

# **Energieeffektiv brugsvandsvarmepumpe**

**Slutrapport**

**ELFORSK**

**August 2014**

**Teknologisk Institut  
Vesttherm  
EBM Papst  
IPU**

Per Henrik Pedersen  
Lasse S e  
Svend Vinter Pedersen

## Indhold

1. Indledning, formål, projektbeskrivelse og projektteam .....	3
2. Udgangspunktet: ”baseline” .....	7
3. Teoretiske undersøgelser .....	14
4. Bygning og test af prototyper .....	16
5. Sammenfatning og konklusion .....	22
Bilag 1: EU Energimærkningsordning og EU Ecodesign-krav. ....	23
Bilag 2: Test rapport for ”baseline” .....	32
Bilag 3: Tysk akkrediteret testrapport for baseline .....	38
Bilag 4: Akkrediteret testrapport for prototype 5.....	49
Bilag 5: Referater fra projektmøder i april 2012 og januar 2013.....	59
Bilag 6: Statusmøde i januar 2014 .....	65

## 1. Indledning, formål, projektbeskrivelse og projektteam

Teknologisk Institut har indgået i et samarbejde med Vesttherm, Danfoss, EBM Papst og DTU/IPU om udvikling af en miljøvenlig og energibesparende brugsvands-varmepumpe.

Projektet har fået økonomisk støtte fra Elforsk/Dansk Energi

Vesttherm i Esbjerg er ejet af Nilan og fremstiller brugsvandsvarmepumper til enfamiliehuse. Der er tale om et apparat, som tager energi fra afkastluft fra huse, f.eks. fra et badeværelse, og benytter energien til at lave varmt brugsvand i en varmtvandsbeholder på ca. 250 liter.

Produktet er endnu ikke så kendt i Danmark, men benyttes en hel del længere sydpå i Europa. Hele Vesttherms produktion i dag går da også som OEM-produktion til Bosch, Vaillant og andre større leverandører af varmesystemer.



*Foto af eksisterende brugsvandsvarmepumpe fra Vesttherm i Esbjerg.*

**Potentiale:**

Teknologisk Institut har tidligere (for Elsparefonden) dokumenteret, at der er et stort potentiale for brugsvandsvarmepumper i Danmark, idet der i 2006 stadig var ca. 700.000 elvandvarmere opstillet i sommerhuse, i helårshuse og i boligejendomme. Elforbruget er ca. 1000 GWh/år (kilde: Udvikling af strategier for varmt brugsvand til fritidshuse og helårsbeboelse, Elsparefonden, Oktober 2009). Der er dog stor forskel på, hvor meget de enkelte elvandvarmere benyttes.

I bogen: ”Den Lille Blå om Varmepumper” (Dansk Energi, 2011) er angivet, at man kan beregne et middel-varmtvandsforbrug for hver person på 800 kWh/år og hertil kommer et tomgangsforbrug på grund af varmeafgivelse til omgivelserne. Forbruget er beregnet som 15 m<sup>3</sup> vand opvarmet fra 10 °C til 55 °C. I et eksempel i bogen vil et hus med to personer og et nyere oliefyr have et nettoforbrug på opvarmning af varmt brugsvand på 2.050 kWh/år.

I en anden rapport har Teknologisk Institut (for Dansk Energi, Richard Schalburg) vurderet, at det kan betale sig at investere i en varmepumpe til at lave varmt brugsvand, når elforbruget til varmt brugsvand er 2000 kWh/år eller derover. Det er tilfældet for ca. 60.000 sommerhuse (ud af en total på 222.000 sommerhuse). Elforbruget til varmt vand i de 60.000 sommerhuse svarer til ca. 153 GWh/år, svarende til ca. halvdelen af total elforbrug til varmt vand i alle sommerhuse. Hertil kommer ca. 85.000 parcelhuse (og stuehuse), som er elopvarmede. (Kilde: Potentialebeskrivelse – individuelle varmepumper, Teknologisk Institut og Dansk Energi, april 2010).

Det vurderes ligeledes, at der vil være et behov i visse bygninger med oliefyr (og gasfyr), hvor det kan betale sig, at slukke for fyret i sommerperioden og fremstille varmt brugsvand i en brugsvandsvarmepumpe.

Sammenlagt kan konkluderes, at der er et potentielt marked på mindst 100.000 enheder, og sandsynligvis 150.000 enheder.

Hvis man erstatter elvandvarmere med brugsvandsvarmepumper kan man reducere elforbruget med ca. 2/3-dele. Besparelspotentialtet for de 100.000 enheder i Danmark vurderes til at være af størrelsesordenen 170 GWh.

På trods af dette, bliver der næsten kun installeret brugsvandsvarmepumper i Danmark af enkelte store sommerhusudlejningsfirmaer, og produktet er praktisk talt ukendt for offentligheden.

**Formål:**

Formålet med projektet er at udvikle en ny type brugsvandsvarmepumpe, som har en COP, som er 30% bedre end den eksisterende brugsvandsvarmepumpe. Derved kan produktet komme til at ligge i den bedste energiklasse i det kommende EU-energimærkningordning for vandvarmere, samt kan klare de skrappeste Ecodesign-krav. Endvidere tilstræbes det at benytte naturlige kølemidler (kulbrinter) i modsætning til HFC-kølemiddel i eksisterende model.

Der skal sigtes efter at gøre den nye model konkurrencedygtig, og gerne samme pris - eller billigere at fremstille sammenlignet med eksisterende model.

Som spin off af projektet vil det tilstræbes, at gøre produktet mere kendt i offentligheden, således at produktet bliver en del af valgmulighederne for at reducere energiforbruget for boliger i Danmark. Der vil endvidere blive arbejdet med at tilpasse apparatet til supplerende solvarme, idet styringen hertil skal blive en integreret del af varmepumpens styringsstrategi.

Projektdeltagerne er klar over, at det er muligt at gøre produktet mere energieffektivt. De nye muligheder omfatter bl.a.:

- Brug af mere effektive kompressorer
- Brug af variable speed drive (det viste sig senere, at dette ikke kunne betale sig for denne type af apparater).
- Bedre luftflow over fordamper og brug af nye effektive ventilatorer/ventilatormotorer
- Ny styring og styringsstrategi vil medvirke til at gøre apparatet mere effektivt, og vil kunne indpasse apparatet i det kommende fleksible elsystem, idet der vil være akkumuleret varmt vand til adskillige timers forbrug i varmtvandsbeholderen. Endvidere skal eventuel supplerende solvarme være en integreret del af den nye styring. Styringen vil endvidere have et indbygget legionella-program, som sørger for at vandet i beholderen regelmæssigt (typisk en gang om ugen) opvarmes til 65 °C, for at slå eventuelle bakterier ihjel.
- Bedre isolering af vandbeholderen
- Bedre udnyttelse af fordamper (med bedre ekspansionsventil).

### **Projektindhold:**

1. Kortlægning af markedet og opdatering af potentiale ud fra eksisterende litteratur.
2. Klarlægge behov og apparatets størrelse. I denne fase undersøges ligeledes de ændringer, som er undervejs i standardiseringsarbejdet i EU samt de Ecodesign-ændringer disse tiltag medfører.
3. Kortlægge tekniske muligheder. Der udarbejdes et "state of the art" for eksisterende produkter, og der gennemføres en kortlægning af ny teknologi, som er kommet på markedet, eller er tæt på at være på markedet. Det er især nye kompressorer og nye ventilatorer som undersøges. Endvidere undersøges nye varmevekslere (fordampere og kondensatorer), som kan bidrage til effektivitetsforøgelse. Denne del af projektet gennemføres af TI i samarbejde med IPU/DTU.
4. Opstilling af beregningsprogram og udarbejdelse af forslag til prototype
5. Bygning af prototype
6. Test af eksisterende apparat og af prototype i klimakammer på Teknologisk Institut, samt analyse af resultater.
7. Modificering af prototype og ny test. Der udarbejdes akkrediteret testrapport.
8. Analyser af energieffektivitet, miljøpåvirkning, økonomi og konkurrencedygtighed samt rapportering til Dansk Energi

I begyndelsen var det meningen, at der skulle have været en lille field-test med 3 apparater (sammen med DONG), men det blev opgivet, og i stedet for kom der i mellemtiden nye EU ecodesign-krav og EU-energimærkningsordning, som man kan måle det udviklede apparat op imod.

### **Udnytter energiindholdet i ventilationsluften:**

Normalt vil man forbinde brugsvandsvarmepumpen til ventilationsafkast fra et badeværelse eller bryggers. Varmepumpen afkøler ventilationsluften, hvorefter luften sendes ud af huset. Varmepumpen sørger derfor for husets ventilation, og det vil normalt ikke være nødvendigt at lufte ud ved at åbne vinduer eller døre.

Brug af brugsvandsvarmepumpe vil normalt ikke medføre forøget energi til rumopvarmning, idet der alligevel skal ske ventilering af huset.

Brugsvandsvarmepumpen kan også benytte udeluft som varmekilde.

### **Produktmodning:**

Efterfølgende (og uden for projektet) er der sket en produktmodning, og det nye produkt vil blive markedsført, og det forsøges at gøre produktet mere kendt i offentligheden i Danmark.

**Projektudøvende:**

Vesttherm  
Teknologisk Institut (projektleder)  
Danfoss (udvikling af ny styring)  
EBM Papst (optimering af ventilator og luftflow)  
IPU/DTU

Vesttherm er en dansk producent af brugsvandsvarmepumper beliggende i Esbjerg. Der er for nuværende en produktion af størrelsesordenen 7.000 enheder/år og der er 30 til 50 ansatte (det er sæsonafhængigt). 99,5 % eksporteres til hovedsagelig store OEM-kunder og ”privat label”-kunder. Vesttherm ejes af Nilan A/S.

**Formidling:**

Projektets resultater vil blive afrapporteret til Elforsk og Dansk Energi. Desuden vil det nye produkt blive vist frem for offentligheden og for potentielle kunder. En af prototyperne blev fremvist på ELFORSK-udstillingen på Energiens topmøde i 2013 i Tap1 på Carlsberg-grunden i København. Vesttherm vil fremstille salgsmateriale og markedsføre de nye brugsvandsvarmepumper (denne aktivitet vil ligge uden for budgettet og projektet).

**Tidsforløb:**

Projektet startede primo 2012 og forløb til august 2014.

**Projektteam:**

Projektet blev udført af et projektteam bestående af:

Lasse Søe, TI  
Svend V Pedersen, TI  
Per Henrik Pedersen, TI (projektleder)

Finn Tølle, Vesttherm  
Martin Band, Vesttherm  
Torben Lauridsen, Vesttherm

Marc Galang, DTU (projektstuderende)  
Maria Bahnsen, DTU (projektstuderende)

Morten Skovrup, IPU

Henrik Dahl Thomsen, EBM Papst

Georg Fösel, Danfoss

Der blev afholdt projektmøder for alle i april 2012 og i januar 2013, og referater herfra er gengivet i Bilag 5. Der er endvidere blevet afholdt flere mini-projektmøder mellem Vesttherm og Teknologisk Institut omkring bygning og test af prototyper.

## 2. Udgangspunktet: "baseline".

På figur 1 ses hovedkomponenter i den eksisterende varmepumpe. Kondensatoren er viklet omkring vandtanken (270 liter) på ydersiden, fornedet (nummer 13 i figur 1). Der bliver benyttet 59 meter D-rør i aluminium. Kondensatorrøret kan ikke anbringes inde i tanken! Kondenseringstemperatur ca. 60 – 65 grader.

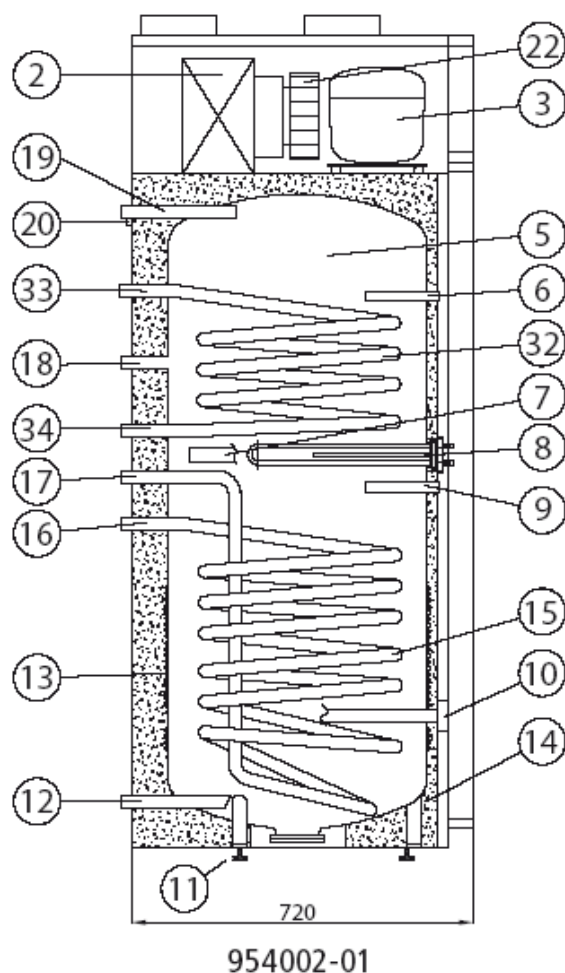
Varmtvandstanken er isoleret med 70 mm PU-skum (Den runde model) og mellem 60 og 70 mm (den firkantede model).

Opvarmningskapacitet er ca. 570W.

Der er hot-gas-afrimning af fordamper.

Der benyttes en Embraco-stempelkompressor.

Kølemiddel: 800 g R134a



*Figur 1: Tegning af den nuværende brugsvandsvarmepumpe. Kompressor og fordamper er placeret foroven, og kondensatoren er viklet omkring den nedre del af varmtvandsbeholderen. Kold vand tilføres ved punkt 12 og varmt brugsvand aftappes ved 19. Produktet kan leveres med op til to ekstra rørspiraler til f.eks. supplerende solvarme og til at opvarme et badeværelsesgulv.*

Der blev bygget en ny teststand til brug for projektet. TI udfører akkrediterede test af brugsvandsvarmepumper, men de akkrediterede klimakamre benyttes til test af andre luftbaserede

varmepumper, og kan normalt ikke benyttes i udviklingsarbejde, da der hele tiden skal testes andre varmepumper.

Derfor blev der bygget en speciel prøvestand til projektet, og her kan en prototype blive testet og modificeres uden at forstyrre andre varmepumpe-test.

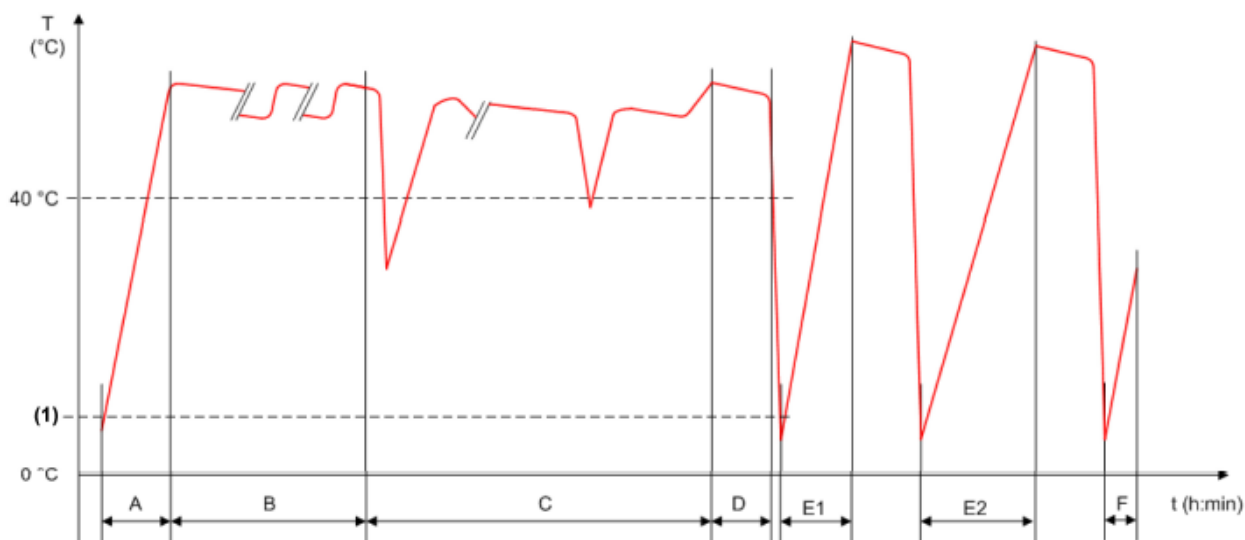
Endvidere var teststandard og testprocedure blevet lavet om ved projektets opstart. Det betød bl.a. at der skulle indarbejdes en ny procedure for aftapning af varmt vand, og det var en større opgave. Der blev brugt mange ressourcer til opbygning og indkøring af denne prøvestand.

