

Ontwikkeling meetmethode energieprestatie van douchewater-wtw producten

GASTEC CERTIFICATION BV

Ontwikkeling meetmethode energieprestatie van douchewater-wtw producten

GASTEC CERTIFICATION BV

Opdrachtgever : Novem
Projectnummer : 2021266 / 175843
Projectleider : Maurice Franssen
Projectleden : Martin Koot, Leo Blokpoel
Rapportnummer :

COLOFON

GASTEC Certification B.V. is een bedrijf met een internationale, onafhankelijke reputatie op het gebied van testen en certificeren van gas gerelateerde producten voor fabrikanten en leveranciers. Deze producten omvatten o.a. gastoestellen, meet- en regelapparatuur en installatie- en distributiematerialen. Verder test en keurt Gastec Certification de grondstoffen voor kunststofleidingproducten. Daarnaast certificeert zij verschillende kwaliteits-, veiligheids- en milieuzorgsystemen voor een brede klantengroep. Naast testen en certificeren biedt Gastec Certification onafhankelijke expertise in de vorm van consultancy op het gebied van veiligheid van gasinstallaties.

GASTEC Certification B.V. is een dochter van Gastec N.V., Gastec Certification heeft ca. 70 medewerkers, allen werkend vanuit de vestiging in Apeldoorn. Gastec Certification is geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie. Op het gebied van de Europese richtlijnen (CE markering) is Gastec Certification Notified Body. Testwerkzaamheden worden uitgevoerd in eigen laboratoria, welke zijn gecertificeerd volgens ISO/IEC 17025.

Beschikbaarheid: Openbaar

Postbus 137
7300 AC Apeldoorn
Nederland
Wilmersdorf 50
7327 AC Apeldoorn

Tel. +31 55 - 5 393 355
Fax +31 55 - 5 393 685
E-mail certification@gastec.nl
www.gasteccertification.com

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	6
2. BESCHRIJVING MEETMETHODE	7
2.1 Uitgangspunten.....	7
2.2 Principe van een dwtw-unit.....	7
2.3 Energetische prestaties van een dwtw-unit	8
2.4 De meetopstelling	10
2.4.1 RMI	10
2.4.2 Aansluitschema en meetpunten	10
2.5 Instellingen voor de meting.....	13
3. MEETRESULTATEN GFX EN ITHO DOUCHEWATER-WTW UNITS	15
3.1 Inleiding.....	15
3.2 Meetresultaten	15
3.2.1 ITHO	16
3.2.2 GFX.....	16
3.3 Vergelijking met praktijkmetingen	17
3.3.1 ITHO	17
3.3.2 GFX.....	18
3.4 Verbeterpunten	18
4. AANSLUITMOGELIJKHEDEN VAN EEN DWTW-UNIT	19
4.1 Inleiding.....	19
4.2 Energetische aspecten	19
4.2.1 Tapdebiet.....	20
4.2.2 Vermogensregeling verwarmingstoestel	21
4.2.3 Energetische verschillen aansluitschema's	21
4.3 Installatieaspecten	22
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	23
REFERENTIES	24
BIJL.1. GEBRUIKTE FORMULES	25

SAMENVATTING

In dit onderzoek is een meetmethode opgezet voor het meten van prestaties van douchewater warmteterugwinunits (dwtw-units). De methode is getoetst middels metingen aan twee typen dwtw-units.

Voor één type dwtw-unit blijkt de meetmethode uitstekend te functioneren, voor het andere blijken de meetresultaten erg afhankelijk te zijn van de wijze van aansluiten van de dwtw-unit. Op dit punt is een aanscherping van de methode of een aanpassing aan de dwtw-unit noodzakelijk.

Ook is gekeken naar de energetische consequenties van verschillende manieren van aansluiten van een dwtw-unit in de warmwaterinstallatie in de woning. Alhoewel duidelijk is dat toepassing van een dwtw-unit energie bespaart, is de werkelijk energiebesparing afhankelijk van de inpassing van de dwtw-unit en het type verwarmingstoestel dat in combinatie met de dwtw-unit is geïnstalleerd.

1. INLEIDING

De laatste jaren staat het toepassen van een douchewater-warmteterugwin-unit (dwtw-unit) of douchewaterwarmtewisselaar steeds meer in de belangstelling. Het principe is eenvoudig: warmwater dat het doucheputje instroomt, wordt door een warmtewisselaar geleid die met dit warme afvalwater het koude leidingwater dat naar het verwarmingstoestel c.q. de douchemengkraan stroomt, verwarmt. Uit verschillende onderzoeken (zie ref. [1] t/m [7]) blijkt dat het toepassen van een dwtw-unit tot aanmerkelijke energiebesparing kan leiden met een korte terugverdiensijd.

De optie van warmteterugwinning uit douchewater is inmiddels opgenomen in de ontwerp NEN 5128:2003 waarbij echter de concrete opbrengstcijfers nog ingevuld moeten worden. Hiervoor is een betrouwbare meetmethode nodig die de energieprestatie van een dwtw-unit kan vaststellen en waarmee ook onderscheid kan worden gemaakt tussen dwtw-units van verschillende producenten.

Het onderzoek weergegeven in dit rapport beschrijft een dergelijke meetmethode.

2. BESCHRIJVING MEETMETHODE

2.1 Uitgangspunten

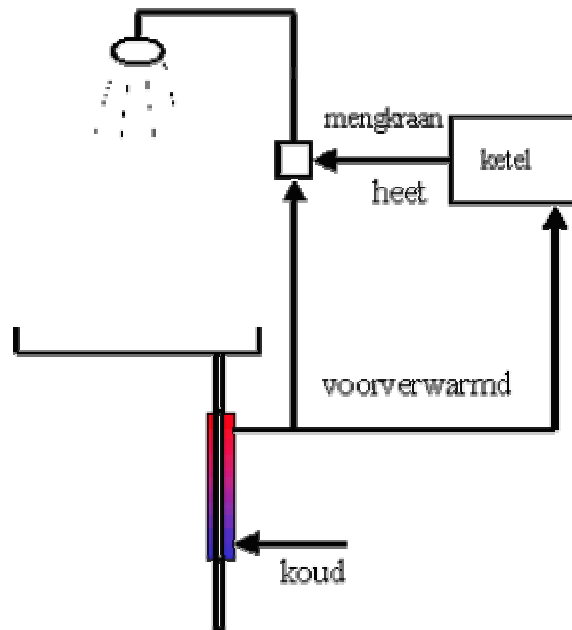
Bij het ontwikkelen van een meetmethode voor het in een laboratoriumomgeving vaststellen van prestaties van een toestel als maat voor het functioneren in de praktijk worden een aantal uitgangspunten in acht genomen:

- De gemeten prestaties in het laboratorium benaderen de praktijkprestaties zoveel mogelijk
- De meetmethode dient 'robuust' te zijn, dat wil zeggen eenvoudig reproduceerbaar
- Een toestel dat in de praktijk beter presteert dient ook onder de omstandigheden van de meetmethoden beter te presteren (ook al komt het absolute labresultaat niet overeen met het praktijkresultaat).
- De meetmethode moet kunnen rekenen op draagvlak bij de gebruikers, dat wil zeggen de methode moet:
 - aansluiten op eventueel bestaande procedures voor soortgelijke toestellen
 - betaalbaar zijn
 - weinig tijd kosten

In het verleden is door Gastec ook al een meetmethode gebruikt om de prestaties van dwtw-units te bepalen. Dit betrof echter een provisorische opstelling waarvan de metingen niet altijd eenvoudig te reproduceren waren. Deze meetmethode is nu aanmerkelijk verbeterd. Alvorens hierop in te gaan zal eerst de werking van een dwtw-unit nog eens kort worden toegelicht.

2.2 Principe van een dwtw-unit

Er zijn inmiddels een aantal typen dwtw-units op de markt met verschillende uitvoeringsvormen, maar met hetzelfde principe. Het afvalwater uit de douche stroomt door of over een warmtewisselaar buis naar beneden, terwijl het schone aanvoerwater aan de andere zijde van de warmtewisselaar omhoog stroomt (zie figuur 2-1). Er wordt gebruik gemaakt van het bekende tegenstroomprincipe. Het voorverwarmde aanvoerwater gaat naar de douchemengkraan en eventueel ook naar het verwarmingstoestel (ketel). Doordat het schone douchewater voorverwarmd is, is minder heet water vanuit het verwarmingstoestel nodig c.q. hoeft het verwarmingstoestel het water minder op te warmen.



Figuur 2-1: Principe van een dwtw-unit

2.3 Energetische prestaties van een dwtw-unit

De prestatie van een dwtw-unit kan op een aantal manieren weergegeven worden. Enerzijds kan deze worden uitgedrukt in de hoeveelheid geleverde energie, anderzijds kan gesproken worden over het rendement van de dwtw-unit.

De geleverde energie wordt gedefinieerd als het verschil in energie-inhoud van het koude aanvoerwater en het voorverwarmde aanvoerwater over de tijdsduur van de meting. Hiervoor wordt de volgende formule gehanteerd:

$$E_{\text{geleverd}} = \sum_{i=1}^n (q_{v,\text{aanvoer}} \cdot \rho(T_{\text{aanvoer}}) \cdot [h(T_{\text{aanvoer,uit}}) - h(T_{\text{aanvoer,in}})] \cdot dt)_i \quad \dots [2-1]$$

waarbij: E_{geleverd}	= geleverde energie door de dwtw-unit	[kJ]
i	= samplenummer	[-]
n	= totaal aantal samples	[-]
$q_{v,\text{aanvoer}}$	= waterdebiet aanvoerwater door de dwtw-unit	[m ³ /s]
ρ	= dichtheid van het aanvoerwater	[kg/m ³]
T_{aanvoer}	= temperatuur aanvoerwater ter plekke van de watermeter	[°C]
h	= soortelijke enthalpie	[kJ/kg]
$T_{\text{aanvoer,uit}}$	= temperatuur voorverwarmd aanvoerwater	[°C]
$T_{\text{aanvoer,in}}$	= temperatuur koud aanvoerwater	[°C]
dt	= sampletijd	

Meting vindt plaats over een bepaalde tijdsperiode waarin met een bepaalde frequentie gewenste meetwaarden worden geregistreerd. Iedere registratie van meetwaarden is een

sample (i). De tijdsduur tussen twee samples is de sampletijd (dt).

Meting van het koude en voorverwarmde aanvoerwater moet zo dicht mogelijk op de uiteinden van de dwtw-unit plaatsvinden. Meting van het aanvoer waterdebiet kan op een andere plaats plaatsvinden waarbij echter wel de watertemperatuur ter plekke ($T_{aanvoer}$) geregistreerd moet worden. Deze is nodig om de dichtheid van het water op een correcte manier te berekenen. Formules voor berekening van de dichtheid en de enthalpie staan in Bijl. 1.

Het rendement wordt gedefinieerd als de hoeveelheid geleverde energie (aan de aanvoerkant van de dwtw-unit) gedeeld door de hoeveelheid aangeboden energie (aan de afvalkant van de dwtw-unit). De geleverde energie is die zoals hierboven besproken, de aangeboden energie wordt betrokken op de temperatuur van het aangeboden afvalwater ten opzichte van de temperatuur van het koude water:

$$E_{aangeboden} = \sum_{i=1}^n (q_{v,afval} \cdot \rho(T_{afval}) \cdot [h(T_{afval,in}) - h(T_{aanvoer,in})]) \cdot dt_i \quad \dots [2-2]$$

waarbij: $E_{aangeboden}$ = energie-inhoud v.h. aangeboden afvalwater aan de dwtw-unit [kJ]
 $q_{v,afval}$ = waterdebiet afvalwater door de dwtw-unit [m³/s]
 ρ = dichtheid van het afvalwater [kg/m³]
 T_{afval} = temperatuur afvalwater ter plekke van de watermeter [°C]
 $T_{afval,in}$ = temperatuur ingaand afvalwater [°C]

$$R_{dwtw} = \frac{E_{geleverd}}{E_{aangeboden}} * 100 \quad \dots [2-3]$$

waarbij: R_{dwtw} = rendement van de dwtw-unit [%]

Om tot een meetmethode te komen die aan onze uitgangspunten voldoet (zie § 2.1) moet het vaststellen van deze grootheden plaatsvinden onder gedefinieerde omstandigheden.

Belangrijke parameters hierin zijn:

- De temperatuur van het koude aanvoerwater
- De temperatuur van het warme afvalwater (douchewater)
- Het debiet dat door de dwtw-unit stroomt (zowel afvalwater als aanvoerwater)
- De uitgangssituatie waarbij de meting begint (is de dwtw-unit koud of nog warm van een vorige meting)
- De tijdsduur waarover gemeten wordt
- De omgevingstemperatuur

De volgende paragraaf gaat in op de meetopstelling waarbij met bovenstaande aspecten rekening wordt gehouden.

