                     | $1 * 0,5 * 100.000 * 8,4 = 420.000 \text{ MJ}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                                                                | $\epsilon_{\text{netto,koude}} = E_{\text{koude}} * e_{\text{elekCO}_2} / 1000$                                                                        | $420.000 \text{ (MJ)} * 68,9 \text{ (kg/GJ)} / 1000 = 28938 \text{ kg} \approx 28,9 \text{ ton CO}_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Bodemwarmte</b>                                                                                              |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Warmtepomp voor ruimteverwarming                                                                                | P                                                                                                                                                      | 130 kW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| vollasturen en SPF                                                                                              | $V_r ; \text{SPF}_r$                                                                                                                                   | aantal vollasturen = 1.100<br>$\text{SPF}_r = 4,3$ (volgens tabel 4.6.3.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| warmteproductie                                                                                                 | $Q_{\text{wp,r}} = P * V_r * 3,6$                                                                                                                      | $130 \text{ kW} * 1.100 \text{ h} * 3,6 \text{ (MJ/kWh)} = 515 \text{ GJ}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Benodigde elektrische energie voor warmtepomp                                                                   | $Q_{\text{in,r}} = Q_{\text{wp,r}} / \text{SPF}_r$                                                                                                     | $515 \text{ GJ} / 4,3 = 120 \text{ GJ per jaar}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie voor ruimteverwarming                     | $E_{\text{prim,r}} = Q_{\text{wp,r}} / \eta_{\text{ref}} - Q_{\text{in,r}} / \eta_{e,B}$                                                               | $515 \text{ GJ} / 0,95 - 120 \text{ GJ} / 0,408 = 248 \text{ GJ per jaar}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                                                                | $\epsilon_{\text{netto,warmte}} = [e_{\text{aardgCO}_2} * Q_{\text{wp,r}} / \eta_{\text{ref}}] - [e_{\text{elekCO}_2} * Q_{\text{in,r}} / \eta_{e,B}]$ | $[56,7 \text{ kg CO}_2\text{/GJ} * 515 \text{ GJ} / 0,95] - [68,9 \text{ kg CO}_2\text{/GJ} * 120 \text{ GJ} / 0,408] = 10.470 \text{ kg CO}_2 \approx 10,5 \text{ ton CO}_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Totaal vermeden primaire energie</b><br><b>Totaal vermeden CO<sub>2</sub> emissie</b>                        | $E_{\text{prim,koude}} + E_{\text{prim,r}}$<br>$\epsilon_{\text{netto,koude}} + \epsilon_{\text{netto,warmte}}$                                        | $420 \text{ GJ} + 248 \text{ GJ} = 668 \text{ GJ}$<br>$28.938 \text{ kg} + 10.470 \text{ kg} = 39408 \text{ kg} \approx 39,4 \text{ ton CO}_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                                                                      |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Bodemkoude</b>                                                                                               | <b>Wordt niet meegenomen</b>                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| <b>Bodemwarmte met warmtepomp</b>                                                                   |                                                                                                                  |                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| capaciteit                                                                                          | P                                                                                                                | $\text{kW}_{\text{th}}$ (uitgaand thermisch vermogen)                                                                 |
| Vollasturen ruimte- of tapwaterverwarming                                                           | $V_r$<br>$V_t$                                                                                                   | h/jr, gemeten of kental afhankelijk van warmtepomptype voor toepassing ruimte- of tapwaterverwarming, zie tabel 4.6.3 |
| warmteproductie ruimteverwarming                                                                    | $Q_{\text{wp},r} = P * V_r * 3,6$                                                                                | uitgaand thermisch vermogen (kW) * vollasturen (h/jr) * conversiefactor (MJ/kWh)                                      |
| warmteproductie tapwaterverwarming                                                                  | $Q_{\text{wp},t}$                                                                                                | Vast kental zie tabel                                                                                                 |
| Seasonal performance factor                                                                         | SPF                                                                                                              | Zie tabel 4.6.3                                                                                                       |
| bruto eindverbruik                                                                                  | $E_{\text{be},r} = Q_{\text{wp},r} * (1-1/\text{SPF})$<br>$E_{\text{be},t} = Q_{\text{wp},t} * (1-1/\text{SPF})$ | MJ                                                                                                                    |
| <b>B. Voorbeeld: Utiliteit systeem met warmtepomp voor ruimteverwarming (water&gt; 12KW (2008))</b> |                                                                                                                  |                                                                                                                       |
| <b>Bodemwarmte</b>                                                                                  | P                                                                                                                | 130 kW                                                                                                                |
|                                                                                                     | $V_r$                                                                                                            | aantal vollasturen = 1.100 (tabel 4.6.3)                                                                              |
|                                                                                                     | $Q_{\text{wp},r} = P * V_r * 3,6$                                                                                | 130 kW * 1.100 h * 3,6 (MJ/kWh) = 515 GJ                                                                              |
|                                                                                                     | SPF                                                                                                              | 4,3                                                                                                                   |
