



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Energieffektive brugsvands- varmepumper med naturlige kølemidler

Slutrapport

Miljøprojekt nr. 2047

Oktober 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

Grafiker/bureau:

Teknologisk Institut

ISBN: 978-87-93710-96-2

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Indledning	4
1.1	Miljøeffekt	6
1.2	Målsætning	8
1.3	Projektbeskrivelse	9
1.4	Projektudøvende	9
2.	Opstart af projektet	11
3.	Test af første prototype	12
4.	Nye prototyper	13
5.	Endelige modeller af brugsvandsvarmepumper	15
5.1	Akkrediteret test af stor model	15
5.2	Akkrediteret test af den lille model	16
6.	Sikkerhed	19
7.	Sammenfatning og konklusion	20
	Bilag 1.Beregninger for kondensatorplacering med TRNSYS	21
	Bilag 2.Testrapport for første prototype	28
	Bilag 3.Beregninger og analyser vedrørende intern varmeveksler	42
	Bilag 4.Analyse af testresultater for første prototype af lille model	45
	Bilag 5.Akkrediteret test af den store model	48
	Bilag 6.Akkrediteret test af den lille model	57

1. Indledning

Vesttherm A/S i Esbjerg fremstiller ca. 10.000 brugsvandsvarmepumper om året, og der er ca. 0,9 kg R134a i hvert apparat. Disse produkter fremstiller varmt brugsvand til en familie, og energien tages fra afkastluft fra huset – eller alternativt fra udeluft, som afkøles, før den sendes ud af huset igen.

Det går godt med produktion og salg af produktet, som endnu ikke er så kendt i Danmark, men som sælges igennem store kunder i udlandet, som sælger produkterne i eget navn. Vesttherm har i starten af projektperioden udvidet produktionskapaciteten og produktionsarealet fra 1600 m² til 6000 m² i nye fabrikslokaler i Esbjerg.

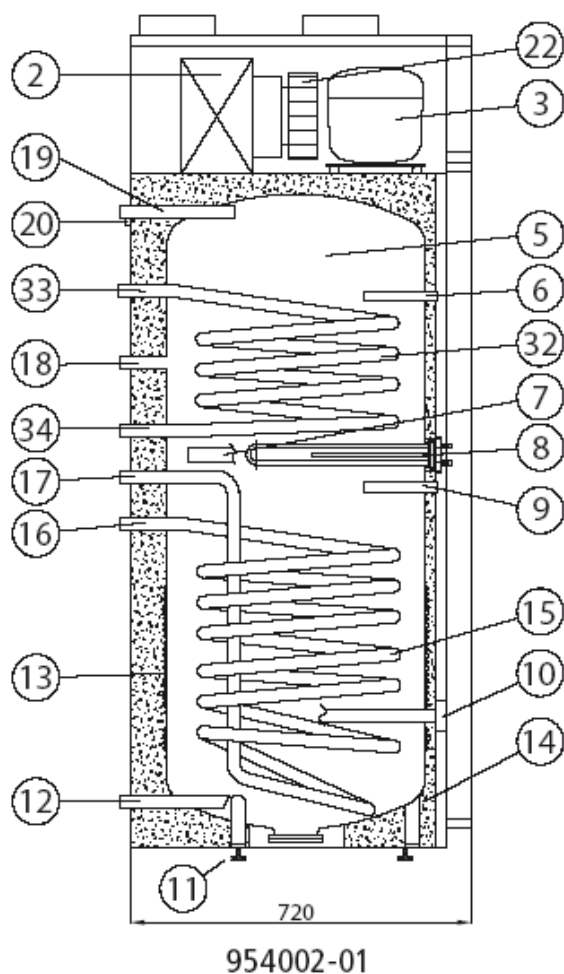


Foto af brugsvandsvarmepumpe fra Vesttherm udviklet i et ELFORSK-projekt og udstillet på messe i Frankfurt i marts 2015.

Vesttherm har sammen med Teknologisk Institut udviklet og testet en brugsvandsvarmepumpe med en COP (Coefficient Of Performance) på 3,15, og dette apparat er i energiklasse A⁺ og er blandt de mest energieffektive apparater på markedet (ref: Energieffektiv brugsvandsvarmepumpe, Slutrapport, ELFORSK-projekt nr. 344-005).

Projektet vandt ELFORSK-prisen 2015. Denne pris blev uddelt på Energiens Topmøde i 2015.

Det lykkedes ikke at skaffe komponenter til naturlige kølemidler i dette projekt, som blev afsluttet medio 2014.



Principtegning af brugsvandsvarmepumpe. Kompressor og fordamper er placeret foroven, og kondensatoren (13) er viklet omkring den nedre halvdel af varmtvandsbeholderen. Koldt vand tilføres ved punkt 12, og varmt brugsvand aftappes ved 19. Produktet kan leveres med fra nul til to rørspiraler (15 og 32) til f.eks. supplerende solvarme og til at opvarme et mindre badeværelsesgulv.

Vesttherm har gjort sig overvejelser om at benytte propan (R290) i disse produkter, idet der er tale om et mere energieffektivt kølemiddel, og det vil potentielt kunne gøre Vesttherm endnu mere konkurrencedygtig på det europæiske marked.

Der blev i september 2015 indført et nyt EU-energimærkningssystem for apparater til at producere varmt brugsvand. Vesttherm havde ved projektets start et af de mest effektive produkter i energiklasse A+. Med propan vil det være muligt at gøre varmepumpen endnu mere energieffektiv.

Teknologisk Institut aftalte med Vesttherm at udarbejde projektoplæg til MUDP om udvikling og test af prototyper med propan, og at disse prototyper kan vises frem for potentielle kunder. Ventilatorfabrikanten EBM Papst blev også inddraget i dette projekt. Senere blev Vonsild Consulting inddraget som underleverandør med speciale i sikkerhedsspørgsmål ifm. brug af brændbare kølemidler.



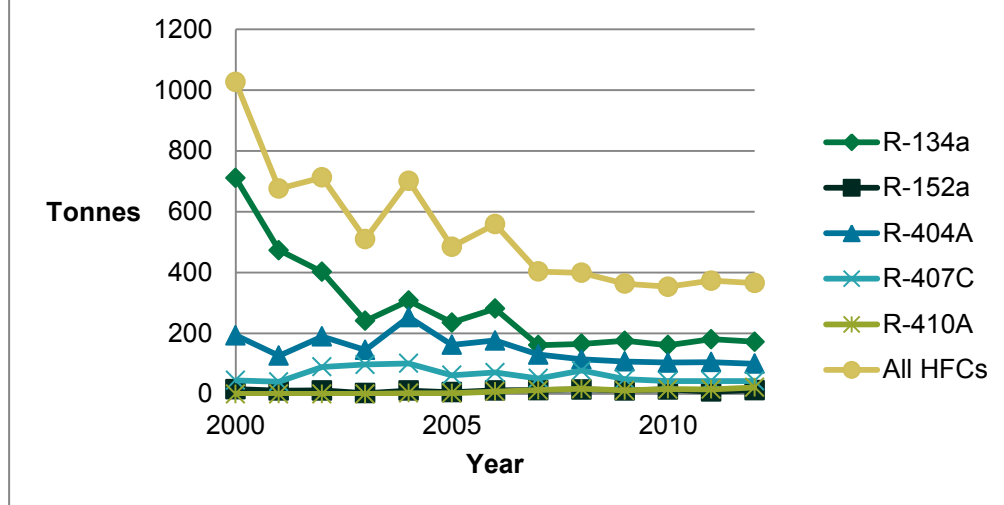
Foto: Fra produktionen hos Vesttherm i Esbjerg. På billedet vises nogle af komponenterne i brugsvandsvarmepumpen (fordamper + ventilator samt kompressor).

1.1 Miljøeffekt

I dette afsnit beskrives forbruget af HFC-kølemidler i Danmark og forbruget af HFC i de forskellige varmepumpe typer. Forskellige muligheder for at benytte alternativer beskrives ligeledes.

Forbruget af HFC-kølemidler faldt fra ca. 1000 tons pr. år til ca. 360 pr. år fra år 2000 til 2010. Herefter har forbruget været nogenlunde konstant med mindre variationer mellem de forskellige kølemidler og forbrugsområder.

Import of HFCs to Denmark, Source: Danish EPA, 2013



Graf: Årligt forbrug af HFC-stoffer i Danmark.

Kilde: Miljøstyrelsen.

Tons	Import af produkter med HFC					Produktion af varer med HFC					Service	I alt
	Bil AC	I-I-VP	Andre VP	Chillers	Andet	CDU	Plug-in	VP	AC	Automatik		
HFC totalt	90	22	10	10	17	43	10	25	5	13	115	360
R134a	90				17	18	6	15			32	178
R410A		22										22
R404A						25	4				70	99
R152a										13		13
R407C			10	10				10	5		10	45
Andre											3	3

Tabel: Fordeling af forbruget af de 360 tons HFC, som årligt benyttes i Danmark. Det ses, at varmepumper udgør ca. 57 tons pr. år, hvoraf de 25 tons benyttes til produktion af varmepumper i Danmark. De resterende 32 tons benyttes i importerede produkter (som er forfyldte med kølemiddel) – især luft-luft-varmepumper.

Kilde: Rapport udarbejdet i 2014 af Teknologisk Institut for Miljøstyrelsen.

Forbruget af HFC til varmepumper er stigende

Varmepumper udgør ca. 57 tons HFC, og det er en signifikant andel af det totale forbrug på ca. 360 tons/år (16 %). Både det relative (og det absolutte) forbrug til varmepumper vil formentlig stige i de kommende år, når forbruget til andre formål udfases. Nye biler er ved at blive udstyret med AC-anlæg med HFO eller CO₂, og hermed vil det relative forbrug til varmepumper stige til omkring 21 %, forudsat at forbruget på andre områder er konstant. Endvidere forventes en stigning i salget af varmepumper til erstatning af især oliefyrt, ligesom der forventes en stigning i produktionen af især brugsvandsvarmepumper til eksport.

HFC-forbruget til varmepumper vil blive mere synligt fremover, og hvis ikke det lykkes at få erstattet HFC i varmepumper, kan man måske risikere, at op til en tredjedel af al HFC benyttes hertil om få år.

Brugsvandsvarmepumper

Der er i Danmark en produktion af boligventilationsvarmepumper (luft/luft) og brugsvandsvarmepumper (luft/vand). Det sker hos Nilan, Vesttherm og Genvex. Alene Vesttherm producerer ca. 10.000 brugsvandsvarmepumper om året, og produktionen er stigende. Vesttherm har en større produktionskapacitet, og nye EU-regler (herunder energimærkning) medfører, at disse produkter vil vinde ind på det marked, som ellers udgøres af elvandvarmere.

Andre mindre varmepumper til opvarmning af private boliger

Der er produktion af væske-vand-varmepumper ("jordvarme") og luft-vand-varmepumper i Danmark hos bl.a. Nilan og DVI. Der er også import af disse typer af varmepumper fra især Sverige, men også fra Tyskland og Kina. De fleste produkter benytter R407C, men også R410A og R404A bliver benyttet. Der er typisk fra 1 til 3 kg kølemiddel i disse produkter. I anlæg med større kapacitet kan der dog være betydeligt mere kølemiddel.

Der har været tiltag til at benytte R290 i disse produkter, men det er aldrig rigtig slået igennem i Danmark. Det er sandsynligvis på grund af sikkerhedskrav, som gør, at installation af propan-baserede varmepumper vil blive dyrere. Der er krav til udluftning af anlæg, som er placeret indendørs, og det vil fordyre anlæggene, og elforbrug til udluftningen vil måske udligne den effektivitetsfordel, som brug af propan vil have. For luft-vand-varmepumper, hvor hele køleanlægget står udendørs, er der ingen udfordringer med sikkerhed, og det må det være oplagt at benytte R290.

Prisstigninger på HFC

Der er i løbet af 2017 og i første halvdel af 2018 sket enorme prisstigninger på HFC-kølemiddel. Årsagen til dette er mangel på kølemiddel, som skyldes EU's F-gas-direktiv, som begrænser udbuddet af kølemiddel i takt med implementering af nedfasningstrinene i direktivet. Dette har sendt voldsomme bølger gennem varmepumpebranchen og er selvsagt med til at få producenterne til at se sig om efter alternativer.

Miljøeffekt

Ved at substituere R134a med propan (R290) i produktionen af brugsvandsvarmepumper, vil ca. 9 tons R134a blive substitueret hos Vesttherm, når substitutionen slår fuldt igennem. Da produktionen af brugsvandsvarmepumper er stigende, vil den potentielle reduktion være tilsvarende større.

Endvidere forventes en succesfuld substitution hos Vesttherm at medføre, at andre produkter også vil gå over til propan – herunder boligventilationsvarmepumper og visse luft-vand-varmepumper.

1.2 Målsætning

Målsætningen er at udvikle og teste en brugsvandsvarmepumpe, som benytter naturlige kølemidler, er mere effektiv sammenlignet med HFC-modellen og er konkurrencedygtig. Det er en målsætning, at det nye produkt bliver mere energieffektivt sammenlignet med HFC-basismodellen.

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

1.3 Projektbeskrivelse

Projektet er opdelt i fem arbejdsplaner:

1. Projektlejledning, beskrivelse af state-of-the-art og beskrivelse af mulige nye teknologier, som kan afprøves i projektet – herunder brug af ny kompressor og andre komponenter til propan samt andre naturlige kølemidler. Derudover udvikling af beregningsprogram. Eksisterende beregningsprogram "tunes" til at passe til tidligere testresultater. Der udarbejdes forslag til ændringer (ex. ny R290-kompressor og brug af microchannel-varmevekslere).
2. Undersøgelse af sikkerhedsforhold og internationale regler ved brug af propan som kølemiddel. Dialog med myndigheder i Danmark. Design af testanlæg med forbedringer.
3. Bygning af testanlæg. Indkøring og test af anlæg efter EN16147 i klimakammer i varmepumpelaboratoriet på Teknologisk Institut i Aarhus. Der benyttes to "side by side"-klimakamre. Analyse af resultatet og skitse af modificeringer af testanlæg samt bygning af dette.
4. Akkrediteret test efter EN16147 samt udarbejdelse af akkrediteret testrapport.
5. Rapportering til MUDP/Miljøstyrelsen, udarbejdelse af "paper" til international konference samt præsentation af resultater.

Vedrørende arbejdsplan 2: Sikkerhedsforhold i forbindelse med brug af brændbare kølemidler:

Hvordan er sikkerhedssituationen for disse produkter i forhold til brug af brændbare kølemidler?

