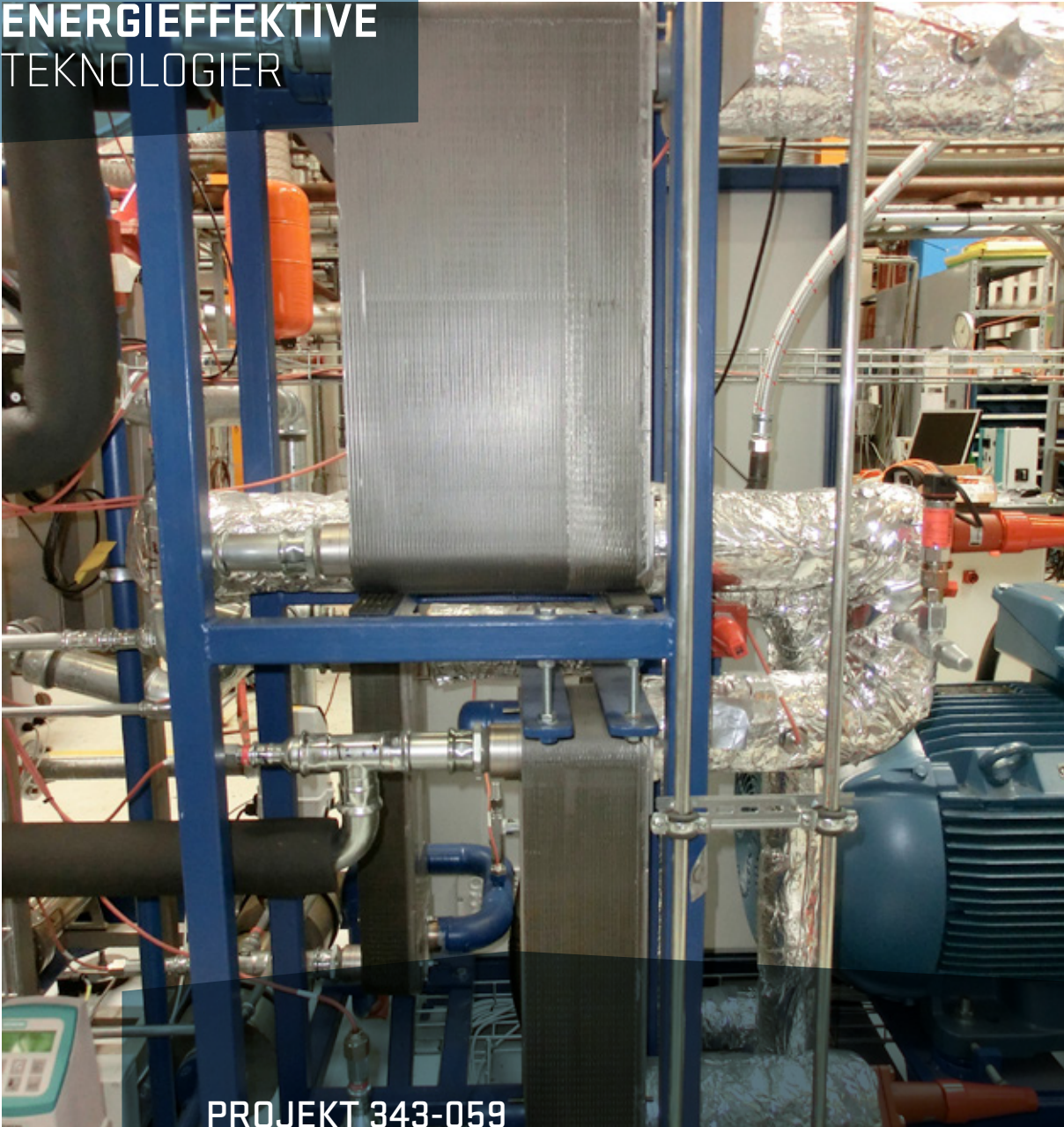


KØLING

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



PROJEKT 343-059

Energieffektiv ammoniak varmepumpe

Nye muligheder i industrien med todelt kondensator i højtemperaturvarmepumpe, som kører ved lavere kondenseringstemperatur og giver højere COP.

MÅLSÆTNING:

Kan man fremstille en mere energieffektiv varmepumpe ved at dele kondensatoren i to? Indledende analyser viste, at der var potentiale til en energibesparelse på op til 20 %, bl.a. fordi man kunne arbejde med lavere kondenserings temperaturer. Målsætningen med projektet var derfor ved hjælp af

MÅLGRUPPE:

Målgruppen for denne type varmepumpe er industrien, hvor man i mange processer har behov for varmt vand med høje temperaturer. Denne varmepumpe opfylder dette ved at levere delstrøm med 100 °C varmt vand eller mere. Industrien bruger meget varmt vand. Vandet varmes typisk op fra en relativ lav temperatur på 40 °C. Her kommer det nye kondensator princip til sin ret. Gevinsten vil

dog ikke være stor på varmepumper uden det store temperaturløft, eller på et "almindeligt køleanlæg". Industrien har mange muligheder for at udnytte de to vandstrømme med forskellige temperatur separat.