|                                                                                                     | $E_{\text{be},r} = Q_{\text{wp},r} * (1-1/\text{SPF})$                                                           | 395 GJ                                                                                                                |
| <b>Totaal bruto eindverbruik</b>                                                                    | $E_{\text{be},r}$                                                                                                | 395 GJ                                                                                                                |

| <b>BIO-ENERGIE – verbranding</b>                                      | <b>afkorting</b>                                                                                                  | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| capaciteit                                                            | $C_{th}$<br>$C_{el}$                                                                                              | thermische capaciteit in $MW_{th}$ en/of elektrische capaciteit in $MW_e$                                                                                                                                                                                                                        |
| netto warmteproductie                                                 | $Q_{netto}$                                                                                                       | TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| netto elektriciteitsproductie                                         | $E_{netto}$                                                                                                       | GWh/jr (geleverde elektriciteit)                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Bruto warmteproductie <sup>32</sup>                                   | $Q_{bruto}$                                                                                                       | TJ/jr ( $Q_{netto} + Q_{proces}$ )                                                                                                                                                                                                                                                               |
| bruto elektriciteitsproductie                                         | $E_{bruto}$                                                                                                       | GWh/jr (geproduceerde elektriciteit)                                                                                                                                                                                                                                                             |
| brandstofinzet                                                        | $B$                                                                                                               | TJ/jr energie                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| eigen gebruik warmte voor proces                                      | $Q_{proces}$                                                                                                      | TJ/jaar                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                          |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{prim} = [Q_{netto} / \eta_{ref}] + [E_{netto} * 3,6 / \eta_{e,A}]$                                            | [netto warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] + [netto elektriciteitsbesparing (GWh) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)]                                                                                                     |
| vermeden primaire energie in 2008                                     |                                                                                                                   | $E_{prim} (TJ_{prim}/jr) = [W (TJ/jr) / 0,90] + [E (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,427]$                                                                                                                                                                                                             |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{netto} = [(Q_{netto} / \eta_{ref}) * e_{reftechCO_2}] + [E_{netto} * 3,6 / \eta_{e,A}] * e_{elekCO_2}$ | [[netto warmteproductie (MJ/jr) / rendement referentietechnologie] * emissiefactor CO <sub>2</sub> referentietechnologie (g CO <sub>2</sub> /MJ <sub>prim</sub> )] + [[netto elektriciteitsproductie (kWh/jr) * emissiefactor CO <sub>2</sub> elektriciteitscentrale (ton CO <sub>2</sub> /MWh)] |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                              |                                                                                                                   | $\epsilon_{netto} (g CO_2/jr) = [(Q_{netto} (MJ/jr) / 0,9) * E_{reftechCO_2} (g CO_2/MJ_{prim})] + [[E(kWh/jr) * 0,581 (kg CO_2/kWh)]$                                                                                                                                                           |
| <b>A. Voorbeeld voor 2008</b>                                         |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| netto Warmteproductie                                                 | $Q_{netto}$                                                                                                       | 200 TJ                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| netto elektriciteitsproductie                                         | $E_{netto}$                                                                                                       | 150 GWh                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{prim} = [Q_{netto} / \eta_{ref}] + [E_{netto} * 3,6 / \eta_{e,A}]$                                            | $200TJ / 0,9 + (150 GWh * 3,6 TJ/GWh / 0,427) = 1487 TJ$                                                                                                                                                                                                                                         |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{netto} = [(Q_{netto} / \eta_{ref}) * e_{reftechCO_2}] + [(E_{netto} / \eta_{e,A}) * e_{elekCO_2}]$     | $200 TJ / 0,9 * 56,7 \text{ ton CO}_2/TJ + (150 GWh * 581 \text{ ton CO}_2/GWh) = 100 \text{ kton CO}_2$                                                                                                                                                                                         |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                            |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik.                  |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| In geval van levering van alleen warmte of alleen elektriciteit       | $E_{be} = Q_{bruto}$<br>$E_{be} = E_{bruto}$                                                                      | Warmteproductie (TJ/jr)<br>Elektriciteitsproductie (TJ/jr)                                                                                                                                                                                                                                       |

<sup>32</sup> Het begrip proces is hier ruim gedefinieerd, d.w.z. alle nuttig toegepaste warmte die niet wordt verkocht. Dit kan ook een ander proces zijn binnen dezelfde installatie. Van belang is dat de warmte nuttig wordt toegepast, maar niet wordt verkocht, anders valt het onder  $Q_{netto}$ .