- Undersøgelse af muligheder for at benytte brændbare kølemidler i danske luftbaserede varmepumper.
- SECOP (nuværende Nidec) vil (sandsynligvis) lancere nye kompressorer til R290 til mindre varmepumper. SECOP har mindst én prototype kørende hos en varmepumpeproducent i Danmark.
- Muligheder for at minimere kølemiddelfyldningen – herunder brug af microchannel-varmevekslere.
- Der gennemføres et mindre litteraturstudie om emnet.

I denne fase vil indholdet af EN378 og EN60335-2-40 blive analyseret i forhold til brugsvandsvarmepumper og R290. Det vil blive konkretiseret, hvilke foranstaltninger der skal implementeres for at overholde standarderne, og hvad der skal gøres for at markedsføre brugsvandsvarmepumper med R290 på det europæiske marked.

1.4 Projektudøvende

Vesttherm, Teknologisk Institut (projektleder) og EBM Papst (optimering af ventilator og luftflow). Vonsild Consulting blev inddraget som underleverandør (sikkerhed).

Endvidere blev der oprettet en projektfølgegruppe med projektpartnerne og repræsentanter for projektpartnerne, MUDP og Miljøstyrelsen.

Vesttherm er en dansk producent af brugsvandsvarmepumper beliggende i Esbjerg. Der er for nuværende en produktion i størrelsesordenen 10.000 enheder/år, og der er ca. 35 ansatte (det er sæsonafhængigt). 99,5 % eksporteres hovedsageligt til store OEM-kunder og til "privat label"-kunder. Vesttherm ejes af Nilan A/S, som har ca. 110 ansatte.

Teknologisk Institut har været projektleder og ansvarlig for kvaliteten af resultaterne i projektet. Al skriftligt materiale er kvalitetssikret af en teknisk/videnskabelig medarbejder, som ikke har været direkte tilknyttet projektet.

I slutningen af projektet er der udført en akkrediteret test af "produktet" i varmepumpelaboratoriet på Teknologisk Institut i Aarhus (efter EN16147). Hermed opnås den højeste form for pålidelighed for resultatet, da testen er akkrediteret af den nationale akkrediteringsmyndighed, DANAK, som er medlem af ILAC.

Følgende personer har deltaget i projektet:

Torben Lauridsen, Vesttherm
Finn Tølle, Vesttherm
Martin Bang, Vesttherm
Morten Runge, Vesttherm
Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut
Christian Heerup, Teknologisk Institut
Ivan Katic, Teknologisk Institut
Asbjørn Vonsild, Vonsild Consulting
Henrik Thomsen, EBM Papst.

Følgende personer har deltaget i følgegruppe:

Mikkel Aaman Sørensen, Miljøstyrelsen (indtil sommeren 2018)
Toke Winther, Miljøstyrelsen (fra sommeren 2018).

2. Opstart af projektet

Miljøstyrelsen (som administrerer MUDP-programmet) gav tilsagn om støtte til projektet den 27. oktober 2015 med projektstart den 1. januar 2016.

Der blev afholdt opstartsmøde hos Vesttherm i Esbjerg den 9. februar 2016 med repræsentanter fra Miljøstyrelsen, Vesttherm, EBM Papst og Teknologisk Institut. Asbjørn Vonsild fra Vonsild Consulting deltog også i mødet som underleverandør med fokus på sikkerhedsspørgsmål i forbindelse med brug af brændbare kølemidler.

Partnerne og Asbjørn havde forberedt mødet, og derfor fremlagde Asbjørn forslag til en teknisk løsning til, hvordan at man kan sikre sit produkt, hvis kølemiddelfyldningen er større end 150 gram brændbart kølemiddel. Apparatet har i forvejen en ventilationskanal ud til det fri, således at eventuelt kølemiddel kan blæses ud til omgivelserne. Hvis der er mindre end 150 gram, er der ikke noget problem.

Det var oplagt at benytte propan (R290) som kølemiddel, og der var udsigt til at få prøver af propan-kompressorer til varmepumpe drift fra SECOP (nuværende Nidec). Inden opstartsmødet havde Vesttherm fået lovning på prototyper.

De tekniske løsninger på sikkerhedsproblemet er beskrevet senere i rapporten.

I perioden efter opstartsmødet var der stor aktivitet hos Vesttherm med at afprøve forskellige løsninger for at minimere kølemiddelmængden.

Vesttherm udførte en lang række forsøg med forskellige udformninger af kondensatoren, således at man med reduceret volumen i rørene kunne reducere mængden af kølemiddel.

Teknologisk Institut gennemførte en række beregninger af varmtvandsbeholderen og placering af kondensatorrør ved hjælp af regneprogrammet TRNSYS. Beskrivelse og resultatet af disse beregninger er gengivet i Bilag 1. Et af resultaterne var, at den placering af kondensatoren, som Vesttherm tidligere har haft, nu er den rigtige placering.

3. Test af første prototype

Vesttherm leverede i sommeren 2016 en første prototype til Teknologisk Institut til test. Den blev testet efter sommerferien. Resultatet var en effektivitet, som svarer til testresultater for R134a-modellen. Mads Foged, Teknologisk Institut, udførte testen og udarbejdede testrapport.

Det var lidt skuffende, idet et bedre resultat var forventet, og ud fra kompressordata skulle resultatet også være bedre. Derfor blev testdata analyseret. Teknologisk Institut udarbejdede en analyserapport, som udtrykte, at der ikke burde være problemer med tryktab og varmeovergangsforhold. Testresultatet for opvarmningsperioden var rigtig fint. Men man mister noget i tappefasen – af en eller anden grund. Testrapport (og analyser) for den første prototype findes i Bilag 2.

Teknologisk Institut udførte en ny test, hvor varmepumpen var slukket, og el-varmepatronen udførte opvarmningen. Herved havde man i testen bedre styr på varmebalancerne, og resultatet viste, at den første test blev udført rigtigt.

Teknologisk Institut lavede nye analyser af testresultaterne, og man fik mistanke om, at der kom væskedråber med ind i kompressoren. Endvidere var kompressortemperaturen for kold. Løsningen blev anslået til at være installation af en intern varmeveksler mellem væskeledning og sugeledning. Teknologisk Institut foretog beregninger og udarbejdede en skitse til montage af denne varmeveksler. Selvom denne varmeveksler ville medføre øget volumen, så kunne den medvirke til at reducere kølemiddelfyldningen, idet kompressoren ville blive noget varmere, og dermed ville der være mindre kølemiddel opløst i olien. Beregningerne er fremlagt i Bilag 3.

Den 6. december 2016 blev der afholdt et teknisk møde mellem Vesttherm og Teknologisk Institut. Her blev beregningsresultater og testresultater diskuteret, og det blev besluttet at fremstille og teste en ny prototype. Endvidere oplyste Vesttherm, at man også ville gå efter en mindre model med mindre kapacitet og vandtank, og at disse produkter er rettet mod bl.a. lejligheder. Der er tale om helt nye produkter, som skal erstatte el-vandvarmere i lejligheder, og dette er ikke tidligere set på markedet.

Der blev på mødet udtrykt tvivl om, hvorvidt den store model kan udføres med mindre end 150 g R290. Men alle var nogenlunde sikre på, at den lille model kan udføres med mindre end 150 gram R290. Vesttherm ytrede ønske om, at dette nye produkt også kunne udvikles inden for projektet.

4. Nye prototyper

I løbet af 2017 fremstillede Vesttherm en lang række prototyper af både den store model og den lille model. Vesttherm foretog hele tiden deres egne test af disse prototyper og sammenlignede resultaterne med hinanden. Disse test er på opvarmningen af beholderen fra ca. +10 °C til +55 °C – uden aftapninger.

Disse test viser ikke helt som de "rigtige" test efter EN16147, som også omfatter en række komplicerede "tappetest", som simulerer virkelig brug af apparatet i en familie. Derfor er Vesttherms test kun vejledende og afspejler ikke helt, hvordan apparatet performer med aftapninger. Det kan snyde lidt, men kan alligevel benyttes af Vesttherm til at sammenligne forskellige prototyper.

Vesttherm havde fremstillet en ny stor model med 350 g R290, som blev sendt til Teknologisk Institut, og resultatet viste en COP på 3,14. Under det store "tap" løb beholderen tør for varmt vand, og det betød en lille reduktion af COP. Hvis kompressoren havde startet lidt tidligere, havde dette måske være undgået, og COP vil være blevet lidt større (måske 3,23).

Vesttherm havde ligeledes fremstillet en hel ny mindre model. Denne første prototype performede ikke så godt under test. Teknologisk Institut har foretaget en analyse af, hvorfor den lille model ikke ydede så godt: Der er placeret et tapperør til det varme vand indeni beholderen, og herved sker der varmeveksling (og afkøling) af det varme vand ved tapning og imellem tapningerne i testen. Dette medfører visse signifikante tab. Endvidere ser det ikke ud til, at ventilatoren gav nok luft, hvorved fordampertemperaturen blev meget lav.

Under testen skal der være en trykstigning på 30 Pa på luftsiden igennem varmepumpen og kanalsystemet. Dette gøres ved at lukke et spjæld, indtil denne trykstigning opnås. Der er mistanke om, at ventilatoren "tabte pusten" på grund af dette modtryk. Teknologisk Instituts analyse er gengivet i Bilag 4.

På et projektmøde på Teknologisk Institut den 2. oktober 2017 blev disse testresultater og analyser diskuteret, og det blev besluttet, at Vesttherm skulle bygge en ny prototype af den store model.

Der benyttes en rund model, som har lidt bedre isolering og dermed mindre varmetab. Vesttherm vil endvidere ændre på kondensatoren, således at antallet af vindinger forøges fra 21 til 28 vindinger. Dette sikrer bedre termisk kontakt.

Den store model optimeres efter bedste COP, idet kunderne efterspørger dette (og ikke mængden af kølemiddel). Kølemiddelfyldningen vil blive ca. 350 g R290. Vesttherm vil sikre en god termisk kontakt mellem termostadføleren og termometerlommen, hvor føleren er placeret. Dette kan forhindre, at apparatet løber tør for varmt vand under det store tap i XL-tappeprogrammet.

Vesttherm bygger ligeledes en ny udgave af den lille model. Der benyttes en ny beholder, som sikrer, at der er bedre isolering omkring denne, og at hele apparatet alligevel kan indbygges i et skab.

Der monteres et nyt afløbsrør, således at det varme vand tappes foroven i beholderen, og det varme afløb ikke veksler med det koldere vand længere nede i beholderen.

Aftapningsrøret tages ud af beholderen, og det isoleres frem til studsene.

Vesttherm vil igen diskutere ventilatormodellen for den lille model, således at den er optimal ift. testen med modtryk på 30 Pa. Dette gøres sammen med EBM Papst.

Den store model benytter SECOP NLU8.8-kompressor til propan. Den lille model benytter SECOP DL6.5-kompressor til propan.

5. Endelige modeller af brugsvandsvarmepumper

I løbet af vinteren 2017-2018 arbejdede Vesttherm med at korrigere og teste en ny prototype af den store model samt med nye koncepter for den lille model.

5.1 Akkrediteret test af stor model

Den store model var i forvejen tæt på at være et færdigt koncept, så det er naturligt, at der først blev sendt en stor model til akkrediteret test på Teknologisk Institut i Aarhus. Energitesten startede i slutningen af december og varede indtil januar 2018. I februar blev der foretaget en lydtest af modellen.

Indoor unit



Indoor unit - rating plate

Brauchwasserwärmepumpe		S/N: 17100144
Modell VT 3130 Typ 7102-0		PN: 16831
Spannung / Frequenz:	230 V - 50 Hz	
Heizleistung Kompressor:	897 W	
Leistungsaufnahme Kompressor:	340 W	
Elektrischer Heizeinsatz:	2,0 kW	
Leistungsaufnahme inkl Heizeinsatz:	2,395 kW	
Sicherung:	13 A	
Schutzart:	IP 21	
Max. Betriebstemperatur:	65 °C	
Kältemittel:	R 290 - 0,365 kg	
Treibhauspotential(GWP)	3	
CO ₂ -Äqv:	1,065 T/CO ₂ -Äqv	
Max. Überdruck:	2,5 MPa / 25 bar	
Dichtheitsgeprüft:		
Zulufttemperatur min/max:	-10°C ... +35°C	
Luftmenge:	200-300 m ³ /h	
Speicher. Korrosionsfest emailliert		
Prüfdruck:	1,3 MPa / 13 bar	
Betriebsdruck:	1 MPa / 10 bar	
Max. speichertemperatur:	65°C	
Inhalt netto (Nennvolumen):	270 l	
Gewicht Leer:	130 kg	
Gewicht Voll:	396 kg	

Foto: Den endelige udgave af den store model samt foto af produktskiltet.

På de følgende sider kan man se resultaterne fra både energitesten og lydtesten. Hele den akkrediterede testrapport kan ses i Bilag 5.

Resultatet af energitesten er, at COP er målt til 3,52 og ETA til 144,5 %. Det er et pænt resultat, som er 12 % bedre end basismodellen (COP= 3,15). Resultatet ligger i energiklasse A+ – tættere på A++ end på A. Standbyforbruget er 25 W, og det er rigtig fint.

Støjniveauet holder sig under ecodesign-kravene, som er 60 dB (inde) og 65 dB (ude). Det er også fint.

Results of domestic hot water test according to EN16147:2017

Presentation of main results				
No.	Description	Name	Result	Unit
1)	Load profile		XL	
2)	Thermostat set point		53	°C
3)	Heating up time	t_h	26429	s
4)	Heating up energy input	W_{eh-HP}	3.13	kWh
5)	Standby power input	P_{es}	0.025	kW
6)	Total useful heat energy during the whole tapping cycle	Q_{LP}	19.17	kWh
7)	Total electrical energy consumption during the tapping cycle	W_{EL-LP}	5.45	kWh
8)	Daily electrical energy consumption	Q_{elec}	5.42	kWh
9)	Coefficient of Performance	COP_{DHW}	3.52	-
10)	Water heating energy efficiency	ETA_{wh}	144.5	%
11)	Annual Electricity Consumption	AEC	1159	kWh/a
12)	Reference hot water temperature	PHI_{WH}	52.0	°C
13)	Maximum volume of mixed water at 40°C	V_{40}	327	l
14)	Smart control settings	-	-	-
15)	For products with smart control, Smart Control Factor	SCF	-	-
16)	For products with smart control, order of the load profiles of Day 1 to Day 5	-	-	-
17)	Temperature operating range: Minimal and maximal heat source temperature, minimal start and maxi mean temperature domestic hot water	-	-	°C
18)	Rated volume of the tank, where applicable	V_m	-	L
19)	Rated heat output	P_{rated}	-	kW
20)	Seasonal coefficient of performance	$SCOP_{DHW}$	-	-

Tabel: Resultatskema for energieffektivitetstesten for den store model.