For at komme hurtigt i gang blev der sendt et apparat fra Vesttherm til laboratoriet i Aarhus, og den blev først testet efter den gamle teststandard (EN255-3). Herefter blev den testet efter den nye standard (EN16147).

### Testmetoden i den nye standard, EN16147:

The tests consist of the following six principal stages (see Figure 1, Key 1):

- A heating up period (see 6.3)
- B determination of standby power input (see 6.4)
- C determination of the energy consumption and the coefficient of performance for heating domestic water by using the reference tapping cycles (see 6.5). Different tapplings in one tapping cycle (see Table 7 to Table 11 and Figure 2)
- D determination of a reference hot water temperature and the maximum quantity of usable hot water in a single tapping (see 6.6)
- E test to determine the temperature operating range
- F safety tests



Figur 2: Hovedprincip i den nye testmetode. Det ses, at testen starter med en opvarmningsperiode, hvor energiforbruget bestemmes, og herefter en bestemmelse af stand-by-energiforbruget. Derefter er der en simuleret eftapnings-sekvens med mindre aftapninger, hvorefter der er en stor aftapning. Testmetoden er mere detaljeret beskrevet i bilag 1.



Vesttherm sendte et apparat fra produktionen til Teknologisk Instituts Varmepumpelaboratorium i Aarhus.

Testen forgik i august 2012, og her er gengivet nogle detaljer fra testrapporten. Hele testrapporten er gengivet i Bilag 2:

*Vesttherm – VT3131 - 7134 - Domestic hot water heat pump equipped with a Embraco R134a NE K6212Z compressor. The built-in hot water storage tank has a volume of 270 litres.*



Foto 1: Type plate

*Summary*

*Type of heat source: Indoor air*

*Heat source dry bulb temperature: 15 °C*

*Heat source wet bulb temperature: 12 °C*

*Ambient temperature of storage tank: 15 °C*

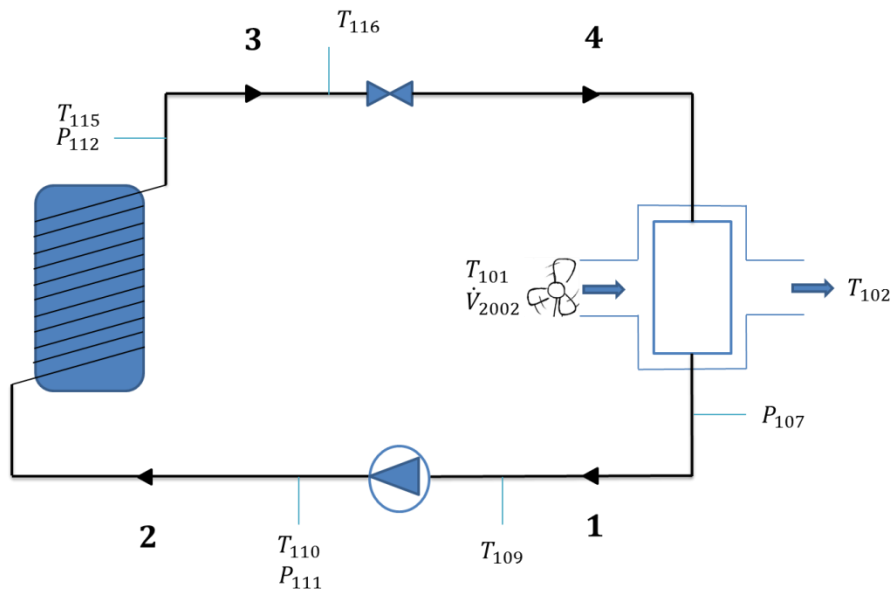
*Tapping cycle: L*

<i>Reference hot water temperature</i>	<i>°C</i>	<i>53,92</i>
<i>Effective total electrical energy consumption during hole tapping cycle</i>	<i>kWh</i>	<i>5,30</i>
<i>COP for tapping sanitary hot water</i>	<i>-</i>	<i>2,24</i>
<i>Maximum quantity of usable hot water in a single tapping</i>	<i>l</i>	<i>381</i>
<i>Heating up time</i>	<i>h</i>	<i>8</i>
<i>Heating up time</i>	<i>mm</i>	<i>43</i>
<i>Heating up energy</i>	<i>kWh</i>	<i>5,30</i>
<i>Standby effective power input</i>	<i>W</i>	<i>45,37</i>
<i>External static pressure difference</i>	<i>Pa</i>	<i>35</i>
<i>Air volume flow</i>	<i>m3/h</i>	<i>300</i>

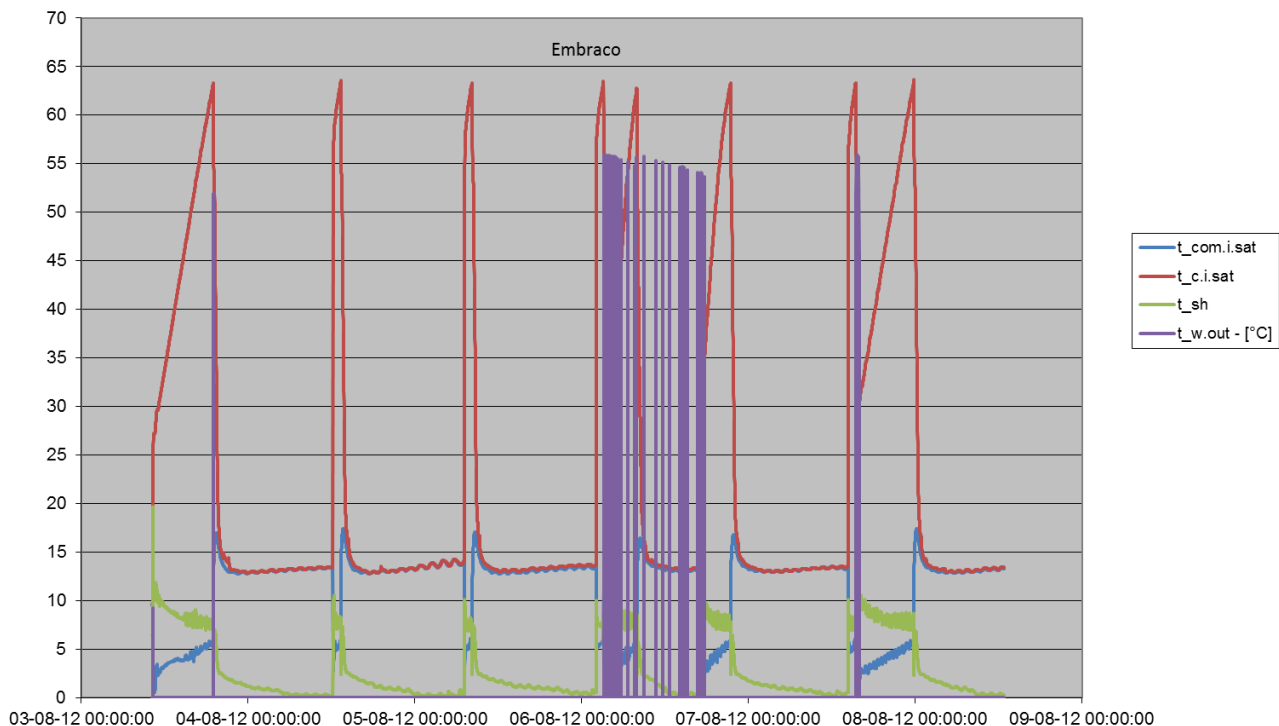
*Main results according to EN 16147:2011.*

Resultat blev altså en COP på 2,24, og dette svarer til en energieffektivitetsindex på:  
Energieffektivitetsindex: 90%  
Hermed ligger produktet I energiklasse **A**, idet:

- **A**  $\rightarrow 75 \leq \text{energy efficiency} < 115$



*Rørdiagram for køleprocessen. Målepunkter er markeret.*



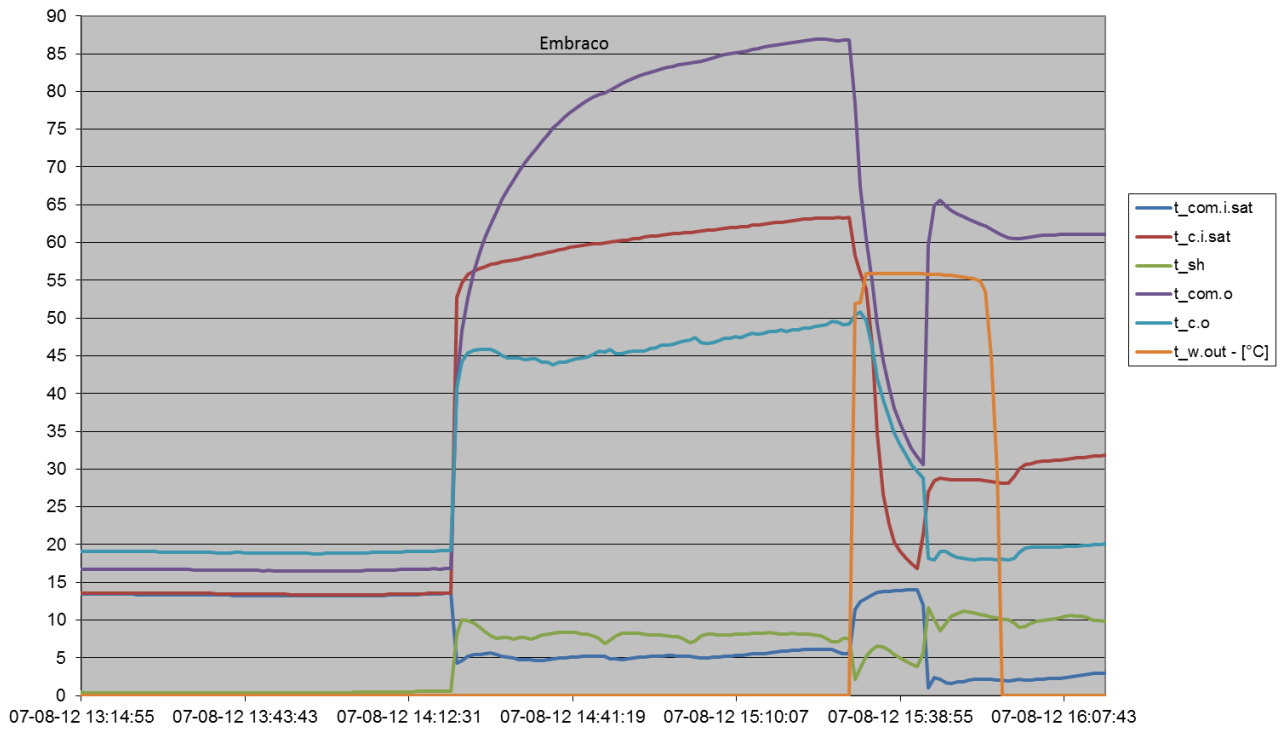
*Målinger på baseline-apparatet.*

- t<sub>com.i.sat</sub>: saturation temperature compressor inlet (udtryk for fordampningstemperatur)*
- t<sub>c.i.sat</sub>: saturation temperature condenser inlet (udtryk for kondenseringstemperatur)*
- t<sub>sh</sub>: superheat compressor inlet (overhedning i fordamper)*
- t<sub>w.out</sub>: temperature water outlet (varmtvandstemperatur ved aftapning)*

Gennem store dele af projektet blev det bestemt at satse på at benytte tappeprogrammet ”L” (large). Senere i projektet blev det besluttet også at foretage test efter tappeprogrammet ”XL”, idet dette tappeprogram (med større aftapninger) passer bedre for produktet, og idet flere af Vesttherms kunder ønskede dette tappeprogram benyttet. I bilag 1 er beskrevet, hvad de forskellige tappeprogrammer består af.

Vores baseline apparat, i tappeprogram L og med omgivelses- og luftindtags-temperatur på + 15 °C har en COP på 2,24 i testen.

I Bilag 3 er vist, at baseline-produktet i en akkrediteret test i Tyskland (også) har en COP på 2,24 i tappeprogram XL og ved de samme temperaturer (bilag 3).



*Nærbillede af den store aftapning*

*$t_{com.i.sat}$ : saturation temperature compressor inlet*

*$t_{c.i.sat}$ : saturation temperature condenser inlet*

*$t_{sh}$ : superheat compressor inlet*

*$t_{com.o}$ : temperature compressor outlet*

*$t_{c.o}$ : temperature condenser outlet*

*$t_{w.out}$ : temperature water outlet*

*Ved kompressorstop er temperaturredifferencen mellem kondenseringstemperatur og vandtemperaturen 7,4K, og temperaturredifferencen mellem luft og fordampningstemperaturen er 15 °C – 5,7 °C.*



*Foto af teststand for brugsvandsvarmepumper på Teknologisk Institut*

### 3. Teoretiske undersøgelser

De to DTU-studerende har i projektet opbygget en matematisk model for brugsvandsvarmepumpen. Der er tale om både en statisk model og en dynamisk model. Der er udarbejdet en rapport på 90 sider, som er vedlagt som eksternt bilag.

Deres konklusion (direkte citat fra de studerendes rapport):

#### **Statisk model**

Der er ud fra datablade blevet beregnet en varmetabsfaktor, en slagvolumenstrøm, volumetrisk virkningsgrad og ventilator forbrug. Der er opstillet en model, der ud fra de beregnede størrelser og måleværdier kan bestemme de anlægsspecifikke konstanter. Dele af modellen er blevet valideret og modellen er verificeret i forhold en fysisk betragtning. Der er herefter opstillet en statisk model der ved hjælp af de beregnede størrelser og fastsatte anlægs-konstanter fungerer som den testet varmepumpe. Denne model blev valideret ved at sammenligne punkter i kredsp processen med de tilsvarende punkter som kan findes ud fra måleværdierne.

#### **Dynamisk model**

Det er opstillet en dynamisk model som kan simulere en opvarmnings-, standby-og tappeperiode i henhold til teststandarden EN16147.

Det må konkluderes at der ved simuleringen er væsentlige afvigelser i forhold til en virkelig test. Det må konkluderes ud fra den korte opvarmningstid at kondensator-ydelsen i simuleringen er for høj, og samtidig konkluderes det ud fra de lange stand-by intervaller at varmetabet er for lav.

Det konkluderes at en for høj massestrøm i systemet kan ligge til grund for den høje kondensator-ydelse. Det simulerede anlæg har et mindre forbrug ved stand-by og opvarmning selv når varmetabet øges i modellen. Det kan derfor konkluderes at den opstillede anlægsmodel i simuleringen må være mere effektiv end det virkelige anlæg.

Lagdelingen i tanken er forsøgt efterlignet, men det må konkluderes at manglende viden gør lagdelings-modellen for upræcis til brug. Det kan konkluderes at netop lagdelingen er en afgørende faktor for anlæggets performance under tappeperioden og dermed har en afgørende indflydelse på COP i henhold til EN16147. Det må derfor konkluderes at modellen ikke vil kunne efterligne testresultaterne uden en forbedret tank-model.

#### **Optimering**

Som tidligere nævnt er testresultaterne som ligger til grund for dette projektet udført for et anlæg hvor kompressoren i forvejen er skiftet ud. Det fremgår af testresultaterne fra Teknologisk Institut at der allerede er opnået en forbedring på 24 %.