|                               |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| In geval van WKK              | $E_{be} = E_{bruto} * 3,6 + Q_{netto} + [B * Q_{proces} / (Q_{netto} + Q_{proces} + E_{bruto})]$ | Bruto eindverbruik (TJ/jr) = Brutto Elektriciteitsproductie (GWh) * 3,6 TJ/GWh + Netto warmteproductie (TJ) [Brandstofinzet (TJ) * warmte voor proces (TJ) / ( netto warmteproductie (TJ) + warmte voor proces (TJ) + elektriciteitsproductie (GWh) * 3,6 GWh/TJ)] |
| <b>B. Voorbeeld voor WKK</b>  |                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Netto Warmteproductie         | $Q_{netto}$                                                                                      | 200 TJ                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Bruto Warmteproductie         | $Q_{bruto}$                                                                                      | 220 TJ                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Eigen Warmtegebruik           | $Q_{proces}$                                                                                     | 20 TJ                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Bruto elektriciteitsproductie | $E_{bruto}$                                                                                      | 180 GWh                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Brandstofinzet</b>         | $B$                                                                                              | 2000 TJ                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Bruto Eindverbruik</b>     | $E_{be}$                                                                                         | $= 180 \text{ GWh} * 3,6 + 200 \text{ TJ} + [2000 \text{ TJ} * 20 \text{ TJ} / (200 \text{ TJ} + 20 \text{ TJ} + 180 \text{ GWh} * 3,6)]$ $= 894 \text{ TJ}$                                                                                                       |

| <b>BIO-ENERGIE – verbranding afvalverbrandings-installaties (AVI's)</b>                                                        | <b>afkorting</b>                                                                                                                             | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| warmteproductie                                                                                                                | Q                                                                                                                                            | TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| netto elektriciteitsproductie                                                                                                  | $E_{\text{netto}}$                                                                                                                           | GWh/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| bruto elektriciteitsproductie                                                                                                  | $E_{\text{bruto}}$                                                                                                                           | GWh/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| aandeel hernieuwbare/hernieuwbare energie                                                                                      | h                                                                                                                                            | % (2008 waarde, 49%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| verbruik aan fossiele brandstof als hulpenergie. Het gasgebruik is voornamelijk nodig om voldoende schone uitstoot te krijgen. | $A_{\text{hulp}}$                                                                                                                            | TJ/jr dit is meestal gasgebruik.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Energie-inhoud Afval (Brandstof)                                                                                               | B                                                                                                                                            | TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                                                                   |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie                                                          | $E_{\text{prim}} = ( [Q / \eta_{\text{ref}}] + [E_{\text{netto}} * 3,6 / \eta_{e,A}] ) * B / (B + A_{\text{hulp}}) * h$                      | [warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] + [netto elektriciteitsproductie (GWh/jr) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)] * Brandstof (TJ) / (Brandstof (TJ) + hulpenergie (TJ)) * aandeel hernieuwbaar (%)                                                                                                                               |
| vermeden primaire energie in 2008                                                                                              |                                                                                                                                              | $E_{\text{prim}} = ( [q_{\text{netto}} / 0,9] + [E_{\text{netto}} / 0,427] ) * B / (B + A_{\text{hulp}}) * 49\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie door hernieuwbare energieproductie                                                            | $\epsilon_{\text{netto}} = [ [Q / \eta_{\text{ref}}] * e_{\text{reftechCO}_2} + [E_H * e_{\text{elekCO}_2}] * B / (B + A_{\text{hulp}}) * h$ | [ [warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] * emissiefactor CO <sub>2</sub> referentietechnologie (ton CO <sub>2</sub> /TJ <sub>primair</sub> ) ] + [ [netto elektriciteitsproductie (GWh/jr) * emissiefactor CO <sub>2</sub> elektriciteitscentrale (ton CO <sub>2</sub> /kWh <sub>primair</sub> ) ] * Brandstof (TJ) / (Brandstof (TJ) + hulpenergie (TJ)) * aandeel hernieuwbaar (%) |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie hernieuwbare energieproductie in 2008                                                         |                                                                                                                                              | $\epsilon_{\text{netto}} \text{ (ton CO}_2\text{/jr)} = [ [W \text{ (TJ/jr)} / 0,9] * 56,7 \text{ (ton CO}_2\text{/TJ}_{\text{primair}}) ] + [ [E_H \text{ (GWh/jr)}] * 581 \text{ (ton CO}_2\text{/GWh}_{\text{primair}}) ] * B / (B + A_{\text{hulp}}) * 49\%$                                                                                                                                          |