Test results for sound power measurements

Test #	Mixed Water temperature [°C]	Sound power level LW(A) [dB re 1pW]			Uncertainty(dB) (weighted value)	
		Unit Surface	Inlet duct	Exhaust	Surface	Ducts
1	25	59.8	55.2	60.7	1.5	2
2	39	59.7	54.0	61.5	1.5	2
3	53	59.7	54.8	60.8	1.5	2

The uncertainty value is based on the empirical value in ISO/EN 9614-2 (Surface) and ISO/EN 3743-1 (Reverberant room) and the estimated influence of the measurement setup and acoustical conditions.

Tabel: Resultater fra lydtest af den store model.

5.2 Akkrediteret test af den lille model

I løbet af vinteren 2017/2018 arbejdede Vesttherm med at udarbejde en ny prototype af den lille model. Der blev benyttet en ny vandbeholder, der passer bedre til det ydre volumen, som apparatet må udfylde for at kunne være i et skab. Derved kan der benyttes en bedre fordeling af isoleringsskum, og derved er varmetabet mindre sammenlignet med den første prototype. Endvidere lykkedes det at udforme en ny konstruktion, som udtager det varme vand fra toppen af tanken, og derved formindskes det tomgangstap, der var i den første prototype. Der blev endvidere benyttet en ny ventilator fra EBM Papst, som bedre kan modstå modtrykket på 30 Pa.

Prototypen blev afsendt til Teknologisk Institut til test, og test (energitest og lydtest) blev foretaget i foråret 2018.

Resultatet kan ses på de følgende sider. Hele testrapporten er gengivet i Bilag 6.



Indoor unit - rating plate

Brauchwasserwärmepumpe S/N: Vvvvvvv Modell VT180C Typ XXXX PN: Vvvvv

Spannung / Frequenz:	230 V - 50 Hz
Heizleistung Kompressor:	0,897 kW
Leistungsaufnahme Kompressor:	340 W
Elektrischer Heizeinsatz:	2,0 kW
Leistungsaufnahme inkl Heizeinsatz:	2,340 kW
Sicherung:	13 A
Schutzart:	IP 21
Max. Betriebstemperatur:	62 °C
Kältemittel:	R290 - 0,160 kg
Treibhauspotential(GWP)	3
CO ₂ -Äqv:	0,460 T/CO ₂ -Äqv
Max. Überdruck:	2,6 MPa / 26 bar
Dichtheitsgeprüft:	
Zulufttemperatur min/max:	-10°C ... +35°C
Luftmenge:	100-200 m ³ /h
Speicher, Korrosionsfest emailliert	
Prüfdruck:	1,3 MPa / 13 bar
Betriebsdruck:	1 MPa / 10 bar
Max. speichertemperatur:	65°C
Inhalt netto (Nennvolumen):	168 l
Gewicht Leer:	66 kg
Gewicht Voll:	232 kg



Foto: Den endelige udgave af den lille model samt foto af produktskiltet.

Resultatet af energitesten er, at COP er målt til 3,20, og ETA er målt til 129,1 %, hvilket giver energiklasse A+. Standbyforbruget er 6W. Det er fint for den lille model.

Støjniveauet holder sig under ecodesign-kravene, som er 60 dB (inde) og 65 dB (ude), hvilket også er fint.

Results of domestic hot water test according to EN16147:2017

Presentation of main results				
No.	Description	Name	Result	Unit
1)	Load profile		L	
2)	Thermostat set point		53	°C
3)	Heating up time	t_h	26560	s
4)	Heating up energy input	W_{eh-HP}	2.12	kWh
5)	Standby power input	P_{es}	0.006	kW
6)	Total useful heat energy during the whole tapping cycle	Q_{LP}	11.72	kWh
7)	Total electrical energy consumption during the tapping cycle	W_{EL-LP}	3.67	kWh
8)	Daily electrical energy consumption	Q_{elec}	3.65	kWh
9)	Coefficient of Performance	COP_{DHW}	3.20	-
10)	Water heating energy efficiency	ETA_{wh}	129.1	%
11)	Annual Electricity Consumption	AEC	793	kWh/a
12)	Reference hot water temperature	PHI_{WH}	52.4	°C
13)	Maximum volume of mixed water at 40°C	V_{40}	217	l
14)	Smart control settings	-	-	-
15)	For products with smart control, Smart Control Factor	SCF	-	-
16)	For products with smart control, order of the load profiles of Day 1 to Day 5	-	-	
17)	Temperature operating range: Minimal and maximal heat source temperature, minimal start and maxi mean temperature domestic hot water	-	-	°C
18)	Rated volume of the tank, where applicable	V_m	-	L
19)	Rated heat output	P_{rated}	-	kW
20)	Seasonal coefficient of performance	$SCOP_{DHW}$	-	-

Tabel: Resultatskema for energieffektivitetstesten for den lille model.

Test results for sound power measurements

Test #	Mixed Water temperature [°C]	Sound power level LW(A) [dB re 1pW]			Uncertainty(dB) (weighted value)	
		Unit Surface	Inlet duct	Exhaust	Surface	Ducts
1	25	47.9	59.8	61.2	1.5	2
2	39	47.9	60.0	61.4	1.5	2
3	55	47.8	59.6	61.3	1.5	2

The uncertainty value is based on the empirical value in ISO/EN 9614-2 (surface) and ISO/EN 3743-1 (reverberant room) as well as the estimated influence of the measurement setup and acoustical conditions.

Tabel: Resultater fra lydtest af den lille model.

6. Sikkerhed

Den lille model benytter 150 g R290, og hermed er der ikke specielle krav til sikkerhed.

Vonsild Consulting har gennemført en grundig undersøgelse og analyse af sikkerhed i forbindelse med brug af propan (R290) som kølemiddel i den store model, hvor der benyttes 350 g kølemiddel. Undervejs i den proces blev der gennemført adskillige test, hvor kølemiddel blev emitteret fra kølesystemet i varmepumpen, og der blev målt på koncentrationen af kølemiddel forskellige steder i nærheden af varmepumpen. Formålet var at undersøge, om der var risiko for, at der forekom en brændbar blanding af kølemiddel og luft. Undervejs blev der foretaget en mindre korrektion af kabinettet, som omslutter apparatet, således at kølemidlet ikke optræder i en brændbar koncentration ved den elektroniske styring af varmepumpen.

Der er udarbejdet en rapport om dette – ”Risk Assessment for Hot Water Heat Pump”, som er dateret den 19. september 2018. Rapporten beskriver emissionsforsøgene og de målte koncentrationer samt analyserer risikoen for brændbare koncentrationer.

Risikoanalysen viser, at den store model kan opstilles i et rum uden nogle forholdsregler, når rummet er 7 m² eller større. Der skal være monteret en vandlås på kondensatafløbet fra varmepumpen.

Hvis rummet er mindre end det, skal der være aftræk ud af rummet med en ventilator, som kører hele tiden.

Risk Assessment for Hot Water Heat Pump

This report contains a risk assessment of a new hot water heat pump produced by Vesttherm. The risk assessment is a theoretical analysis supported by leakage tests. The leakage tests are described in Annex A.

The overall conclusion of this report is that when the heat pump is safe in all reasonably foreseeable scenarios, under the conditions that:

- The system installed in a 7 m² room or larger, and
 - common best practices are used during service as mandated by European legislation, and
 - a drain trap is installed, and
 - installing the outlet duct is not required for the system to be safe, but if it is installed: The outlet duct needs to lead to the outdoors or lead to a room of at least 5 m².

Or, alternatively

- The system is installed in a room of any size, and
 - common best practices are used during service as mandated by European legislation, and
 - a drain trap is installed, and
 - the fan is running continuously at the lowest speed or higher, and
 - the outlet duct is installed, and
 - the outlet duct leads to the outdoors or leads to a room of at least 5 m².

This report was written by Asbjørn Vonsild, Vonsild Consulting ApS, and the tests were conducted at Vesttherm A/S in Esbjerg.

Figur: Snapshot af konklusion af den engelsksprogede rapport.

7. Sammenfatning og konklusion

I dette projekt er der udviklet og testet to produkter af brugsvandsvarmepumper med naturlige kølemidler.

Ved projektets start var det meningen, at kun ét produkt skulle udvikles og testes – nemlig den store model, som har samme størrelse som Vesttherms oprindelige HFC-model (basismodel-len). Undervejs i projektet blev dette udvidet med endnu en model – den lille model, som er beregnet til lejligheder. Dette blev gjort inden for projektets økonomiske rammer.

Den store model med R290 er testet til en energieffektivitet (COP) på 3,52, hvilket er ca. 12 % mere effektivt sammenlignet med basismodellen med HFC. Hermed er denne model blandt de mest energieffektive på markedet.

Den lille model med R290 er testet til en energieffektivitet (COP) på 3,20. Da arbejdet med at udvikle den lille model startede, var der ikke tilsvarende produkter på markedet. Det er der kommet nu, men de er ikke så effektive som den lille model, som er udviklet i projektet.

Vesttherm er nu i gang med at kommercialisere produkterne og med at fremvise resultaterne af dette MUDP-projekt til potentielle kunder.

Ved at substituere R134a med propan (R290) i produktionen af brugsvandsvarmepumper, vil ca. 9 tons R134a blive substitueret hos Vesttherm, når substitutionen slår fuldt igennem. Da produktionen af brugsvandsvarmepumper er stigende, vil den potentielle reduktion være tilsvarende større. Endvidere forventes en succesfuld substitution hos Vesttherm at kunne medføre, at andre produkter også vil gå over til propan – herunder boligventilationsvarmepumper og visse luft-vand-varmepumper.

Hertil kommer, at de nye produkter er energieffektive. Den store model er 12 % mere effektiv sammenlignet med HFC-modellen. Dette bidrager til at reducere CO₂-emission fra elproduktionen.

Den lille model benytter 150 g kølemiddel, og her er der ikke specielle krav til sikkerhed (på grund af den lille mængde kølemiddel).

Den store model benytter 350 g kølemiddel, og der skal være monteret en vandlås på afløbet for kondensvand. Når apparatet placeres i et rum på 7 m² eller større, er det ikke nødvendigt med yderligere forholdsregler.

Når apparatet placeres i et rum på mindre end 7 m², skal der være udluftning ud i det fri – eller til et andet rum, som er større end 5 m². Der skal være kontinuerlig ventilation i dette tilfælde. Det er altså ret simple forholdsregler, som skal tages, når disse nye brugsvandsvarmepumper skal installeres.

Vesttherm vurderer, at prisen for den nye udgave af produktet med naturligt kølemiddel er den samme som for HFC-udgaven. Det vil sige, at der ikke er nogen merpris for det nye produkt.

Bilag 1. Beregninger for kondensatorplacering med TRNSYS

Introduktion

Dette notat opsummerer resultater fra en række simuleringer gennemført med det dynamiske simuleringværktøj TRNSYS. Der er benyttet en eksisterende standardmodel (TYPE1237) for en beholder omviklet med en udvendig varmeveksler, idet denne model er tættest på det design Vestfrost bruger. Den største usikkerhed er knyttet til det faktum at modellen regner med almindelig væskestrømning i rørspiralen, mens der er i virkeligheden tale om tofasestrømning (kondensering). Eftersom varmeovergangen på den indvendige side, hvor der er naturlig konvektion, under alle omstændigheder vil være langt lavere en den varmeovergang der sker på den indvendige side af varmeveksleren med stor strømningshastighed, er det i første omgang valgt at acceptere denne forenkling. Øvelsen går ud på at beregne hvordan forskellige geometrier af varmeveksleren påvirker den samlede varmeoverføringsevne fra tilført varme til tappet varmt vand. Der er varieret på antallet af viklinger på den måde, at der for en givet højde af varmeveksleren er ændret på den indbyrdes rør afstand. Der er regnet med at den varme væske strømmer ind foroven og ud forneden.

Beholderen er modelleret med 6 lige høje lag og varmeveksleren er modelleret med 8 lige høje lag som er placeret som vist på skitsen. Der tilføres kontinuert vand i bunden og tappes af i toppen. Flow i varmeveksler er sat til 50 kg/h (vand) hvilket nok er for lavt.

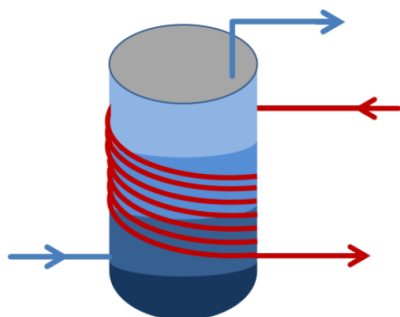


Figure 11.8-1: Schematic of Storage Tank with Wraparound Heat Exchanger (Fixed Inlet Shown)

Figur 1 Figur fra TRNSYS som viser modellens principielle opbygning.

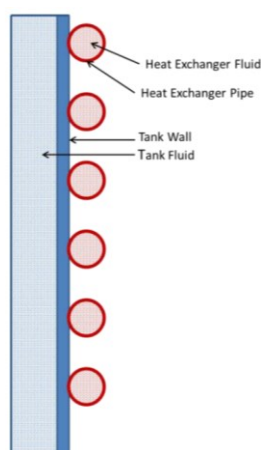


Figure 11.8-2: Vertical Cross-Section of Wraparound Heat Exchanger

Figur 2 Figur fra TRNSYS. I den virkelige beholder er det D-formede eller fladtrykte rør. Der er regnet med en ækvivalent ydre diameter på 11 mm som basis. Beholdervæggen er emaljeret stål med en samlet tykkelse på 3,5 mm og en beregnet k-værdi på 24,9 W/mK

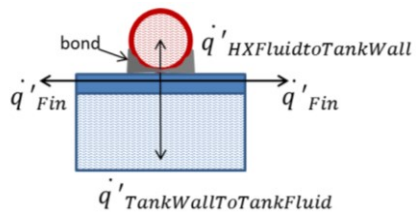


Figure 11.8-3: Energy Balance over Base of Heat Exchanger Tube

Figur 3 Figur fra TRNSYS. Hvert element skal være i energibalance som vist. "Bond" er for den aktuelle tank en termisk pasta hvor vi ikke kender varmeledningsevnen. Der er estimeret en basis modstandsværdi på 0.005 m²K/W.

