

**PROTOCOL MONITORING
DUURZAME ENERGIE
Update 2006**

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

SenterNovem
December, 2006

Opgesteld door
Lex Bosselaar
Timo Gerlagh

Publicatienummer 2DEN0611

VOORWOORD

Voor u ligt de vierde, geactualiseerde editie van het Protocol Monitoring Duurzame Energie. Het Ministerie van Economische Zaken heeft dit protocol laten maken. Het is een beleidsdocument met afspraken die voorzien in een uniforme berekeningswijze voor het bepalen van de hoeveelheid energie die in Nederland op duurzame wijze wordt geproduceerd. Door alle overheden en organisaties consistent gehanteerde rekenmethodes maken het tevens mogelijk de ontwikkelingen op dit gebied goed 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 Duurzame Energie is opgesteld door SenterNovem. Bij het opstellen hebben alle betrokkenen in het veld de kans gekregen om input te leveren en die is zo goed mogelijk verwerkt. Het CBS gebruikt dit protocol om de hoeveelheid in Nederland geproduceerde duurzame energie te berekenen. Deze gegevens worden vervolgens bij het Ministerie van Economische Zaken gebruikt om de realisatie van onze beleidsdoelstellingen te volgen.

Als u nog vragen of opmerkingen heeft over dit protocol, kunt u contact opnemen met de auteurs van SenterNovem.

Dr. P.A. Boot,
Directeur Energie en Duurzaamheid
Ministerie van Economische Zaken
December 2006

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	4
2. DUURZAME ENERGIE EN DE BRONNEN ERVAN	8
2.1. Duurzame energie – een definitie	8
2.2. Duurzame energie in Nederland – welke bronnen tellen mee?	9
2.3. Duurzame energieproductie – een definitie	10
2.4. Fractie duurzame energie	11
2.5. Internationale rapportage	12
3. REFERENTIETECHNOLOGIEËN	13
3.1. De keuze van referentietechnologieën	13
3.2. De rendementen van de referentietechnologieën	15
4. UITWERKING PER DUURZAME ENERGIEBRON	17
4.1. Waterkracht	17
4.2. Windenergie	17
4.3. Het thermisch gebruik van zonne-energie	18
4.4. Het fotovoltaïsch gebruik van zonne-energie	21
4.5. Het passief gebruik van zonne-energie	22
4.6. Warmte- en koudeopslag	22
4.7. Aardwarmte	23
4.8. Warmtepompen	23
5. ENERGIE UIT BIOMASSA	27
5.1. Afvalverbrandingsinstallaties	27
5.2. Houtskool	28
5.3. Kleinschalige Houtverbranding	29
5.4. Houtkackels voor warmte >18 kW	29
5.5. Het verbranden van biomassa	30
5.6. Het meestoken van biomassa in Energiecentrales en industrie	31
5.7. Het vergisten van biomassa	31
5.8. Biotransportbrandstoffen	32
5.9. Vergassen, pyrolyse en andere conversietechnieken	33
6. DE GROENE ELEKTRICITEITSBALANS	34
6.1. Het systeem van Garanties van Oorsprong	34
6.2. De opzet van de balans - import	35
6.3. Binnenlandse productie, voorraden en consumptie	35
6.4. Export	36
6.5. Beleidsdoelstellingen	36
LITERATUUR	38
BIJLAGE 1: REKENMETHODIEK	40
1A: Bepaling percentage duurzame energie	40
1B: Nadere berekeningen voor elektriciteitsproductie	42
1C: Kwaliteitsfactoren	44
BIJLAGE 2: EMISSIEFACTOREN BRANDSTOFFEN	45
BIJLAGE 3: KENTALLEN AFVALVERBRANDING	49
BIJLAGE 4: SYMBOLEN EN AFKORTINGEN	51
FACTSHEETS	53

1. INLEIDING

De voorgeschiedenis van het protocol

Tot 1990 werd duurzame 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 Nederlandse Organisatie voor Energie en Milieu (Novem, sinds 2004 gefuseerd tot SenterNovem) 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 volgde een bijgewerkte versie, en in 2004 was het document voor de tweede maal aan actualiseren toe. Deze versie van 2006 is de vierde versie. Ten opzichte van de vorige uitgave zijn de belangrijkste wijzigingen:

- Een herindeling van het hoofdstuk biomassa, invoegen van transportbrandstoffen;
- Wijziging berekening percentage duurzame energie (zie bijlage 1A);
- Aanpassen kentallen aan emissieregistratie;
- Opname van de vergelijking met de Eurostat en IEA-statistieken.

Naast voornoemde wijzigingen zijn er op onderdelen een aantal verbeteringen doorgevoerd en kentallen aangepast. Voor bijvoorbeeld warmtekuoudeslag zijn nieuwe beter onderbouwde kentallen beschikbaar gekomen.

Wat biedt het protocol?

Om de gewenste uniformiteit te bereiken, geeft dit protocol definities van het begrip duurzame 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. Het voordeel van het gebruik van zulke definities is dat, hoewel berekeningen op basis van andere uitgangspunten andere uitkomsten zullen geven, zij altijd herleidbaar zijn als de bijbehorende aannamen zijn vermeld. Dit is vooral van belang bij warmtepompen, afvalverbrandingsinstallaties en de import van duurzame energie. Hierbij is het steeds de vraag welke componenten meegerekend moeten worden.

Ook de toe te passen rekenmethoden worden in dit protocol beschreven. Dat gebeurt per duurzame energiebron. Hoewel energie in principe uit iedere willekeurige bron kan worden gewonnen, wordt elke duurzame bron in de praktijk namelijk vrijwel alleen als vervanging van een bepaalde conventionele energiebron gebruikt; en met die conventionele bron (de referentietechnologie) moet hij dus worden vergeleken. Elke bijdrage van een duurzame bron wordt daarom teruggerekend naar de theoretische energie-inhoud van de vervangen conventionele bron. Dit is de vermeden primaire energie. Deze zogeheten substitutiemethode maakt het mogelijk de verschillende energiebronnen (en ook warmte, elektriciteit en gas) met elkaar te vergelijken.

Evenals bij de editie van 2002 zijn in deze uitgave van het protocol *factsheets* opgenomen. Daarin 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 2005. Als men berekeningen voor een ander jaar wil doen, moet een aantal van deze gegevens (zoals de rendementen van elektriciteitscentrales) worden vervangen door die voor het beoogde jaar. Voor 2010 is een aantal van deze gegevens in het protocol opgenomen.

Uit de definitie van duurzame energie zoals die in dit protocol wordt gehanteerd, namelijk als hernieuwbare energie (zie hoofdstuk 2), volgt dat levenscyclusanalyses van duurzame en conventionele energiebronnen hier geen rol spelen. U vindt deze dus ook niet in dit protocol.

Eveneens een gevolg van de definitie van duurzame energie is dat de import van groene stroom niet wordt meegenomen in de binnenlandse productiecijfers. In het algemeen telt alleen op Nederlands

grondgebied geproduceerde duurzame 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.

Dit protocol wordt door het Centraal Bureau voor de Statistiek gebruikt bij het bepalen van de hoeveelheid duurzaam geproduceerde energie in Nederland. De resultaten worden gepubliceerd op Statline, de online databank van het CBS (www.cbs.nl). In het eerste kwartaal worden voorlopige cijfers over het voorafgaande jaar gepresenteerd; deze hebben betrekking op het totaal van de geproduceerde duurzame energie en een aantal belangrijke energiebronnen. In het tweede kwartaal volgen voorlopige cijfers waarin alle energiebronnen zijn meegenomen. Een uitgebreide, definitieve rapportage, waarin ook achtergrondcijfers zijn opgenomen, verschijnt in de herfst.

De hier beschreven kentallen en methodieken hebben een algemeen en statistisch karakter. Het protocol dient dan ook uitsluitend te worden gebruikt voor het maken van uniforme statistische overzichten en het toetsen van doelstellingen, en staat volledig los van enig beleid op het gebied van duurzame energie. 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 duurzame 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 Duurzame Energie is er een Protocol Energiebesparing, dat een aantal andere definities hanteert. Verder zijn er de Nederlandse Technische Afspraken van het Ministerie van VROM, over het percentage biogeen materiaal in secundaire brandstoffen. En 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.

Het Protocol Monitoring Energiebesparing¹, opgesteld door SenterNovem in samenwerking met het Centraal Planbureau (CPB), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) en het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), beschrijft hoe kan worden bepaald hoeveel energie is bespaard, dat wil zeggen hoe veel minder energie is gebruikt. Het Protocol Monitoring Duurzame Energie beschrijft hoe kan worden uitgerekend wat de opbrengst is van de ingezette duurzame energiebronnen en hoe die zich verhoudt tot de totale opwekking. Die twee doelstellingen lijken op elkaar maar zijn toch principieel verschillend, omdat voor energiebesparing de consumptie het gezichtspunt is en voor duurzame energie de productie. Daarom worden voor de protocollen verschillende uitgangspunten gehanteerd:

- het Protocol Energiebesparing is gericht op de besparing ten opzichte van een vast referentiejaar (statisch), het Protocol Monitoring Duurzame Energie op de substitutie ten opzichte van het actuele productiejaar (dynamisch);
- het Protocol Energiebesparing neemt het rendement van het totale productiepark inclusief duurzame opwekking als referentie, want duurzame productie telt niet als besparing op gebruik; bij het Protocol Monitoring Duurzame Energie tellen alleen de verdrongen fossiele brandstoffen als referentie omdat die worden verdrongen en duurzame bronnen niet;
- voor het Protocol Energiebesparing wordt de totale besparing per sector geschat; voor het Protocol Monitoring Duurzame Energie wordt de productie zoveel mogelijk bepaald op microniveau, dus per duurzame installatie, waarna de resultaten worden opgeteld.

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

¹ CPB, ECN, Novem en RIVM (2001)

Tabel 1.1: Vergelijking protocollen Monitoring Duurzame Energie en Energiebesparing

vergeleken aspect	protocol Monitoring Duurzame Energie	protocol Energiebesparing
referentiejaar	dynamisch (actueel jaar)	statisch (basisjaar)
referentietechnologie elektriciteit	gehele productiesysteem exclusief duurzame installaties	centrale productiesysteem, inclusief duurzame installaties
waardering warmte uit warmtekrachtkoppeling	exergetisch (temperatuurniveau)	bij het centrale productiesysteem: als bijstookfactor; bij eindverbruikers: niet
netverliezen	referenties gegeven zowel met als zonder netverlies	geen onderscheid
passieve zonne-energie	Duurzame bron (niet waargenomen)	besparing (impliciet)
warmtepompen	Duurzaam (omgevingswarmte)	besparing (restwarmte) of duurzaam (omgevingswarmte)
effect van duurzame energie	Vermeden fossiele energie en CO ₂ -reductie	substitutie en CO ₂ -reductie
totaal verbruik volgens definitie protocol ²	groter of kleiner dan totaal binnenlands verbruik (TBV) zoals gedefinieerd door het CBS	kleiner dan totaal binnenlands verbruik (TBV) zoals gedefinieerd door het CBS

De laatste jaren wordt er voor duurzame 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). Nadere uitwerking hiervan is te vinden in hoofdstuk 6.

Duurzame energie is ook onderdeel van de Nederlandse Energiehuishouding (NEH) zoals die op jaarbasis door het CBS gemaakt wordt (CBS, 2005). In de NEH worden per energiedrager en per sector energiebalansen opgesteld. Productie van elektriciteit uit windenergie, zonne-energie en waterkracht komt daarin terug als winning van elektriciteit. Het gebruik van biomassa en omgevingswarmte komt terug als winning van warm water en/of stoom en inzet van warm/water stoom. Het CBS werkt eraan om biomassa als aparte energiedrager op te nemen in de NEH. Voor de NEH en de duurzame energiestatistiek gebruikt het CBS dezelfde brongegevens.

De gegevens uit de Monitor Duurzame Energie worden naast de nationale rapportages ook gebruikt voor internationale rapportages over Nederland, aan het International Energy Agency (IEA) en Eurostat. Deze twee organisaties hanteren sinds 1999 een *joint questionnaire* over duurzame energie, om de ontwikkelingen op het gebied van duurzame energie in internationaal verband te volgen. De joint questionnaire over duurzame energie is gekoppeld met andere gezamenlijke vragenlijsten over energie. Voor Nederland wordt deze vragenlijst ingevuld door het CBS.

Een belangrijk verschil tussen de Nederlandse Monitor Duurzame energie en de rapportages van het IEA en Eurostat is dat in de laatste geen gebruik wordt gemaakt van de substitutiemethode. De reden hiervoor is dat de grote verschillen in de 'brandstofmix' (de verhouding waarin kolen, gas, kernenergie, waterkracht en dergelijke worden gebruikt voor het produceren van energie) het in de optiek van Eurostat en het IEA onwenselijk maken landen op die manier met elkaar te vergelijken. Zij gaan daarom uit van de directe opbrengst aan energie in de eerst bruikbare vorm (de zogeheten productiemethode). Daarnaast zijn er nog kleine verschillen in definities tussen het protocol en de questionnaire.³

Om de verschillen tussen de Nederlandse en Europese monitoring inzichtelijk te krijgen zal in dit protocol naast de Nederlandse methode ook de Europese methode worden beschreven. Hiermee wordt ook helder wat de achtergrond is van de Nederlandse gegevens die in internationale statistieken worden gebruikt.

² In het Protocol Duurzame Energie wordt de output van duurzame bronnen vertaald naar uitgespaarde fossiele brandstof. Daardoor worden omzettingsverliezen geïntroduceerd die niet in de CBS-balansen zijn opgenomen.

³ CBS, Duurzame energie in Nederland, 2005.

Te hanteren informatiebronnen

Bij statistische rapportages over de bijdrage van duurzame energie aan de energievoorziening moeten de gebruikte informatiebronnen worden vermeld. De ervaring leert dat de selectie van informatiebronnen per jaar verschilt doordat de waarnemingsmethoden veranderen en doordat niet alle informatiebronnen voor alle jaren beschikbaar zijn. Bij voorkeur wordt uitgegaan van periodiek verschijnende betrouwbare statistische informatiebronnen. De betrouwbaarheid van de bronnen wordt door het CBS besproken en, indien mogelijk, onderbouwd in de jaarrapportage.

Uit oogpunt van het beperken van de administratieve lastendruk en efficiency wordt primaire waarneming (informatieverzameling speciaal voor de duurzame 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 Duurzame Energie zal waarschijnlijk niet de laatste zijn. Ten eerste veranderen zowel de conventionele als de duurzame 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. Dit zal bijvoorbeeld kunnen gelden voor duurzame warmte⁴. Partijen die vragen of opmerkingen hebben over het protocol kunnen terecht bij SenterNovem en het CBS.

⁴ De definitie en monitoringsmethodiek voor duurzame warmte is onderdeel van het EU-project Therra: www.therra.info

2. DUURZAME 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 duurzame energiebronnen aan de energievoorziening. In de eerste paragraaf komt de vraag aan de orde wat duurzame energie is, daarna volgt de beschrijving van de bronnen die in Nederland als duurzaam kunnen worden aangemerkt.

2.1. DUURZAME 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 vervuulende stoffen (vooral CO₂ en verzurende componenten) vrijkomen. Sinds jaren wordt dus gezocht naar energiebronnen waarvoor dit niet geldt. In dit protocol wordt *duurzaam* gebruikt als synoniem voor *hernieuwbaar*, oftewel voor energie opgewekt uit bronnen die niet op kunnen raken. In sommige literatuur wordt voor duurzame energie een beperktere definitie gehanteerd, namelijk energie uit bronnen die niet op kunnen raken én niet vervuilen. Daarbij wordt duurzaam dus niet gebruikt als synoniem voor hernieuwbaar (*renewable*) maar voor *sustainable*, wat betekent dat de bronnen niet alleen hernieuwbaar zijn, maar ook minder belastend zijn, dan conventionele energiebronnen wat betreft klimaatverandering, verzuring, vermesting, verspreiding, verwijdering, verstoring, verdroging en verspilling⁵. Om praktische redenen kan voor dit protocol niet van een dergelijke definitie worden uitgegaan. Het vergelijken van de levenscyclusanalyses van duurzame en conventionele technieken zou het doel van het protocol voorbijschieten. In het kader van dit protocol geldt daarom: duurzaam = hernieuwbaar. Duurzame energie volgens de hier gehanteerde definitie voldoet dus niet altijd aan de vereisten van *duurzame ontwikkeling*, een begrip waarvoor wél een beperkte definitie van duurzaam wordt gebruikt. Deze keuze is ook in lijn met internationaal gangbare definities (IEA, Eurostat).

Hoewel dit protocol zich vooral richt op hernieuwbare energie, wordt het belang van het voorkomen van vervuiling niet uit het oog verloren. Daarom wordt tevens aandacht besteed aan het bepalen van de vermeden uitstoot van CO₂.

De drie belangrijkste processen en krachten die ten grondslag liggen aan hernieuwbare energievormen op aarde zijn de zwaartekracht, kernfusie in de zon en radioactief verval in de aardkorst. De tijdschaal waarop deze processen zich afspelen is voor menselijke begrippen oneindig lang en ze zijn derhalve voor menselijk handelen (in beginsel) onuitputbaar. Er kan dus continu gebruik van worden gemaakt, zonder gevaar dat ze opraken.

De drie ‘oneindige’ processen en krachten vormen de basis van een aantal processen die als gevolg van de onuitputbaarheid van hun drijvende kracht hernieuwbaar zijn: getijdenwerking, verdamping en neerslag, wind, golven, smeltprocessen, oceaanstromingen, de warmte van oceanen, de productie van biomassa en geothermische processen. De energie die daarin werkzaam is, bijvoorbeeld getijdenenergie, kan met behulp van allerlei technieken worden omgezet in voor ons bruikbare energie: warmte, elektriciteit of brandstof. Op deze wijze geproduceerde energie kan worden beschouwd als hernieuwbare energie.

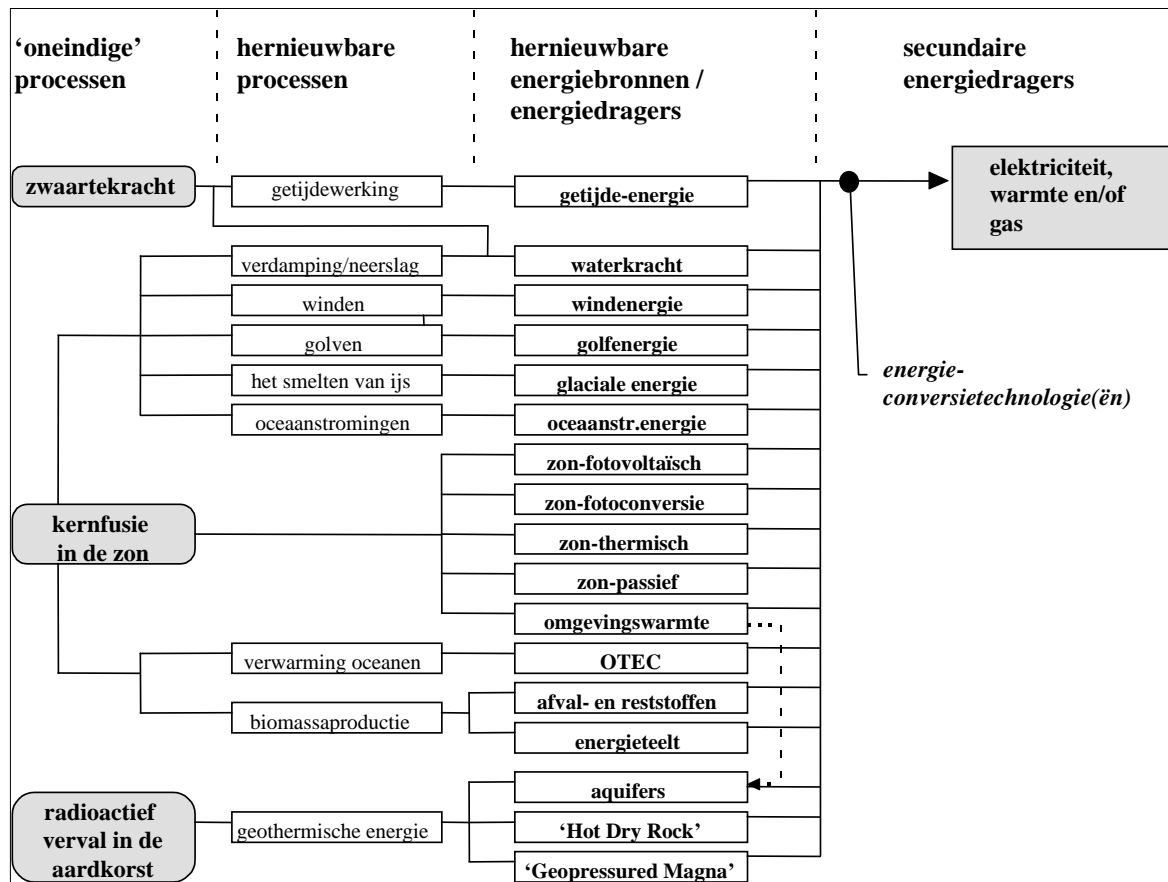
De voor ons bruikbare energievormen (warmte, elektriciteit, brandstof) noemen we secundaire energiedragers of energieproducten; de energievormen waaruit ze zijn gewonnen (getijdenenergie etc.) zijn de primaire of hernieuwbare energiedragers of energiebronnen, ook wel energieopties genoemd.

In dit protocol wordt dus de volgende definitie gehanteerd:

Duurzame energie is energie waarvoor hernieuwbare, primaire energiedragers met behulp van energieconversietechnieken zijn omgezet in secundaire oftewel bruikbare energiedragers.

⁵ EnergieNed (1997)

De samenhang tussen ‘oneindige’ krachten, hernieuwbare processen, primaire energiedragers en bruikbare energie is schematisch weergegeven in onderstaande figuur 2.1.



Figuur 2.1: Overzicht van hernieuwbare energiebronnen op aarde^{6,7}.

2.2. DUURZAME ENERGIE IN NEDERLAND – WELKE BRONNEN TELLEN MEE?

Om de bijdrage van duurzame energie aan de energievoorziening in Nederland te bepalen, moeten we vaststellen welke energiebronnen in Nederland gelden als duurzaam. De fossiele brandstoffen en kernenergie zijn hiervan natuurlijk uitgesloten. In grote lijnen staan drie klassen duurzame energiebronnen ter beschikking: stromingsbronnen, omgevings- en aardwarmte, 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 zogeheten stromingsbronnen (waterkracht, getijden, golven, wind en de zon) worden in principe alle als duurzame energiebron aangemerkt, ook al is voor het bepalen van de bijdrage van passief zonne-energiegebruik nog geen algemeen aanvaarde methode beschikbaar. 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 duurzaam beschouwd.

Bij het benutten van omgevings- en aardwarmte is de situatie iets gecompliceerder. In Nederland worden warmtepompen en de seizoensopslag van warmte of koude meegerekend; hetzelfde geldt voor geothermische energie. Wel moet daarbij worden gecorrigeerd voor het eigen energiegebruik van de installaties. En verder telt seizoensopslag alleen mee als de opgeslagen warmte is gewonnen uit

⁶ ETSU (1994)

⁷ Aquifers zijn hierin opgenomen omdat ze geschikt zijn voor de seizoenopslag van warmte en koude, dat wil zeggen dat omgevingsenergie met behulp van een warmtepomp of –wisselaar in een aquifer wordt opgeslagen.

hernieuwbare energiebronnen; ook hier blijft uit fossiele brandstoffen geproduceerde warmte buiten de berekening.

Het is niet voor al deze duurzame energiebronnen even makkelijk te bepalen wat de bijdrage aan de nationale energievoorziening is. Geen probleem is dat bij de technieken die aan de aanbodzijde, dus door een productiebedrijf worden gebruikt: de productie daarvan is direct te meten. Sommige conversietechnologieën bevinden zich echter ‘achter de meter’ bij individuele huishoudens (de vraagzijde van de energiemarkt). Denk daarbij aan bijvoorbeeld zonneboilers. In de berekeningen moet daarvoor dus een schatting worden gemaakt; hoe dat gebeurt, wordt verderop in dit protocol besproken. In de derde kolom van de tabel is met een V of A aangegeven of de betreffende technologie zich aan de vraag- of de aanbodzijde van de energiemarkt bevindt – en in sommige gevallen is dat beide.

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

Bron	technologie	vraag- of aanbodzijde (V/A)
stromingsbronnen <ul style="list-style-type: none"> • waterkracht • getijden • golven • wind • zon 	<ul style="list-style-type: none"> • waterkrachtcentrales • getijdenenergiecentrales • golfenergiecentrales • windturbines • a) fotovoltaïsche systemen (zonnecellen) • b) thermische systemen (zonneboilers, droogsystemen, zwembadverwarming) • c) passieve systemen (aangepaste woningontwerpen en -oriëntatie) 	A A A A A/V V V
omgevings- en aardwarmte* <ul style="list-style-type: none"> • aardwarmte • omgevingswarmte 	<ul style="list-style-type: none"> • geothermische centrales • a) warmtepompen • b) warmte/koudeopslag 	V V A/V
biomassa	<ul style="list-style-type: none"> • thermische conversie: verbranding, vergassing, pyrolyse • biologische conversie: vergisting • inzet als transportbrandstof 	A A A

* Hierbij moet worden gecorrigeerd voor het eigen energiegebruik van de installaties

Ten slotte is het van belang dat, conform de statistische conventies van het CBS, Eurostat en dergelijke, alleen op Nederlands grondgebied geproduceerde duurzame energie wordt meegeteld. Duurzame 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 (zie hiervoor hoofdstuk 7). Bij biotransportbrandstoffen gaat het om de verkochte hoeveelheden op de binnenlandse markt, ongeacht de herkomst. Ook dit is conform de Europese regelgeving.

2.3. DUURZAME ENERGIEPRODUCTIE – EEN DEFINITIE

Bij het bepalen van de bijdrage van duurzame 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 duurzame energieproductie, dat als volgt wordt gedefinieerd:

Duurzame energieproductie is de nettoproductie van de secundaire energiedragers elektriciteit, warmte en brandstof uit duurzame energiebronnen.

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 energieopbrengste. 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:

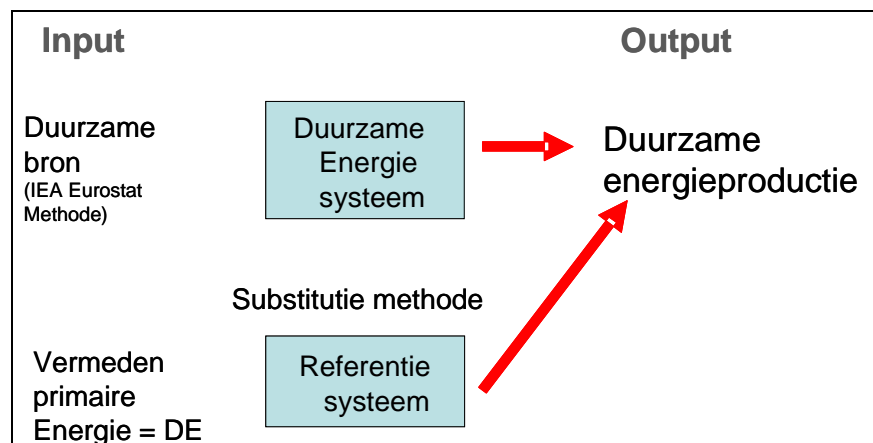
$$\begin{aligned} \text{Netto energieproductie} = & \text{bruto energieproductie} \\ & \text{min eigen energieverbruik installatie,} \\ & \text{min aan installatie toegevoerde energie,} \\ & \text{min niet-gebruikt deel energieproductie.} \end{aligned}$$

Bij energieproductie uit biobrandstoffen speelt nog een ander probleem een rol. Biobrandstoffen (bijvoorbeeld hout) worden voor energieproductie in het algemeen niet zelfstandig verstoekt maar als bij- of meestook in kolencentrales toegevoegd. In dat geval kan alleen de totale energieproductie van kolen en biomassa worden gemeten en moet worden bepaald welk percentage van de energie met biomassa is opgewekt.

Referentiesysteem

Van belang is hoeveel primaire energie vermeden wordt door de inzet van het duurzame energiesysteem.

Dat houdt in dat van de duurzame energieproductie moet worden vastgesteld hoeveel primaire fossiele energie nodig was geweest om een gelijke hoeveelheid energie op te wekken. Dit kan door van de duurzaam geproduceerde secundaire energiedrager, door middel van een referentie terug te rekenen naar primaire energie. Dit is de zogenaamde substitutiemethode, die in Nederland wordt gebruikt. De gebruikte referentietechnieken staan beschreven in hoofdstuk 3. De vermeden primaire energie is de geproduceerde duurzame energie.



Figuur 2.2 Schema van de input- output- en substitutiemethode

Internationaal wordt door IEA en Eurostat duurzame energie gedefinieerd als de energie-inhoud van de duurzame bron (dit is de input methode). In fig. 2.2 is de relatie tussen de input-, output- en substitutiemethode schematisch weergegeven. Als bijvoorbeeld hout verbrandt 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.

In een aantal gevallen is de substitutiemethode moeilijk toepasbaar, maar is er sprake van directe substitutie van een fossiele energiedrager door een duurzame 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 duurzame bron (input).

2.4. FRACTIE DUURZAME ENERGIE

De overheid heeft een doelstelling opgesteld als percentage duurzame energie van het totale energiegebruik. Door de substitutiemethode ontstaat er een probleem voor het bepalen van dit percentage als de fractie duurzame 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:

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

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

2.5. INTERNATIONALE RAPPORTAGE

Internationaal wordt gerapporteerd aan Eurostat en aan de IEA⁸. Deze organisaties gebruiken een gezamenlijke vragenlijst. Beide organisaties gebruiken een andere methode dan het CBS voor Nederland gebruikt. De Eurostat/IEA-methode is gebaseerd op de input-methode, wat wil zeggen dat men meet wat het systeem aan duurzame bronnen ingaat. Dit leidt tot grote verschillen met de Nederlandse methode, vooral in de volgende twee gevallen:

- Bij de directe productie van duurzame elektriciteit (wind, zon), is 1 GJ geproduceerd in de inputmethode 1 GJ in de statistieken. Bij de Nederlandse methode wordt gedeeld door het referentierendement om de substitutie van fossiele brandstoffen te berekenen. Voor 2003 komt dat uit op $1/0,427 = 2,34$ GJ;
- Bij lage conversierendementen (bijvoorbeeld biomassaverbranding met 50% warmterendement), staat bij de inputmethode 1 GJ biomassa voor 1 GJ duurzame energie. Bij de Nederlandse methode levert dit 0,5 GJ warmte op gedeeld door het referentierendement van 90% = 0,56 GJ.

Omdat er vaak gebruik gemaakt wordt van Europese statistieken zal in dit protocol de Europese methode ook vermeld worden. Een verdere uitwerking van de verschillen is te vinden in [CBS, 2006]

⁸ IEA, Eurostat, OECD, Energy Statistics Manual 2004

3. REFERENTIETECHNOLOGIEËN

De productie van duurzame 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 duurzame energiebron te gebruiken. Deze rekenmethode, waarbij voor de duurzame energiebron in de plaats met een conventionele energiebron wordt gerekend, heet de substitutiemethode.

3.1. 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 duurzame 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 ‘voorblick’ 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 duurzame energiebron.

In dit protocol is een beperkt aantal referentietechnologieën gekozen (tabel 3.1). 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 (inclusief zowel centraal als decentraal vermogen). 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 duurzame energie productie (1c,1d).
- Voor warmteproductie wordt onderscheid gemaakt tussen kleine vermogens (<100 kW_{th}) zoals gebruikt in huishoudens en diensten, en grote vermogens (>100 kW_{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 duurzame 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 duurzame 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 duurzame energie en is er in feite dus niet sprake van een referentietechnologie die wordt gebruikt. In dat geval staat in tabel 3.1. “directe substitutie”

Tabel 3.1: Referentietechnologieën per duurzaam verkregen energieproduct

energieproduct	Referentietechnologie
elektriciteit	1a) elektriciteitsproductie (mix, productie) 1b) elektriciteitsproductie (mix, geleverd bij verbruiker) 1c) directe substitutie van kolen (bij- en meestook in kolencentrales) 1d) directe substitutie van gas (bij- en meestook in gascentrales)
warmte	2a) kleine vermogens: warmtapwaterapparatuur (algemeen) 2b) kleine vermogens: ruimteverwarmingsapparatuur 2c) directe substitutie van kolen (bij- en meestook in kolencentrales) 2d) directe substitutie van gas (bij- en meestook in gascentrales) 3) grote vermogens: gasketels
gas	4) aardgas
overige biobrandstoffen	5) aardgas 6) directe substitutie van fossiele transportbrandstoffen
energiebesparing	7) diverse
Industriële warmte of 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 (tabel 3.2). Sommige bronnen kunnen meer dan één soort energieproduct leveren; dan zijn ook meer referentietechnologieën van toepassing.

Tabel 3.2: Referentietechnologieën per duurzame energiebron

Energiebron	energie-product*	referentie-technologie	Opmerkingen
stromingsbronnen <ul style="list-style-type: none"> • waterkracht • getijden • golven • wind • zon <ul style="list-style-type: none"> - fotovoltaïsch - thermisch <ul style="list-style-type: none"> - zonneboilers - grote systemen - zwembadsystemen - droogsystemen - overige systemen - passief 	E E E E E W W W W W	1a 1a 1a 1a 1b** 7, 1b 3, 1b 3, 1b 3 2a, 2b, 3	in het algemeen zullen echter wel transport- en distributieverliezen optreden voornamelijk decentraal ingezet, dichtbij de eindgebruikers voor het eigen energieverbruik van de installaties moet worden gecorrigeerd niet opgenomen in dit protocol
omgevings- en aardwarmte <ul style="list-style-type: none"> • omgevingswarmte <ul style="list-style-type: none"> - warmtepompen - warmte/koude-opslag • aardwarmte 	W W E W E	2a, 2b, 3,7 1b, 4 2b, 3, 9 1b, 4, 9 3 1a	uitsluitend systemen die gebruik maken van omgevingsenergie tellen mee voor het eigen energieverbruik van de installaties moet worden gecorrigeerd
afval en biomassa <ul style="list-style-type: none"> • verbranding, vergisting, vergassing, pyrolyse, etc. 	E W G B	1a, 1b,1c, 1d 2a,2b,2c,2d,3 5 6, 8	

* E = elektriciteit, W = warmte/koude, G = gas (gistinggas, syngas), B = biobrandstoffen ((hout, biodiesel, etc.)

** Deze referentie geldt niet voor alle fotovoltaïsche systemen; autonome systemen op schepen vallen er bijvoorbeeld buiten.

3.2. DE RENDEMENTEN VAN DE REFERENTIETECHNOLOGIEËN

Uit kwantitatieve informatie over energieproducten, conversierendementen en emissies van referentietechnologieën en duurzame 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-c) zijn opgenomen in tabel 3.3. Wat betreft het verleden zijn deze gebaseerd op gegevens uit de Energiebalans van het CBS en het Milieucompendium dat door het CBS en het RIVM gezamenlijk wordt uitgegeven. De omzettingsrendementen (onderwaarden) zijn berekend op basis van de exergetische waarde van de in Nederland geproduceerde energiedragers elektriciteit en warmte. Een nadere uitwerking is te vinden in bijlage 1. Hierbij is verondersteld dat duurzame energiebronnen besparen op binnenlandse productie, niet op de import van elektriciteit.

Voor het jaar 2010 tot en met 2020 zijn de kentallen gebaseerd op het GC-scenario uit de WLO-studie van het CPB, MNP en RPB die in september 2006 is uitgekomen⁹. Indien de transport- en distributieverliezen tussen de duurzame 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 gemiddeld ongeveer 4%. De omzettingsrendementen uit referentie 1a worden hiertoe vermenigvuldigd met een verliesfactor f_v die is gebaseerd op dit verliespercentage. De vermeden CO₂-emissies zijn bepaald op grond van emissiegegevens uit de milieujaarverslagen van de betrokken bedrijven met betrekking tot de emissies van de primaire brandstoffen.

Tabel 3.3: Overzicht van de elektrische omzettingsrendementen en emissiefactoren voor elektriciteitsproductie (referentie 1a en 1b) voor de periode 1990–2020. Bron: CBS 2005, WLO studie, september 2006

kental	eenheid	1990	2000	2003	2004	2005*	2010	2015	2020
elektrisch omzettingsrendement (onderwaarde)									
- productie (1a)	%	40,7	43,5	42,7	43,1	43,1	44,7	45,2	45,5
- geleverd bij verbruiker (1b)	%	39,1	41,8	41,0	41,4	41,4	43,0	43,4	43,7
emissiefactor CO ₂									
- gemiddeld	kg/GJ _{prim}	72,9	72,5	71,6	70,6	70,9	68,0	70,2	73,5
- productie (1a)	kg/kWh _e	0,644	0,637	0,603	0,591	0,592	0,548	0,559	0,582
- geleverd bij verbruiker (1b)	kg/kWh _e	0,670	0,663	0,628	0,615	0,616	0,582	0,582	0,606
verlies bij transport en distributie	%	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9

Warmteproductie

Warmteproductie in huishoudens en diensten vindt meestal plaats in gasgestookte en elektrische toestellen met kleine vermogens (<100 kW_{th}). Dat is voldoende voor tapwater- en ruimteverwarming. Wanneer een duurzame 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 duurzame 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 duurzame energiebron. Voor warmtapwaterproductie wordt daarom als vaste referentie (2a) een gasgestookt warmwatertoestel met een opwekkingsrendement voor warmtapwaterproductie van 65% (onderwaarde) gehanteerd. De

⁹ WLO-studie: Welvaart en leefomgeving, CPB, MNP en RPB, 2006, www.welvaartenleefomgeving.nl

vooronderstelling daarbij is dat duurzame 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 3.5.

Tabel 3.5: 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	2010	2020
omzettingsrendement bij $< 100 \text{ kW}_{\text{th}}$						
• warmtapwater (2a)	%	65	65	65	65	65
• ruimteverwarming (2b)	%	95	95	95	95	95
omzettingsrendement bij $> 100 \text{ kW}_{\text{th}}$						
warmtapwater en ruimteverwarming (3)	%	90	90	90	90	90
Emissiefactor CO_2	kg/GJ	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1

Gas en biomassatransportbrandstoffen

Fossiele energiedragers (aardgas, steenkool en aardolie of aardolieproducten) kunnen ook rechtstreeks door duurzame worden verdrongen. Meestal is de duurzame energiedrager dan biomassa of biogas. In dergelijke gevallen wordt gerekend met de energie-inhoud en eigenschappen van de verdrongen energiedrager als referentie (resp. 5, 6 en 8).

Eventueel kan daarbij worden gecorrigeerd voor verschillen in het conversierendement. Dit is aan de orde zowel bij de transportbrandstoffen als bij de bij- en meestook. Er zijn echter twee redenen om in dit protocol hiervoor niet te corrigeren.

- Er is geen standaardwaarde of bepalingmethode beschreven. Het onderzoek dat hier de afgelopen jaren naar gedaan is heeft geen consistent beeld opgeleverd.
- Internationaal zijn hier geen afspraken over. Zowel de EU-richtlijn voor duurzame elektriciteit als bij de internationale handel in garanties van oorsprong worden deze conversiefactoren niet meegenomen.

De bijdrage aan het broeikas effect door de emissie van kooldioxide bij biomassaverbranding wordt in dit kader gelijk gesteld aan nul, aangezien de koolstoffractie in biomassa deel uitmaakt van de korte koolstofkringloop. Per geproduceerde energiedrager kan nu worden berekend wat de emissiereductie is uitgaande van de kentallen die worden gebruikt in de Nederlandse emissieregistratie. De meest actuele brandstoffenlijst is te vinden op www.broeikasgassen.nl.

Energiebesparing

Van een aantal duurzame 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 DUURZAME ENERGIEBRON

In dit hoofdstuk worden per duurzame 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. Dit hoofdstuk is daarom vooral opsommend van aard. 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. Van getijde- en golfenergie wordt in Nederland nog geen gebruik gemaakt. Deze duurzame energiebronnen worden daarom in dit protocol niet behandeld. Voor het winnen van energie uit afval en biomassa zijn zoveel verschillende werkwijzen beschikbaar, dat deze in het volgende hoofdstuk apart worden besproken.

4.1. WATERKRACHT

Basisgegevens

- het aantal geïnstalleerde systemen en projecten;
- de locatie;
- het nominaal vermogen per systeem (MW_e);
- de gemeten netto en bruto elektriciteitsproductie (GWh_e).

Referentietechnologie

- elektriciteit (af productie).

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.

Gegevens voor Eurostat/IEA

Eurostat en IEA nemen direct de elektriciteitsproductie als duurzame energieproductie. Er wordt niet gecorrigeerd voor een referentie.

4.2. WINDENERGIE

Basisgegevens

- het aantal geïnstalleerde windturbines;
- de locatie (verspreiding over provincies en regio's);
- het nominaal elektrisch vermogen (MW_e);
- de gemeten netto en bruto elektriciteitsproductie (GWh_e);

Referentietechnologie

- elektriciteit (af productie).

Kentallen voor toekomstige projecten

- nieuw te plaatsen windturbines, onshore: 2.000 kWh_e/kW;
- nieuw te plaatsen windturbines, offshore: 3.000 kWh_e/kW¹⁰.

¹⁰ Dit getal wijkt af van de voor de MEP gehanteerde waarde, omdat de twee cijfers een verschillende achtergrond hebben: in de MEP wordt het aantal vollasturen gebruikt om de onrendabele top te berekenen, waarbij een zodanig aantal vollasturen is gekozen dat het maximaal

Opmerkingen

De totale te rapporteren elektriciteitsproductie bestaat uit het aan het elektriciteitsnet geleverde deel, aangevuld met het eigen elektriciteitsverbruik van zelfopwekkers. Van dit eigen verbruik moet in het algemeen een schatting worden gemaakt.

Met behulp van de windindex of 'windex' (een maat voor de opbrengst per periode ten opzichte van een langjarig gemiddelde) kan worden gecorrigeerd voor de invloed van het klimaat, dat wil zeggen voor windrijke of windarme jaren.

IEA/Eurostat

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

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 m²); vooral toegepast in woningen;
- overige thermische zonne-energiesystemen, bestaande uit:
 - systemen voor warmwater met een afgedekte collector (oppervlak > 6 m²); 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.

Basisgegevens

- het type systeem;
- het aantal systemen;
- het opgesteld oppervlak per systeem (m²);
- de gemeten energieopbrengst per jaar (TJ_{th}); of
- de geschatte energieopbrengst per jaar (TJ_{th}); of
- de geschatte energiebesparing per jaar (m³ aardgasequivalenten/jaar);
- het geschatte elektriciteitsverbruik van het zonthermische systeem (kWh/jaar).

Referentietechnologieën

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 5.1).

aantal in 10 jaar gehaald zou moeten kunnen worden. Voor dit protocol is deze periode niet relevant. Meer info op <http://www.renewable-energy-policy.info/mep>.

Opmerkingen

De totale capaciteit van alle geïnstalleerde zonnecollectoren wordt meestal uitgedrukt in m² 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 afgesproken¹¹ dat een vierkante meter zonnecollector overeenkomt met een vermogen van 0,7 kW_{th}. Deze omrekenfactor geldt voor alle typen collectoren.

4.3.1. ZONNEBOILERS

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 zonneboilers¹²;
- de warmtevraag voor warmtapwater wordt gelijkgesteld aan het gemiddelde aardgasverbruik van warmtapwaterapparatuur, uitgedrukt in m³/jaar (tabel 5.1);
- voor het extra eigen elektriciteitsverbruik van een zonneboiler wordt voor 2005 de volgende aanname gehanteerd: 33 kWh_e/jaar (tabel 5.2);
- 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 5.1: Kentallen aardgasbesparing door zonneboilers¹³

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
verbruik [m ³ /jaar]	400	365	375	375	369	372	383	384
besparing [m ³ /jaar]	180	164	169	169	166	167	172	173

Tabel 5.2: Kentallen extra eigen energieverbruik zonneboilers ten opzichte van referentie (HR-ketel)

	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 verrekend¹⁴.

*** Voor tussenliggende jaren kan worden geïnterpoleerd.

Opmerkingen

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.

Als het warmtapwaterverbruik toeneemt, neemt de bijdrage van zonne-energie in het algemeen dus eveneens toe. Voor 2005 is de berekening van de jaarlijkse besparing als volgt: een aardgasverbruik per warmtapwatertoestel van 384 m³/jaar geeft een energiebesparing van 173 m³/jaar. Dit komt overeen met 5469 MJ/jaar vermeden primaire energie. Het eigen verbruik bedraagt 33 kWh/jaar in 2005, wat overeenkomt met 287 MJ/jaar primaire energie. De netto energiebesparing bedraagt dus 5,2 GJ/jaar primaire energie. Vermenigvuldigen met het aantal zonneboilers geeft de totale netto energiebesparing door zonneboilers.

¹¹ Persbericht IEA-SHC and Estif, 10 november 2004. www.iea-shc.org en www.estif.org.

¹² Ecofys, 2006, overzicht praktijkmeting zonneboilers

¹³ BAK, 2002, daarna via SenterNovem van EnergieNed uit het Home databestand

¹⁴ TNO-Bouw, 2004

4.3.2. OVERIGE THERMISCHE ZONNE-ENERGIESYSTEMEN

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 5.3 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 5.4. 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 kWh/m²/jaar gehanteerd.

Ten slotte 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 5.3: Warmteproductie (MJ/m²/jr) van overige actieve thermische zonne-energiesystemen

type collector toepassing	afgedekt		onafgedekt		
	> 6 m ²	lucht > 6 m ²	> 100 m ²	< 100 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 5.4: Extra eigen energieverbruik (kWh/m²/jr) van overige actieve thermische zonne-energiesystemen ten opzichte van conventionele systemen

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

Tabel 5.5: Opwekkingsrendementen (% , op onderwaarde) van de referentietechnologieën voor overige actieve thermische zonne-energiesystemen, per toepassing en per type collector

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

Gegevens voor Eurostat/IEA

Het *IEA statistics department* en Eurostat gebruiken een andere methode dan hierboven beschreven. Zij gaan uit van een definitie waarbij de opbrengst uit de collector wordt gebruikt. Deze gegevens zijn op de volgende wijze uit het geïnstalleerd collectoroppervlak te verkrijgen:

- bij een optimale positionering van de collectoren (recht op het zuiden en onder een hoek van 45° met de horizontaal) bedraagt de zon-instraling in Nederland 4,32 GJ/m²/jaar;

- deze totale instraling moet worden gecorrigeerd voor een niet-optimale oriëntatie en beschaduwing. Hiervoor wordt een reductie van 20% aangenomen, waardoor de effectieve instraling op de collector 3,6 GJ/m²/jaar bedraagt;
- door optische en thermische verliezen in afgedekte collectoren bedraagt de output zoals gedefinieerd door het IEA gemiddeld¹⁵ slechts 46% van de input, oftewel 1,66 GJ/m²/jaar; voor onafgedekte collectoren is het rendement 35%, zodat de opbrengst 1,26 GJ/m²/jaar is; voor kleine onafgedekte systemen en zonnepanelen is de benutbaarheid nog lager en komt de opbrengst op 0,84 GJ/m²/jaar.

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_p geïnstalleerd vermogen sterk afhankelijk van de toepassing en het gebruikspatroon.

Basisgegevens

- het type systeem: netgekoppeld of autonoom;
- het aantal systemen;
- de locatie (vooral bij grotere vermogens);
- het opgesteld vermogen (kW_p);
- het opgesteld oppervlak (m²);
- de gemeten energieopbrengst per jaar (GWh_e);
- de geschatte energieopbrengst per jaar (GWh_e).

Referentietechnologie

- elektriciteit (geleverd bij gebruiker)

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_p. Bij een theoretisch maximum (bij de ideale hellingshoek en oriëntatie, zonder beschaduwingsverliezen en met de best beschikbare inverter) van 850-900 kWh/kW_p/jaar, is de haalbare waarde voor een mix van bestaande en nieuwe systemen in 2020 dan 825 kWh/kW_p/jaar. Voor de tussenliggende jaren kan worden geïnterpoleerd.

Opmerkingen

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_p/jaar.

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_p/jaar, met een gemiddelde van 450 kWh/kW_p/jaar. Als gemiddelde opbrengst voor alle autonome PV-toepassingen wordt een waarde van 400 kWh/kW_p/jaar gehanteerd. Deze waarde wordt verondersteld constant in de tijd te zijn.

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.

IEA/Eurostat

¹⁵ Nederland is op dit gebied vergelijkbaar met Würzburg – notitie Jan Erik Nielsen

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

4.5. HET PASSIEF GEBRUIK VAN ZONNE-ENERGIE

Passief gebruikte zonne-energie levert een grote bijdrage aan de energievoorziening in woningen, utiliteitsgebouwen en bijvoorbeeld de glastuinbouw. De bijdrage daarvan aan de energievoorziening van Nederland is echter niet eenduidig te bepalen, want er kunnen verschillende referentiesituaties worden gekozen. Passieve zonne-energie wordt daarom in dit protocol verder buiten beschouwing gelaten.

4.6. WARMTE- EN KOUDEOPSLAG

De seizoensopslag van warmte en koude wordt door de overheid aangemerkt als duurzame energiebron. De hiervoor benodigde technologie verbruikt zelf energie, waarvoor moet worden gecorrigeerd bij het bepalen van de bijdrage aan de energievoorziening. De seizoensopslag van niet-duurzaam opgewekte energie, bijvoorbeeld afvalwarmte die is geproduceerd uit fossiele energiedragers, wordt in dit protocol niet als duurzame energiebron beschouwd.

Basisgegevens

- het aantal projecten;
- de locatie;
- het opslagprincipe (warmte en/of koude);
- toepassing en sector (utiliteit, proceskoeling/verwarming in industrie, woningen of landbouw);
- het jaar van ingebruikname;
- het (ontwerp)vermogen (MW_{th});
- Vergund maximaal grondwaterdebiet (m^3);
- Aanwezigheid warmtepompen voor benutting warmte (ja/nee);
- Daadwerkelijk grondwaterdebiet (m^3).

Referentietechnologie

- warmteproductie;
- koudeproductie.

Kentallen voor toekomstige projecten

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

Opmerkingen

Bij het berekenen van de energiebesparing wordt rekening gehouden met de volgende aspecten:

- Voor de grotere systemen is een vergunning nodig. Voor deze vergunning moet jaarlijks aan de provincie de verplaatste hoeveelheid water gemeld worden. Dit is de basis van de berekening van de besparing (zie hiervoor de factsheets).
- Er wordt een verschil gemaakt tussen systemen met een warmtepomp en zonder warmtepomp. Bij systemen met een warmtepomp telt de besparing op warmte mee bij de warmtepomp en alleen de koude bij warmtekoudeopslag. Bij de systemen zonder warmtepomp telt alles mee.
- Het kental is 7,1 MJ vermeden primaire energie per m^3 verplaatst water voor systemen zonder warmtepomp.
- Voor systemen met een warmtepomp telt alleen het deel koeling. De besparing op verwarming telt mee bij het onderdeel warmtepompen. het kental is 5,6 MJ/ m^3 . Hierbij is het volume het debiet aan verplaatst water per jaar ten behoeven van koeling. Het percentage voor koeling van het totale debiet is ingeschat op 50%¹⁶

De kentallen zijn berekend op basis van metingen aan 67 systemen met warmtekoedeopslag¹⁶

IEA/Eurostat

In de internationale energiestatistieken 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 energiestatistieken¹⁷ is niet heel duidelijk op dit punt. Vooral nog 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.

4.7. AARDWARMTE

Basisgegevens

- het aantal installaties;
- de locatie;
- de toepassing (stadsverwarming, tuinbouw, etc.);
- het thermisch vermogen (MW_{th});
- de netto warmteproductie (TJ_{th});
- het elektriciteitsverbruik (GWh_e).

Referentietechnologieën

- warmteproductie (grote vermogens);
- elektriciteit (geleverd bij verbruiker - voor het elektriciteitsverbruik);
- eventueel ook energiebesparing (bijvoorbeeld op aardgas).

Opmerkingen

Onder aardwarmte 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. Deze trend is nu nog niet overgenomen. Het gaat in die gevallen feitelijk niet om aardwarmte, maar om omgevingswarmte die opgeslagen wordt in de aarde. Deze toepassing staat in dit protocol vermeld onder warmtepompen.

In Nederland zijn er enkele projecten in ontwikkeling, maar er zijn nog geen kentallen bekend. Aangezien het om grote projecten gaat, zal de opbrengst per project worden gemeten. Op basis hiervan kan de besparing berekend worden.

Kentallen voor toekomstige projecten

De opbrengst van aardwarmteprojecten hangt sterk af van de duur van de warmtevraag. In de literatuur is een opbrengst van $17 \text{ GJ/kW}_{th}/\text{jaar}$ ¹⁸ te vinden, maar in Oostenrijk hanteert men voor ruimteverwarming slechts 2000 full load hours ($7,2 \text{ GJ/kW}_{th}/\text{jaar}$ ¹⁹), wat realistischer is bij de toepassing ruimteverwarming.

IEA/Eurostat

Aardwarmte valt onder geothermal energy. Hierbij telt de totaal geleverde warmte aan de bron.

4.8. WARMTEPOMPEN

In Nederland wordt onderscheid gemaakt tussen vijf soorten warmtepompen: standaard-warmtepompen (vooral gebruikt voor ruimteverwarming); combi-warmtepompen (voor ruimte- en tapwaterverwarming); warmtepompboilers (voor tapwaterverwarming); omkeerbare warmtepompen

¹⁶ IF-technology 2006

¹⁷ IEA en Eurostat Statistics Manual (2004)

¹⁸ EnergieNed (1997)

¹⁹ Report on ResHeat statistics, Therra-project 2006

(voor ruimteverwarming en -koeling, oftewel airconditioners) en warmteterugwininstallaties in samenwerking met melkkoeling. Daarnaast wordt bij het berekenen van de bijdrage van standaard- en combi-warmtepompen aan de duurzame energievoorziening nog onderscheid gemaakt tussen grote (> 10 kW) en kleine (≤ 10 kW) vermogens. Ten slotte worden in ons land over het algemeen elektrische warmtepompen gebruikt, maar er is ook een klein aantal gasabsorptiesystemen; voor deze laatste geldt dezelfde indeling, maar ze hebben een andere *coefficient of performance* (COP – de verhouding tussen de nuttige warmte en de opgenomen energie).

Bij warmtepompen wordt een aantal grenzen gesteld aan welke installaties mogen worden meegerekend. Deze grenzen betreffen met name de vraag of de warmte oorspronkelijk op duurzame of conventionele wijze is opgewekt.

- Warmtepompen worden door de overheid alleen als duurzame energiebron beschouwd als de gebruikte energie afkomstig is uit de omgeving (de lucht, de bodem, het oppervlaktewater).
- Warmtepompen die geen gebruik maken van omgevingsenergie worden beschouwd als energiebesparend. Dit is het geval als afvalwarmte van industrie of elektriciteitscentrales wordt opgewaardeerd (de zogenaamde ‘kalte Fernwärme’); deze afvalwarmte wordt in de huidige praktijk namelijk altijd uit fossiele energiedragers opgewekt. Warmtepompen die zulke energie gebruiken, worden niet meegeteld bij het monitoren van duurzame energie.
- Binnenlucht (ventilatielucht) waaruit warmte wordt onttrokken, is in veel gevallen deels met behulp van fossiele energiedragers verwarmd; deze onttrekking telt dan niet als duurzame bijdrage.
- Als gegevens over de oorspronkelijke warmtebron ontbreken, worden warmtepompen in woningen en utiliteitsgebouwen als duurzame energiebron beschouwd.
- De netto bijdrage van warmtepompen aan duurzame energieproductie is de warmteproductie van de warmtepomp min het eigen energieverbruik ervan.
- Omkeerbare warmtepompen met een uitgaand vermogen van kleiner dan 10 kW worden in de praktijk meestal alleen voor koeling gebruikt. Deze tellen dus niet mee voor de duurzame energie.

Basisgegevens

- het aantal systemen;
- de soort warmtepomp;
- de totale verwarmingscapaciteit P_{wp} [kW] van de pomp;
- het totaal opgenomen vermogen P_{in} [kW] van de pomp;
- de warmtebron (bodem, lucht, water).

Referentietechnologieën

- voor fossiele brandstoffen:
 - elektriciteit;
 - aardgas;
- voor energiegebruik:
 - ruimteverwarming (vermogens ≤ 10 kW);
 - ruimteverwarming (vermogens > 10 kW);
 - tapwaterverwarming;
- eventueel energiebesparing (zie boven).

Kentallen voor toekomstige projecten

Voor toekomstige projecten kunnen als basis dezelfde kentallen worden gehanteerd als voor bestaande. Als COP kan daarbij een hogere waarde worden genomen als voor nieuwe typen warmtepompen betere prestaties te verwachten zijn. Voor de rendementen kunnen de algemene referenties worden gehanteerd.

Opmerkingen

Als de energiebijdragen E [GJ/jr] van bepaalde systemen aan de duurzame energievoorziening bekend zijn uit haalbaarheidsstudies, kunnen die waarden worden gebruikt. Zo niet, dan moet deze bijdrage worden berekend. Dat gebeurt met de volgende formules:

ruimteverwarming	tapwaterverwarming
$E_r = Q_{wp,r}/\eta_r - Q_{in,r}/\eta_e$ $Q_{wp,r} = P \cdot V_r$ $Q_{in,r} = Q_{wp,r}/COP_r$	$E_t = Q_{wp,t}/\eta_t - Q_{in,t}/\eta_e$ $Q_{in,t} = Q_{wp,t}/COP_t$

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 5.6)
 $Q_{in,r}$ en $Q_{in,t}$: het jaarlijks energieverbruik [GJ/j];
 P : vermogen
 V_r : vollasturen (h/jr)
 η_r en η_t : rendement van het referentieverwarmingssysteem;
 η_e : gemiddelde Nederlandse omzettingrendement bij elektriciteitsproductie (bij een gasabsorptiewarmtepomp is $\eta_e = 1$).

De bijdrage ε [kg] van alle warmtepompen samen aan het vermijden van CO₂-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 resultaten van deze berekeningen zijn voor verschillende soorten warmtepompen bijeengebracht in onderstaande tabel 5.6. Voor combiwarmtepompen is de energiebesparing gelijk aan de som van de energiebesparing van het ruimteverwarmingsdeel en die van het tapwaterdeel.

Tabel 5.6: Kentallen van warmtepompen (TNO-MEP, 2004 en Segers en de Koning 2006)

soort warmtepomp	ruimteverwarming		tapwaterverwarming	
	V_r [h/jr]	COP _r	$Q_{wp,t}$ [GJ/j]	COP _t
standaard (≤ 10 kW)	1.128	3,95	n.v.t.	n.v.t.
standaard (> 10 kW)	3.013	3,66	n.v.t.	n.v.t.
combi (≤ 10 kW)	1.128	3,95	8,940	2,1
combi (> 10 kW)	3.013	3,66	8,940	2,1
warmtepompboiler	n.v.t.	n.v.t.	8,940	2,4
omkeerbaar	3.013	3,00	n.v.t.	n.v.t.
gasabsorptie (≤ 10 kW)	1.128	1,2	n.v.t.	1,2
gasabsorptie (> 10kW)	3.013	1,2	n.v.t.	1,2
warmteterugwinning bij melkkoeling (per melkkoe)			0,5	4,0

In de hier vermelde COP's is de benodigde hulpenergie voor pompen verwerkt.

Bij het bepalen van de energieproductie of -besparing wordt alleen de nettoproductie beschouwd. Het eigen energieverbruik van de warmtepomp en de eventueel toegevoerde energie worden volgens de substitutiemethode omgerekend naar primaire energiedragers en afgetrokken van de warmteproductie (uitgedrukt in vermeden primaire energie). Indien van een aantal, met name grotere, projecten uit haalbaarheidsstudies de energiebesparing van een warmtepomptoeppassing bekend is, kan daarvan worden uitgegaan.

Bij projecten waar koudeopslag gecombineerd wordt met een warmtepomp voor duurzame koeling, moet de energiebesparing op koude toegerekend worden aan warmtekoudeopslag. De besparing op warmte telt mee bij het onderdeel warmtepompen.

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 duurzame 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 zijn²⁰. Deze toepassing is in 2006 opgenomen in dit protocol. De schatting van de penetratiegraag is 30% in 2006, maar het CBS zal per jaar een schatting hiervan maken op basis van alle beschikbare bronnen.

IEA/Eurostat

In de internationale energiestatistiek telt de warmte uit warmtepompen alleen mee als het gaat om verkochte warmte. In Nederland staan bijna alle warmtepompen bij de gebruikers van de warmte. Warmte uit warmtepompen komt voor Nederland dus niet voor in de internationale energiestatistiek.

²⁰ 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 duurzame bronnen behandeld. Eerst moet echter worden afgebakend welke werkwijzen en grondstoffen duurzaam mogen worden genoemd. Ten eerste worden uitsluitend niet-fossiele stoffen als duurzame 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 bestaat²¹, worden bepaald wat het percentage biogeen is.

Met name bij het bepalen van de bijdrage aan de energievoorziening van biomassa zijn de definitie van de energieproducten, het onderscheid tussen netto- en brutoproductie en 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 Biomassaverbranding
- 5.6 Bij- en meestoken van biomassa in energiecentrales en de industrie
- 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.

5.1. AFVALVERBRANDINGSINSTALLATIES

Basisgegevens

- het thermisch vermogen (MW_{th});
- het elektrisch vermogen (MW_e);
- 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 duurzame energie is de energetische fractie relevant, voor de CO_2 -uitstoot de koolstoffractie;
- het eigen verbruik (van fossiele brandstoffen) van de energie-opwekkingsinstallatie.

Referentietechnologieën

- elektriciteit (af productie);
- warmteproductie (grote vermogens).

Opmerkingen

²¹ 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%)

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 biogeen aandeel (zoals slib) produceren wel duurzame energie, maar vallen onder biomassaverbranding. Installaties voor gevaarlijk afval produceren helemaal geen duurzame energie. 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 duurzame energievoorziening een correctie vereist voor de fractie niet-hernieuwbaar materiaal in het afval. Aangezien bestaande methodes²² 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 1. De meest recent bepaalde waarde betreft 2004. Voor dat jaar is bepaald dat 47% van de energieproductie van AVI's afkomstig is van de hernieuwbare fractie; dit deel wordt dus gerekend als duurzame energieproductie. De vermeden CO₂-emissie van de hernieuwbare energieproductie wordt vervolgens berekend ten opzichte van de referentietechnologieën voor elektriciteits-, warmte- en stoomproductie. Bij de bepaling van de vermeden primaire energie van de AVI's moet worden gecorrigeerd voor het eigen verbruik van fossiele brandstoffen door de AVI.

Eurostat/IEA

De inputmethode van Eurostat/IEA gaat uit van de bron, dat wil zeggen de energie-inhoud van het afval dat wordt verbrand. Een onderscheid tussen IEA en Eurostat is dat IEA onderscheid maakt tussen de duurzame en niet-duurzame fractie, terwijl de Eurostat het geheel meeneemt. In de statistieken worden alleen de AVI's meegenomen die energie opwekken, maar in de Nederlandse praktijk zijn dat alle AVI's.

De hiervoor benodigde gegevens zijn:

- Hoeveelheid afval verbrand (ton);
- Stookwaarde van het afval (GJ/ton);
- Percentage biogeen (%).

De stookwaarde is hierbij een extra gegeven dat in de Nederlandse berekening geen rol speelt, maar wel volgt uit de berekening van het percentage biogeen. De meest recente waarde is 10,4 GJ/ton.

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, wat 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 IE/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 duurzame energie. 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).

Referentie

aardgas (maar de substitutiefactor is 0)

²² Zie voor een overzicht o.a prCEN/TS 15440 Solid Recovered fuels – Methods for the Determination of Biomass Content

Eurostat/IEA

Volgens de Eurostat-methodiek 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 Registratie) vallen en die onder de 18 kW niet.

Basisgegevens

- een schatting van het aantal vrijstaande kachels en open, inbouw- of inzethaarden, al dan niet gekeurd;
- ouderdom huidige kachels, levensduur en verkoopcijfers nieuwe kachels;
- een schatting van het houtverbruik per type kachel;
- een schatting van het rendement per type kachel.

Referentietechnologieën

- warmteproductie (kleine vermogens);
- ruimteverwarming.

Opmerkingen

Bij het berekenen van de energieproductie uit houtverbranding wordt uitgegaan van een stookwaarde van 15,1 MJ/kg voor vaste biomassa uit bijlage 2. De omzettingsrendementen zijn laag (tabel 5.1), met name bij open haarden die bij een grote luchtvermaat ($\lambda = 10$) soms meer warmte door de schoorsteen afvoeren dan door verbranding ontstaat.

TNO heeft in een inventarisatiestudie diverse toekomstscenario's doorgerekend voor de bijdrage van huishoudelijke houtkachels aan de productie van duurzame energie²³. Volgens het basisscenario neemt de bijdrage van 2000 tot 2020 af van 5,3 naar 4,5 PJ. De kentallen die bij dit scenario zijn gebruikt, zijn vermeld in tabel 5.1. Deze zijn bepaald aan de hand van gegevens over het huidige kachelgebruik, de ouderdom en de te verwachten ontwikkeling. Voor nieuwe kachels kan aan de hand van verkoopcijfers uit de markt een overzicht worden verkregen. Er wordt vanuit gegaan dat er alleen nog maar gekeurde kachels worden verkocht.

Tabel 5.1: Kentallen voor houtverbranding in 2000 en 2020 (basisscenario)

	Gemiddeld rendement		Aantal kachels (2003)	gemiddelde stooktijd [uur]	Gemiddeld houtverbruik [kg/jaar]
	[%]				
	2000	2020			
open haard	10	10	285.000	70	245
Inzethaard /gekeurd	60	70	56.000	280	728
Inzethaard/niet gekeurd	50	50	241.000	280	896
vrijstaande kachels/gekeurd	75	85	103.000	490	980
Vrijstaande kachel/ niet gekeurd	60	60	107.000	490	1274

5.4. HOUTKACKELS VOOR WARMTE >18 kW

Voor houtkachels voor warmte groter dan 18 kW, die veelal bij de industrie staan, wordt de duurzame energieproductie berekend op grond van een enquête onder leveranciers van kachels en enig

²³ TNO (2005). J. Koppejan, P.D.M. de Boer-Meulman. Status warmteproductie middels biomassaverbrandingsinstallaties, 2005.

aanvullend onderzoek dat door CBS en TNO in 2005 is gedaan. [CBS,2006] Deze categorie werd voorheen aangeduid als houtkachels bij bedrijven.

De duurzame 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. De tussenliggende jaren worden geïnterpoleerd [SenterNovem,2004]. Uit nieuw onderzoek naar hoeveelheden verwerkt hout en kachelvermogens onder bedrijven en leveranciers concludeert het CBS dat het aantal vollasturen 1500 is. Dit is aanzienlijk lager dan de 1900 waar tot nog toe vanuit werd gegaan [CBS,2006].

Basisgegevens

- Capaciteit aan houtkachels (MWth)
- Energie-inhoud van de biomassa (MJ/kg)

IEA/Eurostat

Voor IEA/ Eurostat wordt zowel de input als de output opgegeven. De input kan worden berekend aan de hand van de hoeveelheid hout die wordt verstoekt en de verbrandingswaarde. De geproduceerde hoeveelheid (warmte) kan dan met het aangenomen rendement worden berekend.

5.5. HET VERBRANDEN VAN BIOMASSA

Alle overige biomassaverbranding wordt op een gelijke manier meegenomen in de monitoring. Industriële processen waarbij de biomassa wordt gebruikt in combinatie met fossiele brandstoffen vallen onder de bij- en meestook

Basisgegevens

- de inzet van biomassa (kton);
- de energie-inhoud van de (natte of droge) biomassa (MJ/kg);
- de netto en bruto stoomproductie (TJ_{th});
- de netto en bruto warmwaterproductie (TJ_{th});
- de netto en bruto elektriciteitsproductie (GWh_e).

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.

Referentietechnologieën

- elektriciteit (mix geleverd bij gebruiker);
- warmteproductie (grote vermogens).

Tabel 5.2: Referentietechnologieën voor biomassaverbranding,

soort proces	Referentietechnologieën
verbranding	<ul style="list-style-type: none"> • warmteafzet (grote vermogens) • elektriciteit (af productie)
mee- en bijstook	<ul style="list-style-type: none"> • directe substitutie

IEA/Eurostat

Voor IEA en Eurostat wordt zowel de input als de output opgegeven. De input kan worden berekend aan de hand van de hoeveelheden ingezette biomassa en de verbrandingswaarde; de output volgt uit de energieproductie, die ook voor het Nederlandse protocol wordt berekend.

5.6. HET MEESTOKEN VAN BIOMASSA IN ENERGIECENTRALES EN INDUSTRIE

Basisgegevens

- het aantal ovens en installaties;
- de inzet van biomassa (kton);
- de energie-inhoud van de (natte of droge) biomassa (MJ/kg);
- bij niet-zuivere stromen het percentage biomassa (%GJ);
- Inzet van fossiele brandstoffen (TJ);
- het thermisch vermogen (MW_{th});
- het elektrisch vermogen (MW_e);
- de netto en bruto stoomproductie (TJ_{th});
- de netto en bruto warmwaterproductie (TJ_{th});
- de netto en bruto elektriciteitsproductie (GWh_e).

Referentietechnologieën

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 duurzame 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. Voor het bepalen van het gehalte biomassa voor niet zuivere biomassa stromen bestaan al enige methodes, zoals beschreven in prCEN/TS 15440, "Solid Recovered Fuels : Methods for the determination of the biomassa content".

Opmerkingen

Elektriciteits- en warmteproductie

De netto duurzame elektriciteitsproductie wordt berekend door de totale netto elektriciteitsproductie per installatie te vermenigvuldigen met het aandeel biomassa in de inzet van brandstoffen op energetische basis. De warmteproductie wordt op analoge wijze berekend. De allocatie van de vermeden primaire energie naar warmte en elektriciteit geschied op exergetische basis zoals beschreven in bijlage 1B.

IEA /Eurostat

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.

Wat betreft de elektriciteitsproductie is voor het IEA en Eurostat de bruto elektriciteitsproductie leidend in plaats van de netto elektriciteitsproductie.

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

- het thermisch vermogen (MW_{th});
- het elektrisch vermogen (MW_e);

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

Referentietechnologieën

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

Opmerkingen

Voor de berekening van de vermeden CO_2 -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 gebruikt om het gistingproces aan de gang te houden. Deze warmte telt niet mee.

Eurostat/IEA

Voor Eurostat 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

De inzet van biomassa als basis voor transportbrandstof is de laatste jaren van de grond gekomen. Omdat bij transportbrandstoffen lastig is vast te stellen is waar een brandstof wordt gebruikt, wordt de monitoring hier gekoppeld aan de verkoop van biobrandstoffen op de eindgebruikersmarkt, conform de Europese richtlijn van biotransportbrandstoffen. Om de hoeveelheid duurzame 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.

Basisgegevens

- verkoop biotransportbrandstoffen (% GJ brandstoffen);
- totale verkoop transportbrandstoffen.

Opmerkingen

Er is overleg tussen VROM en de sector over de uitwerking van de jaarlijkse wettelijke rapportageplicht. Deze gegevens kunnen worden gebruikt voor de monitoring. Het is mogelijk dat er biotransportbrandstoffen worden verkocht die buiten deze afspraken vallen, omdat de verkopende partij geen monitoringsverplichting heeft. Waar mogelijk worden deze meegenomen. Het is echter niet de verwachting dat dit substantieel zal zijn.

De mate van duurzaamheid van de transportbrandstoffen is onderwerp van discussie. Een belangrijk punt van aandacht is het gegeven dat de hele keten van het productieproces van de huidige generatie biotransportbrandstoffen tot aanzienlijk meer emissies van broeikasgassen leidt dan het productieproces van conventionele transportbrandstoffen. Daardoor gaat ruwweg de helft van de bij het gebruik uitgespaarde CO_2 -emissies weer verloren²⁴. Op dit moment is er echter nog niet voldoende informatie om hier in het protocol rekening mee te houden. Eventuele ontwikkelingen op nationaal of Europees niveau zullen worden gevolgd.

²⁴ Novem (2003). Biofuels in the Dutch Market: a Fact-Finding Study. Rapport nummer 2GAVE-03.12. Uitgevoerd door Ecofys, Utrecht

IEA/Eurostat

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

5.9. VERGASSEN, PYROLYSE EN ANDERE CONVERSIETECHNIEKEN

Pyrolyse en vergassen behoren reeds tot de mogelijkheden. Zolang beide echter nog nauwelijks worden toegepast zal per geval worden bekeken hoe het best aangesloten kan worden bij het protocol.

Basisgegevens

- het aantal installaties;
- de locatie;
- de productiecapaciteit van (syn)gas of biobrandstof (m^3/uur of TJ/uur);
- het thermisch vermogen (MW_{th});
- het elektrisch vermogen (MW_{e});
- de netto en bruto (syn)gasproductie (TJ_{prim} of m^3 aardgasequivalenten);
- de netto en bruto productie van biobrandstof (TJ_{prim} of m^3);
- de netto en bruto stoomproductie (TJ_{th});
- de netto en bruto warmteproductie (TJ_{th});
- de netto en bruto elektriciteitsproductie (GWh_{e}).

Referentietechnologieën

- elektriciteit (af productie);
- warmteproductie (grote vermogens);
- eventueel: aardgas en andere fossiele brandstoffen (zoals diesel).

6. DE GROENE ELEKTRICITEITSBALANS

Sinds 2002 wordt in het jaarlijkse monitoringrapport over duurzaam geproduceerde energie een zogenaamde *groene elektriciteitsbalans* opgenomen. Deze balans geeft weer hoe de Nederlandse markt voor duurzame elektriciteit 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 de vraag in hoeverre Nederland haar beleidsdoelstellingen haalt.

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. Het systeem kent drie verschillende soorten certificaten, namelijk Garanties van (duurzame) Oorsprong, certificaten volgens het Renewable Energy Certificate System (RECS, zie hieronder) en warmtekrachtkoppelings- of WKK-certificaten. Om voor certificering in aanmerking te komen, moet elektriciteit worden opgewekt in een installatie die als duurzaam of als warmtekrachtkoppelingsinstallatie is aangemerkt. Installaties komen bovendien alleen voor certificering in aanmerking als de netbeheerder eenduidig kan meten hoeveel elektriciteit er is opgewekt. De netbeheerder controleert of de installatie voldoet aan de wettelijke eisen. CertiQ (dochter van de netbeheerder Tennet) beheert het systeem waarin de certificaten worden uitgegeven. Dit certificeringssysteem maakt het mogelijk het gehele energietraject te registreren en inzichtelijk te maken, vanaf de productie van duurzame of in warmtekrachtkoppelingsinstallaties opgewekte elektriciteit tot aan het uiteindelijke verbruik door de gebruiker.

Installaties die in aanmerking komen voor Garanties van Oorsprong of RECS-certificaten zijn windturbines, biomassa centrales (inclusief AVI's), zonne-installaties en waterkracht centrales; voor warmtekrachtkoppelingsinstallaties worden WKK-certificaten uitgegeven. Een volgens dit certificeringssysteem geregistreerde producent mag stellen dat hij duurzame elektriciteit opwekt²⁵. De regionale netbeheerder meet de hoeveelheid elektriciteit die de installatie heeft opgewekt, en deze gegevens worden maandelijks doorgegeven aan CertiQ, die ze automatisch in het systeem invoert. Op basis van deze meetgegevens worden certificaten verleend voor de door de producent aangegeven handelaar.

Op het moment dat alle benodigde gegevens beschikbaar zijn, worden certificaten uitgegeven. Garanties van Oorsprong en RECS-certificaten voor duurzame elektriciteit staan op het account van handelaars, die vervolgens zelf kunnen kiezen welke certificaten zij gebruiken. Ze kunnen deze overmaken naar andere handelaren, maar kunnen er ook voor kiezen ze te gebruiken als bewijs van levering van duurzame elektriciteit aan een eindverbruiker.²⁶ Dergelijke handelaars worden leveranciers genoemd. Handelaars kunnen verder certificaten intrekken of eventueel splitsen in kleinere couponwaardes.

Het Renewable Energy Certificate System of RECS is een Europees certificeringssysteem dat is geïnitieerd door verschillende internationale marktpartijen, en dat het mogelijk maakt internationaal in certificaten te handelen. Het certificeringssysteem van CertiQ loopt zoveel mogelijk parallel aan het RECS-systeem, maar de certificaten die CertiQ uitgeeft kunnen zowel RECS-certificaten als Garanties

²⁵ Voor biomassa is extra informatie nodig om te certificeren. Aggregators (tussenpersonen) moeten in percentages aangeven welk deel van de productie duurzaam is, en in welke hoeveelheid de verschillende soorten biomassa in die periode zijn gebruikt.

²⁶ De Nederlandse overheid heeft vastgesteld dat WKK-certificaten niet verhandelbaar zijn. Deze certificaten kunnen daardoor niet gebruikt worden als bewijs van levering van milieubewust opgewekte elektriciteit.

van Oorsprong zijn. Op het moment dat het certificaat wordt overgeboekt naar een niet-Nederlandse account, vervalt de Garantie van Oorsprong en blijft alleen het RECS-certificaat over. RECS-certificaten uit een ander land kunnen ook voor erkenning als 'groen' in aanmerking komen, indien ze voldoen aan de in Nederland gestelde eisen. Meer informatie over beide systemen vindt u op de website van CertiQ: www.certiq.nl.

6.2. DE OPZET VAN DE BALANS - IMPORT

Garanties van Oorsprong kunnen internationaal worden overgeboekt wanneer handelaars dat in het systeem aangeven. CertiQ regelt de overboeking dan met het betreffende andere Central Monitoring Office (CMO). Als aan alle voorwaarden is voldaan, worden de Garanties van Oorsprong bijgeboekt op het account van de handelaar. Dat gebeurt via het European Energy Certificate System (EECS). In dit systeem is ook vastgelegd aan welke voorwaarden handelaren moeten voldoen om voor een GvO in aanmerking te komen. Zie voor nadere details de website van CertiQ.

Monitoring

Het importeren van duurzaam geproduceerde energie kan op drie verschillende momenten worden geregistreerd:

- op het moment van fysieke import;
- op het moment dat het certificaat geldig wordt;
- op het moment van binnenkomst van het certificaat bij CertiQ.

Tot 2003 werd uitgegaan van de fysieke import, die (later) werd gecertificeerd. Sinds de introductie van Garanties van Oorsprong is de koppeling met een contract voor fysieke import niet meer verplicht. Daardoor kan er een verschil van soms meer dan een jaar ontstaan tussen de fysieke productie en de import van het certificaat. Omdat het onmogelijk is aan de grens fysiek onderscheid te maken tussen duurzaam en niet-duurzaam geproduceerde elektriciteit is deze methode niet meer geschikt om de import van duurzame elektriciteit te meten. Uit praktische overwegingen wordt de import van duurzame elektriciteit hier gedefinieerd als de hoeveelheid geïmporteerde Garanties van Oorsprong op het moment dat deze door CertiQ geldig worden verklaard. RECS-certificaten die geen Garantie van Oorsprong bevatten, tellen met deze methode niet mee als groene import. Bij de rapportage wordt overigens wel separaat melding gemaakt van de RECS-certificaten.

Land van herkomst en land van oorsprong

Het certificeringssysteem hanteert de begrippen 'land van herkomst' en 'land van oorsprong', voor respectievelijk het land waar het product is gemaakt en het land waar het product het laatst was voordat het in Nederland werd geïmporteerd. Ook voor duurzame elektriciteit kunnen dit verschillende landen zijn. Certificaten voor productie in Duitsland kunnen bijvoorbeeld ook via Denemarken in Nederland terechtkomen. Hier is alleen het land van oorsprong relevant.

6.3. BINNENLANDSE PRODUCTIE, VOORRADEN EN CONSUMPTIE

Als maat voor de binnenlandse productie in de balans gelden alle Garanties van Oorsprong die door CertiQ geldig zijn verklaard. Twee constatering zijn hierbij van belang.

1. Wat in de balans vermeld staat als binnenlandse productie is een andere hoeveelheid dan het totaal van de opgewekte duurzame elektriciteit in Nederland. Niet voor alle duurzame elektriciteit wordt immers een certificaat verstrekt, bijvoorbeeld voor elektriciteit opgewekt bij een particulier ('achter de meter') en elektriciteit uit afvalverbrandingsinstallaties.
2. Een certificaat voor binnenlandse productie is niet direct gekoppeld aan het moment van opwekken. 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 geldig wordt.

Garanties van oorsprong en RECS-certificaten zijn in het Nederlandse systeem tot één jaar na datum van uitgifte geldig. Een geldig certificaat kan op verschillende manieren weer van de markt verdwijnen:

- consumptie (*redeeming*);
- export;
- verlies van geldigheid (*expiring*);
- terugtrekking.

Certificaten die in Nederland geldig zijn verklaard, maar nog niet om een van bovenstaande redenen uit de markt zijn gehaald, staan op voorraad. Bovendien is er een verschil tussen het moment van import en het moment dat een Garantie van Oorsprong geldig wordt, hetgeen pas een variabel aantal maanden na de fysieke import plaatsvindt (in 2003 meestal 2-4 maanden, maar soms meer).

Handelaars kunnen Garanties van Oorsprong gebruiken als bewijs dat duurzame elektriciteit aan een eindverbruiker is geleverd²⁷. Dergelijke handelaars worden leveranciers genoemd. Consumptie van duurzame elektriciteit wordt hier gedefinieerd als de hoeveelheid Garanties van Oorsprong die zijn 'geredeemd'.

6.4. EXPORT

Naast import is ook export van duurzame elektriciteit mogelijk, hoewel dit tot op heden niet heeft plaatsgevonden. Ook het exporteren van elektriciteit gaat mogelijk gepaard met het internationaal overboeken van Garanties van Oorsprong. Dat gaat op dezelfde wijze als bij het importeren van stroom.

6.5. BELEIDSDOELSTELLINGEN

Vooropgesteld zij dat dit protocol niet is bedoeld als beleidsnota. Het Protocol Monitoring Duurzame Energie is bedoeld om eenduidige, objectieve statistieken te verkrijgen; het interpreteren daarvan is een taak voor beleidsmakers. Enkele opmerkingen zijn hier wel op zijn plaats, om die interpretatie te vergemakkelijken.

In Nederland worden verschillende doelstellingen met betrekking tot duurzame energie gehanteerd. De Nederlandse overheid streeft ernaar dat:

- In 2010 9% van de verbruikte elektriciteit in Nederland duurzaam wordt geproduceerd in ons eigen land;
- In 2020 van alle verbruikte energie in Nederland 10% duurzaam zal zijn opgewekt (hierbij geldt 5% als tussendoelstelling voor 2010);
- 5,75% biotransportbrandstoffen in verkochte benzine en diesel in 2010.

De doelstellingen waar Nederland zich in Europees verband aan heeft gecommitteerd, is de hoeveelheid van 9% duurzame elektriciteit in 2010 en 5,75% biotransportbrandstoffen in 2010. In een schriftelijk antwoord op vragen van de Tweede Kamer heeft de minister van Economische Zaken verklaard dat 9% van het elektriciteitsverbruik in 2010 duurzaam moet zijn.

De Europese commissie stelt 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 daar expliciet door middel van een schriftelijke verklaring mee instemt.²⁸ Voor vaststellen van de doelrealisatie is daarom van belang:

²⁷ De Nederlandse overheid heeft vastgesteld dat WKK certificaten niet verhandelbaar zijn. Deze certificaten kunnen daardoor niet gebruikt worden als bewijs van levering van milieubewust opgewekte elektriciteit.

²⁸ European Commission report 2004-366

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

Geïmporteerde duurzame elektriciteit wordt omgerekend naar vermeden primaire energie tegen het gemiddelde Nederlandse rendement. Dat geldt alleen voor vermeden fossiele brandstoffen, niet voor de vermeden CO₂-uitstoot. De vermeden uitstoot van CO₂ telt altijd in het land van oorsprong (analoog aan emissies, die altijd worden toegerekend aan land waar ze ontstaan).

Tenslotte zij vermeld dat Nederland tot op dit moment (eind 2006) geen geïmporteerde groene elektriciteit meetelt voor de realisatie van de Nederlandse duurzame elektriciteitsdoelstelling van 9% in 2010. 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 rubriek statline, publicatie energiebalans te vinden onder bedrijfsleven/energie en water/energie fysiek.

CBS (2006), *Duurzame Energie in Nederland 2005*.

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

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

Ecofys (2004). Achtergrondinformatie referentierementen DE. Ecofys i.o.v. SenterNovem, augustus 2004.

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

European Commission (2004). *The Share of Renewable Energy 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 CO₂ 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 SenterNovem.

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).

Therra project (2006) *Report on Res Heat statistics in participating countries, 2006* 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. SenterNovem, september 2004.

TNO (2004). A. Traversari. *Beoordeling systematiek protocol monitoring DE warmtepompen*. TNO-MEP i.o.v. SenterNovem, augustus/september 2004.

SenterNovem, *Protocol monitoring duurzame energie*, uitgave 2004.

SenterNovem/Vereniging Afvalbedrijven/VROM (diverse jaargangen). *Werkgroep Afval Registratie. Afvalverwerking in Nederland*. Utrecht.

BIJLAGE 1: REKENMETHODIEK

1A: BEPALING PERCENTAGE DUURZAME ENERGIE

Om de bijdrage van duurzame 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 duurzame energiebron is aangegeven hoe de benodigde informatie moet worden verkregen.

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

- (netto) elektriciteitsproductie, $E_{e(\text{elektriciteit})}$;
- (netto) warmteproductie, $E_{w(\text{armte})}$;
- (netto) gasproductie, $E_{g(\text{gas})}$;
- (netto) verdringing van fossiele energiedragers door biomassa, $E_{b(\text{iomassa})}$;
- directe emissies van kooldioxide (CO₂), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂) van de duurzame energiebron, $\epsilon_{de,i}$.

Verder moet voor elke referentietechnologie de volgende informatie beschikbaar zijn:

- omzettingsrendementen van primaire energie naar elektriciteit (η_e) of warmte (η_w);
- emissiefactoren voor kooldioxide (CO₂), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂), uitgedrukt in (kilo)gram per gigajoule primaire energie, $e_{ref,i}$.

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

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

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

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 duurzame energieconversietechnologieën aan de vraagzijde (die zich ‘achter de meter’ bevinden en dus niet direct kunnen worden waargenomen).

Voor het bepalen van het percentage duurzame 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 duurzame energieproductie, uitgedrukt in totaal vermeden primaire energie, door het totale energieverbruik (TVB) afdoende. Dit leidt echter tot ongewenste effecten bij grotere bijdragen van duurzame 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 duurzaam. 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.

1B: NADERE BEREKENINGEN VOOR ELEKTRICITEITSPRODUCTIE

Zoals gezegd zijn de benodigde gegevens niet altijd direct uit metingen beschikbaar. Dan moeten ze worden herleid uit gegevens die wel bekend zijn. In deze paragraaf wordt de rekenmethodiek beschreven om dat voor elektriciteitsproductie te doen. In eerste instantie kijken we daarbij naar de referentietechnologie ‘af productie’ (1a), waarvoor de rekenformules en informatiebronnen voor zowel het omzettingsrendement als de uitstoot van kooldioxide worden gepresenteerd. Tot slot wordt de omrekenmethode voor referentietechnologie 1b (‘geleverd aan gebruiker’) besproken.

Omzettingsrendement

Het elektrisch omzettingsrendement van het gehele elektriciteitsproductiepark wordt bij een referentietechnologie ‘af productie’ berekend met behulp van de volgende twee formules:

$$\eta_e = E/B_e = \sum E_i / \sum B_{e,i}$$

$$B_{e,i} = B_i E_i / (E_i + \beta_i W_i)$$

Hierin zijn:

- η_e : het elektrisch omzettingsrendement;
- E : de som van alle netto geproduceerde elektriciteit (enthalpie);
- B_e : het totaal van de brandstofinzet voor elektriciteitsopwekking (enthalpie);
- B_i : de brandstofinzet (op basis van enthalpie) in productie-eenheid i ;
- $B_{e,i}$: de aan de elektriciteitsproductie toegeschreven brandstofinzet (enthalpie);
- E_i : de netto elektriciteitsproductie (enthalpie);
- W_i : de netto warmteproductie (enthalpie);
- β_i : de kwaliteitsfactor (voor elektriciteit is de kwaliteitsfactor $\beta_e = 1$, overige veronderstelde kwaliteitsfactoren zijn vermeld in bijlage 1c van dit protocol)

De sommatie geschiedt idealiter over alle (categorieën) conventionele productie-eenheden. In de praktijk ontbreken gepubliceerde gegevens op dit gebied en zal een aantal vereenvoudigingen moeten worden aangebracht. Het uitgangspunt hiervoor is informatie uit de Nederlandse Energiehuishouding²⁹ (NEH), de voorloper van de Energiebalans die door het CBS wordt gepubliceerd. Daarmee wordt de benodigde informatie in de volgende stappen berekend.

- De sectoren in de energiedragerbalansen worden opgesplitst in sectoren met voornamelijk een laagtemperatuur-warmteproductie ($\beta_{LT} = 0,2$ voor warm water, zoals in stadsverwarming) en hogetemperatuur-warmteproductie (stoom, $\beta_{HT} = 0,4$).
- Gegevens over de brandstofinzet van fossiele en nucleaire energiedragers worden betrokken uit kolom 8 (inzet voor warmtekrachtopwekking) van de volgende tabellen in de NEH:
 - 4.1 steenkool en steenkoolproducten;
 - 4.2 aardoliegrondstoffen (p.m.);
 - 4.3 aardolieproducten;
 - 4.4.1 aardgas;
 - 4.4.3 kernenergie (winning en inzet van stoom, kolom 1, regel 2.2.3).

²⁹ De Nederlandse Energiehuishouding (NEH) van het CBS wordt niet meer op papier gepubliceerd. De statistische informatie eruit is echter opgenomen in Staline, in een vierdimensionale tabel (energiedrager, actor, balanstern (bv. winning) en jaar). Op verzoek kan door het CBS de informatie ook conform de opzet van de laatste papieren NEH worden verstrekt.

- De netto elektriciteitsproductie en netto warm water/stoom productie uit omzettingen voor elektriciteitsproductie in de NEH worden verminderd met de bijdrage gerelateerd aan duurzame energie. Dit gebeurt zowel aan de inputzijde als aan de outputzijde. Hierbij vallen ook de afvalverbrandingsinstallaties weg.
- De bijdrage van duurzame bronnen wordt afgeleid uit de duurzame energiestatistieken, uit dezelfde getallen die worden gebruikt om de vermeden primaire energie te berekenen.
- Per sector wordt de aan de elektriciteitsproductie toegeschreven brandstofinzet berekend, waaruit dan zowel per sector als voor de gehele productie het elektrisch omzettingsrendement met de bovenstaande formules kan worden berekend.

Emissiefactoren

De totale CO₂-emissiefactor voor elektriciteit ‘af productie’ wordt bepaald met behulp van de aan die productie toegeschreven brandstofinzet die in het bovenstaande is berekend. Deze brandstofinzet wordt per brandstofgroep vermenigvuldigd met de emissiefactor voor die brandstofgroep (vermeld in bijlage 2), waarna wordt gesommeerd om het totaal voor alle brandstofgroepen te krijgen. Dit totaal wordt vervolgens gedeeld door de totale netto elektriciteitsproductie, met als resultaat CO₂-emissiefactoren zoals opgenomen in tabel 3.3. In formulevorm kan deze berekening als volgt worden weergegeven:

$$e_{\text{CO}_2} = (\sum e_{\text{CO}_2,j} \cdot B_{e,j}) / E$$

Hierin zijn:

e_{CO_2} : de CO₂-emissiefactor voor de gehele conventionele elektriciteitsproductie;

$e_{\text{CO}_2,j}$: de specifieke CO₂-emissiefactor voor brandstofgroep j ;

$B_{e,j}$: de aan de elektriciteitsproductie toegeschreven brandstofinzet van brandstofgroep j (enthalpie);

E : de netto elektriciteitsproductie (enthalpie).

1C: KWALITEITSFACTOREN

Kwaliteitsfactoren (β of B) geven de verhouding aan tussen de exergie en de enthalpie van geproduceerde elektriciteit. Ze worden gebruikt bij het berekenen van het elektrisch omzettingsrendement in bijlage 1B.

Tabel B2.1: Kwaliteitsfactoren per sector

sector	HT/LT	B	§ NEH
energiebedrijven			2
winningsbedrijven	HT	0,40	2.1
omzettingbedrijven:			2.2
• cokesfabrieken	HT	0,40	2.2.1
• raffinaderijen	HT	0,40	2.2.2
• elektriciteits- en warmteproductiebedrijven centraal	LT	0,20	2.2.3
• elektriciteits- en warmteproductiebedrijven decentraal	HT	0,40	2.2.4
• vuilverbrandingsinstallaties	HT	0,40	2.2.5
distributiebedrijven:			2.3
• handelaren in vaste brandstoffen	LT	0,20	2.3.1
• aardolieproductenhandel, aardolie-opslagbedrijven	LT	0,20	2.3.2
• gas-, elektriciteits-, water- en warmtedistributiebedrijven	LT	0,20	2.3.3
afnemers			3
industrie (exclusief transport)			3.1
• voedings- en genotmiddelenindustrie	HT	0,40	3.1.1
• textiel-, kleding- en leerindustrie	HT	0,40	3.1.2
• papierindustrie, drukkerijen en uitgeverijen	HT	0,40	3.1.3
• kunstmestindustrie	HT	0,40	3.1.4
• organische basischemie	HT	0,40	3.1.5
• anorganische basischemie	HT	0,40	3.1.6
• overige basischemie	HT	0,40	3.1.7
• chemische productenindustrie	HT	0,40	3.1.8
• bouwmaterialenindustrie	HT	0,40	3.1.9
• basismetaleindustrie (ijzer en staal)	HT	0,40	3.1.10
• basismetaleindustrie (non-ferro)	HT	0,40	3.1.11
• metaalproductenindustrie	HT	0,40	3.1.12
• kunststof- en rubberindustrie (inclusief overige materialen)	HT	0,40	3.1.13
• niet te specificeren naar industrietak	HT	0,40	3.1.19
transport	LT	0,20	3.2
huishoudens (exclusief transport)	LT	0,20	3.3
overig (exclusief transport)	LT	0,20	3.4

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

Voor de nationale monitoring van broeikasgasemissies in het kader van het klimaatverdrag (UNFCCC) en de monitoring op bedrijfsniveau ten behoeve van de Europese CO₂-emissiehandel is het voorgeschreven dat er een nationale lijst van gedefinieerde energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren is vastgesteld. Deze lijst dient uit te gaan van de IPCC lijst met default CO₂-emissiefactoren, maar dient nationale waarden te bevatten waar de nationale situatie afwijkt. Deze lijst zal in Nederland ook worden gebruikt in het Milieujaarverslag (MJV), omdat de MJV's worden gebruikt voor de nationale monitoring en omdat de gegevens over CO₂-emissiehandel ook in het MJV zullen worden ingevuld.

De Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂-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 CO₂-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 CO₂-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

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 2004/156/EG van de Europese Commissie over rapportage voor CO₂ emissiehandel ('...tot vaststelling van richtsnoeren voor de bewaking en rapportage van de emissies van broeikasgassen...'), bijlage 1, hoofdstuk 8.
3. Bij de definiering 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 2004/156/EG van de EC genoemd bij 1. en 2. zijn de CO₂-emissiefactoren met één cijfer achter de komma vastgesteld.
5. In de lijst is uitgegaan van de standaard CO₂-emissiefactoren in de 1996 IPCC guidelines en Beschikking 2004/156/EG van de EC, maar voor energiedragers waarvoor de Nederlandse situatie afwijkt, zijn specifieke Nederlandse standaardwaarden bepaald, die (gedocumenteerd) zijn onderbouwd.

In 2002 is een onderzoek uitgevoerd naar specifieke Nederlandse CO₂-emissiefactoren³⁰. 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 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 CO₂-emissiefactor* bepaald, of betreft het een energiedrager, die niet in de 1996 IPCC guidelines of in Beschikking 2004/156/EG van de EC voorkomt, maar is toegevoegd als specificatie van één van de energiedragers daarin:

³⁰ TNO 2002 CO₂ emission factors for fuels in the Netherlands, report R2002/174

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

Bij industriële gassen is naast raffinaderijgas chemisch restgas onderscheiden.

Voor de IPCC hoofdgroep "other fuels" wordt alleen (niet biogeen) afval onderscheiden.

De lijst bevat ook biomassa als brandstof met bijbehorende specifiek Nederlandse CO₂ 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 CO₂-emissiehandel buiten beschouwing doordat daar voor biomassa een emissiefactor van 0 wordt gehanteerd.

Voor vaste biomassa is de CO₂-emissiefactor voor hout gehanteerd en voor vloeibare biomassa die voor palmolie. Voor gasvormige biomassa is de standaardfactor een gewogen gemiddelde van drie gespecificeerde biogassen, te weten:

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

Voor cokeskolen is de standaard CO₂-emissiefactor eveneens een gewogen gemiddelde en wel van cokeskolen ingezet in cokeovens en in de basismetiaal.

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

Tabel B2.1: Nederlandse energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren
Lijst najaar 2006. Deze lijst is informatief. Voor de monitoring wordt altijd de meest actuele lijst gebruikt van de Nederlandse Emissieregistratie (www.broekasgassen.nl)

Hoofdgroep (Nederlands)	Hoofdgroep (Engels) IPCC (aangevuld)	Eenheid	Stookwaarde (MJ/eenheid)	CO ₂ EF (kg/GJ)
	A. Liquid Fossil, Primary Fuels			
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
	LIQUID FOSSIL, SECONDARY FUELS/ PRODUCTS			
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
Smeerolieën	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
	SOLID FOSSIL, PRIMARY FUELS			
Antraciet	Anthracite	kg	26,6	98,3
Cokeskolen	Coking Coal	kg	28,7	94,0
Cokeskolen (cokeovens)	Coking Coal (used in coke oven)	kg	28,7	95,4
Cokeskolen (basismetale)	Coking Coal (used in blast furnaces)	kg	28,7	89,8
(Overige bitumineuze) 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
	Solid Fossil, Secondary Fuels			
Steenkool- en 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 ³	11,6	149,5
	GASEOUS FOSSIL FUELS			
Aardgas	Natural Gas (dry)	Nm ³ ae	31,65	56,1
Koolmonoxide	Carbon Monoxide	Nm ³	12,6	155,2
Methaan	Methane	Nm ³	35,9	54,9
Waterstof	Hydrogen	Nm ³	10,8	0,0

Hoofdgroep (Nederlands)	Hoofdgroep (Engels) IPCC (aangevuld)	Eenheid	Stookwaarde (MJ/eenheid)	CO₂ EF (kg/GJ)
	Biomass *			
Biomassa vast	Solid Biomass	kg	15,1	109,6
Biomassa vloeibaar	Liquid Biomass	kg	39,4	71,2
Biomassa gasvormig	Gas Biomass	Nm ³	21,8	90,8
RWZI biogas	Wastewater bio gas	Nm ³	23,3	84,2
Stortgas	Landfill gas	Nm ³	19,5	100,7
Industrieel fermentatiegas	Industrial organic waste gas	Nm ³	23,3	84,2
	D Other fuels			
Afval (niet biogeen)	Waste (not biogenic)	kg	34,4	73,6

BIJLAGE 3: KENTALLEN AFVALVERBRANDING

Het bepalen van het aandeel duurzame energie is bij een afvalverbrandingsinstallatie lastig vanwege de inhomogeniteit van de brandstof. Een zorgvuldige analyse zou grote inspanningen vragen op het gebied van monsternamen en -analyse. 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 het percentage hernieuwbare stoffen te bepalen van de afvalstromen die in afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) worden verbrand. Uit dit percentage wordt dan voor alle AVI's in Nederland samen een zogeheten forfaitair percentage duurzame energie berekend.

Het berekenen van het percentage duurzame energie uit AVI's gebeurt in vier stappen, die in de volgende paragrafen elk worden beschreven:

1. eerst wordt een overzicht gemaakt van de grootte [kton] van elke afvalstroom;
2. dan wordt een overzicht gemaakt van de samenstelling [%] van de afvalstromen in componenten (organisch materiaal, papier en karton, kunststoffen en dergelijke);
3. vervolgens wordt per component vastgesteld wat de totale energie-inhoud [GJ/ton] ervan is, en hoeveel daarvan als duurzaam kan worden aangemerkt [%];
4. uit de verhouding tussen de duurzame energie-inhoud van alle afval samen en de totale energie-inhoud van het afval (duurzaam + niet-duurzaam) wordt het percentage duurzame energie uit verbrand afval berekend.

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: Het berekenen van het percentage duurzame energie uit afvalverbranding, in 4 stappen

afvalstroom	stap 1 hoeveelheid per stroom [kton]	stap 2 samenstelling in componenten [%]	stap 3 hoeveelheid energie per component [GJ/ton] en % duurzaam	stap 4 percentage duurzame energie voor alle stromen samen [%]
huishoudelijk afval	WAR	sorteeranalyses	monitoringsprotocol	monitoringsprotocol
bedrijfsafval	WAR	monitoringsprotocol	monitoringsprotocol	monitoringsprotocol
overig afval	WAR	monitoringsprotocol	monitoringsprotocol	monitoringsprotocol

Stap 1: de hoeveelheden per afvalstroom

De Werkgroep Afvalregistratie (WAR) rapporteert jaarlijks over de verbrande hoeveelheden afval. Dat gebeurt in de zomer en betreft steeds het voorgaande kalenderjaar, wat betekent dat de meest actuele gegevens bij het ter perse gaan van dit protocol die over 2005 zijn. Gegevens staan in tabel B3.1. In 2004 is de Europese afvalstoffenlijst (EURAL) ingevoerd in de afvalmonitoring. Hierop is de tabel aangepast.

Stap 2: de samenstelling van de afvalstromen

De samenstelling van alle afvalstromen behalve huishoudelijk restafval wordt constant verondersteld. De stookwaarden per categorie zijn opgesomd in tabel B3.2, en daarin is ook het percentage vermeld dat daarvan biogeen (niet-fossiel) is.

Van het huishoudelijk restafval wordt de samenstelling bepaald aan de hand van sorteeranlyses. Daartoe wordt in Nederland jaarlijks een representatieve steekproef genomen uit het huishoudelijk afval van 1100 adressen. Dit afval wordt gesorteerd in componenten, en het totaal wordt geacht een afspiegeling te zijn van de gemiddelde samenstelling van huishoudelijk afval in Nederland. De meest recente gegevens betreffen 2004 en zijn per component verzameld in tabel B3.3. De categorieën *overig brandbaar* en *niet brandbaar* komen daarin niet voor; voor *brandbaar* kan echter de optelling van textiel en rest overig worden genomen, en voor *niet brandbaar* glas, metalen, wit- en bruingoed, steenachtig en KCA. Organisch afval wordt in de sorteeranlyses aangeduid als GFT plus een ondefinieerbare rest. Het resultaat van het op deze wijze aggregeren van deze cijfers is weergegeven in tabel B3.2.

Stappen 3 en 4: het percentage duurzaam geproduceerde energie uit afvalverbranding

In tabel B3.2 zijn ook de waarden voor de energie-inhoud van de componenten en het percentage duurzaam opgenomen. Daarmee kan de totale energie-inhoud van huishoudelijk afval, evenals het percentage duurzaam daarvan, worden berekend. Dat percentage bedraagt 47%. Als deze cijfers worden gecombineerd met die voor de andere afvalstromen, komt het als duurzaam aan te merken percentage van de in AVI's geproduceerde energie uit op 47%.

Tabel B3.2: Hoeveelheden verbrand, energie-inhoud en koolstofpercentages voor de nieuwe categorie-indeling.

	2004	Energie		Koolstof	
		stookwaarde	biogeen	C-inhoud	biogeen
	<i>kton</i>	<i>GJ/ton</i>	%	percentage	%
200301 gemengd stedelijk afval (alleen huishoudelijk afval)	3.156	10	47%	0,27	61%
200307 grofvuil	26	12	47%	0,29	63%
170904 niet onder 17 09 01, 17 09 02 en 17 09 03 vallend gemengd bouw- en sloofafval	1	17	62%	0,42	75%
180104 afval waarvan de inzameling en verwijdering niet zijn onderworpen aan speciale richtlijnen teneinde infectie te voorkomen (bv. verband, gipsverband, linnengoed, wegwerpkleding, luiers)	12	13	50%	0,54	0%
200301 gemengd stedelijk afval (alleen afval van handel diensten en overheid)	1.217	10	51%	0,27	69%
191212 overig, niet onder 19 12 11 vallend afval (inclusief mengsels van materialen) van mechanische afvalverwerking	769	13	46%	0,32	63%
180103 afval waarvan de inzameling en verwijdering zijn onderworpen aan speciale richtlijnen teneinde infectie te voorkomen	7	33	0%	0,54	0%
Gevaarlijk afval (geen EURAL-code)	64	15	0%	0,32	59%
020304 voor consumptie of verwerking ongeschikt materiaal	2	15	50%	0,32	59%
190501 niet-gecomposteerde fractie van huishoudelijk en soortgelijk afval	1	2	100%	0,12	97%
190805 slib van de behandeling van stedelijk afvalwater	26	2	100%	0,12	96%
191204 kunststoffen en rubber	1	24	4%	0,44	14%
200139 kunststoffen	1	33	0%	0,54	0%
200201 biologisch afbreekbaar afval	2	3	100%	0,20	100%
200301 gemengd stedelijk afval (alleen reinigingsdienstenafval)	2	7	55%	0,24	80%
200303 Veegvuil	2	7	55%	0,24	80%
200399 niet elders genoemd stedelijk afval	1	7	55%	0,24	80%
Totaal 2004	5.290	10	47%	0,28	63%

Tabel B3.3: Samenstelling huishoudelijk afval (2004) en energie-inhoud en %biogeen van sorteerfracties

Sorteerfractie	Percentage in		
	<i>hha 2004</i>	<i>GJ/ton</i>	% biogeen
Organisch	36%	5,3	73%
Papier	25%	10	77%
Hout	2%	14	95%
Kunststoffen	20%	23	14%
Overig brandbaar	5%	16	68%
Niet brandbaar	13%	0	n.v.t.
Totaal	100%	10	47%

BIJLAGE 4: SYMBOLEN EN AFKORTINGEN

begrippen en afkortingen	betekenis
AOO	Afval Overleg Orgaan
AVI	afvalverbrandingsinstallatie
AWZI	afvalwaterzuiveringsinstallatie
BA	bedrijfsafval
BAK	Basisonderzoek Aardgasverbruik Kleinverbruikers
BSA	bouw- en sloopafval
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CE	Centrum voor Energiebesparing
CEN	European Committee for Standardization
COP	<i>Coefficient of performance</i> , verhouding tussen nuttige warmte en opgenomen energie
CPB	Centraal Planbureau
DEN	Duurzame Energie Nederland, een programma van SenterNovem
DTO-chemie	Duurzame Technologische Ontwikkeling
EC	Europese Commissie
ECN	Energie Centrum Nederland
ER	Emissieregistratie
EZ	(Ministerie van) Economische Zaken
GFT	Groente-, fruit- en tuinafval
GHA	Grof huishoudelijk afval
GvO	Garantie van oorsprong
HA	Houtafval
HHA	Huishoudelijk afval
HT	Hoge temperatuur
IEA	International Energy Agency
KCA	Klein Chemisch afval
KWD	Kantoor-, winkel- en dienstenafval
LT	Lage temperatuur
MDE	Monitoring Duurzame Energie
MJV	Milieujaarverslag
NEH	Nederlandse Energiehuishouding
NEN	Nederlandse Normalisatie instituut
Novem	Nederlandse Organisatie voor Energie en Milieu (inmiddels gefuseerd tot SenterNovem)
NO _x	Verzamelnaam voor stikstofoxiden
NP	Niet procesgerelateerd afval
NTE	Nederlandse Technische Afspraken
Protocol MDE	Protocol Monitoring Duurzame Energie
PV	Fotovoltaïsch (van het Engels, <i>photovoltaic</i>)
RDA	Reinigingsdiensten-afval
RDF	Refused derivatives fuel
RECS	Renewable Energy Certificate System
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RSS	reststroom na scheiden en sorteren
RWZI	rioolwaterzuiveringsinstallatie
SHC	Solar Heating and Cooling Programma (van het IEA)
Statline	online databank van CBS
STEG	stoom- en gasinstallatie
TBV	totaal binnenlands verbruik
VA	Vereniging Afvalbedrijven
VROM	(Ministerie van) Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu

VVAV	Vereniging van Afvalverwerkers (Nu VA - Vereniging Afvalbedrijven)
W	netto warmteproductie
WAR	Werkgroep Afval Registratie
WEB	wit- en bruingoed
windex	windindex
WKK	warmtekrachtkoppeling

Lijst met Symbolen

Symbool	Naam	Eenheid
β	kwaliteitsfactor	-
ϵ	(vermeden) emissie	kg CO ₂
ϵ_{netto}	vermeden CO ₂ -emissie	kg CO ₂
η	(omzettings)rendement	-
$\eta_{e,A}$	het elektrisch omzettingsrendement, 'af productie' (op exergiebasis);	-
$\eta_{e,B}$	het elektrisch omzettingsrendement, geleverd bij verbruiker (op exergiebasis);	-
η_{ref}	rendement referentietechniek	-
A_{kental}	kental aardgasbesparing per eenheid	m ³ (normaal kubieke meter aardgas)
A_{hulp}	aardgasgebruik als hulpenergie	MJ/jaar
B	Brandstofinzet	ton
C	Opgesteld vermogen	MW
D	debiet	m ³ /jaar
Dz	geïnstalleerd vermogen	kW
E	energie(productie), als elektriciteit, warmte of brandstof	KWh of GJ
E_e	opgewekte elektriciteit	kWh
E_{prim}	besparing op primaire energie	GJ
$E_{\text{prim,zb}}$	besparing op primaire energie per zonneboiler	Gj
E_{kental}	kental elektriciteitsverbruik per eenheid	KWh
e	emissiefactor	kg CO ₂ /GJ _{prim}
e_{elekCO2}	gemiddelde emissiefactor voor elektriciteitscentrales	kg CO ₂ /GJ _{prim}
$E_{\text{elekCO2eind}}$	Emissiefactor voor elektriciteit geleverd aan de eindgebruiker	kg CO ₂ /kwh _e
$E_{\text{elekCO2prod}}$	Emissiefactor voor elektriciteit aan de productiekaant	kg CO ₂ /kwh _e
e_{aardgCO2}	emissiefactor voor het verbranden van aardgas	kg CO ₂ /GJ _{prim}
e_{kolenCO}	emissiefactor voor het verbranden van kolen	kg CO ₂ /GJ _{prim}
f	Verliesfactor	
H	Verbrandingswaarde (enthalpie)	GJ/ton
P	Percentage duurzaam van afval	-
Q	Warmteproductie	GJ/jaar
$Q_{\text{wp,r}}$	geleverde warmte door een warmtepomp aan ruimteverwarming	GJ/jaar
$Q_{\text{wp,t}}$	geleverde warmte door een warmtepomp aan tapwater	GJ/jaar
S	Substitutiefactor biomassa	-
V	vollasturen	uur
W_{kental}	kental warmteproductie per eenheid	Mj

FACTSHEETS

INTRODUCTIE

In dit document staat per duurzame energietechniek aangegeven hoe de bijbehorende energiebijdrage en vermeden CO₂-emissie berekend worden volgens de methodiek uit het Protocol Monitoring Duurzame Energie (versie 2006).

Het *doel* van deze factsheets is aan de hand van voorbeelden beter inzicht te geven in de methodiek van het Protocol Monitoring Duurzame Energie, dat de basis vormt bij de monitoring van de Nederlandse duurzame energie ontwikkelingen. Tevens kunnen ze gebruikt worden als eerste indicatie van de opbrengst van duurzame energieprojecten. Hierbij dient wel in acht genomen te worden dat we bij de factsheets uitgaan van bepaalde standaardsituaties (jaar, bedrijfstijd, etc.). Primair is het Protocol Monitoring Duurzame Energie en zijn dus ook deze factsheets bedoeld om energiebesparingen en reductie van CO₂-emissie te berekenen. In deze factsheets zijn de berekeningen gemaakt voor 2005, 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 Duurzame 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. Voor één enkel jaar in de toekomst zijn die getallen gegeven in het Protocol, namelijk voor 2010. Bij de berekening van specifieke duurzame 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.

SenterNovem streeft er uitdrukkelijk naar alle berekeningen voor duurzame 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 duurzame 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		2005
rendement elektriciteitcentrales		
- mix - af productie	$\eta_{e,A}$	43,1%
- mix - geleverd bij verbruiker	$\eta_{e,B}$	41,4%
emissiefactor CO ₂		
- elektriciteitscentrales gemiddeld	e_{elekCO_2}	70,9 kg CO ₂ /GJ _{primair}
- verbranden aardgas	e_{aardgCO_2}	56,1 kg CO ₂ /GJ _{primair}
- verbranden kolen	e_{kolenCO_2}	94,7 kg CO ₂ /GJ _{primair}
- elektriciteitsproductie	$E_{\text{elekCO}_2\text{prod}}$	0,592 kg CO ₂ /kwh _e
- elektriciteit geleverd bij verbruiker	$E_{\text{elekCO}_2\text{eind}}$	0,616 kg CO ₂ /kwh _e

WATERKRACHT	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
opgesteld vermogen	C	KW
kental vollasturen	V	2.700 h/jr
elektriciteitsproductie	E_e of $E_e = C \cdot V$	meting (monitoring): in kWh/jr berekening (toekomstig project): opgesteld vermogen (kW) * kental vollasturen (h/jr)
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = E_e \cdot 3,6 / \eta_{e,A}$	elektriciteitsproductie (kWh) * conversiefactor (MJ/kWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix-af productie)
vermeden primaire energie in 2005		$E_{prim} \text{ (MJ}_{prim}/\text{jr)} = E \text{ (kWh/jr)} \cdot 3,6 \text{ (MJ/kWh)} / 0,431$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = E_{prim} \cdot e_{elekCO_2}$	$E_{prim} \text{ (MJ}_{prim}/\text{jr)} \cdot \text{emissiefactor CO}_2 \text{ elektriciteitscentrale (g CO}_2/\text{MJ}_{primair})$
vermeden CO ₂ emissie in 2005		$\epsilon_{netto} \text{ (kg CO}_2/\text{jr)} = E_{primair} \text{ (GJ}_{primair}/\text{jr)} \cdot 70,9 \text{ (kg CO}_2/\text{GJ}_{primair})$
<i>voorbeeld</i>		
opgesteld vermogen	C	1 kW
vollasturen	V	2.700 h/jr
elektriciteitsproductie	$E_e = C \cdot V$	1 kW * 2700 h/jr = 2.700 kWh/jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = E_e \cdot 3,6 / \eta_{e,A}$	2.700 kWh/jr * 3,6 MJ/kWh / 0,431 = 22.552 MJ/jr = 22 GJ/jr
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = E_{prim} \cdot e_{elekCO_2}$	22 GJ/jr * 70,9 kg CO ₂ /GJ = 1.560 kg CO ₂ /jr = 1,6 ton CO ₂ /jr

WINDENERGIE	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
opgesteld vermogen	C	KW
kental vollasturen	V	op land: 2.000 h/jr op zee: 3.000 h/jr
elektriciteitsproductie	E_e of $E_e = C \cdot V$	meting (monitoring): in kWh/jr berekening (toekomstig project): opgesteld vermogen (kW) * kental vollasturen (h/jr)
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = E_e \cdot 3,6 / \eta_{e,A}$	elektriciteitsproductie (kWh) * conversiefactor (MJ/kWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix-af productie)
vermeden primaire energie in 2005		$E_{prim} \text{ (MJ}_{prim}/\text{jr)} = E \text{ (kWh/jr)} \cdot 3,6 \text{ (MJ/kWh)} / 0,431$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = E_{prim} \cdot e_{elekCO2}$	$E_{prim} \text{ (MJ}_{prim}/\text{jr)} \cdot \text{emissiefactor CO}_2 \text{ elektriciteitscentrale (g CO}_2/\text{MJ}_{prim})$
vermeden CO ₂ emissie in 2005		$K \text{ (g CO}_2/\text{jr)} = E_{primair} \text{ (MJ}_{prim}/\text{jr)} \cdot 70,9 \text{ (g CO}_2/\text{MJ}_{prim})$
voorbeeld toekomstig project		
opgesteld vermogen op land	C	1 MW
elektriciteitsproductie volgens monitoring	E_e	1.700 MWh/jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = E_e \cdot 3,6 / \eta_{e,A}$	$1.700 \text{ MWh/jr} \cdot 3,6 \text{ MJ/kWh} / 0,431 = 14,200 \text{ TJ/jr}$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = E_{prim} \cdot e_{elekCO2}$	$14,2 \text{ TJ/jr} \cdot 70,9 \text{ kg CO}_2/\text{GJ} = 1007 \text{ ton CO}_2/\text{jr} =$

FOTOVOLTAÏSCHE ENERGIE	ZONNE-	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
opgesteld vermogen		C	KW _p
kental vollasturen: - netgekoppelde systemen ³¹ - autonome systemen		V	- 700 h/jr - 400 h/jr
elektriciteitsproductie		E _e of E _e =C*V	meting (monitoring): in kWh/jr berekening : opgesteld vermogen (kW _p) * kental vollasturen (h/jr)
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie		E _{prim} = E _e *3,6 / η _{e,B}	elektriciteitsproductie (kWh) * conversiefactor (MJ/kWh) / elektrisch omzettingsrendement, geleverd bij de gebruiker
vermeden primaire energie in 2005			E _{prim} (MJ _{prim} /jr) = E _e (kWh/jr) * 3,6 (MJ/kWh) / 0,414
vermeden CO ₂ emissie		ε _{netto} = E _e * E _{elekCO2eind}	E _e (kWh/jr) * emissiefactor CO ₂ elektriciteit bij eindgebruiker (kg CO ₂ /MJ _{prim})
vermeden CO ₂ emissie in 2005			ε _{netto} (kg CO ₂ /jr) = E _e (kWh/jr) * 0,616 kg/kWh _e
voorbeeld			
opgesteld vermogen		C	1 kW
vollasturen		V	700 h/jr
elektriciteitsproductie		E _e = C*V	1 kW * 700 h/jr = 700 kWh/jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie		E _{prim} = E _e *3,6 / η _{e,B}	700 kWh/jr * 3,6 MJ/kWh / 0,414 = 6.087 MJ/jr = 6.1 GJ/jr
vermeden CO ₂ emissie		ε _{netto} = E _e * E _{elekCO2eind}	700 kWh/jr * 0.616 kg CO ₂ /kWh = 431 kg CO ₂ /jr = 0,4 ton CO ₂ /jr

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

ZONTHERMISCHE SYSTEMEN: A) ZONNEBOILER (ZB)	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
capaciteit	C	aantal zonneboilers (# ZB)
kental aardgasbesparing per zonneboiler kental in 2005	A_{kental}	- gemiddeld 45% van de warmtevraag voor warmtapwater in huishoudens - 173 m ³ aardgas per ZB per jaar
kental elektriciteitsverbruik per zonneboiler	E_{kental}	gemiddeld 33 kWh per ZB per jaar voor 2005 (circulatiepomp), afnemend tot 30 kWh in 2010
bijdrage duurzame energie per zonneboiler in vermeden primaire energie.	$E_{prim,zb} = A_{kental} * 31,65 - E_{kental} * 3,6 / \eta_{e,B}$	kental aardgasbesparing per capaciteit (m ³ /ZB/jr) * stookwaarde aardgas (MJ _{prim} /m ³) – kental eigen elektriciteitsverbruik (kWh) * 3,6 (MJ/kWh) / elektrisch omzettingsrendement geleverd bij gebruiker. $E_{prim,zb} (MJ_{prim}/jr) = 173 (m^3/ZB/jr) * 31,65 (MJ_{prim}/m^3) - 33 (kWh) * 3,6 (MJ/kWh) / 0,414 = 5,182 MJ = 5,2 GJ$
totale bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = C * E_{prim,zb}$	aantal zonneboilers (#) * bijdrage duurzame energie per zonneboiler (MJ _{prim} /jr)
vermeden CO ₂ emissie per zonneboiler	$\epsilon_{netto} = [A_{kental} * 31,65 * e_{aardgCO2}] - [E_{kental} * e_{elekCO2eind}]$	$\epsilon_{netto} (g CO_2/jr) = [A_{kental} (MJ_{prim}/jr) * 31,65 (MJ/m^3 aardgas) * emissie CO_2 aardgas verbranding (g CO_2/MJ_{prim})] - [E_{kental} (MJ_{prim}/jr) * emissie CO_2 elektriciteitscentrale af gebruiker (kg CO_2/kWh_e)]$
voorbeeld voor 2005		
capaciteit	C	1 ZB
kental aardgasbesparing per capaciteit	A_{kental}	173 m ³ /jr
kental elektriciteitsverbruik per capaciteit	E_{kental}	33 kWh/jr
bijdrage duurzame energie per zonneboiler in vermeden primaire energie.	$E_{prim,zb} = A_{kental} * 31,65 - E_{kental} * 3,6 / \eta_{e,B}$	1 ZB * 173 (m ³ /ZB/jr) * 31,65 (MJ _{prim} /m ³) – 33 (kWh) * 3,6 (MJ/kWh) / 0,414 = 5,182 MJ = 5,2 GJ
netto vermeden CO ₂ emissie per zonneboiler	$\epsilon_{netto} = [A_{kental} * 31,65 * e_{aardgCO2}] - [E_{kental} * e_{elekCO2eind}]$	$[173 m^3/jaar * 31,65 MJ/m^3 * 56,1 g CO_2/MJ] - [33 kWh * 616 g CO_2/kWh_e] = 287 kg CO_2/jr = 0,3 ton CO_2/jr$

ACTIEVE ZONTHERMISCHE SYSTEMEN:			AFKORTING		EENHEDEN EN FORMULES		
B) OVERIGE SYSTEMEN							
capaciteit			C		m ² collectoroppervlak		
kental warmteproductie per capaciteit			W _{kental}		MJ/m ² /jr, zie tabel:		
W_{KENTAL}	type collector	afgedekt	lucht		onafgedekt		
	toepassing	> 6 m ²	> 6 m ²	> 100m ²	< 100 m ²	solar lamellen	
	bassinverwarming	1.500		900	600	600	
	drogen	511	650				
	ruimteverwarming	540	650				
	tapwater	1.500					
	tapwater/ruimteverwarming	540	650				
kental elektriciteitsverbruik per capaciteit			E _{kental}		KWh/m ² /jr, zie tabel:		
E_{KENTAL}	type collector	afgedekt	lucht		onafgedekt		
	toepassing	> 6 m ²	> 6 m ²	> 100m ²	< 100 m ²	solar lamellen	
	bassinverwarming	5		5	5	0	
	drogen	0	0				
	ruimteverwarming	5	5				
	tapwater	5					
	tapwater/ruimteverwarming	5	5				
warmteproductie			W = C * W _{kental}		capaciteit (m ²) * kental warmteproductie per capaciteit (MJ/m ² /jr)		
warmteproductie, uitgedrukt in vermeden primaire energie			W _{primair} = W / η _{ref}		warmteproductie (MJ/jr) / opwekkingsrendement referentietechnologie (zie tabel) W _{prim} (MJ _{prim} /jr) = W (MJ/jr) / η _{ref} van		
η_{ref}	type collector	afgedekt	lucht		onafgedekt		
	toepassing	> 6 m ²	> 6 m ²	> 100m ²	< 100 m ²	solar lamellen	
	bassinverwarming	90%		90%	95%	95%	
	drogen	90%	90%				
	overig	90%					
	ruimteverwarming	95%	95%				
	tapwater	65%					
tapwater/ruimteverwarming	65%	65%					
eigen energieverbruik zonthermisch systeem (ingaaand), uitgedrukt in primaire energie			E _{primairverbrZTS} = C * E _{kental} * 3,6 / η _{e,B}		capaciteit (m ²) * kental elektriciteitsverbruik per capaciteit (kWh/m ² /jr) * conversiefactor (MJ/kWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix-geleverd bij gebruiker)		
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie			E _{prim} = W _{prim} - E _{primairverbrZTS}		aardgasbesparing (MJ _{prim} /jr) - Eigen energieverbruik zonthermisch systeem (MJ _{prim} /jr) 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 ₂ emissie			E _{netto} = [W _{primair} * e _{aardgCO2} - [E _{primairZTS} * e _{elekCO2}]		K (g CO ₂ /jr) = [W _{prim} (MJ _{prim} /jr) * emissie CO ₂ aardgas verbranding (g CO ₂ /MJ _{prim})] - [E _{prim} (MJ _{prim} /jr) * emissie CO ₂ elektriciteitscentrale (g CO ₂ /MJ _{prim})]		

voorbeeld 2005		
opgesteld vermogen	C	100 m ² onafgedekt systeem
kental warmteproductie per capaciteit	W _{kental}	900 MJ/m ² /jr
kental elektriciteitsverbruik per capaciteit	E _{kental}	5 kWh/m ² /jr
Warmteproductie	W = C * W _{kental}	100 m ² * 900 MJ/m ² /jr = 90 GJ/jr
warmteproductie, uitgedrukt in vermeden primaire energie	W _{prim} = W / η _{ref}	90 GJ/jr / 0,90 = 100 GJ/jr
eigen energieverbruik zonthermisch systeem (ingaand), uitgedrukt in primaire energie	E _{primairverbrZTS} = C * E _{kental} * 3,6 / η _{e.B.}	100 m ² * 5 kWh/m ² /jr * 3,6 MJ/kWh / 0,414 = 4,3 GJ/jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	E _{prim} = W _{prim} - E _{primairverbrZTS}	100-4 = 96 GJ/jr
netto vermeden CO ₂ emissie	ε _{netto} = [W _{prim} * e _{aardgCO2}] - [E _{primairZTS} * e _{elekCO2}]	[100 GJ/jr * 56,1 kg CO ₂ /GJ] - [4,3 GJ/jr * 70,9 kg CO ₂ /GJ] = 5305 kg CO ₂ /jr = 5,3 ton CO ₂ /jr

WARMTE/KOUDEOPSLAG	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
totaal verplaatst grondwater tbv koude- en warmtelevering	V_{totaal}	meting (monitoring) [m ³]
systeem zonder warmtepomp	$\epsilon_{\text{kental,-wp}} = 0,47 \text{ kg/m}^3$	o.b.v. monitoringsgegevens
	$E_{\text{kental,-wp}} = 7,1 \text{ MJ/m}^3$	o.b.v. monitoringsgegevens
	vermeden CO ₂ -emissie: $\epsilon_{\text{netto,-wp}} = \epsilon_{\text{kental,-wp}} * V_{\text{totaal}}$	[kg CO ₂]
	besparing primaire energie: $E_{\text{prim,-wp}} = E_{\text{kental,-wp}} * V_{\text{totaal}}$	[MJ]
systeem met warmtepomp	$\epsilon_{\text{kental,koeling,+wp}} = 0,40 \text{ kg/m}^3$	o.b.v. monitoringsgegevens
	$E_{\text{kental,koeling,+wp}} = 5,6 \text{ MJ/m}^3$	o.b.v. monitoringsgegevens
	fractie grondwater ten behoeve van koeling $\theta_{\text{koeling}} = 0,50$ ⁽¹⁾	gemiddelde gemeten waarde gedurende 1998 t/m 2005 [-]
	vermeden CO ₂ -emissie: $\epsilon_{\text{netto,+wp}} = \epsilon_{\text{kental,koeling,+wp}} * V_{\text{totaal}} * \theta_{\text{koeling}}$	[kg CO ₂]
	besparing primaire energie: $E_{\text{prim,+wp}} = E_{\text{kental,koeling,+wp}} * V_{\text{totaal}} * \theta_{\text{koeling}}$	[MJ]
Voorbeeld 1: systeem zonder warmtepomp		
verplaatst grondwater	V_{totaal}	100.000 m ³
vermeden CO ₂ -emissie	$\epsilon_{\text{netto,-wp}} = 0,47 * 100.000$	47 ton CO ₂
besparing primaire energie	$E_{\text{prim,-wp}} = 7,1 * 100.000$	710 GJ
Voorbeeld 2: systeem met warmtepomp		
verplaatst grondwater	V_{totaal}	100.000 m ³
vermeden CO ₂ -emissie	$\epsilon_{\text{netto,+wp}} = 0,40 * 100.000 * 0,50$	20 ton CO ₂
besparing primaire energie	$E_{\text{prim,+wp}} = 5,6 * 100.000 * 0,50$	280 GJ

(1) In de systematiek van het protocol wordt bij systemen met een warmtepomp alleen de energiebesparing en de CO₂-emissiereductie van de koudelevering meegerekend. De besparing door de warmtelevering telt in de systematiek van het protocol mee bij het onderdeel warmtepompen. Om dit te verrekenen is de fractie grondwater ten behoeve van koeling θ_{koeling} ingevoerd die gebaseerd is op werkelijke meetgegevens tussen 1998 en 2005. Uit de meetgegevens van 67 systemen blijkt dat 51% van het water wordt gebruikt voor koudelevering. In het factsheet wordt daarom een fractie grondwater ten behoeve van koeling (θ_{koeling}) van 0,50 aangehouden.

WARMTEPOMPEN		AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
capaciteit		P	kW _{th} (uitgaand thermisch vermogen)
vollasturen		V _r	h/jr, gemeten of kental afhankelijk van warmtepomptype voor toepassing ruimteverwarming, zie tabel
geleverde warmte voor tapwatersystemen		Q _{wp,t}	GJ/jaar, zie tabel (vast getal, gebaseerd op gemiddeld warmtapwatergebruik voor huishoudens)
jaarlijkse warmteproductie (uitgaand) voor ruimteverwarming,		Q _{wp,r} = P * V _r * 3,6	uitgaand thermisch vermogen (kW) * vollasturen (h/jr) * conversiefactor (MJ/kWh)
benodigd elektrisch vermogen		Q _{in,r} = Q _{wp,r} / COP _r	geleverde thermisch vermogen (MJ) / coëfficiënt of performance. Gemeten of uit tabel
soort warmtepomp	ruimteverwarming	Tapwaterverwarming	
	V _R	COP _r	Q _{wpt} COP _t
standaard ≤ 10 kW	1.128	3,95	n.v.t. n.v.t.
standaard > 10 kW	3.013	3,66	n.v.t. n.v.t.
combi ≤ 10 kW	1.128	3,95	8.940 2,1
combi > 10 kW	3.013	3,66	8.940 2,1
warmtepompboiler	n.v.t.	n.v.t.	8.940 2,4
omkeerbaar	3.013	3,00	n.v.t. n.v.t.
gasabsorptie ≤ 10 kW	1.128	1,2	n.v.t. 1,2
gasabsorptie > 10kW	3.013	1,2	n.v.t. 1,2
bijdrage duurzame 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 _{primair} (MJ _{prim} /jr) = warmteproductie (uitgaand, MJ _{prim} /jr) / rendement ref. systeem – eigen energieverbruik warmtepomp (ingaaand, MJ/jr) / (het elektrisch omzettingsrendement, geleverd bij verbruiker).
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie voor tapwaterverwarming		$E_{\text{prim,t}} = Q_{\text{wp,t}} / \eta_{\text{ref}} - Q_{\text{in,t}} / \eta_{\text{e,B}}$ Q _{in,t} = Q _{wpt} / COP _t	E _{prim,t} = geleverde warmte (GJ) / rendement ref. Tapwatersysteem – benodigde elektrische energie (MJ/jaar) / (het elektrische omzettingsrendement geleverd bij verbruiker)
vermeden CO ₂ emissie		$\epsilon_{\text{netto}} = [e_{\text{aardgCO}_2} * Q_{\text{wp,r}} / \eta_{\text{ref}}] - [e_{\text{elekCO}_2} * Q_{\text{in,r}} / \eta_{\text{e,B}}]$	ε _{netto} (g CO ₂ /jr) = [emissie CO ₂ referentietechnologie (g CO ₂ /MJ _{prim}) * geleverde energie door de warmtepomp (MJ) / rendement ref. systeem] - [emissie CO ₂ elektriciteit (g CO ₂ /MJ _{prim}) * benodigd vermogen (MJ) / rendement elektriciteit] {Deze formule gaat uit van een elektrische warmtepomp. Voor gasabsorptie is η _{e,B} = 1 en moet voor de emissie ook gas genomen worden.
voorbeeld 2005		elektrische compressiewarmtepomp	
standaard warmtepomp 5 kW voor ruimteverwarming		P	5 kW
vollasturen en COP		V _r ; COP _r	COP _r = 3,95; aantal vollasturen = 1.128 (volgens tabel)
jaarlijkse warmteproductie (uitgaand) voor ruimteverwarming,		Q _{wp,r} = P * V _r * 3,6	5 kW * 1.128 h * 3,6 (MJ/kWh) = 20,3 GJ
benodigd elektrisch vermogen		Q _{in,r} = Q _{wp,r} / COP _r	20,3 GJ / 3,95 = 5,14 GJ per jaar
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie voor ruimteverwarming		$E_{\text{prim,r}} = Q_{\text{wp,r}} / \eta_{\text{ref}} - Q_{\text{in,r}} / \eta_{\text{e,B}}$	20,3 GJ / 0,95 – 5,14 GJ / 0,414 = 8,95 GJ per jaar
vermeden CO ₂ emissie		$\epsilon_{\text{netto}} = [e_{\text{aardgCO}_2} * Q_{\text{wp,r}} / \eta_{\text{ref}}] - [e_{\text{elekCO}_2} * Q_{\text{in,r}} / \eta_{\text{e,B}}]$	[56,1 g CO ₂ / MJ * 20,3 * 10 ³ MJ / 0,95] – [70,9 g CO ₂ /MJ * 5,14 * 10 ³ MJ / 0,414 = 318 kg CO ₂ per jaar = 0,3 ton CO ₂ per jaar

BIO-ENERGIE – VERBRANDING	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
Capaciteit	C_{th} C_{el}	thermische capaciteit in MW_{th} en/of elektrische capaciteit in MW_e
netto warmteproductie	W	TJ/jr
netto elektriciteitsproductie	E	GWh/jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = [W / \eta_{ref}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}]$	[warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] + [elektriciteitsbesparing (GWh) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)]
vermeden primaire energie in 2005		$E_{prim} (TJ_{prim}/jr) = [W (TJ/jr) / 0,90] + [E (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,431]$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = [[W / \eta_{ref}] * e_{reftechCO_2}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}] * e_{elekCO_2}]$	[[warmteproductie (MJ/jr) / rendement referentietechnologie] * emissiefactor CO ₂ referentietechnologie (g CO ₂ /MJ _{prim})] + [[elektriciteitsproductie (kWh/jr) * conversiefactor (MJ/kWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)] * emissiefactor CO ₂ elektriciteitscentrale (g CO ₂ /MJ _{prim})]
vermeden CO ₂ emissie in 2005		$\epsilon_{netto} (g CO_2/jr) = [[W (MJ/jr) / 0,9] * E_{reftechCO_2} (g CO_2/MJ_{prim})] + [[E(kWh/jr) * 3,6 (MJ/kWh) / 0,431] * 70,9 (g CO_2/MJ_{prim})]$
voorbeeld		
Warmteproductie	W	200 TJ
elektriciteitsproductie	E	150 GWh
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = [W / \eta_{ref}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}]$	$200TJ / 0,9 + 150 GWh * 3,6 TJ/GWh / 0,431 = 1474 TJ$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = [[W / \eta_{ref}] * e_{reftechCO_2}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}] * e_{elekCO_2}]$	$200 TJ / 0,9 * 56,1 \text{ ton CO}_2/TJ + 150 GWh * 3,6 TJ/GWh / 0,431 * 72,1 \text{ ton CO}_2/TJ = 130 \text{ kton CO}_2$

BIO-ENERGIE – VERBRANDING AFVALVERBRANDINGS- INSTALLATIES (AVI's)	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
netto warmteproductie	W	TJ/jr
netto elektriciteitsproductie	E	GWh/jr
aandeel duurzame/hernieuwbare energie	P	% (2005 waarde, 47%)
verbruik aan fossiele brandstof als hulpenergie. Het gasgebruik is voornamelijk nodig om voldoende schone uitstoot te krijgen.	A _{hulp}	TJ/jr dit is meestal gasgebruik. het verbruik is beschikbaar bij CBS.
netto duurzame warmteproductie	W _H = P * W	W _H (TJ/jr) = aandeel duurzame/hernieuwbare energie * warmteproductie
netto duurzame elektriciteitsproductie	E _H = P * E	E _H (GWh/jr) = aandeel duurzame/hernieuwbare energie * elektriciteitsproductie
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{\text{prim}} = P * ([W / \eta_{\text{ref}}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}] - A_{\text{hulp}})$	[aandeel duurzame/hernieuwbare energie * netto duurzame warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] + [netto duurzame elektriciteitsproductie (GWh/jr) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)] – [* hulpenergie]
vermeden primaire energie in 2005		$E_{\text{prim}} (\text{TJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) = H * \{ [W_{\text{H}} (\text{TJ}/\text{jr}) / 0,90] + [E_{\text{H}} (\text{GWh}/\text{jr}) * 3,6 (\text{TJ}/\text{GWh}) / 0,431] - A_{\text{hulp}} \}$
vermeden CO ₂ emissie door duurzame energieproductie	$\epsilon_{\text{netto}} = [[W_{\text{H}} / \eta_{\text{ref}}] * e_{\text{reftechCO}_2}] + [E_{\text{H}} * e_{\text{elekCO}_2}] - e_{\text{reftechCO}_2} * A_{\text{hulp}}$	[[netto duurzame warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] * emissiefactor CO ₂ referentietechnologie (ton CO ₂ /TJ _{primair})] + [[netto duurzame elektriciteitsproductie (GWh/jr) * emissiefactor CO ₂ elektriciteitscentrale (ton CO ₂ /kWh _{primair})] - [emissiefactor aardgas * aandeel duurzaam/hernieuwbaar * hulpenergie]
vermeden CO ₂ emissie duurzame energieproductie in 2005		$\epsilon_{\text{netto}} (\text{ton CO}_2/\text{jr}) = [[W_{\text{H}} (\text{TJ}/\text{jr}) / 0,9] * 56 (\text{ton CO}_2/\text{TJ}_{\text{primair}})] + [[E_{\text{H}} (\text{GWh}/\text{jr})] * 592 (\text{ton CO}_2/\text{GWh}_{\text{primair}})] - 56 (\text{ton CO}_2/\text{TJ}_{\text{primair}}) * A_{\text{hulp}}$

voorbeeld AVI met gegevens 2005		
verbruik aan fossiele brandstof als hulpenergie.	A_{hulp}	800 TJ/jr
netto warmteproductie	W	9.100 TJ/jr
netto elektriciteitsproductie	E	2.190 GWh/jr
Percentage duurzaam	P	47%
netto duurzame warmteproductie	$W_H = P * W$	$9.100 \text{ TJ/jr} * 0,47 = 4.277 \text{ TJ/jr}$
netto duurzame elektriciteitsproductie	$E_H = P * E$	$2.190 \text{ GWh/jr} * 0,47 = 1.029 \text{ GWh/jr}$
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = [W_H / \eta_{ref}] + [E_H * 3,6 / \eta_{e,A}] - P * A_{hulp}$	$[4.277 \text{ TJ/jr} / 0,90] + [1.029 \text{ GWh/jr} * 3,6 \text{ TJ/GWh} / 0,431] - 0,47 * 800 = 12.970 \text{ TJ/jr}$
vermeden CO ₂ emissie door hernieuwbare energieproductie	$\epsilon_{netto} = [(W_H / \eta_{ref}) * e_{reftechCO2}] + [(E_H * 3,6 / \eta_{e,A}) * e_{elekCO2}] - e_{reftechCO2} * P * A_{hulp}$	$[(4.277 \text{ TJ} / 0,90) * 56,1 \text{ (ton CO}_2\text{/TJ}_{prim})] + [1.029 \text{ GWh} * 592 \text{ (ton CO}_2\text{/GWh)}] - 56,1 \text{ ton CO}_2\text{/TJ}_{primair} * 0,47 * 800 \text{ TJ} = 854 \text{ kton CO}_2$

BIO-ENERGIE – KLEINSCHALIGE VERBRANDING	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
capaciteit	C	KW_{th}
warmteproductie	W	GJ/jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{\text{prim}} = W_{\text{prim}} / \eta_{\text{ref}}$	warmteproductie (GJ/jr) / opwekkingsrendement van referentietechnologie $E_{\text{prim}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) = W (\text{GJ}/\text{jr}) / 0,9$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e_{\text{aardgCO}_2}$	$E_{\text{primair}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * \text{emissiefactor CO}_2 \text{ aardgas verbranding (kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{prim}})$
vermeden CO ₂ emissie in 2005		$K (\text{kg CO}_2/\text{jr}) = E_{\text{prim}} (\text{GJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * 56 (\text{kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{prim}})$
voorbeeld		
capaciteit	C	7 KW_{th}
warmteproductie	W	5,5 GJ
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{\text{prim}} = W_{\text{prim}} / \eta_{\text{ref}}$	$5,5 \text{ GJ} / 0,9 = 6,1 \text{ GJ}$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e_{\text{aardgCO}_2}$	$6,1 \text{ GJ} * 56,1 \text{ kg CO}_2/\text{GJ} = 342 \text{ kg CO}_2 = 0,3 \text{ ton CO}_2$

BIO-ENERGIE – VERBRANDING MEESTOOK	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
Inzet biomassa	B	meting (monitoring): ton
Verbrandingswaarde brandstof	H	[GJ/ton]
Substitutiefactor	S	%
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{\text{prim}} = H * B * S$	Inzet biomassa (ton) * verbrandingswaarde (GJ/ton) * substitutiefactor
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e$ 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 ₂ emissie in 2005		kolen: ϵ_{netto} (ton CO ₂ /jr) = $E_{\text{prim}} (\text{TJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * 94,7$ (ton CO ₂ /MJ _{prim}) gas: ϵ_{netto} (ton CO ₂ /jr) = $E_{\text{prim}} (\text{TJ}_{\text{prim}}/\text{jr}) * 56,1$ (ton CO ₂ /MJ _{prim})
Voorbeeld in kolencentrale		
Brandstofinzet	B	30.000 ton
Verbrandingswaarde brandstof	H	15 GJ/ton
substitutiefactor	S	100%
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{\text{prim}} = B * H * S$	30.000 ton * 15 GJ/ton * 100% = 450 TJ/jr
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e$ specifiekCO ₂	450 TJ/jr * 94,1 ton CO ₂ /TJ = 42 kton CO ₂ /jr

BIO-ENERGIE – VERBRANDING TRANSPORTBRANDSTOFFEN	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
Productie brandstoffen	B	meting (monitoring): ton
Verbrandingswaarde brandstof	H	[GJ/ton]
Substitutiefactor	S	%
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{\text{prim}} = H * B * S$	Inzet brandstof (ton) * verbrandingswaarde (GJ/ton) * substitutiefactor
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e$ 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 ₂ emissie in 2005		Motorbenzine : ϵ_{netto} (ton CO ₂) = $E_{\text{prim}} (\text{TJ}_{\text{prim}}) * 72$ (ton CO ₂ /MJ _{prim})
Voorbeeld motorbenzine substitutie		
Brandstofinzet	B	30.000 ton
Verbrandingswaarde brandstof	H	44 GJ/ ton
substitutiefactor	S	100%
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{\text{prim}} = H * E * S$	30.000 ton * 44 GJ/ton * 100% = 1320 TJ
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{\text{netto}} = E_{\text{prim}} * e$ specifiekCO ₂	1320 TJ/jr * 72 ton CO ₂ /TJ = 95 kton CO ₂

BIO-ENERGIE - VERGISTING	AFKORTING	EENHEDEN EN FORMULES
capaciteit	C_{th} C_{el}	thermische capaciteit: MW_{th} elektrische capaciteit: MW_e
warmteproductie ³²	W	TJ/jr
biogasproductie ³³	A	TJ/jr (of m^3/jr)
elektriciteitsproductie ³²	E	GWh/jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = [W / \eta_{ref}] + [A] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}]$	[warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] + [aardgasproductie (TJ/jr)] + [elektriciteitsproductie (GWh) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)]
vermeden primaire energie in 2005		$E_{prim} (TJ_{prim}/jr) = W (TJ/jr) / 0,90 + A (TJ/jr) + E (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,431$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = [[W / \eta_{ref}] * e_{reftechCO_2}] + [A * e_{aardgCO_2}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}] * e_{elekCO_2}]$	[[warmteproductie (TJ/jr) / rendement referentietechnologie] * emissiefactor CO ₂ referentietechnologie (ton CO ₂ /TJ _{prim})] + [aardgasproductie * emissiefactor CO ₂ aardgas verbranding (ton CO ₂ /TJ _{prim})] + [[elektriciteitsproductie (GWh/jr) * conversiefactor (TJ/GWh) / rendement elektriciteitcentrales (mix – af productie)] * emissiefactor CO ₂ elektriciteitscentrale (ton CO ₂ /TJ _{prim})]
vermeden CO ₂ emissie in 2005		$\epsilon_{netto} (ton CO_2/jr) = [[W (TJ/jr) / 0,9] * 56,1 (ton CO_2/TJ_{prim})] + [A (TJ/jr) * 56,1 (ton CO_2/TJ_{prim})] + [[E (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,431] * 70,9 (ton CO_2/TJ_{prim})]$
voorbeeld		
capaciteit	C	
warmteproductie	W	400 TJ/jr
biogasproductie	A	300 TJ/jr
elektriciteitsproductie	E	20 GWh /jr
bijdrage duurzame energie uitgedrukt in vermeden primaire energie	$E_{prim} = [W / \eta_{ref}] + [A] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}]$	$[400 (TJ/jr) / 0,90] + [300 (TJ/jr)] + [20 (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,431] = 913 TJ/jr = 0,9 PJ/jr$
vermeden CO ₂ emissie	$\epsilon_{netto} = [[W / \eta_{ref}] * e_{reftechCO_2}] + [A * e_{aardgCO_2}] + [E * 3,6 / \eta_{e,A}] * e_{elekCO_2}]$	$[[400 (TJ/jr) / 0,90] * 56,1 (ton CO_2/TJ_{prim})] + [300 (TJ/jr) * 56,1 (ton CO_2/TJ_{prim})] + [[20 (GWh/jr) * 3,6 (TJ/GWh) / 0,431] * 70,9 (ton CO_2/TJ_{prim})] = 53,8 kton CO_2/jr$

³² Afgeleverd plus eigen verbruik minus eigen verbruik voor vergisting.

³³ Biogasproductie = Winning - fakkels - eigen verbruik voor wkk - eigen verbruik voor overige omzettingen - eigen verbruik voor vergisting.