| <b>A. voorbeeld AVI met gegevens 2008</b>                                                                                      |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| energie-inhoud afval                                                                                                           | B                                                                                                                                            | 5000 TJ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| verbruik aan fossiele brandstof als hulpenergie.                                                                               | $A_{\text{hulp}}$                                                                                                                            | 100 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| netto warmteproductie                                                                                                          | $Q_{\text{netto}}$                                                                                                                           | 320 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| netto elektriciteitsproductie                                                                                                  | $E_{\text{netto}}$                                                                                                                           | 400 GWh/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| percentage hernieuwbaar                                                                                                        | P                                                                                                                                            | 49%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie                                                          | $E_{\text{prim}} = [Q / \eta_{\text{ref}}] + [E_H * 3,6 / \eta_{e,A}] * B / (B + A_{\text{hulp}}) * h$                                       | $[(320 \text{ TJ/jr} / 0,90) + (400 \text{ GWh/jr} * 3,6 \text{ TJ/GWh} / 0,427)] * (5000 \text{ TJ} / (5000 \text{ TJ} + 100 \text{ TJ})) * 49\% = 1791 \text{ TJ}$                                                                                                                                                                                                                                      |

|                                                                     |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie door hernieuwbare energieproductie | $\epsilon_{\text{netto}} = \left[ \frac{Q}{\eta_{\text{ref}}} \right] * e_{\text{reftechCO}_2} + \left[ \frac{E_{\text{netto}}}{B/(B+A_{\text{hulp}})} \right] * e_{\text{elekCO}_2} * h$ | $\left[ \left[ \frac{320 \text{ TJ}}{0,90} \right] * 56,7 \text{ (ton CO}_2\text{/TJ}_{\text{prim}}) \right] + \left[ 400 \text{ GWh} * 581 \text{ (ton CO}_2\text{/GWh)} \right] * \frac{5000 \text{ TJ}}{(5000 \text{ TJ} + 100 \text{ TJ})} * 49\% = 121,3 \text{ kton CO}_2$ |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                          |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik                 | $E_{\text{be}} = \left( \left[ \frac{Q}{\eta_{\text{ref}}} \right] + \left[ \frac{E_{\text{bruto}}}{B/(B+A_{\text{hulp}})} \right] * 3,6 \right) * h$                                     | $\left( \text{warmteproductie (TJ/jr)} + \text{bruto elektriciteitsproductie (GWh/jr)} * \text{conversiefactor (TJ/GWh)} \right) * \frac{\text{Brandstof (TJ)}}{(\text{Brandstof (TJ)} + \text{hulpenergie (TJ)})} * \text{aandeel hernieuwbaar (\%)}$                           |
| <b>B. voorbeeld AVI met gegevens 2008</b>                           |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| energie-inhoud afval                                                | B                                                                                                                                                                                         | 5000 TJ                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| verbruik aan fossiele brandstof als hulpenergie.                    | A <sub>hulp</sub>                                                                                                                                                                         | 100 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| warmteproductie                                                     | Q                                                                                                                                                                                         | 320 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| netto elektriciteitsproductie                                       | E <sub>bruto</sub>                                                                                                                                                                        | 440 GWh/jr                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| percentage hernieuwbaar                                             | P                                                                                                                                                                                         | 49%                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik                 | $E_{\text{prim}} = \left( \left[ \frac{Q}{\eta_{\text{ref}}} \right] + \left[ \frac{E_{\text{bruto}}}{B/(B+A_{\text{hulp}})} \right] * 3,6 \right) * h$                                   | $(320 \text{ TJ/jr} + (440 \text{ GWh/jr} * 3,6 \text{ TJ/GWh})) * \frac{5000 \text{ TJ}}{(5000 \text{ TJ} + 100 \text{ TJ})} * 49\% = 915 \text{ TJ}$                                                                                                                           |

| <b>BIO-ENERGIE<br/>– kleinschalige verbranding</b>                          | <b>afkorting</b>                                                                            | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Netto Calorische waarde hout                                                | NCV                                                                                         | MJ/kg                                                                                                                                                 |