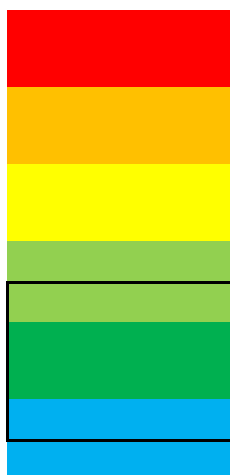
Finneffektiviteten er et udtryk for hvor godt varmen ledes fra kontaktpunktet ud over beholderens overflade indtil midtpunktet mellem to rør. Da viklingerne ligger meget tæt i basisdesignet, har finneffektiviteten ikke så stor betydning som hvis der var langt mellem viklingerne.

Case 1 Emaljereret ståltank 270 liter

H=1,2 m

D=ca0,53 m

Konstant input med 50 grader varmt vand



HX1+2

HX3+4

HX5+6

HX7+8

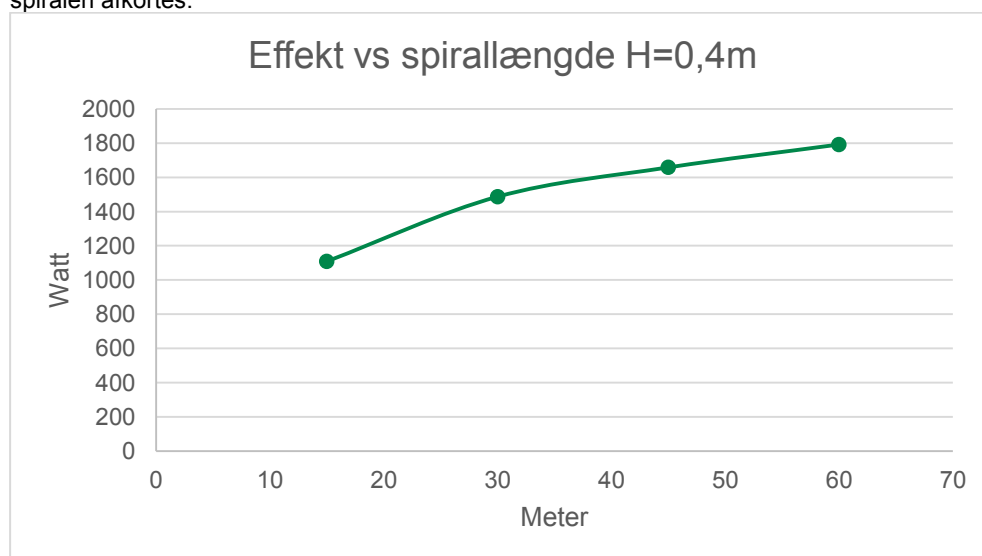
Tveksler indløb=65gC

Længde af spiral=60 m (1,66 m pr vikling)

Resultater af beregning under stationære forhold:

	Antal viklinger	Samlet bredde m	Røraft.C-C m	Overførsel Watt
V.højde 0,4 m				
Rørdiameter 0.011m				
Veksler længde m				
60	36,04	0,40	0,0111	1792
45	27,03	0,30	0,0148	1658
30	18,02	0,20	0,0222	1487
15	9,01	0,10	0,0444	1109

Der er regnet med at varmeveksleren har konstant højde, men at afstanden mellem viklingerne bliver større med faldende samlet længde. Resultatet viser den forventede forringelse hvis spiralen afkortes.



Figur 4 Varmeoverføring som funktion af rørlængden når varmeveksleren er fordelt over en højde på 40 cm.

Case 2 Næste variant er beregnet med en varmeveksler på 0,8 m, altså dobbelt så høj.

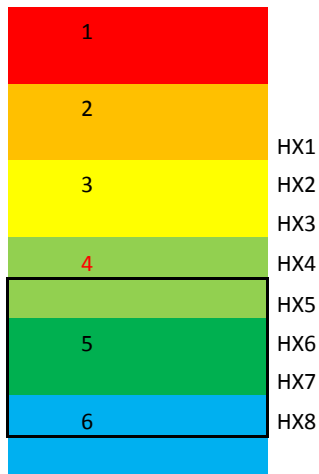
Resultater fra TRNSYS beregning af Vesttherm beholder

Case 1 Emaljereret ståltank 270 liter

H=1,2 m

D=ca0,53 m

Konstant input med 50 grader varmt vand

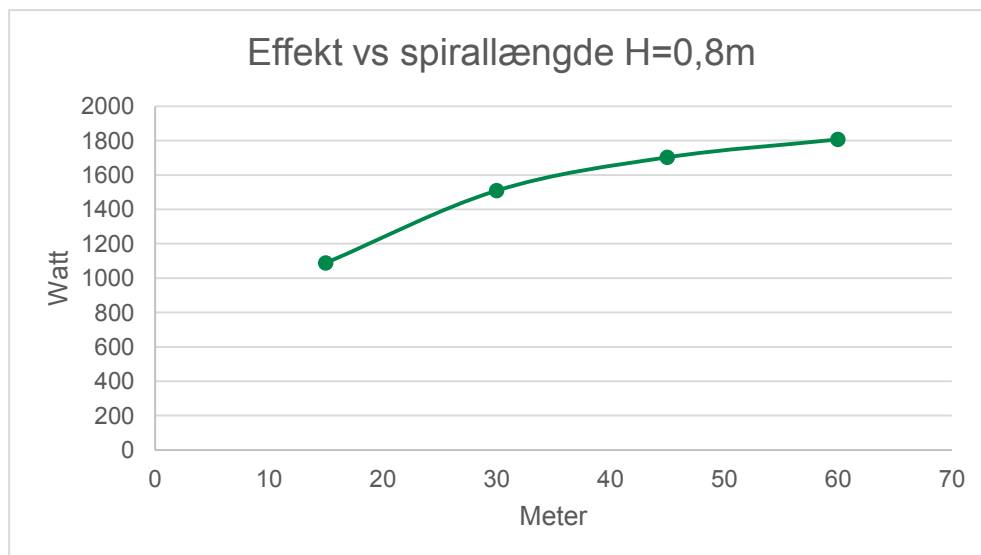


Tveksler indløb=65gC

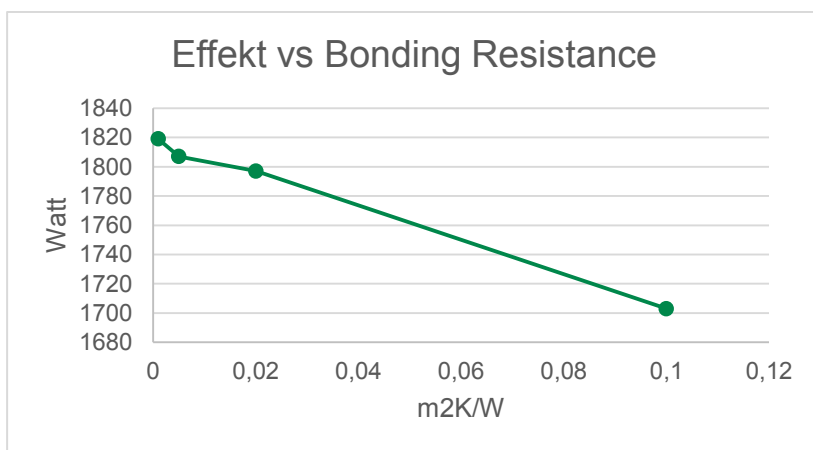
Længde af spiral=60 m (1,66 m pr viking)

Bonding 0.005 m2K/W

	Antal viklinger	Samlet bredde m	Røraftst.C-C m	Overførsel Watt
V.højde 0,8 m				
Rørdiameter 0.011m				
Veksler længde				
	60	36,04	0,40	1807
	45	27,03	0,30	1703
	30	18,02	0,20	1509
	15	9,01	0,10	1089



Figur 5 Varmeoverføring som funktion af rørlængden når varmeveksleren er fordelt over en højde på 80 cm.

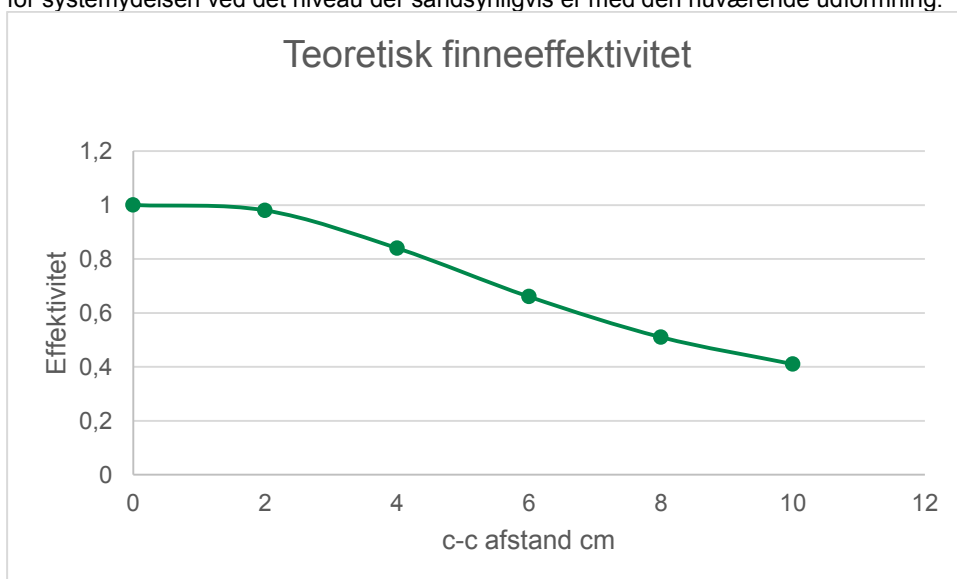


Figur 6 Varmeoverføring med 60 m spiral og med varierende modstand for varmeovergangen mellem røret og beholdervæggen.

Foreløbige konklusioner:

Der er meget lidt forskel på ydelsen fra en udstrakt veksler frem for en kompakt veksler, hvilket umiddelbart er overraskende. Man skulle tro at det ville have betydning hvor stor en del af den indvendige beholderoverflade der er aktiv i varmevekslingen.

Modstanden i overgangen fra rør til beholdervæg har nogen betydning, men er ikke afgørende for systemydelsen ved det niveau der sandsynligvis er med den nuværende udformning.



Figur 7 Betydning af indbyrdes rørafstand. Først ved nogle centimeters afstand sker der en reduktion i effektivitet.

Afstanden mellem rørene har derimod forholdsvis stor betydning på grund af beholdervæggens termiske modstand, som bevirker at varmen fra røret ikke spredes ud over et betydeligt større areal end kontaktarealet. Det kan derfor være en udmærket ide at bruge flade rør med en stor kontaktflade.

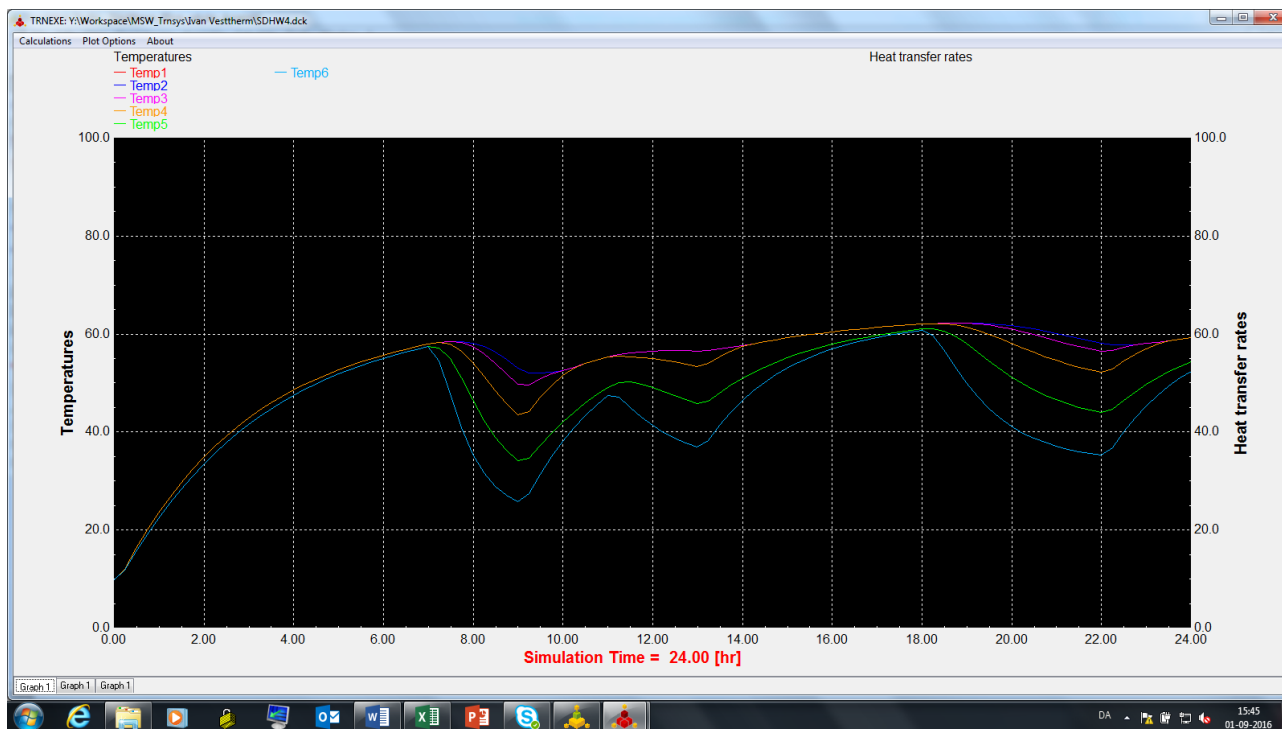
Dynamisk simulering

For at se på temperaturforløbet i beholderen under tappning er der foretaget en beregning med følgende tappemønstre som udtryk for meget højt dagligt varmtvandsbehov:

KI 7-9: 100 kg/h (200 l)

KI 11-13: 50 kg/h (100 l)

KI 18-22: 50 kg/h (200 l)



Figur 8 Dynamisk temperaturforløb med 80 cm veksler og tre tapninger.

