

CENTRALE VERWARMING

5.3C



**BRANDERTECHNIEKEN**

**STOOKOLIEBRANDERS**

**VERBRANDINGSCONTROLE EN ONDERHOUD**



# VOORWOORD

---

## Situering

De bouwsector, een draaischijf van onze economie, heeft voortdurend te kampen met een groot aantal uitdagingen. Een van deze uitdagingen is ervoor zorgen dat de sector over opgeleide arbeidskrachten beschikt.

Om deze nood aan arbeidskrachten te lenigen, besteedt het Fonds voor Vakopleiding in de Bouwnijverheid, fwb-ffc Constructiv, bijzondere aandacht aan het bouwonderwijs en aan de jongeren die kiezen voor een bouwopleiding.

Ook de bij- en nascholing van volwassenen blijft een noodzaak omdat de technieken en materialen sterk wijzigen en er meer aandacht zal gegeven worden aan het veilig en duurzaam bouwen.

Daarom heeft het fwb, samen met de beroepsorganisaties, opdracht gegeven aan redactieteams om verschillende handboeken uit te werken. Deze modulaire handboeken kunnen een aanvulling zijn aan de publicaties van het WTCB. De redactieteams kunnen worden samengesteld uit instructeurs, docenten en lesgevers. Ook beroepsverenigingen en mogelijk ook fabrikanten kunnen vakspecialisten uitvaardigen om een handboek te ontwikkelen dat overeenstemt met de huidige realiteit op de werkvloer.

## Het modulaire handboek Centrale Verwarming

Vele slimme mensen met slimme handen hebben met dit werk een onschatbare bijdrage geleverd om het vakmanschap in ons land op een hoger peil te brengen. Dit handboek richt zich dan ook tot iedereen die het vak onder de knie wil krijgen. In deze handboekenreeks zijn er boekdelen die zich meer richten op de uitvoerder (monteur), terwijl andere eerder interessant zijn voor de onderhoudsmedewerker (technicus) of leidinggevende (installateur).

In bevattelijke taal en in een sterk visuele stijl worden alle aspecten van het beroep in de kleinste bijzonderheden omschreven en uitgelegd. Het geeft enerzijds een overzicht van de hedendaagse producten, technieken en toepassingen, én sluit anderzijds aan bij de beroepscompetentieprofielen die omgezet worden in opleidingsprogramma's. Het resultaat is een modulaire handboekenreeks die bruikbaar is als ondersteuning van de lessen voor verschillende opleidingen en doelgroepen.

Deze inhoud wordt ook gebruikt om het leermateriaal digitaal aan te bieden via de website [fwb.constructiv.be](http://fwb.constructiv.be)

## Samenvatting

Dit handboek beschrijft de functie, de aansluitingen en de onderdelen van de stookoliebrander, evenals de plaatsing en werking van de onderdelen van een stookoliebrander.

In de eerste hoofdstukken wordt de functie en de algemene werking van de stookoliebrander toegelicht. Bij de onderdelen van de stookolietoever in het derde hoofdstuk gaan we dieper in over de onderdelen van de stookolie toevoer. De onderdelen van de stookoliebrander worden uitgebreid verduidelijkt in het vierde hoofdstuk, evenals een korte toelichting over de elektrische aansluitingen van de brander. Er wordt ook aandacht besteed aan de werking van vergassingsbrander en de modulerende brander in het hoofdstuk van de "low NO<sub>x</sub>" brander. De tweetrapsbrander wordt uiteindelijk toegelicht in het zesde hoofdstuk.

In deze reeks worden volgende handboeken uitgegeven:

- **eigenschappen en opslag**
- **stookoliebranders: werking en onderdelen**
- **stookoliebranders: verbrandingscontrole en onderhoud**

*Doelpubliek : lesgevers, leerlingen, professionals*

**Robert Vertenuel**

*Voorzitter fwb-ffc Constructiv*

© **Fonds voor Vakopleiding in  
de Bouwnijverheid, Brussel, 2014**

Alle rechten van reproductie, vertaling  
en aanpassing onder eender welke vorm,  
voorbehouden voor alle landen  
Versie oktober 2014

D/2014/1698/07

**Redactie**

Coördinatie: Patrick Uten

Redactieleden: Paul Adriaenssens  
Chris De Deyne  
Inge De Saedeleir  
Gustaaf Flamant  
René Onkelinx  
Jacques Rouseu

Teksten: Chris De Deyne  
VDAB  
CEDICOL

Tekeningen: Thomas De Jongh  
CEDICOL

Dank aan: CEDICOL  
VDAB

**Contact**

*Voor opmerkingen, vragen en suggesties kun je terecht bij:*

**fvb-ffc Constructiv**

Koningsstraat 132/5

1000 Brussel

Tel.: 0032 2 210 03 33

Fax: 0032 2 210 03 99

website : [fvb.constructiv.be](http://fvb.constructiv.be)

# INHOUD

<b>1 CONTROLE VAN DE VERBRANDING</b> .....	<b>9</b>	5.3 Reinigen van de ketel .....	<b>50</b>
<b>2 METINGEN</b> .....	<b>11</b>	5.4 Reinigen van de brander en controle van de onderdelen .....	<b>51</b>
2.1 De traditionele verbrandingscontrolekoffer .....	<b>11</b>	5.5 Verbrandingscontrole .....	<b>54</b>
2.1.1 Het meten van de schoorsteendruk .....	<b>11</b>	<b>6 OPLOSSEN VAN STORINGEN</b> .....	<b>55</b>
2.1.2 Het bepalen van de druk in de verbrandingskamer .....	<b>13</b>	6.1 Gereedschapslijst .....	<b>56</b>
2.1.3 Het meten van het rookgetal .....	<b>13</b>	6.2 Invloed van de temperatuur op vloeibare brandstoffen en de werking van de brander .....	<b>56</b>
2.1.4 Het meten van het CO <sub>2</sub> -gehalte .....	<b>15</b>	6.3 Bedrijfsstoringen bij stookoliebranders .....	<b>57</b>
2.1.5 Het meten van de rookgastemperatuur .....	<b>16</b>	<b>7 RENDEMENT</b> .....	<b>63</b>
2.2 De elektronische meetapparaten voor verbrandingscontrole .....	<b>17</b>	7.1 Verliezen .....	<b>63</b>
2.2.1 Werking van een elektronisch rookgasanalysetoestel .....	<b>19</b>	7.1.1 Het verlies door de rookgassen .....	<b>63</b>
2.2.2 Elektronisch meten .....	<b>20</b>	7.1.2 Het bijkomende verlies .....	<b>64</b>
2.2.3 Waar meten? .....	<b>24</b>	7.2 Verbrandingsrendement en schoorsteenverliezen .....	<b>65</b>
2.3 Meetprocedure .....	<b>24</b>	7.3 Het globale seizoensrendement van een centraleverwarmingsinstallatie .....	<b>69</b>
2.3.1 Bepalen van het roetgetal .....	<b>24</b>	7.3.1 Het seizoensrendement van de productie, rendement van de ketel of nuttig rendement in het water ( $\eta_{sk}$ ) .....	<b>70</b>
2.3.2 Bepalen van de verbrandingsluchttemperatuur .....	<b>26</b>	7.3.2 Het seizoensrendement van de distributie ( $\eta_{sd}$ ) .....	<b>71</b>
2.3.3 Bepalen van het rendementsverlies .....	<b>26</b>	7.3.3 Het seizoensrendement van de regeling ( $\eta_{sr}$ ) .....	<b>71</b>
2.3.4 Bepalen van de schoorsteentrek .....	<b>27</b>	7.3.4 Het seizoensrendement van de warmte-emissie van de verwarmingslichamen ( $\eta_{se}$ ) .....	<b>72</b>
2.3.5 Afstellen van de verbrandingsinstallatie .....	<b>27</b>	7.3.5 Berekening van het seizoensrendement van de productie, van de ketel of nuttig rendement in het water ( $\eta_{sk}$ ) .....	<b>72</b>
2.3.6 Opties .....	<b>29</b>	7.3.6 Berekening van het seizoensrendement van een centrale verwarmingsinstallatie ( $\eta_s$ ) .....	<b>73</b>
2.3.7 Onderhoud en gebruik van meettoestellen .....	<b>29</b>	<b>8 ASBEST</b> .....	<b>75</b>
<b>3 STOOKOLIEBRANDERS OPSTARTEN</b> .....	<b>33</b>	8.1 Een gevaarlijk materiaal .....	<b>75</b>
3.1 De keuze van de brander in functie van de ketel .....	<b>33</b>	8.2 Asbesttoepassingen .....	<b>75</b>
3.2 Het opstarten van een stookoliebrander .....	<b>39</b>	8.3 Omgaan met asbest .....	<b>76</b>
3.2.1 Monteren van een stookoliebrander .....	<b>39</b>	8.4 Gebruik in een cv-installatie .....	<b>77</b>
<b>4 AFSTELLEN VAN EEN STOOKOLIE- BRANDER - INGEBRIJKNAME</b> .....	<b>43</b>	<b>9 BIJLAGEN</b> .....	<b>79</b>
4.1 Aanpassen afstelling aan de installatie .....	<b>44</b>	9.1 Verstuivertabellen .....	<b>79</b>
4.2 Stappenplan .....	<b>44</b>	9.2 Omzettingstabel CO <sub>2</sub> .....	<b>85</b>
<b>5 ONDERHOUD</b> .....	<b>49</b>		
5.1 Reinigen van de schoorsteen .....	<b>49</b>		
5.2 Reinigen van de verbindingsbuis tussen de schoorsteen en de ketel .....	<b>50</b>		



# OVERZICHT SYMBOLEN EN EENHEDEN

1 Pa = 0,01 mbar = 0,102 mm H <sub>2</sub> O (mm waterkolom)
1 hPa = 1 mbar = 10 mm H <sub>2</sub> O (mm waterkolom)
1 mm H <sub>2</sub> O = 10 Pascal
1 mbar = 10,2 mm H <sub>2</sub> O

Symbol	Beschrijving
$\lambda$	de luchtfactor; de verhouding tussen de praktische hoeveelheid verbrandingslucht en de theoretische hoeveelheid verbrandingslucht
$\lambda$	max. theoretisch %CO <sub>2</sub> gemeten %CO <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	zuurstof (-gas)
N	stikstof (-gas)
CO	koolstofmonoxide (-gas)
CO <sub>2</sub>	koolstofdioxide (-gas)
SO <sub>2</sub>	zwaveldioxide (-gas)
NO <sub>x</sub>	stikstofoxide (-gas)
NO <sub>2</sub>	stikstofdioxide (-gas)
ppm	parts per million; deeltjes per miljoen
mg/Nm <sup>3</sup>	milligram per normaal kubieke meter ( 0°C en 1013,25 hPa = 1013,25 mbar)
mg/kWh	milligram per kilowattuur
$\eta$	rendement
$\eta_s$	globale seizoensrendement;
$\eta_{sk}$	seizoensrendement van de productie, van de ketel of nuttig rendement in het water
$\eta_{sd}$	seizoensrendement van de distributie (leidingen)
$\eta_{sr}$	seizoensrendement van de regeling
$\eta_{se}$	seizoensrendement van de verwarmingslichamen
$\eta_{wk}$	het waterzijdig rendement van de stookketel
$t_k$	de bedrijfsperiode van de stookketel tijdens het stookseizoen, in uren (5.160 of 8.760 uur) 5.160 uur: zonder productie van sanitair warm water (215 dagen) 8.760 uur: met productie van sanitair warm water (365 dagen)
f	de werkingsgraad van de brander (belastingsgraad) gedurende het stookseizoen, in uren
q	de onderhoudsverliezen of stilstandsverliezen
$\eta_v$	het verbrandingsrendement
$\theta_g$	de temperatuur in °C van de rookgassen bij de stookketeluitlaat
$\theta_a$	de temperatuur in °C van de door de brander aangezogen verbrandingslucht
%CO <sub>2</sub>	het koolstofdioxidegehalte van de rookgassen
k	een coëfficiënt die als volgt kan worden bepaald: $k = (0,008 \times \% CO_2) + C_{st}$ (afhankelijk van de brandstof; 0,48 voor vloeibare brandstof).



# 1 CONTROLE VAN DE VERBRANDING

---

Voor het analyseren van de rookgassen beschikt de gebruiker over verschillende meetapparaten. We onderscheiden hierbij twee groepen:

- de traditionele verbrandingscontrolekoffer;
- de elektronische meetapparatuur voor verbrandingscontroles.

Voor rookgasmetingen die gebruikt worden om officiële verbrandingsattesten in te vullen, hebben we volgens de huidige wetgeving meetapparatuur nodig die voldoet aan de minimumvereisten van deze wetgeving (zie *brandertechnieken deel C*). De juiste verbranding is afhankelijk van een aantal factoren die verplicht gemeten moeten worden om aan de gestelde eisen te voldoen:

- het rookgetal;
- het CO<sub>2</sub>-gehalte;
- de rookgastemperatuur;
- de schoorsteendruk (of onderdruk);
- de onderdruk in de verbrandingskamer;
- het CO-gehalte;
- het O<sub>2</sub>-gehalte;
- en verder alle parameters die nodig zijn om het verbrandingsattest of het reinigingsattest in te vullen.



## 2 METINGEN

### 2.1 De traditionele verbrandingscontrolekoffer



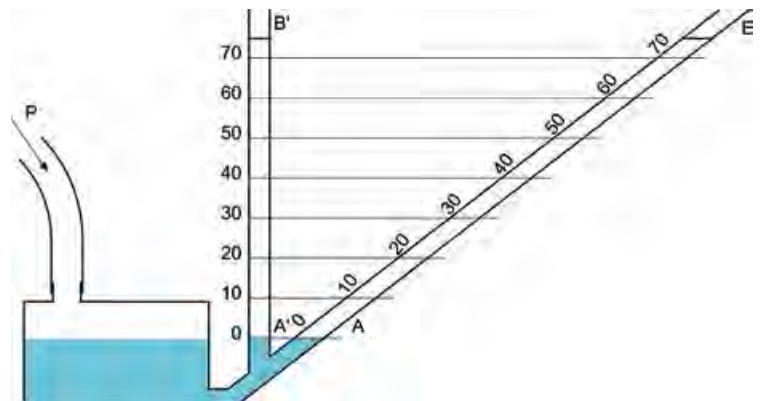
De traditionele verbrandingscontrolekoffer

VDA8

#### 2.1.1 Het meten van de schoorsteendruk



Schuine buismanometer



Schuine buismanometer



Brigon-trekmeter

Een voorwaarde voor een juiste en economische verbranding is dat de afregeling zo uitgevoerd is dat een zo constant mogelijke schoorsteendruk (onderdruk) wordt verkregen, want deze schoorsteendruk heeft een rechtstreekse invloed op het verbrandingsluchtmengsel.

De vereiste trek wordt opgegeven in de geldende normen en wetgeving.

De eenheid voor (onder)druk in het SI-stelsel is Pascal.

Bijvoorbeeld:

1 Pa = 0,01 mbar = 0,102 mm H<sub>2</sub>O (mm waterkolom)

1 hPa = 1 mbar = 10 mm H<sub>2</sub>O (mm waterkolom)

1 mm H<sub>2</sub>O = 10 Pascal

1 mbar = 10,2 mm H<sub>2</sub>O

Hieronder een overzicht van de normale waarden voor de schoorsteendruk bij een bepaald vermogen van de ketel in werking:

Vermogen ketel in kW	Schoorsteendruk in Pa	Schoorsteendruk in hPa of mbar
Tot 35 kW	- 10 tot -15 Pa	- 0,1 tot - 0,15 mbar
35 – 100 kW	- 15 tot - 20 Pa	- 0,15 tot - 0,20 mbar
100 – 400 kW	- 20 tot - 30 Pa	- 0,20 tot - 0,30 mbar

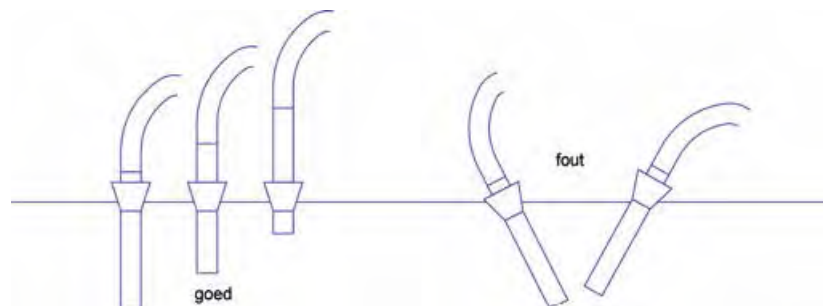


Elektronische drukmeter

Door de onderdruk (trek) verzekert de schoorsteen de afvoer van de rookgassen naar de buitenlucht.

De onderdruk wordt gemeten met behulp van een deprimometer (trekmeter). Hij wordt afgelezen in millimeter waterkolom (mm H<sub>2</sub>O), millibar (mbar) of Pascal (Pa). Opgelet: de waarde die op de verbrandingsattesten en/of reinigingsattesten ingevuld wordt, moet overeenstemmen met de opgegeven eenheid (eventueel omrekenen).

Wanneer de installatie zijn bedrijfstemperatuur bereikt heeft, wordt de trekmeter op een stabiele horizontale (vlakke) ondergrond geplaatst en zuiver op het nulpunt ingesteld. Vervolgens wordt de meetbuis bij de keteluitlaat loodrecht in het rookgaskanaal gestoken (zie figuur).



Plaatsing meetsonde



Drukmeter S2401

### Elektronische onderdrukmeter

Deprimometers bestaan ook in een elektronische versie met een digitale aflezing, waarbij de onderdruk meteen na een nulpuntinstelling (automatisch of handmatig door één druk op de toets) van de elektronische drukmeter op het scherm verschijnt. Ook hier is het belangrijk om te letten op de juiste stand van de meetbuis in de rookgasafvoer.

### 2.1.2 Het bepalen van de druk in de verbrandingskamer

De druk in de verbrandingskamer wordt bepaald met dezelfde trek-meter of elektronische drukmeter als hierboven beschreven. De druk in de verbrandingskamer wordt boven de vlamkop gemeten. Net als bij de schoorsteendruk moeten de waarden opgemeten worden wanneer de brander in werking is.

De gemeten druk is de drukverhoging die veroorzaakt wordt door het rookgasdebiet en de statische druk die via de brander door de ketel wordt gestuwd (ketelweerstand).

Ketels die een grote weerstand uitoefenen op het rookgasdebiet, zijn hogedrukketels (moderne ketels), bv. een drukverloop in de installatie met de verbrandingskamer in overdruk:

$$\text{Schoorsteendruk} = -15 \text{ Pa (onderdruk)}$$

$$\text{Druk in de verbrandingskamer} = +35 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = +35 \text{ Pa} - (-15 \text{ Pa}) = +50 \text{ Pa (ketelweerstand)}$$

Ketels die weinig of geen weerstand (van 0 Pa tot  $\pm 8$  Pa) uitoefenen op het rookgasdebiet, noemen we lagedrukketels (oudere ketels) bv. een drukverloop in de installatie met de verbrandingskamer in onderdruk:

$$\text{Schoorsteendruk} = -10 \text{ Pa}$$

$$\text{Onderdruk in de verbrandingskamer} = -8 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = -8 \text{ Pa} - (-10 \text{ Pa}) = +2 \text{ Pa (ketelweerstand)}$$

### 2.1.3 Het meten van het rookgetal

Het zogenaamde rookgetal verstrekt een snel beeld van de kwaliteit van de verbranding. Het is namelijk een meting van de hoeveelheid onverbrande delen die zich in vaste vorm in het rookgas bevinden. Bij stookolie mag het rookgetal niet hoger zijn dan de waarde die vastgelegd is in de regionale wetgeving (zie deel 3 - wetgeving) als we dit vergelijken op de vergelijkingschaal. Een hogere waarde zou de kans op bijkomende roetvorming verhogen en daardoor de warmteoverdracht en de normale werking belemmeren. Een laagje roet in de warmtewisselaar van enkele millimeter dik zorgt voor een verhoging van de rookgastemperatuur en bijgevolg voor een daling van het rendement.



Rookgetaltester

Euro-index



Vergelijkingschaal (Bacharach-schaal)

## De meetprocedure

Voor deze meting zuigen we met een rookgetaltester een bepaald volume rookgassen door een filterpapier van een welbepaald type. Door de zwarting van het papier te vergelijken met een schaal (Bacharach-schaal) krijgen we het rookgetal (op een schaal van 0 tot 9).

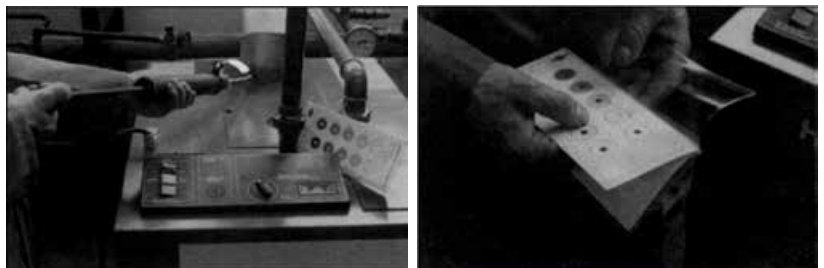
## Gebruiksaanwijzing

Alvorens de rookgetaltester te gebruiken, moet de dichtheid ervan gecontroleerd worden. Het volstaat de bevestigingsmoer van het filterpapier aan te draaien, het uiteinde van de zuigleiding met de hand af te sluiten, de pomp in werking te stellen en een slaglengte uit te trekken. Bij het loslaten moet ze terug naar de beginstand. Na deze controle is de rookgetaltester gebruiksklaar.

Het uiteinde van de insteekbuis wordt in het rookkanaal gebracht en de bevestigingsmoer wordt aangedraaid. De pomp wordt enkele malen in werking gesteld om ze op te warmen (en eventuele condensatie te verwijderen). Het filterpapier wordt op de voorziene plaats aangebracht en de bevestigingsmoer wordt opnieuw aangedraaid. Vervolgens worden exact 10 volledige pompslagen gegeven om het juiste volume rookgas door het filterpapier te zuigen. Ten slotte wordt dit filterpapier weggenomen en wordt de zwart geworden vlek vergeleken met de 10 referentiegetallen van de Bacharach-schaal.

## Opgelet

Stop de insteekbuis niet te diep in het rookgaskanaal, want anders bestaat het risico dat het uiteinde van de metalen buis de onderkant van het rookgaskanaal raakt en daar roet opzuigt van de wand. Als dat toch gebeurt, moet de pomp volledig gedemonteerd en gereinigd worden. Als de pomp opnieuw gemonteerd wordt, moeten de zuiger en de cilinder gesmeerd worden met de bijgeleverde olie om de rookgetaltester soepel te laten werken.



CO<sub>2</sub>-meter

## 2.1.4 Het meten van het CO<sub>2</sub>-gehalte

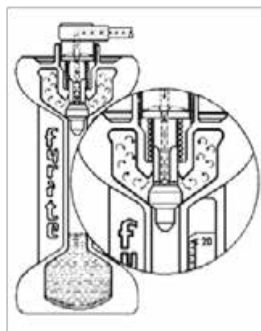
### De meetprocedure

Om het koolstofdioxidegehalte (CO<sub>2</sub>) te meten, nemen we een monster rookgassen bij de rookgasuitlaat van de ketel en brengen we ze op kamertemperatuur.

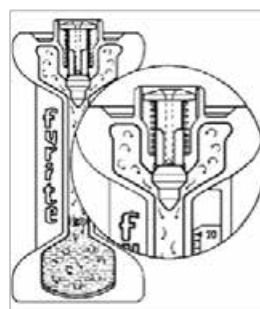
Een welbepaald volume van deze gassen wordt grondig vermengd met een reagens. Dit reagens is een oplossing van gedistilleerd water en kaliumhydroxide (KOH) (40% in gewicht). Op kamertemperatuur kan de oplossing een bepaalde hoeveelheid CO<sub>2</sub> opnemen, die 40 maal groter is dan haar eigen volume. Er vormt zich kaliumcarbonaat (KCO<sub>3</sub>).

De oplossing slurpt ook zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) op. Omdat de hoeveelheid zwavel uiterst klein is, worden SO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> geassimileerd bij de resultaten. Praktisch gezien verandert dit niets aan de nauwkeurigheid van de meting.

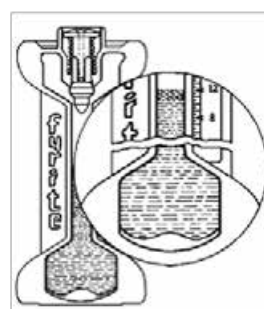
Bij de absorptie van CO<sub>2</sub> door KOH (zonder wijziging van het volume KOH) ontstaat een zeker vacuüm boven het reagens. Aangezien het onderste gedeelte van het meettoestel samengesteld is uit een soepel membraan dat onderworpen is aan de atmosferische druk, vervormt de veroorzaakte luchtledige ruimte boven het reagens het membraan zo dat de vloeistof in de centrale kolom van het meettoestel stijgt. Op de plaats waar het niveau zich stabiliseert, kan het CO<sub>2</sub>-gehalte afgelezen worden.



Het rookgas wordt in het bovenste deel van het toestel gepompt.



Het toestel wordt afgesloten en het rookgas kan zich vermengen met de reagens.



Het CO<sub>2</sub> wordt geabsorbeerd en het membraan drukt de vloeistof naar boven in de meetbuis, waar het niveau afgelezen kan worden.



Meten van de rookgastemperatuur met een elektronische thermometer

Euro-Index

### 2.1.5 Het meten van de rookgastemperatuur

De rookgastemperatuur geeft een duidelijk beeld van de geproduceerde warmte in de vuurhaard. Gecombineerd met het CO<sub>2</sub>-gehalte bepaalt de rookgastemperatuur uiteindelijk de rookgasverliezen. Ook de rookgastemperatuur moet onmiddellijk achter de ketel in het midden van het rookgaskanaal gemeten worden. In ieder geval moet de thermometer minstens 60 mm in het rookgaskanaal gestoken worden. De ketelwatertemperatuur moet op bedrijfstemperatuur zijn. (Bij een hogere ketelwatertemperatuur zal ook de rookgastemperatuur hoger zijn.)

De rookgastemperatuur wordt gemeten door bij de keteluitlaat een thermometer in het rookkanaal te steken. Bij de berekening van de verliezen wordt de absolute temperatuur van de rookgassen niet in aanmerking genomen, maar wel de temperatuurtoename in vergelijking met de temperatuur van de verbrandingslucht (praktisch: gemeten temperatuur - omgevingsluchttemperatuur).

Het gebruik van bimetaalthermometers is voorbijgestreefd, want er kunnen geen juiste metingen mee uitgevoerd worden en bovendien is de antwoordtijd van deze thermometer zeer lang (5 min). Ook de tijd van hoge rookgastemperaturen is voorbij. Steeds vaker worden hoogrendementsketels en condenserende olietelers geplaatst, wat een lagere schoorsteentemperatuur en een hoger rendement inhoudt. Hierdoor komen we ook vaker in de nabijheid van en zelfs onder het zuurdauwpunt, en daarom is het aangeraden om elektronische thermometers te gebruiken, want die zijn snel en nauwkeurig.



Bimetaalthermometer

## 2.2 De elektronische meetapparaten voor verbrandingscontrole

Om alle parameters te meten die volgens de huidige, strengere wetgeving gemeten moeten worden, is de enige mogelijkheid elektronische meettoestellen gebruiken. In elk gewest mag dezelfde meetapparatuur gebruikt worden, maar als we de wetgeving erop nalezen, zien we dat er toch kleine verschillen zijn.

**Vlaanderen** heeft zelf eisen vastgelegd in de wetgeving en definieert hierin duidelijk wat er gemeten moet worden, wat de toleranties zijn en wat de absolute fout mag zijn.

Parameter	Toestel	Resolutie	Absolute fout
Rookindex	Een lekdichte roetindexpomp, filterpapier, referentieschaal		1
Zuurstof (O <sub>2</sub> )	Zuurstofanalysator	0,1%	± 0,3%
Koolstofdioxide (CO <sub>2</sub> )	Koolstofdioxideanalysator	0,1%	± 0,3%
Koolstofmonoxide (CO)	Koolstofmonoxideanalysator	1 ppm	± 20 ppm
Temperatuur	Thermometer	1°C	± 3°C
Onder- (of over-)druk / trek	Onderdrukmeter	1 Pa	± 2 Pa

**Wallonië** heeft gebruik gemaakt van de Europese normen en eist dat alle toestellen die gebruikt worden, beantwoorden aan de norm EN 50379-1, die de algemene eisen voor meetapparatuur bevat. In deze norm is ook een tabel met tolerantiewaarden opgenomen:

Parameter	Meetveld	Eenheid	Tolerantie	Min. meetwaarde	Responstijd
CO (laag)	0 – 200 ppm	1 ppm	± 10 ppm of 10% rel.	10 ppm	90 sec
CO (gemiddeld)	0 – 2.000 ppm	1 ppm	± 20 ppm of 5% rel.	20 ppm	90 sec
CO (hoog)	0 – 20.000 ppm	10 ppm	± 100 ppm of 10% rel.	100 ppm	90 sec
NO	0 – 600 ppm	1 ppm	± 5 ppm of 5% rel.	5 ppm	90 sec
SO <sub>2</sub>	0 – 500 ppm	1 ppm	± 10 ppm of 5% rel.	10 ppm	180 sec
O <sub>2</sub>	0 – 21% VIV	0,1%	± 0,3% VIV	0,3% VIV	50 sec
CO <sub>2</sub>	0 – 20% VIV	0,1%	± 0,2% VIV	0,2% VIV	50 sec
Temperatuur (rookgas)	0 – 400°C	1°C	± 2°C of 1,5% rel.	1°C	50 sec
Temperatuur (lucht)	0 – 100°C	1°C	± 1°C	1°C	70 sec
Druk (trek)	-50 tot +200 Pa	1 Pa	± 2 Pa of 5% rel.	1 Pa	10 sec
Druk (verschil)	0 – 10.000 Pa	10 Pa	± 50 Pa of 1% rel.	100 Pa	10 sec



Euro-index

Euro-index eurolyzer-ST

Uit deze tabellen kunnen we besluiten dat de eisen voor meetapparatuur in Wallonië strenger en ondubbelzinniger zijn dan in Vlaanderen. Praktisch gezien kunnen we er wel van uitgaan dat alle toestellen die via de normale verkoopkanalen verkocht worden in België, voldoen aan de eisen van de wetgever. Om hierover zekerheid te hebben, kunnen we altijd een conformiteitsverklaring eisen waarin de fabrikant verklaart dat het toestel voldoet aan de norm EN 50379-1.

De dag van vandaag bestaan er verschillende toestellen die gaan van eenvoudige toestellen (die alle nodige parameters kunnen meten voor gebruik bij huishoudelijke installaties) tot toestellen die uitgerust zijn met meerdere meetcellen die voor veel meer gebruikt kunnen worden dan de verplichte parameters bij het onderhoud van verwarmingsinstallaties.



Ecom EN2

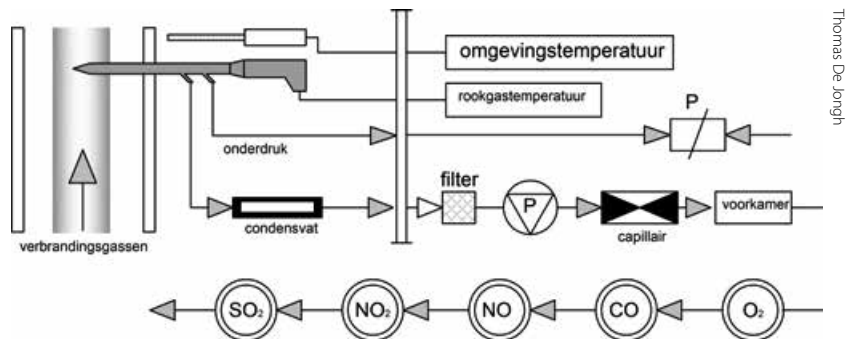


Testo

Testo 330

## 2.2.1 Werking van een elektronisch rookgasanalysetoestel

Bij de constructie van draagbare verbrandingsanalysetoestellen wordt zeer veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van de gaswegen. Eventuele lekken leiden tot foutieve meetresultaten. Daarom moeten de verbindingen van de gaswegen absoluut dicht zijn. Plaatsen waar condens wordt neergeslagen, moeten vermeden worden, want condens veroorzaakt schade aan de meetcellen. Moderne verbrandingsanalysetoestellen zijn voorzien van een positie-onafhankelijke condensafscheider, die neergeslagen condens opvangt en op die manier het toestel beschermt. In de onderstaande afbeelding wordt een vereenvoudigd schema afgebeeld met de volgorde van de gaswegen.



Schema werking rookgasanalysetoestel

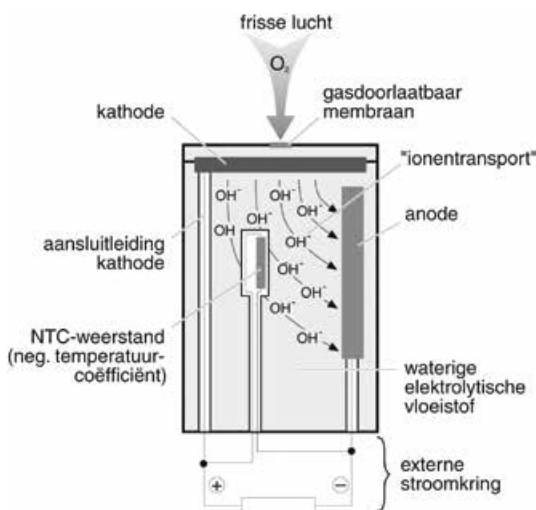
De rookgassen worden via de pomp P door de sonde aangezogen en naar de condensafscheider gevoerd. Via het thermo-element dat in de meetspits van de rookgassonde geïntegreerd is, wordt de rookgastemperatuur gemeten. De condensafscheider en de ingebouwde filter condenseren het rookgas en houden stof- en roetdeeltjes zo veel mogelijk tegen. Het aangezogen gas wordt langs de pomp P gevoerd en via een capillair (vernauwing van de gasweg) in een voorkamer geperst, waar de drukstoten die ontwikkeld worden door de membraanpomp, verminderd worden. Vervolgens komt het gas in de meetcellen terecht, waar, afhankelijk van de uitvoering, de  $O_2$ -,  $CO$ -,  $SO_2$ - en  $NO$ -concentraties gemeten worden.

## 2.2.2 Elektronisch meten

Met de elektronische verbrandingscontroletoestellen kunnen de volgende grootheden gemeten worden: temperatuur (omgevings- en rookgastemperatuur), schoorsteenonderdruk, druk in de vuurhaard, zuurstofgehalte ( $O_2$ ), koolstofmonoxidegehalte (CO), stikstofoxiden ( $NO_x$ ), koolstofdioxide ( $CO_2$ ), luchtvermaat ( $\lambda$ ) en verbrandingsrendement ( $\eta$ ). Al deze parameters worden automatisch berekend in het meetapparaat.

### Verbrandingsluchttemperatuur

De verbrandingsluchttemperatuur wordt gemeten met een temperatuurvoeler die rechtstreeks met het meettoestel verbonden is. Deze temperatuur wordt gemeten aan de luchtinlaat van de brander.



Schematische voorstelling van een elektrochemische zuurstofcel

Testo

### $O_2$ -gehalte (zuurstofgehalte)

De zuurstofsensoren zijn twee-elektrode-sensoren. De werking van deze sensor wordt verklaard aan de hand van de figuur.

De zuurstofdeeltjes komen via het gasdoorlatende membraan in de kathode van de sensor terecht. Door de stoffelijke samenstelling van de kathode doet er zich een chemische reactie voor waarbij  $OH^-$ -ionen ontstaan (ionen = geladen deeltjes). Deze  $OH^-$ -ionen gaan door de elektrolytische vloeistof naar de anode van de sensor.

Het ionentransport van de anode naar de kathode zorgt voor een elektronenvloed tussen deze beide die evenredig is met de  $O_2$ -concentratie. Hoe hoger de zuurstofconcentratie, hoe meer ionen ( $OH^-$ ) dus van de anode naar de kathode getransporteerd worden en hoe hoger de elektronenvloed. Dit heeft een stroomstijging tot gevolg. Deze stroom is een meetsignaal dat gebruikt wordt voor de elektronische verwerking.

De geïntegreerde weerstand met negatieve temperatuurcoëfficiënt (NTC) is een compensatie van de temperatuurinvloeden voor de stabiliteit van de temperatuur van de sensor. De levensduur van de zuurstofsensoren bedraagt ca. 3 jaar (er bestaan ook versies met een levensduur van 6 jaar).

#### Reacties:

- Kathode:  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
- Anode:  $2Pb + 4OH^- \rightarrow 2PbO + 2H_2O + 4e^-$
- Balans:  $2Pb + O_2 \rightarrow 2PbO$



Elektrochemische sensoren

EuroIndex

## CO<sub>2</sub>-gehalte (koolstofdioxide)

Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) is een kleur- en reukloos gas met een licht zure smaak. Onder invloed van het zonlicht en de groene bladkleurstof chlorofyl wordt koolstofdioxide door planten omgezet in zuurstof (O<sub>2</sub>). Deze zuurstof wordt ingeademd door mens en dier en wordt opnieuw omgezet in koolstofdioxide. Op die manier ontstaat een evenwicht, dat weliswaar verstoord wordt door de rookgassen. De maximaal toegelaten concentratie op werkplaatsen bedraagt 5.000 ppm. Concentraties hoger dan 15 volumeprocent (15.000 ppm) leiden tot bewustzijnsverlies.

Uit het koolstofdioxidegehalte in de rookgassen kan het verbrandingsrendement bepaald worden. Als een kleine luchtvermaat (volledige verbranding) een zo hoog mogelijke CO<sub>2</sub>-concentratie oplevert, is het verbrandingsrendementsverlies het laagst. Voor iedere brandstof bestaat er een maximaal bereikbaar CO<sub>2</sub>-gehalte (CO<sub>2</sub> max).

Het CO<sub>2</sub>-gehalte wordt automatisch berekend in het meetapparaat op basis van de gemeten zuurstofwaarde en de maximale CO<sub>2</sub>-waarde specifiek voor de brandstof (vaste waarde). Het maximale CO<sub>2</sub>-gehalte voor olie is bijvoorbeeld 15,2%.

Het koolstofdioxidegehalte wordt berekend volgens de formule:

$$\text{CO}_2 = \frac{\text{CO}_{2\text{max}} \times (21 - \text{O}_2)}{21}$$

## CO-gehalte (koolstofmonoxide)

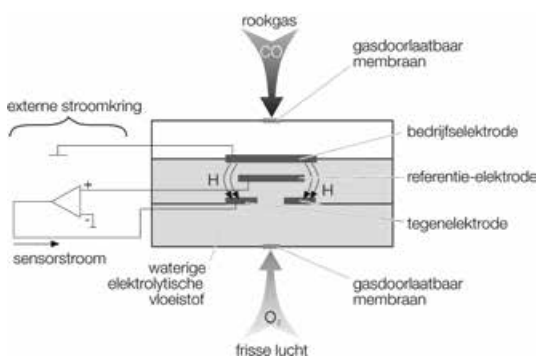
Koolstofmonoxide (CO) is een kleur-, reuk-, smaakloos en zeer giftig gas dat ook een product van onvolledige verbranding is. Bij een te hoge concentratie verhindert het gas de zuurstofopname in het bloed. 700 ppm CO in een ruimte kan al na 3 uur leiden tot de dood als een persoon deze lucht inademt. De maximaal toegelaten concentratie op werkplaatsen bedraagt 50 ppm.

Voor de bepaling van concentraties aan toxische gassen (CO, NO) wordt een drie-elektrode sensor gebruikt. De werking van deze meetcellen wordt verklaard aan de hand van de koolstofmonoxidesensor.

Werking van een drie-elektrode sensor: De koolstofmonoxidemoleculen komen via het gasdoorlaatbaar membraan in de bedrijfsselektrode van de drie-elektrode sensor. Daar vindt een chemische reactie plaats die de vorming van H<sup>+</sup>-ionen (geladen waterstofdeeltjes) veroorzaakt. Deze H<sup>+</sup>-ionen worden van de bedrijfsselektrode naar de tegenelektrode getransporteerd. Door de zuurstof (O<sub>2</sub>) van de frisse lucht doet zich opnieuw een chemische reactie voor die een elektronenvloed tot gevolg heeft. Deze elektronenvloed is een maatstaf voor de concentratie aan koolstofmonoxide. De referentie-elektrode (derde elektrode) dient voor de stabiliteit van het sensorsignaal. De levensduur van deze sensor bedraagt 2 tot 3 jaar, afhankelijk van het gebruik (er bestaan ook versies met een levensduur van 6 jaar).

### Reacties:

- Anode :  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}$
- Kathode :  $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$



Schematische voorstelling van een elektrochemische koolstofmonoxidesensor

### **NO<sub>x</sub>-meting (stikstofoxiden)**

---

Bij hoge temperaturen (tijdens de verbranding) verbindt de stikstof (N<sub>2</sub>) in de brandstof en omgevingslucht zich met zuurstof (O<sub>2</sub>) tot stikstofoxide (NO). Na een bepaalde tijd oxideert dit kleurloze gas in verbinding met de zuurstof (O<sub>2</sub>) tot stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), dat oplosbaar is in water en giftig is voor de longen. Het inademen van dit gas kan ernstige schade aan de longen veroorzaken.

Het werkingsprincipe van de NO-meetcel kan gemakkelijk vergeleken worden met de CO-meetcel.

In het kader van de milieubescherming wordt meer en meer gestreefd naar het meten van de hoeveelheden stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>). Bij metingen aan huishoudelijke verwarmingsinstallaties is het meten van NO<sub>x</sub> niet verplicht.

### **Luchtovermaat (berekend)**

---

De nodige zuurstof voor de verbranding wordt toegevoerd via de verbrandingslucht. Om een volledige verbranding te bereiken, moet meer toegevoerd worden dan de theoretisch vereiste luchthoeveelheid voor de stoechiometrische verbranding. De verhouding tussen de praktische hoeveelheid verbrandingslucht en de theoretische hoeveelheid lucht is de luchtfactor λ.

Deze wordt berekend volgens de formule:

$$\lambda = \frac{\text{max theoretisch \%CO}_2}{\text{gemeten \%CO}_2}$$

### **Verbrandingsrendement (berekend)**

---

De rookgassonde wordt door de meetopening in het rookgaskanaal geplaatst. Door een permanente temperatuurmeting wordt in de kernstroom van het rookgas het punt met de hoogste temperatuur gezocht. Vervolgens kan de rookgassonde met behulp van een conus mechanisch vastgezet worden. Het rookgas wordt via de sonde met een membraanpomp aangezogen en naar het meettoestel geleid. De gemeten waarden (omgevingstemperatuur, rookgas-temperatuur, O<sub>2</sub> of CO<sub>2</sub>) worden gebruikt voor de berekening van het rendement. Dit gebeurt automatisch in het meetapparaat. Voor de berekening van het verbrandingsrendement verwijzen we naar hoofdstuk 7: 'Rendement'.

## SO<sub>2</sub>-meting (zwaveldioxide)

Zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) in het rookgas ontstaat door de verbranding van zwavelhoudende brandstoffen zoals stookolie, steenkool of gemengde brandstoffen. Zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) is gemakkelijk oplosbaar in water. Daarom bestaat het gevaar dat er zwavelzuur gevormd wordt uit het condens wanneer de condensatietemperatuur overschreden wordt. Dit leidt tot corrosie van de schoorsteen en daarom is een aangepaste schoorsteen nodig. Doordat zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) oplosbaar is in water, moet de SO<sub>2</sub>-concentratie gemeten worden op een droog gas. Anders wordt geen rekening gehouden met de opgeloste SO<sub>2</sub> in het condens en is het meetresultaat niet nauwkeurig. Daarom moet bij zwaveldioxidemetingen altijd gebruikt worden van een gasvoorbereiding die het rookgas voor de eigenlijke meting droogt. Ook voor NO<sub>2</sub> is dit het geval.

## NO<sub>2</sub>-meting (stikstofdioxide)

Stikstofoxide (NO<sub>x</sub>) geeft de som van stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) weer. In principe staan de NO-concentratie en de NO<sub>2</sub>-concentratie in een vaste verhouding tot elkaar (97% NO bij stookinstallaties, 3% tot 5% NO<sub>2</sub>). Bij het gebruik van gemengde brandstoffen verandert deze verhouding. In dat geval moeten de beide componenten (NO en NO<sub>2</sub>) afzonderlijk gemeten en tot NO<sub>x</sub> samengeteld worden.



Paul Adriaenssens

## Peltier-element of gasdroger

Het principe van een gasdroger berust op een Peltier-element. Dit is een halfgeleider waarop een gelijkspanning wordt gezet, zodat hij aan één zijde opwarmt en aan de andere zijde afkoelt. De warmte van de warme zijde wordt afgevoerd door een kleine ventilator en de koude zijde zit gemonteerd in de gasweg waar de rookgassen voorbijkomen en condenseren. Aangezien dit proces zeer snel verloopt, krijgen de aanwezige SO<sub>2</sub> en NO<sub>2</sub> niet de tijd om op te lossen in het condenswater.

Droger rookgastoestel

### 2.2.3 Waar meten?

De ketel moet zich in normale bedrijfstoestand bevinden. Dit wil zeggen dat de ketel op normale bedrijfstemperatuur is en dat alle afdekkappen op de brander gemonteerd zijn. Ook zijn alle deuren of openingen in het stooklokaal die gesloten kunnen worden, daadwerkelijk gesloten. Zo kan vastgesteld worden of er wel voldoende verbrandingsluchttoevoer is om een goede werking te garanderen. Let uiteraard op de veiligheid, verlaat bij het minste teken van CO-vorming (hoofdpijn, misselijkheid) het stooklokaal en zet alle ramen en deuren open.

De plaats van de metingen is afhankelijk van het type ketel:

- B-toestellen (verbrandingslucht uit de opstellingsruimte): rookgassen worden zo dicht mogelijk bij de uitgang van de ketel (maximaal 2 à 3 maal de diameter) gemeten, de verbrandingsluchttemperatuur op 1,5 m hoogte (in de stookplaats) in de buurt van de brander. Meet altijd met geplaatste branderkap.
- C-toestellen (verbrandingslucht van buiten de opstellingsruimte): rookgassen en de verbrandingslucht worden gemeten in de door de fabrikant voorziene meetopeningen.

## 2.3 Meetprocedure



Elektronische roetpomp

Testo

Voor we beginnen aan een onderhoudsbeurt, voeren we altijd eerst een rookgasmeting (initiële meetreeks) uit om te vermijden dat er later discussies zijn over het al of niet functioneren van het stooktoestel. Als de brander niet start bij deze eerste meetreeks, kunnen we de eigenaar hierop wijzen en kan er na het onderhoud geen discussie zijn over de vraag of het toestel al dan niet defect is. Dankzij deze meting kunnen we ook een vergelijking maken van de kwaliteit van de verbranding voor en na het onderhoud.

### 2.3.1 Bepalen van het roetgetal

De eerste meting die we uitvoeren bij een stookolieketel, is altijd het roetgetal. Deze meting kan uitgevoerd worden met een klassieke roetpomp, maar er wordt ook steeds vaker gebruik gemaakt van de elektronische versie, die beschikbaar is in een handmodel of ingebouwd zit in de rookgasanalyzer. Het voordeel van de elektronische versie is de uitvoeringssnelheid en het nauwkeuriger resultaat. De waarden kunnen ook onmiddellijk doorgestuurd worden naar het rookgasanalysetoestel.

Vooraleer we metingen uitvoeren met een elektronische roetpomp, raadplegen we altijd de handleiding van het toestel. Voor elke meting voeren we ook een dichtheidstest uit. Een meting kan immers alleen correct zijn als ze juist uitgevoerd wordt.

De handpomp blijft een volwaardig alternatief. Vooraleer aan de meting te beginnen, moet de dichtheid van de pomp getest worden door het uiteinde van de meetsonde met een vinger hermetisch dicht te houden en de zuiger naar achteren te trekken. Als we een weerstand voelen en de pomp onmiddellijk teruggetrokken wordt, weten we dat het volledige circuit dicht is. Een correcte meting kan enkel uitgevoerd worden met een pomp die juist werkt.

Om het roetgetal te meten, wordt de roetpomp met het bevestigde filterpapier in het rookgaskanaal geplaatst. Het rookgas wordt door gelijke pompbewegingen aangezogen (de pomp 10 maal volledig optrekken). Ten slotte wordt het filterpapier verwijderd en gecontroleerd op de aanwezigheid van oliederivaten. Als het filterpapier verkleurd is door oliederivaten (onverbrande olie), kan het niet meer gebruikt worden om het roetgetal te bepalen. Het zwartkleuren van het filterpapier wordt vergeleken met de Bacharach-schaal, waardoor het roetgetal wordt bepaald (de schaal van Bacharach geeft het roetgetal weer aan de hand van een cijfer van 0 tot 9). Als de filter bij de meting vochtig geworden is door condensvorming, moet de meting herhaald worden. Door het rekenkundig gemiddelde van drie afzonderlijke metingen te nemen, kan het uiteindelijke roetgetal bepaald worden.



Testo

### Tip

We voeren altijd eerst een roetmeting uit. Als deze meting een roetgetal geeft dat te hoog is (meer dan 3), meten we niet met ons elektronisch rookgasanalysestoestel, dit om de meetcellen te sparen. Enkel als het roetgetal aanvaardbaar is, kan er elektronisch gemeten worden. Als we het roetgetal na het onderhoud niet onder de wettelijke waarden krijgen, moeten de overige parameters niet bepaald worden, want het stooktoestel wordt dan geacht niet in goede staat van werking te zijn.

### 2.3.2 Bepalen van de verbrandingsluchttemperatuur

Om het rendement juist te kunnen bepalen, moeten we de correcte verbrandingsluchttemperatuur bepalen. Als we werken met een toestel dat de verbrandingsluchttemperatuur meet tijdens het kalibreren van het meettoestel, moeten we ervoor zorgen dat deze kalibratie uitgevoerd wordt in de stookplaats, in de buurt van de brander, op ongeveer 1,5 m hoogte. Opgelet: een verkeerde temperatuur veroorzaakt een verkeerd berekend rendement, dus kalibreer nooit met een warme rookgassonde (dit geeft een hoger rendement dan er in werkelijkheid is) en ook nooit buiten de stookplaats.

Als we werken met een toestel met twee temperatuurvoelers, één voor de luchttemperatuur en één voor de rookgastemperatuur, dan wordt de temperatuur van de verbrandingslucht permanent gemeten. Ook hier moeten we waken over een juiste meting (metingen uitgevoerd met een toestel dat tegen de mantel van de ketel hangt, kunnen een verkeerd rendement geven als de gemeten temperatuur te hoog is).

Bij metingen aan stooktoestellen die werken met lucht van buiten de stookplaats (C- toestellen), is een tweede temperatuurvoeler verplicht.

### 2.3.3 Bepalen van het rendementsverlies

De rookgassonde wordt door de meetopening in het rookgaskanaal geplaatst. Door een permanente temperatuurmeting wordt in de kernstroom van het rookgas het punt met de hoogste temperatuur gezocht. De rookgassonde kan mechanisch vastgezet worden. Het rookgas wordt via de rookgassonde met een membraanpomp aangezogen en naar het meetapparaat geleid. Op één punt worden de rookgastemperatuur en de concentratie aan koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) of zuurstof (O<sub>2</sub>) gemeten. Vervolgens worden deze gemeten waarden (VT, RT, O<sub>2</sub>) gebruikt voor de berekening van het rendementsverlies (qR of qA) in het meetapparaat.

#### Tip

Een plotse daling van de rookgastemperatuur kan de volgende oorzaak hebben:

- Bij een horizontale positie van de rookgassonde bevindt er zich een druppel condens op het thermo-element (temperatuursensor).

#### Oplossing:

- Meet enkel met een droge rookgassonde.
- Hou de sonde verticaal.

Een te hoog rendementsverlies kan de volgende oorzaken hebben:

- een foutieve verbrandingsluchttemperatuur door kalibratie met een te koude rookgassonde;
- een foutieve instelling van de brandstof.

### 2.3.4 Bepalen van de schoorsteentrek<sup>1</sup>

Om de schoorsteendruk te bepalen die nodig is voor de afvoer van het rookgas bij stookketels, wordt de rookgassonde opnieuw in de opening van het rookgaskanaal gebracht. Na de instelling van het nulpunt van de druksensor wordt de trekmeting of drukmeting uitgevoerd met het toestel in werking. (Opgelet: bij de meeste toestellen moet de druksensor 'genuld' worden voordat de sonde in het rookkanaal geplaatst wordt.) Bij een trekmeting wordt geen rookgas aangezogen.

### 2.3.5 Afstellen van de verbrandingsinstallatie

Het is de bedoeling om de brander na een onderhoudsbeurt zo te regelen dat de verbranding zo optimaal mogelijk gebeurt. Een optimaal werkende installatie is immers een milieuvriendelijk werkende installatie. Het correct afstellen van de brander wordt besproken in hoofdstuk 6: 'Afstellen van stookoliebranders'.

Dankzij elektronische meetapparatuur kunnen stookoliebranders eenvoudiger en sneller geregeld worden. Het is immers mogelijk om alle parameters gelijktijdig in de gaten te houden (acht of meer parameters gelijktijdig bij moderne meettoestellen).

Een kort overzicht voor het uitvoeren van een meting op de volgende pagina.

Als de meetresultaten in orde zijn na de verschillende meetreeksen, moeten de resultaten afgedrukt worden en aan het verbrandingsat-test bevestigd. Bij discussie kan dit een bewijs zijn van een correct uitgevoerde controle. Het afdrukken gebeurt met een infraroodprinter of via bluetooth. Als er thermisch papier gebruikt wordt, moeten we opletten, want de afdruk verdwijnt na 1 à 2 jaar onder invloed van het licht (al bestaat er papier dat 10 jaar leesbaar zou moeten blijven). Bij sommige toestellen kunnen we de meetwaarden ook versturen naar een laptop of PDA.



Testo 330-ILL		Testo 330-ILL	
V2.02 01436858/B		V2.02 01436858/B	
VDAB Brusselsesteenweg 288 2800 Mechelen		VDAB Brusselsesteenweg 288 2800 Mechelen	
MEETLOCATIE		MEETLOCATIE	
19.02.2014	10:29:08	19.02.2014	10:22:50
Brandstof:	Stookolie	Brandstof:	Stookolie
O2ref.:	3.0%	O2ref.:	3.0%
CO2Max:	15.2%	CO2Max:	15.2%
8	mgKW CO	8	mgKW CO
2.4	ppm Dooverdund	7	ppm Dooverdund
13.46	% Zuurstof	3.7	% Zuurstof
128.4	% CO2	12.52	% CO2
21.3	°C Rookgastemp.	179.9	°C Rookgastemp.
107.1	°C Verbrand. temp.	21.5	°C Verbrand. temp.
1.13	°C Nettotemp.	158.4	°C Nettotemp.
95.3	Lambda	1.21	Lambda
95.3	% Eta*	92.7	% Eta*
-0.15	mbar Trak	92.7	% Eta*
50.2	°C Dauwpunt	-0.15	mbar Trak
		49.1	°C Dauwpunt
Rookgetel:	0 1 0	Rookgetel:	0 1 0
Gemiddelde:	0	Gemiddelde:	0
Oliedriev.:	Neen	Oliedriev.:	Neen
Keteltemp.:	70.0 °C	Keteltemp.:	70.0 °C
samen sterk voor werk		samen sterk voor werk	

Afdrukvoorbeeld van een meting met een elektronisch rookgasanalysestoestel

<sup>1</sup> onderdruk is de trek in het rookgasafvoerkanaal

## Elektronische meetapparatuur voor stookoliebranders

Een kort overzicht voor het uitvoeren van een meting:



De rookgassonde zorgvuldig aansluiten via een snelkoppeling



Na het opstarten, de kalibratiefase (30 seconden tot 1 minuut). Automatische controle van de cellen om foutieve metingen te voorkomen



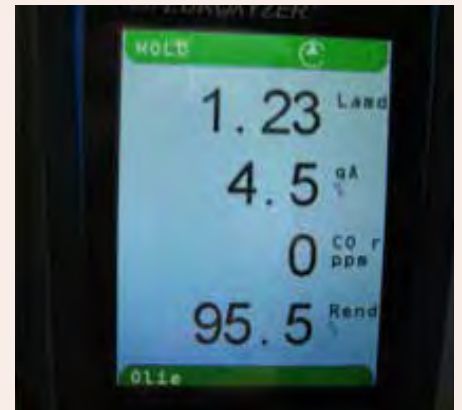
Selectie van de brandstof



Rookgassonde in het rookgaskanaal steken en in de kernstroom vastzetten



Door een druk op de toets de meting starten, met de pijltoetsen door de verschillende menu's lopen



Door een druk op de functietoets wordt de meting beëindigd. De meetwaarden worden bevroren op het scherm en kunnen nog gecontroleerd worden.



Opslaan of afdrukken van de meetwaarden met de printtoets



De volledige uitrusting (meettoestel en toebehoren), gemakkelijk transporteerbaar in de servicekoffer

### 2.3.6 Opties

Een elektronisch toestel van de laatste generatie kan meer dan alleen meten. Zo zijn er bijvoorbeeld toestellen met een analysefunctie voor het branderrelais (het digitale branderrelais). Via een interfacekabel kan een diagnose gesteld worden, waarna op het scherm van de analyzer weergegeven wordt wat de laatste pannes op de brander waren.

De toestellen kunnen ook verschildrukken meten. Dit kan handig zijn bij ketels met controlepressostaten die de luchtdruk controleren. Verder kan deze functie ook gebruikt worden om gasdrukken te meten.

Er zijn ook programma's op de markt die de resultaten van de verbrandingscontrole onmiddellijk opslaan via een laptop of PDA, en die zelfs een volledig onderhoudsrapport kunnen afdrukken bij de klant, samen met de factuur. De verbinding gebeurt dan via IR of Bluetooth.

Voor ketels die concentrisch aangesloten zijn, bestaat er een functie die in combinatie met een sikkelsonde eventuele rookgaslekken kan opsporen.

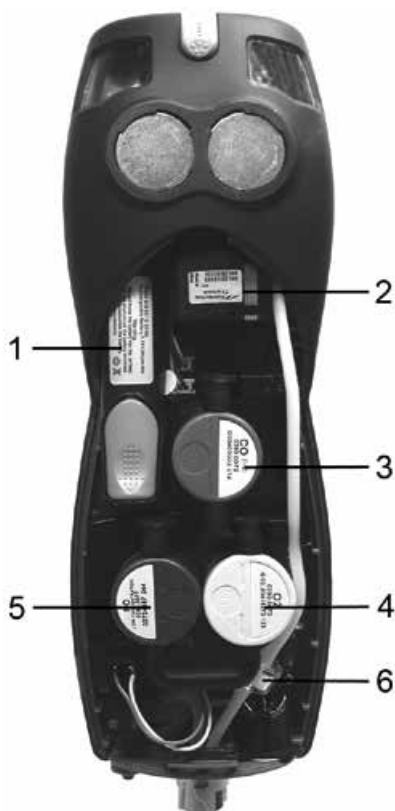
Testo

### 2.3.7 Onderhoud en gebruik van meettoestellen

In de praktijk hebben de elektrochemische gassensoren hun betrouwbaarheid en goede werking al aangetoond. Deze sensoren hebben de volgende grote voordelen: een snelle beschikbaarheid van de meetwaarden, de compactheid, het onderhoud door de gebruiker zelf en de lage herstellingskosten. Voor het onderzoek en de ontwikkeling van de meetcellen zijn wel enorme inspanningen nodig om een geschikte omgeving voor deze meetcellen te creëren. Hiertoe behoort de optimalisering van de gaswegen en de gemakkelijke vervanging van de meetcellen door de gebruiker.

#### Onderhoud

- Vervang tijdig de stoffilters.
- Reinig de gaswegen / pomp.
- Controleer de meetcellen op proefgas en vervang ze eventueel. (Een tweejaarlijkse controle en ijking bij de fabrikant is wettelijk verplicht.)



- 1 Oplaadbare accu
- 2 Meetgaspomp
- 3 Steekplaats CO-sensor of COlow-sensor
- 4 Steekplaats O<sub>2</sub>-sensor
- 5 Steekplaats NO-sensor of NOlow-sensor
- 6 Filter

De gebruiker kan de cellen soms zelf vervangen

### Gebruik

---

- Lees aandachtig de gebruiksaanwijzing.
- Overbelast het toestel niet (te hoog roet-, CO-, NO-gehalte). Respecteer het meetbereik (geen extreme concentraties).
- Er wordt aangeraden in het eerste scherm alleen oog te hebben voor de CO-waarde. Als de CO-waarde te hoog is, moet de sonde onmiddellijk uit de schoorsteen getrokken worden om de meetcellen te beschermen. Deze waarde moet trouwens voortdurend bewaakt worden. Als we bij het inregelen iets te ver gaan, zodat de CO-waarde piekt, kan de sonde het best even uit de schoorsteen gehaald worden om het toestel te laten spoelen met verse lucht.
- Spoel het meettoestel voor en na gebruik om de gaswegen vrij te maken en de cellen te ontlasten (laat het toestel na gebruik niet onnodig lang liggen zonder de cellen te spoelen).
- Respecteer de werkingstemperatuur.
- Wees zorgzaam voor het meettoestel.

### Opbouw/constructie

---

Een interne microprocessor garandeert een weergave van eventuele foutmeldingen op het scherm:

#### Aanduiding op het scherm

---

- te hoge werkingstemperatuur → werkingstemperatuur respecteren (+4 ... +40°C);
- O<sub>2</sub>-cel is defect → O<sub>2</sub>-cel vervangen (anders: foutieve of geen CO<sub>2</sub>-aanduiding, foutieve of geen rendementsberekening);
- temperatuursensor is defect → geen mogelijkheid tot juiste rendementsberekening;
- CO-cel is defect → CO-cel vervangen (anders: foute of geen meetresultaten).

### Omzettingstabel voor de conversie van de gemeten grootheden

In de volgende tabellen worden de verhoudingen tussen de meest voorkomende meeteenheden weergegeven. Let op: de gemeten waarden worden altijd gegeven bij een bepaalde zuurstofovermaat (% O<sub>2</sub>). Wanneer we dus een bepaalde omzettingstabel gebruiken, is dit altijd bij een bepaalde zuurstofovermaat van 0% of 3%. De gemeten waarde moet dus eerst herleid worden naar een zuurstofovermaat van 0% of 3% voor ze geconverteerd wordt naar een andere eenheid.

#### Omzettingstabel bij 0% O<sub>2</sub>

CO	
1 ppm = 1,25 mg/Nm <sup>3</sup>	1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,800 ppm
1 ppm = 1,101 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,900 ppm
1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	
1 ppm = 2,05 mg/Nm <sup>3</sup>	1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,488 ppm
1 ppm = 1,822 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,549 ppm
1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	
1 ppm = 2,93 mg/Nm <sup>3</sup>	1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,341 ppm
1 ppm = 2,604 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,384 ppm
1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/Nm <sup>3</sup>

#### Omzettingstabel bij 3% O<sub>2</sub>

CO	
1 ppm = 1,458 mg/Nm <sup>3</sup>	1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,686 ppm
1 ppm = 1,295 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,772 ppm
1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	
1 ppm = 2,392 mg/Nm <sup>3</sup>	1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,418 ppm
1 ppm = 2,128 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,470 ppm
1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	
1 ppm = 3,418 mg/Nm <sup>3</sup>	1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,293 ppm
1 ppm = 3,040 mg/kWh	1 mg/kWh = 0,329 ppm
1 mg/Nm <sup>3</sup> = 0,889 mg/kWh	1 mg/kWh = 1,125 mg/Nm <sup>3</sup>

### Conversieformules O<sub>2</sub>

$$W(gO_2) = \frac{(21 - g)}{(21 - y) \times M}$$

waarbij:

W = gewenste emissiewaarde bij gewenste zuurstofovermaat g;

g = gewenste zuurstofovermaat;

y = gemeten zuurstofovermaat;

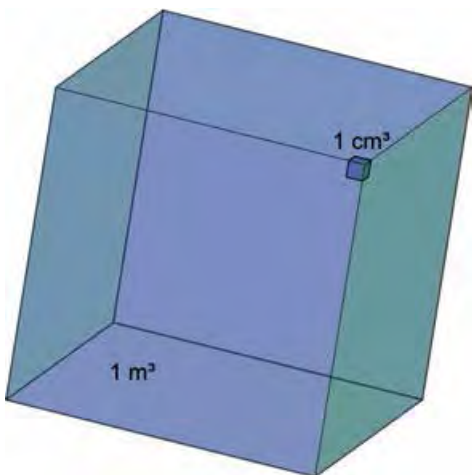
M = gemeten emissiewaarde bij gemeten zuurstofovermaat y.

#### Voorbeeld

- gemeten: 115 ppm CO = M
- gemeten zuurstofovermaat: 3,6% = y

Wij willen deze waarde terugbrengen naar O<sub>2</sub> = 0%:

$$W = \frac{(21 - 0)}{(21 - 3,6) \times 115} = 138,8 \text{ ppm CO}$$



Schematische voorstelling van 1 ppm

### De gebruikelijke eenheden

#### ppm (parts per million)

De eenheid ppm is een verhouding waarin het aantal deeltjes per miljoen wordt uitgedrukt. Dit wil zeggen dat er zich bij 250 ppm CO 250 deeltjes CO bevinden in een ruimte met 1.000.000 deeltjes. Deze eenheid wordt veelal gebruikt omdat hij onafhankelijk is van temperatuur en druk.

#### mg/Nm<sup>3</sup>

Bij deze eenheid wordt de concentratie van de deeltjes gegeven als ze zich in een volume van 1 kubieke meter zouden bevinden bij een druk van 1013,25 hPa en een temperatuur van 0°C om een vergelijkbare grootte te hebben.

Deze grootte is wel afhankelijk van de concentratie zuurstof in de rookgassen. Daarom wordt een referentiegehalte aan zuurstof genomen.

#### mg/kWh

Deze grootte geeft de hoeveelheid rookgascomponent aan ten opzichte van de geproduceerde hoeveelheid energie in kWh. Deze waarde is alleen afhankelijk van de gebruikte brandstof. Voor de omrekening naar mg/kWh moeten de gemeten emissiewaarden wel omgerekend worden naar onverdund rookgas (0% O<sub>2</sub> referentiegehalte).

Een gehalte van 115 ppm CO bij een zuurstofovermaat van 3,6 % stemt overeen met een gehalte van 138,8 ppm CO bij toevoegen: 0% zuurstofovermaat. Deze laatste emissiewaarde kunnen we converteren naar een andere eenheid aan de hand van de eerder in dit handboek opgenomen conversietabellen.

Voorbeeld: 138,8 ppm CO x 1,101 (zie tabel) = 140,19 mg/kWh

## 3 STOOKOLIEBRANDER OPSTARTEN

---

Voor we kunnen beginnen met het opstarten van een stookoliebrander, moeten we controleren of de brander die we willen plaatsen, wel de juiste keuze is voor de ketel die we plaatsen.

---

### 3.1 De keuze van de brander in functie van de ketel

Met de keuze van de brander bepalen we het juiste type brander waarmee we een ketel kunnen uitrusten in functie van zijn eigenschappen en zijn werking. Hiervoor mogen we niet afwijken van de lijst die gewoonlijk door de constructeur van de ketel en de brander wordt gegeven overeenkomstig de Europese richtlijn N° 92/42/CEE. De juiste combinaties zijn ook terug te vinden in de Optimaz-lijst en Optimaz-elitelijst die door Informazout worden uitgegeven.

Om op de markt gebracht te mogen worden, moet het materiaal beantwoorden aan de volgende Europese normen:

Voor branders: **EN 267**

Voor ketels:

- **EN 303-1:** ketels met branders met aangeblazen lucht – terminologie, algemene voorschriften, testen en merkingen;
- **EN 303-2:** ketels met branders met aangeblazen lucht – speciale voorschriften voor ketel met mazoutbranders met mechanische verstuiving;
- **EN 303-4:** verwarmingsketels – voorschriften voor het testen van ketels uitgerust met een mechanische verstuivingsbrander.

Wanneer een oude brander vervangen wordt door een nieuwe, kan een eenvoudige berekening tot een optimale oplossing leiden.

Een slechte keuze van de brander voor een verwarmingsketel kan de oorzaak zijn van ongemakken zoals een slechte verbranding, snelle vervuiling van de ketel en van de verbrandingskop van de brander, ophoping van gassen bij elke start, een luidruchtige werking van het geheel, enz.

Voor de keuze van de brander moeten de volgende elementen gekend zijn:

#### De ketel

- calorisch vermogen, uitgedrukt in kilowatt (kW);
- de rookgaszijdige weerstand van de ketel (verbrandingskamer en rookgaskanalen), uitgedrukt in Pascal (Pa) of in millibar (mbar). Dit drukverlies staat vermeld in de documenten die de constructeur meegeeft. Het gaat hier om het weerstandsverlies bij nominaal vermogen.

De Europese normen voor stookketels bepalen voor elk calorisch vermogen het volume van de haard, het weerstandsverlies in het traject van de verbrandingsgassen en de toegelaten maximale en minimale onderdruk aan de schoorsteen.

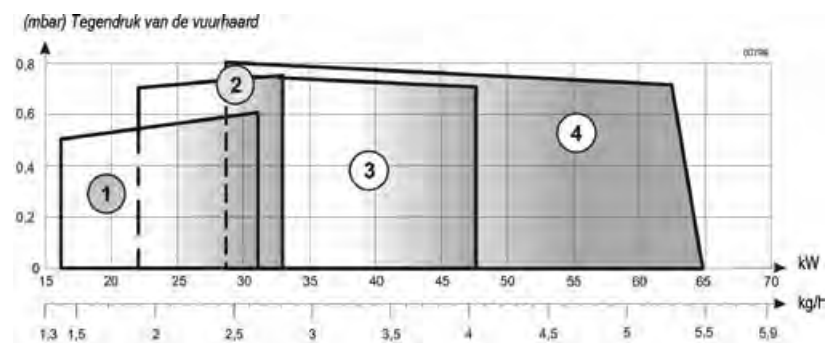
#### De brander

- calorisch vermogen, opgegeven in kilowatt (kW) of uitgedrukt door een debiet in liter per uur (l/h) of kilogram per uur (kg/h). Hierbij wordt gerefereerd aan de calorische onderwaarde van de brandstof.

De prestaties van een brander worden weergegeven in de vorm van een curve debiet/druk (welke maximale druk kan overwonnen worden bij een gegeven debiet?).

Deze curves worden meestal opgesteld in werkingsomstandigheden die rekening houden met volgende elementen:

- het gehalte aan koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) of zuurstof (O<sub>2</sub>);
- de atmosferische druk;
- de omgevingstemperatuur;
- de gebruikte brandstof.



Werkingsveld van een brander

### Keuze van de brander

---

Het vermogen dat door de brander afgegeven wordt aan de ketel, wordt niet volledig overgedragen aan het warmtegeleidend fluïdum. Er zijn immers onvermijdelijk verliezen bij de verbrandingsgassen (rookgasverlies), bij de stilstandverliezen van de ketel (kwaliteit van de isolatie en leeftijd van de ketel), bij de ventilatie van de ketel (brander niet uitgerust met een luchtklep die automatisch sluit bij stilstand), enz.

Afhankelijk van de leeftijd van de ketel zal het nuttig rendement variëren en kan het laag liggen. Nieuwe ketels moeten beantwoorden aan diverse rendementseisen (zie de Europese normen hierboven, en deel D: *Wetgeving en erkenningen*).

Om het vermogen van een brander te berekenen, gaan we uit van een verbrandingsrendement van  $\pm 93\%$  voor recente ketels en van  $90\%$  (wettelijk minimumrendement) voor oudere ketels.

Het vermogen van de brander wordt bepaald door volgende verhouding:

$$\text{vermogen van de brander} = \frac{\text{vermogen van de ketel}}{\text{verbrandingsrendement}}$$

In werkelijkheid spreken we over een thermisch rendement. Dit gegeven wordt soms weergegeven op de kenplaat van de ketel.

Wanneer we het debiet van de brander willen kennen, wordt de verhouding als volgt:

$$\text{debiet van de brander} = \frac{\text{vermogen van de ketel}}{\text{verbrandingsrendement} \times \text{stookwaarde}}$$

De atmosferische druk daalt naarmate de hoogte toeneemt, waardoor de lucht minder zuurstof bevat.

Zo varieert ook het volume lucht in functie van de temperatuur. Hoe warmer de lucht, hoe kleiner haar densiteit. Daarom moet de luchtklep van de brander in de zomer bijvoorbeeld meer opengezet worden bij een afregeling van de verbranding. Het luchtdebiet van de ventilator blijft meestal ongewijzigd, maar het gehalte zuurstof per  $\text{m}^3$  lucht en de druk van de ventilator nemen af.

### De stookketel in onderdruk

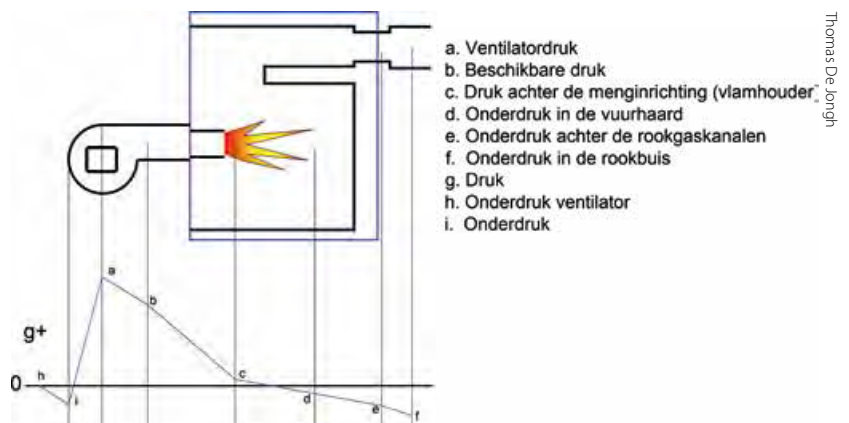
De eerste ketels die destijds gemaakt werden om te werken met vaste brandstof, mochten niet te veel weerstandsverlies hebben. Dankzij de natuurlijke trek van de schoorsteen verzekerde de massa steenkool een progressieve verbranding.

Bij de overschakeling van deze ketels op vloeibare brandstof moet berekend worden of het vermogen van de brander het vermogen van de ketel kan dekken wanneer we ervanuit gaan dat de vuurhaarddruk 0 is.

De plaatsing van een brander met aangeblazen lucht op dit type ketel levert geen enkel probleem op.

De constructeurs geven de minimale onderdruk op waaraan de schoorsteen moet beantwoorden om ervoor te zorgen dat alle kanalen van de verbrandingsgassen van de ketel in onderdruk zouden zijn.

De onderstaande figuur geeft de evolutie weer van de druk in een stookketel in onderdruk in verhouding tot de atmosferische druk (= 0 op de tekening).



Werkingschema van een verbrandingskamer in onderdruk

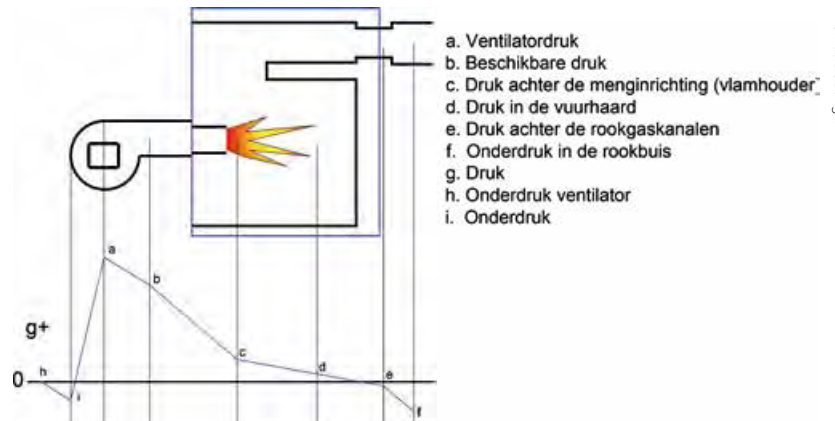
### Ketel in overdruk

In dit geval hebben we een ander probleem, want we moeten de verbrandingskamer druk kunnen overwinnen.

De waarde van deze weerstand is het verschil tussen de haarddruk en de onderdruk van de rookgasweg ( $= \Delta p_{rk} = p_v - p_s$ ). Een verandering in de onderdruk van de schouw zal een rechtstreekse invloed hebben op de weerstand van de haard. Om de haarddruk te overwinnen, moet de druk van de ventilator van de brander hoger liggen dan die van de ketel. De praktijk heeft echter uitgewezen dat het aan te bevelen is het drukverlies van de ketel te verhogen om de schokgolf bij de branderstart te overwinnen.

Het weerstands- of drukverlies in de verbrandingskamer of rookgasweg varieert van enkele Pascal tot meerdere tientallen Pascal.

De figuur op volgende pagina geeft de evolutie weer van de druk in een stookketel in overdruk.



Werkingsschema van een verbrandingskamer onder druk

Om de branderkeuze voor dit type ketel te bepalen, zijn enkele berekeningen nodig, die we in de volgende paragraaf beschrijven.

Eerst moeten we het vermogen en het weerstandsverlies van de ketel kennen.

#### Voorbeeld

- nominaal vermogen van de ketel: 27 kW;
- weerstandsverlies bij nominaal vermogen van het traject van de verbrandingsgassen van de ketel (voor een CO<sub>2</sub>-gehalte van 12,5% en een luchtvermaat van 25%): 0,20 mbar toevoegen (= 20 Pa).

Vooraf moeten we het nuttig vermogen van de brander bepalen. Daarvoor passen we de volgende formule toe:

$$\text{vermogen van de brander} = \frac{\text{vermogen van de ketel}}{\text{verbrandingsrendement}}$$

#### Opmerking

In sommige gevallen kunnen we op de kenplaat of in de technische documentatie van de ketel een brandervermogen terugvinden waarbij al rekening werd gehouden met een welbepaald verbrandingsrendement.

#### Eerste geval:

geschat verbrandingsrendement van 93%, Optimaz 2005

$$\text{branderdebiet} = \frac{27 \text{ kW}}{0,93} = 29 \text{ kW}$$

Of voor een debiet in kg/h:

$$\text{branderdebiet} = \frac{\text{vermogen van de ketel}}{\text{verbrandingsrendement} \times \text{stookwaarde}}$$

$$\text{branderdebiet} = \frac{33 \text{ kW}}{0,93 \times 11,863 \text{ kW h/kg}} = 2,99 \text{ kg/h}$$

Of voor een debiet in l/h:

$$\text{branderdebiet} = \frac{33 \text{ kW}}{0,93 \times 9,945 \text{ kW h/l}} = 3,57 \text{ l/h}$$

**Tweede geval:**

geschat verbrandingsrendement van 85%, oude ketel

We werken met dezelfde eigenschappen als bij de ketel hierboven, maar houden rekening met een verbrandingsrendement van ± 85%. Dan stellen we vast dat het nuttig vermogen of het debiet van de brander (sterk) varieert.

$$\text{branderdebiet} = \frac{27 \text{ kW}}{0,85} = 32 \text{ kW}$$

$$\text{branderdebiet} = \frac{27 \text{ kW}}{0,85 \times 11,863 \text{ kW h/kg}} = 2,68 \text{ kg/h}$$

Of nog:

$$\text{branderdebiet} = \frac{27 \text{ kW}}{0,85 \times 9,945 \text{ kW h/l}} = 3,19 \text{ l/h}$$

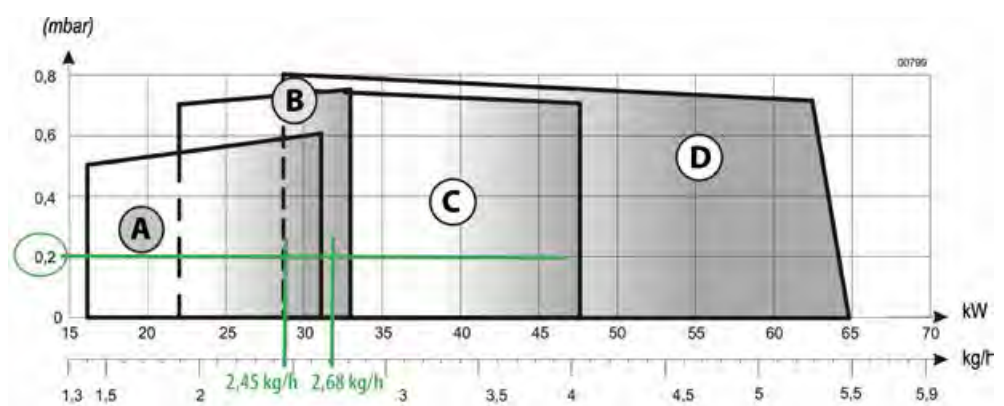
Wanneer we dit voorbeeld volgen op basis van de curve debiet/druk van de branderconstructeur, kunnen we de aangepaste brander voor deze ketel bepalen.

Het werkingsveld toont het toegelaten werkingsgebied van een brander, waarbij met een bepaald branderdebiet een maximale weerstand (druk) van de vuurhaard overeenkomt die deze brander kan overwinnen.

Het werkingsveld van een brander hangt af van zijn ventilator, de verbrandingskop (brandermond, vlammenhaker), ...

In een branderdiagram moeten we:

1. een horizontale lijn trekken ter hoogte van het weerstandsverlies bij de ketel, in ons voorbeeld 0,20 mbar;
2. een verticale lijn trekken ter hoogte van het branderdebiet; voor het eerste geval 2,45 kg/h en voor het tweede geval 2,68 kg/h.



Zoals we in het **eerste geval** kunnen vaststellen, zijn branders B en C geschikt voor deze ketel. De keuze zal onder andere afhangen van de kostprijs.

In het **tweede geval** moet voor brander C gekozen worden. Brander B kan het weerstandsverlies van de ketel bij het gevraagde debiet niet overwinnen door een te klein luchtdebiet en een te kleine luchtdruk.

Een afstelling voor een ketel volgens het tweede geval met een brander B zal pas mogelijk zijn als het brandervermogen beperkt wordt, zodat het binnen het werkingsveld valt. Het branderdebiet moet zich altijd binnen het vermogensgamma van de stookketel en het werkingsgebied van de brander situeren. Het calorisch vermogen zal natuurlijk afnemen wanneer het branderdebiet gereduceerd wordt. Daardoor worden de werkingseisen van de ketelconstructeur niet meer gerespecteerd en kan er condensatie optreden.

## 3.2 Het opstarten van een stookoliebrander

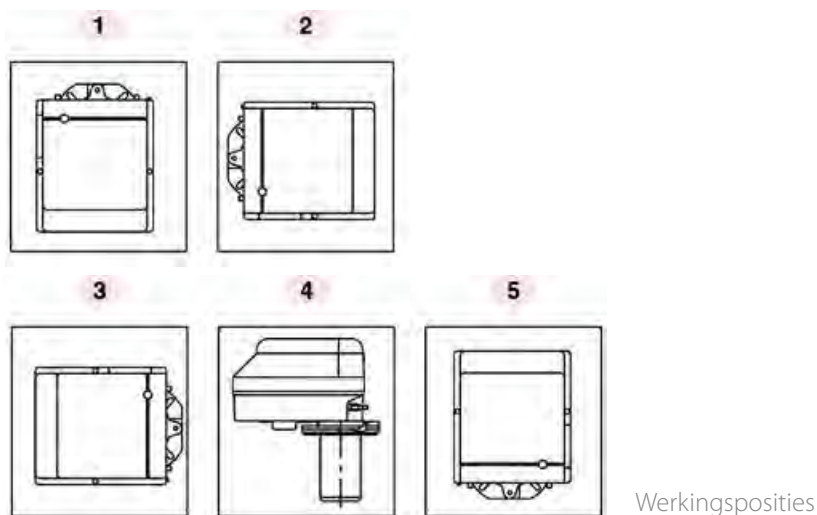
Als we de juiste brander gekozen hebben voor onze ketel, kunnen we hem monteren, aansluiten en opstarten.

### 3.2.1 Monteren van een stookoliebrander

De brander moet gemonteerd worden volgens de plaatselijk geldende wetten en normen en volgens de montage-instructies van de fabrikant. Lees dus altijd eerst de handleiding vooraleer aan de montage te beginnen.

#### Werkingspositie

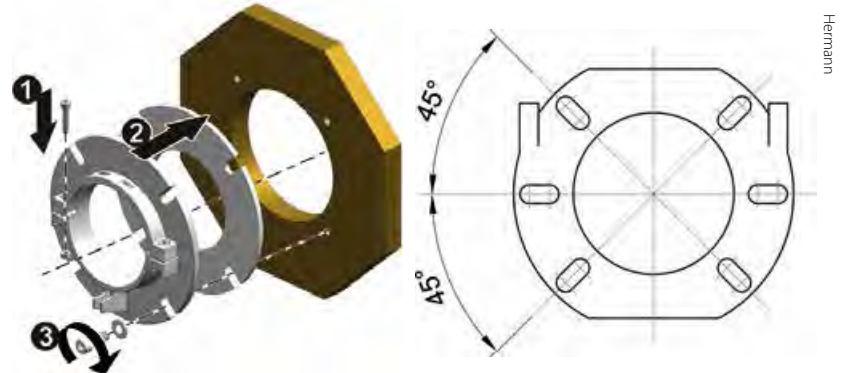
Niet elke brander kan in elke positie gemonteerd worden.



In dit voorbeeld is positie 1 aan te bevelen volgens de fabrikant; in positie 2 is onderhoud onmogelijk terwijl de brander aan de ketel is bevestigd en posities 3, 4 en 5 zijn niet toegelaten. Als de brander niet op de normale wijze (positie 1) gemonteerd kan worden, moet hier rekening mee gehouden worden bij de keuze van de brander.

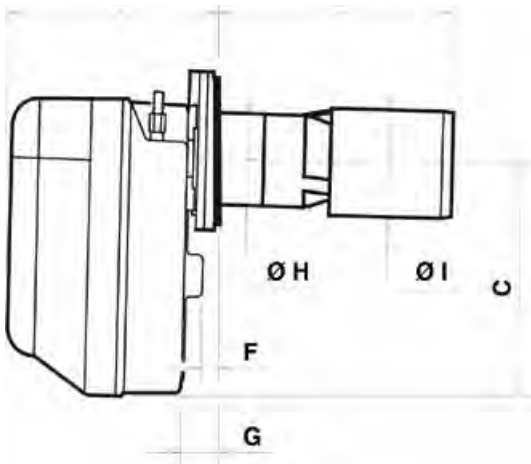
### Bevestiging op de ketel

De brander wordt meestal op de ketel bevestigd met een flens waarvan de maten overeenstemmen met de norm EN 226.



Afmetingen flens

Afmetingen flens EN 226



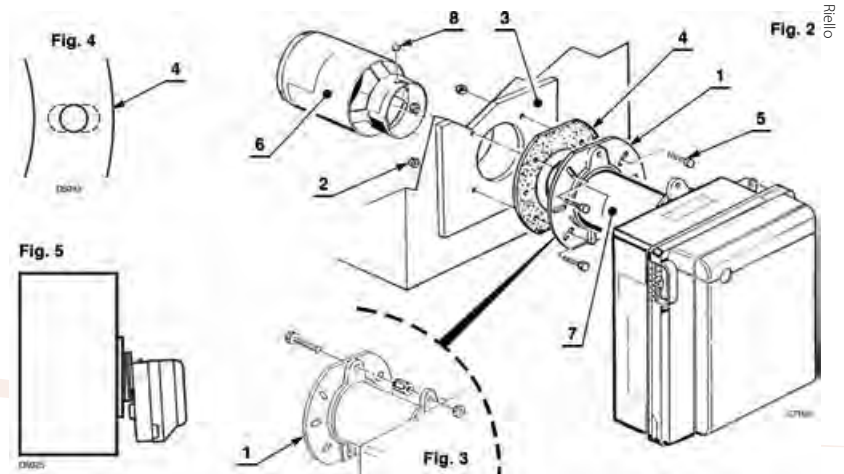
Afmetingen brander

Deze flens wordt aan de keteldeur bevestigd met behulp van bouten en met de flensdichting ertussen. Aan deze flens wordt de brander bevestigd. De nodige toebehoren (bv. recirculatiebuis) moeten aan de brander bevestigd worden vooraleer deze gemonteerd wordt.

Opgelet: neem de waarden in acht die op de montagetekeningen vermeld zijn, zoals de dikte van de ketelplaat, de minimum- of maximumdiepte tot waar de branderbuis in de ketel moet zitten, enz.

Voorbeeld van montage van een brander op een ketel:

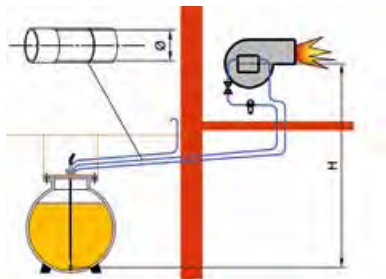
- Monteer eventueel de recirculatiebuis (6) op de branderkop (7) en bevestig hem met de schroef (8 - zie fig. 2). Opgelet: let op de juiste afmetingen.
- Breng de schroef en twee moeren aan in de flens (1 - zie fig. 3).
- Vergroot indien nodig de gaten in de flensdichting (4 - zie fig. 4).
- Bevestig de flens (1) aan de ketelplaat met behulp van de schroeven (5) en (indien nodig) de moeren (2) met de flensdichting (4) ertussen (zie fig. 3).



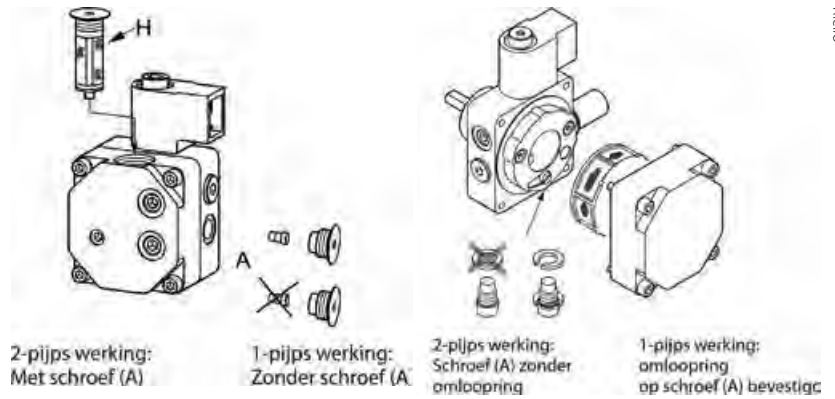
Bevestiging brander aan ketel

### Hydraulische installatie

De brander wordt aangesloten met behulp van de bijgeleverde flexibele olieleidingen, die op de pomp worden aangesloten. De pomp is voorzien voor een installatie met twee leidingen. Bij een aansluiting met één leiding moet de bypassschroef uit de pomp verwijderd worden (zie handleiding van de fabrikant).

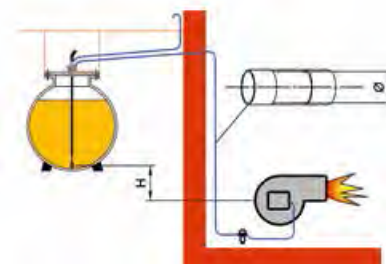
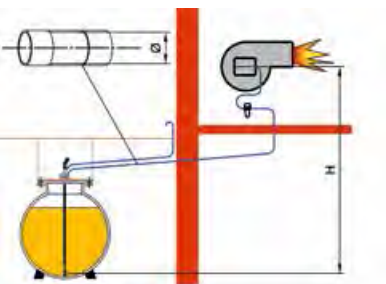
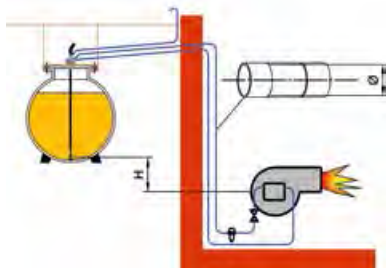


Thomas De Jongh



Eenpijpsaansluiting,  
bypassschroef verwijderd

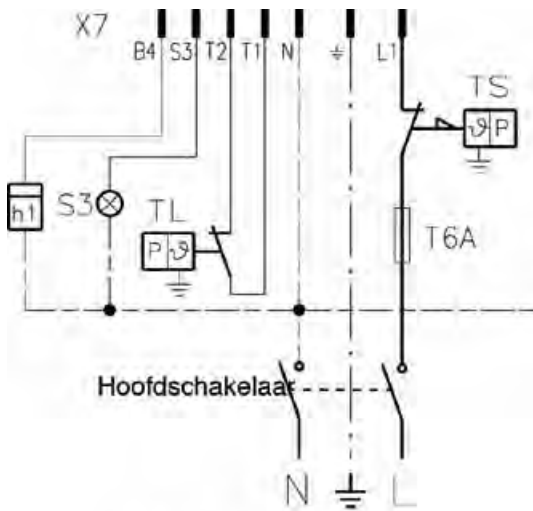
Tweepijpsaansluiting



Plaats van de tank t.o.v. de brander

De olieleidingen moeten zo aangesloten worden dat er geen kink in de flexibels zit en dat alles spanningsvrij aangesloten wordt. De stookolieleiding moet een filter bevatten in de aanzuigleiding. Alle stookolieleidingen moeten geplaatst worden volgens de plaatselijke wetten en normen, met materialen die volgens deze normen toegelaten zijn. De maximale lengte en het toegelaten hoogteverschil van de aanzuigleiding wordt bepaald met behulp van de richtlijnen van de fabrikant. De aanzuigleiding bevat een terugslagklep op enkele centimeters afstand van de bodem van de tank (zie boekdeel 3 B: werking en onderdelen).

Als het oliepeil in de tank hoger kan staan dan het niveau van de brander, moet er een hevelbeveiliging worden toegepast. De maximaal toegelaten hoogteverschillen mogen niet overschreden worden en alle leidingen moeten luchtdicht zijn.



**230V ~ 50Hz**

X7: eurostekkerketel  
XP7: eurostekkerbrander  
TS: veiligheidsaquastaat  
TL: limietaquastaat (regelaquastaat)  
S3: storingslamp  
h1: urenteller

### Elektrische aansluitingen

De elektrische verbindingen en werkzaamheden moeten uitgevoerd worden door een vakman. Daarbij moeten de richtlijnen en aanbevelingen die van kracht zijn, in acht genomen worden. Er moet gecontroleerd worden of de spanning van het net overeenstemt met de bedrijfsspanning van 230V, 50 Hz. De brander en de ketel worden met elkaar verbonden via een meerpolige stekkerverbinding.

### Opgelet

Bij sommige branders mogen de fase en de nulleider niet verwisseld worden. De branders zijn goedgekeurd voor een intermitterende werking. Dat betekent dat ze minstens eenmaal per 24 uur moeten stoppen, zodat de branderautomaat de efficiëntie bij het starten kan controleren. Gewoonlijk wordt deze stilstand verzekerd door de regelaquastaat van de ketel. Als dat niet zo is, moet er in serie met de regelaquastaat een timer geplaatst worden die de brander minstens eenmaal per 24 uur laat stoppen.

### Controle voor de ingebruikname

Voor ingebruikname moeten de volgende punten gecontroleerd worden:

- de waterdruk in het verwarmingscircuit;
- de circulatiepomp onder spanning;
- de staat van werking van de trekregelaar in de schoorsteen (indien aanwezig);
- of de voeding met spanning (230 V) van de bedieningskast van de ketel verzekerd is;
- het stookoliepeil in de tank;
- de aansluitingen van de slangen (aanzuig/terugloop, dichtheid);
- de afsluiters van de stookolie (openen);
- de branderkop (instellen);
- de ontstekings elektroden (instellen);
- de thermostaten (instellen).

Voor de ingebruikname wordt met een handpomp stookolie aanzogen. Bij de ingebruikname wordt de brander voorzien van elektrische voeding. Om volledig te ontluchten, wordt de ontluchtingsschroef op de stookoliefilter geopend. Tijdens het ontluchten mag de onderdruk niet hoger zijn dan 0,4 bar (= 40 kPa). De brander wordt afgesloten wanneer er stookolie zonder gasbellen aankomt en de filter volledig met stookolie is gevuld. Dan wordt de ontluchtingsschroef opnieuw gesloten.



## 4 AFSTELLEN VAN EEN STOOKOLIEBRANDER - INGEBRUIKNAME

Conform de richtlijn Rendement 92/42/EEG moeten de montage van de brander op de ketel, de regeling en de testen worden uitgevoerd volgens de handleiding van de ketel. Hieronder valt ook de controle van het gehalte aan CO en CO<sub>2</sub> in de rookgassen, de temperatuur van de rookgassen en het rendement. In functie van het benodigde debiet van de ketel worden de verstuiver, de pompdruk, de regeling van de branderkop en de regeling van de luchtklep bepaald volgens de voorschriften van de fabrikant. Deze voorschriften vinden we meestal terug in een tabel in de handleiding van de brander. De waarden in deze tabel zijn verkregen bij CEN-ketels (volgens EN267) en hebben betrekking op 12,5% CO<sub>2</sub> op zeeniveau (1.013 hPa) en bij een temperatuur van de omgevingslucht en van de stookolie van 20°C, met een druk in de verbrandingskamer van 0 mbar (= 0 kPa).

De basisinstellingen van de brander worden door de fabrikant opgegeven. Deze basisinstellingen zijn het vertrekpunt voor het verder inregelen van de verbranding.

De instelwaarden die hieronder worden opgegeven, zijn basisinstellingen. De waarden in de kaders die in het vet aangeduid zijn, komen overeen met de fabrieksinstellingen. In normale gevallen kan de brander met deze instellingen in werking worden gesteld. Controleer in elk geval zorgvuldig de instelwaarden. Correcties voor de specifieke installatie kunnen nodig zijn. Correcte verbrandingswaarden worden verkregen met de verstuivers die de fabrikant in zijn handleiding opgeeft. Deze instellingen moeten door een erkend technicus gecontroleerd worden en indien nodig aangepast worden om de verbranding binnen de wettelijke waarden te krijgen.

		L 01.40		L 01.42		L 01.55			L 01.95		
<b>Warmtevermogen</b>	min./max. kW	21	26	30	36	40	47	52	59	73	80
<b>Stookoliedebiet</b>	min./max. kg/h	1,8	2,2	2,5	3,0	3,4	4,0	4,4	4,9	6,1	6,7
<b>Sproeier Danfoss 60°S</b>	Gph	0,5	0,6	0,6		0,85					
<b>Sproeier Danfoss 45°S</b>	Gph				0,75		1,0	1,1	1,25	1,50	1,75
<b>Verstuivingsdruk</b>	bar	11	11	11	11	11	11	11	11,5	11,5	11,5
<b>Luchtregeling</b>											
<b>Trommel</b>	waarde / schaal	9	10	10	13	15	15	18	7	12	12
<b>Kop</b>	waarde /schaal (maat Y)	5	5	5	7	10	15	20	10	5	10
	maat C	5	5	5	7	10	15	20	15	10	15
<b>Recyclage</b>	Stand	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-

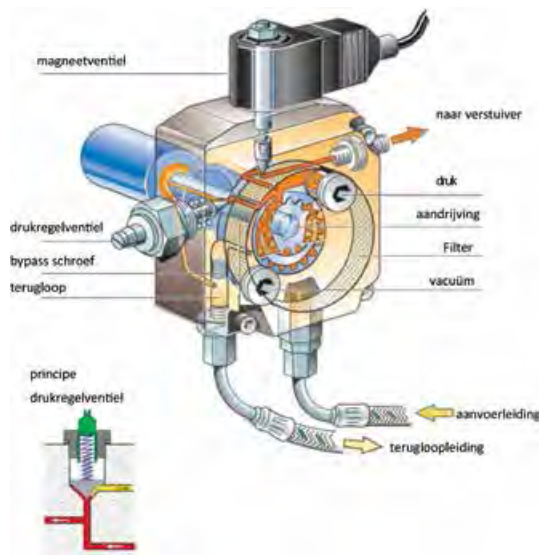
Eico

Tabel basisinstellingen oliebrander

## 4.1 Aanpassen afstelling aan de installatie

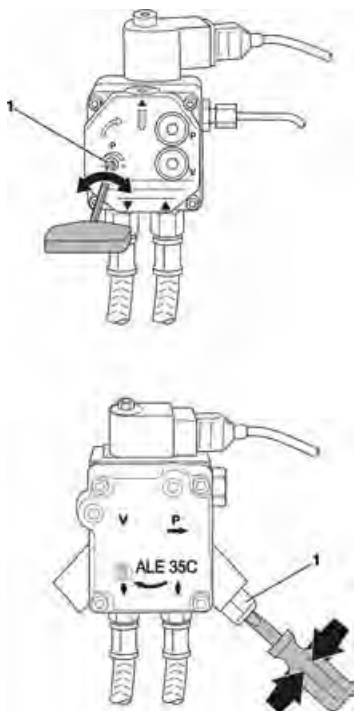
Na de controle van de basisinstellingen gaan we de brander opstarten en de nodige metingen uitvoeren om de verbranding zo optimaal mogelijk af te regelen. Vooraleer we de brander opstarten, berekenen we de juiste verstuurver en controleren we in de handleiding van de fabrikant het juiste merk, het juiste type verstuurver en de juiste hoek.

## 4.2 Stappenplan



Aansluiting drukmeter en vacuümmeter

1. Controleer de basisinstellingen.
2. Open alle afsluitkleppen en kranen in de olieleidingen.
3. Vul de aanzuigleiding en de filter met behulp van een manuele olieaanzuigpomp met stookolie voor u de brander inschakelt.
4. Schakel de hoofdschakelaar in.
5. Schakel de installatieschakelaar in. Als de storingslamp brandt, druk dan de ontgrendelingstoets aan de brander in.
6. Regel de oliedruk en controleer het vacuüm.
  - » De oliedruk werd met een bepaalde verstuurver in functie van het vermogen door de fabrikant ingesteld volgens de waarden in de handleiding (controleer of deze waarde voldoet voor de installatie).
  - » Schakel de hoofdschakelaar terug uit.
  - » Schroef de afsluitdop "P" uit de drukzijde van de oliepom.



- » Schroef de afsluitdop "V" uit aanzuigzijde van de oliepomp (afhankelijk van hoe de olietank is opgesteld, kan er olie uit de pomp lopen).
- » Schroef de manometer (meetbereik van 0 tot 25 bar (= 0 tot 2500 kPa)) en vacuümmeter (meetbereik van 0 tot -1 bar (= 0 tot -100 kPa)) in; sluit de meters lekvrij aan (met metalen of aluminium dichting of O-ring). Gebruik bij voorkeur meters met glycerinevulling om het trillen van de naald te dempen.
- » Schakel de hoofdschakelaar terug in en stel de brander in bedrijf (de magneetklep open).
- » Lees de oliedruk en het vacuüm van de pomp af aan de manometer en vacuümmeter (het vacuüm mag hoogstens 0,4 bar (= 40 kPa) bedragen bij een hoogteverschil van 3 à 4 meter tussen de oliepomp en de tankbodem). Als het vacuüm groter is dan 0,4 bar (= 40 kPa), moeten de filters gecontroleerd worden op verontreiniging en het leidingverloop (juiste diameter van de olieleiding voor het gevraagde oliedebiet over de gevraagde afstand).
- » Regel indien nodig de oliedruk bij aan de drukinstelschroef van de oliepomp (zie handleiding stookoliebrander). Naar rechts draaien doet de druk stijgen, naar links draaien doet de druk dalen.
- » Controleer na het instellen van de correcte oliedruk de emissiewaarden (handleiding van de fabrikant en tabel met emissiewaarden volgens de lokale wetgeving).
- » Schakel de hoofdschakelaar uit.
- » Schroef de manometer en de vacuümmeter los.
- » Schroef de afsluitdoppen "P" en "V" in = drukzijde en zuigzijde (controleer de dichting op beschadigingen en vervang hem indien nodig).
- » Stel de brander in bedrijf en controleer de afsluitdoppen op lekken.

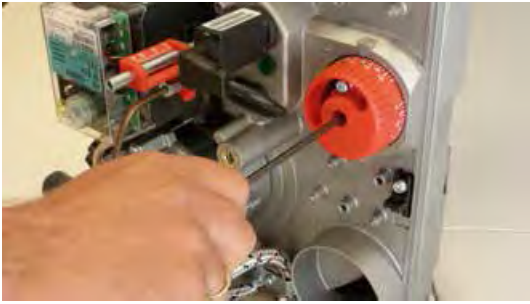


VDAB



VDAB

Aansluiting drukmeter en vacuümmeter



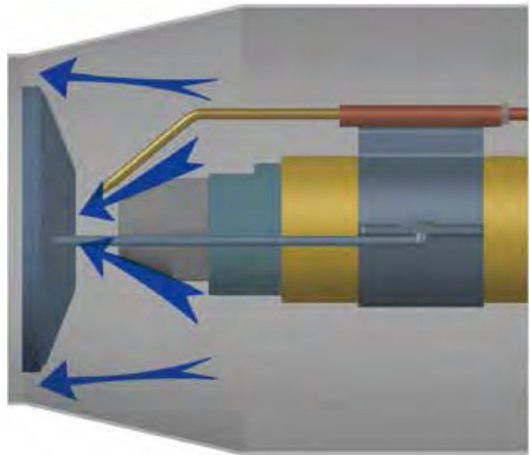
Inregelen luchtklep = primaire regeling

VDAB

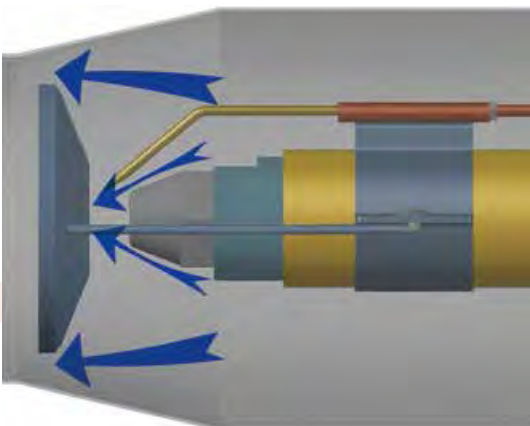


Regeling secundaire lucht

VDAB



Verdeling lucht in vlambuis



Verdeling lucht in vlambuis

7. Regel het luchtdebiet bij – de meeste branders zijn uitgerust met een dubbele luchtregeling. De luchtklep aan de drukzijde van de ventilator dient voor de voorregeling van het luchtdebiet (hoeveelheid lucht), de instelbare verstuiverlijn dient voor de fijne afregeling van het luchtdebiet.
  - » Vertrekkend van de fabrieksinstellingen (handleiding) gaan we eerst met de luchtklep de hoeveelheid lucht zo regelen dat we een zo klein mogelijke luchtvermaat hebben. Hiervoor meten we het rookgetal met een roetpomp en regelen we de luchtklep zo dat we een roetgetal van 0 op de schaal van Bacharach verkrijgen. Hiervoor verminderen we de hoeveelheid lucht met kleine stappen tot we een kleine hoeveelheid roet krijgen. Daarna openen we de luchtklep terug een beetje tot het roet verdwenen is (maak aanpassingen altijd in kleine stappen en meet daarna opnieuw).
  - » Als er geen roet meer is, kunnen we met ons rookgasanalysestoestel de brander verder inregelen door de positie van de vlamhaker (verstuiverlijn) in de vlampijp te wijzigen – vooruit voor meer CO<sub>2</sub>, achteruit voor minder CO<sub>2</sub>.
  - » Hou tijdens het afregelen altijd alle parameters in de gaten (vooral CO-waarde), zodat deze niet tot een onaanvaardbaar hoog niveau kunnen oplopen (beschadiging van de meetcellen).



Meting ventilatordruk

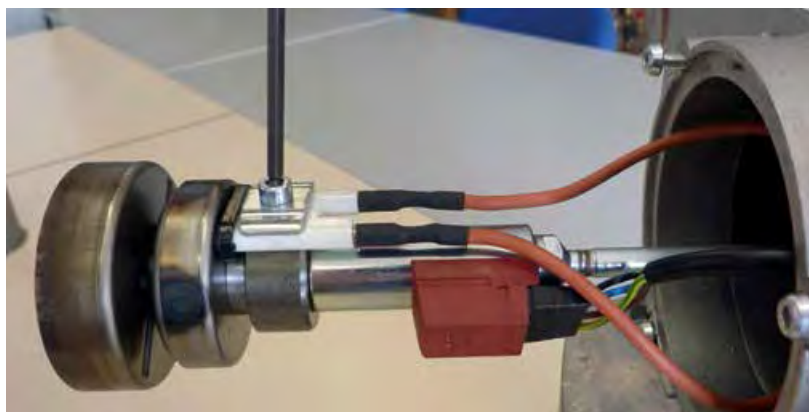
- » Als de brander uitgerust is met een drukmeetnippel, moeten we ook de branderdruk meten en controleren in de handleiding. (Afwijkende drukken zorgen voor een slechte, onstabiele verbranding. Als de statische branderdruk bijvoorbeeld tussen 3,2 en 3,6 mbar (= 320 en 360 Pa) moet zijn, moeten we ons aan deze waarden houden.)
- » Als we iets aan de instelling van de lucht veranderen, moeten we altijd de emissiewaarden controleren.
- » De brander is correct afgeregeld als alle emissiewaarden binnen de wettelijke grenswaarden vallen. Niet elk type brander haalt dezelfde uitstootwaarden, controleer altijd in de handleiding van het toestel wat de fabrikant voorschrijft als correcte meetwaarden.

### Opgelet

Sommige branders hebben nog een derde luchtregeling (tertiaire regeling) waarmee de ventilatordruk aangepast kan worden in functie van de weerstand van de ketel. Wanneer een hoge luchtdruk nadelig is, bijvoorbeeld bij een grote onderdruk in de verbrandingskamer, kan die verminderd worden door de stand van de geleiding te veranderen. Daarvoor moeten we de bevestigingsschroef losmaken, de nieuwe instellingen maken en de schroef opnieuw aanschroeven. Hiervoor moet wel een luchtdrukmeter gebruikt worden om de branderdruk te controleren. Sommige fabrikanten hebben deze regeling voorzien als derde instelmogelijkheid, bij andere fabrikanten zit deze regeling binnen in de brander. Als we geen gegevens hebben over deze regeling, is het meestal verstandiger om hier niets te veranderen. Foutieve instellingen kunnen er immers voor zorgen dat de brander niet meer correct functioneert. We moeten ook altijd zorgvuldig alles noteren wat we veranderen, zodat we terug naar de fabrieksinstellingen kunnen als het resultaat slechter is.

### Opgelet

Zorg ervoor dat de rookgasbuis lekkagevrij is aangesloten aan het ketelaansluitstuk, valse lucht veroorzaakt foutieve meetwaarden.



Inwendige regeling



Rookgasanalysetoestel

Testo

8. Controleer alle meetwaarden met de kap op de brander gemonteerd en de deur van de stookplaats gesloten (normale gebruiksomstandigheden).
9. Controleer op het einde zeker nogmaals het roetgetal en leg de brander stil en start hem opnieuw op. Voor een stabiele werking van de brander mag de start niet gepaard gaan met grote drukschommelingen (als het meettoestel een CO-max-waarde, of de tijdens de meetreeks gemeten piekwaarde, kan meten, zorg er dan voor dat deze piekwaarde maximaal 3 à 4 maal hoger is dan de CO-waarde tijdens de stabiele werking, dit wijst op een correcte start). Een brander moet een heel jaar lang werken met een zo hoog mogelijk rendement.
10. Overdrijf niet bij het afstellen van de brander. Een brander werkt beter met een constant rendement (bv. 93%) dan dat hij een aantal weken (of maanden) een heel hoog rendement haalt, maar dat daarna de ketel begint te vervuilen, wat leidt tot rendementsverlies en meer werk bij het eerstvolgende onderhoud.
11. Noteer alle meetwaarden op het verbrandingsattest en bevestig het uitgeprinte meetprotocol aan dit verbrandingsattest.

## 5 ONDERHOUD

---

Een onderhoud bij een verwarmingsinstallatie die werkt op stookolie, bestaat uit:

- de reiniging van de schoorsteen;
- de reiniging van de verbindingsbuis tussen de schoorsteen en de ketel;
- de reiniging van de ketel;
- de reiniging van de brander en de controle van de onderdelen;
- een verbrandingscontrole.

---

### 5.1 Reinigen van de schoorsteen

De schoorsteen mechanisch vegen is een jaarlijkse verplichting bij een stookolie-installatie. Dit vegen kan uitgevoerd worden door een schoorsteenveger of een erkend technicus en kan langs onderen of boven gebeuren. Als de schoorsteen via het dak geveegd wordt, is dat meestal met een borstel die aangepast is aan de afmetingen en de vorm van het rookgaskanaal en waaraan een gewicht bevestigd wordt. Met behulp van een touw wordt het gewicht in de schoorsteen gebracht en door op- en neergaande bewegingen wordt het eventuele roet van de wand weggeveegd. Vegen via het dak brengt de nodige risico's met zich mee en de stabiliteit van de schoorsteen en de toegankelijkheid van het dak moeten dan ook nagekeken worden vooraleer de schoorsteen geveegd kan worden. Ook de arbeidsongevallenverzekering moet hiervoor aangepast zijn: wegens het grotere risico valt dit niet altijd onder de dekking.

Een veiligere manier om de schoorsteen te vegen, is via de onderkant, langs het in de stookplaats aanwezige veegluik. Dit gebeurt meestal door een aantal soepele stokken die aan elkaar gemonteerd kunnen worden, in de schoorsteen te brengen. Aan het uiteinde van deze stokken wordt een borstel geplaatst die aangepast is aan de vorm en afmetingen van het rookgaskanaal. De schouw wordt geveegd door middel van op- en neergaande bewegingen van de borstel en er worden stokken aan elkaar geschroefd tot uiteindelijk heel de schoorsteen, van in de stookplaats tot op het dak, geveegd is.

Controleer altijd de hoogte van de schoorsteen om er zeker van te zijn dat de volledige schoorsteen geveegd is. Een niet-geveegde schoorsteen kan de oorzaak zijn van een slecht werkend stooktoestel: als de rookgassen niet vlot afgevoerd kunnen worden, kan de verbranding niet correct verlopen en kan overmatige roetvorming ontstaan, waardoor de brander in storing kan gaan en er zelfs een schoorsteenbrand kan ontstaan.

## 5.2 Reinigen van de verbindingstube tussen de schoorsteen en de ketel

Om de verbindingstube te kunnen reinigen, moet deze demonteerbaar zijn of moet er een veegluik voorzien zijn. Monteer de tube na de reiniging opnieuw en zorg voor een goede aansluiting, zowel langs de kant van de schoorsteen als langs de kant van de ketel. Een verbindingstube die niet correct is aangesloten aan de ketel (openingen), veroorzaakt parasitaire lucht, die een grote invloed kan hebben op de meetresultaten. We meten immers niet de correcte waarden, waardoor het lijkt alsof de brander slecht werkt, terwijl een slecht aangesloten verbindingstube het enige probleem is. Het is meestal ook in deze tube dat de meetopening wordt aangebracht langs waar we de verbrandingscontrole uitvoeren.

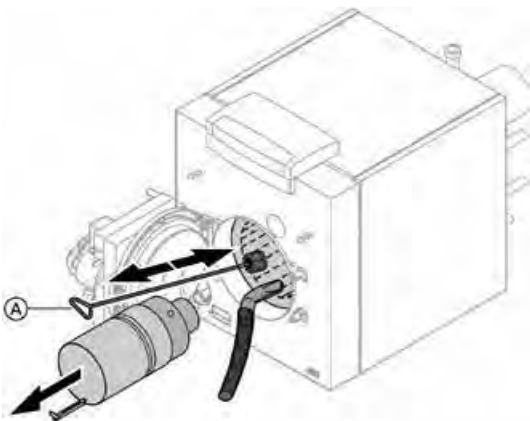
Als de verbindingstube geen veegluik heeft en vast in de schoorsteen gemonteerd is, moet ze losgemaakt worden, gereinigd worden en dan opnieuw gemonteerd worden. Een niet-gereinigde verbinding tussen de schoorsteen en de ketel kan de oorzaak zijn van een slecht werkend toestel.

## 5.3 Reinigen van de ketel

De ketel moet gereinigd worden volgens de instructies van de fabrikant (raadpleeg altijd de handleiding, zeker als het de eerste maal is dat je een toestel moet onderhouden). Meestal wordt hiervoor een speciale borstel met de ketel meegeleverd die aangepast is aan de afmetingen van de ketel. De ketel moet altijd gereinigd worden door een erkend technicus. Als de klant de ketel al heeft gereinigd, moet je dit altijd nog eens controleren en de reiniging indien nodig opnieuw uitvoeren voordat je het reinigingsattest invult.

Niet alle ketels kunnen eenvoudig via de voorzijde gereinigd worden, soms moet ook de achterkant van de ketel verwijderd worden. Een stookketel die niet correct gereinigd is, heeft een slechter rendement en na enkele jaren kan roet dat volledig vastzit en op dat moment nog moeilijk verwijderd kan worden, voor problemen zorgen. Voor een goed, voldoende hoog rendement en een goede werking is het belangrijk dat het onderhoud correct uitgevoerd wordt door een vakman.

Controleer ook de dichtingen tussen de elementen van een gietijzeren ketel en de dichtingen in deuren en veegluiken. Vervang beschadigde dichtingen, want het is belangrijk dat de ketel dicht is.



Reinigen ketel

## 5.4 Reinigen van de brander en controle van de onderdelen

Het onderhoud van een stookoliebrander moet uitgevoerd worden door een erkend technicus volgens de onderhoudsinstructies van de fabrikant.

Het onderhoud bestaat uit minstens de volgende zaken:

- Uitwendig reinigen en alle vuil, stof en olieresten verwijderen
- Het ventilatorhuis, de ventilator en de luchtregelklep reinigen
- De brandermond reinigen
- De verstuiver vervangen
- De elektroden reinigen en de isolatoren controleren op barsten (slechte ontsteking)
- De vlamhaker reinigen
- De hoogspanningskabels controleren op beschadigingen en ze reinigen
- De filters reinigen:
  - » De pompfilter nakijken en in geval van vervuiling reinigen of vervangen
  - » De filter op de zuigleiding demonteren en reinigen of het filterelement vervangen
- Een visuele controle op eventuele lekken van de soepele verbindingen (olieflexibels), de afsluiters en de koppelingen
- Opmerkingen:
  - » De vlamhaker, de elektrodepenen, de brandermond en het ventilatorhuis kunnen met een soepele metalen (messing) borstel gereinigd worden.
  - » Reinig de ventilator voorzichtig met een zachte borstel (zodat je hem zeker niet beschadigt). De ventilator is uitgebalanceerd, verwijder het balanceergewicht dat eventueel aanwezig is, niet bij het reinigen. Eén of twee beschadigde lamellen kunnen voor trillingen zorgen en geluidsoverlast veroorzaken. Een beschadigde ventilator moet vervangen worden.
  - » Voor de isolatoren kan je het best een vod met een ontvettingsmiddel gebruiker.
  - » Omdat de verstuiver een precisieorgaan is, mag hij in geen geval met een voorwerp gereinigd worden. Als je geen nieuwe verstuiver bij je hebt, dompel je hem in een oplosmiddel en monteer je hem onafgedroogd terug.

Een aantal zaken die speciale aandacht verdienen:

- De vlambewaker controleren:
  - » De vlambewaker uit de flens trekken
  - » De vlambewaker reinigen

Veiligheidscontrole	Reactie
Branderstart met afgeschermd (verdonkerde) vlambewaker	Uitschakeling wegens een storing aan het einde van de veiligheidstijd
Branderstart met vlambewaker die met een secundaire lichtbron wordt beschenen	Uitschakeling wegens een storing na max. 40 sec

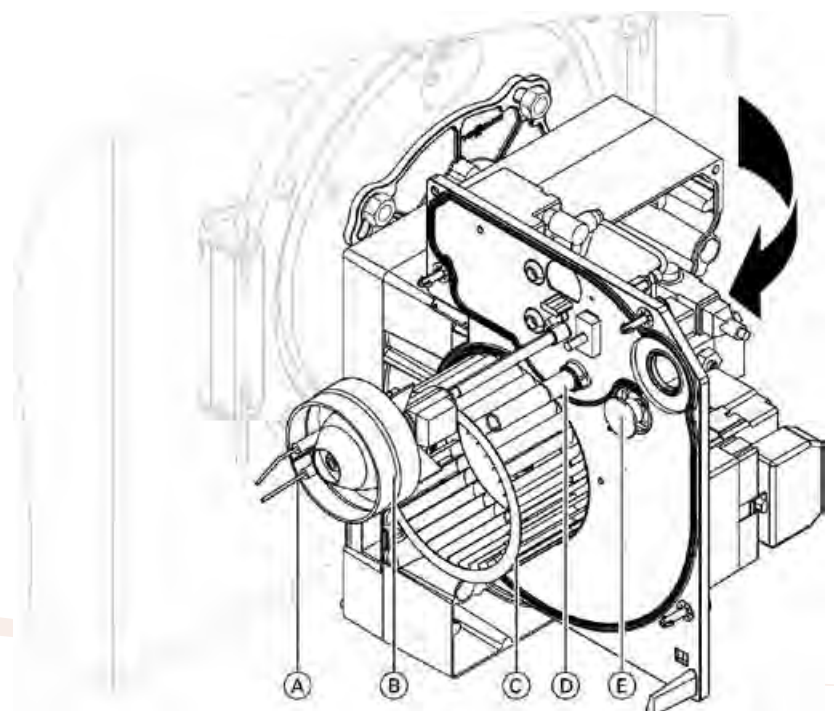
- » De vlambewaker in de flens schuiven – hoekpositie en afstand respecteren

Veiligheidscontrole	Reactie
Branderwerking met vlamdovings-simulatie (stekker van magneetklep lostrekken tijdens de werking)	Herstart, gevolgd door uitschakeling door een storing aan het einde van de veiligheidstijd

- De elektrische aansluitingen controleren: controleren of de elektrische stekeraansluitingen goed aan de brandercomponenten vastzitten
- De brander reinigen: brander in onderhoudspositie zetten. De behuizing en de vlampijp, stuwschijf, ontstekingselektroden, vlambewaker en ventilatorwaaier reinigen

Brander in onderhoudspositie

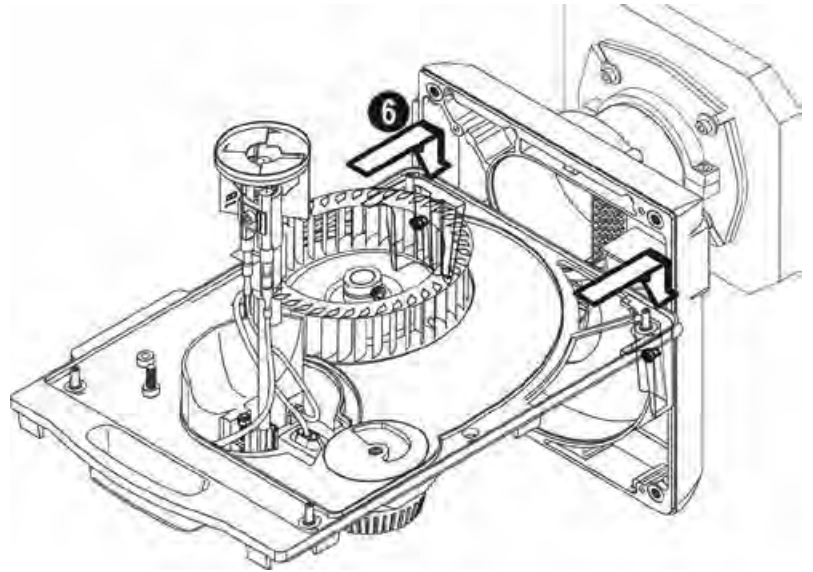
- A: stuwschijf
- B: ontstekingselektroden
- C: vlambewaker
- D: ventilatorwaaier



- De verstuiver vervangen:

#### Servicestand vervangen verstuiver

- Maak het branderdekseel met naar boven wijzende verstuiverlijn vast aan de branderbehuizing (servicestand) om te vermijden dat er luchtbellens ontstaan tijdens het vervangen van de verstuiver.
- Verwijder de overige onderdelen van de verstuiverlijn (vlammenhaker, elektroden en vlambewaker).
- Vervang verstuiver.
- Monteer alles opnieuw (respecteer de afstanden uit de handleiding).

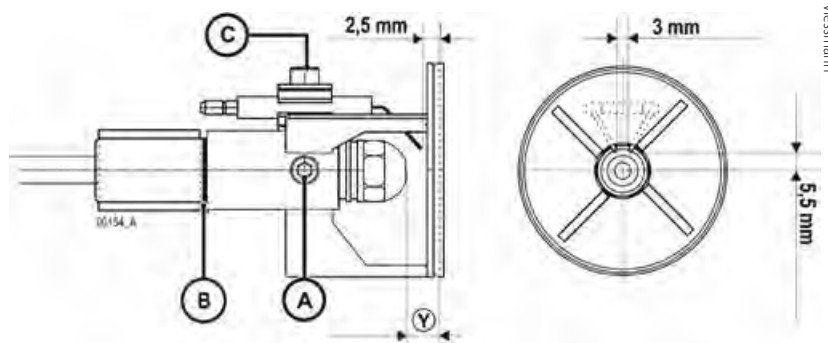


Vessmann



VDAB

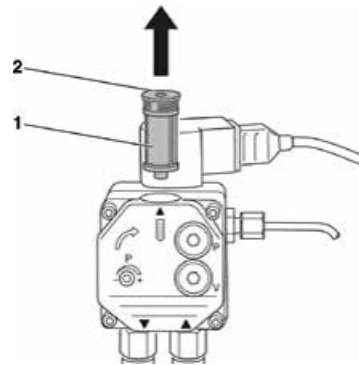
- De ontstekings elektroden controleren en instellen. Controleer de ontstekings elektroden op slijtage, verontreiniging en correcte afmetingen – vervang ze indien nodig.



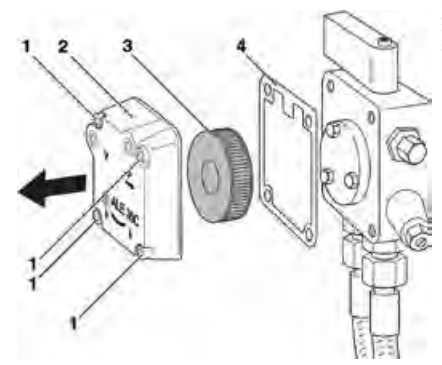
Vessmann

Voorbeeld instellen van ontstekings elektroden

- De oliepomppfilter reinigen en indien nodig vervangen



Pomppfilter pomp



Pomppfilter pomp

Vessmann

## 5.5 Verbrandingscontrole

Na het onderhoud moet de brander opnieuw afgeregeld worden en moeten de emissies gecontroleerd worden. *Zie hoofdstuk 4: 'Afstellen van stookoliebranders'.*



Testo



ECOM

## 6 OPLOSSEN VAN STORINGEN

---

Een storing en/of het stilvallen van een brander wordt meestal veroorzaakt door een onjuiste afstelling, een gebrek aan onderhoud of een gebrekkige uitrusting die niet meer aan de gestelde eisen beantwoordt. Sommige gebreken zullen de werking van de brander niet meteen hinderen, maar op termijn zullen ze de goede werking ervan toch belemmeren.

Er bestaan geen vaste regels voor het opsporen van storingen. Veel hangt af van de vindingrijkheid, de scherpzinnigheid en het logisch denkvermogen van de technicus die met het onderzoek belast wordt.

Om geen tijd te verliezen, wordt eerst de klant ondervraagd over de aard van de storing. Meestal kan zijn antwoord de richting van het verdere onderzoek bepalen.

De meeste storingen kunnen ondergebracht worden in één van de volgende drie groepen:

- storing van elektrische oorsprong;
- verbrandingsstoring;
- hydraulische storing.

Deze groepen zijn niet duidelijk van elkaar gescheiden, omdat er altijd een bepaald onderling verband bestaat.

De storing kan het gemakkelijkst opgespoord worden wanneer je de instructies van de fabrikant volgt. Als algemene regel worden, vooraleer de onderdelen los te maken, eerst de stroom- en brandstoftoevoer en de afvoer van de verbrandingsgassen gecontroleerd en wordt een poging gedaan om de brander opnieuw op gang te krijgen. Zo kan de storing meestal gesitueerd worden.

Daarna moet de technicus zelf oordelen of er materiaal vervangen moet worden. Vergeet niet dat een haastige en gewaagde herstelling al vlug een nieuwe storing kan veroorzaken. Een gebrekkig onderdeel kan dikwijls beter vervangen dan hersteld worden.

Vooraleer de installatie als bedrijfszeker te beschouwen, moet ook de beveiligings- en regelapparatuur nagekeken worden.

## 6.1 Gereedschapslijst

Een eerste vereiste om een storing op te sporen, is natuurlijk dat je over het nodige gereedschap beschikt. Dat bestaat uit:

- een verbrandingscontrolekoffer met een elektronisch meettoestel, die verder ook een rekenlat voor de rendementsbepaling en een Bacharach-vergelijkingschaal voor het rookgetal, filterpapier voor de rooktester en reservefilters voor het meettoestel bevat;
- een rooktester (roetpomp) om het rookgetal te controleren;
- steekkaarten voor de controle en het onderhoud van de installatie;
- een gereedschapskoffer met voldoende gereedschap om de brander te kunnen monteren en demonteren (schroevendraaiers, sleutels, tangen, looplamp, borstels om ketels, brander en schouw te reinigen, ...);
- een degelijke multimeter.

## 6.2 Invloed van de temperatuur op vloeibare brandstoffen en de werking van de brander

Om moeilijkheden te vermijden, is het noodzakelijk het bevoorradingsreservoir zo te plaatsen dat het beschermd is tegen lage temperaturen en vorst. Door een daling van de buitentemperatuur stroomt de brandstof inderdaad alsmaar trager naar het verwarmingstoestel, met als gevolg dat het warmtevermogen van het toestel gevoelig vermindert, terwijl het juist dan zou moeten toenemen om in de kamers hetzelfde comfort te behouden. De buitentemperatuur kan zelfs tot het troebelpunt van de stookolie dalen. Op dat ogenblik wordt de oliebevoorrading van het toestel niet meer verzekerd.

## 6.3 Bedrijfsstoringen bij stookoliebranders

Storing / Gedrag	Oorzaak van de storing	Oplossing
Brander start niet, er wordt geen storing gemeld, signaallamp brandt niet	Er is geen spanning	Controleer de zekering of stekker in de regeling en de elektrische aansluitingen, de positie van de installatieschakelaar aan de regeling en de positie van de hoofdschakelaar
	Veiligheidstemperatuurbegrenzer schakelde het systeem uit	Ontgrendelingstoets aan ketelregeling indrukken
	Er wordt geen warmte gevraagd door de thermostaat	Thermostaat controleren
Brander start niet, er wordt een storing gemeld, signaallamp brandt, bij digitale branderregeling	Elektrische aansluiting verkeerd, anders "L1" en "N" verwisseld of automatische branderregeling defect	Elektrische aansluiting controleren. Bij correcte faseaansluiting de automatische branderregeling vervangen
Brander start niet, er wordt een storing gemeld	Motor defect	Motor vervangen of condensator vervangen
	Koppeling tussen motor en oliepomp defect	Koppeling vervangen
	Oliepomp blijft hangen of loopt slechts moeizaam	Oliepomp reinigen of vervangen
	Olievoorverwarmer defect	Olievoorverwarmer vervangen
De brander start, maar er wordt geen vlam gevormd	Ontstekingselektroden niet correct ingesteld	Correct instellen
	Ontstekingselektroden vochtig en verontreinigd	Ontstekingselektrodenblok reinigen en correct instellen
	Isolatie van de ontstekingselektrode gescheurd	Ontstekingselektrodenblok vervangen
	Ontstekingstransformator defect	Ontstekingstransformator vervangen
	Ontstekingskabel defect	Ontstekingskabel vervangen
	De pomp verpompt geen olie	Manometer en vacuümmeter aan pomp monteren en controleren of er druk wordt opgebouwd ( zie verder)
De pomp verpompt geen olie	Afsluitleppen aan de filter en/of in de olieleiding gesloten	Kleppen openen
	Filter verstopt	Filters reinigen (voorfilter en pompfilter)
	Koppeling tussen pomp en motor defect	Koppeling vervangen
	Aanzuigleiding of filterbehuizing lekt	Schroefkoppelingen aanspannen. Olieleidingen controleren op lekken en afdichten. Filterbehuizing vervangen
	Olieslangen voor aanvoer en retour verwisseld	Aansluitingen corrigeren volgens het schema op de pomp
	Te groot vacuüm in de aanzuigleiding (groter dan 0,35 bar = 35 Pa)	Diameter van de olieleiding controleren. Filter vervangen. Externe stookolieklep controleren. Leidingen controleren op vervuiling. Terugslagventiel in de tank controleren. In de winter vooral bij bovengrondse tanks de temperatuur van de olie controleren (viscositeit).
	Externe stookolieklep defect	Externe stookolieklep controleren en indien nodig vervangen
De brander start, maar er wordt geen olie verneveld	Spoel van de magneetklep defect	Spoel van de magneetklep vervangen
	Oliepomp defect	Oliepomp vervangen
	Verstuiver verstopt	Verstuiver vervangen

Storing / Gedrag	Oorzaak van de storing	Oplossing
<b>Strooilicht in voorbeluchtingsfase</b>	Magneetklep van de oliepomp gaat niet dicht	Magneetklep vervangen
	Vlambewaker defect	Vlambewaker vervangen
	Ontstekingselektroden niet correct ingesteld of versleten	Ontstekingselektroden controleren, indien nodig vervangen
<b>Brander start en de vlam wordt gevormd, maar na het verstrijken van de veiligheidstijd geeft de brander een storing</b>	Vlambewaker verontreinigd	Vlambewaker reinigen
	Vlambewaker krijgt te weinig licht	Stuwschijf reinigen
	Vlambewaker defect	Vlambewaker vervangen
	Automatische branderregeling defect	Automatische branderregeling vervangen
	Cokesafzetting aan de vlampijp of aan de stuwschijf	Vlampijp reinigen
	Cokesafzetting aan verstuiver en elektroden	Verstuiver nakijken op juiste hoek, plaatsing elektroden nakijken
<b>Vlam gaat uit tijdens de werking</b>	Lucht in de aanzuigleiding	Leiding en filter lekkagevrij maken
	Verstuiver defect	Verstuiver vervangen
	Brander verkeerd ingesteld	Instelwaarden controleren en indien nodig aanpassen
	Stuwschijf verontreinigd	Stuwschijf reinigen
<b>Ontsteking wordt ingeschakeld tijdens de werking</b>	Vlambewaker verontreinigd	Vlambewaker reinigen
	Stuwschijf verontreinigd	Stuwschijf reinigen
	Verstuiver verontreinigd of defect	Verstuiver vervangen
<b>Vlam pulseert</b>	Ventilatordruk te hoog	Ventilatordruk meten aan de meetnippel van de branderbehuizing. Luchtklep en/of verstuiverlijn zo instellen dat de laagste waarde van de statische branderdruk niet wordt overschreden
	Oliedebiet te hoog	Oliedruk correct instellen of juiste verstuiver plaatsen
<b>Brander rookt</b>	Te weinig of te veel lucht	Instelling controleren. Ventilatorwaaier controleren en reinigen. Verluchting van de stookruimte controleren
	Onderdruk van de schoorsteen niet in orde	Schoorsteen en rookgasgeleiding controleren
	Verstuiver defect	Verstuiver vervangen, juiste verstuiver plaatsen
	Vlambuiskap ontbreekt	Vlambuiskap plaatsen
<b>Te laag CO<sub>2</sub>-gehalte</b>	Verkeerde instelling	Instelling controleren
	Valse lucht in het systeem	Rookgasbuis aan de ketelaansluitopening lekkagevrij maken. Bevestigingsschroeven van het vuurhaardafsluitdeksel en van het rookgasafvoerdeksel aanspannen
<b>Te hoge rookgastemperatuur</b>	Oliedebiet te hoog	Oliedebiet aanpassen aan het nominale vermogen van de verwarmingsketel
	Ketel verontreinigd	Verwarmingsketel reinigen, instelling van de brander controleren en indien nodig corrigeren
<b>Brander werkt, maar digitale automaat knippert continu</b>	Interfacediagnose	Ontgrendelingstoets > 3 sec ingedrukt houden

Storing / Gedrag	Oorzaak van de storing	Oplossing
De brander start bij het onder spanning plaatsen gedurende zeer korte tijd, stopt dan en geeft een storingscode	De automaat werd opzettelijk stilgelegd	De automaat terugstellen
Oliedruk blijft niet stabiel	Lucht in de stookolie door lek	Lek herstellen
	Te hoog vacuüm door verstopte filter	Filter reinigen
	Te hoog vacuüm door platgedrukte zuigleiding	Leiding herstellen
	Drukregelventiel is vervuild of veer drukregelaar is defect	Reinigen of herstellen, of pomp vervangen
Brander blijft nabranden	Magneetventiel sluit niet af	Vervangen of reinigen
	Lucht in de verstuiverleiding of in de verstuiverhouder	Lucht verwijderen
Brander start slechts na meerdere pogingen op	Olie loopt uit zuigleiding door niet afsluitende terugslagklep, of vervuilde terugslagklep in olietank of klein lek	Terugslagklep herstellen of vervangen, lek herstellen
Brander start met een knal	Ontsteking niet tussen de elektroden, maar van een elektrode naar de branderkop, de vlammenhaker of de verstuiver	Plaatsing elektroden nakijken
	Na enkele startpogingen in een warme ketel vormen zich oliedampen die plots ontsteken	Als de brander na meerdere pogingen niet start, kan je beter naar de oorzaak zoeken dan verder te proberen de brander toch op te starten.

## Opmerking

Deze lijst is enkel bedoeld om je op weg te helpen. Belangrijk is dat je de werking van de brander kent en tijdens het starten probeert te volgen wat er wel en niet gebeurt tijdens de opstart van het toestel. Een goede kennis van de werking van een stookoliebrander is uiterst belangrijk.

Oorsprong	Oorzaak	Controle
<b>De brander werkt niet</b>		
Elektrisch	Stuurkring	Voedingsspanning
		Smeltveiligheden
		Thermische beveiliging
		Thermostaat
		Verbindingen
<b>De brander werkt niet en het branderrelais vergrendelt zich</b>		
Elektrisch	De motor is niet gevoed	Aansluiting
		Branderrelais
		Hulpfase (condensator en inductieve wikkeling)
Mechanisch	Vastgelopen motor	Motor
		Pomp
<b>De motor draait, er is geen vlam en het branderrelais vergrendelt zich</b>		
Elektrisch	Ontsteking	Transformator
		Elektroden
		O Boog O Isolatiemateriaal
	Branderrelais	Hoogspanningskabels
		Branderrelais
	Elektromagnetisch ventiel	Aansluiting
Brandstof	Voeding	Correcte werking
		Reservoir
		Luchtinlaat of verstopping (gebruik vacuümmeter)
Mechanisch	Pomp	Verstopte verstuiver
		Koppeling
		Aanzuiging (gebruik vacuümmeter)
Verstuiving zonder vlam	Verhouding brandstof / verbrandings- lucht	Drukregelventiel
		Brandstofdebiet
		Luchtdebiet

Oorsprong	Oorzaak	Controle
<b>De motor draait, de vlam komt tot stand en het branderrelais vergrendelt zich (veiligheidsstand)</b>		
Elektrisch	Vlamdetectie	Cel
		Branderrelais
Onstabiele vlam	Verhouding brandstof / verbrandings- lucht	Brandstofdebiet
		Luchtdebiet
Mechanisch	Elektromagnetisch ventiel	Dichtheid van het ventiel tijdens de voorspoeling
<b>Brander werkt, maar met wankele vlam (vlamstoten, terugslag)</b>		
Onstabiele vlam	Verhouding brandstof / verbrandings- lucht Aanpassing brander / ketel	Brandstofdebiet
		Luchtdebiet
		Eigenschappen van brander en ketel
	Leidingen	Luchtinlaat en verstopping (gebruik vacuümmeter)
	Beschadigde verstuiver	
	Reservoir	Aanwezigheid van water
Slechte verbranding	Verbrandingscontrole	
	Schoorsteendruk	



## 7 RENDEMENT

---

De voornaamste taak van de ketel is het opvangen van de bij de verbranding vrijgekomen energie om ze op een warmtegeleidende stof over te brengen: water of lucht.

Theoretisch wordt de volledige hoeveelheid warmte die door de verbranding geproduceerd wordt, op het verwarmingsfluidum overgedragen. In de praktijk wordt dit resultaat echter nooit bereikt, omdat we rekening moeten houden met verliezen.

De nuttige warmte is de warmte die door het verwarmende fluidum wordt opgenomen. Het globale verlies is de hoeveelheid ongebruikte warmte. De nuttige warmte is bijgevolg de geproduceerde warmte zonder verliezen.

Het rendement is de verhouding tussen de nuttige en de geproduceerde warmte:

$$\text{rendement} = \frac{\text{nuttige warmte}}{\text{geproduceerde warmte}}$$

---

### 7.1 Verliezen

Het verbrandingsrendement ( $\eta_v$ ) is de mate waarin de brandstof wordt verbrand. Bij een stookketel/brandergeheel Optimaz 2005 moet het verbrandingsrendement minstens 93% bedragen.

De overige 7% zijn verliezen, die in twee categorieën worden onderverdeeld:

- verlies door de rookgassen;
- bijkomend verlies.

#### 7.1.1 Het verlies door de rookgassen

---

Het verlies door de rookgassen is het grootste verlies. Er bestaan twee soorten:

##### **Het verlies door vaste of gasvormige onverbrande bestanddelen, "verlies door latente warmte" genoemd**

---

Het verlies door vaste en gasvormige onverbrande bestanddelen is altijd zeer gering. In het slechtste geval bedraagt het ongeveer 0,1%. Het gevaar schuilt eerder in de ophoping van deze deeltjes op de wanden van de vuurhaard. Een afzetting van 1 mm roet volstaat om de rookgastemperatuur met + 30°C te doen stijgen.

### **Het verlies in de rookgassen, “verlies door voelbare warmte” genoemd**

---

De twee factoren die een rol spelen bij de bepaling van het verlies door voelbare warmte, zijn het CO<sub>2</sub>-gehalte en de temperatuur van de rookgassen.

De meting van het CO<sub>2</sub>-gehalte duidt onrechtstreeks de waarde aan van de toelaatbare luchtvermaat in de ketel. Deze luchtvermaat betekent dat een nutteloze hoeveelheid lucht werd verwarmd. De verhouding tussen het theoretisch maximum en het gemeten CO<sub>2</sub>-gehalte geeft de luchtvermaat aan.

De temperatuur van de rookgassen bij de keteluitlaat is recht evenredig met het verlies door voelbare warmte. Om dit verlies zo veel mogelijk te beperken, zou de temperatuur van de rookgassen bij de keteluitlaat zo laag mogelijk moeten zijn.

De rookgassen moeten echter nog door de schoorsteen en ze moeten deze schoorsteen met een hogere temperatuur verlaten om condensatie te voorkomen (zuurdauwpunt).

Er bestaat bijgevolg een compromis dat alleen bereikt kan worden wanneer rekening gehouden wordt met de complete installatie (brander, ketel, schoorsteen). In functie van het keteltype verandert deze temperatuur, die gemeten wordt bij de uitlaat van de ketel, van zeer laag (condensatieketel) over 130°C tot een maximum van 250°C.

#### 7.1.2 Het bijkomende verlies

---

### **Het verlies door straling, convectie en geleiding vanaf de buitenwand van de ketel (naargelang van de isolatie)**

---

Deze verliezen zijn moeilijk te berekenen, omdat ze afhankelijk zijn van het keteltype en de thermische isolatie ervan. De gemiddelde waarde voor een ketel is ongeveer 1%.

### **Het verlies bij branderstilstand**

---

Als de brander niet is uitgerust met een automatisch sluitende luchtklep bij branderstilstand, stroomt er doorlopende lucht door de stookketel, zodat de koude luchtstroom het water in de stookketel afkoelt en warmteverliezen veroorzaakt.

De verliezen zijn afhankelijk van het type brander, ketel en van de schoorsteenonderdruk.

Voor verouderde stookketels kan het verlies vrij hoog oplopen (van 2% tot 6% ten opzichte van het nominaal vermogen).

Een bijna perfecte isolatie van de warmtewisselaar, een automatisch sluitende luchtklep op de stookoliebrander en een aangepaste regeltechniek kunnen voor een gering verlies zorgen.

## 7.2 Verbrandingsrendement en schoorsteenverliezen

Als we beschikken over een behoorlijk rookgetal, het CO<sub>2</sub>-gehalte en de werkelijke temperatuur van de rookgassen, kunnen we het rendement berekenen met de formule van Siegert:

$$\eta_v = 100 - k \left( \frac{\theta_g - \theta_a}{\%CO_2} \right)$$

waarbij:

$\eta_v$  = het verbrandingsrendement;

$\theta_g$  = de temperatuur van de rookgassen bij de stookketeluitlaat;

$\theta_a$  = de temperatuur van de door de brander aangezogen verbrandingslucht;

%CO<sub>2</sub> = het koolstofdioxidegehalte van de rookgassen;

k = een coëfficiënt die als volgt kan worden bepaald:  $k = (0,008 \times \% CO_2) + C^{st}$  (afhankelijk van de brandstof 0,48 voor vloeibare brandstof).

Coëfficiënt k kan ook bepaald worden aan de hand van een grafiek. Het verbrandingsrendement kan ook berekend worden met behulp van een meetliniaal uit de verbrandingskoffer of met een nomogram.

Het verbrandingsrendement van een moderne installatie zou meer dan 91% moeten bedragen.

Het CO<sub>2</sub>-gehalte kan op verschillende manieren worden verbeterd:

- een gepaste regeling van de luchtvermaat ( $\lambda = 1,20$ ): niet te veel, niet te weinig, zodat de brandstof en de verbrandingslucht zich zo goed mogelijk verbinden;
- de bepaling van de verstuiver, aangepast aan het nominaal vermogen van de stookketel of het verstuivertype zoals voorgescreven door de branderketelfabrikant;
- de bepaling van de druk van de oliepomp;
- de bepaling van de juiste hoeveelheid verbrandingslucht (totale lucht) door de primaire luchtklep aan de ingang van de ventilator te regelen (roetbeeld);
- de bijregeling van de stand van de vlamhouder (ook fijnregeling of secundaire lucht genoemd) voor de bepaling van het CO<sub>2</sub>- en CO-gehalte;
- de keuze van de geschikte verbrandingskop in functie het vermogen van de brander (sommige branders beschikken namelijk over afzonderlijke koppen volgens de warmtebehoefte).

### Voorbeeld van een rendementsberekening

na de afstelling van een moderne installatie werden de volgende waarden opgemeten:

- CO<sub>2</sub>-gehalte: 12,5%;
- $\theta_g$  : 175°C;
- $\theta_a$  : 15°C.

Hoeveel bedraagt het verbrandingsrendement?

De k-coëfficiënt bedraagt dus:  $(0,008 \times 12,5) + 0,48 = 0,58$

Het verbrandingsrendement  $\eta_v =$

$$\eta_v = 100 - k \left( \frac{\theta_g - \theta_a}{\%CO_2} \right)$$

$$\eta_v = 100 - 0,58 \left( \frac{175 - 15}{12,5} \right) = 100 - 7,42 = 92,476\%$$

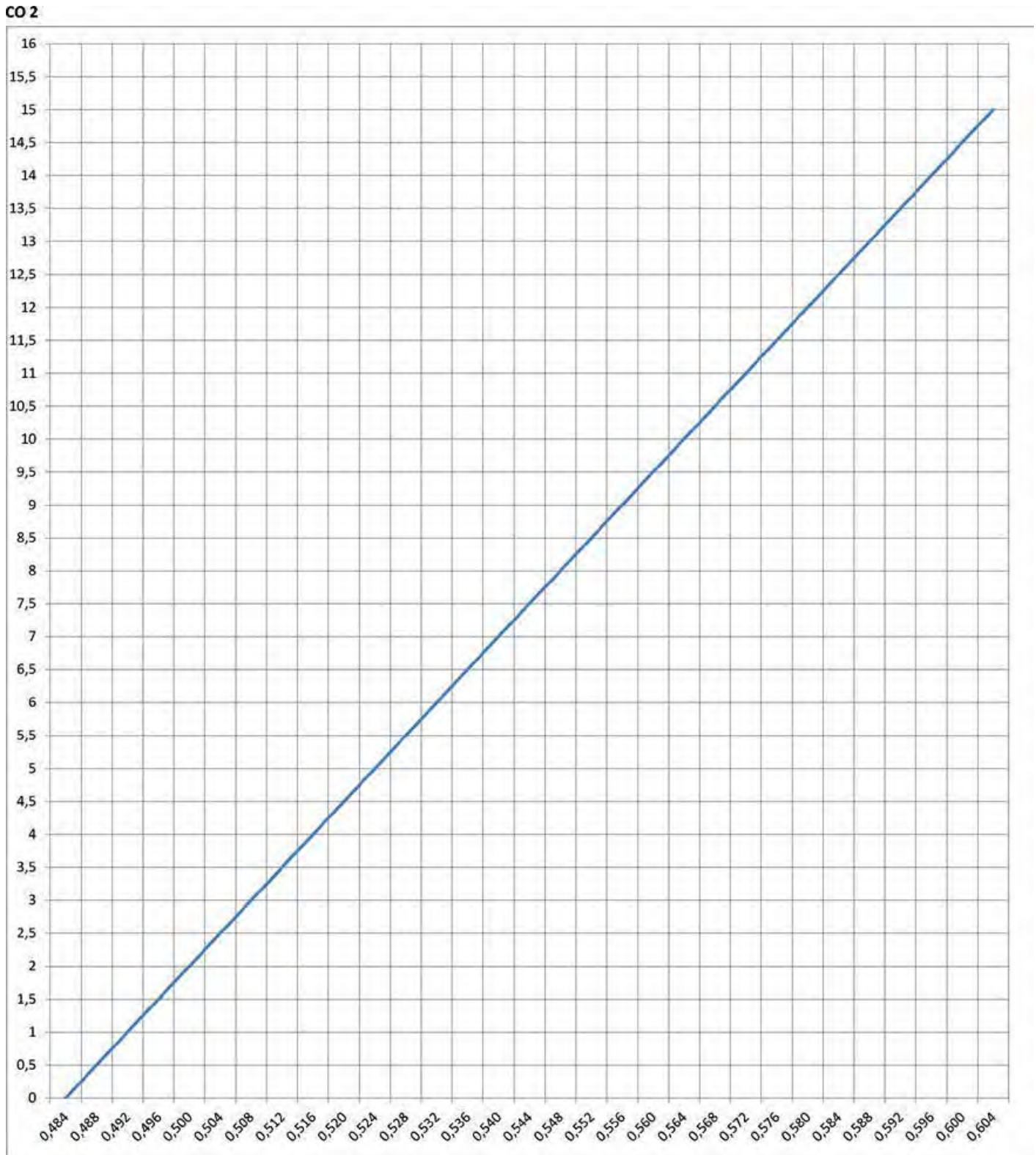
De vermindering van het verbrandingsrendement bedraagt gedurende het verwarmingsseizoen niet meer dan 2%. De elementen die nodig zijn voor het berekenen van het verbrandingsrendement, zijn voor de verwarmingstechnicus zeer gemakkelijk te meten bij elke installatie in werking.

Om een maximaal rendement te verkrijgen, wordt de factor gewoon verkleind:

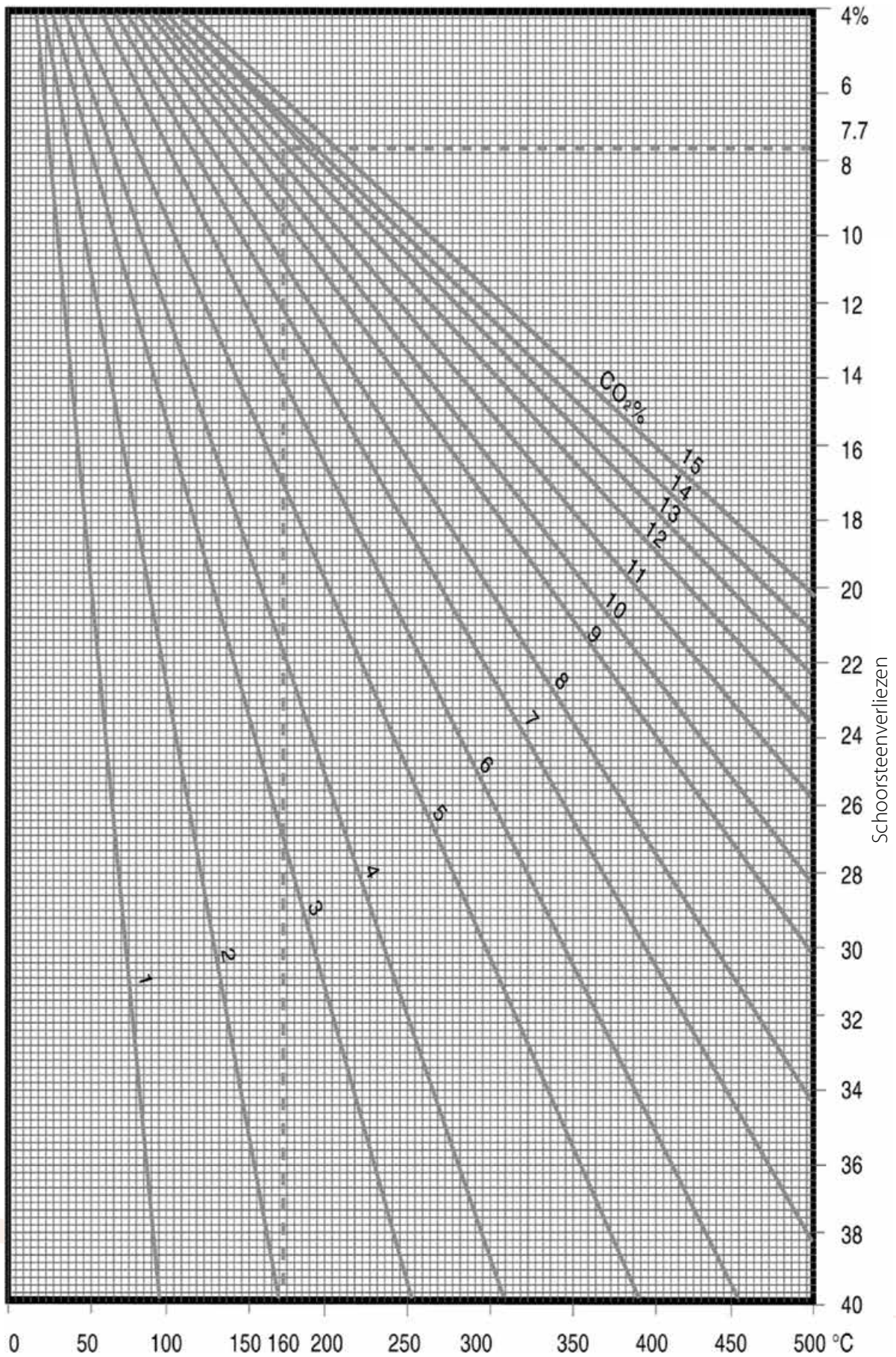
$$\frac{\theta_g - \theta_a}{\%CO_2}$$

De netto temperatuur in de schoorsteen mag dus niet te hoog oplopen.

- De teller verkleinen:
  - »  $\theta_g$  is de temperatuur van de rookgassen, die zo laag mogelijk moet zijn. Dit is het geval bij moderne stookketels, waar de schoorsteentemperatuur zeer laag is. Een te lage schoorsteentemperatuur kan condensatie in de schoorsteen veroorzaken. Daarom is het aangeraden om altijd boven het dauwpunt (condensatiepunt) te blijven (het theoretisch dauwpunt voor stookolie met een zwavelgehalte van 0,2% bedraagt  $\pm 50^\circ\text{C}$ ).
  - »  $\theta_a$  is de verbrandingsluchttemperatuur.
  - » Het is noodzakelijk om altijd een goede toevoer van voldoende omgevingslucht te voorzien om een optimale verbranding te verzekeren. Een tekort aan zuurstof zou immers leiden tot een onvolledige verbranding, waardoor de brander in storing kan gaan.
- De noemer vergroten:
  - » Door de noemer te vergroten, verhogen we het CO<sub>2</sub>-gehalte. Het theoretisch (onbereikbaar) maximum bedraagt 15,2%. De Optimaz-criteria eisen een minimum van 12,5%. In de praktijk blijkt dat de goedgekeurde Optimaz-combinaties een gehalte hebben van 12,5% tot 13,5%.



Berekening van coëfficiënt k in functie van het CO<sub>2</sub>-gehalte



Bepaling van het verbrandingsrendement

### 7.3 Het globale seizoensrendement van een centraleverwarmingsinstallatie

Onder het seizoensrendement van een centraleverwarmingsinstallatie verstaan we de verhouding van de hoeveelheid warmte die nuttig is om de vertrekken te verwarmen tot de hoeveelheid warmte die geleverd wordt door de brandstof. Bij de productie, de distributie, de regeling en de emissie ontstaan telkens warmteverliezen, zodat elke fase ook wordt gekenmerkt door haar rendement. De afzonderlijke studie van de verschillende fasen geeft een beter inzicht in hun invloed op het seizoensrendement van de gehele centrale verwarmingsinstallatie.

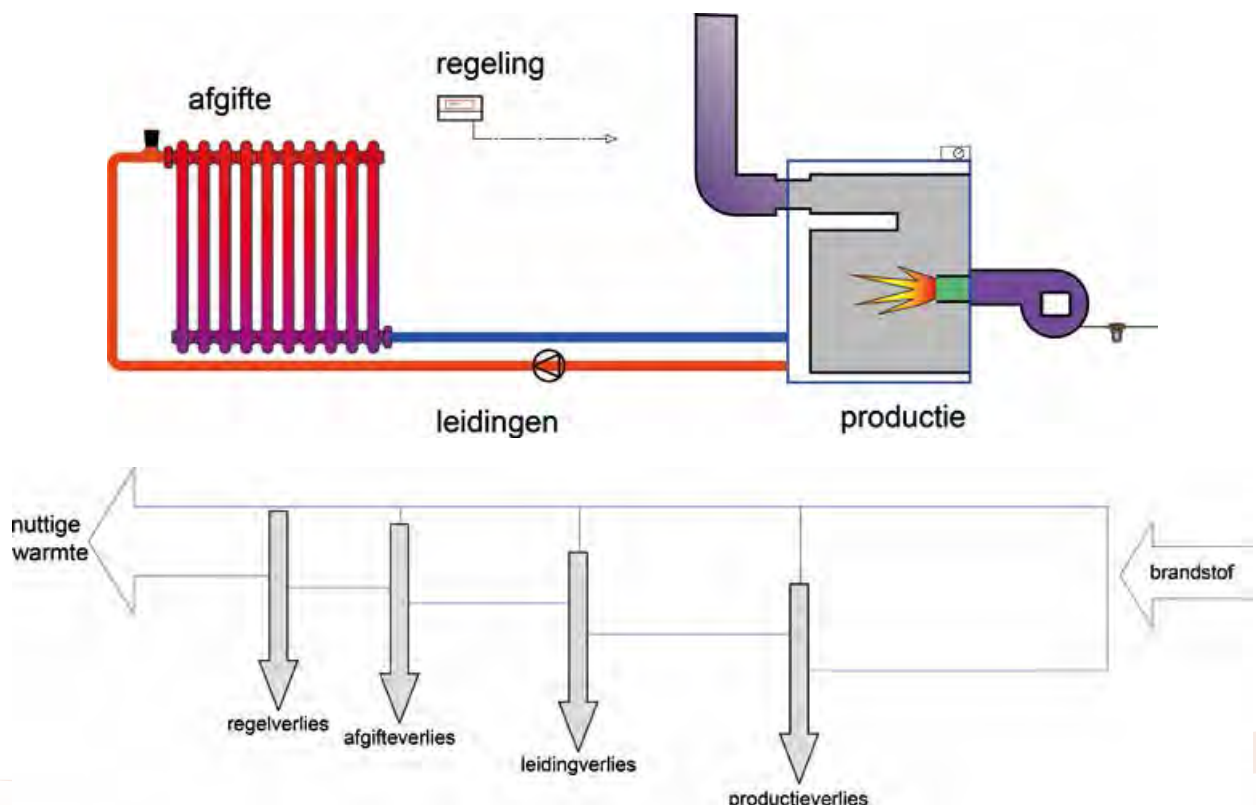
Het globale seizoensrendement van de centraleverwarmingsinstallatie is het product van de verschillende deelrendementen:

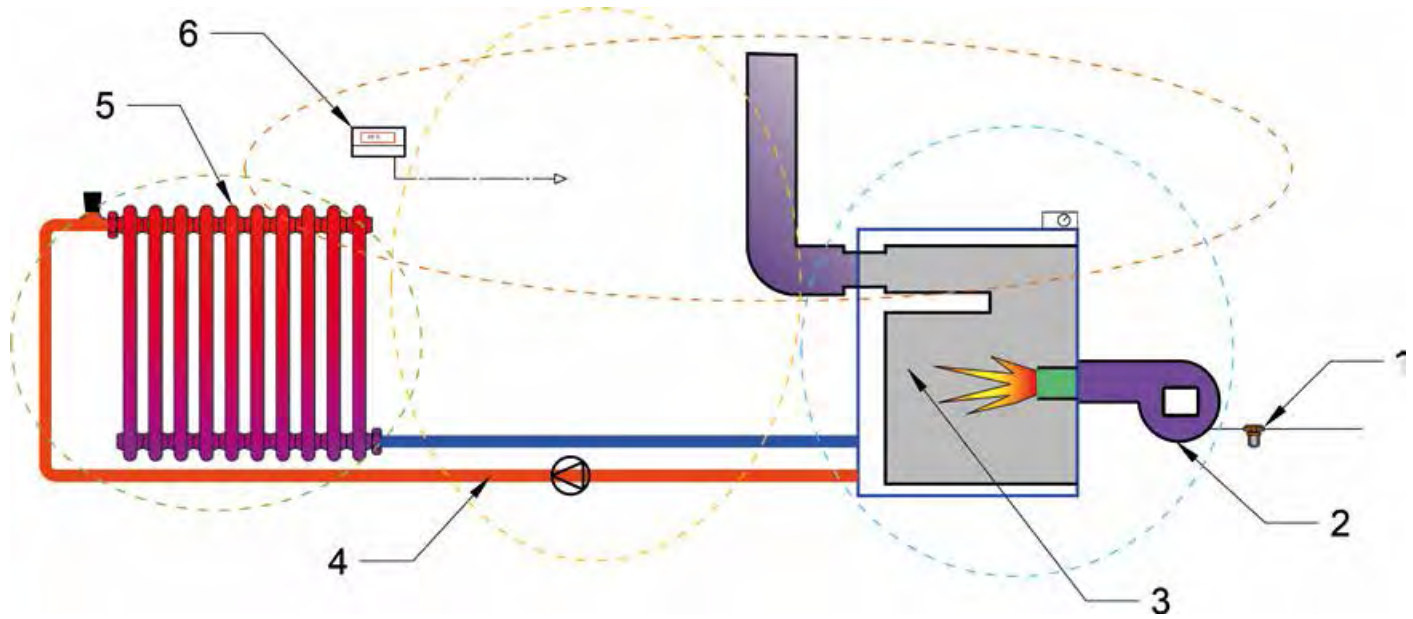
$$\eta_s = \eta_{sk} \cdot \eta_{sd} \cdot \eta_{sr} \cdot \eta_{se} \quad (\%)$$

waarbij:

- $\eta_s$  = globale seizoensrendement;
- $\eta_{sk}$  = seizoensrendement van de productie, van de ketel of nuttig rendement in het water;
- $\eta_{sd}$  = seizoensrendement van de distributie (leidingen);
- $\eta_{sr}$  = seizoensrendement van de regeling;
- $\eta_{se}$  = seizoensrendement van de warmte-emissie (warmteafgifte) van de verwarmingslichamen.

Elk deel van het rendement wordt hieronder beknopt toegelicht, vertrekkende van de verbranding in de vuurhaard tot de warmteafgifte in de vertrekken.





- 1 Brandstof toevoer
- 2 Brander
- 3 Ketel (productierendement van 50% tot 105%)
- 4 Warmtedistributiesysteem (distributierendement van 70% tot 99%)
- 5 Emissie (afgifterendement van 90% tot 100%)
- 6 Regelsysteem (regelrendement van 86% tot 98%)

### 7.3.1 Het seizoensrendement van de productie, rendement van de ketel of nuttig rendement in het water ( $\eta_{sk}$ )

Het seizoensrendement van de productie ( $\eta_{sk}$ ) is het gemiddeld nuttig rendement van de stookketel gedurende het stookseizoen. Het is de verhouding van de warmte die de stookketel levert gedurende de periode van het gebruik tot de bij de verbranding vrijgekomen energie. Dit rendement houdt niet alleen rekening met de verliezen tijdens de werkingsperiodes van de brander (schoorsteenverliezen en verliezen naar de omgeving door convection en straling dwars door de buitenwanden van de ketel), maar ook met de verliezen wanneer de brander buiten bedrijf is, verliezen door luchtspoeling van de verbrandingskamer als gevolg van de schoorsteendruk en verliezen aan de omgeving.

Velen denken dat het seizoensrendement van de productie veel lager ligt dan het nuttig rendement zoals gemeten tijdens een kortstondige proef bij nominaal vermogen in continubedrijf van de stookketel (verbrandingsrendement). Het verschil tussen dit verbrandingsrendement en het seizoensrendement van de stookketel is sterk afhankelijk van de leeftijd van de ketel. Bij oudere ketels kan er een zeer groot verschil zijn tussen deze rendementen (zie bovenstaande tekening: 50% tot 105%). Dat is vooral te wijten aan de isolatie van de ketel en de weg die de rookgassen moeten afleggen alvorens ze worden afgevoerd door de schoorsteen. Er is een groot verschil in constructie tussen oude (omgebouwde kolenketels) en nieuwe hoogrendementsketels of zelfs condenserende stookolieketels.

De moderne ketels zijn intussen zo sterk verbeterd dat het nuttig rendement erg dicht in de buurt van het verbrandingsrendement ligt. Het verschil bedraagt slechts enkele procenten.

### 7.3.2 Het seizoensrendement van de distributie ( $\eta_{sd}$ )

Het seizoensrendement van de distributie ( $\eta_{sd}$ ) wordt beïnvloed door de verliezen van de leidingen die door niet-verwarmde vertrekken lopen. Deze verliezen worden dikwijls onderschat en zijn afhankelijk van het leidingsysteem (type verwarming - zie tekening vorige pagina: 70% tot 99%):

- de lengte en de oppervlakte van de leidingen;
- de isolatie van de leidingen;
- de gemiddelde watertemperatuur;
- de gemiddelde omgevings- of kamertemperatuur.

Het seizoensrendement van de distributie kan verbeterd worden door bijkomende isolatie en een verlaging van de gemiddelde watertemperatuur. Nog beter is om er bij het ontwerp van de installatie voor te kiezen zo weinig mogelijk leidingen door het niet-verwarmde volume te laten lopen.

### 7.3.3 Het seizoensrendement van de regeling ( $\eta_{sr}$ )

Om in alle vertrekken de gewenste temperatuur te bekomen met een centrale regeling, moeten dikwijls hogere gemiddelde temperaturen verwezenlijkt worden dan de basistemperatuur, wat als gevolg heeft dat de hoogstnodige warmtestroom verhoogd moet worden, waardoor dan weer meer warmte wordt verbruikt dan de theoretische waarde.

Het seizoensrendement van de regeling ( $\eta_{sr}$ ) wordt bepaald door verschillende factoren:

- het type regelsysteem;
- de aangepastheid van dit systeem;
- de ongewenste oververwarming;
- de niet-verwarmde vertrekken;
- de temperatuurverlaging 's nachts;
- de temperatuurverlaging bij afwezigheid van de bewoners;
- de juiste warmtedosering (het correcte waterdebiet in de installatie).

Het seizoensrendement van de regeling kan bijgevolg veranderen in functie van haar complexiteit en de besparingszin van de uitbater. Het seizoensrendement van de regeling kan tussen 86% en 98% liggen.

### 7.3.4 Het seizoensrendement van de warmte-emissie van de verwarmingslichamen ( $\eta_{se}$ )

---

Door warmteverlies van het verwarmingslichaam naar de wand waarvoor het is geplaatst, door een ongunstige opstelling die de warmteafgifte belemmert en door niet te vermijden oververwarming aan de plafonds ontstaan bijkomende warmteverliezen.

Het seizoensrendement van de warmte-emissie van de verwarmingslichamen ( $\eta_{se}$ ) wordt bepaald door deze verliezen en ligt tussen 90% en 100%.

### 7.3.5 Berekening van het seizoensrendement van de productie, van de ketel of nuttig rendement in het water ( $\eta_{sk}$ )

---

Het seizoensrendement van de stookketel kan berekend worden met de formule van De Dietrich:

$$\eta_{sk} = \eta_{wvk} / (t_k / f - 1) \times q + 1$$

waarbij:

- $\eta_{wvk}$  = het waterzijdig rendement van de stookketel;
- $t_k$  = de bedrijfsperiode van de stookketel tijdens het stookseizoen, in uren (5.160 of 8.760 uur):  
5.160 uur: zonder productie van sanitair warm water (215 dagen);  
8.760 uur: met productie van sanitair warm water (365 dagen).
- $f$  = de werkingsgraad van de brander (belastingsgraad) gedurende het stookseizoen, in uren;
- $q$  = de onderhoudsverliezen of stilstandsverliezen.

Het onderhoudsverlies wordt uitgedrukt in een percentage van het nominaal vermogen.

Het onderhoudsverlies is het onderhoudsverbruik of de warmte die nodig is om het water van een stookketel op een gegeven temperatuur te houden zonder dat er warmte overgedragen wordt naar de verwarmingselementen of naar de productie van sanitair warm water.

#### Voorbeeld

---

Een stookketel met een nominaal vermogen van 21 kW.

Het waterzijdig rendement bedraagt 90% = 0,9.

$$t_k = 5.160 \text{ uur}$$

$$f = 1.600 \text{ uur}$$

$$q = 0,8\% = 0,008$$

Het seizoensrendement van de productie bedraagt dan:

$$\eta_{sk} = 0,9 / (5160 / 1600 - 1) \times 0,008 + 1 = 0,88 = 88\%$$

### 7.3.6 Berekening van het seizoensrendement van een centrale verwarmingsinstallatie ( $\eta_s$ )

We hernemen de vergelijking:

$$\eta_s = \eta_{sk} \cdot \eta_{sd} \cdot \eta_{sr} \cdot \eta_{se}$$

#### Voorbeeld

- $\eta_{sk} = 0,88$
- $\eta_{sd} = 0,97$
- $\eta_{sr} = 0,98$
- $\eta_{se} = 0,96$
- $\eta_s = 0,88 \times 0,97 \times 0,98 \times 0,96 = 0,80$  of 80%

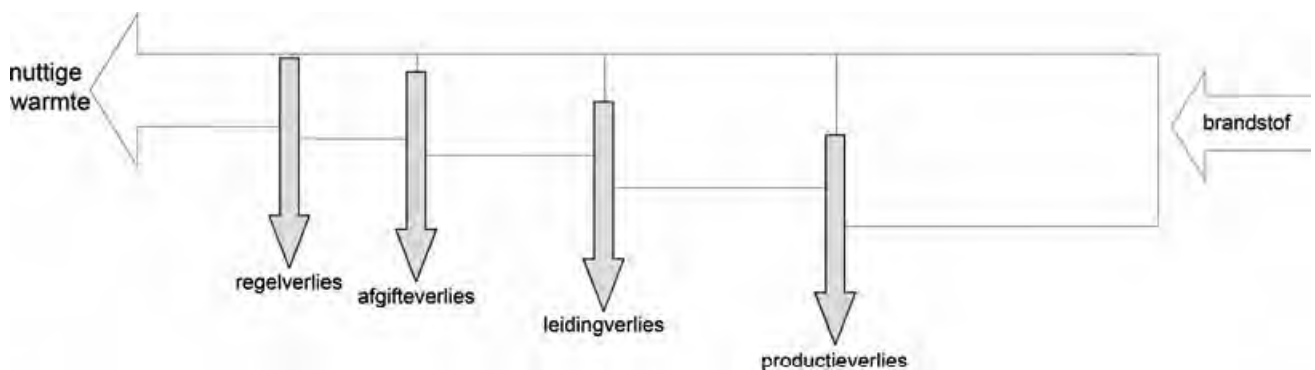
Het elektriciteitsverbruik van de brander, pomp, regel- en stuurapparatuur wordt bij het hoofdverbruik geteld, waardoor het globaal rendement van de verwarmingsinstallatie enigszins daalt.

Om een hoog seizoensrendement te bekomen, moeten dus ook alle deelrendementen hoog liggen.

Bij een moderne installatie die juist gedimensioneerd en goed geïnstalleerd is, voorzien is van de aangepaste regelapparatuur, juist afgesteld is en goed bediend en onderhouden wordt, zal de maximaal bereikbare waarde afhankelijk van het type ketel tussen 75% en 96% liggen (75% à 80% voor een klassieke ketel, en tot 92% à 96% voor een condenserende ketel).

Het andere uiterste is een verouderde installatie die verkeerd gedimensioneerd, slecht geïnstalleerd, slecht geregeld en slecht afgesteld is, slecht bediend wordt en niet onderhouden wordt. Het seizoensrendement van deze installatie zal slechts  $\pm 50\%$  bedragen.

Samenvattend kunnen we stellen dat geprobeerd moet worden om de warmteverliezen te verminderen, het warmteverbruik beter te beheersen en de warmteproductie beter af te stemmen op de werkelijke behoefte.





## 8 ASBEST

### 8.1 Een gevaarlijk materiaal



Ningbo Seabool

Asbest touw

Asbest is een materiaal dat vroeger veel gebruikt werd voor zijn goede isolerende eigenschappen:

- Hittebestendig
- Onbrandbaar
- Slijtvast
- Goede isolator
- Goedkoop

Omdat asbestvezels kunnen blijven opsplitsen in steeds kleinere, voor het oog onzichtbare, vezels zijn deze een gevaar. Omdat ze zo sterk zijn, kunnen de vezeltjes door ons lichaam niet worden afgebroken. Na inademing kunnen ze vast komen te zitten diep in de longen, waar ze nooit meer weg raken. De gevolgen zijn niet onmiddellijk te merken, maar na enkele jaren is de kans op asbestose (vergelijkbaar met stoflong) zeer groot en reëel. Bovendien kan blootstelling asbest jaren later ook aanleiding geven tot long- of longvlieskanker. Dit geldt nog eens extra voor rokers, die een sterk verhoogde kans op deze ziekten hebben.



Ningbo Seabool

Asbestplaat

### 8.2 Asbesttoepassingen



Stad Mortsel

Asbestkoord

In Europa is het momenteel verboden om nog asbest te produceren of te gebruiken, maar in oude toepassingen komt het nog vaak voor.

Meestal komt het asbest voor in **gebonden** toestand, zoals in golfplaten of vezelcementen buizen (vb. Eternit buis). In dat geval -zolang de vezels gebonden blijven- is er geen direct gevaar.

Als asbest **ongebonden** voorkomt (vb. het asbestkoord of "kachelkoord", vaak gebruikt als dichting), of als gebonden toepassingen beschadigd werden (bvb. verweerde buisisolatie bij oude CV installaties) dan kunnen de vezels gaan loskomen en zich gaan verspreiden.

U moet er zich altijd van vergewissen of het materiaal waarop u werkt u al dan niet asbest bevat zodat de nodige beschermingsmaatregelen kunnen getroffen worden.

## 8.3 Omgaan met asbest



Bescherming tegen asbest

Asbest verwijderen mag enkel als u daarvoor speciaal opgeleid bent. Belangrijke sloop- en verwijderingswerken zoals het wegnemen van spuitasbest mogen enkel door gespecialiseerde (erkende) firma's worden uitgevoerd.

Sommige werken met een beperkt risico op blootstelling mogen door het eigen personeel van een bedrijf uitgevoerd worden. Hiervoor bestaan dan wel strikte voorschriften: zo moeten de betrokken werknemers ingeschreven worden op een lijst, en vooraf opleiding en schriftelijke instructies over alle voorzorgsmaatregelen ontvangen.

Enkel bij **sporadische** werkjes in de buurt van asbest geldend deze verplichtingen niet (geen meldingsplicht, registerplicht, opleidingsverplichting of gezondheidstoezicht). Deze sporadische activiteiten zijn:

- kort onderhoud, waarbij men enkel in contact komt met hechtgebonden asbest en die geen risico vormen op het vrijkomen van asbestvezels;
- verwijdering van niet-beschadigde materialen, waarin de asbestvezels stevig zijn gebonden, zonder deze stuk te maken;
- inkapselen en omhullen van asbesthoudende materialen in goede staat;
- bewaking en onderzoek van de lucht en het nemen van monsters om vast te stellen of een bepaald materiaal asbest bevat.

### Welke maatregelen nemen?

Het belangrijkste principe bij werken aan materiaal met asbest is simpel: voorkom de vorming van stof.

- Gebruik aangepaste beschermingsmiddelen (wegwerp-overall en -handschoenen en een geschikt ademhalingsbescherming: een masker met P3 filter)
- Bevochtig het te verwijderen materiaal
- Vermijd beschadiging van materiaal
- Gebruik geen sneldraaiende gereedschappen (slijpschijven, boren, ..)
- Maak bevestigingen voorzichtig los
- Handel omzichtig bij afvoeren
- Reinig uzelf, het materiaal en de omgeving grondig na de werken

## 8.4 Gebruik in een cv-installatie



Symbol voor asbest



Isolatie in asbest

Viesmann



# 9 BIJLAGEN

## 9.1 Verstuivertabellen

VERSTUIVERTABEL 91% RENDEMENT - NIET VOORVERWARMD													
Debiet (USG/h)		0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1
Druk (bar)													
7	kW	10,32	12,04	13,76	15,48	17,20	18,92	20,64	22,36	25,80	29,24	30,96	34,40
8		11,03	12,87	14,71	16,55	18,39	20,23	22,06	23,90	27,58	31,26	33,10	36,77
9		11,70	13,65	15,60	17,55	19,50	21,45	23,40	25,35	29,25	33,15	35,10	39,00
10		12,33	14,39	16,45	18,50	20,56	22,61	24,67	26,72	30,84	34,95	37,00	41,11
11		12,94	15,09	17,25	19,40	21,56	23,72	25,87	28,03	32,34	36,65	38,81	43,12
12		13,51	15,76	18,02	20,27	22,52	24,77	27,02	29,27	33,78	38,28	40,53	45,04
13		14,06	16,41	18,75	21,09	23,44	25,78	28,13	30,47	35,16	39,85	42,19	46,88
14		14,59	17,03	19,46	21,89	24,32	26,76	29,19	31,62	36,48	41,35	43,78	48,65
15		15,11	17,62	20,14	22,66	25,18	27,69	30,21	32,73	37,77	42,80	45,32	50,35
16		15,60	18,20	20,80	23,40	26,00	28,60	31,20	33,80	39,00	44,20	46,80	52,00
17		16,08	18,76	21,44	24,12	26,80	29,48	32,16	34,84	40,20	45,56	48,24	53,61
18		16,55	19,31	22,06	24,82	27,58	30,34	33,10	35,85	41,37	46,89	49,64	55,16
19		17,00	19,83	22,67	25,50	28,34	31,17	34,00	36,84	42,50	48,17	51,00	56,67
20		17,44	20,35	23,26	26,16	29,07	31,98	34,89	37,79	43,61	49,42	52,33	58,14
21		17,87	20,85	23,83	26,81	29,79	32,77	35,75	38,73	44,68	50,64	53,62	59,58
22		18,29	21,34	24,39	27,44	30,49	33,54	36,59	39,64	45,74	51,83	54,88	60,98
23		18,71	21,82	24,94	28,06	31,18	34,29	37,41	40,53	46,76	53,00	56,12	62,35
24		19,11	22,29	25,48	28,66	31,85	35,03	38,22	41,40	47,77	54,14	57,32	63,69
25		19,50	22,75	26,00	29,25	32,50	35,75	39,00	42,25	48,75	55,26	58,51	65,01
26		19,89	23,20	26,52	29,83	33,15	36,46	39,78	43,09	49,72	56,35	59,66	66,29
27		20,27	23,64	27,02	30,40	33,78	37,16	40,53	43,91	50,67	57,42	60,80	67,56
28		20,64	24,08	27,52	30,96	34,40	37,84	41,28	44,72	51,60	58,48	61,92	68,80
29		21,00	24,50	28,01	31,51	35,01	38,51	42,01	45,51	52,51	59,51	63,01	70,01
30		21,36	24,92	28,48	32,04	35,61	39,17	42,73	46,29	53,41	60,53	64,09	71,21

**VERSTUIVERTABEL 93% RENDEMENT - NIET VOORVERWARMD**

Debiet (USG/h)		0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1
Druk (bar)													
7	kW	10,55	12,30	14,06	15,82	17,58	19,33	21,09	22,85	26,37	29,88	31,64	35,15
8		11,27	13,15	15,03	16,91	18,79	20,67	22,55	24,43	28,19	31,94	33,82	37,58
9		11,96	13,95	15,94	17,94	19,93	21,92	23,92	25,91	29,90	33,88	35,87	39,86
10		12,61	14,71	16,81	18,91	21,01	23,11	25,21	27,31	31,51	35,71	37,82	42,02
11		13,22	15,42	17,63	19,83	22,03	24,24	26,44	28,64	33,05	37,46	39,66	44,07
12		13,81	16,11	18,41	20,71	23,01	25,32	27,62	29,92	34,52	39,12	41,42	46,03
13		14,37	16,77	19,16	21,56	23,95	26,35	28,74	31,14	35,93	40,72	43,12	47,91
14		14,91	17,40	19,89	22,37	24,86	27,34	29,83	32,31	37,29	42,26	44,74	49,72
15		15,44	18,01	20,58	23,16	25,73	28,30	30,88	33,45	38,60	43,74	46,31	51,46
16		15,94	18,60	21,26	23,92	26,57	29,23	31,89	34,55	39,86	45,18	47,83	53,15
17		16,44	19,17	21,91	24,65	27,39	30,13	32,87	35,61	41,09	46,57	49,31	54,78
18		16,91	19,73	22,55	25,37	28,19	31,00	33,82	36,64	42,28	47,92	50,73	56,37
19		17,37	20,27	23,17	26,06	28,96	31,85	34,75	37,65	43,44	49,23	52,12	57,92
20		17,83	20,80	23,77	26,74	29,71	32,68	35,65	38,62	44,57	50,51	53,48	59,42
21		18,27	21,31	24,36	27,40	30,44	33,49	36,53	39,58	45,67	51,76	54,80	60,89
22		18,70	21,81	24,93	28,04	31,16	34,28	37,39	40,51	46,74	52,97	56,09	62,32
23		19,12	22,30	25,49	28,67	31,86	35,05	38,23	41,42	47,79	54,16	57,35	63,72
24		19,53	22,78	26,04	29,29	32,55	35,80	39,06	42,31	48,82	55,33	58,58	65,09
25		19,93	23,25	26,57	29,90	33,22	36,54	39,86	43,18	49,83	56,47	59,79	66,43
26		20,33	23,71	27,10	30,49	33,88	37,26	40,65	44,04	50,81	57,59	60,98	67,75
27		20,71	24,16	27,62	31,07	34,52	37,97	41,42	44,88	51,78	58,68	62,14	69,04
28		21,09	24,61	28,12	31,64	35,15	38,67	42,18	45,70	52,73	59,76	63,28	70,31
29		21,47	25,04	28,62	32,20	35,78	39,35	42,93	46,51	53,66	60,82	64,40	71,55
30		21,83	25,47	29,11	32,75	36,39	40,03	43,67	47,30	54,58	61,86	65,50	72,78

**VERSTUIVERTABEL 98% RENDEMENT - NIET VOORVERWARMD**

Debiet (USG/h)		0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1
Druk (bar)													
7	kW	11,11	12,97	14,82	16,67	18,52	20,37	22,23	24,08	27,78	31,49	33,34	37,04
8		11,88	13,86	15,84	17,82	19,80	21,78	23,76	25,74	29,70	33,66	35,64	39,60
9		12,60	14,70	16,80	18,90	21,00	23,10	25,20	27,30	31,50	35,70	37,80	42,00
10		13,28	15,50	17,71	19,92	22,14	24,35	26,57	28,78	33,21	37,63	39,85	44,28
11		13,93	16,25	18,57	20,90	23,22	25,54	27,86	30,18	34,83	39,47	41,79	46,44
12		14,55	16,98	19,40	21,83	24,25	26,68	29,10	31,53	36,38	41,23	43,65	48,50
13		15,14	17,67	20,19	22,72	25,24	27,77	30,29	32,81	37,86	42,91	45,43	50,48
14		15,72	18,34	20,96	23,57	26,19	28,81	31,43	34,05	39,29	44,53	47,15	52,39
15		16,27	18,98	21,69	24,40	27,11	29,82	32,54	35,25	40,67	46,09	48,80	54,23
16		16,80	19,60	22,40	25,20	28,00	30,80	33,60	36,40	42,00	47,60	50,40	56,01
17		17,32	20,21	23,09	25,98	28,86	31,75	34,64	37,52	43,30	49,07	51,96	57,73
18		17,82	20,79	23,76	26,73	29,70	32,67	35,64	38,61	44,55	50,49	53,46	59,40
19		18,31	21,36	24,41	27,46	30,52	33,57	36,62	39,67	45,77	51,88	54,93	61,03
20		18,78	21,92	25,05	28,18	31,31	34,44	37,57	40,70	46,96	53,22	56,35	62,62
21		19,25	22,46	25,66	28,87	32,08	35,29	38,50	41,71	48,12	54,54	57,75	64,16
22		19,70	22,99	26,27	29,55	32,84	36,12	39,40	42,69	49,25	55,82	59,10	65,67
23		20,14	23,50	26,86	30,22	33,57	36,93	40,29	43,65	50,36	57,08	60,43	67,15
24		20,58	24,01	27,44	30,87	34,30	37,73	41,16	44,58	51,44	58,30	61,73	68,59
25		21,00	24,50	28,00	31,50	35,00	38,50	42,00	45,50	52,50	59,51	63,01	70,01
26		21,42	24,99	28,56	32,13	35,70	39,27	42,84	46,41	53,54	60,68	64,25	71,39
27	21,83	25,46	29,10	32,74	36,38	40,01	43,65	47,29	54,56	61,84	65,48	72,75	
28	22,23	25,93	29,64	33,34	37,04	40,75	44,45	48,16	55,57	62,97	66,68	74,09	
29	22,62	26,39	30,16	33,93	37,70	41,47	45,24	49,01	56,55	64,09	67,86	75,40	
30	23,01	26,84	30,68	34,51	38,34	42,18	46,01	49,85	57,52	65,19	69,02	76,69	

**VERSTUIVERTABEL 91 % RENDEMENT - VOORVERWARMD**

Debiet (USG/h)		0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1
Druk (bar)													
7	kW	8,77	10,23	11,70	13,16	14,62	16,08	17,54	19,00	21,93	24,85	26,31	29,24
8		9,38	10,94	12,50	14,07	15,63	17,19	18,75	20,32	23,44	26,57	28,13	31,26
9		9,95	11,60	13,26	14,92	16,58	18,23	19,89	21,55	24,86	28,18	29,84	33,15
10		10,48	12,23	13,98	15,73	17,47	19,22	20,97	22,72	26,21	29,70	31,45	34,95
11		11,00	12,83	14,66	16,49	18,33	20,16	21,99	23,82	27,49	31,15	32,99	36,65
12		11,48	13,40	15,31	17,23	19,14	21,06	22,97	24,88	28,71	32,54	34,45	38,28
13		11,95	13,95	15,94	17,93	19,92	21,91	23,91	25,90	29,88	33,87	35,86	39,85
14		12,40	14,47	16,54	18,61	20,67	22,74	24,81	26,88	31,01	35,15	37,21	41,35
15		12,84	14,98	17,12	19,26	21,40	23,54	25,68	27,82	32,10	36,38	38,52	42,80
16		13,26	15,47	17,68	19,89	22,10	24,31	26,52	28,73	33,15	37,57	39,78	44,20
17		13,67	15,95	18,23	20,50	22,78	25,06	27,34	29,62	34,17	38,73	41,01	45,56
18		14,07	16,41	18,75	21,10	23,44	25,79	28,13	30,48	35,16	39,85	42,20	46,89
19		14,45	16,86	19,27	21,68	24,09	26,49	28,90	31,31	36,13	40,94	43,35	48,17
20		14,83	17,30	19,77	22,24	24,71	27,18	29,65	32,12	37,07	42,01	44,48	49,42
21		15,19	17,72	20,26	22,79	25,32	27,85	30,39	32,92	37,98	43,05	45,58	50,64
22		15,55	18,14	20,73	23,33	25,92	28,51	31,10	33,69	38,88	44,06	46,65	51,83
23		15,90	18,55	21,20	23,85	26,50	29,15	31,80	34,45	39,75	45,05	47,70	53,00
24		16,24	18,95	21,66	24,36	27,07	29,78	32,48	35,19	40,60	46,02	48,72	54,14
25		16,58	19,34	22,10	24,86	27,63	30,39	33,15	35,92	41,44	46,97	49,73	55,26
26		16,90	19,72	22,54	25,36	28,17	30,99	33,81	36,63	42,26	47,90	50,71	56,35
27	17,23	20,10	22,97	25,84	28,71	31,58	34,45	37,32	43,07	48,81	51,68	57,42	
28	17,54	20,47	23,39	26,31	29,24	32,16	35,09	38,01	43,86	49,71	52,63	58,48	
29	17,85	20,83	23,80	26,78	29,76	32,73	35,71	38,68	44,63	50,58	53,56	59,51	
30	18,16	21,19	24,21	27,24	30,26	33,29	36,32	39,34	45,40	51,45	54,48	60,53	

**VERSTUIVERTABEL 93 % RENDEMENT - VOORVERWARMD**

Debiet (USG/h)		0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1
Druk (bar)													
7	kW	8,96	10,46	11,95	13,45	14,94	16,43	17,93	19,42	22,41	25,40	26,89	29,88
8		9,58	11,18	12,78	14,37	15,97	17,57	19,17	20,76	23,96	27,15	28,75	31,94
9		10,16	11,86	13,55	15,25	16,94	18,63	20,33	22,02	25,41	28,80	30,49	33,88
10		10,71	12,50	14,29	16,07	17,86	19,64	21,43	23,21	26,79	30,36	32,14	35,71
11		11,24	13,11	14,98	16,86	18,73	20,60	22,47	24,35	28,09	31,84	33,71	37,46
12		11,74	13,69	15,65	17,61	19,56	21,52	23,47	25,43	29,34	33,25	35,21	39,12
13		12,22	14,25	16,29	18,32	20,36	22,40	24,43	26,47	30,54	34,61	36,65	40,72
14		12,68	14,79	16,90	19,02	21,13	23,24	25,35	27,47	31,69	35,92	38,03	42,26
15		13,12	15,31	17,50	19,68	21,87	24,06	26,24	28,43	32,81	37,18	39,37	43,74
16		13,55	15,81	18,07	20,33	22,59	24,85	27,11	29,36	33,88	38,40	40,66	45,18
17		13,97	16,30	18,63	20,95	23,28	25,61	27,94	30,27	34,92	39,58	41,91	46,57
18		14,37	16,77	19,17	21,56	23,96	26,35	28,75	31,15	35,94	40,73	43,12	47,92
19		14,77	17,23	19,69	22,15	24,61	27,08	29,54	32,00	36,92	41,84	44,31	49,23
20		15,15	17,68	20,20	22,73	25,25	27,78	30,30	32,83	37,88	42,93	45,46	50,51
21		15,53	18,11	20,70	23,29	25,88	28,47	31,05	33,64	38,82	43,99	46,58	51,76
22		15,89	18,54	21,19	23,84	26,49	29,14	31,78	34,43	39,73	45,03	47,68	52,97
23		16,25	18,96	21,67	24,37	27,08	29,79	32,50	35,21	40,62	46,04	48,75	54,16
24		16,60	19,37	22,13	24,90	27,66	30,43	33,20	35,96	41,50	47,03	49,80	55,33
25		16,94	19,76	22,59	25,41	28,23	31,06	33,88	36,71	42,35	48,00	50,82	56,47
26		17,28	20,16	23,04	25,91	28,79	31,67	34,55	37,43	43,19	48,95	51,83	57,59
27		17,61	20,54	23,47	26,41	29,34	32,28	35,21	38,15	44,01	49,88	52,82	58,68
28		17,93	20,92	23,90	26,89	29,88	32,87	35,86	38,85	44,82	50,80	53,79	59,76
29		18,25	21,29	24,33	27,37	30,41	33,45	36,49	39,53	45,61	51,70	54,74	60,82
30		18,56	21,65	24,74	27,84	30,93	34,02	37,12	40,21	46,39	52,58	55,67	61,86

VERSTUIVERTABEL 98 % RENDEMENT - VOORVERWARMD												
Debiet (USG/h)	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,75	0,85	0,9	1
Druk (bar)												
7	9,45	11,02	12,59	14,17	15,74	17,32	18,89	20,47	23,62	26,76	28,34	31,49
8	10,10	11,78	13,46	15,15	16,83	18,51	20,20	21,88	25,25	28,61	30,30	33,66
9	10,71	12,50	14,28	16,07	17,85	19,64	21,42	23,21	26,78	30,35	32,13	35,70
10	11,29	13,17	15,05	16,94	18,82	20,70	22,58	24,46	28,23	31,99	33,87	37,63
11	11,84	13,82	15,79	17,76	19,74	21,71	23,68	25,66	29,60	33,55	35,52	39,47
12	12,37	14,43	16,49	18,55	20,61	22,67	24,74	26,80	30,92	35,04	37,10	41,23
13	12,87	15,02	17,16	19,31	21,46	23,60	25,75	27,89	32,18	36,47	38,62	42,91
14	13,36	15,59	17,81	20,04	22,26	24,49	26,72	28,94	33,40	37,85	40,08	44,53
15	13,83	16,13	18,44	20,74	23,05	25,35	27,66	29,96	34,57	39,18	41,48	46,09
16	14,28	16,66	19,04	21,42	23,80	26,18	28,56	30,94	35,70	40,46	42,84	47,60
17	14,72	17,17	19,63	22,08	24,53	26,99	29,44	31,90	36,80	41,71	44,16	49,07
18	15,15	17,67	20,20	22,72	25,25	27,77	30,30	32,82	37,87	42,92	45,44	50,49
19	15,56	18,16	20,75	23,34	25,94	28,53	31,13	33,72	38,91	44,09	46,69	51,88
20	15,97	18,63	21,29	23,95	26,61	29,27	31,93	34,60	39,92	45,24	47,90	53,22
21	16,36	19,09	21,82	24,54	27,27	30,00	32,72	35,45	40,90	46,36	49,08	54,54
22	16,75	19,54	22,33	25,12	27,91	30,70	33,49	36,28	41,87	47,45	50,24	55,82
23	17,12	19,98	22,83	25,68	28,54	31,39	34,25	37,10	42,81	48,51	51,37	57,08
24	17,49	20,41	23,32	26,24	29,15	32,07	34,98	37,90	43,73	49,56	52,47	58,30
25	17,85	20,83	23,80	26,78	29,75	32,73	35,70	38,68	44,63	50,58	53,56	59,51
26	18,21	21,24	24,27	27,31	30,34	33,38	36,41	39,44	45,51	51,58	54,62	60,68
27	18,55	21,64	24,74	27,83	30,92	34,01	37,10	40,20	46,38	52,56	55,66	61,84
28	18,89	22,04	25,19	28,34	31,49	34,64	37,78	40,93	47,23	53,53	56,68	62,97
29	19,23	22,43	25,64	28,84	32,04	35,25	38,45	41,66	48,07	54,48	57,68	64,09
30	19,56	22,81	26,07	29,33	32,59	35,85	39,11	42,37	48,89	55,41	58,67	65,19

9.2 Omzettingstabel CO<sub>2</sub>

OMZETTINGSTABEL CO <sub>2</sub>																			
ppm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
% O <sub>2</sub>	mg/kWh - onverdund																		
0,00	1,1	2,2	3,3	4,4	5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110
0,20	1,1	2,2	3,3	4,4	5,6	6,7	7,8	8,9	10,0	11	22	33	44	56	67	78	89	100	111
0,40	1,1	2,2	3,4	4,5	5,6	6,7	7,9	9,0	10,1	11	22	34	45	56	67	79	90	101	112
0,60	1,1	2,3	3,4	4,5	5,7	6,8	7,9	9,1	10,2	11	23	34	45	57	68	79	91	102	113
0,80	1,1	2,3	3,4	4,6	5,7	6,9	8,0	9,2	10,3	11	23	34	46	57	69	80	92	103	114
1,00	1,2	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	12	23	35	46	58	69	81	92	104	116
1,20	1,2	2,3	3,5	4,7	5,8	7,0	8,2	9,3	10,5	12	23	35	47	58	70	82	93	105	117
1,40	1,2	2,4	3,5	4,7	5,9	7,1	8,3	9,4	10,6	12	24	35	47	59	71	83	94	106	118
1,60	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,3	9,5	10,7	12	24	36	48	60	72	83	95	107	119
1,80	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
2,00	1,2	2,4	3,7	4,9	6,1	7,3	8,5	9,7	11,0	12	24	37	49	61	73	85	97	110	122
2,20	1,2	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,1	12	25	37	49	61	74	86	98	111	123
2,40	1,2	2,5	3,7	5,0	6,2	7,5	8,7	9,9	11,2	12	25	37	50	62	75	87	99	112	124
2,60	1,3	2,5	3,8	5,0	6,3	7,5	8,8	10,1	11,3	13	25	38	50	63	75	88	101	113	126
2,80	1,3	2,5	3,8	5,1	6,4	7,6	8,9	10,2	11,4	13	25	38	51	64	76	89	102	114	127
3,00	1,3	2,6	3,9	5,1	6,4	7,7	9,0	10,3	11,6	13	26	39	51	64	77	90	103	116	128
3,20	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	26	39	52	65	78	91	104	117	130
3,40	1,3	2,6	3,9	5,3	6,6	7,9	9,2	10,5	11,8	13	26	39	53	66	79	92	105	118	131
3,60	1,3	2,7	4,0	5,3	6,6	8,0	9,3	10,6	12,0	13	27	40	53	66	80	93	106	120	133
3,80	1,3	2,7	4,0	5,4	6,7	8,1	9,4	10,8	12,1	13	27	40	54	67	81	94	108	121	134
4,00	1,4	2,7	4,1	5,4	6,8	8,2	9,5	10,9	12,2	14	27	41	54	68	82	95	109	122	136
4,20	1,4	2,8	4,1	5,5	6,9	8,3	9,6	11,0	12,4	14	28	41	55	69	83	96	110	124	138
4,40	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,4	9,7	11,1	12,5	14	28	42	56	70	84	97	111	125	139
4,60	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,5	9,9	11,3	12,7	14	28	42	56	70	85	99	113	127	141
4,80	1,4	2,9	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4	12,8	14	29	43	57	71	86	100	114	128	143
5,00	1,4	2,9	4,3	5,8	7,2	8,7	10,1	11,6	13,0	14	29	43	58	72	87	101	116	130	145
5,20	1,5	2,9	4,4	5,9	7,3	8,8	10,2	11,7	13,2	15	29	44	59	73	88	102	117	132	146
5,40	1,5	3,0	4,4	5,9	7,4	8,9	10,4	11,9	13,3	15	30	44	59	74	89	104	119	133	148
5,60	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
5,80	1,5	3,0	4,6	6,1	7,6	9,1	10,6	12,2	13,7	15	30	46	61	76	91	106	122	137	152
6,00	1,5	3,1	4,6	6,2	7,7	9,2	10,8	12,3	13,9	15	31	46	62	77	92	108	123	139	154
6,20	1,6	3,1	4,7	6,2	7,8	9,4	10,9	12,5	14,1	16	31	47	62	78	94	109	125	141	156
6,40	1,6	3,2	4,8	6,3	7,9	9,5	11,1	12,7	14,3	16	32	48	63	79	95	111	127	143	158
6,60	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,2	12,8	14,5	16	32	48	64	80	96	112	128	145	161
6,80	1,6	3,3	4,9	6,5	8,1	9,8	11,4	13,0	14,7	16	33	49	65	81	98	114	130	147	163
7,00	1,7	3,3	5,0	6,6	8,3	9,9	11,6	13,2	14,9	17	33	50	66	83	99	116	132	149	165
7,20	1,7	3,4	5,0	6,7	8,4	10,1	11,7	13,4	15,1	17	34	50	67	84	101	117	134	151	168
7,40	1,7	3,4	5,1	6,8	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	17	34	51	68	85	102	119	136	153	170
7,60	1,7	3,5	5,2	6,9	8,6	10,4	12,1	13,8	15,5	17	35	52	69	86	104	121	138	155	173
7,80	1,8	3,5	5,3	7,0	8,8	10,5	12,3	14,0	15,8	18	35	53	70	88	105	123	140	158	175
8,00	1,8	3,6	5,3	7,1	8,9	10,7	12,4	14,2	16,0	18	36	53	71	89	107	124	142	160	178
8,20	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	14,5	16,3	18	36	54	72	90	108	126	145	163	181
8,40	1,8	3,7	5,5	7,3	9,2	11,0	12,8	14,7	16,5	18	37	55	73	92	110	128	147	165	184
8,60	1,9	3,7	5,6	7,5	9,3	11,2	13,1	14,9	16,8	19	37	56	75	93	112	131	149	168	186
8,80	1,9	3,8	5,7	7,6	9,5	11,4	13,3	15,2	17,1	19	38	57	76	95	114	133	152	171	190
9,00	1,9	3,9	5,8	7,7	9,6	11,6	13,5	15,4	17,3	19	39	58	77	96	116	135	154	173	193
9,20	2,0	3,9	5,9	7,8	9,8	11,8	13,7	15,7	17,6	20	39	59	78	98	118	137	157	176	196
9,40	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	15,9	17,9	20	40	60	80	100	120	140	159	179	199
9,60	2,0	4,1	6,1	8,1	10,1	12,2	14,2	16,2	18,3	20	41	61	81	101	122	142	162	183	203
9,80	2,1	4,1	6,2	8,3	10,3	12,4	14,5	16,5	18,6	21	41	62	83	103	124	145	165	186	206
10,00	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,8	18,9	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210

OMZETTINGSTABEL CO <sub>2</sub> (vervolg)																			
ppm	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	% CO <sub>2</sub>
% O <sub>2</sub>	mg/kWh - onverdund																		
0,00	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	231	242	253	264	275	286	297	308	15,20
0,20	122	133	145	156	167	178	189	200	211	222	233	245	256	267	278	289	300	311	15,06
0,40	123	135	146	157	168	180	191	202	213	224	236	247	258	269	281	292	303	314	14,91
0,60	125	136	147	159	170	181	193	204	215	227	238	249	261	272	283	295	306	317	14,77
0,80	126	137	149	160	172	183	195	206	217	229	240	252	263	275	286	298	309	320	14,62
1,00	127	139	150	162	173	185	197	208	220	231	243	254	266	277	289	301	312	324	14,48
1,20	128	140	152	163	175	187	199	210	222	234	245	257	269	280	292	304	315	327	14,33
1,40	130	142	153	165	177	189	201	212	224	236	248	260	271	283	295	307	319	330	14,19
1,60	131	143	155	167	179	191	203	215	226	238	250	262	274	286	298	310	322	334	14,04
1,80	132	145	157	169	181	193	205	217	229	241	253	265	277	289	301	313	325	337	13,90
2,00	134	146	158	170	183	195	207	219	231	243	256	268	280	292	304	316	329	341	13,75
2,20	135	148	160	172	184	197	209	221	234	246	258	271	283	295	307	320	332	344	13,61
2,40	137	149	162	174	186	199	211	224	236	249	261	273	286	298	311	323	336	348	13,46
2,60	138	151	163	176	188	201	214	226	239	251	264	276	289	302	314	327	339	352	13,32
2,80	140	152	165	178	191	203	216	229	241	254	267	279	292	305	318	330	343	356	13,17
3,00	141	154	167	180	193	206	218	231	244	257	270	283	295	308	321	334	347	360	13,03
3,20	143	156	169	182	195	208	221	234	247	260	273	286	299	312	325	338	351	364	12,88
3,40	145	158	171	184	197	210	223	236	250	263	276	289	302	315	328	342	355	368	12,74
3,60	146	159	173	186	199	213	226	239	252	266	279	292	306	319	332	345	359	372	12,59
3,80	148	161	175	188	202	215	229	242	255	269	282	296	309	323	336	350	363	376	12,45
4,00	150	163	177	190	204	218	231	245	258	272	286	299	313	326	340	354	367	381	12,30
4,20	151	165	179	193	206	220	234	248	261	275	289	303	317	330	344	358	372	385	12,16
4,40	153	167	181	195	209	223	237	251	265	279	292	306	320	334	348	362	376	390	12,02
4,60	155	169	183	197	211	226	240	254	268	282	296	310	324	338	352	367	381	395	11,87
4,80	157	171	186	200	214	228	243	257	271	285	300	314	328	343	357	371	385	400	11,73
5,00	159	173	188	202	217	231	246	260	275	289	303	318	332	347	361	376	390	405	11,58
5,20	161	176	190	205	220	234	249	263	278	293	307	322	337	351	366	380	395	410	11,44
5,40	163	178	193	207	222	237	252	267	282	296	311	326	341	356	371	385	400	415	11,29
5,60	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	375	390	405	420	11,15
5,80	167	183	198	213	228	243	259	274	289	304	319	335	350	365	380	395	411	426	11,00
6,00	170	185	200	216	231	247	262	277	293	308	324	339	355	370	385	401	416	432	10,86
6,20	172	187	203	219	234	250	266	281	297	312	328	344	359	375	391	406	422	437	10,71
6,40	174	190	206	222	238	253	269	285	301	317	333	348	364	380	396	412	428	443	10,57
6,60	177	193	209	225	241	257	273	289	305	321	337	353	369	385	401	417	434	450	10,42
6,80	179	195	212	228	244	261	277	293	309	326	342	358	374	391	407	423	440	456	10,28
7,00	182	198	215	231	248	264	281	297	314	330	347	363	380	396	413	429	446	462	10,13
7,20	184	201	218	235	251	268	285	302	318	335	352	369	385	402	419	436	452	469	9,99
7,40	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408	425	442	459	476	9,84
7,60	190	207	224	242	259	276	293	311	328	345	362	380	397	414	431	449	466	483	9,70
7,80	193	210	228	245	263	280	298	315	333	350	368	385	403	420	438	455	473	490	9,55
8,00	196	213	231	249	267	285	302	320	338	356	373	391	409	427	445	462	480	498	9,41
8,20	199	217	235	253	271	289	307	325	343	361	379	397	415	434	452	470	488	506	9,26
8,40	202	220	239	257	275	294	312	330	349	367	385	404	422	440	459	477	495	514	9,12
8,60	205	224	242	261	280	298	317	336	354	373	392	410	429	448	466	485	503	522	8,98
8,80	208	227	246	265	284	303	322	341	360	379	398	417	436	455	474	493	512	531	8,83
9,00	212	231	250	270	289	308	328	347	366	385	405	424	443	462	482	501	520	539	8,69
9,20	216	235	255	274	294	314	333	353	372	392	411	431	451	470	490	509	529	549	8,54
9,40	219	239	259	279	299	319	339	359	379	399	419	439	458	478	498	518	538	558	8,40
9,60	223	243	264	284	304	325	345	365	385	406	426	446	466	487	507	527	548	568	8,25
9,80	227	248	268	289	310	330	351	372	392	413	434	454	475	495	516	537	557	578	8,11
10,00	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504	525	546	568	589	7,96

De handboeken zijn tot stand gekomen dankzij de bijdrage van de volgende organisaties :



**fvb·ffc**  
constructiv

fvb·ffc Constructiv

Koningsstraat 132/5, 1000 Brussel  
t +32 2 210 03 33 • f +32 2 210 03 99  
constructiv.be • fvb@constructiv.be

# CENTRALE VERWARMING

## 1. Algemeen

- 1.1 Inleiding tot de centrale verwarming en installatietekenen
- 1.2 Buismaterialen, buisbewerkingen, dichtingen en bevestigingsmaterialen

## 2. Warmtetransport en -afgifte

- 2.1 Warmtetransport: leidingaanleg
- 2.2 Warmtetransport: principe, bescherming, onderhoud van de installatie
- 2.3 Warmteafgifte: verwarmingslichamen en toebehoren

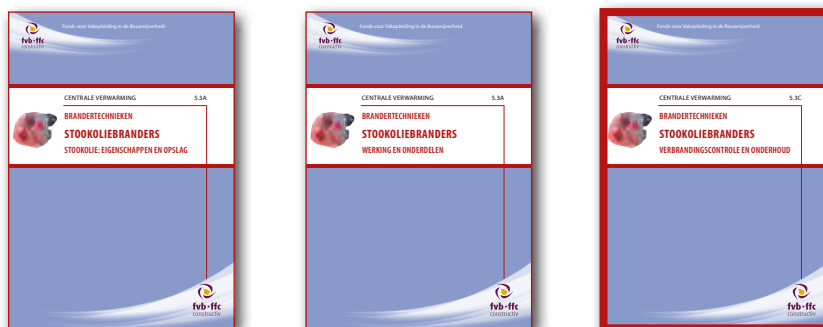
## 3. Warmteproductie

- 3.1 Warmteproductie: verwarmingsketels
- 3.2 Warmteproductie: installatietoehoren en plaatsingsvoorschriften

## 4. Warmteverlies berekenen \*

- 4.1A Warmteverlies berekenen: theoretische uitwerking \*
- 4.1B Warmteverlies berekenen: praktische uitwerking \*

## 5. Brandertechnieken



## 7. Gasinstallaties

- 7.1 Gasinstallaties: aardgasleidingen
- 7.2 Gasinstallaties: verbranding en toestellen
- 7.3 Gasinstallaties: bijlagen

\* rekenbladen ter beschikking via de website



**BUILDING** *your* **LEARNING**  
de digitale bibliotheek

Fonds voor Vakopleiding in de Bouwnijverheid

N265CV

Stookoliebranders:  
verbrandingscontrole en onderhoud



900000000515