| Brandstofinzet / houtverbruik                                               | B                                                                                           | kg                                                                                                                                                    |
| Rendement ketel                                                             | $\eta_{\text{ketel}}$                                                                       | -                                                                                                                                                     |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                |                                                                                             |                                                                                                                                                       |
| bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in vermeden primaire<br>energie | $E_{\text{prim}} = B * \frac{\text{NCV} * \eta_{\text{ketel}}}{\eta_{\text{ref}}}$          | Houtverbruik (kg) * Netto calorische<br>waarde hout (MJ/kg) * Rendement ketel<br>(%)/ referentie rendement warmte (%)                                 |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                            | $\epsilon_{\text{netto}} = \frac{E_{\text{netto}}}{E_{\text{prim}}} * e_{\text{aardgCO}_2}$ | $E_{\text{primair}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * \text{emissiefactor CO}_2$<br>aardgas verbranding (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>prim</sub> ) |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                                    |                                                                                             | $K (\text{kg CO}_2/\text{jr}) = E_{\text{prim}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * 56,7 (\text{kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{prim}})$                  |
| <b>A. Voorbeeld project voor 2008</b>                                       |                                                                                             |                                                                                                                                                       |
| netto Calorische waarde hout                                                | NCV                                                                                         | 15,1 MJ/kg                                                                                                                                            |
| houtverbruik                                                                | B                                                                                           | 900 kg (inzethaard)                                                                                                                                   |
| rendement ketel                                                             | $\eta_{\text{ketel}}$                                                                       | 50% (inzethaard)                                                                                                                                      |
| bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in vermeden primaire<br>energie | $E_{\text{prim}} =$                                                                         | $900 \text{ kg} * 15,1 \text{ MJ/kg} * 50\% / 90\% = 7,6 \text{ GJ}$                                                                                  |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                            | $\epsilon_{\text{netto}} = \frac{E_{\text{netto}}}{E_{\text{prim}}} * e_{\text{aardgCO}_2}$ | $7,6 \text{ GJ} * 56,7 \text{ kg CO}_2/\text{GJ} = 0,4 \text{ ton CO}_2$                                                                              |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                                  |                                                                                             |                                                                                                                                                       |
| bijdrage hernieuwbare energie<br>in bruto eindverbruik                      | $E_{\text{be}} = B * \text{NCV}$                                                            | Houtverbruik (kg) * Energie-inhoud hout<br>(MJ/kg)                                                                                                    |
| <b>B. Voorbeeld project voor 2008</b>                                       |                                                                                             |                                                                                                                                                       |
| bijdrage hernieuwbare energie<br>in bruto eindverbruik                      | $E_{\text{be}} =$                                                                           | $900 \text{ kg} * 15,1 \text{ MJ/kg} = 13,6 \text{ GJ}$                                                                                               |

| <b>BIO-ENERGIE – verbranding<br/>meestook</b>                         | <b>afkorting</b>                                                       | <b>eenheden en formules</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inzet biomassa                                                        | B                                                                      | meting (monitoring): ton                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Netto Calorische waarde biomassa                                      | NCV                                                                    | [GJ/ton]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Substitutiefactor                                                     | S                                                                      | %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Elektriciteitsproductie energiecentrale                               | E                                                                      | GWh bruto productie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Warmte energiecentrale                                                | Q                                                                      | TJ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Inzet fossiele brandstof energiecentrale                              | F                                                                      | TJ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                          |                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{\text{prim}} = \text{NCV} * B * S$                                 | Inzet biomassa (ton) * Netto Calorische waarde v (GJ/ton) * substitutiefactor                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e_{\text{specifiekCO}_2}$ | $E_{\text{prim}} (\text{TJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * \text{emissiefactor CO}_2 \text{ vermeden brandstof (ton CO}_2/\text{TJ}_{\text{prim}})$                                                                                                                                                                                          |
| Vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                              |                                                                        | kolen: $\epsilon_{\text{netto}} (\text{ton CO}_2/\text{jr}) = E_{\text{prim}} (\text{TJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * 94,7 (\text{ton CO}_2/\text{TJ}_{\text{prim}})$<br>gas: $\epsilon_{\text{netto}} (\text{ton CO}_2/\text{jr}) = E_{\text{prim}} (\text{TJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * 56,7 (\text{ton CO}_2/\text{TJ}_{\text{prim}})$ |
| <b>A. Voorbeeld in kolencentrale</b>                                  |                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Brandstofinzet                                                        | B                                                                      | 30.000 ton                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Netto Calorische waarde brandstof                                     | NCV                                                                    | 15 GJ/ton                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Substitutiefactor                                                     | S                                                                      | 100%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{\text{prim}} = B * \text{NCV} * S$                                 | $30.000 \text{ ton} * 15 \text{ GJ/ton} * 100\% = 450 \text{ TJ/jr}$                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e_{\text{specifiekCO}_2}$ | $450 \text{ TJ/jr} * 94,1 \text{ ton CO}_2/\text{TJ} = 42 \text{ kton CO}_2/\text{jr}$                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                            |                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik                   | $E_{\text{be}} = (E + Q) * B * \text{NCV} / (B * \text{NCV} + F)$      | Bruto Elektriciteitsproductie (MWh) * 3,6 GJ/MWh + warmteproductie (GJ) * (Biomassa inzet (ton) * Netto Calorische waarde biomassa (GJ/ton) / (Biomassa inzet (ton) * Netto Calorische waarde biomassa (GJ/ton) + energie-inhoud fossiele brandstof (GJ))                                                                                |
| <b>B. Voorbeeld in kolencentrale</b>                                  |                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Elektriciteitsproductie energiecentrale                               | E                                                                      | 500 GWh bruto productie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Warmte energiecentrale                                                | Q                                                                      | 450 TJ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Inzet fossiele brandstof energiecentrale                              | F                                                                      | 4500 TJ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| bijdrage hernieuwbare energie in bruto eindverbruik                   | $E_{\text{be}} =$                                                      | $500 \text{ GWh} * 3,6 \text{ TJ/GWh} + 450 \text{ TJ} * (30 \text{ kton} * 15 \text{ GJ/ton}) / (30 \text{ kton} * 15 \text{ GJ/ton} + 4500 \text{ TJ}) = 204 \text{ TJ}$                                                                                                                                                               |



| <b>BIO-ENERGIE – verbranding<br/>Transportbrandstoffen</b>                  | <b>afkorting</b>                | <b>eenheden en formules</b>                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Op de marktgebrachte<br>biobrandstoffen                                     | B                               | meting (monitoring): ton                                                              |
| Netto Calorische waarde<br>brandstof                                        | NCV                             | [GJ/ton]                                                                              |
| Substitutiefactor                                                           | S                               | %                                                                                     |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                                |                                 |                                                                                       |
| Bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in vermeden primaire<br>energie | $E_{\text{prim}} = H * B * S$   | Inzet biobrandstof (ton) * Netto<br>Calorische waarde (GJ/ton) *<br>substitutiefactor |
| <b>A. Voorbeeld benzine<br/>substitutie</b>                                 |                                 |                                                                                       |
| Inzet bioethanol                                                            | B                               | 100.000 ton                                                                           |
| Netto Calorische waarde<br>bioethanol                                       | NCV                             | 27 GJ/ ton                                                                            |
| Substitutiefactor                                                           | S                               | 100%                                                                                  |
| Bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in vermeden primaire<br>energie | $E_{\text{prim}} = B * NCV * S$ | 100.000 ton * 27 GJ/ton * 100% =<br>2.700 TJ                                          |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare<br/>energie</b>                              |                                 |                                                                                       |
| Bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in bruto eindverbruik           | $E_{\text{be}} = B * NCV * S$   | Inzet biobrandstof (ton) * Netto<br>Calorische waarde (GJ/ton) *<br>substitutiefactor |
| <b>B. Voorbeeld benzine<br/>substitutie</b>                                 |                                 |                                                                                       |
| Bijdrage hernieuwbare energie<br>uitgedrukt in bruto eindverbruik           | $E_{\text{be}} = B * NCV * S$   | 100.000 ton * 27 GJ/ton * 100% =<br>2.700 TJ                                          |

Voor de berekening van de CO<sub>2</sub> reductie voor biobrandstoffen wordt verwezen naar de LCA methode in Bijlage 5 van de Europese richtlijn Hernieuwbare Energie.

| BIO-ENERGIE - vergisting                                              | afkorting                                                                                                                        | eenheden en formules                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| capaciteit                                                            | $C_{th}$<br>$C_{el}$                                                                                                             | thermische capaciteit: $MW_{th}$<br>elektrische capaciteit: $MW_e$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| warmteproductie <sup>33</sup>                                         | $Q_{netto}$                                                                                                                      | TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| warmte benut voor vergister, eigen verbruik                           | $Q_{verg}$                                                                                                                       | TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| netto biogasproductie <sup>34</sup>                                   | $A_{netto}$                                                                                                                      | TJ/jr (of $m^3/jr$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| totaal biogasproductie <sup>35</sup>                                  | $A_{tot}$                                                                                                                        | TJ/jr (of $m^3/jr$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| elektriciteitsproductie                                               | $E$                                                                                                                              | GWh/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>A. Substitutiemethode</b>                                          |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{prim} = [Q / \eta_{ref}] + [A_{netto}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}]$                                                             | [warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] + [biogasproductie (TJ/jr)] + [elektriciteitsproductie (GWh) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)]                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| vermeden primaire energie in 2008                                     |                                                                                                                                  | $E_{prim} (TJ_{prim}/jr) = W (TJ/jr) / 0,90 + A (TJ/jr) + E (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,427$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie                                      | $\epsilon_{netto} = [[Q / \eta_{ref}] * e_{reftechCO_2}] + [A_{netto} * e_{aardgCO_2}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}] * e_{elekCO_2}]$ | [[warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] * emissiefactor CO <sub>2</sub> referentietechnologie (ton CO <sub>2</sub> /TJ <sub>prim</sub> )] + [aardgasproductie * emissiefactor CO <sub>2</sub> aardgas verbranding (ton CO <sub>2</sub> /TJ <sub>prim</sub> )] + [[elektriciteitsproductie (GWh/jr) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)] * emissiefactor CO <sub>2</sub> elektriciteitscentrale (ton CO <sub>2</sub> /TJ <sub>prim</sub> )] |
| vermeden CO <sub>2</sub> emissie in 2008                              |                                                                                                                                  | $\epsilon_{netto} (ton CO_2/jr) = [[Q (TJ/jr) / 0,9] * 56,7 (ton CO_2/TJ_{prim})] + [A (TJ/jr) * 56,7 (ton CO_2/TJ_{prim})] + [[E(GWh/jr)*3,6 (TJ/GWh) / 0,427] * 68,9 (ton CO_2/TJ_{prim})]$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>A. Voorbeeld in 2008</b>                                           |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                       | $Q_{netto}$                                                                                                                      | 300 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                       | $Q_{verg}$                                                                                                                       | 100 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                       | $A_{netto}$                                                                                                                      | 100 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                       | $A_{tot}$                                                                                                                        | 1900 TJ/jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| elektriciteitsproductie                                               | $E_{netto}$                                                                                                                      | 150 GWh /jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                       | $E_{bruto}$                                                                                                                      | 167 GWh /jr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

<sup>33</sup> Afgeleverd plus eigen verbruik minus eigen verbruik voor vergisting.