Forløb med halvt så lange men dobbelt så kraftigere aftapninger:



Bilag 2. Testrapport for første prototype



TEST REPORT

Report no.:
Vesttherm 1

Product:
Type: Ducted Air to Water Domestic Hot Water Heat
Pump

Customer:
Per Henrik

Date:
06 October 2016

Consultants:
Mads Kirk Foged & Lasse Sørensen



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

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

TEST REPORT

Date:	2016.10.06	Page:	1 of 5	
Report no.:		Init.:	MDKF	info@teknologisk.dk
File no.:		Enclosures:	0	www.teknologisk.dk

Customer:	Contact person:	Per Henrik
	Company:	Teknologisk Institut
	Address:	Kongsvang Allé 29
	City:	8000 Aarhus
	Tel.:	+45 7220 2513

Component:	Brand:	Vesttherm
	Type:	Ducted Air-to-water domestic hot water heat pump
	Model:	Testmodel
	Series no.:	Prototype / VT2130 ECO
	Production year:	n.a

Dates	Component tested:	Oct 2016
--------------	-------------------	----------

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

Remarks:

Conditions: Accredited testing was carried out in compliance with the current guidelines laid down by DANAK (Danish Laboratory Accreditation Scheme), please see www.danak.dk, and in compliance with Danish Technological Institute's General Terms and Conditions regarding Commissioned Work Accepted by Danish Technological Institute, March 2015.

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:	Danish Technological Institute Energy and Climate Refrigeration Laboratory, Aarhus
-------------------------	--

Date:

Signature:

Signature co-reader:

Mads Kirk Foged
M.Sc. Engineer

Lasse Søb
Head of laboratory



Objective

The objective of this report is to document the performance of the domestic hot water heat pump according to EN 16147:2011. The test was carried out at the conditions stated below:

- Heat source air temperature $t_{dry} = 20^{\circ}\text{C}$ & $t_{wet} = 12^{\circ}\text{C}$
- Ambient temperature of storage tank $t_{amb} = 20^{\circ}\text{C}$
- Tapping cycle XL

Test description

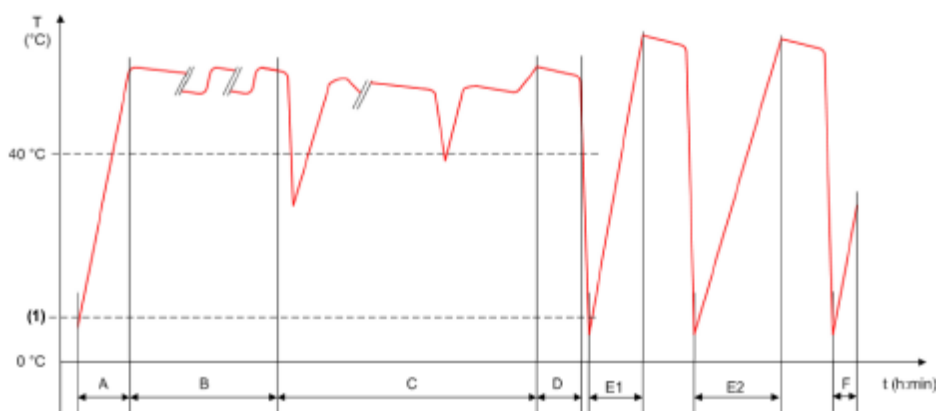


Figure 1: A sketch of the test sequences. The red line represents the water temperature inside the tank during the test sequences.

Period 0:

Before Period A, a 'flushing' sequence is enabled. The compressor is off and the water tank is flushed with 10°C water.

Period A (Heating up period):

The compressor is turned on and the period ends when the hot water thermostat situated in the tank turns off the compressor.

Period B (Standby power):

The standby power of the heat pump is measured over six on/off cycles or 48 hours depending on which of the two scenarios first occurs.



Period C (Tapping cycles):

24 hour hot water tapping according to the tapping cycle XL.

Period D (Maximum volume of useable hot water):

A continuous hot water tapping is commenced and the tapping continues until the temperature of the hot water falls below 40°C.

Main Test Results

Presentation of main results			
Description	Name	Result	Unit
Heating up time	t_h	31546	s
Heating up energy input	W_{eh}	3,55	kWh
Standby time	t_{es}	209877	s
Standby energy input	W_{es}	1,83	kWh
Standby power input	P_{es}	0,031	kW
Tap energi input	$W_{EL-HP-TC}$	6,70	kWh
Tap time	t_{TTC}	152775	s
Supplementary electrical heat	Q_{EL-TC}	0,50	kWh
	W_{EL-TC}	6,62	kWh
Energi in tapping water	Q_{TC}	20,05	kWh
COP	COP_{DHW}	3,03	-
Tapping cycle (S, M, L, XL, XXL)		XL	
Average hot water temperature out	PHI_{WH}	53,3	°C
Average hot water temperature in	PHI_{WC}	10	°C
Average flowrate	V_{dot_tap}	0,0001705	m ³ /s
Maximum quantity of usable hot water in a single tapping	V_{max}	0,349	m ³



Tapping Cycle XL Test Results

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	Suppleme ntary electrical heat, kWh
1	7:00	0,105	4	0	15	0,132	3,8	10,5	45,7	35,2	0
2	7:15	1,82	10	0	30	1,874	10,2	11,0	52,9	41,9	0
3	7:26	0,105	4	0	15	0,128	3,8	12,4	53,1	40,7	0
4	7:45	4,42	10	30	0	4,499	10,2	11,9	54,0	42,1	0
5	8:05	0,105	4	0	15	0,136	3,9	14,0	52,7	38,7	0
6	8:15	0,105	4	0	15	0,129	3,8	10,5	52,0	41,6	0
7	8:30	0,105	4	0	15	0,123	3,8	10,3	51,3	41,0	0
8	8:45	0,105	4	0	15	0,126	3,8	10,4	51,4	40,9	0
9	9:00	0,105	4	0	15	0,121	3,8	10,4	51,0	40,6	0
10	9:30	0,105	4	0	15	0,137	3,8	10,4	50,7	40,3	0
11	10:00	0,105	4	0	15	0,138	3,8	10,4	50,1	39,7	0
12	10:30	0,105	4	30	0	0,137	3,8	10,4	49,9	39,5	0
13	11:00	0,105	4	0	15	0,133	3,8	10,4	49,6	39,2	0
14	11:30	0,105	4	0	15	0,135	3,8	10,4	49,2	38,8	0,00
15	11:45	0,105	4	0	15	0,138	3,8	10,4	50,0	39,6	0
16	12:45	0,735	4	45	0	0,753	3,8	10,4	51,8	41,4	0
17	14:30	0,105	4	0	15	0,134	3,8	10,4	49,5	39,1	0
18	15:00	0,105	4	0	15	0,139	3,8	10,4	50,6	40,2	0
19	15:30	0,105	4	0	15	0,135	3,8	10,4	50,3	39,9	0
20	16:00	0,105	4	0	15	0,135	3,8	10,4	50,3	39,8	0
21	16:30	0,105	4	0	15	0,136	3,8	10,4	49,8	39,3	0
22	17:00	0,105	4	0	15	0,137	3,8	10,4	50,1	39,7	0,00
23	18:00	0,105	4	0	15	0,135	3,8	10,4	49,6	39,2	0
24	18:15	0,105	4	0	30	0,139	3,8	10,4	50,3	39,9	0
Total		9,180				9,930					0,065

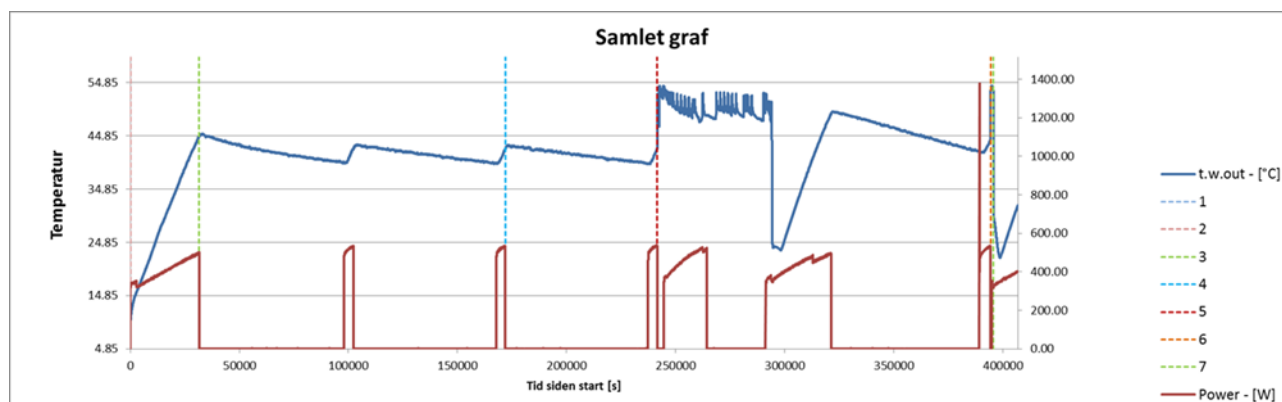


Heat Pump



Resultat 1. prototype propan brugsvandsvarmepumpe

Presentation of main results			
Decription	Name	Result	Unit
Heating up time	t_h	31546	s
Heating up energy input	W_{ah}	3.55	kWh
Standby time	t_{ss}	209877	s
Standby energy input	W_{ss}	1.83	kWh
Standby power input	P_{ss}	0.031	kW
Tap energi input	$W_{EL-HP-TC}$	6.6973831	kWh
Tap time	t_{TTC}	152775	s
Supplementary electrical heat	Q_{EL-TC}	0.50	kWh
	W_{EL-TC}	6.62	kWh
Energi in tapping water	Q_{TC}	20.05	kWh
COP	COP_{DHW}	3.03	-
Tapping cycle (S, M, L, XL, XXL)		XL	
Average hot water temperature out	PHI_{WH}	53.3	°C
Average hot water temperature in	PHI_{WC}	10	°C
Average flowrate	$V_{dot, tap}$	0.0001705	m ³ /s
Maximum quantity of usable hot water in a single tapping	V_{max}	0.349	m ³



Resultat gl. baseline R134A brugsvandsvarmepumpe

Kopieret fra Slutrapport ELFORSK projekt nr. 344-005.

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

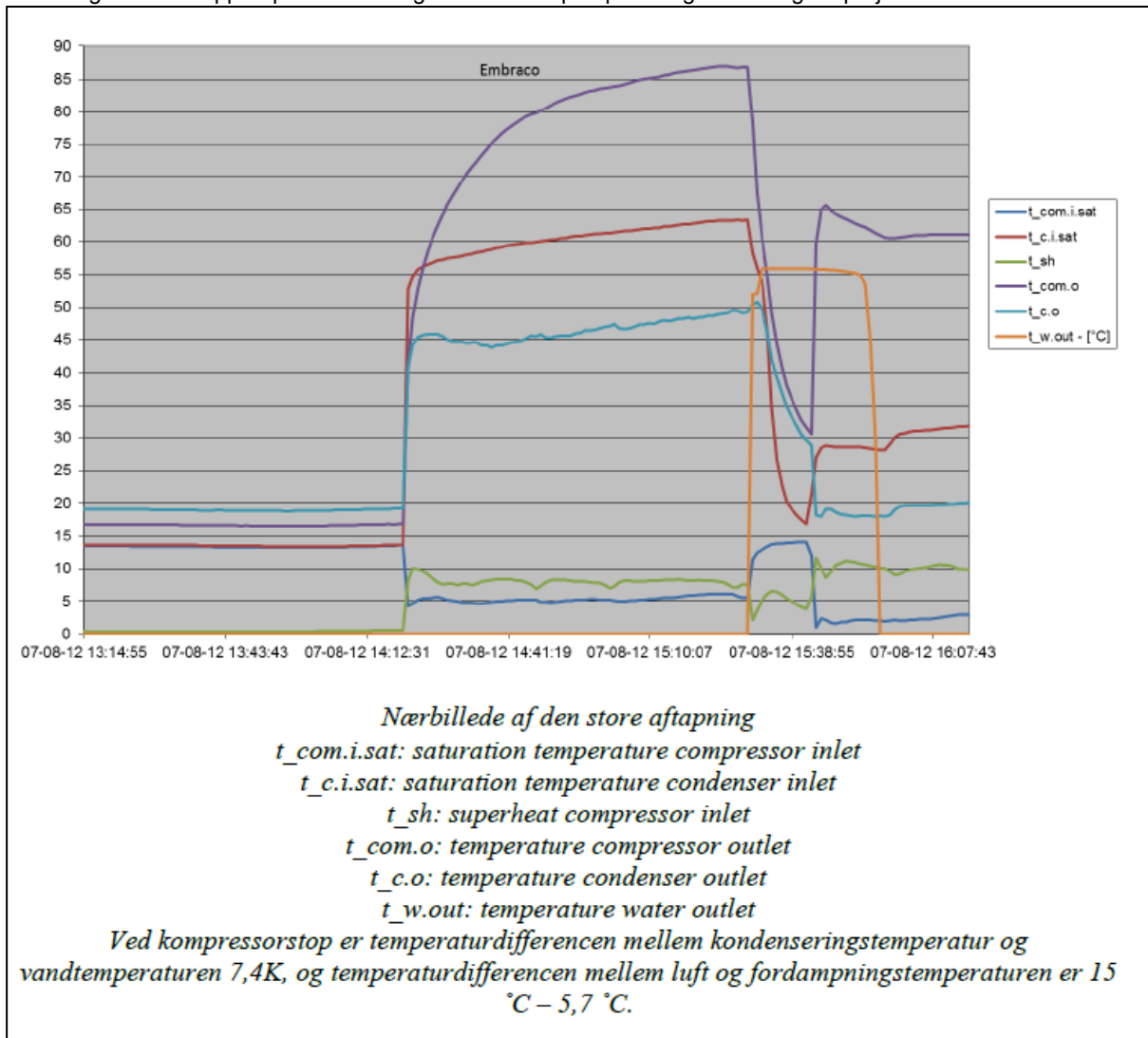
Reference hot water temperature	°C	53,92
Effective total electrical energy consumption during hole tapping cycle	kWh	5,30
COP for tapping sanitary hot water	-	2,24
Maximum quantity of usable hot water in a single tapping	l	381
Heating up time	h	8
Heating up time	mm	43
Heating up energy	kWh	5,30
Standby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

Main results according to EN 16147:2011.