Som forslag til at imødekomme de resterende 6 % forbedring kan det konkluderes, at en undersøgelse af yderligere skift af kompressor er oplagt. Gevinsten ved udskiftning af kompressor til en model med kun få procenters bedre isentropvirkningsgrad er meget store.

Når mulighederne om anskaffelse af en bedre kompressor er udtømt er anbefaler vi at der kigges på en optimering af ind- og udløbet af luften. Det ses ud fra vores resultater at en reduktion i tryktab kan medføre til op 9 % forbedring i COP.

Herefter kan der kigges på optimering af UA-værdier for fordamperen og kondensatoren hvor der kan opnås op til 7% forbedring ved en øgning på 50%.

Ved at reducere tryktabet øges luftstrømmen også igennem fordamperen hvilket medvirker til at UA-værdien for fordamperen vil stige som følge af en bedre varmeovergang.

Ved at mindske tryktabet opnås altså en forbedring på to områder.

## **Sammenfatning**

Der er lykkedes at opstille en statisk model, og ved brug af måleværdier at lave en anlægs-specifik model. Det er lykkedes at lave en simulering af opvarmning, stand-by og tappeperiode i henhold til teststandard EN16147 og at udregne COP i henhold til denne ud fra simuleringen. Det må dog konstateres at for at simuleringmodellen skal kunne efterligne teststandarden præcist skal en forbedret model af tanken implementeres. Ydermere skal en undersøgelse af massestrømmen i systemet laves, og det skal konstateres om denne er årsag de den høje kondensatorydelse.

## 4. Bygning og test af prototyper

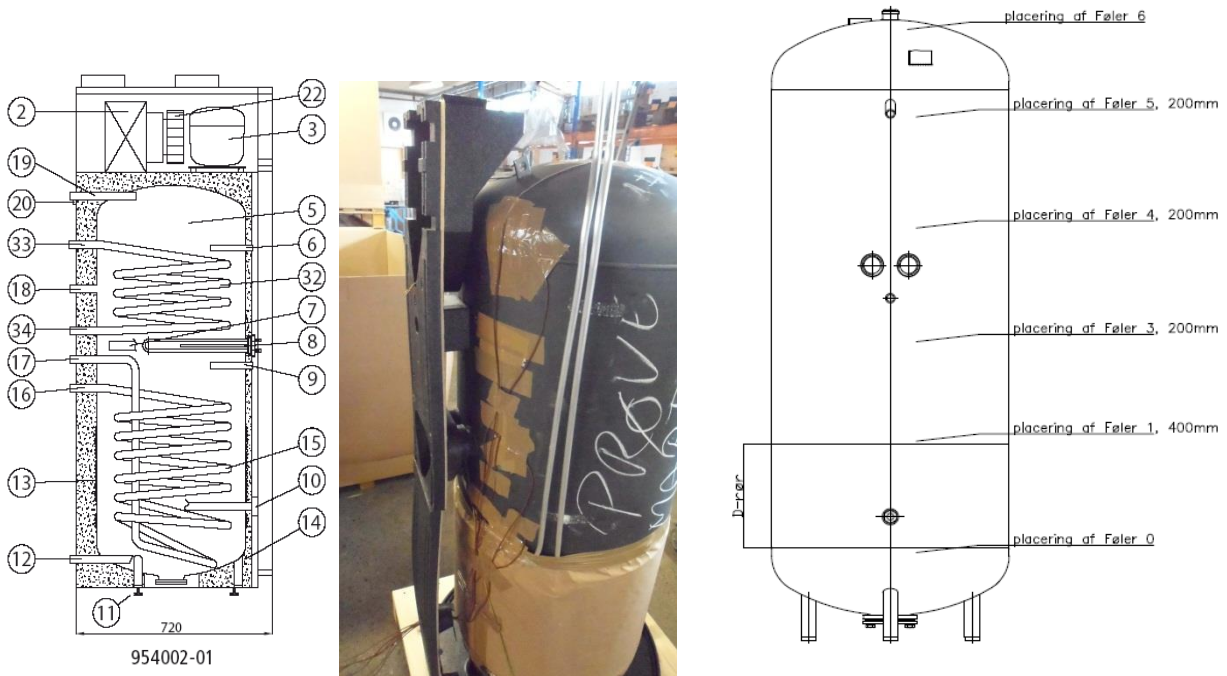
I den første serie af prototyper blev benyttet det oprindelige kølesystem, men to forskellige og bedre kompressorer.

### Første prototype:

Herefter blev der fremstillet en prototype, hvor der i stedet var installeret en Hitachi rotationskompressor. Her blev resultatet lidt bedre end baseline, idet COP blev målt til 2,48.

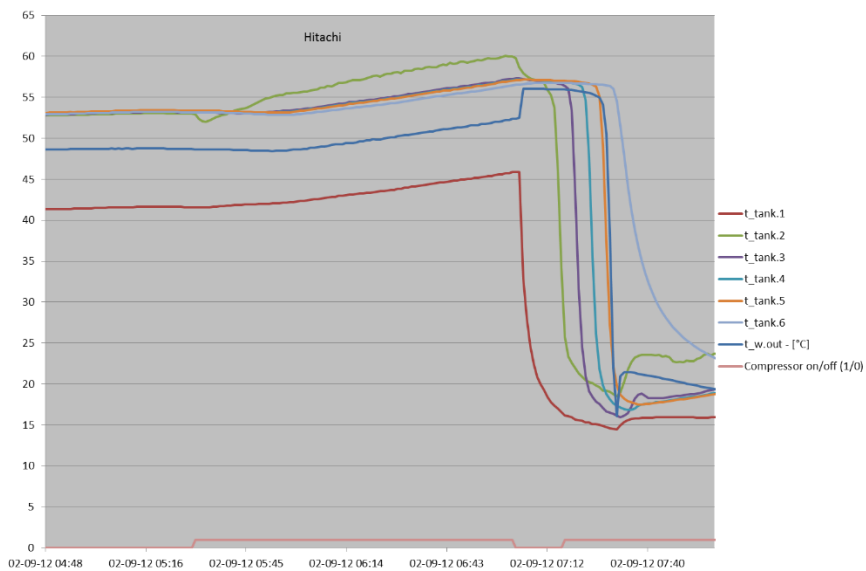
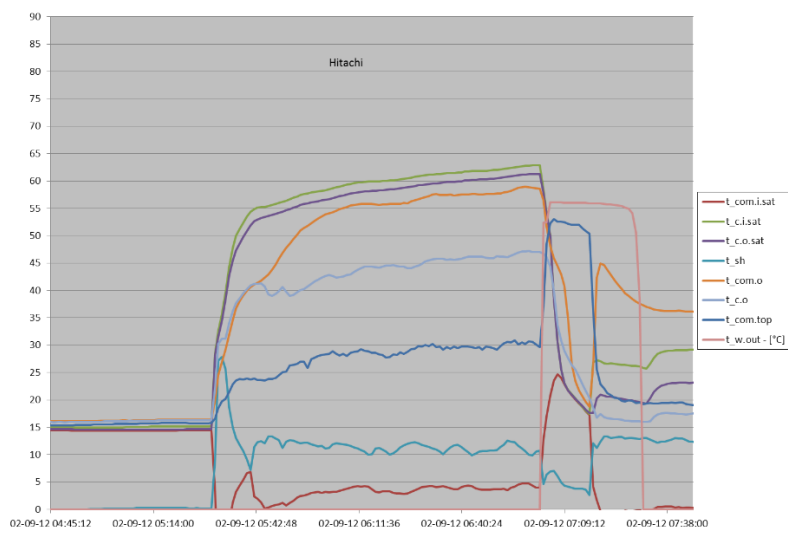
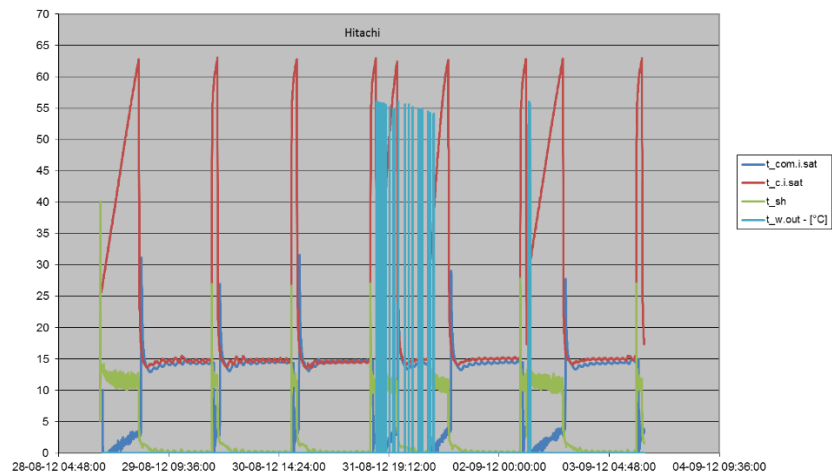
Dette giver et energieffektivitetsindex på  $2,48/2,50$ : 99%

Dette er en forbedring på 11%, og det er stadig energiklasse A



Figur 6: Den første prototype blev forsynet med termoelementer i 6 niveauer, placeret på ydersiden af varmtvandsbeholder, men indenfor isoleringskummet.





Figur 7: Her kan man se temperaturfaldet i de forskellige niveauer på ydersiden af tanken under den store aftapning (forneden).

**Prototype 2:**

Der blev fremstillet en ny prototype, og denne gang var den forsynet med en Danfoss (SECOP)-kompressor, (SC10GHH kompressor).

Denne gang blev resultatet lidt bedre: COP blev bestemt til 2,76, hvilket svarer til en energieffektivitetsindex på 110.

Målet på 115%, hvilket svarer til energiklasse A+ er inden for rækkevidde!

**Prototype 3:**

På projektmøde i januar 2013 blev de foreløbige testresultater og analyser fremlagt, og det blev besluttet at arbejde med forbedring af luftsyste­met, det vil sige samspillet mellem ventilator, fordamper og udformning af luftkanalerne forbi fordamperen. Til dette formål vil man satse på et af forslagene fra EBM Papst.

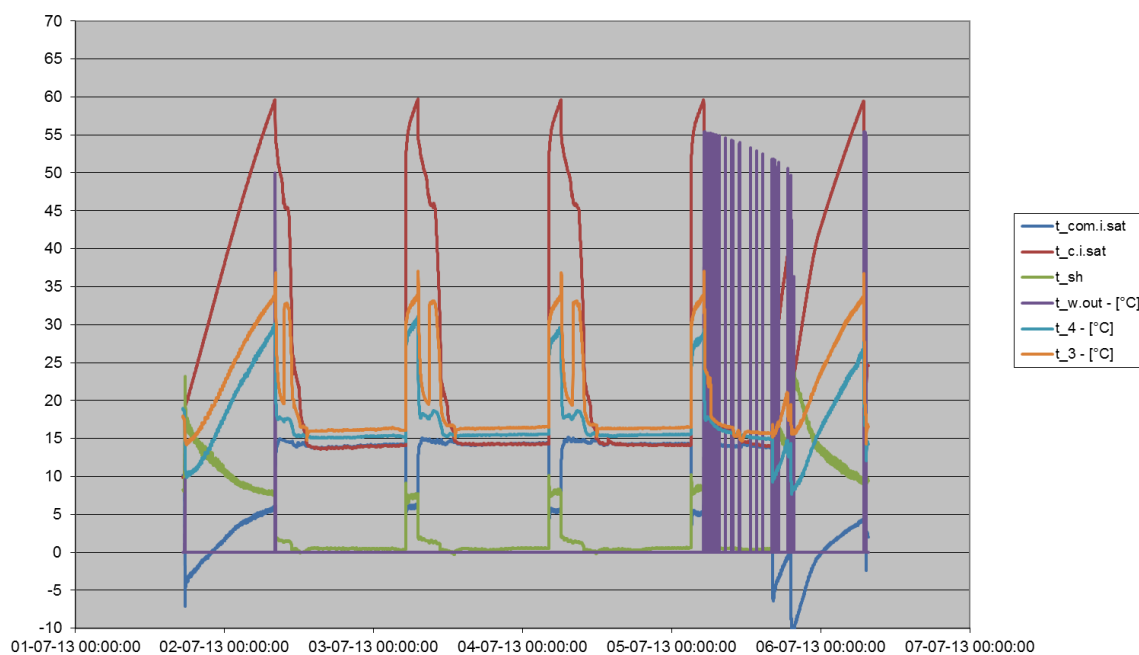
Endvidere vil Vesttherm montere en kondensator, som er lidt længere, for at se, om det hjælper.

De to projektstuderende Marc og Maria påpegede i deres afsluttende rapport og præsentation af arbejdet på DTU i januar 2013, at man foruden bedre kompressor (med bedre isentropvirkningsgrad) bør satse på forbedring af luftstrømmen over fordamperen, og det vil kunne give op til 9 % forbedring i COP. En forbedring af UA-værdier på fordamper og kondensator vil også give signifikant forbedring. En forøgelse på 50 % i UA-værdier for kondensator og fordamper vil forøge COP med ca. 7 %.

Endelig vurderer de to studerende at varmetabet fra beholderen er større end de 27W, som beregningerne hidtil har vist.

EMB Papst i Tyskland har foretaget test med et apparat fra Vesttherm, og har påvist at den hidtidige ventilator (som er leveret af EBM Papst) er OK, men at der kan hentes forbedringer på at modificere designet, hvorved flow'et bliver større. Brug af en elektronisk styret ventilator (EC Fan) vil reducere strømforbruget og vil også kunne reducere lydniveauet med ca. 2,5 dB, hvis den samme luftstrøm vælges.

Vesttherm producerede i foråret 2013 en ny prototype med en højere fordamper, ny ventilator og ændret geometri. Resultatet fra test på TI var skuffende. Der var noget galt, og resultaterne blev diskuteret på et møde den 4. oktober 2013.



Figur 8: Test af prototype 3 med høj fordamper. Man ser, at overhedningen i fordamperen er meget høj i opvarmningsfasen.

$T_{com.i.sat}$ : Fordampningstemperaturen (Omregnet fra trykmåling på sugeledning tæt på kompressor)

$T_{c.i.sat}$ : Kondenseringstemperaturen (omregnet fra trykmåling på tryksiden, tæt på kompressor)

$T_{sh}$ : Temperaturforskel, dvs. overhedningen af sugegas

$T_{w, out}$ : Vandtemperaturen ud af apparatet

$T_3$ : Temperaturen ved udgang af kondensatoren

$T_4$ : Temperaturen umiddelbart før ekspansionsventil

Ved opstart med kold vandtank: Fordampningstemperaturen er meget lav, og der er en stor temperaturforskel mellem fordampningstemperaturen og luft. Overhedningen er mere end 15 K i starten, og falder til 8 K før kompressorstop. Det kan se ud til, at ventil-dysen er for lille i den situation. Det ser ud til, at der kommer for lidt kølemiddel igennem. Når vandet er varmet op (ved stand-by-kørsel) er fordampningstemperaturen ca. 6 grader og overhedning ca. 7 – 8 K, hvilket er ret normalt, og her er trykforskellen så stor, at der kan komme tilstrækkeligt med kølemiddel igennem dysen. Den meget lave fordampningstemperatur kan også forklare den lange tid for opvarmning.

Vesttherm skaffede en ekspansionsventil med større dyse, og det skulle hjælpe. To test i august 2013 viste desværre ikke de forventede gode resultater, og vi ved ikke rigtig hvorfor. Vesttherm havde en mistanke om, at der var en lækage og der ikke var nok kølemiddel på prototypen.

Da der blev efterfyldt 100 g kølemiddel blev resultaterne bedre: COP blev bestemt til 2,60, hvilket dog stadig er dårligere end for prototype 2.

#### Prototype 4

Vesttherm fremstillede en ny prototype, hvor man selv monterede ekspansionsventil med større dyse og 960 g kølemiddel (mod oprindeligt 800 g). Monteret med lav fordamper. Målt COP: 2,61. Det er stadig dårligere end prototype 2.