2.4 De meetopstelling

2.4.1 RMI

Een belangrijk uitgangspunt bij het vaststellen van de meetmethode is dat deze relatief eenvoudig uit te voeren is op een bestaande Rendement Meet Installatie (RMI) van Gastec Technology. Deze RMI wordt ook gebruikt voor CE-certificering van verwarmings- en warmwatertoestellen en voor het verlenen van GASKEUR labels. Meetresultaten hebben dus een gegarandeerde nauwkeurigheid en – alhoewel het om nogal verschillende toestellen gaat - de methodiek voor het berekenen van een rendement sluit aan bij de praktijk voor verwarmings- en warmwatertoestellen. Bovendien worden meetresultaten snel verkregen aangezien deze RMI metingen volledig automatisch functioneert. Hiervan uitgaande moet de meetmethode dus op een breed draagvlak kunnen rekenen.



Figuur 2-2: RMI

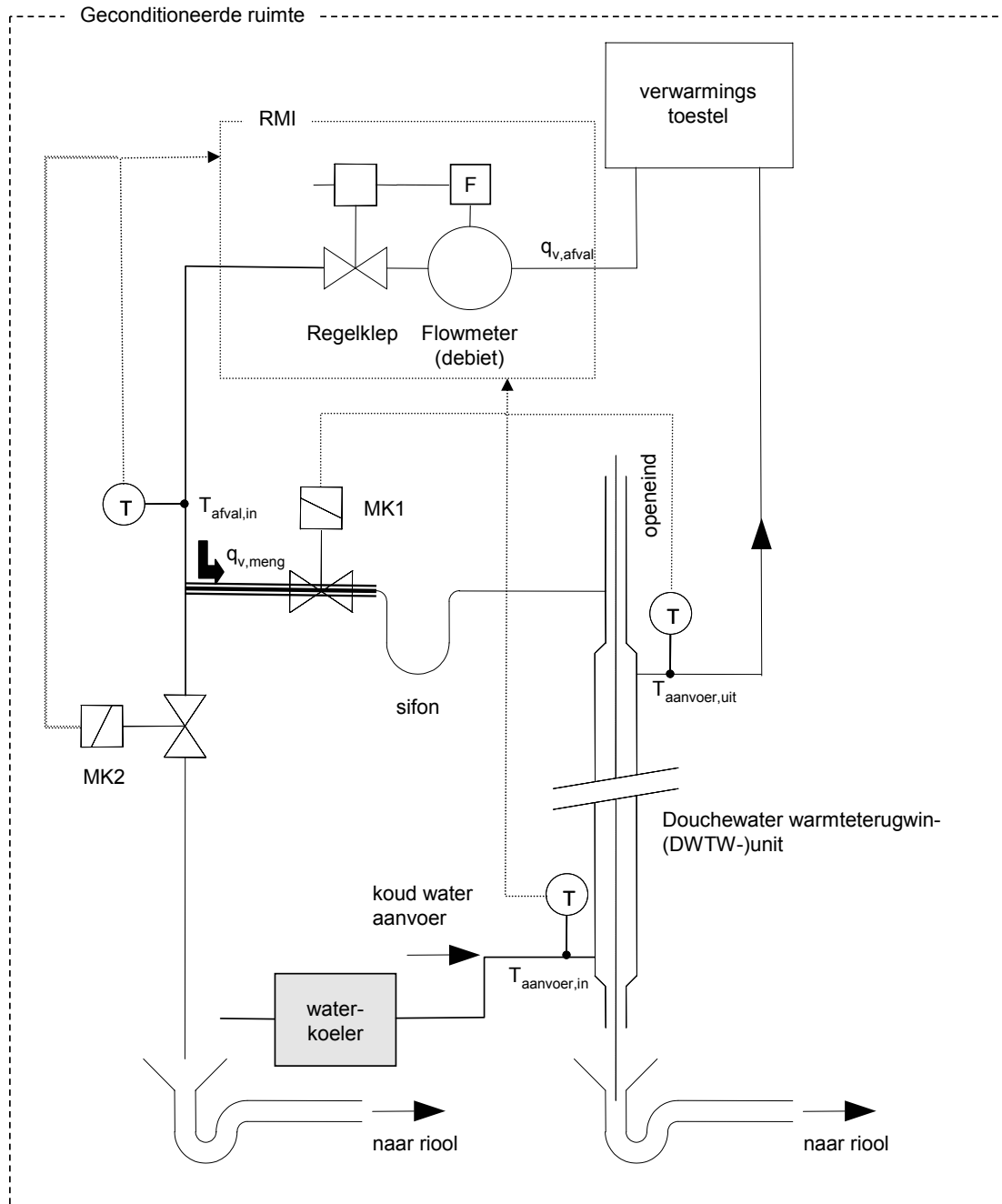
2.4.2 Aansluitschema en meetpunten

Er zijn in principe twee mogelijkheden om een dwtw-unit aan te sluiten op de douchemengkraan en het warmwatertoestel. De eerste is geschetst in figuur 2-1. Deze configuratie is als uitgangspunt genomen voor de meetmethode. De tweede manier is weergegeven in figuur 4-1b. In hoofdstuk 4 wordt hierop nader ingegaan.

In de meetopstelling wordt op de volgende wijze de van belang zijnde parameters in acht genomen:

- *De temperatuur van het koude aanvoerwater*
De temperatuur van dit water wordt middels een geregelde waterkoeler op een constante waarde. De actuele koud water temperatuur wordt gemeten met een Pt-100 temperatuuropnemer.
- *De temperatuur van het warme afvalwater (douchewater)*
Ook deze wordt op een constante waarde gehouden. Dit gebeurt met behulp van een verwarmingstoestel en de watertemperatuurregeling die geïmplementeerd is in de RMI. De actuele waarde van de temperatuur wordt gemeten met een Pt-100 temperatuuropnemer.
- *Het debiet dat door de dwtw-unit stroomt (zowel afvalwater als aanvoerwater)*
De waarde van het debiet wordt gemeten met behulp van een (elektromagnetische) waterflowmeter in de RMI. Het instellen van het gewenste debiet wordt verzorgd door een automatische regelklep die op basis van de gewenste en de actuele waarde zodanig regelt dat het gewenste debiet gerealiseerd wordt.
Bij de hier toegepaste configuratie van dwtw-unit en verwarmingstoestel is het debiet van het aanvoerwater gelijk aan dat van het afvalwater.
- *De uitgangssituatie waarbij de meting begint (is de dwtw-unit koud of nog warm van een vorige meting)*
Om voor iedere meting eenzelfde uitgangssituatie te verkrijgen zal de werkelijke meting niet eerder starten dan wanneer de temperatuur van het warme afvalwater een stabiele waarde heeft bereikt. Daartoe zijn in de opstelling twee magneetkleppen (MK1 en MK2) opgenomen. Bij de start van de beproeving is MK1 gesloten en MK2 geopend. Door de dwtw-unit stroomt dan alleen aan de aanvoerszijde koud water. De dwtw-unit wordt hierdoor op een uniforme temperatuur van het koude aanvoerwater gebracht. Het verwarmde afvoerwater stroomt rechtstreeks het riool in. Gedurende deze periode stelt de RMI de gewenste temperatuur van het afvalwater en het gewenste debiet in. Wanneer de temperatuur een stabiele waarde heeft bereikt schakelen de magneetkleppen om: MK2 wordt gesloten en MK1 geopend zodat afvalwater met een stabiele temperatuur de koude dwtw-unit instroomt. Vanaf dit moment start de werkelijke meting en worden de hoeveelheden geleverde en aangeboden energie gemeten.
Om de praktijksituatie zoveel mogelijk na te bootsen loopt de toestroom van het afvalwater via een sifon. De lengte tussen het punt waarop de temperatuur van het afvalwater wordt gemeten en de ingang van de dwtw-unit is zo kort mogelijk en zoveel mogelijk geïsoleerd.
- *De tijdsduur waarover gemeten wordt*
Deze wordt door de software van de RMI bijgehouden. Meetwaarden worden iedere 0,5 seconde geregistreerd en opgeslagen.
- *De omgevingstemperatuur*
Alhoewel de omgevingstemperatuur bij deze beproevingen waarschijnlijk weinig invloed heeft worden de metingen toch in een geconditioneerde ruimte uitgevoerd. Dit omdat de RMI in deze geconditioneerde ruimte staat.

In figuur 2-3 is schematisch weergegeven hoe een dwtw-unit op de RMI wordt aangesloten. Het koude aanvoerwater wordt onderaan de dwtw-unit aangesloten. Vervolgens stroomt het aanvoerwater door de dwtw-unit waarna het naar een verwarmingstoestel wordt geleid. Dit toestel heeft als functie om het voorverwarmde water verder op te warmen. De RMI zorgt verder voor het instellen van de juiste (afval)watertemperatuur en het gewenste debiet. Hierna stroomt het water terug door de dwtw-unit of rechtstreeks het riool in.



Figuur 2-3: Principe van de meetopstelling

Figuur 2-4 toont twee foto's van de meetopstelling in het laboratorium



Figuur 2-4: Foto's meetopstelling

2.5 Instellingen voor de meting

Met bovenstaand beschreven meetopstelling is het mogelijk om reproduceerbaar metingen aan dwtw-units uit te voeren. Er dienen nu alleen nog reële waarden voor een aantal instelparameters gekozen te worden. Hierbij wordt uitgegaan van de GASKEUR CW (Comfort Warmwater) criteria. Deze criteria hebben een directe relatie met de NEN 5128 (de EPN).

- *De temperatuur van het koude aanvoerwater*
Bij het uitvoeren van GASKEUR CW metingen is deze ingesteld op 10°C als een gemiddelde waarde over het jaar. Bij deze meetmethode wordt eveneens voor 10°C gekozen.
- *De temperatuur van het warme afvalwater (douchewater)*
Bij GASKEUR CW metingen wordt voor de temperatuur aan het douchetappunt 40°C verondersteld. Voor de beproeving van een dwtw-unit zal de temperatuur enkele graden lager moeten liggen in verband met afkoeling van het water tussen de douchekop, het afvoerputje en de ingang van de dwtw-unit.
Vooralsnog is echter voor de metingen een waarde van 40°C gekozen.
- *Het debiet dat door de dwtw-unit stroomt (zowel afvalwater als aanvoerwater)*
Ook hierbij wordt weer uitgegaan van de GASKEUR CW criteria. Afhankelijk van bepaalde toestelklassen zijn verschillende douchedebiten gedefinieerd. Deze debieten bedragen:

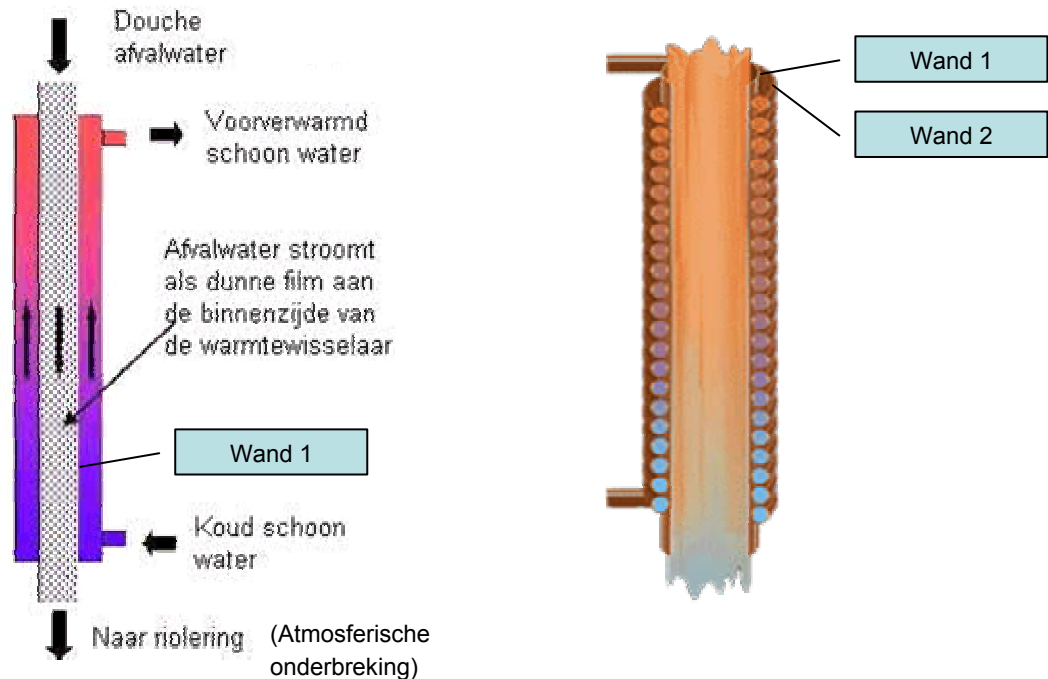
CW-klasse	Tapdebiet [l/min]	Tapvolume [l]	Tapduur [mm:ss]
2	3,5	47	13:26
3	5,5	73	13:16
4, 5, 6	7,5	100	13:20

- De tijdsduur waarover gemeten wordt*
 De meetduur wordt bepaald door het vereiste tapvolume uit bovenstaande tabel. In de filosofie van de GASKEUR CE criteria gelden deze volumina bij een temperatuur van 40°C. Bij hogere temperaturen is het volume minder, bij lagere is het volume meer. In feite wordt dus niet zozeer een bepaald volume vereist als wel een bepaalde geleverde energie. De software van de RMI sluit hierop aan en bepaalt op basis van een vereiste energiehoeveelheid wanneer een meting beëindigd wordt. Aangezien voor de dwtw-metingen de taptemperatuur op 40 °C is ingesteld kan de meetduur gevonden worden door het tapvolume te delen door het tapdebiet.
- De omgevingstemperatuur*
 Deze staat standaard op 20 °C ingesteld.

3. MEETRESULTATEN GFX EN ITHO DOUCHEWATER-WTW UNITS

3.1 Inleiding

De hiervoor beschreven meetmethode is getest met twee types dwtw-units. De eerste betreft de ITHO dwtw-unit, de andere is de GFX van Germontis. Een schematische voorstelling van beide types is hieronder gegeven.



Figuur 3-1: Constructieve verschillen tussen de ITHO (links) en de GFX dwtw-unit (rechts)

De ITHO dwtw-unit is een zogenoemde enkelwandige warmtewisselaar waarbij het aanvoerwater verticaal omhoog stroomt. De GFX is een dubbelwandige warmtewisselaar waarbij het aanvoerwater spiraalvormig langs de binnenbuis omhoog stroomt. De binnendiameter van de GFX is 80 mm terwijl die van de ITHO dwtw-unit 32,5 mm bedraagt.

Beide systemen zijn gemeten bij drie douchedebiten en volumina overeenkomend met de GASKEUR CW klassen. Om de 'robuustheid' van de meetmethode te testen zijn dezelfde metingen minimaal tweemaal uitgevoerd.

3.2 Meetresultaten

Het weergeven van de meetresultaten in deze rapportage dient enkel en alleen om de bruikbaarheid van de meetmethode (met name de 'robustheid') te kunnen toetsen. Conclusies ten aanzien van de kwaliteit van de geteste producten dienen achterwege te blijven.

3.2.1 ITHO

Datum		Debiet [l/min]	E _{geleverd} [kJ]		E _{aangeboden} [kJ]		R _{dwtw} [%]	
A	B / C		A	B / C	A	B / C	A	B / C
24-10-2002	28-10-2002	3,5	3092,2	3081,3	5898,0	5899,1	52,4	52,2
25-10-2002	28-10-2002	5,5	5513,7	5511,2	9158,4	9155,8	60,2	60,2
25-10-2002	28-10-2002	7,5	7494,2	7498,6	12546,4	12545,8	59,7	59,8
	28-10-2002	7,5		7502,1		12540,5		59,8

Tabel 3-1: Meetresultaten ITHO dwtw-unit.

Wat direct opvalt, is dat de metingen zeer goed herhaalbaar zijn. Het verschil in rendement bedraagt maximaal 0,2 % (abs) wat ruimschoots binnen de meetonzekerheid valt.

Het rendement neemt eerst toe bij een toenemend debiet (3,5 → 5,5 l/min) en is dan nagenoeg gelijk (5,5 → 7,5 l/min). Een verklaring hiervoor moet gevonden worden op basis van de geometrie van de dwtw-unit en de hieruit volgende warmteoverdrachtscoëfficiënt. Hierop wordt verder niet ingegaan.

3.2.2 GFX

Bij de metingen aan de GFX dwtw-unit bleek dat de resultaten sterk afhangen van de uitvoeringsvorm van het afvoergedeelte naar de dwtw-unit toe. De afvoer bepaalt hoe het water uiteindelijk de dwtw-unit instroomt. De GFX warmtewisselaar blijkt hier erg gevoelig voor te zijn. Een kleine verandering in het stromingsprofiel die blijkbaar onder overigens identieke omstandigheden kan optreden, heeft direct gevolgen voor de prestaties van de GFX dwtw-unit. Daarom zijn gedurende het project diverse metingen gedaan met verschillende uitvoeringsvormen van het afvoergedeelte richting de dwtw-unit.

Datum		Debiet [l/min]	E _{geleverd} [kJ]		E _{aangeboden} [kJ]		R _{dwtw} [%]	
A	B		A	B	A	B	A	B
30-10-2002	30-10-2002	3,5	3504,9	3481,5	5900,5	5898,5	59,4	59,0
29-10-2002	29-10-2002	5,5	4835,3	5025,6	9155,7	9163,5	52,8	54,8
29-10-2002	29-10-2002	7,5	6286,5	6536,2	12553,3	12547,3	50,1	52,1

Tabel 3-2: Meetresultaten GFX dwtw-unit – met verdeelplaatje.

De metingen uit tabel 3-2 zijn (in tegenstelling tot dat wat in de praktijk toegepast wordt) uitgevoerd met een verdeelplaatje aan de bovenzijde van de binnenste buis om zodoende een beter stromingsprofiel langs de wand van de wisselaar te verkrijgen. Zie figuur 3-2. Deze opstelling geeft de beste herhaalbaarheid van de meetresultaten.



(a): Verdeelplaatje voor douchewater



(b): Bevestiging verdeelplaatje bovenin de dwtw-unit.

Figuur 3-2: Verdeelplaatje voor douchewater

Ten opzichte van de ITHO metingen is de herhaalbaarheid een stuk minder. Tussen twee dezelfde metingen is een verschil van 2 % (abs) waargenomen. Dit is niet in lijn met de nauwkeurigheid van de RMI en lijkt dus veel meer op een (gedrags)verandering van het meetobject te wijzen. Dit blijkt ook wel uit de vergelijking van de hoeveelheden aangeboden energie. Deze zijn in beide situaties nagenoeg gelijk, alleen de dwtw-unit is niet constant in zijn vermogen om deze aangeboden energie om te zetten in geleverde energie.

In tegenstelling tot de ITHO dwtw-unit neemt hier het rendement af bij toenemend debiet. Ook hier geldt dat alleen op basis van de geometrie van de dwtw-unit hiervoor een verklaring kan worden gegeven.

Daarnaast zijn ook metingen gedaan zonder verdeelplaatje en met verschillende uitvoeringsvormen van het afvoergedeelte tussen MK1 in de meetopstelling – ‘het doucheputje’ – en de ingang van de dwtw-unit.

Ook uit deze aanvullende metingen van de GFX dwtw-unit blijkt de herhaalbaarheid slecht te zijn. Het is de vraag of de meetopstelling hierop aangepast kan worden of dat wellicht moet worden besloten om als resultaat een gemiddelde van een aantal metingen te nemen.

3.3 Vergelijking met praktijkmetingen

3.3.1 ITHO

Van de ITHO dwtw-unit zijn geen praktijkgegevens bekend. Wel zijn er meetgegevens bekend van de voorloper van de ITHO dwtw-unit, de Gastec douchewater warmtewisselaar. Deze is voor wat betreft de binnenbuis waar het afvalwater doorheen stroomt gelijk aan de ITHO dwtw-unit. Zie hiervoor ref. [1]. Uit dit onderzoek is gebleken dat het praktijkrendement ca. 5% lager

was dan het rendement gevonden met behulp van laboratoriummetingen. Dit verschil kon overigens verklaard worden uit het korter zijn van de warmtewisselaars in de geplaatste woningen.

We kunnen dus verwachten dat het rendement in de praktijk van een ITHO dwtw-unit in de buurt van het labrendement zal liggen.

3.3.2 GFX

De GFX dwtw-unit is gedurende een half jaar in de praktijk getest bij twee huishoudens in Valkenburg (Z.-H.), zie ref. [6]. De resultaten van dit onderzoek zijn voor het beoordelen van de meetmethode echter nauwelijks bruikbaar omdat de geïnstalleerde units een slechte instroming van het afvalwater in de dwtw-unit hadden.

Afgezien van de (enorme) verschillen in het rendement die op kunnen treden als gevolg van een verschillende aansluiting van de dwtw-unit in het lab en in de praktijk, blijkt ook dat in de praktijk de temperatuur van het afvalwater dat de dwtw-unit instroomt lager dan 40°C is. In ref. [2] wordt aangegeven dat het verschil tussen de watertemperatuur gemeten bij de douchekop en bij het doucheputje circa 3°C bedraagt. In de praktijkproef is een gemiddelde douchekop temperatuur gemeten van 37,6°C. Metingen in het laboratorium zullen dus bij een lagere afvalwatertemperatuur plaats moeten vinden wat tot een lager rendement zal leiden.

3.4 Verbeterpunten

Hiervoor zijn reeds een aantal verbeterpunten voor de meetmethode genoemd:

- Identieke metingen driemaal uitvoeren.
- Temperatuur afvalwater instellen op een waarde van circa 37°C.

Daarnaast zijn er nog een tweetal technische aspecten die meegenomen zullen moeten worden:

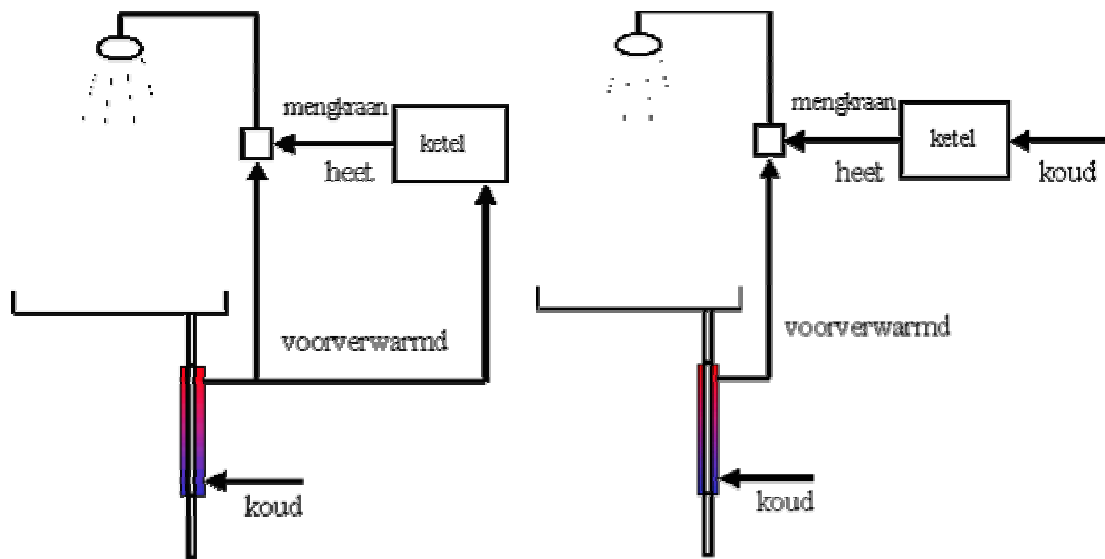
- Temperatuur van het afvalwater ook wegschrijven naar bestand en naar het meetrapport.
- Debiet(en) ook wegschrijven naar bestand en meetrapport.

Bovendien geldt dat de hier gepresenteerde meetmethode niet direct toepasbaar is op een configuratie zoals beschreven in figuur 4-1b. Hiervoor zal een extra watermeter geplaatst moeten worden.

4. AANSLUITMOGELIJKHEDEN VAN EEN DWTW-UNIT

4.1 Inleiding

Zoals eerder vermeld zijn er in principe twee mogelijkheden om een dwtw-unit aan te sluiten op de douchemengkraan en het warmwatertoestel. Beide mogelijkheden zijn in onderstaande figuur weergegeven.



Aansluitschema a: De dwtw-unit verwarmt het koude aanvoerwater van de douche en het koude aanvoerwater van de cv-ketel.

Aansluitschema b: De dwtw-unit verwarmt alleen het koude aanvoerwater van de douche.

Figuur 4-1: Aansluitschema's van een dwtw-unit

De eerste configuratie is in dit onderzoek bekeken. Dit schema a levert veelal het hoogste rendement op, en zal over het algemeen gekozen worden in nieuwbouwsituaties, als er gemakkelijk een leiding gelegd kan worden van de dwtw-unit naar de boiler of ketel. Bij bestaande bouw zal doorgaans gekozen worden voor schema b. Het rendement is meestal – marginaal – lager, maar er kan aanzienlijk bespaard worden op buislengtes en fitwerk.

4.2 Energetische aspecten

De werkelijke energiebesparing bij toepassing van een dwtw-unit wordt bepaald door de combinatie met het verwarmingstoestel (de cv-ketel of boiler) dat in actie moet komen om het douchewater op de uiteindelijk gewenste temperatuur te brengen. De hoeveelheid gas die bespaard wordt doordat er reeds voorverwarmd water naar de douchemengkraan c.q. het toestel stroomt vormt de energiebesparing die interessant is voor de consument en voor het milieu.

Het rendement van een verwarmingstoestel is afhankelijk van een aantal parameters:

- De benuttingsgraad of aan-tijd van het toestel:
Hoe hoger de benuttingsgraad hoe hoger het rendement omdat dan allerlei opstart- en stilstandsverliezen een mindere rol spelen.
- De temperatuur van het koude water dat opgewarmd moet worden
Hoe lager de temperatuur hoe hoger het rendement omdat dan stralings- en convectieverliezen minder zijn en bij lagere temperaturen kan het toestel makkelijker condenseren.
- De aan-uit frequentie
Bij eenzelfde benuttingsgraad, stel 50 %, kan het toestel eenmaal in een bepaalde tijdsperiode aanschakelen, bijvoorbeeld 1x5 minuten aan / 1x5 minuten uit, of meerdere malen: 5x1 minuut aan / 5x1 minuut uit. Een verhoogde schakelfrequentie kan zowel negatieve als positieve gevolgen hebben voor het rendement.
- Het waterdebiet door het toestel
Het waterdebiet bepaalt bij een bepaalde belasting (gas-input) de temperatuurverhoging van het op te warmen water. Een te klein debiet leidt tot een te hoge temperatuur van het water dat het toestel verlaat waardoor beveiligingen in werking zullen treden die het toestel uitschakelen. Hierdoor ontstaat een hogere schakelfrequentie.
Het debiet kan ook dusdanig klein zijn dat het onder de tapdrempel (zie verderop) van het toestel ligt waardoor dit niet in bedrijf komt.
- De omgevingstemperatuur
Hogere omgevingstemperaturen leiden tot lagere stralings- en convectieverliezen en daardoor een hoger rendement.

Toepassing van een dwtw-unit leidt tot twee effecten. Enerzijds is er een verminderde warmtevraag voor het toestel, anderzijds zal de warmteopwekking van dat deel dat nog wel nodig is, plaatsvinden met een ander – veelal lager – rendement. Beide effecten en de daarmee samenhangende rendementsaspecten zoals hierboven beschreven spelen bij alle twee configuraties een wisselende rol. Hieronder zullen deze effecten enigszins nader toegelicht worden, waarbij soms van veronderstellingen moet worden uitgegaan.

4.2.1 Tapdebiet

Een belangrijk effect bij het toepassen van een dwtw-unit is dat het tapdebiet door het toestel afneemt. Dit debiet kan als volgt berekend worden:

$$q_{v,toest} = q_{v,afval} * \frac{(T_{afval,in} - T_{aanvoer,uit})}{(T_{toest} - T_{aanvoer,uit})} \quad \dots[4-1]$$

waarbij: $q_{v,toest}$ = waterdebiet door verwarmingstoestel [l/min]
 T_{toest} = temperatuur water dat verwarmingstoestel verlaat [°C]

In de volgende tabel is voor een aantal situaties het berekende tapdebiet door het toestel weergegeven.

$q_{v,afval}$	[l/min]	3,5	5,5	7,5	$q_{v,afval}$	[l/min]	3,5	5,5	7,5
$T_{afval,in}$	[°C]	40	40	40	$T_{afval,in}$	[°C]	40	40	40
$T_{aanvoer,uit}$	[°C]	25	25	25	$T_{aanvoer,uit}$	[°C]	30	30	30
T_{toest}	[°C]	60	60	60	T_{toest}	[°C]	60	60	60
$q_{v,toest}$	[l/min]	1,5	2,4	3,2	$q_{v,toest}$	[l/min]	1,2	1,8	2,5
$q_{v,afval}$	[l/min]	3,5	5,5	7,5	$q_{v,afval}$	[l/min]	3,5	5,5	7,5
$T_{afval,in}$	[°C]	40	40	40	$T_{afval,in}$	[°C]	40	40	40
$T_{aanvoer,uit}$	[°C]	25	25	25	$T_{aanvoer,uit}$	[°C]	30	30	30
T_{toest}	[°C]	65	65	65	T_{toest}	[°C]	65	65	65
$q_{v,toest}$	[l/min]	1,3	2,1	2,8	$q_{v,toest}$	[l/min]	1,0	1,6	2,1

Tabel 4-1: Berekening tapdebiet door toestel in verschillende situaties.

Door toepassing van de dwtw-unit kan het tapdebiet door het toestel zo laag worden dat dit onder de tapdrempel ligt waardoor het toestel niet meer in bedrijf komt.

4.2.2 Vermogensregeling verwarmingstoestel

Bij verwarmingstoestellen kunnen we een aantal manieren onderscheiden waarmee het beschikbare vermogen van het toestel geregeld kan worden.

- Aan / uit regeling
Hierbij kan het toestel alleen aan of uit. Realisering van een vermogen dat kleiner is dan het beschikbare (vollast) vermogen vindt plaats door aan / uit schakeling.
- Hoog / laag / uit regeling
Hierbij kent het toestel drie standen: vollast aan (hoogstand) , laagstand (met een verminderd vermogen door terugregeling van de gasinput) en uit. Deelvermogens worden gerealiseerd door te schakelen tussen hoogstand en laagstand of tussen laagstand en uit.
- Modulerende regeling
Hierbij kan het toestel traploos regelen tussen hoogstand en een minimale modulatiestand. Voor vermogens beneden de minimale modulatiestand moet geschakeld worden tussen deze stand en uit.

Het is energetisch voordeling als het toestel zo min mogelijk hoeft te schakelen. Modulerende toestellen met een zo laag mogelijke minimale modulatiestand presteren dus het beste. Aangezien door toepassing van een dwtw-unit de warmtevraag aan het toestel en daarmee het gevraagde vermogen afneemt speelt de vermogensregeling van het toestel een belangrijke rol.

4.2.3 Energetische verschillen aansluitschema's

Onderstaand zijn een aantal verschillen tussen de twee aansluitschema's gegeven die gevolgen hebben voor het uiteindelijke energieverbruik van het verwarmingstoestel.

- Bij configuratie a is het debiet van het aanvoerwater is gelijk aan het debiet van het afvalwater. Dit leidt tot een optimaal rendement van de dwtw-unit

Bij configuratie b is het debiet van het aanvoerwater is kleiner dan het debiet van het afvalwater. Daardoor is er een lager rendement van de dwtw-unit, maar de uitgaande temperatuur van het aanvoerwater is wel (iets) hoger.

- Uitgaande van een lager rendement van de dwtw-unit, is de warmtevraag voor het cv-toestel in situatie a lager dan die in situatie b.
- Een lagere warmtevraag bij configuratie a leidt tot een lagere benuttingsgraad van het toestel. Dit betekent een lager rendement, zeker wanneer de benuttingsgraad onder de minimale modulatiegraad van het verwarmingstoestel komt. De vermogensvraag ligt dan beneden de minimale modulatiestand.
- Een lagere uitgaande temperatuur van het aanvoerwater in situatie a leidt tot een hoger tapdebiet door het cv-toestel. Dit is gunstig in verband met het ontkomen aan de tapdrempel.
- Bij configuratie a is het ingaande water dat door het toestel opgewarmd moet worden reeds voorverwarmd. Bij configuratie b is dit water koud. Dit leidt in situatie b tot een hoger toestelrendement.

Het effect van het toepassen van een dwtw-unit - in welke configuratie dan ook – is dus een complexe zaak die van veel factoren afhangt, waaronder de eigenschappen van het verwarmingstoestel. Het is dus erg moeilijk om algemene uitspraken te doen over de energetische consequenties van de manier van aansluiten van een dwtw-unit. Nader onderzoek is hiervoor gewenst.

4.3 Installatieaspecten

Het toepassen van aansluitschema b heeft installatietechnisch de voorkeur, zeker bij bestaande bouw. Er hoeft dan immers niet ingegrepen te worden in de watertoevoer naar het verwarmingstoestel.

Bij nieuwbouw kan de gehele tapwatertoevoer voor het verwarmingstoestel direct door de dwtw-unit geleid worden.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Voor het ontwikkelen van de meetmethode voor dwtw-units zijn een aantal uitgangspunten gedefinieerd, zie 2.1. Het voldoen hieraan van de gerealiseerde methode kan niet voor alle uitgangspunten gecontroleerd worden omdat er (nog) te weinig praktijkresultaten zijn. Toch kunnen wel de volgende conclusies getrokken worden:

- De in dit onderzoek ontwikkelde meetmethode geeft een betrouwbaar beeld van de prestaties van een dwtw-unit:
 - meetresultaten volgens deze methode zijn in lijn met praktijkresultaten, voor zover beschikbaar,
 - meetresultaten zijn voor de ITHO dwtw-unit zeer goed herhaalbaar,
- De uitvoeringsvorm van het afvoergedeelte van het afvalwater tussen de meetinstallatie en de ingang van de dwtw-unit kan van zeer grote invloed zijn op de prestaties van een dwtw-unit. Dit gedeelte zal daarom nauwkeurig gedefinieerd moeten worden.
- Dwtw-units met een grote diameter van de binnenbuis zijn erg gevoelig voor het stromingsprofiel van het afvalwater. Zelfs bij eenzelfde meetopstelling kan dit tot onaanvaardbare variaties in het meetresultaat leiden. Het verdient aanbeveling om eenzelfde dwtw-meting driemaal uit te voeren en een gemiddelde van de resultaten als eindresultaat te communiceren.
- Bij dwtw-units met een grote diameter van de binnenbuis zullen in de praktijk de installatievoorschriften zeer gedetailleerd moeten zijn om een optimaal rendement te bereiken. Gezien de huidige situatie zou dit middels een afnamebeproeving getoetst moeten worden.
- Los van de energetische prestaties van een dwtw-unit zoals die door middel van de in dit rapport beschreven meetmethode vastgesteld kan worden, blijft de werkelijke energiebesparing bij toepassing van een dwtw-unit afhankelijk van de inpassing van de dwtw-unit in de warmwaterinstallatie en het type verwarmingstoestel (zie § 4.2). Nader onderzoek hiernaar is zeker zinvol zodat de resultaten van een dergelijk onderzoek gebruikt kunnen worden bij het nader formuleren van de energetische waardering van warmteterugwinning uit douchewater zoals omschreven in de NEN 5128.

REFERENTIES

- [1] Het terugwinnen van douchewaterwarmte – Een praktijkproef in nieuwbouwwoningen
P.W.E. Peereboom,
Gastec; januari 2001

- [2] Het terugwinnen van douchewaterwarmte in woningen - Een onderzoek naar de
haalbaarheid
P.W.E. Peereboom en J.C. Visser,
Gastec; juli 1997

- [3] Kunststof toepassingen in gastoestellen en verbrandingsgasafvoersystemen
P.W.E. Peereboom
GASTEC NV; februari 1996

- [4] Germontis GFX Homepage
www.germontis.nl/gfx/

- [5] Praktijkevaluatie Veldzicht te Valkenburg fase 1,
BOOM S/I in opdracht van Novem; november 2002

- [6] Het terugwinnen van douchewaterwarmte – Een praktijkproef met 2 GFX
warmtewisselaars
M.H.M. Koot
Gastec Technology BV, maart 2003

- [7] Informatie ITHO dwtw-unit
BRIES Water- en Energiebesparing Homepage
www.brieswaterenenergie.nl

BIJL.1. GEBRUIKTE FORMULES

Dichtheid water:

$$\rho = 999,9649 + 0,0264672 * T - 0,0061549 * T^2 + 1,775E - 05 * T^3$$

waarbij T = temperatuur van het water in °C.

Enthalpie water:

$$h = 0,167853 + 4,18587 * T - 0,000146789 * T^2 + 9,38153E - 07 * T^3 + 8,36764E - 09 * T^4$$

waarbij T = temperatuur van het water in °C.