Ekstra temperaturmålinger

Gl. baseline model

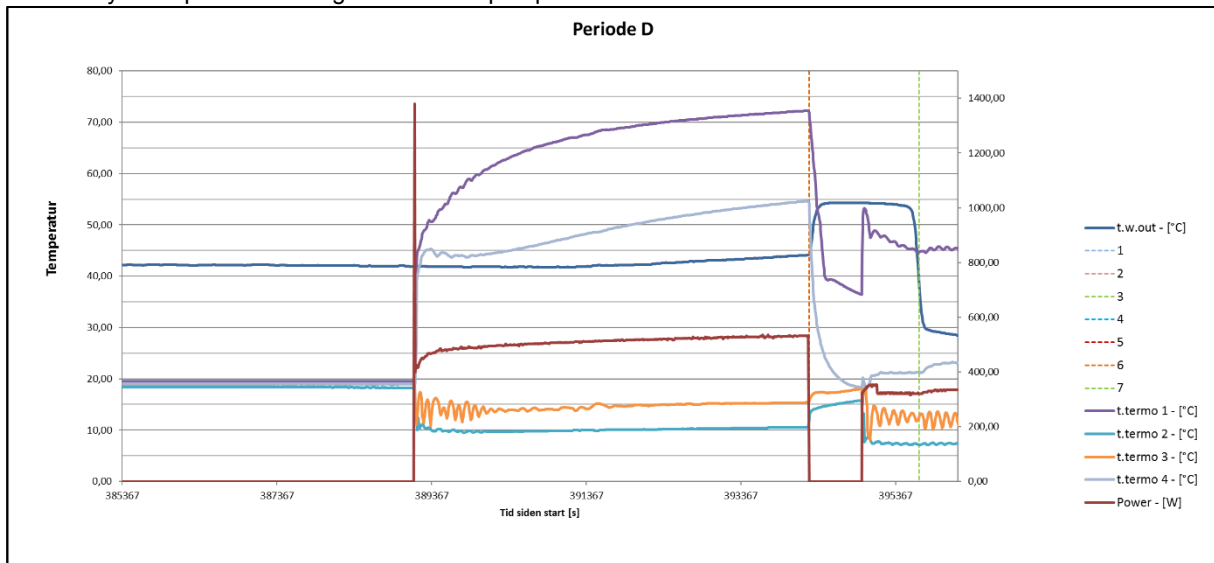
Fra den gamle testrapport på R134A brugsvandsvarmepumpen brugt i det tidligere projekt.



Nye analyser:

1. propan prototype

Fra den nye test på R290A brugsvandsvarmepumpen.



Nomenklatur

- t.w.out: Tappevandstemperatur målt direkte i vandflow
- t.thermo 1: Trykrørstemperatur målt udvendigt på rør
- t.thermo 2: Fordampningstemperatur målt udvendigt på et rør midt i fordamperen
- t.thermo 3: Sugegastemperatur målt udvendigt på røret efter fordamperen
- t.thermo 4: Væsketemperatur målt udvendigt på rør foran ekspansionsventil

Kommentarer

Fordamper temperaturen er i den nye test 5°C højere sammenlignet med Embraco modellen. Lufttemperaturen er 20°C i den nye test hvor de gamle er udført med 15°C. Overhedningen pendler i de første ca. 17 minutter ud af den samlede tappetid på ca. 84 minutter.

Overhedningen er ca. 5K i den nye test mens den gamle Embraco lå på ca. 7K. Dog har vi ingen trykmåling i den nye test.

Væsketemperaturen før ekspansionsventilen er muligvis lidt højere i den nye test. Kurven er mere stejl og opnår en 5°C højere sluttemperatur inden tappet begynder.

Trykgastemperaturen er ca. 15°C højere i den gamle test sammenlignet med den nye. Opvarmingsperioden på graferne var ca. 70 minutter i den gamle Embraco måling hvor den nye har kørt i ca. 84 minutter. Dette er en 20% langsommere opvarmningstid. Det ser umiddelbart fornuftigt ud og er sammenligneligt med hvordan den gamle Embraco model kørte. Den største forskel er lavere trykgas temperatur og en pendlende overhedning for den nye propan udgave.

Periode A (ikke perioden på graferne) hvor vandet i tanken varmes op fra 10°C til første trin i testen er den samme så ydelsesmæssigt er de to udgaver lige store (forudsat tanken er ens de to modeller imellem).

Problematik

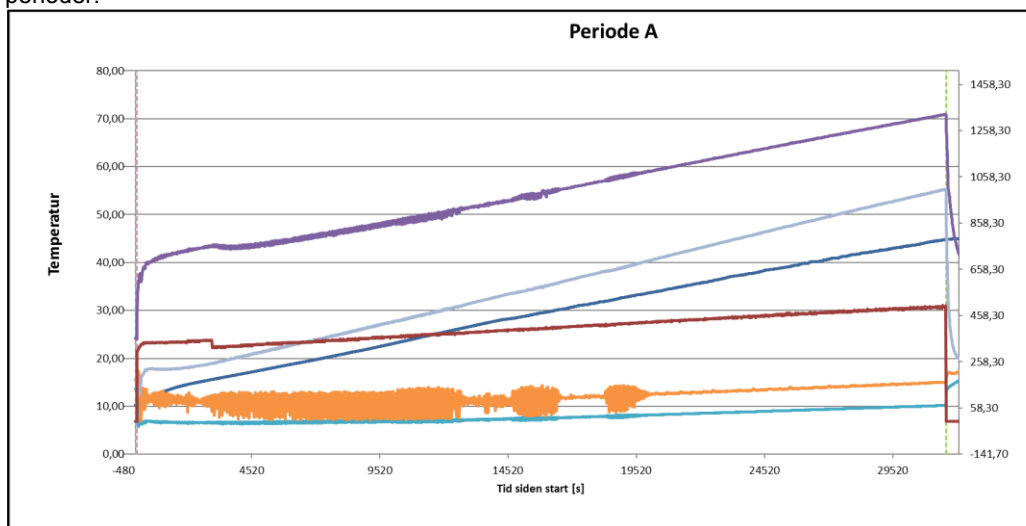
Den nye propan brugsvandsvarmepumpe bruger mindre energi i opvarmingsperioden sammenlignet med R134A varmepumpen, mens tappe COP er dårligere for propan varmepumpen. Tilmed har luft tilgangstemperaturen været +20°C i den nye test mod +15°C i den gamle test.

Description	R134A	R290
Heating up time	8 hr 56 min	8 hr 45 min
Heating up energy input	4,14 kWh	3,55 kWh
Tapping cycle	XL	XL
COP	3,15	3,03
Heat source inlet	15°C	20°C

Derfor er der set lidt på hvor denne forskel kan stamme fra. Der er set lidt på temperaturmålinger i kølekredsen og så er der foretaget nogle simplificerede sammenligninger imellem R134A og R290.

Ekspansionsventil

Det har tidligere været synligt at ekspansionsventilen pendler under tap. Nedenfor er vist en tilsvarende graf fra opvarmningsperioden. Igen ses det at ekspansionsventilen ikke helt kan styre overhedningen og måske skydes der ligefrem væske igennem fordampere i længere perioder.



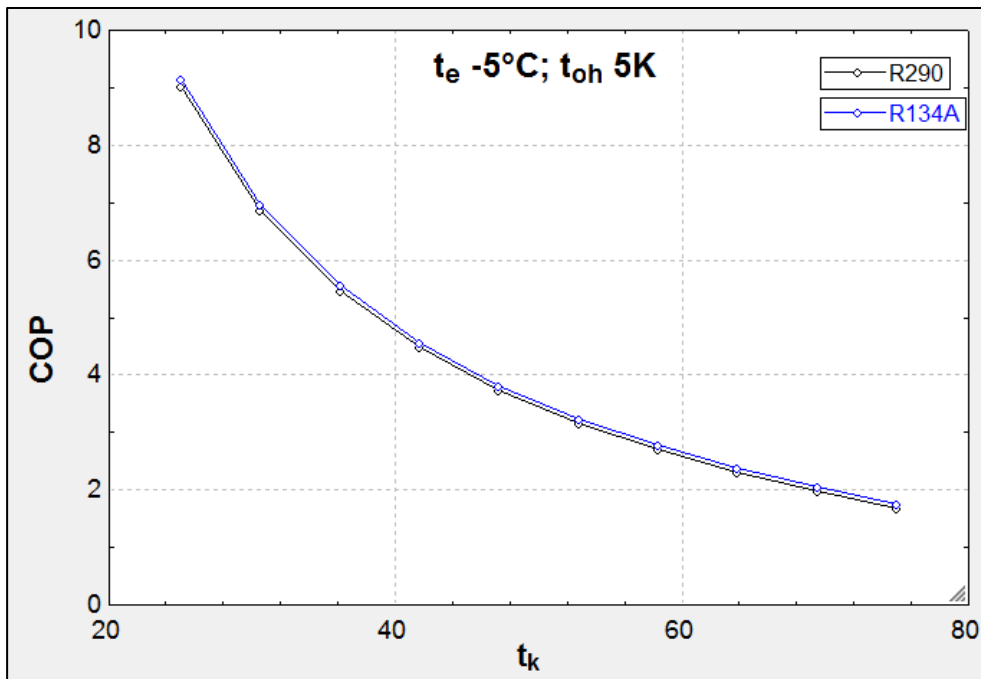
Figur 9: Temperaturkurver Periode A

Nomenklatur

- t.w.out: Tappevandstemperatur målt direkte i vandflow
- t.thermo 1: Trykrørstemperatur målt udvendigt på rør
- t.thermo 2: Fordampningstemperatur målt udvendigt på et rør midt i fordampere
- t.thermo 3: Sugegastemperatur målt udvendigt på røret efter fordampere
- t.thermo 4: Væsketemperatur målt udvendigt på rør foran ekspansionsventil

Virkningsgrad for kølekredsen

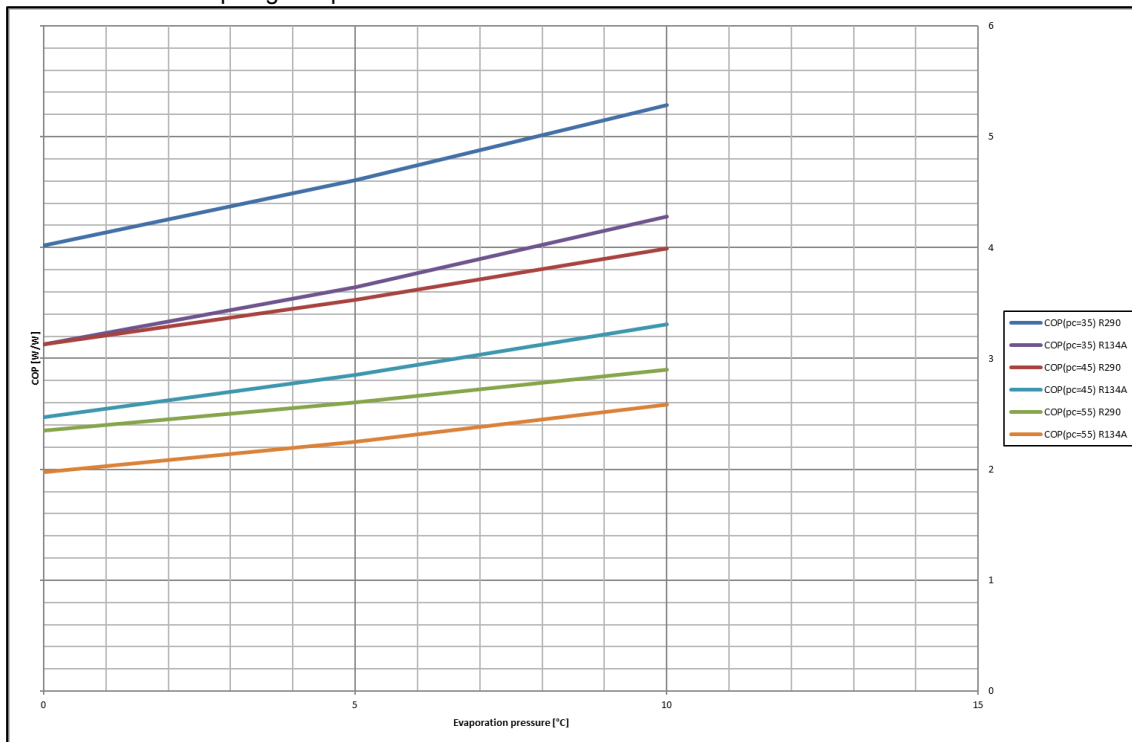
Der er beregnet teoretisk COP for en simpel 1-trins kølekreds hvor eneste variabel har været kølemidlet. Kondenseringstemperaturen er varieret fra +25°C til +75°C og resultatet er vist på diagrammet nedenfor.



Kølemidlet har altså ikke nogle knæk eller specielle egenskaber som påvirker virkningsgraden i et bestemt område.

Kompressorer

Ud fra data på R134A og R290 kompressorerne er COP fra datablad vist i det interessante område hvor fordampningstemperaturen er større end 0°C.



For de tre forskellige kondenseringstemperaturer gælder det, at R290 kompressorens virkningsgrad er bedre end R134A.

Tryktab

Der er foretaget en meget simpel sammenligning af tryktab i den spiralvundne kondensator.

Følgende størrelser er anvendt:

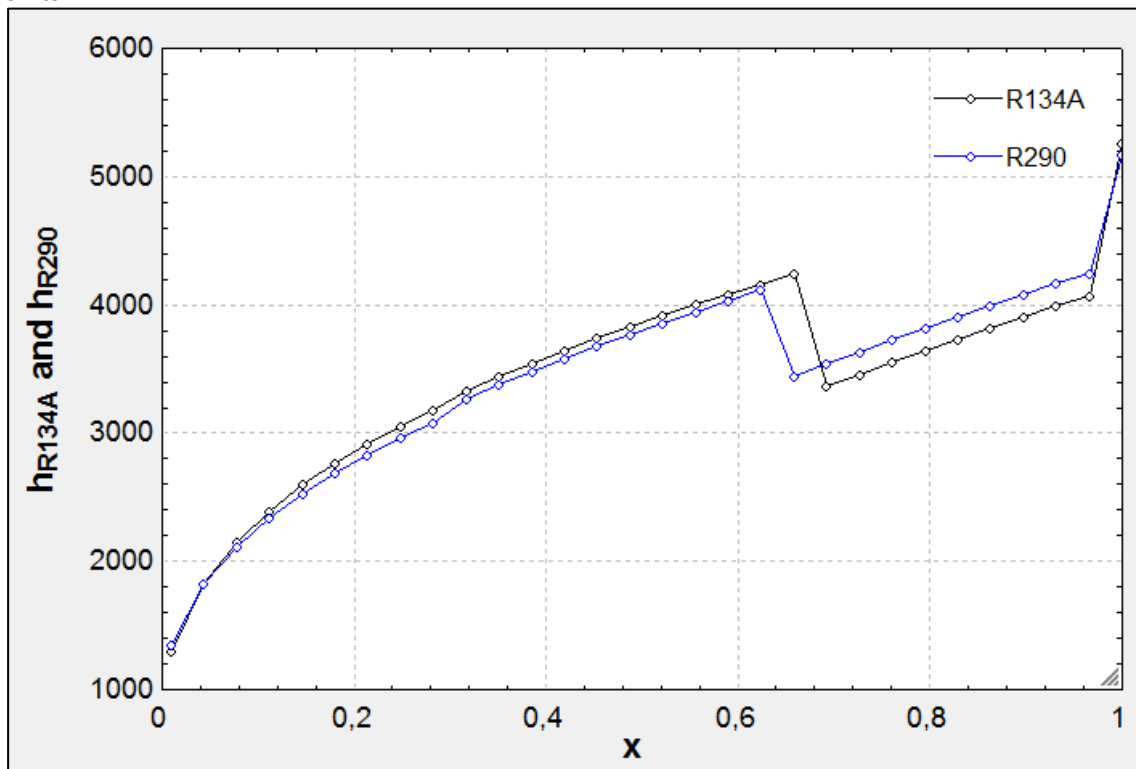
- Diameter 8 mm
- Længde 60 m
- Kvalitet indløb $x = 1$
- Kvalitet udløb $x = 0$

Tryktabet for en R290 kondensator med de anvendte størrelser er ca. halvdelen af R134A så rent tryktabsmæssigt er der ikke umiddelbart noget bemærkelsesværdigt.