## **Prototype 5**

Vesttherm leverede endnu en prototype med en ny udgave af ventilator fra EBM Papst. Første test af den viser en COP på 2,63, hvilket var nogenlunde som for tidligere prototyper. Den første test var med ventilator-indstilling "high", og luftflowet blev bestemt til 430 m<sup>3</sup>/h.

Da projektholdet havde mistanke om, at luftflow'et var for højt blev testen gentaget med ventilator-indstilling "low". Nu blev resultatet, at COP var 2,74, hvilket er signifikant bedre end den tidligere test.

Prototypen blev ligeledes målt i XL-tappeprogrammet, og her blev resultatet COP = 2,88, hvilket ikke er direkte sammenlignelig med de andre resultater, som er målt i L-tappeprogrammet.

Prototype 5 blev flyttet til klimakamre for akkrediteret test.

### **Akkrediteret test af Prototype 5:**

Prototype 5 blev opstillet i klimakammer med en temperatur på 20 °C (ambient), og luftindtaget kommer fra nabokammeret, hvor der i første test var +7 °C og i den anden test var +15 °C. Tappeprogram XL blev benyttet til begge test.

Resultatet for første test er COP = 2,84

Resultatet for den anden test er COP = 3,15

Den akkrediterede testrapport er i Bilag 4.

Resultatet er væsentlig bedre end det tilsvarende resultat, da prototypen blev testet i projektets testopstilling, og efterfølgende er det afklaret, at varmetabet i projektets testopstilling er større end beregnet. I projektets testopstilling er omgivelsestemperaturen (og luftindtaget) +15 °C, i modsætning til den akkrediterede test, hvor omgivelsestemperaturen er +20 °C.

En varmetransmissionsberegning viser, at man kan sammenligne testresultatet for prototypen i projektets testopstilling og i den akkrediterede test, hvis man korrigerer for det forøgede varmetab.

Hermed er målet nået i projektet. Den akkrediterede test viser, at produktet er i energiklasse A+.

Hvis vi sammenligner prototype 5 med resultater for "baseline"-apparatet, ses, at COP er steget fra 2,24 til 2,74 for L-tappeprogrammet, hvilket er en forbedring på 22 %. En tilsvarende sammenligning mellem Baseline og prototype 2 viser en forbedring på 23 %.

Vesttherm fik foretaget en akkrediteret test af et baseline-apparat i Stuttgart i 2012, og her var resultatet for test ved omgivelsestemperatur og luftindtagstemperatur på 15 °C, samt XL-tappeprogram: COP = 2,24. Denne testtilstand er direkte sammenlignelig med projektets test i testopstillingen, hvor den tilsvarende test for prototype 5 var COP = 2,88. Her er den målte forbedring på 29%.

Hvis man sammenligner testresultater ved omgivelsestemperatur på 20 °C, luftindtag på +7 °C og XL-tappeprogram (Bilag 3 og 4):

Baseline, akkrediteret test, Stuttgart: COP = 2,15

Prototype 5: Akkrediteret test, TI: COP = 2,84 (energieffektivitets-index: 113,6)

Forbedring: 32 %.

Hvis man ser på resultatet af den akkrediterede test af prototype 5, luftindtag på +15 °C og XL-tappeprogram, så er COP som nævnt 3,15, og dette svarer til et energieffektivitetsindex på 126%, hvilket kvalificerer apparatet til energiklasse A+ Exhaust-air-water heat pump. Egentlig er testen ifølge energimærkningsforordningen ved +20 °C luftindtag, men her vil apparatet performe endnu bedre. Energiflasse A+ bliver først indført på energimærkningen i 2017.

Hvis apparatet skulle klassificeres som outdoor air heat pump water heater, så skal den testes i "average climate" ved +7 °C, og her er apparatet i energiklasse A.

## 5. Sammenfatning og konklusion

I projektet er der udviklet en brugsvandsvarmepumpe i energiklasse A+, og produktet er (så vidt vides) det første i denne energiklasse.

Forbedring i energieffektiviteten er 29 % i tappeprogram XL og ved +15 °C i omgivelsestemperatur og luftindtagstemperatur ("exhaust air water heat pump").

Forbedring i energieffektiviteten er 32 % i tappeprogram XL og ved +20 °C i omgivelsestemperatur og +7 °C i luftindtagstemperatur ("outdoor air heat pump water heater").

Den akkrediterede test på Teknologisk Institut viser en COP på 3,15 ved omgivelsestemperatur på 20 °C, tappeprogram XL og luftindtagstemperatur på 15 °C. Energieffektivitetsindex er på 126%.

Forbedringen er sket ved følgende tiltag:

- Bedre luftkanal med mindre tryktab
- Bedre placering af ventilator og bedre luftflow
- Større dyse i termostatisk ekspansionsventil
- Lidt større kølemiddelfyldning
- Bedre kompressor (rotationskompressor)
- Rørdimension er optimeret og trykfald er minimeret
- Skift af isoleringsskum til bedre skum med 10% mindre varmefflow.
- Nyt design omkring luftkanaler og køleanlæg. Ny isolering omkring dette foroven på apparatet

Vesttherm producerer ca. 7.000 brugsvandsvarmepumper om året, og denne produktion vil nu blive opgraderet med den nye teknologi, som er udviklet i projektet.

Det nye produkt er kun marginalt dyrere end "baseline"-produktet.

Hermed vil Vesttherm forsat være meget konkurrencedygtigt på det europæiske marked, hvor brugsvandsvarmepumper spås en rigtig god fremtid, idet EUs nye Ecodesign-krav vil udfase brug af de fleste typer af elvandvarmere.

Derfor ventes en stigning i produktion af brugsvandsvarmepumper hos Vesttherm i Esbjerg.

## Bilag 1: EU Energimærkningsordning og EU Ecodesign-krav.

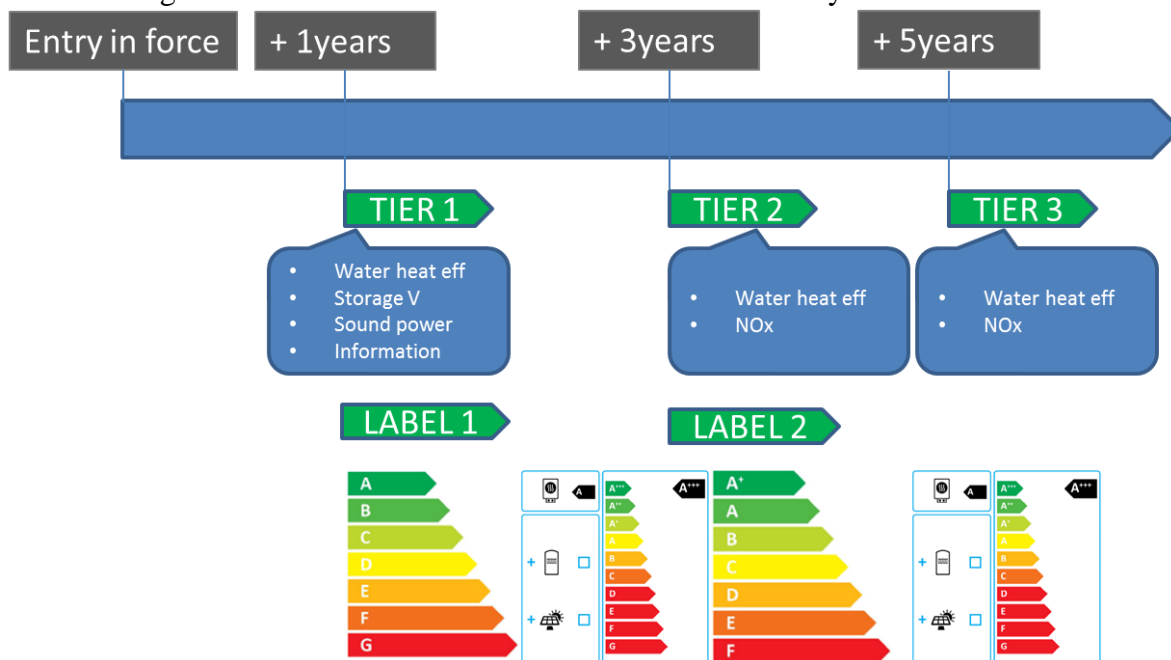
Svend Vinter Pedersen/Lasse Søe/Danish Technological Institute  
Oktober 2012

Dette notat er på engelsk, da det oprindeligt blev skrevet til projektgruppen, hvor der var medlemmer, som ikke forstod dansk.

### Introduction:

In different working packages, including the working package LOT2, the Ecodesign Directive defines the requirements for energy labeling of water heaters. The requirements for energy efficiency of the products are described in the Directive. The aim of the Directive is to encourage the development and use of energy-efficient products, which should lead to a reduction of used energy and CO<sub>2</sub> emissions to the environment. The energy labeling is implemented with the purpose of giving the consumers improved information to make them able to choose the most energy-efficient products. With the new energy labeling system the consumer can easily compare water heaters with different primary energy sources used directly.

The Ecodesign Directive should enter into force the 1<sup>st</sup> of January 2013.



The Ecodesign Directive is expected to come into force in 2013; and from 2014 the first minimum requirements for the products are introduced. The minimum requirements will be tightened up by 2016 and again by 2018. By the marking introduction in 2014 an indication of the efficiency storage volume and the sound level is required.

Regarding products for water heating, the Directive sets the requirements for standby loss and the energy efficiency of the product tested according to a declared load profile.

For heat pump water heaters this means that the requirements for testing will be changed to make them correspond to a tapping profile similar to what the consumers do in reality. Previously, heat pump water heaters were tested according to a very simple tapping profile. The test of heat pump water heaters must be carried out in accordance with a tapping profile which is almost identical with the tapping profile described in DS/EN 16147.

The energy efficiency for heat pump water heaters which exclusively use electricity as an energy source can be calculated as efficiency found at the tapping test divided by 2,5. A new smart factor is introduced in the energy efficiency calculation and is meant to compensate for a reduction in the energy consumption if the heat pump water heater can operate in a mode of operation that is more energy-efficient than normal mode. As a first thought, one might think that this feature was meant as a smart grid feature, but the smart factor compensates only for reduced energy consumption. Basically the use of smart grid and variable electricity prices are not leading to reduced energy consumption, so the smart factor will not give any improvement based on smart grid use. Now we can only see smart factor improvements to be possible if the heat pump water heater can adjust the production to a specified tapping load profile or if it is predictive. Heat pumps are divided into classes according to their load profile, and based on the load profile and the energy class they are determined according to calculated energy efficiency. Standstill loss also affects the energy classification.

### **Description of the Technical Requirements**

The energy efficiency class is determined based on the calculated energy efficiency. Calculation of energy efficiency for conventional water heaters and heat pump water heaters is as follows:

$$\eta_{wh} = \frac{Q_{ref}}{(Q_{fuel} + CC \times Q_{elec})(1 - SCF \times smart)} \times 100$$

CC is the conversion coefficient reflecting the estimated 40% average EU generation efficiency on energy end-use efficiency; the value of the conversion coefficient shall be  $CC = 2,5$ .

$Q_{ref}$  means the reference energy. It is the useful energy content of water draw-offs found at a particular load profile as specified in the Directive Annex VII table 4.

SCF means the smart control factor, and the factor compensates for the energy efficiency gained due to smart control under the conditions set out in point 3 of Annex VII.

(smart) is the smart control qualifying or non-qualifying factor, and it determines whether the water heater fulfills the smart control criteria set out in point 5 of Annex VIII.

Besides the requirements to the efficiency, there are also requirements to the storage volume which is based on the load profile.

After a year from the introduction of the Directive, the minimum energy efficiency will be raised to above the F level, and after 3 years to above the C level.

For exhaust air heat pumps, there is a requirement for the maximum ventilation air available at 20 °C.

The technical requirements are described in the table next page.



**Technical requirements:**

Energy Class after 1 year	Energy Class after 5 years	[-]	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
<b>A+++</b>	<b>A+++</b>	$\eta_{wh} >$ higher than [%]	62	62	69	90	163	188	200	213	225	238
<b>A++</b>	<b>A++</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	62	62	69	90	163	188	200	213	225	238
<b>A+</b>	<b>A+</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	53	53	61	72	130	150	160	170	180	190
<b>A</b>	<b>A</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	44	44	53	55	100	115	123	131	138	146
<b>B</b>	<b>B</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	35	35	38	38	65	75	80	85	90	95
<b>C</b>	<b>C</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	32	32	35	35	45	50	55	60	64	64
<b>D</b>	<b>D</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	29	29	32	32	36	37	38	40	40	40
<b>E</b>	<b>E</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	26	26	29	29	33	34	35	36	36	36
<b>F</b>	<b>F</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	22	23	26	26	30	30	30	32	32	32
<b>G</b>	<b>G</b>	$\eta_{wh} <$ less than [%]	19	20	23	23	27	27	27	28	28	28
<b>Minimum efficiency after 1 year</b>		$\eta_{wh} >$ higher than [%]	22	23	26	26	30	30	30	32	32	32
<b>Minimum efficiency after 1 year [smart]</b>		$\eta_{wh} >$ higher than [%]	19	20	23	23	27	27	27	28	28	28
<b>Minimum efficiency after 3 years</b>		$\eta_{wh} >$ higher than [%]	32	32	32	32	36	37	38	40	40	40
<b>Minimum efficiency after 3 years [smart]</b>		$\eta_{wh} >$ higher than [%]	29	29	29	29	33	34	35	36	36	36
<b>Minimum efficiency after 5 years</b>		$\eta_{wh} >$ higher than [%]	-	-	-	-	-	-	-	60	64	64
<b>Max. ventilation exhaust air available [m3/h]</b>		M3/h	-	109	128	128	159	190	870	1021	2943	8830
<b>Tank volume, max.</b>		Litre	7	15	15	36	-	-	-	-	-	-
<b>Tank volume mixed for water at 40 °C minimum</b>		Litre	-	-	-	-	65	130	210	300	520	1040

Sound power level requirements are introduced one year after the introduction of the Directive. The requirements are the following:

	Rated heat output ≤ 6 kW	Rated heat output >6 kW and ≤12 kW	Rated heat output >12 kW and ≤ 30 kW	Rated heat output >30 kW and ≤ 70 kW
Sound power level L <sub>WA</sub> Indoor measured	60 dB	65 dB	70 dB	80 dB
Sound power level L <sub>WA</sub> Outdoor measured	65 dB	70 dB	75 dB	85 dB

**Calculation of the annual electricity consumption:**

The calculation of the annual electricity consumption AEC in kWh in terms of final energy is calculated as follows:

$$AEC = 0,6 \times 366 \times Q_{elec} \times (1 - SCF \times smart)$$

The annual fuel consumption AFC is calculated as follows:

$$AFC = 0,6 \times 366 \times Q_{fuel} \times (1 - SCF \times smart)$$

**Test conditions for heat pump water heaters**

Heat source	Outdoor air			Indoor air	Exhaust air	Brine	Water
Climate conditions	Average	Colder	Warmer	Not applicable	All climate conditions		
Temperature	+7°C (+6°C)	+2°C (+1°C)	+14°C (+13°C)	+20°C (maximum +15°C)	+20 (+12°C)	0°C	+10°C

Standard rating conditions for heat pump water heaters, temperatures in dry bulb air temperature (wet bulb air temperature in brackets).

Declared load profile	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
Maximum ventilation exhaust air available	109	128	128	159	190	870	1021	2943	8830

Maximum ventilation exhaust air available [m<sup>3</sup>/h], at temperature of 20°C and humidity of 5.5 g/m<sup>3</sup>

**Test conditions for testing “smart” of heat pump water heaters**

Where the supplier finds it appropriate to declare the value of *smart* to be ‘1’, measurements of the weekly electricity and/or fuel consumption with smart controls and the weekly electricity and/or fuel consumption without smart controls shall be carried out using a two-week measurement cycle as follows:

- days 1 to 5: random sequence of load profiles chosen from the declared load profile and the load profile below the declared load profile, and smart control disabled;
- days 6 and 7: no water draw-offs, and smart control disabled;

- days 8 to 12: repetition of the same sequence applied for days 1 to 5, and smart control enabled;
- days 13 and 14: no water draw-offs, and smart control enabled;
- the difference between the useful energy content measured during days 1 to 7 and the useful energy content measured during days 8 to 14 shall not exceed 2% of  $Q_{ref}$  of the declared load profile.