<sup>34</sup> Biogasproductie = Winning - fakkels - eigen verbruik voor wkk - eigen verbruik voor overige omzettingen - eigen verbruik voor vergisting.

<sup>35</sup> Totale biogasproductie is winning van biogas in de vergister

|                                                                       |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in vermeden primaire energie | $E_{\text{prim}} = [Q/\eta_{\text{ref}}] + [A_{\text{netto}}] + [E \cdot 3,6 / \eta_{\text{e,A}}]$                                                                                          | $[300 \text{ (TJ/jr)} / 0,90] + [100 \text{ (TJ/jr)}] + [150 \text{ (GWh/jr)} \cdot 3,6 \text{ (TJ/GWh)} / 0,427]$<br>= 1.698 TJ/jr = 1,7 PJ/jr                                                                                                                |
| vermeden CO2 emissie                                                  | $\epsilon_{\text{netto}} = [[Q/\eta_{\text{ref}}] \cdot e_{\text{reftechCO2}}] + [A_{\text{netto}} \cdot e_{\text{aardgCO2}}] + [E \cdot 3,6 / \eta_{\text{e,A}}] \cdot e_{\text{elekCO2}}$ | $[[300 \text{ (TJ/jr)} / 0,90] \cdot 56,7 \text{ (ton CO2/TJprim)}] + [100 \text{ (TJ/jr)} \cdot 56,7 \text{ (ton CO2/TJprim)}] + [[150 \text{ (GWh/jr)} \cdot 3,6 \text{ (TJ/GWh)} / 0,427] \cdot 68,9 \text{ (ton CO2/TJprim)}] = 111,7 \text{ kton CO2/jr}$ |
| <b>B EU-richtlijn hernieuwbare energie</b>                            |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Percentage warmte %Q                                                  | $\%Q = Q_{\text{netto}} / [Q_{\text{netto}} + Q_{\text{vergister}} + E_{\text{bruto}} \cdot 3,6]$                                                                                           | [warmteproductie (TJ/jr) / warmteproductie (TJ/jr) + warmte benut voor vergister+ (TJ/jr) + elektriciteitsproductie (GWh) * conversiefactor (TJ/GWh) ]                                                                                                         |
| Brandstofinzet wkk gealloceerd aan netto warmteproductie              | $Q_{\text{alloc}} = \%Q \cdot [A_{\text{tot}} - A_{\text{netto}}]$                                                                                                                          | Percentage warmte * biogas inzet voor WKK                                                                                                                                                                                                                      |
| Bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in bruto eindverbruik        | $E_{\text{be}} = E_{\text{bruto}} \cdot 3,6 + Q_{\text{alloc}}$                                                                                                                             | [elektriciteitsproductie (GWh) * conversiefactor (TJ/GWh + gealloceerde warmteproductie (TJ/jr) + biogasproductie (TJ/jr)][]                                                                                                                                   |
| <b>B. Voorbeeld in 2008</b>                                           |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                       | $\%Q = Q_{\text{netto}} / [Q_{\text{netto}} + Q_{\text{vergister}} + E_{\text{bruto}} \cdot 3,6]$                                                                                           | $(300 \text{ TJ}) / (300 \text{ TJ} + 100 \text{ TJ} + 167 \cdot 3,6) = 0,3$                                                                                                                                                                                   |
|                                                                       | $Q_{\text{alloc}} = \%Q \cdot [A_{\text{tot}} - A_{\text{netto}}]$                                                                                                                          | $0,3 \cdot (1900 \text{ TJ} - 100 \text{ TJ}) = 540 \text{ TJ}$                                                                                                                                                                                                |
| Bijdrage hernieuwbare energie uitgedrukt in bruto eindverbruik        | $E_{\text{be}} = E_{\text{bruto}} \cdot 3,6 + Q_{\text{alloc}} + A_{\text{netto}}$                                                                                                          | $167 \cdot 3,6 \text{ TJ} + 540 \text{ TJ} + 100 \text{ TJ} = 1732 \text{ TJ}$                                                                                                                                                                                 |