Varmeovergangstal

Varmeovergangstal ved kondensering i et 8 mm rør er sammenlignet i diagrammet nedenfor.

Der er her heller ikke nogen stor forskel. Knækket på kurverne skyldes at strømningsregimet skifter.

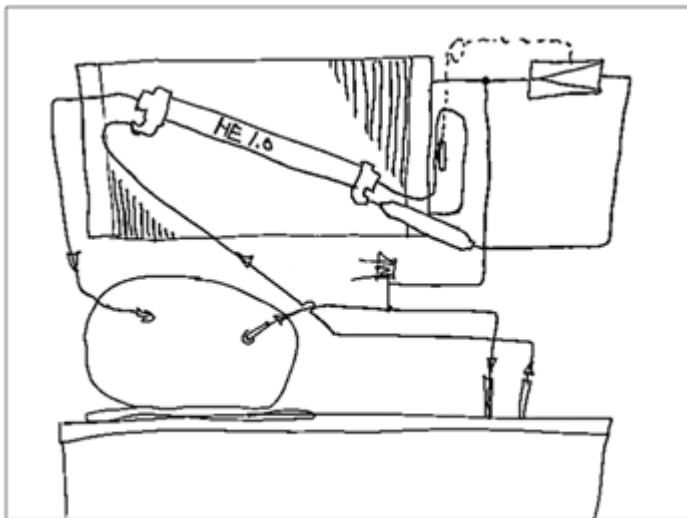


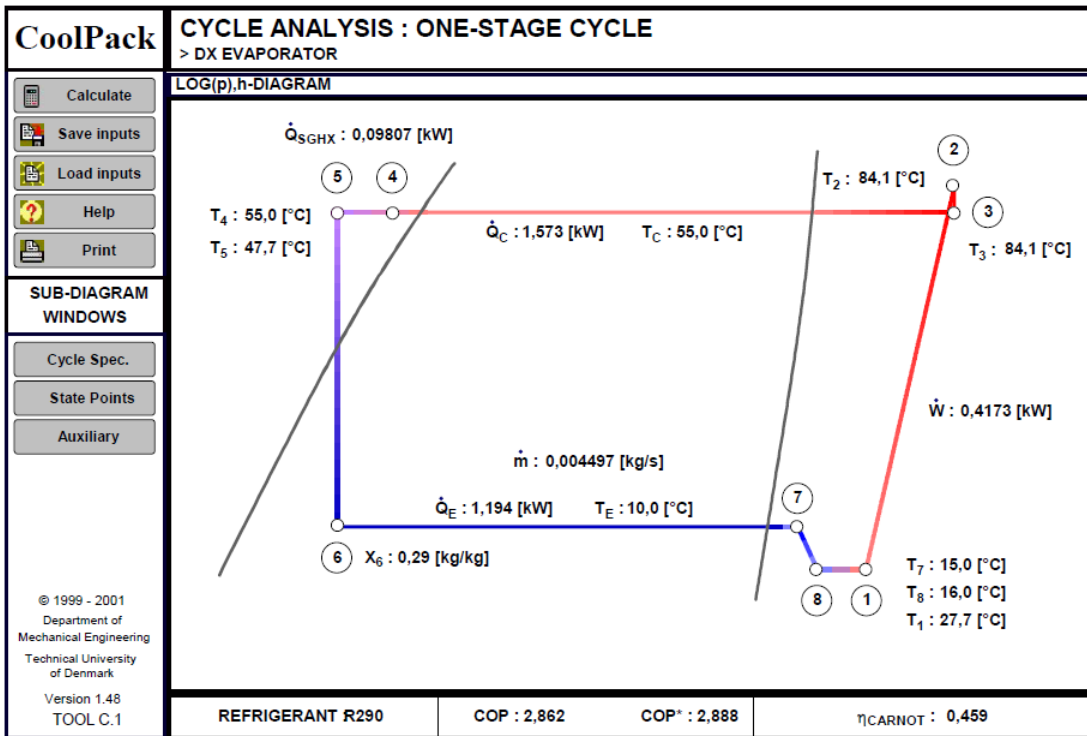
Konklusion

Det kan være relevant at undersøge ekspansionsventilen nærmere. Samtidig vil Teknologisk Institut foretage en verificering af selve tappe test opstillingen ved at udskifte varmepumpen med en tank indeholdende et elvarmelegeme så der er helt styr på den energi der tilføres.

Bilag 3. Beregninger og analyser vedrørende intern varmeveksler

Her skitse med Danfoss intern varmeveksler HE 1.0 indtegnet. Bemærk den skrå placering af veksler og filter. Dette skal sikre at vi får ren væske frem til ekspansionsventilen og at eventuel gas vil bevæge sig op og blive kondenseret i veksleren. En rentegnet skitse kan eventuel senere fremstilles i Visio. Den mindre størrelse HE 0.5 ville formentlig passe bedre med rørtilslutningerne, men jeg har valgt HE 1.0 af hensyn til kapaciteten, som er ca. 25 % større. Dette, samt mål og bestillingsnumre, fremgår af vedhæftede filer. Trykrørstemperaturen bliver ca. 10 °C højere og det samme gælder sugegassen, mens væsken bliver afkølet ca. 8 °C. Ved praktiske målinger kan billedet blive lidt anderledes på grund af væskedråber i sugeledningen fra fordamperen. Den beregnede effektivitetsstigning er ca. 2%, men på grund af førnævnte praktiske forhold kan den være væsentligt højere, måske op til 10% og hertil kommer at det forventes at fyldningen bliver nemmere at optimere.





CYCLE SPECIFICATION				
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	SUCTION GAS HEAT EXCHANGE	REFRIGERANT	
T_E [°C] : 10,0 ΔT_{SH} [K] : 5	Δp_{SL} [K] : 0	Thermal efficiency η_T : 0,30	R290	
T_C [°C] : 55,0 ΔT_{SC} [K] : 0	Δp_{DL} [K] : 0			
CYCLE CAPACITY				
Volume flow \dot{V}_S [m³/h] : 1,29	$\dot{Q}_E : 1,194$ [kW]	$\dot{Q}_C : 1,573$ [kW]	$\dot{m} : 0,004497$ [kg/s]	$\dot{V}_S : 1,29$ [m³/h]
COMPRESSOR PERFORMANCE				
Isentropic efficiency η_{IS} [-] : 0,606	$\eta_{IS} : 0,606$ [-]	$\dot{W} : 0,4173$ [kW]		
COMPRESSOR HEAT LOSS				
Heat loss factor f_Q [%] : 12	$f_Q : 12,0$ [%]	$T_2 : 84,1$ [°C]	$\dot{Q}_{LOSS} : 0,05008$ [kW]	
SUCTION LINE				
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K] : 1,0	$\dot{Q}_{SL} : 8$ [W]	$T_8 : 16,0$ [°C]	$\Delta T_{SH,SL} : 1,0$ [K]	

Calculate	Print	Help	Auxiliary	State Points	COP : 2,862	COP* : 2,888
-----------	-------	------	-----------	--------------	-------------	--------------

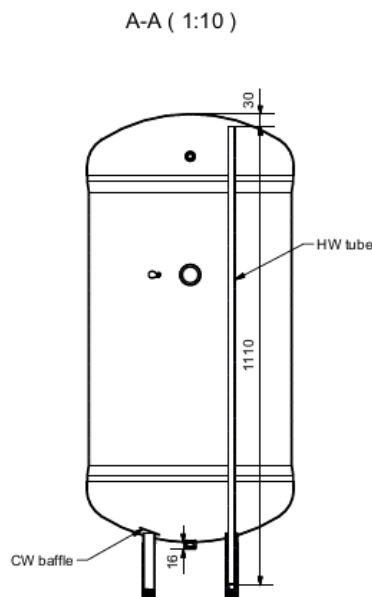
Bilag 4. Analyse af testresultater for første prototype af lille model

Beholderkonstruktionen

Den pågældende beholders udgangsrøret er gennemgående internt i beholder. Det varme vand fra toppen bliver transporteret igennem røret ned igennem tanken. Herved kommer det varme vand i tæt kontakt med det kolde vand igennem rørvæggen. Denne udveksling mellem det varme og kolde vand er ikke optimal og er med til at forringe COP værdien.

Efter et tap (åbningen og lukning af vandhanen), hvor vandet i dette rør har stået stille, er det første vand der kommer ud koldt eller halvvarmt.

Selve tappetesten kræver en vis temperatur før effektmåleren starter, derfor bliver en del halvvarmt vand spildt (ikke talt med i beregningen af) ved hver tap.



Forbedringsforslag: Brug en tank uden dette interne stigerør.

Fordampningstemperatur og blæserstørrelse

Under den seneste test viste displayet en fordampningstemperatur på omkring 0°C. Dette virker til at være en ikke-optimal lav temperatur når luften i rummet er 20°C. Det kunne muligvis hænge sammen med blæserstørrelsen. Det kan læses i standarden, at varmepumpen minimum skal kunne lave en trykstigning på 30Pa. Det er muligt at blæseren er for lille til at lave denne trykstigning samtidig med at levere en passende luft mængde. Alternativt er selve fordamperen for lille.

6.3 Setting the external static pressure difference for ducted air source units

The volume flow and the pressure difference shall be related to standard air and with dry heat exchanger. If the air flow rate is given by the manufacturer with no atmospheric pressure, temperature and humidity conditions, it shall be considered as given for standard air conditions.

The air flow rate as stated in the installation and operating instructions shall be converted into standard air conditions. The air flow rate setting shall be made when the fan only is operating.

The resulting standard air flow rate shall be set and the resulting external static pressure (ESP) measured.

If the ESP is lower than 30 Pa, the air flow rate is decreased to reach this minimum value.

The apparatus used for setting the ESP shall be maintained in the same position during all the tests.

If the installation and operating instructions state that the maximum allowable duct length is for inlet and outlet together less than 2 m, then the unit shall be tested with its duct length but as a non-ducted unit; therefore the ESP is considered equal to 0 Pa

Forbedringsforslag: Kig på om der kan optimeres på blæserstørrelsen når den samtidig skal kunne levere denne trykstigning.

Bilag 5. Akkrediteret test af den store model

TEST REPORT

Report no.:
300-KLAB-17-038-rev.2
(This report replaces report 300-KLAB-17-038-rev.1)



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
DK-8000 Aarhus C
+45 72 20 20 00
Info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

Page 1 of 8
Init: MDKF/JGW
File no.: -
Enclosures: 0

Customer: Contact person: Torben Lauridsen
Company: Vesttherm
Address: Øresundsvej 10
City: DK-6715 Esbjerg N
Tel.: (+45) 75 14 02 44

Component: Brand: Vesttherm
Type: Domestic hot water heat pump
Model: VT 3130 7102-0
Series no.: 17100144
Production year: N.a.

Dates: Components tested: December 2017 – January 2018

Procedure: See objective (page 2) for list of standards

Remarks: Rev.2/ This report has been revised due to an updated rating plate added by the customer.
Rev.1/ This report has been revised due to the sound power measurements have been added. The unit was delivered by the customer. The installation and test settings were done according to the manufacturer's instructions.

Terms: The test has been performed according to the conditions laid down by DANAK (The Danish Accreditation), cf. www.danak.dk, and the general terms and conditions of The Danish Technological Institute. The results from DTI's work in this report, i.e. analyses, assessments and instructions may only be used or reported in their entirety. The customer may not mention or refer to DTI or DTI's employees for advertising or marketing purposes unless the DTI has granted its written consent in each case.

Division/Centre: Danish Technological Institute
Energy and Climate
Heat Pump Laboratory, Aarhus

Date: 2018.02.20

Signature: 
Kamalathasan Arumugam
B.Sc. Engineer



 **DANAK**
Test Reg. nr. 300



Objective

The following test was carried out:

- Domestic hot water test for average climate according to EN 16147:2017
- Sound power level according to EN 12102-1:2017, methods ISO3743-1:2010 for duct sound power level and ISO 9614-2 for emitted sound power from the surface of the unit





Domestic hot water test according to EN16147:2017

N°	Test condition	Tapping cycle	Heat source		Storage tank
			Inlet dry bulb temperature (°C)	Inlet wet bulb temperature (°C)	Ambient temperature (°C)
1	Exhaust air	XL	20	12	20

Test conditions for sound power measurements

Test	Temperature conditions		
#	Mixed water temperature [°C]	Air inlet heat exchanger (dry/wet bulb) [°C]	Ambient (dry bulb) [°C]
1	25	7/6	20
2	39	7/6	20
3	53	7/6	20





Results of domestic hot water test according to EN16147:2017

Presentation of main results				
No.	Description	Name	Result	Unit
1)	Load profile		λ_L	
2)	Thermostat set point		53	°C
3)	Heating up time	t_h	28429	s
4)	Heating up energy input	W_{ehHP}	3.13	kWh
5)	Standby power input	P_{es}	0.025	kW
6)	Total useful heat energy during the whole tapping cycle	Q_{LP}	19.17	kWh
7)	Total electrical energy consumption during the tapping cycle	W_{EL-LP}	5.45	kWh
8)	Daily electrical energy consumption	Q_{elec}	5.42	kWh
9)	Coefficient of Performance	COP_{DHW}	3.52	-
10)	Water heating energy efficiency	ETA_{wh}	144.5	%
11)	Annual Electricity Consumption	AEC	1159	kWh/a
12)	Reference hot water temperature	PH_{WH}	52.0	°C
13)	Maximum volume of mixed water at 40°C	V_{40}	327	l
14)	Smart control settings	-	-	-
15)	For products with smart control, Smart Control Factor	SCF	-	-
16)	For products with smart control, order of the load profiles of Day 1 to Day 5	-	-	
17)	Temperature operating range: Minimal and maximal heat source temperature, minimal start and maxi mean temperature domestic hot water	-	-	°C
18)	Rated volume of the tank, where applicable	V_m	-	L
19)	Rated heat output	P_{rated}	-	kW
20)	Seasonal coefficient of performance	$SCOP_{DHW}$	-	-

Test results for sound power measurements

Test #	Mixed Water temperature [°C]	Sound power level LW(A) [dB re 1pW]			Uncertainty(dB) (weighted value)	
		Unit Surface	Inlet duct	Exhaust	Surface	Ducts
1	25	59.8	55.2	60.7	1.5	2
2	39	59.7	54.0	61.5	1.5	2
3	53	59.7	54.8	60.8	1.5	2

The uncertainty value is based on the empirical value in ISO/EN 9614-2 (Surface) and ISO/EN 3743-1 (Reverberant room) and the estimated influence of the measurement setup and acoustical conditions.





