

## Toelichting 07: Aanvullende toelichting bij het EBO-rekenblad

---

### 1 Inleiding

Dit document geeft bijkomende toelichting over een aantal specifieke thema's die aan bod kunnen komen bij het invullen en interpreteren van het EBO-rekenblad voor uw vestiging. Het is een aanvulling op de reeds aanwezige handleiding in de werkbladen "Handleiding\_Invullen" en "Handleiding\_Resultaten" van het EBO-rekenblad.

De opdeling van de energiedragers, energiebalansen en processen in de rekensheet ligt in lijn met de opdeling die aangegeven wordt in het Plan van aanpak (zie Toelichting 02, 2.1 paragraaf 5 tot 8). De afspraken die in dit document beschreven worden met betrekking tot de stoombalans en de berekening van de rendementen voor de verbruikers geassocieerd met deze balans zijn dus enkel van toepassing indien aangegeven werd in Plan van Aanpak dat deze balansen opgenomen worden in de jaarlijkse monitoring. Het opvolgen van deze verschillende onderdelen van de installaties impliceren de berekening van rendementen en specifieke verbruiken. Het doel is hier enkel opvolging van de evolutie van deze rendementen en specifieke verbruiken op maat van de onderneming en niet om deze te vergelijken met anderen.

#### VERTROUWELIJKHEID

De ingevulde informatie in het EBO-rekenblad wordt door het VBBV strikt vertrouwelijk behandeld, is enkel bestemd voor gebruik in het kader van de EBO en kan onder geen enkele vorm overgemaakt worden aan derden zonder uitdrukkelijke, schriftelijke en voorafgaande toelating van de Onderneming.

### 2 Het invullen van de stoombalans in het rekenblad

De stoombalans in de EBO-spreadsheet dient in GJ-sec ingevuld te worden.

De in te vullen hoeveelheden in GJ kunnen voor de meeste verbruikers op twee manieren berekend worden, namelijk vanuit de stoom- of warm waterzijde of vanuit de proceszijde. Het is ook mogelijk een mix van beide methoden te gebruiken om de stoombalans in te vullen.

Indien stoom op meerdere drukken gegenereerd en/of verbruikt wordt heeft een bedrijf de keuze tussen het invullen van één stoombalans voor alle drukkiveaus samen of meerdere stoombalansen, d.w.z. één balans per drukkiveau waarbij er verbindingen zijn tussen de drukkiveaus. Het standaard rekenblad voorziet één drukkiveau (lijn 72). Indien een bedrijf met meer dan één drukkiveau wenst te werken zal het rekenblad aangepast worden op vraag van het bedrijf.

Voor de omzetting van ton stoom en warm water naar GJ-sec gelden volgende afspraken:

### 1. Stoomproductie via stoomketel, WKK of andere stoomgeneratoren

Men gebruikt de enthalpie van de geproduceerde stoom uit stoomtabellen, waarbij 0°C als referentie genomen wordt en rapporteert een negatief getal.

Indien er warmte uit condensaat gerecupereerd wordt voegt men deze toe als positief getal in de warm waterbalans met dezelfde referentietemperatuur in de kolom van de ontgasser (zie verder onder punt 7).

*Voorbeeld: men genereert 50000 ton/jaar stoom op 50 bara met 500°C oververhitting (enthalpie = 3.444 GJ/ton). Vul de waarde  $-3.444 * 50000 = -172200$  GJ in op lijn 72 van de stoombalans in de kolom van de stoomgenerator.*

### 2. Stoominvoer of –uitvoer van of naar een ander bedrijf

De enthalpie wordt ook nu uit stoomtabellen gehaald. Stoominvoer of –uitvoer wordt op stoomlijn 72 ingevuld in kolommen L of M. Invoer krijgt een negatief teken, uitvoer een positief.

*Voorbeeld: men koopt 10000 ton/jaar stoom in van 50 bara met 500°C oververhitting (enthalpie = 3.444 GJ/ton). Men vult de waarde  $-3.444 * 10000 = -34440$  GJ in in cel L72. Indien men 5000 ton/jaar van dezelfde stoom uitvoert vult men in cel M72 de waarde  $3.444 * 5000 = 17220$  GJ in.*

Opmerking: ook warm water invoer of uitvoer wordt analoog behandeld, maar nu op lijn 73.

### 3. Stoomverbruik in een warmtewisselaar

#### a. Men vult data in voor stoomverbruik en condensaatgeneratie

Op lijn 72 van de stoombalans vult men de volledige enthalpie in van de stoom naar de warmtewisselaar en op de lijn 73 van de warm water/condensaatbalans vult men als negatief getal het gerecupereerd condensaat in.

*Voorbeeld: als men in een warmtewisselaar 40000 ton/jaar van 50 bara verzadigde stoom (enthalpie 2.795 GJ/ton) laat condenseren en het condensaat een temperatuur van 70°C heeft bij 1.1 bara (enthalpie 0.293 GJ/ton) vult men op lijn 72 in de stoombalans  $40000 * 2.795 = 111800$  GJ in.*

*Als het condensaat volledig gerecupereerd wordt zet men op lijn 73 in de warm water balans  $-40000 * 0.293 = -11720$  GJ. Netto is dit een verbruik van 100080 GJ*

#### b. Men vult enkel het energieverbruik in

Men berekent het energieverbruik in de warmtewisselaar ofwel als het verschil tussen de totale enthalpie van de stoom naar de warmtewisselaar en de enthalpie van het hier gerecupereerd condensaat ofwel via de proceszijde en zet dit verbruik op lijn 72 van de stoombalans.

*Voorbeeld: Nemen we hetzelfde voorbeeld als sub 3a. Indien men het energieverbruik via de proceszijde berekent zal men direct deze 100080 GJ invullen op de stoombalanslijn 72 in de kolom van het betrokken proces*

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 2 van 14
----------------	------------	----------	-----------------

#### 4. Stoomverbruik in een tegendrukstoomturbine

##### a. Standaard EBO-rekenblad met één stoomniveau

Men vult op lijn 72 als verbruik het werkelijk enthalpieverschil in tussen stoom naar en uit de turbine.

*Voorbeeld: als men 80000 ton/jaar stoom op 50 bara en 500°C (enthalpie = 3.444 GJ/ton) over een tegendrukturbine expandeert naar een druk van 20 bar en het rendement 80% is zal de werkelijke temperatuur aan de uitgang van de turbine 390°C zijn waarmee een enthalpie van 3.225 GJ/ton overeenkomt. Op lijn 72 van de stoombalans vult men een verbruik in van  $(3.444 - 3.225) * 80000 = 17520$  GJ.*

##### b. Bijzonder EBO-rekenblad met meerdere stoomniveaus

Op de hoge druk vult men de enthalpie in van de hoge druk stoom naar de turbine en op de lagere druk, waarnaar de turbine debiteert de enthalpie van de stoom aan de uitlaat van de turbine, maar nu negatief.

*Voorbeeld: Voor hetzelfde voorbeeld als sub 4a geldt nu: in de stoombalans van 50 bar is het stoomverbruik:  $3.444 * 80000 = 275520$  GJ in en in de stoombalans van 20 bar is er een generatie van  $-3.225 * 80000 = -258000$  GJ.*

#### 5. Stoomverbruik in een condensatiestoomturbine

Wordt behandeld als een warmtewisselaar: op lijn 72 van de stoombalans vult men de energie in van de stoom naar de turbine en op lijn 73 van de warm water balans vult men negatief de energie van het gerecupereerd condensaat in. Of men berekent het energieverbruik in de condensatiestoomturbine als het verschil tussen de totale enthalpie van de stoom naar de condensatiestoomturbine en de enthalpie van het hier gerecupereerd condensaat ofwel via de proceszijde en zet dit verbruik op lijn 72 van de stoombalans.

*Voorbeeld: als men 80000 ton/jaar stoom van 50 bara en 500°C (enthalpie = 3.444 GJ/ton) over een condensatieturbine expandeert en de enthalpie van het condensaat 0.444 GJ/ton bedraagt vult men op de stoombalanslijn 72 een verbruik in van  $80000 * 3.444 = 275520$  GJ en op de warm water balans lijn  $-0.444 * 80000 = -35520$  GJ.*

*Indien men ervoor opteert geen condensaatwaarden in te vullen zal men voor dit voorbeeld op lijn 72 van de stoombalans de waarde  $(275520 - 35520) = 240000$  GJ invullen.*

#### 6. Stoomverbruik in geval van “live stoom” verbruik of bij fakkels

De totale enthalpie van de ingeblazen stoom (dus uit stoomtabellen) wordt gebruikt.

#### 7. Energieverbruik in de ontgasser

Condensaat dat terugloopt naar de stoomketel of stoomgenerator wordt in de ontgasser vermengd met vers opmaakwater en met stoom opgewarmd tot de temperatuur van de ontgasser (meestal 105°C). Daarnaast is er nog 2-3 % stoom nodig om het vers water te ontgassen.

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 3 van 14
----------------	------------	----------	-----------------

De energie van de stoom toegevoegd in de ontgasser vult men als een positief getal in GJ in op lijn 72 van de stoombalans in de kolom van de ontgasser en de energie van het teruggekeerd condensaat als positief getal in GJ op de warm water lijn 73 van deze kolom.

*Voorbeeld: in een ontgasser produceert men 150000 ton/jaar ontgast water voor stoomproductie. Er keert 120000 ton/jaar condensaat terug op 70°C met enthalpie 0.293 GJ/ton. Er is een opmaak van 19000 ton water bij 15°C met enthalpie 0.063 GJ/ton. De ontgasser verbruikt 11000 ton/jaar 10 bar stoom met enthalpie 2.7 GJ/ton.*

*Men vult  $11000 * 2.7 = 29700$  GJ in op stoomlijn 72 en  $(120000 * 0.293) + (19000 * 0.063) = 36393$  GJ op warm water lijn 73, telkens in de ontgasserkolom.*

### **Opmerkingen**

1. Indien men steeds de energieverbruiken enkel ingevuld heeft op lijn 72 van de stoombalans (berekening als verschil tussen warmte in en warmte uit of vanuit de proceskant) is er in het EBO-rekenblad op lijn 73 van de warm water/condensaat balans geen waarde opgenomen voor de energie van het condensaat dat naar de ontgasser terugloopt. In dit geval vult men de energie uit stoom en uit water in zoals hierboven beschreven. Om problemen met de warm water balans te voorkomen vult men in een aparte kolom 'Condensaatrecuperatie' de energie-inhoud van het teruglopend condensaat in als een negatieve waarde.

Indien men bij het invullen van de energieverbruiken een mengvorm heeft gebruikt waarbij soms wel condensaatproductie op lijn 73 en soms niet is ingevuld staat in de kolom 'Condensaatrecuperatie' het verschil tussen de energie van de totale teruglopende condensaatstroom en deze van de reeds op lijn 73 ingevulde hoeveelheden.

*Voorbeeld: beschouwen we hetzelfde voorbeeld als hierboven. Men vult in de ontgasserkolom  $11000 * 2.7 = 29700$  GJ in op stoomlijn 72 en in dezelfde kolom op warm water lijn 73  $(120000 * 0.419 * 70 / 100) + (19000 * 0.063) = 36393$*

*In een nog niet gebruikte kolom vult men op lijn 73 de warmte-inhoud van het teruglopend condensaat in of -36393 GJ. Als activiteitsdata voor deze kolom gebruikt men 1.*

2. In sommige bedrijven gebruikt men het ontgast water niet enkel in stoomketels maar ook in andere stoom- of warm water generatoren. In dit geval dient men de ontgasser te splitsen in twee (of meer) ontgassers à rato van het debiet aan ontgast water naar deze generatoren.

*Voorbeeld: een bedrijf heeft 3 stoomketels die samen 150000 ton/jaar stoom produceren met een gemiddelde enthalpie van 3 GJ/ton. Daarnaast heeft het twee waste heat boilers die 50000 ton/jaar stoom produceren met enthalpie van 2.7 GJ/ton. De ontgasser moet dus  $150000 + 50000 = 200000$  ton ontgast water produceren.*

*Men heeft nu twee ontgasserkolommen nodig. In kolom AA vult men - zoals hierboven uitgelegd - de energie-inhoud in van stoom en warm water voor ontgasser-1 alsof deze ontgasser 150000 ton water produceert en in een lege kolom – bvb AD – de data voor ontgasser-2 die 50000 ton water aflevert.*

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 4 van 14
----------------	------------	----------	-----------------

## 8. Stoomaflaten via regelkleppen

Dit is enkel van toepassing als men een EBO-werkblad met meerdere stoomniveaus gebruikt.

Stoomaflaat via een regelklep is isenthalpisch d.w.z. de totale enthalpie van de lage druk waarnaar men aflat is dezelfde (maar nu negatief) als deze van de hoge druk.

Let op: op de lage druk ontstaat oververhitting die men kan wegnemen door het injecteren van ontgast water via een desuperheater waardoor er meer ton stoom ontstaat op het lagere drukniveau dan op het hoger niveau.

*Voorbeeld: een regelklep laat 10000 ton/jaar 50 bara verzadigde stoom (2.795 GJ/ton) af naar 20 bara. Op de lijn van 50 bar stoom vult men  $2.795 \cdot 10000 = 27950$  GJ in en op de 20 bar stoomlijn  $-27950$  GJ. Indien men desuperheat zal er op het 20 bara-niveau meer dan 10000 ton/jaar stoom beschikbaar zijn.*

## 9. Sluitpost

In weinig bedrijven zal een stoombalans exact sluiten omwille van fouten op metingen, stoom die afgeblazen wordt, condensaat dat verloren gaat, enz. Daarom is er een kolom 'sluitpost' voorzien, waarin men de onbalans als een positief verbruik kan opgeven.

De kolom 'Sluitpost' beperkt zich niet tot onbalansen in de stoombalans, maar kan ook gebruikt worden voor onbalansen in andere balansen zoals warm water, elektriciteit, perslucht, enz.

Men kan ook opteren om de onbalans op te nemen in de restterm op voorwaarde dat deze niet groter wordt dan 10% van de totale verbruik van de betrokken nutsvoorziening..

*Voorbeeld: veronderstel dat er  $-100000$  GJ/jaar stoom gegenereerd wordt en de som van de opgenomen verbruiken bedraagt  $94000$  GJ/jaar. Er is dus nog  $6000$  GJ/jaar over aan stoom. In de kolom 'Sluitpost' vult men  $6000$  GJ in op lijn 72.*

### Opmerking:

Voor het invullen van de warm water of condensaatbalans gebruikt men ook steeds 0°C als referentie.

*Voorbeeld: warm water op 120°C heeft een enthalpie van  $120 \cdot 4.19/1000 = 0.503$  GJ/ton*

## 3 Het invullen van zelf geproduceerde brandstoffen

In een aantal gevallen verbrandt een bedrijf in stoomketels of andere warmtegeneratoren restbrandstoffen – waaronder biogas – die het zelf geproduceerd heeft.

Deze brandstoffen worden ingevuld in deel A4 – voor 'Eigen geproduceerde niet-bio brandstoffen' - en deel A5 -voor 'Groene energie (enkel bio-deel)' – en meer bepaald in de kolom waarin deze eigen brandstof verbruikt wordt. De productie van deze brandstoffen wordt niet opgenomen in het EBO-rekenblad.

Kolom C toont ook nu het 'totaal verbruik' van deze eigen brandstoffen.

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 5 van 14
----------------	------------	----------	-----------------

## 4 De omrekening naar primaire energie en de daarbij gehanteerde terugrekenrendementen voor elektriciteit, stoom, warm water en warme lucht

Om de gerealiseerde efficiëntieverbeteringen in de vastgelegde energieoverdrachten (bvb. stoomketels, stoomturbines, WKK's, thermische olie,...) zichtbaar te maken in de evolutie van het specifiek verbruik (= EPI's) van de aanwezige processen waar deze energiedragers verbruikt worden, werd er afgestapt van vaste omrekeningsfactoren naar primaire energie (d.i. op basis van vaste rendementen zoals bvb. 90% voor warmte en 40% voor elektriciteit).

In blok B6 "Balansen van de energiedragers" van het rekenblad, meer bepaald in kolom B op de rijen 154 en volgende staan nu gemiddelde conversiefactoren. Op grond van deze conversiefactoren wordt immers ook het primair energieverbruik per proces berekend, wat de basis vormt voor de EPI's. Onderstaande paragraaf legt uit wat de input is voor de berekening van deze gemiddelde conversiefactoren.

### 4.1 Conversiefactoren voor stoom, warm water, warme lucht en elektriciteit

#### 4.1.1 Vastleggen van rendementen voor energieoverdrachten

In een eerste stap wordt het werkelijk rendement bepaald per energiegenerator (stoomketel, warm water ketel, WKK, enz.) en per energievectoren (stoom, warm water, warme lucht en elektriciteit) naargelang het geval. Daarna is hiermee het gewogen gemiddeld rendement per energievectoren berekend wat de basis wordt voor de omrekening naar primaire energie.

Voor de onderscheiden energievectoren zijn voor de onderscheiden rendementen volgende berekeningswijzen of aannames gehanteerd:

- **Stoom**
  - Via stoomketel: het rendement is de verhouding van de stoomenergie beschikbaar voor processen gedeeld door het brandstofverbruik in de stoomketel. Dit is het verschil van de energie in de stoom uit de ketel en het verbruik aan stoomenergie in de ontgasser en dit gedeeld door de in de stoomketel verbruikte brandstof.  
Opmerking: we verwijzen hier naar opmerking 2 onder 2.7: bij de rendementsberekening dient men ervoor te zorgen dat de stoomketel en de ontgasser waarvan men het rendement berekent exclusief met elkaar verbonden zijn. Als het ontgast water ook in een tweede (reeks) stoomgenerator(en) gebruikt wordt moet men de ontgassers opsplitsen.
  - Via invoer: vast rendement van 90%
  - Via biostoom generator: werkelijk rendement, zoals bij stoomketel
  - Via WKK: het terugrekenrendement voor stoom (en warm water en warme lucht) werd bepaald op basis van exergie zoals vastgelegd bij WKK's. Een onderscheid is gemaakt tussen warmte uit stoom en deze uit warm water en warme lucht met elk hun eigen carnotfactor op basis van de temperatuur van de geproduceerde stoom, warm water en warme lucht

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 6 van 14
----------------	------------	----------	-----------------

- Via exotherme processen: vast rendement van 90%. Hierbij is de waarde die ingevuld wordt in het rekenblad de netto-stoom, meer bepaald het verschil voor het beschouwde proces tussen de gegenereerde warmte via stoom en verbruikte warmte uit stoom in dat proces
- Rendement ontgasser:  
=  $100 * (1 - (\text{stoomenergie naar de ontgasser/energie van stoom uit de ketel(s)}))$   
Hoe meer condensaat er gerecupereerd wordt hoe hoger dit rendement is.
- **Warm water**
  - Via warm water ketel: rendement van de ketel is de verhouding van de energie in het warm water uit de ketel en het brandstofverbruik in de ketel
  - Via invoer: vast rendement van 90%
  - Via biostoom generator: rendement zoals bij warm water ketel
  - Via WKK: het terugrekenrendement voor warm water (en stoom en warme lucht) werd bepaald op basis van exergie zoals vastgelegd bij WKK's. Een onderscheid is gemaakt tussen warmte uit stoom en deze uit warm water en warme lucht met elk hun eigen carnotfactor op basis van de temperatuur van geproduceerde stoom, warm water en warme lucht.
  - Via exotherme processen: vast rendement van 85%. Hierbij is de waarde die ingevuld moet worden in het rekenblad de netto-warmte meer bepaald het verschil voor het beschouwde proces tussen de gegenereerde warmte via warm water en verbruikte warmte uit warm water in dat proces.
- **Warme lucht**
  - Via WKK: het terugrekenrendement voor warme lucht (en stoom en warm water) werd bepaald op basis van exergie zoals vastgelegd bij WKK's. Een onderscheid is gemaakt tussen warmte uit stoom en deze uit warm water en warme lucht met elk hun eigen carnotfactor op basis van de temperatuur van geproduceerde stoom, warm water en warme lucht.
  - Via perslucht(compressor): rendement = 100%
  - Via koeling: rendement = 100%
- **Elektriciteit**
  - Aangekochte elektriciteit: vast rendement van 40%
  - Via stoomturbine: werkelijk rendement
  - Via groene energie uit windmolens of FV-cellen: een vast rendement van 100% werd aangenomen. Dit moet hoger zijn dan het elektrisch terugrekenrendement voor elektriciteit, maar kan ook niet oneindig zijn.
  - Via groene energie uit biobrandstof: werkelijk rendement
  - Via WKK: het terugrekenrendement wordt berekend zoals voor stoom of warm water aan de hand van de exergieberekening
  - Via exotherme processen: vast rendement van 40%

#### 4.1.2 Formules voor rendementen bij een WKK

- **Productie van elektriciteit, stoom, warm water en warme lucht met een WKK**

In een WKK verbrandt men B (GJ) brandstof (meestal aardgas) en hieruit ontstaan E (GJ) elektriciteit, S (GJ) stoom, WW (GJ) warm water en WL (GJ) warme lucht. Schematisch ziet dit er zo uit:



- **Definities rond WKK** (in overeenstemming met toelichting 09 van het Benchmarkingconvenant dd. 1/07/2008)

- Elektrisch rendement van een WKK :

$\alpha_E$  = verhouding tussen de hoeveelheid elektriciteit E (GJ) gegenereerd uit B (GJ) brandstoftoevoer naar de WKK

$$\alpha_E = E/B$$

- Warmte rendement van een WKK :

$\alpha_W$  = verhouding tussen de hoeveelheid warmte W (GJ) gegenereerd uit B (GJ) brandstoftoevoer naar de WKK

$$\alpha_W = W/B$$

We splitsen de warmte op in stoom, warm water en warme lucht en definiëren:

$$\alpha_s = S/B$$

als het rendement van een WKK wat betreft stoomproductie,

$$\alpha_{ww} = WW/B$$

als het rendement van een WKK wat betreft warm waterproductie en

$$\alpha_{wl} = WL/B$$

als het rendement van een WKK wat betreft warme luchtproductie,



Hierbij is  $W = S + WW + WL$

- Exergie : maat voor de nuttige arbeid die uit een brandstof of uit een energiestroom kan gehaald worden

- Exergetisch rendement van een WKK :

$\alpha_{EX}$  = rendement gebaseerd op de exergieberekening. De formule is :

$$\alpha_{EX} = \alpha_E + \alpha_s * C_{fs} + \alpha_{ww} * C_{fww} + \alpha_{wl} * C_{fwl} \quad (1)$$

waarbij  $C_{fs}$  de Carnotfactor is voor stoom,  $C_{fww}$  deze voor warm water en  $C_{fwl}$  deze voor warme lucht

- Carnotfactor : ( $C_f$ ) de Carnotfactor geeft aan hoeveel warmte in nuttige arbeid kan omgezet worden bij een (ideaal) kringproces van Carnot. Men berekent de Carnotfactor met de formule :

$$C_f = \left( 1 - \frac{T_o}{T_w} \right) \quad (2)$$

waarbij  $T_o$  (K) : omgevingstemperatuur waarbij het kringproces verloopt. Er wordt afgesproken om voor  $T_o$  de waarde 15 °C of 288 °K te nemen.

$T_w$  (K) : temperatuur waarop de warmte uit de WKK afgeleverd wordt. Dit is dus de stoom-, warm water- of warme luchttemperatuur naargelang het geval.

- **Toewijzing primaire brandstofinput**

Voor de toewijzing van de primaire brandstofinput aan elektriciteit, stoom, warm water en warme lucht gebruikt men de formules:

- X = toegewezen deel van primaire brandstofinput aan elektriciteit

$$X = \frac{\alpha_E}{\alpha_{EX}} B \quad (3)$$

- Y = toegewezen deel van primaire brandstofinput aan warmte

$$Y = B - X = \frac{\alpha_W * C_{fw}}{\alpha_{EX}} B \quad (4)$$

Op te splitsen in  $Y_s$  (deel voor stoom),  $Y_{ww}$ , (deel voor warm water) en  $Y_{wl}$  (deel voor warme lucht) zodat (4) uiteenvalt in

$$Y_s = \frac{\alpha_s * C_{fs}}{\alpha_{EX}} B \quad (5)$$

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 9 van 14
----------------	------------	----------	-----------------

$$Y_{ww} = \frac{\alpha_{ww} * C_{fww}}{\alpha_{EX}} B \quad (6)$$

$$Y_{wl} = \frac{\alpha_{wl} * C_{fwl}}{\alpha_{EX}} B \quad (7)$$

- **Terugrekenrendementen van de WKK**

Na verdeling van de primaire brandstof tussen de elektriciteit en de warmtestromen kunnen de terugrekenrendementen bepaald worden:

$\eta_E$  = het terugrekenrendement voor elektriciteit

$\eta_s$  = het terugrekenrendement voor stoom

$\eta_{ww}$  = het terugrekenrendement voor warm water

$\eta_{wl}$  = het terugrekenrendement voor warme lucht

met de volgende formules:

$$\eta_E = \frac{E}{X} \quad (8)$$

$$\eta_s = \frac{S}{Y_s} \quad (9)$$

$$\eta_{ww} = \frac{WW}{Y_{ww}} \quad (10)$$

$$\eta_{wl} = \frac{WL}{Y_{wl}} \quad (11)$$

- **Gebruikte formules in het EBO-rekenblad**

De formules gebruikt in het EBO-rekenblad zijn gebaseerd op formules (8) tot (11), maar hierin werden  $X$ ,  $Y_s$ ,  $Y_{ww}$  en  $Y_{wl}$  vervangen door de formules (3), (5), (6) en (7).

Men bekomt uiteindelijk:

$$\eta_E = \alpha_{EX} \quad (12)$$

$$\eta_s = \frac{\alpha_{EX}}{C_{fs}} \quad (13)$$

$$\eta_{ww} = \frac{\alpha_{EX}}{C_{fww}} \quad (14)$$

$$\eta_{wl} = \frac{\alpha_{EX}}{C_{fwl}} \quad (15)$$

#### 4.1.3 Gemiddelde rendementen

- Alle rendementen per energiegenerator (of energieoverdracht) en per energievectord vindt men per jaar terug in het werkblad op lijnen 525 (stoom), 527 (warm water), 529 (warme lucht) en 531 (elektriciteit).
- Het vast rendement van 100% voor generatie van groene elektriciteit uit windmolens of fotovoltaïsche cellen staat in cel D530.
- Er wordt nagegaan of er negatieve waarden voor stoom (lijn 72), warm water (lijn 73) of elektriciteit (lijn 74) te vinden zijn in de verbruikerskolommen T tot BS wat wijst op exotherme processen die stoom, warm water of elektriciteit genereren. Indien deze er zijn wordt hun absolute waarde gekopieerd naar lijnen 525, 527 of 531 naargelang het geval.

Vermits nu alle rendementen voor generatie van elektriciteit, stoom en warmte (water en lucht) bekend zijn worden hiermee globale gewogen gemiddelde rendementen bepaald. De gebruikte formules daartoe zijn:

- **Stoom**  
Men vermenigvuldigt per kolom het rendement van lijn 525 met de generatie aan stoom uit lijn 72 (negatieve waarden) en dit voor kolommen D tot N. Hierbij telt men 0.90 maal de som van de kolommen T tot BS op lijn 525. Daarna deelt men door de som van lijn 72 (kolommen D tot N) plus de som van lijn 525 (kolommen T tot BS).  
Het resultaat is het gewogen gemiddelde rendement voor stoomgeneratie en staat in cel C525.
- **Warm water**  
De berekening verloopt analoog aan deze van stoom.

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 11 van 14
----------------	------------	----------	------------------

Men vermenigvuldigt per kolom het rendement van lijn 527 met de generatie aan warm water uit lijn 73 (negatieve waarden) en dit voor kolommen D tot N. Hierbij telt men 0.85 maal de som van de kolommen T tot BS op lijn 527. Daarna deelt men door de som van lijn 73 (kolommen D tot N) plus de som van lijn 527 (kolommen T tot BS).

Het resultaat is het gewogen gemiddelde rendement voor warm water generatie en staat in cel C527.

- **Warme lucht**

Men vermenigvuldigt per kolom het rendement van lijn 529 met de generatie aan warme lucht uit lijn 78 (negatieve waarden) en dit voor kolommen D tot N. Daarna deelt men door de som van lijn 78 (kolommen D tot N).

Het resultaat is het gewogen gemiddelde rendement voor warme lucht generatie en staat in cel C529.

- **Elektriciteit:**

Men maakt de som van ingekochte elektriciteit (D12) met zijn rendement van 40% plus de groene energie uit windmolens en FV-cellen (D68+D69) met een rendement uit cel D530 plus het absoluut product per kolom van het rendement van lijn 531 met de generatie aan elektriciteit uit lijn 74 (negatieve waarden) en dit voor kolommen E tot N. Hierbij telt men 0.40 maal de som van de kolommen T tot BS op lijn 531. Daarna deelt men door de som van D12 plus D68+D69 plus de absolute waarde van lijn 74 (kolommen E tot N) plus de som van lijn 531 (kolommen T tot BS).

Het resultaat is het gewogen gemiddelde rendement voor elektriciteitsgeneratie en staat in cel C531

#### 4.1.4 Omrekeningsfactoren

Tenslotte berekent men de omrekeningsfactoren naar primaire energie op basis van de gemiddelde rendementen.

Deze omrekeningsfactoren staan in cellen:

- C154 voor stoom = (1/cel C525)
- C155 voor warm water = (1/cel C527)
- C160 voor warme lucht = (1/cel C529)
- C156 voor elektriciteit = (1/cel C531)

**Opmerking:**

De kolommen Q t.e.m. Y zijn nog niet gebruikt binnen de groep 'Energieoverdrachten'. Indien een onderneming deze wenst te gebruiken om elektriciteit, stoom of warm water te genereren moeten de hier gehanteerde formules aangepast worden door het VBBV. Dit kan niet vooraf gebeuren omdat er niet geweten is hoe een onderneming deze kolommen zal gebruiken.

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 12 van 14
----------------	------------	----------	------------------

## 5 De omrekening naar primaire energie en het daarbij gebruikte terugrekenrendement voor koelenergie (frigorieën)

Het rendement van de koelcyclus wordt uitgedrukt in de COP-waarde die de verhouding is tussen gegenereerde koude en verbruikte elektriciteit. COP-waarden liggen typisch tussen 2 en 6. Er is aangenomen dat een COP van 3 een goede referentie is. Indien de koudegeneratie verbeterd wordt zal zich dat manifesteren in een hogere COP-waarde in cel I179 en de EPI van de koudegeneratie zal dalen. Om dit ook in de processen die deze koelenergie verbruiken zichtbaar te maken wordt een variabele conversiefactor gebruikt waarbij een conversiefactor van 1 overeenkomt met een COP=3. De werkelijke conversiefactor is dan :

$$1 * (\text{werkelijke COP} / \text{referentie COP} = 3)$$

In het tabblad van 2014 e.v. is de referentie-COP te zien in cel J534 en de werkelijke COP in cel J535, terwijl de daaruit berekende conversiefactor zich in cel J536 bevindt. Deze wordt daarna gekopieerd naar cel B158.

Een hogere COP zal nu de primaire energieverbruiken in de processen verlagen – terwijl de secundaire verbruiken constant blijven – zodat dit terug te vinden is in de EPIS van de processen.

## 6 De omrekening naar primaire energie en het daarbij gebruikte terugrekenrendement voor perslucht

Bij perslucht die op 8 bar<sub>abs</sub> gegenereerd wordt, rekt men het verbruik in 1000 Nm<sup>3</sup> naar primaire energie om via een vaste factor 0.9 – die het product is van 0.1 met 9, waarbij een verbruik van 0.1 MWh per 1000 Nm<sup>3</sup> als standaard beschouwd is en 9 de omrekeningsfactor is voor elektriciteit naar primaire energie. Indien men perslucht op andere drukken genereert rekt men deze referentie van 0.1 MWh/1000Nm<sup>3</sup> om naar een nieuwe referentie (zie verder).

Indien men perslucht bij een andere druk genereert werkt men als volgt:

- In cel I12 kan men in bar<sub>abs</sub> de werkelijke persdruk van de persluchtcompressor ingeven. Deze waarde wordt vervolgens gekopieerd naar cel I540.
- In cel I539 staat een vaste referentiedruk van 8 bar<sub>abs</sub>, waarmee een energieverbruik van 0.1 MWh per 1000 Nm<sup>3</sup> overeenkomt.
- In cel I541 wordt het referentie-energieverbruik berekend bij de ingegeven persdruk uit cel I12 met de formule:

$$\text{Energieverbruik} = 0.1 * \frac{P_w^{\text{exp}} - 1}{P_{\text{ref}}^{\text{exp}} - 1}$$

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 13 van 14
----------------	------------	----------	------------------

Hierbij is:

$P_w$  = de werkelijke druk

$P_{ref}$  = 8 bar<sub>abs</sub>

0,1 = is het energieverbruik bij 8 bar (in MWh/1000 Nm<sup>3</sup>)

exp =  $(k-1)/k/\eta$

met:  $k$  = de verhouding van de specifieke warmte bij constante druk en constant volume voor lucht (= 1.4)

$\eta$  = rendement van de polytrope compressie. Hiervoor is de waarde 0.9 genomen.

- Tenslotte wordt deze cel I541 gekopieerd naar cel B157 en omgerekend van MWh naar GJ.

Zo kunnen we ook voor perslucht een verbetering in de productie ervan zichtbaar maken in de EPIS van de processen (en niet enkel in de kolom van de persluchtgeneratie) doordat er ook hier gerekend wordt met een variabele conversiefactor naar primaire energie.

Het rendement van de persluchtproductie, zoals aangegeven in cel I179, is dan de verhouding van het reëel energieverbruik bij de werkelijke druk tot het referentie-energieverbruik bij diezelfde druk.

## 7 De omrekening naar primaire energie en het daarbij gebruikte terugrekenrendement voor thermische olie

Thermische olie kan gegenereerd worden uit brandstoffen, stoom, warm water of elektriciteit.

Om ook hier het effect van een optimalere generatie te zien in de EPIS van de processen die thermische olie verbruiken werd geopteerd voor gebruik van het werkelijk rendement van de thermische oliegeneratie. Dit rendement vindt men in cel K179, maar het wordt ook naar cel K544 gekopieerd.

De conversiefactor in cel B159 is het omgekeerde van dit rendement.

## 8 De omrekening naar primaire energie en het daarbij gebruikte terugrekenrendement voor hernieuwbare (groene) elektriciteitsproductie

Groene elektriciteit kan opgewekt worden uit biobrandstoffen zoals hout, biogas, ... maar ook rechtevreeks via windmolens of fofovoltaïsche cellen.

Indien men elektriciteit genereert via windmolens of fofovoltaïsche cellen vult men kolom D – genaamd ‘Elektriciteit inkoop of eigen bio-opwekking (via WM of FV)’ – in, meer bepaald de cellen D68 of D69 naargelang het geval.

Zoals reeds aangegeven in 4.1.1 hierboven is er geopteerd voor een vast rendement van 100% voor de opwekking van elektriciteit via windmolens of fofovoltaïsche cellen. Dit is terug te vinden in cel D530 en wordt gekopieerd naar de cellen B150 en B151.

Toelichting 07	10/11/2015	Versie 1	Pagina 14 van 14
----------------	------------	----------	------------------