



TNO Briefrapport  
BRR2007/040

TNO Bouw en Ondergrond

Laan van Westenenk 501  
Postbus 342  
7300 AH Apeldoorn

T 055 549 34 93  
F 055 541 98 37  
www.tno.nl

Opdrachtgever

J.E. Stork Ventilatoren BV  
Lingenstraat 2  
8028 PM Zwolle

## Bepaling van het temperatuurrendement van een warmtewisselaar met specifieke lengte 378 mm voor warmteterugwinning uit ventilatielucht volgens NEN-EN 308

Datum  
21 december 2007

Auteur(s)  
G.J. Afink

Projectnummer  
78812

Rubricering

warmteterugwinning  
rendement

Aantal pagina's  
7

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, foto-  
kopie, microfilm of op welke andere  
wijze dan ook zonder voorafgaande  
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor onder-  
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel  
de betreffende terzake tussen de  
partijen gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het  
TNO-rapport aan direct belang-  
hebbenden is toegestaan.

© 1997 TNO

### Verantwoording

#### Ondertekening:

G.J. Afink  
projectleider

#### Goedgekeurd door:

Ing. A.A.L. Traversari, MBA  
afdelingshoofd





Pagina : 2 van 7  
Ref.nr. : brr2007/040  
Projectnr. : 78812  
Datum : 21 december 2007

### *Samenvatting*

In opdracht van J.E. StorkAir te Zwolle is door TNO-KWI de prestatie van een warmtewisselaar, ingebouwd in een testbox, vastgesteld op basis van de uitgangspunten uit NEN-EN 308.

De testbox was niet voorzien van ventilatoren, zodat de gewenste luchthoeveelheden zijn ingesteld met behulp van de ventilatoren van de TNO meetfaciliteit. De drukregiems aan in- en uitlaatzijden van de testbox zijn niet op het normale bedrijfsniveau afgestemd.

Het rendement van de warmtewisselaar met een specifieke lengte van 378 mm bij een luchtdebiet van 150 m<sup>3</sup>/h en onder normcondities bij +5°C toevoerlucht en 25°C afzuiglucht is 92,7 % bij 150 m<sup>3</sup>/h volumebalans en 90,2 bij 150 m<sup>3</sup>/h massabalans.





## Inhoudsopgave

1. Inleiding
2. Meetresultaten
- 2.1 Metingen bij 150 m<sup>3</sup>/h
3. Normen

Bijlage 1 Overzicht bedrijfscondities en resultaten meting bij 150 m<sup>3</sup>/h met  
volumebalans

Bijlage 2 Overzicht bedrijfscondities en resultaten meting bij 150 m<sup>3</sup>/h met  
massabalans





## 1. Inleiding

In opdracht van J.E. StorkAir te Zwolle is door TNO-KWT een rendementsmeting aan een warmtewisselaar voor lucht, ingebouwd in een testbox, uitgevoerd conform de norm NEN-EN 308

Het doel van dit onderzoek is het vaststellen van het temperatuur rendement van een tegenstroom warmtewisselaar ten behoeve van warmteterugwinning uit ventilatielucht.

Het onderzoeksobject is geen standaard WTW-unit maar bestaat uit een warmtewisselaar met een specifieke lengte van 378 mm die in een kist met vier lucht-aansluitingen is ingebouwd. In de kist zijn geen ventilatoren aangebracht. Bij een standaard normmeting worden de interne en externe lekstromen bepaald. Doordat hier geen sprake is van een standaard product is alleen het energetische rendement van de warmtewisselaar bepaald door middel van een meting. Deze meting is uitgevoerd conform de norm NEN-EN 308 bij luchtcondities vermeld in tabel 1.

Tabel 1 Luchtcondities volgens NEN-EN 308.

meting nr.	toevoer		afvoer	
	°C	°C	g/kg	(RV %)
1	5 ±1	25 ±1	5,5 ±0,5	(~28)

De luchthoeveelheden zijn voor zowel de toevoer als de afvoer ca. 150 m<sup>3</sup>/h. De testbox was niet voorzien van ventilatoren, zodat de gewenste luchthoeveelheden zijn ingesteld met behulp van de ventilatoren van de TNO meetfaciliteit. De drukregiems aan in- en uitlaatzijde van de testbox zijn niet op het normale bedrijfsniveau afgestemd.

## 2. Meetresultaten

### 2.1 Meting bij 150 m<sup>3</sup>/h met volumebalans en massabalans.

De statische drukken zijn gemeten bij de ingestelde luchthoeveelheden. Doordat de testbox niet voorzien was van ventilatoren zijn de metingen uitgevoerd onder overdruk. De gemeten drukken aan in- en uitlaat aansluitingen zijn in tabel 2 weergegeven.

De metingen zijn uitgevoerd bij gelijke volumestromen en bij gelijke massastromen

Tabellen 2 en 3 zijn de ingestelde statische drukken aan in- en uitlaatzijde van het apparaat bij 150 m<sup>3</sup>/h weergegeven.





Tabel 2 Statische drukken testbox bij gelijke volumestromen

	Inlaatzijde Pa	Uitlaatzijde Pa
Toevoerlucht	122	43
Afvoerlucht	103	42

Tabel 3 Statische drukken testbox bij gelijke massastromen

	Inlaatzijde Pa	Uitlaatzijde Pa
Toevoerlucht	122	43
Afvoerlucht	111	44

De temperatuurrendementen zijn in beide situaties gecorrigeerd voor de massabalans 'toevoerlucht uit' en 'afzuiglucht in'.

De temperatuurrendementen zijn bepaald over een tijdsduur van 4 aaneensluitende meetperioden van 10 minuten waarin de stabiliteit van de meting voldoet aan de criteria die in NEN 5138-2004 aan de meetfaciliteiten voor WTW-apparatuur worden gesteld.

De temperatuurrendementen van beide metingen is weergegeven in tabel 4

Tabel 4 Temperatuurrendement bij 150 m<sup>3</sup>/h

meetconditie	$\eta_{WTW}$ %	$\eta_{WTW-corr}$ %
volumestroom (balans)	87,9	92,7
massastroom (balans)	90,9	90,2

De meetgegevens van beide metingen zijn weergegeven in bijlage 1 en 2.

Er zijn geen interne lekmetingen uitgevoerd.

Doordat de drukken in beide takken gelijk waren, kan er nauwelijks sprake zijn van enig intern lek tussen beide luchtstromen. Er zijn echter kleine verschillen in de in- en uitgaande massastromen aanwezig. Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door een intern lek en/of door de meetonnauwkeurigheid van de meetfaciliteit (flowmeting ca 2,0%).

### 3. Normen

NEN-EN 308 Warmtewisselaars. Beproevingprocedures voor het vaststellen van prestatie-eisen van warmteterugwinningsapparatuur



Pagina : 6 van 7  
 Ref.nr. : brr2007/040  
 Projectnr. : 78812  
 Datum : 21 december 2007



### Bijlage 1 Rendementsmeting bij 150 m<sup>3</sup>/h op basis van volumebalans

Meting EN 308	nom debiet	150 m <sup>3</sup> /h		
toestel	Stork_WTW blok 378 mm, box		datum	4-12-2007
<b>Toevoerlucht</b>				
T intrede	°C	4,99	T uittrede	°C 22,56
RV	%	65,3	RV	% 20,9
druk	Pa	122	druk	Pa 43
qv	m <sup>3</sup> /h	150,4	qv	m <sup>3</sup> /h 156,0
qm	kg/h	190,9	qm	kg/h 186,1
h in	kJ/kg	13,82	h uit	kJ/kg 31,64
X in	g/kg	3,5	X uit	g/kg 3,5
soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,269	soort.massa	kg/m <sup>3</sup> 1,193
Pd wd max	kPa	0,871	Pd wd max	kPa 2,731
Pd wd	kPa	0,569	Pd wd	kPa 0,571
Tnb	°C	2,5	Tnb	°C 11,0
Q in	kJ/h	2637,0	Q uit	kJ/h 5887,9
<b>Afvoerlucht</b>				
T intrede	°C	24,99	T uittrede	°C 6,32
RV	%	22,2	RV	% 73,8
druk	Pa	103	druk	Pa 42
qv	m <sup>3</sup> /h	149,0	qv	m <sup>3</sup> /h 139,4
qm	kg/h	176,4	qm	kg/h 175,9
h in	kJ/kg	36,17	h uit	kJ/kg 17,29
X in	g/kg	4,3	X uit	g/kg 4,4
soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,183	soort.massa	kg/m <sup>3</sup> 1,262
Pd wd max	kPa	3,160	Pd wd max	kPa 0,956
Pd wd	kPa	0,702	Pd wd	kPa 0,705
Tnb	°C	12,8	Tnb	°C 4,3
Q in	kJ/h	6378,9	Q uit	kJ/h 3041,2
<b>Omgeving</b>				
Barometer	kPa	101,44		
T omgeving	°C	18,7		
RV	%	43		
Pd wd	kPa	0,926		
x	g/kg	5,73		
h lucht	kJ/kg	33,34		
soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,207		
T nattebol	°C	11,71		
<b>Energie balans</b>				
toestel in				
toevoerlucht	kJ/h	2637		
afvoerlucht	kJ/h	6379		
inlek toestel	kJ/h	-17		
elektrische hulpenergie	kJ/h	0		
totaal	kJ/h	8999		
toestel uit				
toevoerlucht	kJ/h	5888		
afvoerlucht	kJ/h	3041		
totaal	kJ/h	8929		
<b>Resultaten</b>				
M- verhouding	-	1,055		
T rendement	%	87,9		
T rendement cor. M-verhouding	%	92,7		
Enthalpie rendement	%	88,4		
P-factor	-	0,0		
Energiebalans	-	0,992		
<b>Elektrische hulpenergie</b>				
Netspanning	V	0		
Opgenomen stroom	A	0		
cos $\delta$	-	0		
Opgenomen effect. vermogen	W	0,0		
<b>Prestatiefactor</b>				
Warmtevraag ventilatie	MJ/jaar	13517		
Warmteterugwinning	MJ/jaar	12527		
Elektr. hulpenergie	MJ/jaar	0		





Pagina : 7 van 7  
Ref.nr. : brr2007/040  
Projectnr. : 78812  
Datum : 21 december 2007

## Bijlage 2 Rendementsmeting bij 150 m<sup>3</sup>/h op basis van massabalans

Meting EN 308		nom debiet		150 m <sup>3</sup> /h	
toestel		Stork_WTW blok 378 mm, box		datum	
				4-12-2007	
<b>Toevoerlucht</b>					
T intrede	°C	5,00	T uittrede	°C	23,25
RV	%	64,9	RV	%	19,9
druk	Pa	122	druk	Pa	43
qv	m <sup>3</sup> /h	150,3	qv	m <sup>3</sup> /h	158,4
qm	kg/h	191,2	qm	kg/h	189,0
h in	kJ/kg	13,76	h uit	kJ/kg	32,26
X in	g/kg	3,5	X uit	g/kg	3,5
soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,273	soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,193
Pd wd max	kPa	0,872	Pd wd max	kPa	2,847
Pd wd	kPa	0,566	Pd wd	kPa	0,567
Tnb	°C	2,4	Tnb	°C	11,3
Q in	kJ/h	2630,3	Q uit	kJ/h	6096,3
<b>Afvoerlucht</b>					
T intrede	°C	25,07	T uittrede	°C	6,90
RV	%	23,6	RV	%	75,1
druk	Pa	111	druk	Pa	44
qv	m <sup>3</sup> /h	160,7	qv	m <sup>3</sup> /h	150,2
qm	kg/h	190,6	qm	kg/h	189,6
h in	kJ/kg	36,97	h uit	kJ/kg	18,50
X in	g/kg	4,6	X uit	g/kg	4,6
soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,186	soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,262
Pd wd max	kPa	3,175	Pd wd max	kPa	0,994
Pd wd	kPa	0,749	Pd wd	kPa	0,747
Tnb	°C	13,2	Tnb	°C	4,9
Q in	kJ/h	7047,3	Q uit	kJ/h	3508,2
<b>Omgeving</b>			<b>Energie balans</b>		
Barometer	kPa	101,7	toestel in		
T omgeving	°C	19,5	toevoerlucht	kJ/h	2630
RV	%	42	afvoerlucht	kJ/h	7047
Pd wd	kPa	0,951	inlek toestel	kJ/h	-35
x	g/kg	5,87	elektrische hulpenergie	kJ/h	0
h lucht	kJ/kg	34,51	totaal	kJ/h	9643
soort.massa	kg/m <sup>3</sup>	1,206	toestel uit		
T nattebol	°C	12,18	toevoerlucht	kJ/h	6096
<b>Elektrische hulpenergie</b>			afvoerlucht	kJ/h	3508
Netspanning	V	0	totaal	kJ/h	9605
Opgenomen stroom	A	0	<b>Resultaten</b>		
cosφ	-	0	M- verhouding	-	0,992
Opgenomen effect. vermogen	W	0,0	T rendement	%	90,9
<b>Prestatiefactor</b>			T rendement cor. M-verhouding	%	90,2
Prestatiefactor	-	0,0	Enthalpie rendement	%	91,5
Warmtevraag ventilatie	MJ/jaar	13517	P-factor	-	0,0
Warmteterugwinning	MJ/jaar	12188	Energiebalans	-	0,996
Elektr. hulpenergie	MJ/jaar	0			