Determination of the smart control factor SCF and of smart control qualifying or non-qualifying *smart*:

The smart control factor SCF is calculated as follows:

$$SCF = 1 - \frac{Q_{fuel,week,smart} + CC \times Q_{elec,week,smart}}{Q_{fuel,week} + CC \times Q_{elec,week}}$$

If  $SCF \geq 0.07$ , the value of *smart* shall be  $smart = 1$ . In all other cases, the value of *smart* shall be  $smart = 0$ .

Weekly electricity consumption with smart controls ( $Q_{elec,week,smart}$ ) means the weekly electricity consumption with smart control function enabled, expressed in kWh in terms of final energy.

Weekly fuel consumption with smart controls ( $Q_{fuel,week,smart}$ ) means the weekly fuel consumption with smart control function enabled, expressed in kWh in terms of *GCV*.

Weekly electricity consumption without smart controls ( $Q_{elec,week}$ ) means the weekly electricity consumption with smart control function disabled, expressed in kWh in terms of final energy.

Weekly fuel consumption without smart controls ( $Q_{fuel,week}$ ) means the weekly fuel consumption with smart control function disabled, expressed in kWh in terms of *GCV*.

*GCV* means gross calorific value and is the total amount of heat released by a unit quantity of fuel, when it is burnt completely with oxygen.

*CC* is the conversion coefficient reflecting the estimated 40% average EU generation efficiency on energy end-use efficiency; the value of the conversion coefficient shall be  $CC = 2,5$ .

### **Calculation of Energy Efficiency for the Vesttherm Unit Based on Baseline Test**

The coefficient of performance for the unit at the tapping test was measured to  $COP = 2,34$ . Based on the *COP*, the calculated efficiency is as follows:

$$\eta_{wh} = \frac{Q_{ref}}{(Q_{fuel} + CC \times Q_{elec})(1 - SCF \times smart)} \times 100$$

As there is no fuel consumption, neither a smart mode, the efficiency calculation can be simplified to the following formula as  $Q_{ref}/Q_{elec} = COP_{TAP}$ :

$$\eta_{WH} = COP_{tap}/CC = 2,34/2,5 = 93,6$$

The declared load profile for the unit is L which means that the unit would be classified as an energy efficiency Class A product.

**Annexes: Tables and points from the draft labeling directive**

**Table 4: Load profiles of water heaters**

h	3XS			XXS			XS			S			
	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$T_p$ °C
07:00	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25	
07:05	0,015	2	25										
07:15	0,015	2	25										
07:26	0,015	2	25										
07:30	0,015	2	25	0,105	2	25	0,525	3	35	0,105	3	25	
07:45													
08:01													
08:05													
08:15													
08:25													
08:30				0,105	2	25				0,105	3	25	
08:45													
09:00	0,015	2	25										
09:30	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25	
10:00													
10:30													
11:00													
11:30	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25	
11:45	0,015	2	25	0,105	2	25				0,105	3	25	
12:00	0,015	2	25	0,105	2	25							
12:30	0,015	2	25	0,105	2	25							
12:45	0,015	2	25	0,105	2	25	0,525	3	35	0,315	4	10	55
14:30	0,015	2	25										
15:00	0,015	2	25										
15:30	0,015	2	25										
16:00	0,015	2	25										
16:30													
17:00													
18:00				0,105	2	25				0,105	3	25	
18:15				0,105	2	25				0,105	3	40	
18:30	0,015	2	25	0,105	2	25							
19:00	0,015	2	25	0,105	2	25							
19:30	0,015	2	25	0,105	2	25							
20:00				0,105	2	25							
20:30							1,05	3	35	0,42	4	10	55
20:45				0,105	2	25							
20:46													
21:00				0,105	2	25							
21:15	0,015	2	25	0,105	2	25							
21:30	0,015	2	25							0,525	5	45	
21:30	0,015	2	25	0,105	2	25							
21:45	0,015	2	25	0,105	2	25							
$Q_{ref}$	0,345			2,100			2,100			2,100			

Continued Table 4: Load profiles of water heaters

h	M				L				XL			
	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$T_p$ °C	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$T_p$ °C	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$T_p$ °C
07:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
07:05	1,4	6	40		1,4	6	40					
07:15									1,82	6	40	
07:26									0,105	3	25	
07:30	0,105	3	25		0,105	3	25					
07:45					0,105	3	25		4,42	10	10	40
08:01	0,105	3	25						0,105	3	25	
08:05					3,605	10	10	40				
08:15	0,105	3	25						0,105	3	25	
08:25					0,105	3	25					
08:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
08:45	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
09:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
09:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
10:00									0,105	3	25	
10:30	0,105	3	10	40	0,105	3	10	40	0,105	3	10	40
11:00									0,105	3	25	
11:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
11:45	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
12:00												
12:30												
12:45	0,315	4	10	55	0,315	4	10	55	0,735	4	10	55
14:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
15:00									0,105	3	25	
15:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
16:00									0,105	3	25	
16:30	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
17:00									0,105	3	25	
18:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
18:15	0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40	
18:30	0,105	3	40		0,105	3	40		0,105	3	40	
19:00	0,105	3	25		0,105	3	25		0,105	3	25	
19:30												
20:00												
20:30	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55	0,735	4	10	55
20:45												
20:46									4,42	10	10	40
21:00					3,605	10	10	40				
21:15	0,105	3	25						0,105	3	25	
21:30	1,4	6	40		0,105	3	25		4,42	10	10	40
21:30												
21:45												
$Q_{ref}$	5,845				11,655				19,07			

Continued Table 4: Load profiles of water heaters

h	XXL				3XL				4XL			
	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$T_p$ °C	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$T_p$ °C	$Q_{sup}$ kWh	$f$ l/min	$T_m$ °C	$T_p$ °C
07:00	0,105	3	25		11,2	48	40		22,4	96	40	
07:05												
07:15	1,82	6	40									
07:26	0,105	3	25									
07:30												
07:45	6,24	16	10	40								
08:01	0,105	3	25		5,04	24	25		10,08	48	25	
08:05												
08:15	0,105	3	25									
08:25												
08:30	0,105	3	25									
08:45	0,105	3	25									
09:00	0,105	3	25		1,68	24	25		3,36	48	25	
09:30	0,105	3	25									
10:00	0,105	3	25									
10:30	0,105	3	10	40	0,84	24	10	40	1,68	48	10	40
11:00	0,105	3	25									
11:30	0,105	3	25									
11:45	0,105	3	25		1,68	24	25		3,36	48	25	
12:00												
12:30												
12:45	0,735	4	10	55	2,52	32	10	55	5,04	64	10	55
14:30	0,105	3	25									
15:00	0,105	3	25									
15:30	0,105	3	25		2,52	24	25		5,04	48	25	
16:00	0,105	3	25									
16:30	0,105	3	25									
17:00	0,105	3	25									
18:00	0,105	3	25									
18:15	0,105	3	40									
18:30	0,105	3	40		3,36	24	25		6,72	48	25	
19:00	0,105	3	25									
19:30												
20:00												
20:30	0,735	4	10	55	5,88	32	10	55	11,76	64	10	55
20:45												
20:46	6,24	16	10	40								
21:00												
21:15	0,105	3	25									
21:30	6,24	16	10	40	12,04	48	40		24,08	96	40	
21:30												
21:45												
$Q_{ref}$	24,53				46,76				93,52			

3. Conditions for testing *smart* of water heaters

Where the supplier deems appropriate to declare the value of *smart* as being ‘1’, measurements of the weekly electricity and/or fuel consumption with smart controls and the weekly electricity and/or fuel consumption without smart controls shall be carried out using a two-week measurement cycle as follows:

- days 1 to 5: random sequence of load profiles chosen from the declared load profile and the load profile below the declared load profile, and smart control disabled;
- days 6 and 7: no water draw-offs, and smart control disabled;
- days 8 to 12: repetition of the same sequence applied for days 1 to 5, and smart control enabled;
- days 13 and 14: no water draw-offs, and smart control enabled;
- the difference between the useful energy content measured during days 1 to 7 and the useful energy content measured during days 8 to 14 shall not exceed 2 % of  $Q_{ref}$  of the declared load profile.

5. Determination of the smart control factor *SCF* and of smart control qualifying or non-qualifying *smart*

- (a) The smart control factor is calculated as follows:

$$SCF = 1 - \frac{Q_{fuel,week,smart} + CC \cdot Q_{elec,week,smart}}{Q_{fuel,week} + CC \cdot Q_{elec,week}}$$

- (b) If  $SCF \geq 0,07$ , the value of *smart* shall be  $smart = 1$ . In all other cases, the value of *smart* shall be  $smart = 0$ .

## Bilag 2: Test rapport for ”baseline”



**DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE**

### **TEST REPORT**

**Report No.:**  
344-005 A

**Product:**  
Vesttherm – VT3131 Domestic hot water heat pump

**Customer:**  
ELFORSK project No. 344-005

**Date:**  
9 October 2012

**Consultant:**  
Lasse S e

Energy and Climate  
Refrigeration and Heat Pump Technology





## TEST REPORT

Date: 10 October 2012  
Report No.: 344-005 A  
File No.: -

Page: 1 of 5  
Initials: LAS/MRI  
Enclosures: 0

---

**Customer:** Contact person: -  
Company: -  
Address: -  
City: -  
Tel.: -

**Components:** Brand: Vesttherm  
Type: Domestic hot water heat pump  
Model: VT3131 (with Embraco NE K6212Z compressor)  
Series No.: 12040001

**Dates:** Component tested: 03.08.2012 – 07.08.2012

**Procedure:** EN16147:2011

**Remarks:** The test was carried out in non-accredited test facilities and can therefore not be considered accredited.

**Conditions:** Carried out in compliance with Danish Technological Institute's General Terms and Conditions regarding Commissioned Work Accepted by Danish Technological Institute, February 2009.  
The test results apply to the tested products only.  
This test report may be reproduced in extract only if the Laboratory has approved the extract in writing.

---

**Division/Centre:** Energy and Climate  
Refrigeration Laboratory, Aarhus

**Date:**

**Signature:**  
Lasse Soe  
Head of Laboratory

## Objective

The test was carried out in connection with the research and development project ELFORSK No. 344-005 concerning development of an energy efficient and environmentally friendly domestic hot water heat pump.

## Test conditions

The heat pump was tested in accordance with the test conditions specified in EN 16147:2011 table 5 and 9:

Type of heat source: Indoor air  
 Heat source dry bulb temperature: 15 °C  
 Heat source wet bulb temperature: 12 °C  
 Ambient temperature of storage tank: 15 °C  
 Tapping cycle: L

The measuring equipment was not calibrated thus the accuracy depends solely on the accuracy stated in the data sheets of each piece of equipment. The accuracy of the applied equipment according to the manufacturer's data sheets is within the range of accuracy stated in EN 16147.

## Test sample

Vesttherm – VT3131 - 7134 - Domestic hot water heat pump equipped with a Embraco R134a NE K6212Z compressor. The built-in hot water storage tank has a volume of 270 litres.



Type plate



The test sample installed in the test climate chamber



## Test results

### Summary

Type of heat source: Indoor air

Heat source dry bulb temperature: 15 °C

Heat source wet bulb temperature: 12 °C

Ambient temperature of storage tank: 15 °C

Tapping cycle: L

Reference hot water temperature	°C	53,92
Effective total electrical energy consumption during hole tapping cycle	kWh	5,30
COP for tapping sanitary hot water	-	2,24
Maximum quantity of usable hot water in a single tapping	l	381
Heating up time	h	8
Heating up time	mm	43
Heating up energy	kWh	5,30
Standby effective power input	W	45,37
External static pressure difference	Pa	35
Air volume flow	m <sup>3</sup> /h	300

Main results according to EN 16147:2011.

Deviations: Not all the measured values were maintained within the permissible deviations from set values according to EN 16147.



No.	Time	Heating energy [kWh]	Water flow [l/min]
1	07:00	0,114	3,8
2	07:05	1,442	10,5
3	07:30	0,116	3,9
4	07:45	0,115	3,9
5	08:05	3,645	10,4
6	08:25	0,115	3,9
7	08:30	0,114	3,9
8	08:45	0,114	3,9
9	09:00	0,114	3,9
10	09:30	0,120	3,9
11	10:30	0,120	3,9
12	11:30	0,118	3,9
13	11:45	0,113	3,9
14	12:45	0,325	3,9
15	14:30	0,113	3,9
16	15:30	0,112	3,9
17	16:30	0,119	3,9
18	18:00	0,118	3,9
19	18:15	0,119	3,9
20	18:30	0,117	3,9
21	19:00	0,117	3,9
22	20:30	0,747	3,9
23	21:00	3,643	10,5
24	21:30	0,113	4,0

Tapping cycle "L" according to EN 16147:2011 (measured values)

Energy efficiency<sup>\*)</sup> of the product: 90%

Energy efficiency class<sup>\*)</sup> of the product: A

- A →  $75 \leq \text{energy efficiency} < 115$
- A+ →  $115 \leq \text{energy efficiency} < 150$

Remarks: The test conditions do not comply with the standard rating conditions for heat pump water heater according to the document used for calculating the energy efficiency class.

<sup>\*)</sup> Energy efficiency classes according to the document:

Working Document on a Draft  
Commission delegated regulation (EU) no.../...  
of XXX

Supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council  
with regard to energy labeling of water heaters, hot water storage tanks and packages  
of water heater and solar-only system

## Bilag 3: Tysk akkrediteret testrapport for baseline



### Prüfbericht Nr. / Test Report No. WP.12.DW.107

Prüfung einer Luft/Brauchwasser - Wärmepumpe  
Testing of an air/domestic hot water - heatpump

**Auftraggeber:** Vaillant GmbH  
**Client:** Berghauser Straße 40,  
D-42859 Remscheid

**Prüfgegenstand:** Luft/Brauchwasser - Wärmepumpe  
**Test item:** Air/domestic hot water heatpump

**Prüfstelle:** Prüfstelle HLK  
**Test center:** HLK Stuttgart GmbH  
Pfaffenwaldring 6A  
D-70569 Stuttgart

**Prüfungen:** Prüfungen nach / testings according to:  
**Performed testings:** EN 16147:2011

**Prüfergebnis:** COP bei / efficiency at:  
**Test result:**

A20XL	COP = 2,41 (set=55/46°C)
A15XL	COP = 2,24 (set=55/46°C)
A7XL	COP = 2,15 (set=55/46°C)

Details siehe Folgeseiten / Details see following pages.

Stuttgart, den 16.7.12

Prof. Dr.-Ing. M. Schmidt  
(Prüfstellenleiter / Head of test center)

Dipl.-Ing. B. Klein  
(Prüfer / Test engineer)



Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.  
Dieser Bericht umfasst 11 Seiten. Er darf ohne Genehmigung der Prüfstelle HLK nur in vollem Umfang veröffentlicht werden.  
The test results relate only to the tested item. This report consists of 11 pages. The report shall not be reproduced except in full without the written approval of the test center HLK.  
Die Prüfstelle HLK der HLK Stuttgart GmbH ist ein nach ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium.  
The test center HLK at the HLK Stuttgart GmbH is accredited according to EN 17025 by DAKKS.

## 1 Prüfgegenstand / Test item

Eingangsdatum des Prüflings / Arrival of the test item: 26.7.12

### 1.1 Gerätebeschreibung / Description of the device

Beim Prüfling handelt es sich um eine Luft/Brauchwarmwasser-Wärmepumpe mit elektrisch angetriebenem Verdichter in Kompaktbauweise. Die Wärmepumpe ist für die Innenaufstellung konzipiert.

*The test item is a air/domestic hot water heatpump with electrical driven compressor in compact design. The heatpump is intended to be set up indoor.*



**Bild 1:** Prüfling / test item

Der Verdampfer ist zusammen mit einem Ventilator und dem Verdichter auf dem Speicher angebracht. Der Kondensator befindet sich auf der Oberfläche des Speichers.

*The vaporizer is integrated on the storage together with a fan and the compressor. The condenser is placed on the outside surface of the storage.*

1.2 Hauptkomponenten / main components

	Typ, Hersteller / Type, manufacturer
Verdichter / compressor**	§
Expansionsventil / expansion valve**	§
Kondensator / condenser**	§
Verdampfer / evaporator**	§
Umwälzpumpe / circulation pump**	§
Ventilator / fan**	§
Speicher / storage**	Nenninhalt 270l / nominal volume 270l

1.3 Identifikation / identification

Beim Prüfling handelte es sich um einen Prototyp (C-Muster). Das Gerät war mit keinem Typschild ausgestattet. Ein Typschild wurde nachgereicht.  
 The test item was a prototype (C-sample). The device was not equipped with a name plate. A name plate was afterwards delivered.

1.4 Maße / measures

Abmessungen (BxHxT) / measures (WxHxD)	745x1800x745mm (D=745mm)

\*\* Herstellerangabe / manufacturers declaration



## 2 Leistungsprüfungen / performance testings

Datum der Prüfungen / Date of testings: 27.6.12 – 17.7.12

### 2.1 Aufbau / Setup

Das Gerät wurde während der Prüfung mit der Regelung betrieben. Hierbei war die Solltemperatur auf 55°C, die Minimaltemperatur auf 46°C gestellt.

*The device was operating with its controller. The setpoint was set to 55°C, the minimum temperature to 46°C.*

Das Gerät wurde serienmäßig befüllt angeliefert und durch die Prüfstelle angeschlossen.

*The device was delivered factory-filled and build up by the testing laboratory.*

Netzspannung / Supply Voltage: 229...231V

### 2.2 Aufheizzeit /heat up time

Folgende Werte wurde gemäß EN16147 gemessen:

*The following values were measured according to EN 16147:*

#### 2.2.1 Wärmequelle Abluft / Heat source extract air

T <sub>start</sub>	Θ <sub>wo</sub>	°C	10,0
T <sub>source</sub>		°C	20,0
T <sub>set</sub>		°C	55/46
time	t <sub>h</sub>	hh:mm:	7:42:51
electical Energy	W <sub>eh</sub>	Wh	4950

#### 2.2.2 Wärmequelle Umgebung / Heat source environment

T <sub>start</sub>	Θ <sub>wo</sub>	°C	10,4
T <sub>source</sub>		°C	15,0
T <sub>set</sub>		°C	55/46
time	t <sub>h</sub>	hh:mm:	7:48:58
electical Energy	W <sub>eh</sub>	Wh	4810

#### 2.2.3 Wärmequelle Außenluft / Heat outside air

T <sub>start</sub>	Θ <sub>wo</sub>	°C	10,0
T <sub>source</sub>		°C	7,0
T <sub>set</sub>		°C	55/46
time	t <sub>h</sub>	hh:mm:	10:49:52
electical Energy	W <sub>eh</sub>	Wh	5860

### 2.3 Betriebsbereitschaftsverlust /Standby loss

Zur Messung des Betriebsbereitschaftsverlustes wurde das Gerät bei konstanter Umgebung ohne Zapfung betrieben. Die letzten beiden Zyklen wurden ausgewertet.

*For measuring the standby loss the device was operating at constant ambient conditions without tapping. The last two cycles were evaluated.*

Folgende Werte wurde gemäß EN16147 gemessen:

*The following values were measured according to EN 16147:*

#### 2.3.1 Wärmequelle Abluft / Heat source extract air

			SBY1	AH1	SBY2	AH2
meas						
time		hh:mm:	14:31:01	0:55:00	14:54:59	0:54:00
ambient T		°C	20,1	20,0	20,0	20,0
air source T		°C		20,0		20,0
air source phi		%		41,6		40,0
electric measured	$W_{es}$	Wh		650		660
period	$t_{es}$			15:26:02		15:48:59
SBY P	$P_{es}$	Wh		42,1		41,7

#### 2.3.2 Wärmequelle Umgebung / Heat source environment

			SBY1	AH1	SBY2	AH2
meas						
time		hh:mm:	12:34:02	1:04:00	12:50:59	1:02:00
ambient T		°C	15,0	15,0	15,0	15,0
air source T		°C		15,0		15,0
air source phi		%		45,5		49,0
electric measured	$W_{es}$	Wh		730		700
period	$t_{es}$			13:38:02		13:52:59
SBY P	$P_{es}$	Wh		53,5		50,4

#### 2.3.3 Wärmequelle Außenluft / Heat outside air

			SBY1	AH1	SBY2	AH2
meas						
time		hh:mm:	19:54:03	1:18:00	20:02:01	1:18:00
ambient T		°C	20,3	20,3	20,3	20,3
air source T		°C		7,0		7,0
air source phi		%		90,9		90,9
electric measured	$W_{es}$	Wh		790		780
period	$t_{es}$			21:12:02		21:20:02
SBY P	$P_{es}$	Wh		37,3		36,6

## 2.4 Leistungsprüfung / Performance test

Folgende Werte wurden gemäß EN16147 gemessen:  
 The following values were measured according to EN 16147:

### 2.4.1 Wärmequelle Abluft / Heat source extract air

set			
set T		°C	55/46
air source T		°C	20
external static pressure	ESP	Pa	35
profile			XL
meas			
time test cycle	$t_{TC}$	hh:mm:	21:00:27
ambient T		°C	20,0
air source T		°C	20,0
air source phi		%	40,3
water tap V		l	409,3
water tap Q	$Q_{TC}$	Wh	19543
water cold T	$\theta_{WC}$	°C	10,2
water hot Tmax	$\theta_{WHmax}$	°C	55,6
electric heatpump	$W_{EL-M-TC}$	Wh	7700
electric auxillary heater	$Q_{EL-TC}$	Wh	286
corrections			
$t \leftrightarrow 24h$	$24 - t_{TC}$	hh:mm:	02:59:33
SBY P	$P_{es}$	W	41,7
electric system corrected	$W_{EL-TC}$	Wh	8110
COP	$COP_{DHW}$		2,41

## 2.4.2 Wärmequelle Umgebung / Heat source environment

			D1
<b>set</b>			
set T		°C	55/46
air source T		°C	15
external static pressure	ESP	Pa	0
profile			XL
<b>meas</b>			
time test cycle	$t_{TTC}$	hh:mm:	22:01:45
ambient T		°C	15,0
air source T		°C	15,0
air source phi		%	72,1
water tap V		l	406,4
water tap Q	$Q_{TC}$	Wh	19456
water cold T	$\Theta_{WC}$	°C	10,2
water hot Tmax	$\Theta_{WHmax}$	°C	55,4
electric heatpump	$W_{EL-M-TC}$	Wh	8350
electric auxillary heater	$Q_{EL-TC}$	Wh	256
<b>corrections</b>			
$t < 24h$	$24 - t_{TTC}$	hh:mm:	01:58:15
SBY P	$P_{es}$	W	50,4
electric system corrected	$W_{EL-TC}$	Wh	8705
COP	$COP_{DHW}$		2,24

## 2.4.3 Wärmequelle Außenluft / Heat outside air

set			
set T		°C	55/46
air source T		°C	7
external static pressure	ESP	Pa	35
profile			XL
meas			
time test cycle	$t_{TTC}$	hh:mm:	23:25:40
ambient T		°C	20,7
air source T		°C	6,9
air source phi		%	89,7
water tap V		l	394,9
water tap Q	$Q_{TC}$	Wh	19488
water cold T	$\theta_{wc}$	°C	10,1
water hot Tmax	$\theta_{WHmax}$	°C	55,5
electric heatpump	$W_{EL-M-TC}$	Wh	9000
electric auxillary heater	$Q_{EL-TC}$	Wh	65
corrections			
$t < 24h$	$24 - t_{TTC}$	hh:mm:	00:34:20
SBY P	$P_{es}$	W	36,6
electric system corrected	$W_{EL-TC}$	Wh	9086
COP	$COP_{DHW}$		2,15

## 2.5 Bezugswassertemperatur / Reference water temperature

Folgende Werte wurden gemäß EN 16147 gemessen:  
The following values were measured according to EN 16147:

## 2.5.1 Wärmequelle Abluft / Heat source environment

meas max			
tapping time		hh:mm:	0:23:09
Tmax		°C	55,7
Tmin		°C	40,2
V tap		l	227,9
Q tap		Wh	11868
reference water temperature	$\theta'_{wh}$	°C	54,8

2.5.2 Wärmequelle Umgebung / Heat source environment

meas max			
tapping time		hh:mm:	0:23:10
Tmax		°C	55,7
Tmin		°C	41,5
V tap		l	226,7
Q tap		Wh	11799
reference water temperature	$\Theta'_{wh}$	°C	54,8

2.5.3 Wärmequelle Außenluft / Heat outside air

meas max			
tapping time		hh:mm:	0:23:30
Tmax		°C	55,7
Tmin		°C	40,7
V tap		l	229,5
Q tap		Wh	11949
reference water temperature	$\Theta'_{wh}$	°C	54,8

2.6 Maximal nutzbare Wassermenge / Maximum usable water volume

Folgende Werte wurden gemäß EN16147 gemessen:  
 The following values were measured according to EN 16147:

2.6.1 Wärmequelle Abluft / Heat source extract air

meas max			
tapping time		hh:mm:	0:23:09
Tmax		°C	55,7
Tmin		°C	40,2
V tap		l	227,9
Q tap		Wh	11868
equivalent usable water volume at $dT=30K$	$V_{max}$	l	340,7

2.6.2 Wärmequelle Umgebung / Heat source environment

meas max			
tapping time		hh:mm:	0:23:10
Tmax		°C	55,7
Tmin		°C	41,5
V tap		l	226,7
Q tap		Wh	11799
equivalent usable water volume at $dT=30K$	$V_{max}$	l	338,7

2.6.3 Wärmequelle Außenluft / Heat outside air

meas max			
tapping time		hh:mm:	0:23:30
Tmax		°C	55,7
Tmin		°C	40,7
V tap		l	229,5
Q tap		Wh	11949
equivalent usable water volume at dT=30K	V <sub>max</sub>	l	343,0

ENTWURF

A. Anhang / appendix

A.1. Fotos



Bild 2: Kältekreis / refrigeration circuit



Bild 3: Typschild (nachgereicht) / name plate (afterwards delivered)



## Bilag 4: Akkrediteret testrapport for prototype 5



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

### TEST REPORT

**Report no.:**  
300-KLAB-14-023

**Product:**  
Type: Air to Water Domestic Hot Water Heat Pump,  
Vesttherm VT3131 ECO

**Customer:**  
Vesttherm A/S

**Date:**  
15 May 2014

**Consultants:**  
Kamalathasan Arumugam & Lasse Sørensen

Energy and Climate  
Refrigeration and Heat Pump Technology



DANAK

TEST Reg. no. 300



DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE

Teknologiparken  
Kongsvang Allé 29  
DK-8000 Århus C  
Tel.: 72 20 20 00  
Fax: 72 20 10 19

TEST REPORT

Date:	2014.05.15	Page:	1 of 9
Report no.:	300-KLAB-14-023	Init.:	LAS/JGW
File no.:	586797	Enclosures:	0

[info@teknologisk.dk](mailto:info@teknologisk.dk)  
[www.teknologisk.dk](http://www.teknologisk.dk)

---

<b>Customer:</b>	Contact person:	Torben Lauridsen
	Company:	Vesttherm A/S
	Address:	Hoegevej 9
	City:	DK-6705 Esbjerg O
	Tel.:	+45 75 14 02 44

---

<b>Component:</b>	Brand:	Vesttherm
	Type:	Air-to-water domestic hot water heat pump (Ducted)
	Model:	VT3131 ECO 7231-0
	Series no.:	14020054

<b>Dates</b>	Component tested:	April 2014
--------------	-------------------	------------

<b>Procedure:</b>	EN 16147:2011 Heat pumps with electrical driven compressors – Testing and requirements for marking of domestic hot water units.
-------------------	---

<b>Remarks:</b>	The units were chosen and delivered by the customer and installed according to the manufacturer's instructions.
-----------------	---

<b>Conditions:</b>	Accredited testing was carried out in compliance with the current guidelines laid down by DANAK (Danish Laboratory Accreditation Scheme), please see <a href="http://www.danak.dk">www.danak.dk</a> , and in compliance with Danish Technological Institute's General Terms and Conditions regarding Commissioned Work Accepted by Danish Technological Institute, February 2013.
--------------------	---

The test results apply to the tested products only.

This test report may be reproduced in extract only if the Laboratory has approved the extract in writing.

<b>Division/Centre:</b>	Danish Technological Institute Energy and Climate Refrigeration Laboratory, Aarhus
-------------------------	--

**Date:**

**Signature:**

Kamalathan Arumugam  
B.Sc. Engineer

**Signature co-reader:**

Lasse Søe  
Head of laboratory



## Objective

The objective of this report is to document the performance of the ducted domestic hot water heat pump according to EN 16147:2011. The test was carried out at the two conditions mentioned in the following:

Test no. 1:

- Heat source air temperature  $t_{dry}=7^{\circ}\text{C}$  &  $t_{wet}=6^{\circ}\text{C}$
- Ambient temperature of storage tank  $t_{amb}=20^{\circ}\text{C}$
- Fan speed set point High
- Air flow  $300\text{ m}^3/\text{h}$
- Tank temperature set point  $t_{set}=53^{\circ}\text{C}$
- Tapping cycle XL

Test no. 2:

- Heat source air temperature  $t_{dry}=15^{\circ}\text{C}$  &  $t_{wet}=12^{\circ}\text{C}$
- Ambient temperature of storage tank  $t_{amb}=20^{\circ}\text{C}$
- Fan speed set point High
- Air flow  $300\text{ m}^3/\text{h}$
- Tank temperature set point  $t_{set}=55^{\circ}\text{C}$
- Tapping cycle XL

## Main Test Results – test no. 1

Presentation of main results	
Heating up time, h:mm	10 ; 0
Heating up energy input, kWh	4.45
Standby power input, W	33
Tapping cycle (S, M, L, XL, XXL)	XL
Effective total electrical energy consumption during whole tapping cycle, kWh	7.20
COP for tapping sanitary hot water	2.84
Reference hot water temperature, C	52.3
Maximum quantity of hot water, l	362
Temperature operating range, C	Not tested



### Average Measured Values – test no. 1

Presentation of average measured values	Stages as defined in EN16147				
	0	A	B*	C	D
<b>Measured quantity</b>					
<b>Temperature</b>					
- Heat source, inlet, C	-	7.0	7.2	7.0	7.0
- Heat source, inlet wet bulb (for air systems), C	-	6.0	6.4	6.2	6.3
- Intermediate heat transfer medium, inlet (for indirect systems), C	-	-	-	-	-
- Intermediate heat transfer medium, outlet (for indirect systems), C	-	-	-	-	-
- Domestic cold water, inlet, C	9.8	-	10.0	10.0	-
- Domestic cold water, outlet, C	10.3	-	-	50.3	-
- Ambient, C	-	20.0	20.0	20.0	20.0
<b>Flow rate</b>					
- Heat source (air) (only ducted units), m <sup>3</sup> /h	-	303	303	303	303
- Heat source (liquid), m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-
- Intermediate heat transfer medium (for indirect systems), m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-
- Domestic hot water, m <sup>3</sup> /h		See tapping table			
<b>Volume</b>					
- Tapped hot water, m <sup>3</sup>		See tapping table			
<b>Heat energy</b>					
- Heat energy of tapped water, kWh	-	-	20.46	12.63	-
- Uncertainty of measurement (heat energy of tapped water), kWh	-	-	0.61	0.38	-
<b>Pressure</b>					
- Internal static pressure difference (for calculation of proportional power input), Pa	-	-	-	-	-
- External static pressure difference (for calculation of proportional power input), Pa	-	93	93	93	93
- Gauge pressure, inlet (for ducted air systems), Pa	-	-40	-40	-40	-40
- Gauge pressure, outlet (for ducted air systems), Pa	-	53	53	53	53
<b>Cycles</b>					
- Number of compressor starts	-	1	2	3	1
<b>Electrical quantities</b>					
- Voltage, V	234.37	233.61	236.35	235.99	236.22
- Electrical energy, kWh	-	15.83	0.89	0.00	-
- Effective electrical energy (corrected for proportional fan power), kWh	-	15.57	0.85	0.00	-
- Uncertainty of measurement (Electrical energy), kWh	-	0.01	0.01	0.01	-
<b>Heat transfer medium (other than water)</b>					
- Concentration, %	-	-	-	-	-
- Density, kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
- Specific heat, kJ/kgK	-	-	-	-	-
<b>Time</b>					
- Duration of test, hours	-	10.00	26.01	47.72	0.42
- uncertainty of measurement, s	-	6/60	6/60	6/60	6/60

\* The last compressor on/off cycle during standby

Deviation: During standby period, the mean wet bulb temperature was 0.1K higher than allowed according to EN16147.



**Tapping Cycle XL Test Results – test no. 1**

According to EN16147					Measured values						
No.	Time	kWh	flow [l/min]	t desired, C	t useful, C	Heating energy, kWh	Water flow [l/min]	t_w.in, C (average)	t_w.out, C (average)	dT, K	Supplementary electrical heat, kWh
1	07:00	0.105	4.0		15	0.150	4.1	10.0	51.8	41.8	0
2	07:15	1.820	10.0		30	1.890	10.0	10.1	52.8	42.5	0
3	07:26	0.105	4.0		15	0.138	4.4	9.7	52.2	42.5	0
4	07:45	4.420	10.0	30	0	4.512	10.1	10.1	52.7	42.8	0
5	08:05	0.105	4.0		15	0.139	4.5	10.3	51.9	41.6	0
6	08:15	0.105	4.0		15	0.150	4.0	9.9	52.0	42.0	0
7	08:30	0.105	4.0		15	0.149	4.0	10.0	51.8	41.8	0
8	08:45	0.105	4.0		15	0.148	4.0	10.1	51.5	41.4	0
9	09:00	0.105	4.0		15	0.148	4.0	10.0	51.4	41.3	0
10	09:30	0.105	4.0		15	0.147	4.0	10.1	51.5	41.4	0
11	10:00	0.105	4.0		15	0.147	4.0	10.0	51.3	41.3	0
12	10:30	0.105	4.0	30	0	0.147	4.0	10.0	51.2	41.2	0
13	11:00	0.105	4.0		15	0.146	4.0	10.1	51.0	40.9	0
14	11:30	0.105	4.0		15	0.145	4.0	10.0	50.4	40.5	0
15	11:45	0.105	4.0	45	15	0.145	4.0	10.1	50.8	40.7	0.015
16	12:45	0.735	4.0		0	0.781	4.0	10.1	50.5	40.5	0
17	14:30	0.105	4.0		15	0.150	4.0	10.0	51.9	41.9	0
18	15:00	0.105	4.0		15	0.150	4.0	10.0	51.9	41.9	0
19	15:30	0.105	4.0		15	0.149	4.0	10.1	51.5	41.4	0
20	16:00	0.105	4.0		15	0.150	4.0	10.0	51.8	41.7	0
21	16:30	0.105	4.0		15	0.149	4.0	10.0	51.7	41.7	0
22	17:00	0.105	4.0		15	0.149	4.0	10.1	51.6	41.5	0
23	18:00	0.105	4.0		15	0.148	4.0	10.1	51.4	41.3	0
24	18:15	0.105	4		30	0.148	4.0	10.1	51.5	41.5	0
25	18:30	0.105	4		30	0.148	4.0	10.0	51.2	41.2	0
26	19:00	0.105	4		15	0.148	4.0	10.0	51.3	41.3	0
27	20:30	0.735	4	45	0	0.781	4.0	10.1	51.7	41.6	0.063
28	20:45	4.42	10	30	0	4.522	10.1	10.1	51.7	41.6	0
29	21:15	0.105	4		15	0.135	4.4	9.8	50.3	40.5	0
30	21:30	4.42	4	30	0	4.466	4.1	10.1	47.5	37.4	0
Total		19.070				20.457					0.078



DANAK

TEST Reg., no. 300



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

Page 5 of 9  
300-KLAB-14-023

## Main Test Results – test no. 2

Presentation of main results	
Heating up time, h:mm	8 : 56
Heating up energy input, kWh	4.14
Standby power input, W	31
Tapping cycle (S, M, L, XL, XXL)	XL
Effective total electrical energy consumption during whole tapping cycle, kWh	6.32
COP for tapping sanitary hot water	3.15
Reference hot water temperature, C	54.2
Maximum quantity of hot water, l	381
Temperature operating range, C	Not tested



## Average Measured Values – test no. 2

Presentation of average measured values	Stages as defined in EN16147				
	0	A	B*	C	D
<b>Measured quantity</b>					
<b>Temperature</b>					
- Heat source, inlet, C	-	15.1	15.2	15.2	15.5
- Heat source, inlet wet bulb (for air systems), C	-	12.0	12.3	12.1	12.6
- Intermediate heat transfer medium, inlet (for indirect systems), C	-	-	-	-	-
- Intermediate heat transfer medium, outlet (for indirect systems), C	-	-	-	-	-
- Domestic cold water, inlet, C	9.9	-	10.1	10.1	-
- Domestic cold water, outlet, C	9.8	-	-	52.0	-
- Ambient, C	-	20.0	20.0	20.0	20.0
<b>Flow rate</b>					
- Heat source (air) (only ducted units), m <sup>3</sup> /h	-	317	317	317	317
- Heat source (liquid), m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-
- Intermediate heat transfer medium (for indirect systems), m <sup>3</sup> /h	-	-	-	-	-
- Domestic hot water, m <sup>3</sup> /h		See tapping table			
<b>Volume</b>					
- Tapped hot water, m <sup>3</sup>		See tapping table			
<b>Heat energy</b>					
- Heat energy of tapped water, kWh	-	-	19.92	13.26	-
- Uncertainty of measurement (heat energy of tapped water), kWh	-	-	0.60	0.40	-
<b>Pressure</b>					
- Internal static pressure difference (for calculation of proportional power input), Pa	-	-	-	-	-
- External static pressure difference (for calculation of proportional power input), Pa	-	93	93	93	93
- Gauge pressure, inlet (for ducted air systems), Pa	-	-40	-40	-40	-40
- Gauge pressure, outlet (for ducted air systems), Pa	-	53	53	53	53
<b>Cycles</b>					
- Number of compressor starts	-	1	2	2	1
<b>Electrical quantities</b>					
- Voltage, V	232.15	232.64	235.29	235.31	233.60
- Electrical energy, kWh	-	4.38	0.85	0.00	-
- Effective electrical energy (corrected for proportional fan power), kWh	-	4.14	0.81	0.00	-
- Uncertainty of measurement (Electrical energy), kWh	-	0.01	0.01	0.01	-
<b>Heat transfer medium (other than water)</b>					
- Concentration, %	-	-	-	-	-
- Density, kg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
- Specific heat, kJ/kgK	-	-	-	-	-
<b>Time</b>					
- Duration of test, hours	-	8.94	26.09	46.29	0.43
- uncertainty of measurement, s	-	6/60	6/60	6/60	6/60

\* The last compressor on/off cycle during standby



### Tapping Cycle XL Test Results – test no. 2

No.	Time	According to EN16147				Measured values						Supplementary electrical heat, kWh
		kWh	flow [l/min]	t desired, C	t useful, C	Heating energy, kWh	Water flow [l/min]	t_w.in, C (average)	t_w.out, C (average)	dT, K		
1	07:00	0.105	4.0		15	0.132	4.2	10.1		53.6	43.5	0
2	07:15	1.820	10.0		30	1.897	10.0	10.2		54.8	44.6	0
3	07:25	0.105	4.0		15	0.143	4.5	9.9		54.4	44.5	0
4	07:45	4.420	10.0	30	0	4.485	10.0	10.3		54.7	44.5	0
5	08:05	0.105	4.0		15	0.139	4.5	11.2		54.1	43.0	0
6	08:15	0.105	4.0		15	0.129	4.0	10.1		54.1	44.0	0
7	08:30	0.105	4.0		15	0.128	4.0	10.0		53.9	43.9	0
8	08:45	0.105	4.0		15	0.129	4.0	10.1		53.9	43.8	0
9	09:00	0.105	4.0		15	0.128	4.0	10.0		53.8	43.8	0
10	09:30	0.105	4.0		15	0.127	4.0	10.1		53.6	43.5	0
11	10:00	0.105	4.0		15	0.128	4.0	10.0		53.5	43.4	0
12	10:30	0.105	4.0	30	0	0.125	4.0	10.1		53.0	42.9	0
13	11:00	0.105	4.0		15	0.125	4.0	10.1		52.8	42.7	0
14	11:30	0.105	4.0		15	0.124	4.0	10.0		53.0	42.9	0
15	11:45	0.105	4.0	45	15	0.124	4.0	10.2		52.9	42.7	0.007
16	12:45	0.735	4.0		0	0.771	4.1	10.1		54.8	44.7	0
17	14:30	0.105	4.0		15	0.127	4.0	10.2		53.8	43.6	0
18	15:00	0.105	4.0		15	0.127	4.0	10.1		53.8	43.7	0
19	15:30	0.105	4.0		15	0.126	4.0	10.2		53.7	43.5	0
20	16:00	0.105	4.0		15	0.125	4.0	10.2		53.6	43.4	0
21	16:30	0.105	4.0		15	0.125	4.0	10.2		53.2	43.0	0
22	17:00	0.105	4.0		15	0.125	4.0	10.2		53.5	43.3	0
23	18:00	0.105	4.0		15	0.124	4.0	10.1		53.2	43.1	0
24	18:15	0.105	4		30	0.124	4.0	10.1		53.0	43.0	0
25	18:30	0.105	4		30	0.125	4.0	10.0		53.3	43.2	0
26	19:00	0.105	4		15	0.124	4.0	10.2		53.1	42.9	0
27	20:30	0.735	4	45	0	0.764	4.0	10.1		53.4	43.3	0.029
28	20:45	4.42	10	30	0	4.486	10.0	10.2		53.4	43.2	0
29	21:15	0.105	4		15	0.136	4.5	10.6		52.6	42.0	0
30	21:30	4.42	4	30	0	4.447	4.1	10.2		48.4	38.2	0
Total		19.070				19.922						0.036





DANAK

TEST Reg., no. 300



DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE

Page 8 of 9  
300-KLAB-14-023

## Unit





**DANAK**

TEST Reg., no. 300



**DANISH  
TECHNOLOGICAL  
INSTITUTE**

Page 9 of 9  
300-KLAB-14-023

## Marking Plate

<b>Brauchwasserwärmepumpe</b>		S/N: 14020054
<b>Modell VT 3131 ECO 7231-0</b>		PN: 05442
Spannung / Frequenz:	230 V - 50 Hz	
Heizleistung Kompressor:	1,850 kW	
Leistungsaufnahme Kompressor:	600W	
Elektrischer Heizeinsatz:	2,0 kW	
Leistungsaufnahme inkl Heizeinsatz:	2,6 kW	
Sicherung:	13 A	
Schutzart:	IP 21	
Max. Betriebstemperatur:	65 °C	
Kältemittel:	R 134 a - 0,900 kg	
Max. Überdruck:	2,5 MPa / 25 bar	
Dichtheitsgeprüft:		
Zulufttemperatur min/max:	-10°C ... +36°C	
Luftmenge:	200-300 m <sup>3</sup> /h	
Speicher. Korrosionsfest emailliert		
Prüfdruck:	1,3 MPa / 13 bar	
Betriebsdruck:	1 MPa / 10 bar	
Max. speichertemperatur:	65°C	
Inhalt netto (Nennvolumen):	266 l	
Gewicht Leer:	114 kg	
Gewicht Voll:	380 kg	



## Bilag 5: Referater fra projektmøder i april 2012 og januar 2013.

Teknologisk Institut

25. april 2012/Per Henrik Pedersen

### **Referat fra opstartsmøde i Brugsvandsvarmepumpeprojektet den 10. april.**

Tilstede:

Torben Lauridsen, Vesttherm

Finn Tølle, Vesttherm

Martin Bang, Vesttherm

Hans Erik Fogh, Danfoss

Stefan Wesch, Danfoss

Henrik Dahl Thomsen, EBM Papst

Morten Skovrup, IPU/DTU

Lasse Søe, Teknologisk Institut

Marcin B. Andreassen, Teknologisk Institut

Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

Fraværende pga. ferie: Svend Vinter Pedersen, Teknologisk Institut

#### 1. Velkomst og præsentationsrunde

PHP bød velkommen til Teknologisk Institut og deltagerne præsenterede sig. Mødet foregik mest på engelsk, men dette referat er skrevet på dansk, da de fleste kan forstå det.

#### 2. Projektets indhold

PHP viste en præsentation, hvor baggrunden for projektet er gennemgået, ligesom projektets indhold gennemgås. Præsentationen er vedlagt.

Deltagerne er:

Vesttherm (producer)

Danish Technological Institute (project manager, tests, investigation, reporting)

Danfoss (control system)

EBM Papst (fans and optimizing of airflow)

IPU/DTU (partner for technical discussions of ideas)

A user of tap water heat pump (DONG)

DONG ønsker ikke at blive inddraget før vi er klar til at planlægge field-test.

Der er et marked for brugsvandsvarmepumper i Danmark, og på trods af dette er produktet næsten ukendt for almindelige forbrugere. Endvidere vil EU Ecodesign-krav samt energimærkning af vandvarmere gøre brugsvandsvarmepumper attraktive, mens elvandvarmere vil blive hårdt ramt af EU-reglerne. Derfor forventes markedet for brugsvandsvarmepumper at stige eksplosivt i de kommende år.

Målsætning i projektet:

- Ny varmepumpe med 30 % bedre effektivitet
- Produktet skal være i bedste EU energimærkningsklasse!
- Hvis muligt: Naturligt kølemiddel.
- Produktet skal være konkurrencedygtigt
- Produktet skal kunne indpasses i fleksibelt el-system

- Produktet skal kunne forbindes til termiske solvarmepaneller, og control-systemet skal kunne matche dette.

Projektet er opdelt i 9 faser, som angivet i præsentationen (se denne).

### 3. Den eksisterende varmepumpe ("FØR-modellen")

Finn Tølle gennemgik hovedkomponenter i den eksisterende varmepumpe (se snittegning i præsentationen). FT fortalte endvidere at kondensatoren er viklet omkring vandtanken (270 liter) på ydersiden, fornedet. Der bliver benyttet 59 meter D-rør i aluminium. Kondensatorrøret kan ikke anbringes inde i tanken!. Kondenseringstemperatur ca. 70 – 75 grader (Er det rigtigt?- PHP). Varmtvandstanken er isoleret med 70 mm PU-skum (Den runde model) og mellem 60 og 70 mm (den firkantede model).

Opvarmningskapacitet er ca. 570W.

Der er hot-gas-afrimning af fordamper.

Der benyttes en Embraco-kompressor.

Kølemiddel: 800 g R134a

Vesttherm vil distribuere tekniske specifikationer til projektdeltagerne.

### 4. Testprocedure

Produktet skal testes efter ny teststandard (EN16147:2011), og Teknologisk Institut er i gang med at forberede test efter denne. Tidligere har instituttet lavet test af brugsvandsvarmepumper efter en gammel standard.

Den nye standard giver flere forskellige muligheder for temperaturer (især indblæsningstemperatur), og vi skal have bestemt, hvilken tilstand produktet skal testes i.

Vesttherm har fremsendt et produkt, som skal testes. Der var lejlighed til at se produktet og laboratoriet.

### 5. Forslag til forbedringer

Der er allerede nogle forslag til forbedringer:

- Brug af rotationskompressor. Vesttherm mener at vide, at en Hitachi rotationskompressor vil være signifikant bedre end de nuværende stempelkompressorer, og at de ikke behøver at være specielt dyre.
- Bedre fordamper/blæser-design: Der er en antagelse om, at der kan opnås større luftflow og bedre varmeovergangsforhold ved alternativt design

Herudover blev visse muligheder diskuteret:

- Kondensator: Kan man med fordel benytte microchannel-kondensatorrør (et fladt rør med parallelle kanaler). Dette vil i givet fald reducere kølemiddelfyldningen og måske hjælpe med at kunne benytte R290 som kølemiddel?
- Kondensator: Hvorfor er kondensatoren placeret fornedet, uden på tanken, når det varme vand tappes foroven, og der sker stratificering i tanken? (Det umiddelbare svar: Det har man gjort i 30 år, og det virker!)
- Vandtank: Kan det være en fordel at reducere opblanding af varmt vand og koldt indgangsvand?
- Kan det være en fordel at benytte elektronisk ekspansionsventil i stedet for termostatisk ventil?
- Fordamper: Der vil være plads til en højere og tyndere fordamper. Derved vil trykfaldet kunne reduceres over fordamperen, og derved vil det være muligt at benytte andre og mere

effektive ventilatorer. Vi skal dog huske, at der også er trykfald i rørkanaler. Når vi tester apparaterne skal vi måle trykfald over fordamper (og måske over fordamper + rørkanaler?). Det vil kunne give input til at vælge bedre ventilatorer.

- Variable Speed Drive (VSD)-kompressor: Der var lidt diskussion om dette. Flere mente, at det ikke er så interessant i dette projekt, mens andre mener, at det er for tidligt at udelukke det.
- VSD-ventilator: Kunne være en mulighed, eventuelt således, at man indretter hastigheden efter konkret opstilling/trykfald.
- Naturligt kølemiddel: CO<sub>2</sub>. FT har info om Sanden-kompressor, som muligvis kan benyttes. Endvidere er der erfaring fra et gammelt projekt (ca. 10 år gammelt), hvor man forsøgte sig med CO<sub>2</sub> ud fra de komponenter, som dengang var tilgængelige.
- Naturligt kølemiddel: R290: Det er en mulighed, hvis vi kan begrænse fyldningen til max 150 gram, hvilket burde være muligt ud fra erfaringer fra andre projekter. Det vil dog kræve brug af andre komponenter med mindre volumen (se tidligere).
- Flexibelt elnet: Danfoss arbejder allerede med tilpasning til smart grid. Danfoss vil have spørgsmål til, hvordan produktet skal styres, og det må TI forsøge at give input til!
- Styringen af solar-delen: HEF fremførte, at man ikke på stående fod kan overskue at integrere styring af soldelen, og det må vi se på senere.
- Danfoss fremlagde mulighed for, at et apparat kan komme til Danfoss og blive testet. Det kan være en god ide ifm. optimering af styringen.

## 6. Økonomi

Det er vigtigt, at alle parter følger timebudgettet (se præsentationen), registrer timer og udlæg, og indrapporterer dette til TI. TI skal nok vejlede om rapporteringen, når det bliver aktuelt.

PHP spurgte, om der er behov for mere formelle samarbejdsaftaler i projektet, og flere efterlyste et udkast til samarbejdsaftale. PHP udarbejder udkast op til næste projektmøde.

## 7. Hvad nu?

Det er vigtigt, at TI kommer i gang med test af det fremsendte apparat, og bliver fortrolig med den nye teststandard. Hvordan kommer apparatet til at ligge ift. Ecodesign-krav og udkast til energimærkning?

TI vil udarbejde forslag til tidsplan m.v.

Næste projektmøde om ca. 3 måneder, når der er nye resultater. (Måske inden sommerferien).

*U21: Her starter test af fremsendt apparat. Testen vil blive udført i særskilt prøvestand, hvor dette apparat og fremtidige prototyper kan opholde sig i længere tid uden at forstyrre de almindelige test af varmepumper.*

*Vesttherm meddeler, at man vil foretrække indgangstemperatur af luft: +15 °C.*

*PHP og SVP kommer snart med mere detaljeret tidsplan i forbindelse med internt møde.*

Teknologisk Institut

17. januar 2013/Per Henrik Pedersen

## Referat fra projektmøde den 15. januar 2013 i projektet: PSO Brugsvandsvarmepumpeprojekt.

Sted: Teknologisk Institut, Aarhus

Deltagere:

Torben Lauridsen, Vesttherm  
Finn Tølle, Vesttherm  
Martin Bang, Vesttherm  
Georg Fösel, Danfoss  
Stefan Wesch, Danfoss  
Henrik Dahl Thomsen, EBM Papst  
Morten Skovrup, IPU/DTU  
Marc Galang, DTU-studerende  
Maria Bahnsen, DTU-studerende  
Lasse Søe, Teknologisk Institut  
Marcin B. Andreassen, Teknologisk Institut  
Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

1. Velkomst.
2. Baggrund for projektet. PHP fortalte om baggrunden for projektet, som er støttet af Elforsk. PHPs præsentation er vedlagt i PDF. Der skal udvikles en ny generation af brugsvandsvarmepumper med 30 % bedre COP, den skal være konkurrencedygtig, gerne spille sammen med "smart grid" og være i bedste energiklasse i kommende EU-energimærkningssystem.
3. Resultater hidtil:
  - LAS fortalte, at der er brugt mange ressourcer på at få målesystem for ny testmetode op at stå. Især tappesekvenserne var svært at få op at stå. Man nu virker det, og der er testet tre udgaver af brugsvandsvarmepumpen. Standard-varmepumpen (med Embraco-kompressor) har en COP på 2,24, svarende til energieffektivitetsindex på 90 %. Derefter er testet en version med en Hitachi rotationskompressor, og COP er målt til 2,48, svarende til et index på 99 %. Endelig er der testet en version med en ny SECOP (Danfoss) varmepumpekompressor, og COP er nu 2,76, svarende til et index på 110 %. Denne sidste udgave er ret tæt på at komme i energiklasse A+, og forbedringen i COP er 22,2 % i forhold til standardmodellen.
  - LAS fortalte også om den nye teststandard og forslag til EU-energimærkningssystem. Det er lidt uklart, hvad "smart-faktoren" er, og det bør vi finde ud af. Man kan måske få noget bonus her?
  - TL fortalte, at der er gennemført tilsvarende test i Schweiz, og resultatet er næsten identisk med test på TI. Der er også gennemført en test i Stuttgart, som også svarer til testresultat på TI, og det er betryggende.
  - TL fortalte, at man går efter A+, og det ligger indenfor rækkevidde. Desuden vil det være et scoop, hvis man kan introducere et apparat med naturlige kølemidler.
  - Vesttherm (TL, FT og MB) fortalte endvidere, at der bør sættes på at benytte stempelkompressor, måske fra SECOP. Det vil også gøre det lettere at benytte

propan som kølemiddel. Støjniveauet bør være så lav som muligt. Vesttherm tror ikke så meget på CO<sub>2</sub> som kølemiddel, da det vil blive dyrere og næppe så effektivt. Vesttherm er ved at indføre et nyt isoleringsskum, som skulle være lidt mere effektivt, og dermed reducere varmetab.

- Vesttherm uddelte en ny flot produkt-pjece.
- EBM Papst (HT) gav en rigtig god præsentation af muligheder for at forbedre luftstrømmen igennem apparatet. EBM Papst har modtaget et apparat i deres laboratorium i Tyskland, men har endnu ikke nået at teste det, fordi nye Ecodesign-krav til ventilatorer har haft første prioritet. Men HT har foretaget en analyse baseret på sine og firmaets erfaringer, og forskellige tiltag fremgår af vedlagte PDF-udgave af præsentationen. FT påpegede, at levetid er vigtig, og skal være mindst 10 år. HT svarede, at med energibesparende ventilatorer er levetiden endnu større, idet udtørring af lejer er langsommere. En af de mest interessante muligheder for forbedring er en større fordamper (højde og længde) og tyndere i luftstrømningsretningen. Nuværende ventilator benytter ca. 48 W, når den kører.
- Danfoss kan bl.a. bidrage med forbedret ekspansionsventil med mindre overhedning; samt ny styring. Der benyttes i dag termostatisk ekspansionsventil, og det er tvivlsomt, om en elektronisk ekspansionsventil vil kunne gøre apparatet så mere effektivt, at det kan retfærdiggøre merprisen.
- Derimod kan Danfoss' M6-platform være en god mulighed for ny styring til varmepumpen. Forskellige "smart-issues" kan implementeres i denne styring, som også kan kommunikere med de mest almindelige eksterne kilder, som muliggøre fremtidig indpasning i smart grid. Der skal dog foretages en programmering af styringen, så den passer til varmepumpen.

#### 4. Simuleringsprogram

Marc og Maria har i efteråret 2012 udarbejdet et statisk og et dynamisk simuleringsprogram for varmepumpen, og har tilpasset dette til testresultater. Programmet er baseret på EES, og er baseret på Hitachi-udgaven af varmepumpen. Det passer meget fint, og der er kun små afvigelser i temperaturen i det dynamiske forløb ved tappesekvenserne.

Programmet kan benyttes til at vurdere forbedringspotentialer ved f.eks. af skifte kompressor, ved at skifte kølemiddel og ved at ændre på isoleringsmateriale.

Flere nævnte, at det er et flot stykke arbejde, og udtrykte ønske om, at projektdeltagerne kan få programmet og materialet, når Marc og Maria skal aflevere projektet i løbet af 1½ uge.

#### 5. Diskussion af forbedringstiltag

- Kompressor: Der er allerede sket stor forbedring ved at benytte en ny stempelkompressor fra SECOP. Vesttherm kan godt tænke sig at prøve at benytte en tilsvarende kompressor til propan. Der eksisterer ikke kommercielt tilgængelige propankompressorer til varmepumpedrift i den relevante størrelse, og derfor vil man ifølge FT forsøge at benytte en køleskabskompressor og håbe, at motoren kan klare det ekstra arbejde, som den forhøjede tryk medfører. Apparatet vil få en fyldning på mere end 150 gram (måske 250 – 300 g), og det er lidt spændende hvordan myndigheder vil se på det i fremtiden. 150g-grænsen for brændbare kølemidler vil formentlig blive lavet om. Det skal nævnes, at det ikke er forbudt at benytte mere end 150 g propan i en varmepumpe, men det kræver ekstra sikkerhedsforanstaltninger i forhold til, hvis fyldningen er mindre end 150 g.

- Vesttherm vil lavet apparat med ekstra lang kondensator. Den bliver forlænget med 10 – 20 meter for at skabe bedre varmeovergang. Nuværende længde er 59 m.
- Microchannel: Det er ikke et issue for fordamperen. Vesttherm ønsker forsat at benytte kobber-fordamper, da den er mere modstandsdygtig overfor tæring.
- Luftflow: Vesttherm har anskaffet en ny fordamper, som er bredere i højde og længde, men tyndere i luft-retningen. Dermed afprøves en test af en af HT/EBM Papst's forslag.

#### 6. Fordeling af opgaver

Det er ret logisk, hvordan opgaverne fordeles, og derfor var der ikke diskussion under dette punkt.

#### 7. Økonomi

De deltagende partnere har været gode til at foretage de halvårslige ressourceindberetninger. Danfoss har endnu ikke gjort dette, da man ikke har været så meget med i arbejdet hidtil. Men dette vil ændre sig nu, og PHP vil kontakte Danfoss ifm. næste indberetningsrunde og hjælpe med indberetningen.

TI har p.t. forbrugt ca. 60% af de tildelte ressourcer, og det er især gået til opbygning af testfaciliteter og til test af de 3 apparater. Vi skal derfor være økonomiske med det fremtidige forbrug og sørge for at få de planlagte aktiviteter udført på en rationel måde.

#### 8. Slut



## Bilag 6: Statusmøde i januar 2014

Teknologisk Institut  
21. januar 2014/Per Henrik Pedersen

### Referat fra møde mellem Vesttherm og Teknologisk Institut den 16. januar 2014.

Sted: Teknologisk Institut, Aarhus  
Deltagere: Torben Lauridsen og Finn Tølle, Vesttherm, Lasse Søe og Per Henrik Pedersen, TI.

Anledningen er, at der har været lidt skuffende resultater fra test af den sidste prototype, og derfor besluttede TI at invitere Vesttherm til et uformelt projektmøde.

#### Generel udvikling i projektet:

Der har været en stor forbedring af virkningsgraden af prototyperne i projektet.

Vi har to akkrediterede testrapporter fra

- a) Projektets start i 2012
- b) Fra december 2013

Testene er foretaget efter EN16147:2011, ved luftindtag: +7 °C, Ved ambinet: +20 °C og i tapping cycle: XL.

Resultatet er, at COP i a) er målt til 2,15 og COP i b) er målt til 2,83.

Der er altså sket en forbedring på 31,6 % i effektiviteten. Dermed har vi opfyldt projektets målsætning vedrørende effektivitet (som var 30 %).

Forbedringen er sket med følgende tiltag:

- Brug af en større termostatisk ekspansionsventil (eller rettere: Ekspansionsventil med større dyse)
- Bedre fordamper-konstruktion inklusiv luftkanalerne omkring fordamperen
- Lidt større kølemiddelfyldning

Parallelt hermed er Vesttherms standardprodukter (i produktionen) forbedret med ca. 15 % i løbet af projektførløbet.

Både Vesttherm og Teknologisk Institut har været tilfreds med forløbet og resultaterne for effektiviteten.

#### Test af sidste prototype, ultimo 2013:

I løbet af udviklingsforløbet har der været bygget adskillige prototyper og der er foretaget adskillige test på prøvestand på TI. Denne prøvestand har stået til rådighed over hele projektets forløb, og luftindtaget er på denne ikke-akkrediterede prøvestand er +15 °C, hvilket er en anden af mulighederne i standarden. Tappe cycle har været L i alle test. Resultaterne er dermed ikke direkte sammenlignelige med de ovennævnte akkrediterede test.

Der er som tidligere nævnt (bl.a. på projektmøde i 2013) opnået store forbedringer på COP i forbindelse med disse prototyper og test, og vi er meget tæt på, at produktet kan komme i energiklasse A+ ifølge den nye EU-energimærkningsordning for vandvarmere.

Derfor har Vesttherm bygget en ny prototype, som vi testede i slutningen af 2013. Den kørte rigtig fint på teststanden på TI, men slutresultatet med alle tapningerne var lidt skuffende og ikke bedre end den forrige prototype. Det er måske fordi, at prototypens kølesystem kørte lidt uhensigtsmæssigt under selve tappeproceduren i testen.

#### **Næste step:**

På den baggrund besluttedes det, at Vesttherm skal fremstille endnu en prototype, med lidt større diameter i sugeledningen (10 mm mod 8 mm før) og med 990 g kølemiddel.

EBM Papst har stillet Vesttherm i udsigt, at de kan få en ny mere effektiv model af ventilatoren. Hvis Vesttherm når at få denne ventilator, vil den blive monteret på prototypen.

Vesttherm vil levere prototypen til TI ca. 7. februar.

Herefter monterer TI varmpumpen på prøvestanden (+15 °C, L) og foretager test, som vil være færdig ca. 28. februar.

Hvis testresultatet er vellykket kan varmpumpen testes på akkrediteret stand i april 2014.

Danfoss arbejder parallelt i projektet med at lave en ny styring, som kan indpasses i fleksibelt el-system.

TI planlægger at indkalde projektgruppen til et afsluttende projektmøde i april.

#### **Vedrørende ELFORSK:**

Følgende skal afklares med ELFORSK:

Vi anbefaler, at vi dropper mini-field-testen fordi:

- DONG er i praksis hoppet fra projektet ifm. oprydning internt i DONG. De har ikke svaret på henvendelse, om de stadig er med i projektet.
- DONGs andel af projektet er meget beskedent og de har ikke deltaget i projektmøder
- Vi bruger (ifølge ovenstående) ressourcer på at gøre produktet bedre igennem test af prototyper og forsøg på at nå energiklasse A+.

Til gengæld vil ELFORSK få følgende resultat af projektet:

- En brugsvandsvarmpumpe i energiklasse A+, som vil blive sat i produktion senere i 2014, og det er formentlig den mest energieffektive brugsvandsvarmpumpe på markedet