Sound power levels in octave frequency bands and total

Unit surface

Test #	A-weighted sound power levels in 1/1-octave bands [dB re 1pW / Hz]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1	21.5	23.7	47.3	50.7	58.0	50.9	44.2	36.6	59.8
2	18.5	26.6	46.6	52.1	57.7	50.5	45.4	35.8	59.7
3	21.1	27.3	47.2	52.2	57.5	50.8	45.8	36.7	59.7

Inlet duct

Test #	A-weighted Sound power levels in 1/1-octave bands [dB re 1pW / Hz]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1	47.6	45.9	50.0	41.0	47.8	45.3	43.0	36.8	55.2
2	46.5	45.4	48.4	41.6	46.1	43.9	43.1	32.2	54.0
3	46.6	47.3	47.1	44.0	47.7	45.5	43.8	36.8	54.8

Exhaust

Test #	A-weighted Sound power levels in 1/1-octave bands [dB re 1pW / Hz]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1	47.1	49.7	57.2	50.1	52.9	52.1	44.7	40.0	60.7
2	47.1	50.0	58.7	50.8	52.9	51.9	44.3	39.5	61.5
3	47.7	50.4	56.7	50.8	53.8	52.0	45.3	40.1	60.8





Indoor unit



Indoor unit - rating plate

Brauchwasserwärmepumpe		S/N: 17100144
Modell VT 3130 Typ 7102-0		PN: 16831
Spannung / Frequenz:	230 V - 50 Hz	
Heizleistung Kompressor:	897 W	
Leistungsaufnahme Kompressor:	340 W	
Elektrischer Heizeinsatz:	2,0 kW	
Leistungsaufnahme inkl Heizeinsatz:	2,395 kW	
Sicherung:	13 A	
Schutzart:	IP 21	
Max. Betriebstemperatur:	65 °C	
Kältemittel:	R 290 - 0,366 kg	
Treibhauspotential(GWP)	3	
CO ₂ -Äqv:	1,066 T/CO ₂ -Äqv	
Max. Überdruck:	2,5 MPa / 26 bar	
Dichtheitsgeprüft:		
Zulufttemperatur min/max:	-10°C ... +35°C	
Luftmenge:	200-300 m ³ /h	
Speicher, Korrosionsfest emailliert		
Prüfdruck:	1,3 MPa / 13 bar	
Betriebsdruck:	1 MPa / 10 bar	
Max. speichertemperatur:	66°C	
Inhalt netto (Nennvolumen):	270 l	
Gewicht Leer:	130 kg	
Gewicht Voll:	396 kg	





Photos of setup during sound power measurements

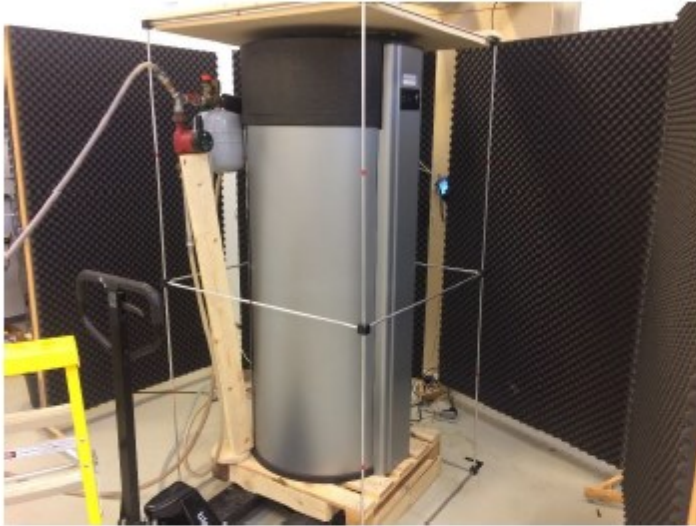


Figure 1: Sound power from surface of unit, measured as ISO/EN 9614-2. Sound intensity measurements on eight surfaces, each of 1 m² area. The sound absorbing screens behind the unit improve the acoustical conditions.



Figure 2: Sound power from duct, mounted flush in wall. Based on measurements of sound pressure in reverberant room using ISO/EN 3743-1.





Measurement system and ID for sound power measurement

Description	Make	Identification QA
Sound Intensity Meter.	Brüel og Kjær 2270 G	76595
Intensity Probe	Brüel & Kjær 4197	79023
Intensity Calibrator	Brüel og Kjær 4297	78206
Pressure/Flow Meter	TSI VelociCalc TSI 9565 P	79650
Reverberant Room	Building 16 Aarhus TI	100863
Sound Level Meter	Norsonic Nor850 (7-Channel)	100620
Software Power	Norsonic Nor850	100856
Microphones	GRAS 40AE_26CA	100864/ 100865/ 100866
Reference Sound Source	Norsonic Nor278	100872
Sound Pressure Calibrator	Brüel og Kjær 4231	100873



Bilag 6. Akkrediteret test af den lille model

TEST REPORT

Report no.:
300-KLAB-18-003



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
DK-8000 Aarhus C
+45 72 20 20 00
Info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

Page 1 of 9

Init:KAMA/MDKF/JGW

File no.: -

Enclosures: 0

Customer: Contact person: Torben Lauridsen
Company: Vesttherm
Address: Øresundsvej 10
City: DK-6715 Esbjerg N
Tel.: (+45) 75 14 02 44

Component: Brand: Vesttherm
Type: Domestic hot water heat pump
Model: VT180C Typ xxxx
Series no.: Vvvvvvvv
Production year: N.a.

Dates: Components tested: May 2018

Procedure: See objective (page 2) for list of standards

Remarks: The unit was delivered by the customer. The installation and test settings were done according to the manufacturer's instructions.

Terms: The test has been performed according to the conditions laid down by DANAK (The Danish Accreditation), cf. www.danak.dk, and the general terms and conditions of The Danish Technological Institute. The results from DTI's work in this report, i.e. analyses, assessments and instructions may only be used or reported in their entirety. The customer may not mention or refer to DTI or DTI's employees for advertising or marketing purposes unless the DTI has granted its written consent in each case.

Division/Centre: Danish Technological Institute
Energy and Climate
Heat Pump Laboratory, Aarhus

Date: 2018.06.06

Signature: 
Kamalathasan Arumugam
B.Sc. Engineer



 DANAK
Test Reg. nr. 300



Objective

The following tests were carried out:

- Domestic hot water test for average climate according to EN 16147:2017
- Sound power level according to EN 12102-1:2017, methods ISO3743-1:2010 for duct sound power level and ISO 9614-2 for emitted sound power from the surface of the unit





Domestic hot water test according to EN16147:2017

N°	Test condition	Tapping cycle	Heat source		Storage tank
			Inlet dry bulb temperature (°C)	Inlet wet bulb temperature (°C)	Ambient temperature (°C)
1	Exhaust air	L	20	15	20

Test conditions for sound power measurements

Test	Temperature conditions		
#	Mixed water temperature [°C]	Air inlet heat exchanger (dry/wet bulb) [°C]	Ambient (dry bulb) [°C]
1	25	7/6	20
2	39	7/6	20
3	55	7/6	20





Results of domestic hot water test according to EN16147:2017

Presentation of main results				
No.	Description	Name	Result	Unit
1)	Load profile		L	
2)	Thermostat set point		53	°C
3)	Heating up time	t_h	26560	s
4)	Heating up energy input	W_{eh-HP}	2.12	kWh
5)	Standby power input	P_{es}	0.006	kW
6)	Total useful heat energy during the whole tapping cycle	Q_{LP}	11.72	kWh
7)	Total electrical energy consumption during the tapping cycle	W_{EL-LP}	3.67	kWh
8)	Daily electrical energy consumption	Q_{elec}	3.65	kWh
9)	Coefficient of Performance	COP_{DHW}	3.20	-
10)	Water heating energy efficiency	ETA_{wh}	129.1	%
11)	Annual Electricity Consumption	AEC	793	kWh/a
12)	Reference hot water temperature	PH_{WH}	52.4	°C
13)	Maximum volume of mixed water at 40°C	V_{40}	217	l
14)	Smart control settings	-	-	-
15)	For products with smart control, Smart Control Factor	SCF	-	-
16)	For products with smart control, order of the load profiles of Day 1 to Day 5	-	-	
17)	Temperature operating range: Minimal and maximal heat source temperature, minimal start and maxi mean temperature domestic hot water	-	-	°C
18)	Rated volume of the tank, where applicable	V_m	-	L
19)	Rated heat output	P_{rated}	-	kW
20)	Seasonal coefficient of performance	$SCOP_{DHW}$	-	-





Test results for sound power measurements

Test #	Mixed Water temperature [°C]	Sound power level LW(A) [dB re 1pW]			Uncertainty(dB) (weighted value)	
		Unit Surface	Inlet duct	Exhaust	Surface	Ducts
1	25	47.9	59.8	61.2	1.5	2
2	39	47.9	60.0	61.4	1.5	2
3	55	47.8	59.6	61.3	1.5	2

The uncertainty value is based on the empirical value in ISO/EN 9614-2 (surface) and ISO/EN 3743-1 (reverberant room) as well as the estimated influence of the measurement setup and acoustical conditions.

Sound power levels in octave frequency bands and in total

Unit surface

Test #	A-weighted sound power levels in 1/1-octave bands [dB re 1pW / Hz]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1	17.4	29.0	43.2	42.6	41.8	37.7	29.7	22.1	47.9
2	15.1	30.5	43.1	42.7	41.9	37.5	28.9	22.1	47.9
3	24.3	29.3	43.5	41.9	41.5	38.8	28.6	18.3	47.8

Inlet duct

Test #	A-weighted sound power levels in 1/1-octave bands [dB re 1pW / Hz]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1	46.9	42.2	57.3	53.8	47.3	46.1	41.0	31.7	59.8
2	49.3	44.8	57.4	53.9	47.2	45.8	39.9	29.1	60.0
3	49.1	46.3	56.6	53.7	47.5	45.8	40.3	29.5	59.6





Exhaust

Test #	A-weighted sound power levels in 1/1-octave bands [dB re 1pW / Hz]								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
1	45.3	41.5	57.8	56.4	51.2	48.7	41.8	29.0	61.2
2	45.2	41.0	58.6	55.8	51.3	49.0	42.2	30.3	61.4
3	46.2	41.8	58.4	55.7	51.2	49.0	42.2	30.0	61.3





Indoor unit



Indoor unit - rating plate

Brauchwasserwärmepumpe S/N: Vvvvvvv
Modell VT180C Typ XXXX PN: Vvvv

Spannung / Frequenz:	230 V - 50 Hz	
Heizleistung Kompressor:	0,897 kW	
Leistungsaufnahme Kompressor:	540 W	
Elektrischer Heizersatz:	2,0 kW	
Leistungsaufnahme inkl. Heizersatz:	2,340 kW	
Sicherung:	13 A	
Schutzart:	IP 21	
Max. Betriebstemperatur:	62 °C	
Kältemittel:	R290 - 0,160 kg	
Treibhauspotential (GWP):	3	
CO ₂ -Äqv:	0,490 T/CO ₂ -Äqv	
Max. Überdruck:	2,6 MPa / 26 bar	
Dichtheitsgeprüft:		
Zulufttemperatur min/max:	-10°C ... +35°C	
Luftmenge:	160-200 m ³ /h	
Speicher, Korrosionstest emailiert:		
Prüfdruck:	1,3 MPa / 13 bar	
Betriebsdruck:	1 MPa / 10 bar	
Max. Speichertemperatur:	66°C	
Inhalt netto (Nennvolumen):	168 l	
Gewicht Leer:	66 kg	
Gewicht Voll:	232 kg	





Photos of setup during sound power measurements



Figure 1: Sound power from the surface of the unit measured as ISO/EN 9614-2. Sound intensity measurements on eight surfaces, each with an area of 1 m². The sound absorbing screens behind the unit improve the acoustical conditions.



Figure 2: Sound power from duct, mounted flush in wall. Based on measurements of sound pressure in reverberant room using ISO/EN 3743-1.





Measurement system and ID for sound power measurement

Description	Make	Identification QA
Sound Intensity Meter.	Brüel og Kjær 2270 G4	159822
Intensity Probe	Brüel og Kjær 4197	79023
Intensity Calibrator	Brüel og Kjær 4297	78206
Pressure/Flow Meter	TSI VelociCalc TSI 9565 P	79650
Reverberant Room	Building 16 Aarhus TI	100863
Sound Level Meter	Norsonic Nor850 (7-Channel)	100620
Software Power	Norsonic Nor850	100856
Microphones	GRAS 40AE_26CA	100864/ 100865/ 100866
Reference Sound Source	Norsonic Nor278	100872
Sound Pressure Calibrator	Brüel og Kjær 4231	100873



Energieffektive brugsvands-varmepumper med naturlige kølemidler

Projektet har haft til formål at udvikle og teste en brugsvandsvarmepumpe, som benytter det naturlige kølemiddel propan, er mere energieffektiv sammenlignet med HFC-modellen og er konkurrencedygtig. Projektet har modtaget tilskud under Miljøministeriets Program for Miljøteknologisk Udvikling, test og demonstration (MUDP) og i rapporten beskrives det, hvordan det er lykkedes at udvikle to nye mere energieffektive og klimavenlige typer varmepumper til brugsvand i private boliger.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk