

Discussienotitie

“Warmtekrachtkoppeling (WKK)”

Een vergelijking van gehanteerde (1) definities voor WKK, (2) referenties bij het berekenen van energiebesparing en CO₂ prestaties, en (3) allocatiemethoden

Utrecht, mei 2010

Mirjam Harmelink

Uitgevoerd door Harmelink consulting in opdracht van Agentschap NL

Voorwoord

De reden om deze notitie te maken was dat we bij het maken van de Uniforme Maatlat merkten dat er geen eenduidige wijze is om bij WKK de gebruikte brandstof te verdelen over de geproduceerde elektriciteit en warmte. Toen we ons in de materie verdiepten kwamen we veel verschillende methodes tegen. Het Nationaal Expertisecentrum Warmte (NEW) heeft daarop een opdracht gegeven aan Mirjam Harmelink (Harmelink consulting) om een overzicht te maken van de verschillende methodes. Het doel was om aan de hand van dit overzicht een discussie te starten en voor de Uniforme Maatlat aan te sluiten op de resultaten van deze discussie.

Het is gebleken dat het niet eenvoudig is om voor één methode te kiezen. Deze discussienotitie is in conceptversie aan diverse partijen gestuurd. Dat heeft geholpen om de discussie op gang te helpen en inzicht te krijgen in de verschillen die er zijn. Het NEW ziet het niet als haar taak om zelf een keuze te maken of de discussie te leiden. Deze notitie wordt nu openbaar gemaakt in de verwachting dat de diverse partijen die berekeningen rondom WKK maken of belang hebben bij WKK de discussie verder oppakken.

Utrecht, mei 2010

Lex Bosselaar

Ik wil Piet Boonekamp (ECN), Robert Harmsen (Ecofys) en Kees den Blanken (Cogen) van harte bedanken voor het kritisch becommentariëren van de conceptversie van deze discussienotitie in september 2009. Hierbij moet worden opgemerkt dat zij het concept rapport vooral beoordeeld hebben op feitelijke onjuistheden. De conclusies worden niet per definitie onderschreven door ECN, Ecofys en Cogen.

Verder wil ik Lex Bosselaar van Agentschap NL bedanken voor het kritisch meedenken en becommentariëren van eerdere versies van dit rapport.

Utrecht, mei 2010

Mirjam Harmelink

Samenvatting en discussie

1. Grote diversiteit in gehanteerde definities, methoden en referenties leidt tot onduidelijkheid en discussies over de energie- en CO₂-prestaties van WKK

Er worden nationaal en internationaal verschillende definities gehanteerd voor warmtekracht installaties (WKK). Daarnaast wordt een grote diversiteit aan methoden en referenties gebruikt om warmte en elektriciteit geproduceerd door WKK te waarderen op hun energie- en CO₂-prestaties. De keuze voor bepaalde definities, methoden en referenties wordt o.a. bepaald door het doel van een analyse, nationale en internationale afspraken en marktbelangen. Dit alles leidt tot veel onduidelijkheid en discussies.

2. Meer transparantie in gehanteerde definities en waardering van de energie- en CO₂-prestaties van WKK is wenselijk

Naar onze mening is zowel de overheid als de branche gebaat bij *meer transparantie* in gehanteerde definities en de waardering van de energie- en milieuprestaties van WKK onder verschillende omstandigheden. Meer transparantie maakt een betere vergelijking en afweging met andere opties mogelijk. De waardering betreft (1) de berekening van de besparingen en de CO₂-reductie en (2) de verdeling van de energie-input en de CO₂ emissies over de geproduceerde warmte en kracht.

3. Discussie rond de waardering van WKK speelt op zeer veel terreinen zowel op lokaal, nationaal als internationaal niveau

De discussie rond WKK speelt op veel terreinen waaronder:

- Europese richtlijnen: WKK-richtlijn, Duurzame energierichtlijn, EU-emissiehandel en de energiedienstenrichtlijn (ESD);
- Monitoring van nationaal beleid: monitoring WKK doelstelling in “Schoon en zuinig”, energietransitie (micro-WKK), monitoring energiebesparing, monitoring duurzame energie. Hier gaat het met name over de energiebesparing en CO₂ reductie door WKK en de daarbij te hanteren referentie voor de warmte- en elektriciteitsproductie;
- Statistieken voor WKK: CBS, IEA en Eurostat. Dit betreft met name discussie over gehanteerde definities van WKK;
- Normering: Energieprestatienorm (EPN), opstellen gelijkwaardigheids-verklaringen, Energiebesparende Maatregelen op Gebiedsniveau (EMG). Hier gaat het vooral over

de allocatie van de brandstofinzet naar de geproduceerde warmte en gehanteerde referentie voor de warmte- en elektriciteitsproductie;

- Beoordelingsinstrumenten: Uniforme maatlat en Energieprestatie op Locatie (EPL) beide gericht op de waardering van WKK op lokaal niveau, onrendabele top berekeningen (SDE), MER.

4. De discussies rond WKK spitsen zich toe op de:

A. Definitie van WKK.

Wanneer mag een installatie een WKK-installatie heten of is er sprake van een installatie in “WKK bedrijf”? Een duidelijke definitie is van belang voor een transparante monitoring van beleidsdoelstellingen op het gebied van WKK (b.v. is het opgestelde WKK-vermogen toegenomen, hoeveel % van de elektriciteitsproductie komt van WKK-installaties). Minimale totaal rendementen worden (m.u.v. de EU WKK-richtlijn) binnen de meeste terreinen niet gehanteerd, dit betekent dat alle installaties die warmte en elektriciteit produceren (ongeacht de verhouding tussen de twee producten) onder de definitie van WKK vallen.

Het ligt voor de hand om voor de definitie van WKK aan te sluiten bij de EU WKK-richtlijn. Deze definitie bestaat uit 3 onderdelen:

- Warmtekracht koppeling betreft een proces waar gelijktijdig thermische en elektrische en/of mechanische energie wordt opgewerkt,
- de geproduceerde warmte aan een economische nuttige vraag voldoet, en een minimaal totaal energetisch rendement voor WKK installaties op jaarbasis te hanteren van 75%¹ of 80%².

¹ Een totaal rendement van 75% geldt voor de volgende type installaties:

- b) Tegendrukstoomturbine
- d) Gasturbine met warmteterugwinning
- e) Interne verbrandingsmotor
- f) Microturbine
- g) Stirlingmotor
- h) Brandstofcel
- i) Stoommachine
- j) Organische Rankine-cyclus
- k) Alle overige typen technologie en alle combinaties daarvan die onder de definitie vallen die in artikel 3, onder a), is vastgelegd in de EU-WKK richtlijn

² Een totaal rendement van 80% geldt voor de volgende type installaties:

- a) Stoom- en gasturbine met warmteterugwinning
- c) Aftap- en condensatiestoomturbine.

B. Definitie en keuze van de referentiesituatie voor warmte en elektriciteitsproductie.

Hierbij gaat het om het vastleggen van de veronderstelling over welke technieken of systemen worden vervangen (of niet worden ingezet) doordat een WKK-installatie wordt ingezet voor de productie van warmte en elektriciteit. Traditioneel wordt veelal verondersteld dat in de afwezigheid van een WKK-installatie warmte en elektriciteit gescheiden worden geproduceerd in de verschillende sectoren. Het blijkt dat:

- de *gehanteerde referenties* voor de *warmteproductie* elkaar niet sterk ontlopen;
- vrijwel geen enkel protocol of norm rekening houdt met de *toekomstige verbeteringen in de warmteproductie*;
- vrijwel nergens rekening gehouden wordt met het feit dat *WKK* zo groot is dat dit *deel wordt van de referentie*.
- de *referenties* gehanteerd voor de *elektriciteitsproductie* sterk verschillen. De benaderingen verschillen in:
 - het gebruik van *huidige, historische* dan wel *toekomstige* rendementen voor de elektriciteitsproductie;
 - het gebruik van het *gemiddelde productiepark, de marginale productie-eenheid (operational dan wel build margin)*, dan wel een *specifieke technologie* als referentie;
 - de *berekeningswijze* van de efficiency van het gemiddelde park.

Het ligt het meest voor de hand om bij de referenties voor warmteproductie voorlopig uit te blijven gaan van gescheiden productie van warmte en elektriciteit in de referentiesituatie. Hierbij zou voor woningen en utiliteitsgebouwen kunnen worden aangesloten bij de rendementen voor warmteproductie gehanteerd in de EPN/EPG en voor de industrie bij de rendementen uit de EU-WKK richtlijn.

Bij de keuze voor te hanteren referenties voor elektriciteitsproductie zou een onderscheid gemaakt kunnen worden naar:

- Geografische schaal waarop de analyse wordt uitgevoerd, met een onderscheid naar Nederland als geheel en lokale situaties. Voor de analyse van lokale situaties, zowel de ex-ante als de ex-post, ligt het voor de hand de mix van alle elektriciteitsproductiemiddelen als referentie te hanteren. De gedachte hierbij is dat (1) een individueel project geen significante invloed uitoefent op de samenstelling en inzet van de elektriciteitsproductiemiddelen en (2) de berekeningen op lokaal niveau relatief eenvoudig gehouden moeten worden.

- Ex-ante dan wel ex-post analyses op nationaal niveau. Bij ex-post analyses zou als referentie de mix van alle elektriciteitsproductie technieken in een historisch jaar of actueel jaar kunnen worden gehanteerd. Voor ex-ante analyses ligt een marginale benadering meer voor de hand omdat bijvoorbeeld het effect van elektriciteitsbesparing voor Nederland als totaal wel degelijk invloed heeft op de investeringen in het fossiele elektriciteitsproductiepark. Het feit dat het elektriciteitspark sterk diversifieert, pleit er voor om voor de referentie niet uit te gaan van één techniek maar de hele productiemix als referentie te hanteren.

	Lokaal	Nationaal
Ex-post	Mix van alle elektriciteitsproductie technieken in historisch jaar of actueel jaar (dus incl. WKK en duurzaam)	Mix van alle elektriciteitsproductie technieken in historisch jaar of actueel jaar (dus incl. WKK en duurzaam)
Ex-ante	Mix van alle elektriciteitsproductie technieken in een toekomstig jaar (dus incl. WKK en duurzaam)	Marginale benadering met (tot 2020) build margin van fossiele productiemix als referentie

C. Allocatie van de brandstofinzet en de vrijkomende CO₂ naar de geproduceerde warmte en elektriciteit.

Allocatie van de brandstofinzet speelt o.a. een rol in situaties waarbij de warmte en elektriciteit geproduceerd met WKK naar verschillende afnemers gaan. In dergelijke gevallen is er veelal de behoefte om de brandstofinzet en CO₂ emissies te verdelen over de geproduceerde warmte en elektriciteit. Deze discussie speelt (1) op lokaal en wijkniveau waarbij een WKK binnen een specifiek project afgewogen moeten worden tegen een andere optie, en (2) op nationaal niveau bij de allocatie van de brandstofinzet naar de verschillende afnemers bij de inzet van stadsverwarming en WKK in joint ventures (bv. voor de berekening van de CO₂ emissiefactor per kWh i.h.k.v de stroometikettering of het toekennen van besparingen aan sectoren bij het bepalen van de energiebesparing op nationaal niveau). Onderstaande tabel vat de verschillende allocatiemethoden samen inclusief de voor- en nadelen.

Methodie	Voordeel	Nadeel	Toegepast
Energie-inhoud van producten	Eenvoudig en transparant	Houdt geen rekening met kwaliteit van producten	Eurostat
Toerekenen op basis van primaire factor	Eenvoudig en is relatief ongevoelig voor	Moet keuze gemaakt worden voor referentierendement	ESD Therra

Methodie	Voordeel	Nadeel	Toegepast
	keuze van referentie	elektriciteitsproductie	
Exergie-inhoud van producten	Houdt rekening met kwaliteit van producten	Kwaliteitsfactor veelal niet bekend, relatief hoge brandstofinzet voor elektriciteit	PDE Uniforme maatlat
Toerekenen besparingen aan warmte	Eenvoudig	Elektriciteitsproductie wordt relatief slecht gewaardeerd, moet keuze gemaakt worden voor referentie	Gelijkwaardigheidsverklaringen
Toerekenen besparingen aan elektriciteit	Eenvoudig	Warmteproductie wordt relatief slecht gewaardeerd, moet keuze gemaakt worden voor referentie	Berekening stroometiket
Andere keuze > 50-5 verdeling besparingen over warmte en elektriciteit	“Eerlijke” verdeling besparingen over warmte en elektriciteit	Invulling van “eerlijke” verdeling aanleiding kan geven tot discussie	PME

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting en discussie	5
Inhoudsopgave	10
1 Aanleiding.....	13
1.1 Grote diversiteit in gehanteerde methoden en referenties	13
1.2 Doel van deze notitie	13
1.3 Principe van WKK.....	14
1.4 WKK komt op veel plaatsen terug	15
1.5 Opbouw van de notitie	16
2 Definitie van WKK.....	17
2.1 Inleiding.....	17
2.2 Europese WKK richtlijn.....	17
2.3 WKK in de CBS statistiek “Productiemiddelen Elektriciteit”	17
2.4 IEA/Eurostat en EU richtlijn energiestatistieken	18
2.5 Protocol monitoring energiebesparing.....	18
2.6 Protocol monitoring duurzame energie	19
2.7 Uniforme maatlat	19
2.8 Wet belasting op milieugrondslag	19
2.9 Totaalbeeld.....	19
3 Definitie en keuze van de referentiesituatie	21

3.1	Inleiding.....	21
3.2	Goede definitie van projectgrenzen	22
3.3	Europese WKK-richtlijn.....	22
3.4	Europese duurzame energie richtlijn	24
3.5	Protocol monitoring energiebesparing (PME).....	25
3.6	Protocol monitoring duurzame energie	25
3.7	Energieprestatienorm (EPN) voor nieuwbouw (woningen en utiliteit).....	26
3.8	Gelijkwaardigheidsverklaringen	26
3.9	Energieprestatie op locatie (EPL)	26
3.10	Uniforme maatlat	27
3.11	Onrendabele top berekeningen.....	27
3.12	Scenarioberekeningen (Referentieramingen/Monitoring “Schoon en Zuinig”)	27
3.13	Totaalbeeld	28
4	Allocatie van de brandstofinzet	33
4.1	Inleiding.....	33
4.2	Methode 1: allocatie o.b.v energie-inhoud van de producten	33
4.3	Methode 2: allocatie op basis van een primaire factor.....	34
4.4	Methode 3: allocatie o.b.v exergie-inhoud van de producten	36
4.5	Methode 4: allocatie van alle besparingen naar één product ofwel warmte ofwel elektriciteit	37
4.6	Methode 5: allocatie o.b.v de economische waarde van de producten	39
4.7	Methode 6: allocatie o.b.v. andere criteria	39

4.8	Totaalbeeld.....	41
	Referenties	45

1 Aanleiding

1.1 Grote diversiteit in gehanteerde methoden en referenties

Er worden nationaal en internationaal uiteenlopende definities gehanteerd voor warmte-kracht installaties (WKK). Daarnaast wordt een grote diversiteit van methoden en referenties gehanteerd om warmte en elektriciteit geproduceerd door WKK te waarderen op hun energie- en CO₂ prestaties. De keuze voor een bepaalde definitie, methode of referenties wordt ingegeven door verschillende factoren zoals:

- Het doel van de analyse (bv. is het doel het bepalen van de behaalde energiebesparing en/of CO₂-reductie in het verleden, of de mogelijkheden voor het realiseren van besparingen en CO₂-reducties in de toekomst, of het vergelijken van de energie- en CO₂-prestaties van verschillende energiesystemen op lokaal niveau).
- Internationale en nationale afspraken over toe te passen methoden en veronderstellingen (bv. voor rapportages in het kader van de EU-WKK richtlijn dienen de definities en referenties zoals binnen de EU overeen gekomen te worden gehanteerd);
- Marktbelangen (bv. leveranciers en exploitanten van WKK-installaties hebben belang bij het hanteren van een methode waarbij de energie- en CO₂ prestaties van WKK gunstig scoort ten opzichte van andere technieken).

Dit alles leidt tot veel onduidelijkheid en discussies over de energie- en CO₂-prestaties van WKK. Naar onze mening is zowel de overheid als de branche gebaat bij meer transparantie en harmonisatie.

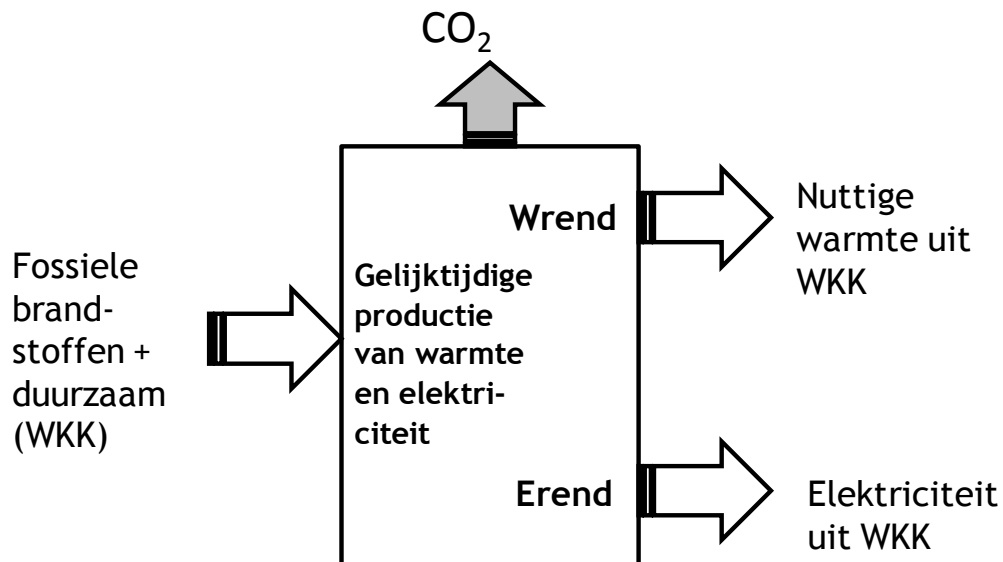
1.2 Doel van deze notitie

Deze discussienotitie was het startpunt voor een uitwisseling van standpunten tussen Nederlandse onderzoekers, beleidsmakers, energiespecialisten en belanghebbenden in de WKK sector over de definitie voor WKK, en de energie- CO₂ waardering van warmte en elektriciteit geproduceerd met WKK. Deze notitie vormde de basis voor deze discussie door:

- Een overzicht te geven van de momenteel gehanteerde definities, methoden en referenties;
- Aan te geven waar de overeenkomsten en verschillen zitten tussen de verschillende benaderingen;
- Een voorstel te formuleren om te komen tot harmonisatie in de benaderingen.

De discussies rond de waardering van WKK is nog niet afgerond. Deze notitie geeft daarom de huidige stand van zaken weer.

1.3 Principe van WKK



Figuur 1 Principe van warmte/krachtkoppeling

Bij WKK worden fossiele en/of duurzame brandstoffen in een installatie gebruikt om zowel warmte als elektriciteit te produceren, waarbij zowel de warmte als de elektriciteit nuttig wordt ingezet (zie Figuur 1).

De discussies rond WKK spitsen toe op:

- **Definitie van WKK:** wanneer mag een installatie een WKK-installatie heten of is sprake van een installatie in “WKK bedrijf”?
- **Definitie en keuze van de referentiesituatie** voor warmte en elektriciteitsproductie. Hierbij gaat het om het vastleggen van de veronderstelling over welke technieken of systemen worden vervangen (of niet worden ingezet) doordat een WKK-installatie wordt ingezet voor de productie van warmte en elektriciteit. Traditioneel wordt veelal verondersteld dat in de afwezigheid van WKK warmte en elektriciteit gescheiden worden geproduceerd in de verschillende sectoren. Het is echter de vraag of deze veronderstelling in de toekomst houdbaar als bijvoorbeeld gekeken wordt naar de glastuinbouw waar een WKK op dit moment veelal al de standaard is. Dit zou dan betekenen dat WKK t.o.v. de referentie geen extra energiebesparing en CO₂-reductie meer oplevert.

- **Allocatie** van de brandstofinzet en de vrijkomende CO₂ naar de geproduceerde warmte en elektriciteit. Allocatie van de brandstofinzet en CO₂ emissies speelt een rol in die situaties waarbij de geproduceerde warmte en elektriciteit naar verschillende afnemers gaat. In dergelijke gevallen is er vaak behoefte aan verdeling van de brandstofinzet, CO₂ emissies en besparingen naar de verschillende afnemers.

1.4 WKK komt op veel plaatsen terug

Zoals uit dit rapport blijkt speelt de discussie rond WKK op veel terreinen. Hieronder een kort overzicht:

- Protocol Monitoring Energiebesparing (ECN, 2001) > bijdrage van WKK aan de totaal gerealiseerde energiebesparing in Nederland;
- Protocol Monitoring Duurzame energie (SenterNovem, 2006) > allocatie van brandstofinzet naar warmte en elektriciteit bij biomassa installaties en afvalverbrandingsinstallaties met het doel de uitgespaarde primaire fossiele brandstofinzet te bepalen;
- Energieprestatienorm (EPN) (TNO, 2001) > waardering van elektriciteitsexport door WKK-installaties binnen het gebouw;
- Gelijkwaardigheidverklaringen > opstellen van berekening over de waardering van o.a. WKK en aftapwarmte in huidige EPC berekening;
- Energiebesparende Maatregelen op Gebiedsniveau (EMG) > waardering van besparingen door een WKK op wijkniveau op het niveau van het gebouw;
- EU WKK richtlijn (EU, 2004) > stelt de methoden en referenties vast voor de bepaling van nationale potentiëlen voor “high-efficiency” WKK;
- EU duurzame energie richtlijn (EU, 2009) > o.a. referentie elektriciteitsconsumptie door warmtepompen;
- Uniforme maatlat (Harmelink, Bosselaar, 2009) > waardering van warmte uit WKK installaties;
- Stroometikettering (CE, 2008) > allocatie van brandstofinzet bij WKK naar warmte en elektriciteit voor bepaling CO₂ emissie per kWh;
- Monitoring doelstellingen WKK in “Schoon en Zuinig” (VROM, 2007);
- Energietransitie> Platform Nieuw Gas > veronderstelling bij de berekening van besparingen door micro-wkk (Cogen projects et al, 2008);
- Opstellen van wkk statistieken door CBS (CBS, 2009b) en Eurostat (EEA, 2009) (EU, 2008) en de IEA > welke productie valt wel en niet onder de definitie van WKK;
- Onrendabele top berekeningen WKK (ECN, 2009) > keuze van referentierendement bepaalt CO₂-vrije kWh per type WKK-installatie;

- Referentieramingen (scenario's) (ECN, 2005) > bepalen bijdrage van WKK aan realiseren van energie- en klimaatdoelstellingen;
- EU-IPPC (Integrated Pollution and Prevention Control) > BAT (Best Available Technologies) technologieën voor milieuvergunning waaronder efficiency voor WKK-installaties (IPPC, 2009);
- Emissiehandel (3^{de} handelsperiode) > allocatie van CO₂ naar warmte en elektriciteit ten behoeve van de vrije allocatie van emissierechten voor warmte geproduceerd door WKK-installaties;
- Energieprestatie op locatie (EPL) > vaststellen van de energie- en CO₂ prestaties van een locatie;
- De milieueffectrapportage (MER);
- Besparingsberekeningen voor subsidies (EIA, UKP).

1.5 Opbouw van de notitie

- Hoofdstuk 2: Definitie van WKK;
- Hoofdstuk 3: Definitie en keuze van de referentiesituatie;
- Hoofdstuk 4: Methoden voor de allocatie van brandstofinzet en CO₂ emissie.

2 Definitie van WKK

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in de verschillende definities die gehanteerd worden voor WKK-installaties. Een duidelijke definitie is vooral van belang voor een transparante monitoring van beleidsdoelstelling op het gebied van WKK. Bijvoorbeeld is het opgestelde vermogen aan WKK toegenomen, hoeveel % van de elektriciteitsproductie komt van WKK installaties etc.

2.2 Europese WKK richtlijn

In de Europese Richtlijn voor WKK (EU, 2004) wordt “*warmtekrachtkoppeling*” gedefinieerd als “gelijktijdige opwekking in één proces van thermische energie en elektrische en/of mechanische energie”. Verder is in deze richtlijn gedefinieerd dat “*nuttige warmte*” warmte is die in een warmtekrachtkoppelingsproces wordt geproduceerd om aan een economisch aantoonbare vraag te voldoen. De “*economisch aantoonbare vraag*” is de vraag die de behoefte aan warmte of koeling niet overstijgt en waaraan anders onder marktvoorwaarden zou worden voldaan door andere processen van energieopwekking dan warmtekrachtkoppeling. Daarmee is “*elektriciteit uit warmtekrachtkoppeling*” gedefinieerd als elektriciteit opgewekt in een proces dat is gekoppeld aan de opwekking van nuttige warmte.

Bij het hanteren van deze definitie mag elektriciteit die wordt geproduceerd met een installatie zonder dat de warmte nuttig wordt ingezet niet worden meegerekend als elektriciteit geproduceerd met een WKK. In de richtlijn is tevens vastgelegd dat wanneer installaties onder een totaal rendement van 75%-80% komen (afhankelijk van het type installatie) slechts een gedeelte van de elektriciteit als “elektriciteit uit warmtekrachtkoppeling” bestempeld kan worden.

2.3 WKK in de CBS statistiek “Productiemiddelen Elektriciteit”

Het CBS hanteert de volgende definitie: “Warmtekrachtkoppelinginstallaties zijn elektriciteitsproductie-installaties die de warmte, die ontstaat bij de opwekking van elektriciteit (kracht), voor nuttig gebruik kunnen afleveren “ (CBS, 2009a). Het CBS enquêteert bedrijven over hun opgestelde elektrisch vermogen, uitgesplitst naar WKK en niet WKK, de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit en warmte. Bedrijven met stoomturbines, gasturbines en STEG-eenheden worden integraal waargenomen, voor gasmotoren wordt gebruik gemaakt van de monitoringgegevens van het LEI (CBS, 2009). Per installatie berekent het CBS ter controle het rendement. De absolute hoeveelheid

geproduceerde energie moet in overeenstemming zijn met de capaciteit van de installatie. De gegevens worden vergeleken met die van het voorgaande jaar. Er wordt dus geen minimaal overall rendement gehanteerd. (CBS, 2009b).

2.4 IEA/Eurostat en EU richtlijn energiestatistieken

Eurostat en het Internationaal Energie Agentschap (IEA) werken al jaren samen op het gebied van energiestatistiek. WKK is onderdeel daarvan. Ze gebruiken gezamenlijke vragenlijsten. Tot voor kort werden de energiestatistieken gemaakt op basis van een gentlemen's agreement. In 2008 is de bestaande praktijk voor de EU-landen vastgelegd in een formele richtlijn (EU, 2008).

In de Europese richtlijn voor energiestatistieken staat geen definitie van WKK. In de toelichting bij de vragenlijst wel: "Combined Heat and Power refers to a plant which is designed to produce both heat and electricity". Dat komt dus overeen met de definitie in de CBS statistiek productiemiddelen elektriciteit. Echter, de definitie wijkt af van de definitie in de Europese WKK-richtlijn (zie hierboven).

Een bijzonder aspect van de IEA/Eurostat energiestatistieken is de behandeling van de geproduceerde WKK-warmte die niet wordt verkocht. Deze warmte komt niet expliciet voor op de vragenlijsten van IEA/Eurostat. In plaats daarvan wordt de lidstaten gevraagd de brandstofinzet voor de betreffende WKK-installaties te splitsen in een deel wat wordt toegerekend aan elektriciteit en een deel wat wordt toegerekend aan warmte. Dat deel wat wordt toegerekend aan warmte komt terug op de vragenlijsten als finaal verbruik, analoog dus aan een warmtekotel. Bij de methode voor het splitsen zijn de lidstaten vrij. Als standaard suggereert de EU om te splitsen op basis van de energie van de geproduceerde warmte en elektriciteit (IEA en Eurostat, 2004). Dit heeft tot gevolg dat de IEA/Eurostat WKK statistieken moeilijk vergelijkbaar zijn tussen landen (CBS, 2009c).

Eurostat verzamelt en publiceert niet alleen informatie in het kader van de EU-richtlijn over energiestatistieken (EU, 2008), maar ook in het kader van de WKK-richtlijn (EU, 2004). De definitie van WKK daarin is anders en alle warmteproductie wordt daarvoor wel expliciet meegenomen.

2.5 Protocol monitoring energiebesparing

In het protocol monitoring energiebesparing (ECN, 2001) wordt geen aparte definitie gehanteerd voor WKK-installaties. Het protocol neemt de monitoringgegevens van het CBS als uitgangspunt voor de berekening van energiebesparing. Voor de Energie Diensten richtlijn (ESD) (EU, 2006) komt een nieuwe versie van dit protocol.

2.6 Protocol monitoring duurzame energie

Het protocol monitoring duurzame energie (SenterNovem, 2006) hanteert geen aparte definitie voor WKK, maar neemt de cijfers over uit de monitoring van het CBS door WKK. In 2009 wordt dit protocol aangepast, wijzigingen kunnen nog verwerkt worden tot eind september.

2.7 Uniforme maatlat

De uniforme maatlat (Harmelink, Bosselaar, 2009) maakt een onderscheid tussen WKK-installaties en aftapinstallaties. *Aftapinstallaties* zijn daarbij gedefinieerd als installaties waarbij warmte wordt (bij)geproduceerd in bijvoorbeeld een elektriciteitscentrale of afvalverbrandingsinstallatie waarbij bewust de keuze wordt gemaakt om minder elektriciteit te produceren en meer warmte te leveren als de netto milieuoopbrengsten daarvan positief zijn. Elektriciteitsproductie en/of afvalverwerking blijft het primaire proces. *Warmte/krachtkoppeling* is gedefinieerd als een energieproductieproces waarbij de installatie gedimensioneerd is op de warmtevraag en elektriciteit wordt beschouwd als bijproduct.

2.8 Wet belasting op milieugrondslag

In de Wet belasting op milieugrondslag is WKK gedefinieerd als: “een installatie waarin aardgas wordt verstoekt voor de gecombineerde opwekking van warmte en kracht met een totaal energetisch rendement van minimaal 60%, gebaseerd op de calorische onderwaarde van het gas. Onder het totaal energetisch rendement wordt verstaan de som van het rendement van de elektriciteitsopwekking en tweederde deel van het rendement van de productie van nuttig aan te wenden warmte, berekend op de onderste verbrandingswaarde van aardgas” (Min Fin, 2010)

2.9 Totaalbeeld

- Een goede definitie van WKK is van belang voor een transparante monitoring van doelstelling op het gebied van WKK
- Op de meeste terreinen wordt een kwalitatieve definitie van WKK gehanteerd: “Warmtekrachtkoppelinginstallaties zijn elektriciteitsproductie-installaties die de warmte, die ontstaat bij de opwekking van elektriciteit (kracht), voor nuttig gebruik kunnen afleveren”.
- Met uitzondering van de EU-WKK richtlijnen worden geen minimum overall rendementen gehanteerd binnen de verschillende terreinen, dit betekent dat alle installaties die warmte en elektriciteit produceren (ongeacht de verhouding tussen de twee producten) onder de definitie van WKK vallen.

Het ligt voor de hand om voor de definitie van WKK aan te sluiten bij de EU WKK-richtlijn. Deze definitie bestaat uit 3 onderdelen:

- Warmtekracht koppeling betreft een proces waar gelijktijdig thermische en elektrische en/of mechanische energie wordt opgewerkt,
- de geproduceerde warmte aan een economische nuttige vraag voldoet, en een minimaal totaal energetisch rendement voor WKK installaties op jaarbasis te hanteren van 75%³ of 80%⁴.

³ Een totaal rendement van 75% geldt voor de volgende type installaties:

- b) Tegendrukstoomturbine
- d) Gasturbine met warmteterugwinning
- e) Interne verbrandingsmotor
- f) Microturbine
- g) Stirlingmotor
- h) Brandstofcel
- i) Stoommachine
- j) Organische Rankine-cyclus
- k) Alle overige typen technologie en alle combinaties daarvan die onder de definitie vallen die in artikel 3, onder a), is vastgelegd in de EU-WKK richtlijn

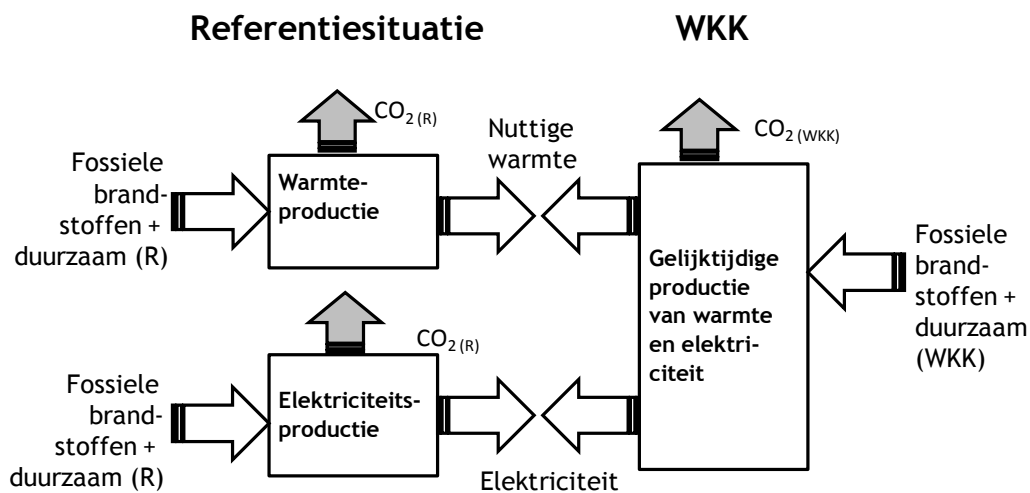
⁴ Een totaal rendement van 80% geldt voor de volgende type installaties:

- a) Stoom- en gasturbine met warmteterugwinning
- c) Aftap- en condensatiestoomturbine.

3 Definitie en keuze van de referentiesituatie

3.1 Inleiding

Bij de definitie van de referentiesituatie gaat het om het vastleggen van de veronderstelling over *welke technieken of systemen worden vervangen (of niet worden ingezet)* doordat een WKK-installatie wordt ingezet voor de productie van warmte en elektriciteit. Traditioneel wordt veelal verondersteld dat in de afwezigheid van een WKK-installatie warmte en elektriciteit gescheiden worden geproduceerd in de verschillende sectoren (zie Figuur 2).



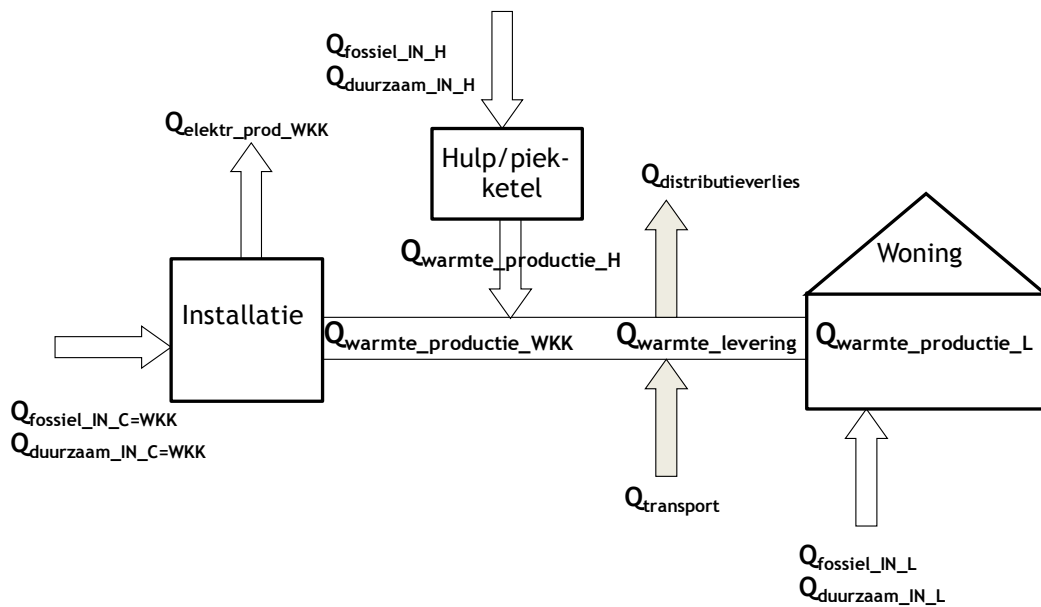
Figuur 2 Vergelijking van de productie van warmte- en elektriciteit in de referentiesituatie en met de productie door middel van warmte/krachtkoppeling

Het is echter de vraag of deze veronderstelling (in de toekomst) houdbaar is als bijvoorbeeld wordt gekeken naar de glastuinbouw waar een WKK op dit moment al de standaard is, en welke referentie gehanteerd moet worden voor de productie van warmte in woningen wanneer de energieprestatienorm in de toekomst verder wordt aangescherpt naar 0,6 en 0,4 en de HR ketel niet meer de standaard zal zijn.

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van gehanteerde referentiesituaties in veel gebruikte protocollen en benaderingen. Daarbij is het belangrijk goed voor ogen te houden dat de protocollen en benaderingen verschillende doelen hebben en dat dit mede de keuze voor de referentie bepaald.

3.2 Goede definitie van projectgrenzen

Bij het beoordelen van WKK is het van belang ook goed te kijken naar de definitie van de projectgrenzen. Bij WKK installatie op wijkniveau in de woningbouw treden bijvoorbeeld distributieverliezen op die bij een lokale HR ketel niet optreden. Deze moeten dus wel in de berekeningen worden meegenomen (zie Figuur 3).



Figuur 3 Projectgrenzen voor een WKK installatie waarbij rekening wordt gehouden met eventueel energiegebruik voor hulpketels, distributieverliezen en het energiegebruik voor het transport van de warmte.

3.3 Europese WKK-richtlijn

In de Europese WKK-richtlijn is gericht op het vaststellen van *energiebesparingen* voor *momenteel geïnstalleerd vermogen* en het vaststellen van de hoeveelheid “hoogrenderende warmtekrachtkoppeling” dat de lidstaten momenteel hebben geïnstalleerd (*ex-post*). Daarbij discrimineert de richtlijn niet tussen type brandstof. Tabel 1 geeft een overzicht van de referentiewaarden per type brandstof voor de productie van *warmte*.

Tabel 1 Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van warmte (EU, 2006)

	Type Brandstof	Stoom* /heet water	Direct gebruik van uitlaatgassen(**)
Vast	Steenkool/cokes	88 %	80 %
	Bruinkool/bruinkoolbriketten	86 %	78 %
	Turf/turfbriketten	86 %	78 %
	Houtbrandstoffen	86 %	78 %
	Agrarische biomassa	80 %	72 %
	Biologisch afbreekbaar (stedelijk) afval	80 %	72 %
	Niet-hernieuwbaar (stedelijk en industrieel) afval	80 %	72 %
Vloeibaar	Oliehoudende leisteel	86 %	78 %
	Olie (gasolie + stookolie), LPG	89 %	81 %
	Biobrandstoffen	89 %	81 %
	Biologisch afbreekbaar afval	80 %	72 %
	Niet-hernieuwbaar afval	80 %	72 %
Gasvormig	Aardgas	90 %	82 %
	Raffinaderijgas/waterstof	89 %	81 %
	Biogas	70 %	62 %
	Cokesovengas, hoogovengas + andere afvalgassen	80 %	72 %

(*) De stoomefficiëntie moet met 5 % worden verlaagd wanneer lidstaten die artikel 12, lid 2, van Richtlijn 2004/8/EG toepassen, teruggevoerd condenswater opnemen in de berekening van het rendement van een warmtekrachteenheid.

(**) De waarden voor directe hitte moeten worden gebruikt als de temperatuur 250 C of hoger is.

Voor elektriciteit hanteert de richtlijn referentiewaarden per type brandstof en bouwjaar (zie Tabel 2).

Tabel 2 Geharmoniseerde rendementsreferentiewaarden voor de gescheiden productie van elektriciteit (EU, 2006)

	Bouwjaar: Type brandstof:	1996 en voor- dien	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006- 2011
Vast	Steenkool/cokes	39,7 %	40,5 %	41,2 %	41,8 %	42,3 %	42,7 %	43,1 %	43,5 %	43,8 %	44,0 %	44,2 %
	Bruinkool/bruinkoolbriketten	37,3 %	38,1 %	38,8 %	39,4 %	39,9 %	40,3 %	40,7 %	41,1 %	41,4 %	41,6 %	41,8 %
	Turf/turfbriketten	36,5 %	36,9 %	37,2 %	37,5 %	37,8 %	38,1 %	38,4 %	38,6 %	38,8 %	38,9 %	39,0 %
	Houtbrandstoffen	25,0 %	26,3 %	27,5 %	28,5 %	29,6 %	30,4 %	31,1 %	31,7 %	32,2 %	32,6 %	33,0 %
	Agrarische biomassa	20,0 %	21,0 %	21,6 %	22,1 %	22,6 %	23,1 %	23,5 %	24,0 %	24,4 %	24,7 %	25,0 %
	Biologisch afbreekbaar (stedelijk) afval	20,0 %	21,0 %	21,6 %	22,1 %	22,6 %	23,1 %	23,5 %	24,0 %	24,4 %	24,7 %	25,0 %
	Niet-hernieuwbaar (stedelijk en industrieel) afval	20,0 %	21,0 %	21,6 %	22,1 %	22,6 %	23,1 %	23,5 %	24,0 %	24,4 %	24,7 %	25,0 %
	Oliehoudende leesteen	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %	38,9 %
Vloeibaar	Olie (gasolie + stookolie), LPG	39,7 %	40,5 %	41,2 %	41,8 %	42,3 %	42,7 %	43,1 %	43,5 %	43,8 %	44,0 %	44,2 %
	Biobrandstoffen	39,7 %	40,5 %	41,2 %	41,8 %	42,3 %	42,7 %	43,1 %	43,5 %	43,8 %	44,0 %	44,2 %
	Biologisch afbreekbaar afval	20,0 %	21,0 %	21,6 %	22,1 %	22,6 %	23,1 %	23,5 %	24,0 %	24,4 %	24,7 %	25,0 %
	Niet-hernieuwbaar afval	20,0 %	21,0 %	21,6 %	22,1 %	22,6 %	23,1 %	23,5 %	24,0 %	24,4 %	24,7 %	25,0 %
Gasvormig	Aardgas	50,0 %	50,4 %	50,8 %	51,1 %	51,4 %	51,7 %	51,9 %	52,1 %	52,3 %	52,4 %	52,5 %
	Raffinaderijgas/waterstof	39,7 %	40,5 %	41,2 %	41,8 %	42,3 %	42,7 %	43,1 %	43,5 %	43,8 %	44,0 %	44,2 %
	Biogas	36,7 %	37,5 %	38,3 %	39,0 %	39,6 %	40,1 %	40,6 %	41,0 %	41,4 %	41,7 %	42,0 %
	Cokesovengas, hoogovengas, andere afval- gassen, industriële overtollige hitte	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %	35 %

3.4 Europese duurzame energie richtlijn

In de nieuwe duurzame energie richtlijn (EU, 2009) wordt twee maal gerefereerd aan de referenties voor elektriciteitsproductie.

1. Bij de berekening van het energiegebruik voor productie, gebruik en transport van biobrandstoffen kan eventueel een WKK worden ingezet. De besparingen door export van elektriciteit dienen daarbij als volgt berekend te worden volgens de directive "The greenhouse gas emission saving associated with that excess electricity shall be taken to be equal to the amount of greenhouse gas that would be emitted when an equal amount of electricity was generated in a power plant using the same fuel as the cogeneration unit". Dit betekent in de praktijk dat de lijn van de WKK-directive wordt gevolgd.
2. In de nieuwe richtlijn tellen ook warmtepompen mee als duurzame energiebronnen. Het beslag op primaire energiedragers door het gebruik van elektriciteit "shall be calculated as an EU average based on Eurostat data" (Annex VII).

3.5 Protocol monitoring energiebesparing (PME)

Het Protocol energiebesparing is gericht op het in kaart brengen van *gerealiseerde besparingen (ex-post)* voor Nederland als geheel. Het protocol hanteert een referentie voor de *warmteproductie* variërend tussen de 85% en 100% afhankelijk van de sector. De referentie bevat daarbij ook een waardering voor de kwaliteit van de warmte. Elektriciteitsbesparing wordt berekend tegen *het gemiddelde rendement van de totale elektriciteitsproductie in Nederland (inclusief duurzaam, maar exclusief decentrale wkk die bij de gebruikers van de warmte staat)* in een bepaald basisjaar. Waarbij PV en wind een conversiefactor hebben van 100% en voor afval en biomassa wordt gekeken naar het conversierendement. Het protocol monitoring energiebesparing wordt in 2010 herzien. In dit document is nog gewerkt met de vorige versie.

3.6 Protocol monitoring duurzame energie

Het protocol monitoring duurzame energie is vooral gericht op het in kaart brengen van de *gerealiseerde CO₂-reducties en bespaarde inzet van fossiele primaire energiebronnen door duurzame energiebronnen (ex-post)* voor Nederland als geheel. Het protocol hanteert de volgende referenties voor *warmteproductie* (Tabel 3).

Tabel 3 Referentierendementen gehanteerd voor warmteproductie in het protocol monitoring duurzame energie

Kengetal		1990	2000	2005	2010	2020
Omzettingrendement < 100 kWth						
> warm tapwater	%	65	65	65	65	65
> ruimteverwarming	%	95	95	95	95	95
Omzettingrendement > 100 kWth						
warm tapwater en ruimteverwarming	%	90	90	90	90	90
CO ₂ emissiefactor	Gr/GJp	56,1	56,1	56,1	56,1	56,1

Voor elektriciteitsproductie wordt gerekend met het gemiddelde rendement van de *fossiele elektriciteitsproductiemix (inclusief centrale WKK en dus exclusief duurzaam en exclusief decentrale WKK)*. Deze benadering wordt gevolgd omdat het doel van duurzame energie is om fossiele bronnen te vervangen. Het protocol monitoring duurzame energie wordt herzien in 2010. Voor deze notitie is nog de versie 2006 gebruikt.

3.7 Energieprestatienorm (EPN) voor nieuwbouw (woningen en utiliteit)

Doel van de EPN berekeningen is om vooraf vast te stellen of individuele woningen voldoen aan de minimale EPN eis. De EPN hanteert voor de woning- en utiliteitsbouw een referentierendement voor *warmte* van 95% voor ruimteverwarming en 70% voor warm tapwater op onderwaarde.

De EPN hanteert als referentie voor geconsumeerde elektriciteit een rendement van 39% (overeenkomend met het gemiddelde landelijke rendement van de elektriciteitsproductie op het moment dat de huidige EPN werd vastgesteld). Voor export van elektriciteit (voor die situatie waarbij bijvoorbeeld een WKK installatie meer elektriciteit produceert dan wordt geconsumeerd door het gebouw) wordt de geëxporteerde elektriciteit gewaardeerd tegen het rendement van een nieuwe centrale. Waarbij een rendement van 50% wordt gehanteerd (TNO, 2001). In de EPG (NEN 7120) worden de waarden aangepast. Deze aanpassingen zijn nog niet verwerkt in deze notitie.

3.8 Gelijkwaardigheidsverklaringen

De EPN waardeert maatregelen op lokaal niveau. Het is op dit moment echter ook mogelijk om energietechnieken op wijk en lokaal niveau mee te nemen in de EPN berekeningen. Daarvoor moet een gelijkwaardigheidsverklaring worden opgesteld. Op dit moment zijn er geen richtlijnen voor het opstellen van gelijkwaardigheidsverklaringen (de EMG moet op termijn de gelijkwaardigheidsverklaringen gaan vervangen). Bij het doorrekenen van WKK opties wordt bij het opstellen van deze verklaringen op dit moment veelal een marginale benadering toegepast, waarbij wordt verondersteld dat de WKK een STEG centrale vervangt. Voor het lokale niveau komt er een norm waarmee de gelijkwaardigheidsverklaringen gemaakt moeten worden. Deze norm de EMG (ENV7125) ligt nu voor commentaar als groene versie.

3.9 Energieprestatie op locatie (EPL)

De EPL heeft tot doel om voor een bouwlocatie vooral (*ex ante*) vast te stellen wat de energieprestatie is voor deze locatie. Bij de bepaling van de energieprestatie op locatie (EPL) wordt een marginale benadering toegepast. De referentie wordt daarbij bepaald door de marginale conventionele optie. Bij de bepaling van de EPL is een STEG centrale op aardgas de referentie voor elektriciteitsproductie.

3.10 Uniforme maatlat

Doel van de uniforme maatlat (Harmelink, Bosselaar, 2009) is om voor een bouwlocatie vooraf (*ex-ante*) de besparing op fossiele brandstoffen en de CO₂-reductie te bepalen voor een 2020.

De uniforme maatlat hanteert voor de woning- en utiliteitsbouw als referentie bouwen volgens de huidige EPN. Dit komt voor de huidige EPN gemiddeld overeen met een referentierendement voor *warmte* van 95% voor ruimteverwarming en 70% voor warm tapwater op onderwaarde voor zowel nieuwbouwwoningen als woningen bestaande woningen die gerenoveerd gaan worden. Op het moment dat de EPN wordt aangescherpt zal ook het referentierendement naar boven gaan.

Als referentie voor de elektriciteitsproductie hanteert de uniforme maatlat een *het gemiddelde fossiele rendement* voor het gehele elektriciteitsproductiepark in 2020.

3.11 Onrendabele top berekeningen

Ten behoeve van de berekening van de onrendabele top voor WKK installaties (ECN, 2009) stelt het ministerie van Economische Zaken jaarlijks emissiefactoren vast (zie Tabel 4).

Tabel 4 Toegepast CO₂ emissiefactoren voor de onrendabele top berekeningen

	Factor	Eenheid
Elektriciteit (hoogspanning)	353,8	gr CO ₂ /kWh
Elektriciteit (middenspanning)	357,7	gr CO ₂ /kWh
Stoomproductie	60,3 (rend 93%)	kg CO ₂ /GJ
Heet water productie	57,85 (rend 97%)	kg CO ₂ /GJ

3.12 Scenarioberekeningen (Referentieramingen/Monitoring “Schoon en Zuinig”)

Scenarioberekeningen uitgevoerd door het ECN en PBL hebben tot doel om voor Nederland als totaal vast te stellen wat het effect is van het huidige beleid op het toekomstige energiegebruik, de CO₂ emissies en het realiseren van toekomstige doelstellingen in Nederland (*ex-ante*) (ECN,2005) (PBL, 2009).

In deze scenarioberekeningen wordt in de modellen gewerkt met een marginale benadering, waarbij wordt gekeken wat bijvoorbeeld het effect is van meer elektriciteitsbesparing en duurzame energie op de inzet van de elektriciteitsproductiemix in Nederland. Hierbij is (tot 2020) de veronderstelling dat

duurzame energie voorrang krijgt op het net en de fossiele opties de marginale opties zijn.

3.13 Totaalbeeld

Tabel 5 geeft een overzicht van de referenties gehanteerd in de verschillende richtlijnen en protocollen beschreven in dit hoofdstuk. De tabel laat zien dat:

- de gehanteerde referenties voor de warmteproductie elkaar niet sterk ontlopen;
- vrijwel geen enkel protocol of norm gericht is op de toekomstige verbeteringen in de warmteproductie en/of rekening houdt met verschillen tussen sectoren. Hierbij moet worden opgemerkt dat uit onderzoek in het kader van de EU-WKK richtlijn is gebleken dat de verwachte efficiencyverbeteringen ook gering zijn.

De referenties gehanteerd voor de elektriciteitsproductie lopen sterker uiteen. De benaderingen verschillen in:

- het gebruik van historische, huidige dan wel toekomstige rendementen voor de elektriciteitsproductie;
- het gebruik van het gemiddelde productiepark, marginale productie-eenheid of een specifieke technologie als referentie;
- de berekeningswijze van de efficiency van het gemiddelde park.

Tabel 5 Samenvatting van de referenties gehanteerd in de verschillende richtlijnen en protocollen

	Referentie voor:		Doel
	Warmte productie	Elektriciteits-productie	
EU WKK richtlijn	72%-90% ¹⁾	20%-52,5% ²⁾	Ex-post aandeel high efficiency WKK vaststellen op nationaal niveau
EU Duurzame energie richtlijn		20%-52,5% en EU gemiddelde voor warmtepompen ⁸⁾	Ex-ante vaststellen bijdrage duurzame bronnen aan energievoorziening op nationaal niveau
Protocol monitoring energiebesparing / ESD	85%-100% ³⁾	Rendement gemiddelde totale park voor een basisjaar (excl. decentrale WKK en	Ex-post vaststellen gerealiseerde energiebesparing op nationaal niveau

	Referentie voor:		Doel
	Warmte productie	Elektriciteits-productie	
		incl. duurzaam)	
Protocol monitoring duurzame energie	90%-95% / 65% ⁴⁾	Rendement gemiddelde fossiele park voor actueel jaar (incl. WKK)	Ex-post vaststellen uitgespaarde fossiele brandstof op nationaal niveau
Energieprestatienorm (EPN)	95%/70% ⁵⁾	39%/50% ⁷⁾	Ex-ante vaststellen of wordt voldaan aan norm voor een individuele woningen
Gelijkwaardigheidsverklaring	95%/70% ⁵⁾	Marginale benadering veelal STEG 55%	Ex-ante vaststellen of wordt voldaan aan norm voor een individuele woningen
Energieprestatie op locatie (EPL)	95%/70%	Marginale benadering - STEG 55%	Ex-ante vaststellen energieprestatie van een bouwlocatie
Uniforme maatlat	95%/70% ⁵⁾	Fossiele rendement in 2020 ⁶⁾	Ex-ante vaststellen energie- en CO ₂ prestaties van warmtevoorzieningsopties
Scenarioberekeningen		Marginale benadering	Ex-ante vaststellen energie- en CO ₂ emissies voor Nederland als totaal onder huidig beleid
Onrendabele top berekeningen	93%-97%	-56%	Ex-ante vaststellen rentabiliteit WKK opties

¹⁾ Afhankelijk van type brandstof en geproduceerd productie (stoom/warm water of uitlaatgassen)

²⁾ Afhankelijk van type brandstof en bouwjaar van de installatie

³⁾ Dit geldt voor WKK bij de eindgebruiker, in overige gevallen wordt gerekend met een bijstookfactor. In het rendement is ook rekening gehouden met de kwaliteit van de warmte

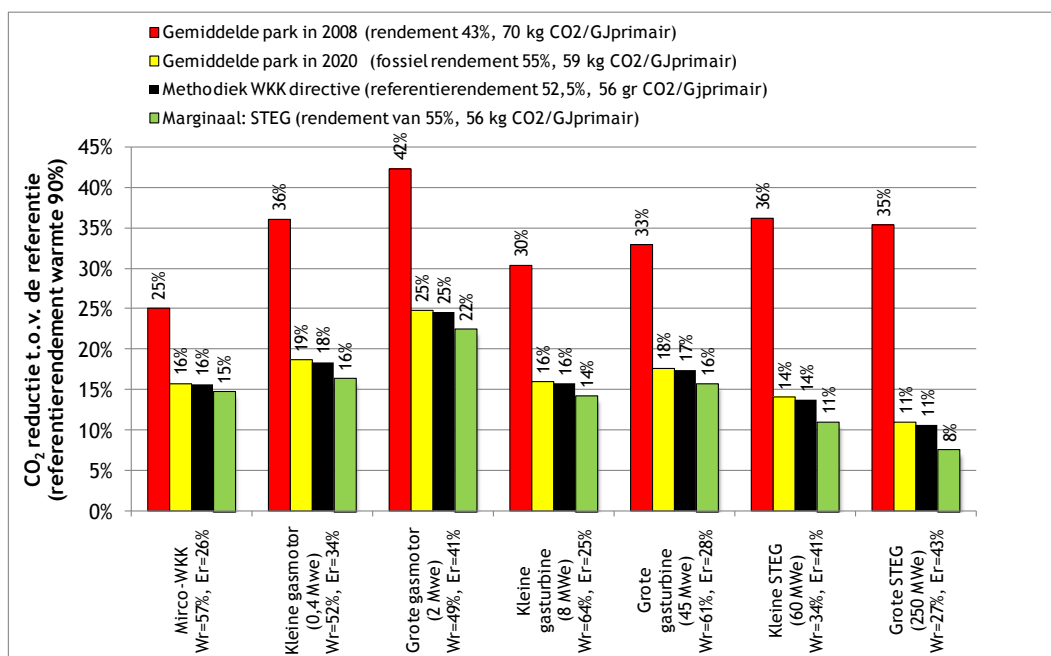
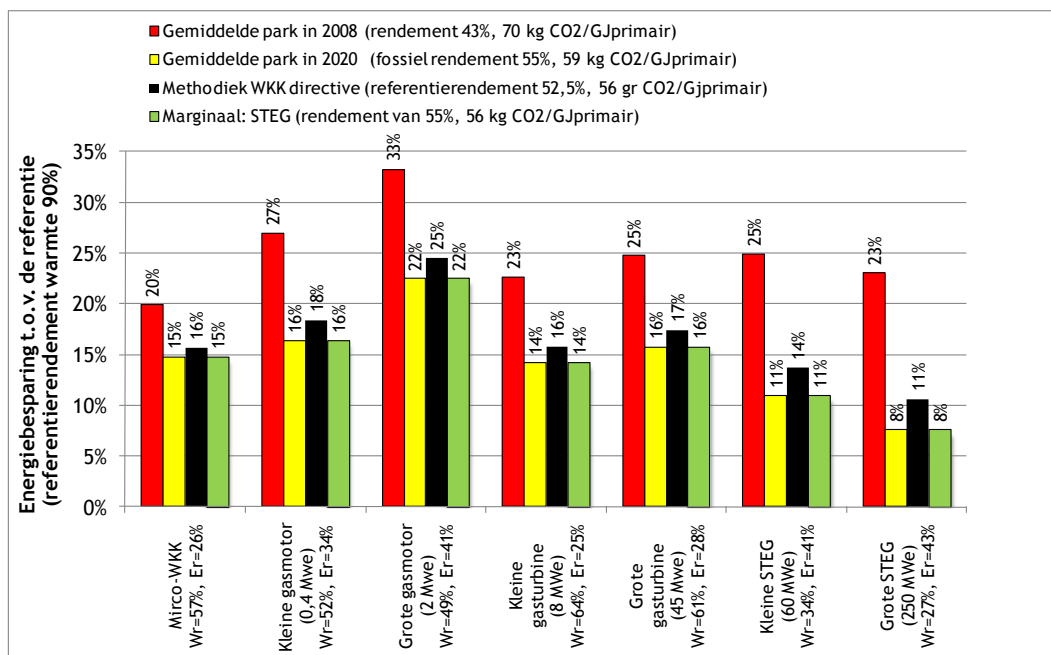
⁴⁾ Het protocol hanteert een rendement van 65% voor warm tapwater

⁵⁾ Uniforme maatlat en de EPN hanteert een rendement van 70% voor warm tapwater.

⁶⁾ Fossiele rendement = (Elektriciteitsproductie door fossiel, duurzaam en kernenergie) / (Primaire brandstofinzet fossiel en kernenergie)

⁷⁾ 39% voor geconsumeerde elektriciteit en 50% voor geëxporteerde elektriciteit

⁸⁾ Afhankelijk van type brandstof en bouwjaar van de installatie voor de geëxporteerde elektriciteit. EU-gemiddelde emissiefactor voor elektriciteitsproductie bij warmtepompen.



Figuur 4 Energiebesparing (boven) en CO₂-reductie (onder) voor verschillende typen aardgasgestookte WKK installaties ten opzichte van een aardgasgestookt referentierendement voor warmte van 90% en verschillende rendementen voor elektriciteitsproductie. NOOT: De energiebesparing is niet gecorrigeerd voor eventuele distributieverliezen, transportenergie en inzet van hulpketels.

Figuur 4 geeft de energiebesparing voor verschillende typen veelvoorkomende aardgasgestookte WKK installaties (zoals ook opgenomen in de berekeningen van de SDE) ten opzichte van een aardgasgestookt referentierendement voor warmte van 90% en verschillende rendementen voor elektriciteitsproductie. Hieruit blijkt dat voor de bekeken installaties de methode waarbij het huidige rendement wordt gehanteerd de hoogste besparingen geeft en dat de andere methoden wat betreft besparingen dicht bij elkaar liggen.

Bij de keuze voor te hanteren referenties voor elektriciteitsproductie zou een onderscheid gemaakt kunnen worden naar (zie Tabel 6):

- *Geografische schaal* waarop de analyse wordt uitgevoerd, met een onderscheid naar Nederland als geheel en lokale situaties. Voor de analyse van lokale situaties, zowel de ex-ante als de ex-post, ligt het voor de hand de mix van alle elektriciteitsproductiemiddelen als referentie te hanteren. De gedachte hierbij is dat (1) een individueel project geen significante invloed uitoefent op de samenstelling en inzet van de elektriciteitsproductiemiddelen en (2) de berekeningen op lokaal niveau relatief eenvoudig gehouden moeten worden.
- *Ex-ante dan wel ex-post analyses* op nationaal niveau. Bij ex-post analyses zou als referentie de mix van alle elektriciteitsproductie technieken in een historisch jaar of actueel jaar kunnen worden gehanteerd. Voor ex-ante analyses ligt een marginale benadering meer voor de hand omdat bijvoorbeeld het effect van elektriciteitsbesparing voor Nederland als totaal wel degelijk invloed heeft op de investeringen in het fossiele elektriciteitsproductiepark. Het feit dat het elektriciteitspark sterk diversifieert, pleit er voor om voor de referentie niet uit te gaan van één techniek maar de hele productiemix als referentie te hanteren.

Tabel 6 Mogelijkheden voor te hanteren referenties voor elektriciteitsproductie met onderscheid naar ex-post en ex-ante analyse en geografische schaal van de analyses.

	Lokaal	Nationaal
Ex-post	Mix van alle elektriciteitsproductie technieken in historisch jaar of actueel jaar (dus incl. WKK en duurzaam)	Mix van alle elektriciteitsproductie technieken in historisch jaar of actueel jaar (dus inclusief WKK en duurzaam)
Ex-ante	Mix van alle elektriciteitsproductie technieken in een toekomstig jaar (dus incl. WKK en duurzaam)	Marginale benadering met (tot 2020) build margin van fossiele productiemix als referentie

4 Allocatie van de brandstofinzet

4.1 Inleiding

Soms is het noodzakelijk om de brandstofinzet en CO₂ emissie bij WKKs aan verschillende actoren toe te wijzen. Dit is bijvoorbeeld het geval als de besparingen op het energiegebruik voor warmteproductie ten opzichte van de referentie aan de eindverbruiker en besparingen op de inzet van brandstoffen voor de elektriciteitsproductie ten opzichte van de referentie aan de energieproducent moeten worden toegewezen. In een dergelijk geval moet een gedeelte van de brandstofinzet en CO₂ emissie die vrijkomen bij een WKK worden toegerekend aan de elektriciteitsproductie en een gedeelte aan de warmteproductie.

Deze discussies speelt (1) op lokaal en wijkniveau waarbij een WKK binnen een specifiek project afgewogen moeten worden tegen een andere optie, en (2) op nationaal niveau bij de allocatie van de brandstofinzet naar de verschillende afnemers bij de inzet van stadsverwarming en WKK in joint ventures (b.v. voor de berekening van de CO₂ emissiefactor per kWh in het kader van de stroometikettering of het toekennen van besparingen aan sectoren bij het bepalen van de energiebesparing op nationaal niveau).

Er zijn verschillende allocatiemethoden mogelijk waarbij de bruikbaarheid veelal afhankelijk is van het doel van de analyse (Blok, 2006). De verschillende methoden zijn toegelicht met een voorbeeld.

4.2 Methode 1: allocatie o.b.v energie-inhoud van de producten

In deze methode wordt de brandstofinzet aan de geproduceerde warmte en elektriciteit toegerekend op basis van hun energie-inhoud.

$$\text{Brandstof}_E = (\text{Elektriciteit}_{WKK} / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Warmte}_{WKK})) * \text{Brandstof}_{WKK}$$

$$\text{Brandstof}_W = (\text{Warmte}_{WKK} / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Warmte}_{WKK})) * \text{Brandstof}_{WKK}$$

Het *voordeel* van deze methode is dat ze zeer eenvoudig en transparant is. *Nadeel* van deze methode is dat de energie-inhoud van de producten niet overeen komt met de kwaliteit van de bruikbaarheid van de energiedragers.

Deze methode wordt onder andere gesuggereerd aan lidstaten in de *Eurostat/IEA* energie-enquêtes als het gaat om de verdeling van de brandstofinzet bij WKK-

installaties waarbij de warmte niet wordt verkocht maar zelf wordt gebruikt. Lidstaten zijn overigens vrij in de keuze van de allocatiemethode (CBS, 2009c).

VOORBEELD:

Uitgangspunten

- Grote gasmotor (2 MWe)
- Brandstof aardgas
- Elektrisch rendement 41%
- Thermisch rendement 49%
- CO₂ emissieaardgas 56 gr/GJ

% Brandstof naar Elektriciteit

$$\begin{aligned}
 &= \text{Brandstof}_E / \text{Brandstof}_{WKK} \\
 &= \text{Elektriciteit}_{WKK} / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Warmte}_{WKK}) \\
 &= \text{Elektrisch rendement}_{WKK} / (\text{Elektrisch rendement}_{WKK} + \text{Thermisch rendement}_{WKK}) \\
 &= 41\% / (41\% + 49\%) = 46\%
 \end{aligned}$$

CO₂ emissie gr/kWh

$$\begin{aligned}
 &= (\% \text{ Brandstof naar Elektriciteit} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / (\text{Elektrisch rendement}_{WKK} / 3.6) \\
 &= (46\% * 56) / (41\% / 3.6) = 224 \text{ gr CO}_2 / \text{kWh}
 \end{aligned}$$

% Brandstof naar Warmte

$$\begin{aligned}
 &= \text{Brandstof}_W / \text{Brandstof}_{WKK} \\
 &= \text{Warmte}_{WKK} / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Warmte}_{WKK}) \\
 &= (\text{Thermisch rendement}_{WKK} / (\text{Elektrisch rendement}_{WKK} + \text{Thermisch rendement}_{WKK})) \\
 &= 49\% / (41\% + 49\%) = 54\%
 \end{aligned}$$

CO₂ emissie / GJ warmte

$$\begin{aligned}
 &= (\% \text{ Brandstof naar Warmte} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / \text{Thermisch rendement}_{WKK} \\
 &= (54\% * 56) / 49\% = 62 \text{ kg CO}_2 / \text{GJ}_{\text{warmte}}
 \end{aligned}$$

4.3 Methode 2: allocatie op basis van een primaire factor

Een andere mogelijkheid is om de brandstofinzet te alloceren op basis van een primaire factor die wordt vastgelegd in de nationale monitoring van de ESD richtlijn (EU, 2006). Het Europese project Therra stelt deze methode voor (Therra, 2009).

Primaire factor = $1/\eta$ (waarbij η het gemiddelde rendement voor de elektriciteitsproductie is)

$$\text{Brandstof}_E = (\text{Elektriciteit Rend}_{WKK} * \text{Primaire factor} / (\text{Elektriciteit Rend}_{WKK} * \text{Primaire factor} + \text{Warmte Rendement}_{WKK})) * \text{Brandstof}_{WKK}$$

$$\text{Brandstof}_W = (\text{Warmte Rend}_{\text{WKK}} / (\text{Elektriciteit Rend}_{\text{WKK}} * \text{Primaire factor} + \text{Warmte Rendement}_{\text{WKK}})) * \text{Brandstof}_{\text{WKK}}$$

VOORBEELD:

Uitgangspunten

- Grote gasmotor (2 MWe)
- Brandstof aardgas
- Elektrisch rendement 41%
- Thermisch rendement 49%
- CO₂ emissie aardgas 56 gr/GJ
- Gemiddeld rendement elektriciteitsproductiepark 2008: 43%
- Besparingen verdelen d.m.v. een primaire factor PF=1/0.43=2,3

Primaire Factor (PF)

$$= 1 / \text{Referentierendement}_{\text{E}_2008}$$

$$= 1 / 43\% = 2,3$$

% Brandstof naar Elektriciteit

$$= \text{Brandstof}_E / \text{Brandstof}_{\text{WKK}}$$

$$= \text{Elektrisch rendement}_{\text{WKK}} * \text{PF} / (\text{Elektrisch rendement}_{\text{WKK}} * \text{PF} + \text{Thermisch rendement}_{\text{WKK}})$$

$$= 41\% * 2,3 / (41\% * 2,3 + 49\%) = 66\%$$

CO₂ emissie gr / kWh

$$= (\% \text{ brandstof naar Elektriciteit} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / (\text{Elektrisch rendement}_{\text{WKK}} / 3.6)$$

$$= (66\% * 56) / (41\% / 3.6) = 325 \text{ gr CO}_2 / \text{kWh}$$

% Brandstof naar warmte

$$= \text{Brandstof}_W / \text{Brandstof}_{\text{WKK}}$$

$$= (\text{Thermisch rendement}_{\text{WKK}}) / (\text{Elektrisch rendement}_{\text{WKK}} * \text{PF} + \text{Thermisch rendement}_{\text{WKK}})$$

$$= 49\% / (41\% * 2,3 + 49\%) = 34\%$$

CO₂ emissie / GJ warmte

$$= (\% \text{ Brandstof naar Warmte} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / \text{Thermisch rendement}_{\text{WKK}}$$

$$= (34\% * 56) / 49\% = 46 \text{ kg CO}_2 / \text{GJ}_{\text{warmte}}$$

Voordeel van deze methode is dat zij relatief eenvoudig is en rekening houdt met de verschillen in primaire inzet van brandstoffen. *Nadeel* van deze methode is dat een keuze gemaakt moet worden voor een referentierendement voor elektriciteitsproductie.

4.4 Methode 3: allocatie o.b.v exergie-inhoud van de producten

In deze methode wordt de brandstofinzet toegerekend op basis van de exergie-inhoud van de producten. De ratio tussen de energie- en exergie-inhoud wordt de kwaliteitsfactor genoemd.

$$\text{Kwaliteitsfactor} = \text{Exergie-inhoud} / \text{Energie-inhoud} = 1 - T_0 / T_1$$

T_0 = referentietemperatuur (veelal de gemiddelde jaarlijkse buitentemperatuur)

T_1 = T_0 plus temperatuurniveau van de thermische energiestroom.

De kwaliteitsfactor voor warm water op een temperatuurniveau van 70 °C en een referentietemperatuur van 12 °C is $1 - 285 / 343 = 0,17$. Voor elektriciteit is de factor gelijk aan 1. De brandstofinzet wordt dan als volgt toegerekend naar elektriciteit en warmte:

$$\text{Brandstof}_E = (\text{Elektriciteit}_{WKK} / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Kwaliteitsfactor} * \text{Warmte}_{WKK})) * \text{Brandstof}_{WKK}$$

$$\text{Brandstof}_W = (\text{Kwaliteitsfactor} * \text{Warmte}_{WKK} / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Kwaliteitsfactor} * \text{Warmte}_{WKK})) * \text{Brandstof}_{WKK}$$

Voordeel van deze methode is dat ze rekening houdt met de kwaliteit van de geproduceerde energiedragers en toepasbaar is bij de productie van stoom, hoge temperatuur water en lage temperatuur -warmtedistributie. *Nadeel* van deze methode is dat niet altijd bekend is wat het temperatuurniveau is van de geproduceerde warmte of warmte van verschillende temperatuurniveaus wordt geproduceerd (zoals bij gasmotoren). Deze benadering vereist dus een keuze t.a.v. de te hanteren kwaliteitsfactoren.

Deze benadering wordt toegepast door het CBS bij de toerekening van brandstofverbruik aan warmte en elektriciteit geproduceerd door WKK installaties in het kader van het *protocol monitoring duurzame energie* (SenterNovem. 2006).

De *uniforme maatlat* (Harmelink, Bosselaar, 2009) gebruikt deze benadering voor WKK installaties die onderdeel zijn van het project.

VOORBEELD:

Uitgangspunten

- Grote gasmotor (2 MWe)
- Brandstof aardgas
- Elektrisch rendement 41%
- Thermisch rendement 49%
- CO₂ emissie aardgas 56 kg/GJ
- Temperatuur van water 70 °C

Kwaliteitsfactor

$$= 1 - T_0/T_1 = 1 - 285/(273+70) = 0,17$$

% Brandstof naar Elektriciteit

$$= \text{Brandstof}_E / \text{Brandstof}_{WKK}$$

$$= \text{Elektriciteit}_{WKK} / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Kwaliteitsfactor} * \text{Warmte}_{WKK})$$

$$= \text{Elektrisch rendement}_{WKK} / (\text{Elektrisch rendement}_{WKK} + \text{Kwaliteitsfactor} * \text{Thermisch rendement}_{WKK})$$

$$= 41\% / (41\% + 0,17 * 49\%) = 81\%$$

CO₂ emissie gr / kWh

$$= (\% \text{ Brandstof naar Elektriciteit} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / (\text{Elektrisch rendement}_{WKK} / 3.6)$$

$$= (81\% * 56) / (41\% / 3.6) = 397 \text{ gr CO}_2/\text{kWh}$$

% Brandstof naar warmte

$$= \text{Brandstof}_W / \text{Brandstof}_{WKK}$$

$$= (\text{Kwaliteitsfactor} * \text{Warmte}_{WKK}) / (\text{Elektriciteit}_{WKK} + \text{Kwaliteitsfactor} * \text{Warmte}_{WKK})$$

$$= (\text{Kwaliteitsfactor} * \text{Thermisch rendement}_{WKK}) / (\text{Elektrisch rendement}_{WKK} + \text{Kwaliteitsfactor} * \text{Thermisch rendement}_{WKK})$$

$$= 0,2 * 49\% / (41\% + 0,17 * 49\%) = 19\%$$

CO₂ emissie / GJ warmte

$$= (\% \text{ Brandstof naar Warmte} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / \text{Thermisch rendement}_{WKK}$$

$$= (19\% * 56) / 49\% = 22 \text{ kg CO}_2/\text{GJ}_{\text{warmte}}$$

4.5 Methode 4: allocatie van alle besparingen naar één product ofwel warmte ofwel elektriciteit

In veel gevallen wordt WKK ofwel bestudeerd vanuit het perspectief van elektriciteitsproductie dan wel de warmteproductie. In dergelijke gevallen kunnen besparingen ofwel volledig worden toegerekend aan de elektriciteitsproductie of aan de warmteproductie.

In het geval dat alle besparingen aan de elektriciteitsproductie worden toegewezen:

$$\text{Brandstof}_E = \text{Brandstof}_{WKK} - \text{Warmte}_{WKK} / \text{Referentierendement}_W$$

In het geval dat alle besparingen aan de warmteproductie worden toegewezen:

$$\text{Brandstof}_W = \text{Brandstof}_{WKK} - \text{Elektriciteit}_{WKK} / \text{Referentierendement}_E$$

Nadeel van deze methode is dat een keuze gemaakt moet worden voor de te hanteren referentie en deze keuze grote invloed heeft op de toerekening van de brandstofinzet en CO₂ emissies aan de twee producten.

Het toerekenen van alle besparingen aan de elektriciteitsinzet is een methode die wordt toegepast bij de *stroometikettering* (CE, 2008).

De toerekening van besparingen aan de warmtelevering is een methode die veelal wordt toegepast bij het opstellen van *gelijkwaardigheidverklaringen* in het kader van de EPN. Verder wordt deze benadering toegepast bij de waardering van warmte uit zogenaamde ‘aftapinstallaties’. Dit zijn installaties die primair zijn neergezet met het doel om elektriciteit te produceren maar van tijd tot tijd ook warmte produceren, waarbij de warmtelevering ten koste gaat van het elektrisch rendement. Ze voldoen daarmee niet aan de definitie van een WKK installatie omdat het totaal rendement lager is dan 75/80%.

VOORBEELD:

Uitgangspunten

- Grote gasmotor (2 MWe)
- Brandstof aardgas
- Elektrisch rendement 41%
- Thermisch rendement 49%
- CO₂ emissieaardgas 56 gr/GJ
- Alle besparingen toegerekend aan de warmte
- Referentie voor elektriciteitsproductie: gemiddelde park in 2020 met een fossiel rendement van 55% en een uitstoot van 59 kg CO₂/GJprimair

% Brandstof naar Elektriciteit

$$= \text{Brandstof}_E / \text{Brandstof}_{WKK}$$

$$= \text{Elektrisch rendement}_{WKK} / \text{Referentierendement}_E$$

$$= 41\% / 56\% = 73\%$$

% CO₂ naar Elektriciteit⁵

$$= 73\% * 59 / 56 = 77\%$$

CO₂ emissie gr / kWh

$$= (\% \text{ brandstof naar Elektriciteit} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / (\text{Elektrisch rendement}_{\text{WKK}} / 3.6)$$

$$= (73\% * 56) / (41\% / 3.6) = 379 \text{ gr CO}_2 / \text{kWh}$$

% CO₂ naar warmte

$$= 100\% - \% \text{ CO}_2 \text{ naar Elektriciteit}$$

$$= 100\% - 77\% = 23\%$$

CO₂ emissie / GJ warmte

$$= (\% \text{ CO}_2 \text{ naar Warmte} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / \text{Thermisch rendement}_{\text{WKK}}$$

$$= (23\% * 56) / 49\% = 26 \text{ kg CO}_2 / \text{GJ}_{\text{warmte}}$$

4.6 Methode 5: allocatie o.b.v de economische waarde van de producten

In deze methode wordt de brandstofinzet gealloceerd o.b.v. de economische waarde van de producten.

$$\text{Brandstof}_E = (\text{Ec. Waarde}_E * \text{Elektriciteit}_{\text{WKK}} / (\text{Ec. Waarde}_E * \text{Elektriciteit}_{\text{WKK}} + \text{Ec. Waarde}_W * \text{Warmte}_{\text{WKK}})) * \text{Brandstof}_{\text{WKK}}$$

$$\text{Brandstof}_W = (\text{Ec. Waarde}_W * \text{Warmte}_{\text{WKK}} / (\text{Ec. Waarde}_E * \text{Elektriciteit}_{\text{WKK}} + \text{Ec. Waarde}_W * \text{Warmte}_{\text{WKK}})) * \text{Brandstof}_{\text{WKK}}$$

Deze benadering wordt vaak toegepast in moderne LCA berekeningen.

4.7 Methode 6: allocatie o.b.v. andere criteria

De allocatie naar warmte en elektriciteitsproductie kan ook worden ingegeven door andere keuzes b.v. het feit dat besparing redelijk verdeeld moeten worden over partijen.

In de discussies rond de aanpassing van het *protocol monitoring energiebesparing* (ECN, 2001) is in principe het dat de besparingen op energiegebruik bij WKK verdeeld worden over de geproduceerde warmte en elektriciteit. Momenteel (maart 2010) wordt gedacht aan een gelijke verdeling over de geproduceerde warmte en elektriciteit. Bij deze methode moet dan ook een keuze gemaakt worden voor de referentiesituatie voor de geproduceerde warmte en elektriciteit.

⁵ Merk op dat allocatie van brandstofinzet hier afwijkt van allocatie van CO₂ emissies doordat primaire brandstofinzet voor elektriciteitsproductie een hogere CO₂ emissie heeft (59 kg CO₂/GJ ipv 56 kg CO₂/GJ bij de WKK).

VOORBEELD:

Uitgangspunten

- Grote gasmotor (2 MWe)
- Brandstof aardgas
- Elektrisch rendement 41%
- Thermisch rendement 49%
- CO₂ emissieaardgas 56 gr/GJ
- Energiebesparingen en CO₂-reductie 50-50 verdeeld over de geproduceerde warmte en elektriciteit. Referentierendement voor verdeling: elektriciteitsproductie gemiddelde park in 2008 met rendement van 43% en een uitstoot van 70 kg CO₂/GJprimair en referentierendement voor warmte van 90%.

% Energiebesparingen WKK

$$= (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} + \text{Wrend}_{\text{WKK}} / \text{Wrend}_{\text{ref}} - 1) / (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} + \text{Wrend}_{\text{WKK}} / \text{Wrend}_{\text{ref}})$$

$$= (41\% / 43\% + 49\% / 90\% - 1) / (41\% / 43\% + 49\% / 90\%) = 33\%$$

% Brandstof naar Elektriciteit

$$= \text{Brandstof}_E / \text{Brandstof}_{\text{WKK}}$$

$$= (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} - 0,5 * \text{EnergieBesparingen}_{\text{WKK}} * (1 + \text{EnergieBesparingen}_{\text{WKK}})) / (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} + \text{Wrend}_{\text{WKK}} / \text{Wrend}_{\text{ref}} - \text{EnergieBesparingen}_{\text{WKK}} * (1 + \text{EnergieBesparingen}_{\text{WKK}}))$$

$$= (41\% / 43\% - 0,5 * 33\% (1 + 27\%)) / (41\% / 43\% + 49\% / 90\% - 33\% * (1 + 33\%)) = 69\%$$

% CO₂ reductie WKK

$$= (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} * \text{CO}_2 \text{ factor} + \text{Wrend}_{\text{WKK}} / \text{Wrend}_{\text{ref}} * 56 - 1) / (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} * \text{CO}_2 \text{ factor} + \text{Wrend}_{\text{WKK}} / \text{Wrend}_{\text{ref}} * 56)$$

$$= (41\% / 43\% * 70 + 49\% / 90\% * 56 - 1) / (41\% / 43\% * 70 + 49\% / 90\% * 56) = 42\%$$

% CO₂ emissie naar Elektriciteit

$$= (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} - 0,5 * \text{CO}_2 \text{ reductie}_{\text{WKK}} * (1 + \text{CO}_2 \text{ reductie}_{\text{WKK}})) / (\text{Elektrisch rend}_{\text{WKK}} / \text{RendE}_{\text{park2008}} + \text{Wrend}_{\text{WKK}} / \text{Wrend}_{\text{ref}} - \text{CO}_2 \text{ reductie}_{\text{WKK}} * (1 + \text{CO}_2 \text{ reductie}_{\text{WKK}}))$$

$$= (41\% / 43\% - 0,5 * 42\% (1 + 27\%)) / (41\% / 43\% + 49\% / 90\% - 42\% * (1 + 42\%)) = 73\%$$

CO₂ emissie gr / kWh

$$= (\% \text{ CO}_2 \text{ emissie naar Elektriciteit} * \text{CO}_2 \text{ emissiefactor aardgas}) / (\text{Elektrisch rendement} / 3.6)$$

$$= (73\% * 56) / (41\% / 3.6) = 358 \text{ gr CO}_2 / \text{kWh}$$

% CO₂ emissie naar warmte

$$= 100\% - \% \text{ CO}_2 \text{ naar Elektriciteit}$$

$$= 100\% - 73\% = 27\%$$

CO₂ emissie / GJ warmte

$$= (\% \text{ CO}_2 \text{ naar warmte} * \text{CO}_2 \text{ emissie aardgas}) / \text{Thermisch rendement}$$

$$= (27\% * 56) / 49\% = 31 \text{ kg CO}_2 / \text{GJ}_{\text{warmte}}$$

Nadeel van deze aanpak is dat de invulling van “eerlijke” verdeling aanleiding kan geven tot veel discussie. Verder is deze methode slecht toepasbaar voor individuele installaties. Bij een lage elektriciteitsproductie of lage warmteproductie geeft deze methode vreemde resultaten.

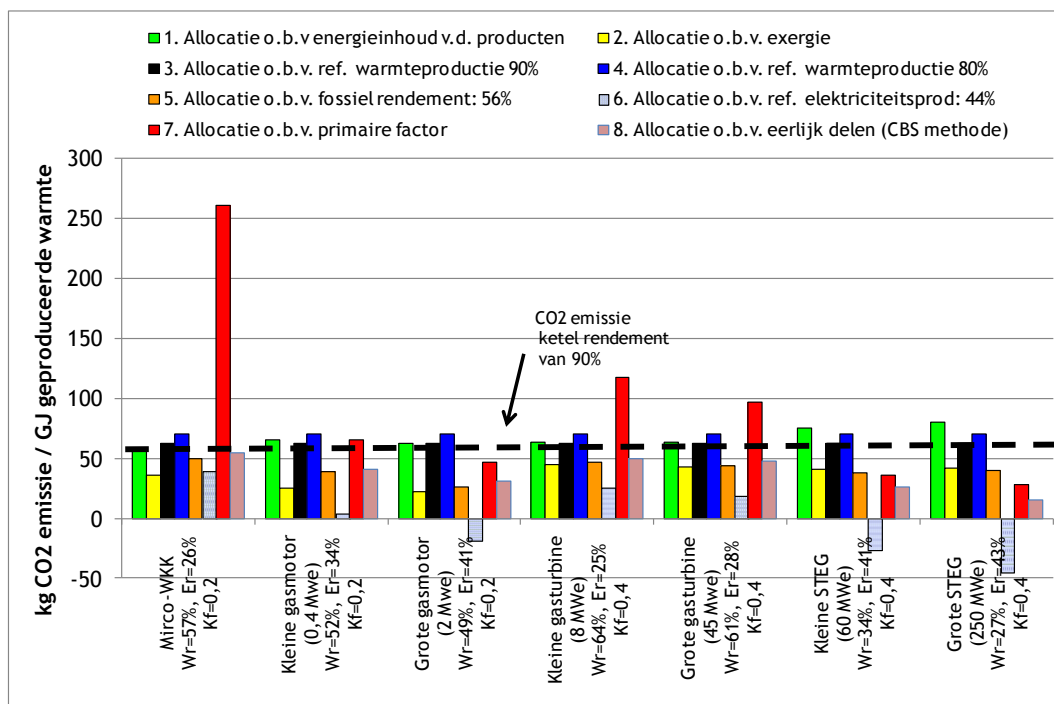
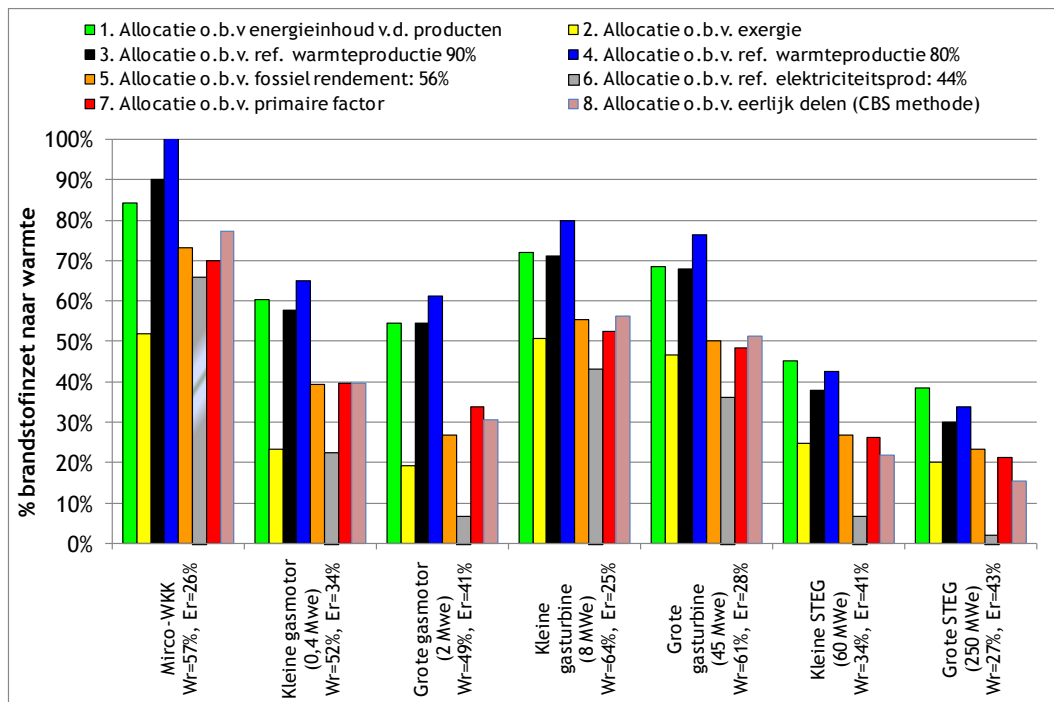
4.8 Totaalbeeld

Onderstaande tabel vat de verschillende allocatiemethoden samen inclusief hun voor- en nadelen.

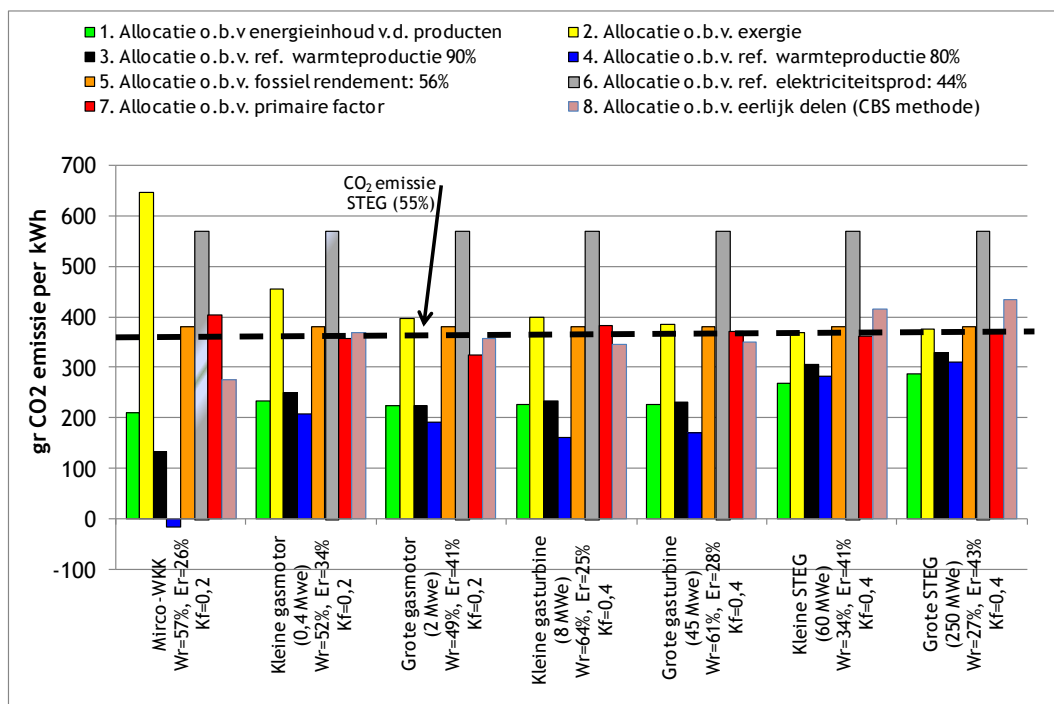
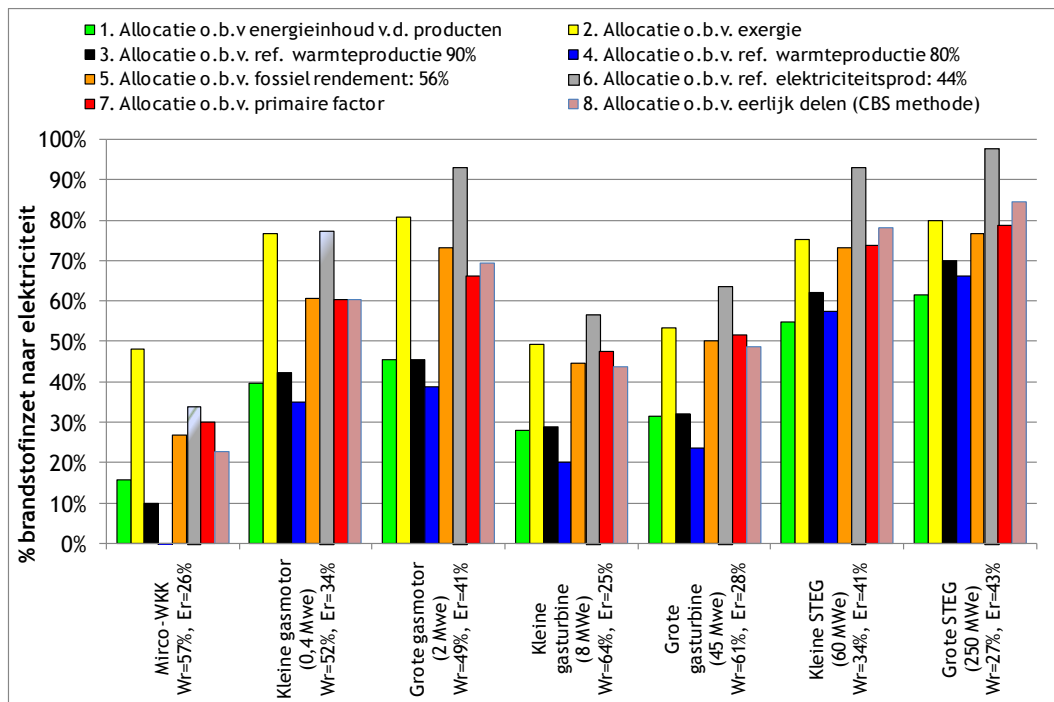
Tabel 7 Overzicht van de verschillende allocatiemethoden besproken in dit hoofdstuk met de voor- en nadelen.

Methodie	Voordeel	Nadeel	Toegepast
Energie-inhoud van producten	Eenvoudig en transparant	Houdt geen rekening met kwaliteit van producten	Eurostat
Toerekenen op basis van primaire factor	Eenvoudig en is relatief ongevoelig voor keuze van referentie	Moet keuze gemaakt worden voor referentierendement elektriciteitsproductie	ESD
Exergie-inhoud van producten	Houdt rekening met kwaliteit van producten	Kwaliteitsfactor veelal niet bekend, relatief hoge brandstofinzet voor elektriciteit	PDE Uniforme maatlat
Toerekenen besparingen aan warmte	Eenvoudig	Elektriciteitsproductie wordt relatief slecht gewaardeerd, moet keuze gemaakt worden voor referentie	Gelijkwaardigheidsverklaringen
Toerekenen besparingen aan elektriciteit	Eenvoudig	Warmteproductie wordt relatief slecht gewaardeerd, moet keuze gemaakt worden voor referentie	Berekening stroometiket
Andere keuze > 50-5 verdeling besparingen over warmte en elektriciteit	“Eerlijke” verdeling besparingen over warmte en elektriciteit	Invulling van “eerlijke” verdeling aanleiding kan geven tot discussie	PME

Figuur 5 en Figuur 6 geven de resultaten van de berekening van de CO₂ emissie per GJ geproduceerde warmte en CO₂ emissies per kWh voor zeven veel voorkomende WKK configuraties die zijn overgenomen uit de onrendabele top berekening van het ECN (2009) en de micro-wkk case komt uit (Cogen et al, 2008). De figuur laat zien dat de verschillende methoden zeer uiteenlopende resultaten geven.



Figuur 5 Percentage brandstofinzet voor warmte (boven) en kg CO₂ emissie per GJ geproduceerde warmte (onder) bij toepassing van verschillende allocatiemethoden en gehanteerde referenties voor verschillende typen aardgasgestookte WKK installaties.



Figuur 6 Percentage brandstofinzet voor elektriciteit (boven) en gr CO₂ emissie per kWh geproduceerde elektriciteit (onder) bij toepassing van verschillende allocatiemethoden en gehanteerde referenties voor verschillende typen aardgasgestookte WKK installaties.

Referenties

- Blok (2006) Introduction to energy analysis. Techne Press, Amsterdam 2006. (Section 8.4 Allocation in multi-output processes)
- CBS (2009a) Gehanteerde methode CBS warmtekrachtkoppeling. Download 15 juni 2009
- CBS (2009b) Gehanteerde methode CBS warmtekrachtkoppeling. Download 15 juni 2009
- CBS (2009c) Mondelinge mededeling Reinoud Segers, CBS, 25 juni 2009
- CE (2008) Achtergrondgegevens Stroometikettering 2007. CE, Delft, maart 2008
- Cogen projects, Ecofys, ECN, TNO (2008) Energie- en CO₂-besparingspotentieel van micro-wkk in Nederland (2010-2030). Update 2008
- ECN (2001) Protocol Monitoring energiebesparing. ECN, CPB, RIVM, Novem, December 2001.
- ECN (2009) Onrendabele top berekeningen voor nieuw WKK vermogen 2009. ECN-W-08-082
- ECN, MNP (2005) Referentieramingen energie en emissies 2005-2020. ECN, MNP, Petten, maart 2005
- EEA (2009) EN20 Combined Heat and Power (CHP). EEA, Copenhagen
- EU (2004) Richtlijn 2004/8/EG van het Europees Parlement en de Raad van 11 februari 2004 inzake de bevordering van warmtekrachtkoppeling op basis van de vraag naar nuttige warmte binnen de interne energiemarkt en tot wijziging van Richtlijn 92/42/EEG
- EU (2006) Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC
- EU (2008) Verordening (EG) Nr. 1099/2008 van het Europees Parlement en de Raad van 22 oktober 2008 betreffende energiestatistieken
- EU (2009) Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources

and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

Harmelink M, L Bosselaar (2009) Uniforme maatlat voor de warmtevoorziening in de woningbouw (betaversie 1.2). SenterNovem, Harmelink consulting, april 2009

IEA en Eurostat (2004) Energy Statistics Manual

IPPC (2009) Reference document on best available technologies on Energy Efficiency. February 2009

MinFin (2010) [Wet belasting op milieugrondslag. Hoofdstuk V, Artikel 1 Begripsbepalingen.](#)

PBL (2009) Milieubalans 2009. PBL, Bilthoven, Den Haag, 2009

SenterNovem (2006) Protocol Monitoring Duurzame Energie. Update 2006. Utrecht, December 2006

Terra (2009) THERRA Project WP3 - Proposal for the definition and calculation principle for renewable heat. Terra, June 2009

TNO (2001) Basisdocument NEN 5128-1998. TNO, Delft 2001 (pag 74)

VROM (2007) Werkprogramma Schoon en Zuinig. VROM September 2007