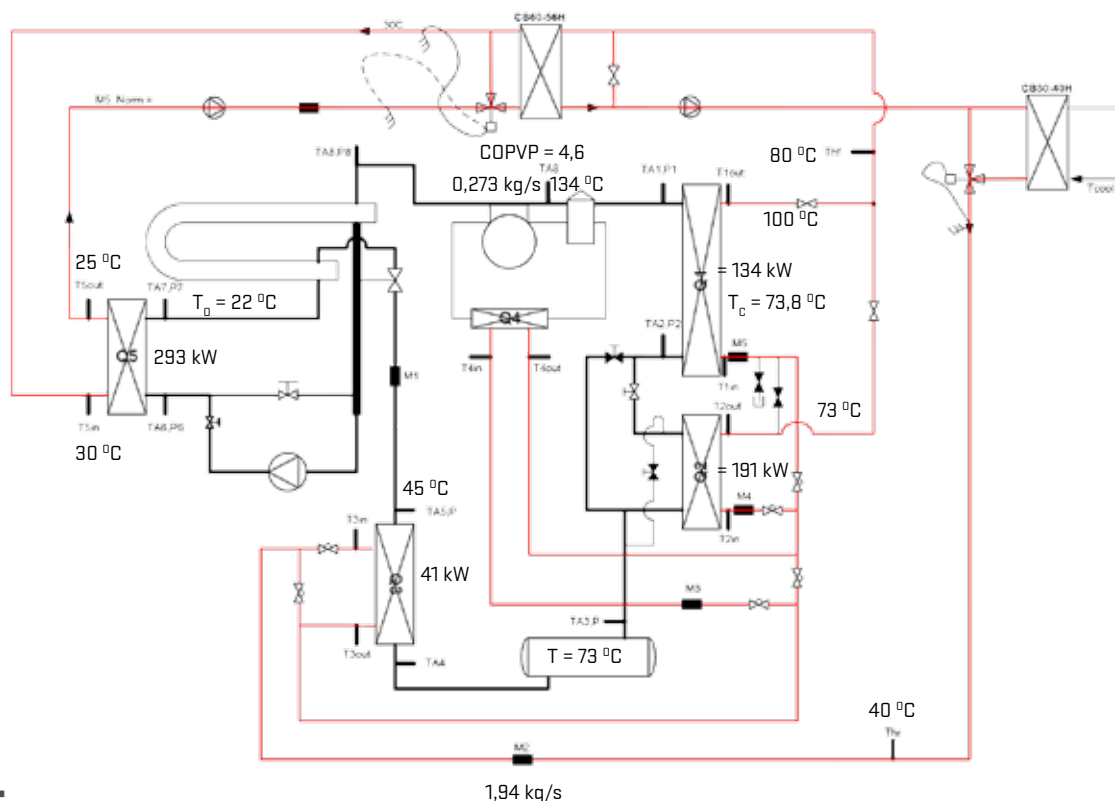
Et andet område med stort potentiale er varmepumper til fjernvarme. Her er der 30-40 graders forskel på vand retur og frem, og

Baggrunden er, at kommercielle leverandører i dag normalt ikke fremstiller varmepumper, der har lavere kondenserings temperatur end temperaturen på vandet ud. I dette projekt gik Teknologisk Institut sammen med Alfa Laval, Svedan og Grundfos om at udvikle denne nye varmepumpe.

det er ideelt for denne type varmepumpe. Derudover kan man forestille sig at bruge varmepumpen i bebyggelse med radiatorsystem, hvor man kører vand frem med en relativ høj temperatur og får det tilbage med meget lavere temperatur, med mulighed for at lade den ene delstrøm gå til brugsvand og den anden til radiatorvand.

PROJEKTET HAR VIST, AT DET KAN LADE SIG GØRE AT UDVIKLE EN ENERGIEFFEKTIV VARMEPUMPE MED TODELT KONDENSATOR, OG DERMED FÅ LAVERE KONDENSERINGS-TEMPERATURER OG HØJERE COP.

Principdiagram af varmepumpens opbygning.



PROCESSEN:

Projektet løb over 2 1/2 år, og var inddelt i flere faser. Første fase var et grundigt regne- og simuleringsarbejde, hvor parterne fra TI og Alfa Laval gennemgik forskellige scenarier. Desuden ville man gerne vide, hvor lille opvarmningstemperaturen på procesvandet kan være, for at denne varmepumpe stadig er fordelagtig. Man fandt frem til, at den oprindelige tanke ikke gav den store gevinst,

men simuleringerne åbnede for andre muligheder med anvendelse af 2 kondensatorer. Herefter blev der afdækket i næste fase, hvor varmepumpen skulle designes og bygges.

Alfa Laval leverede varmevekslerne, Grundfos bidrog med kølemiddelpumpe til fordampersystemet, og Svedan skulle bygge alle komponenterne sammen til et system. Der var

mange krav til systemet, fordi man ønskede at kunne måle, teste og dokumentere forskellige scenarier. Det gav udfordringer og betød, at man kun fik tid til at udvikle en meget simpel styring. Anlægget blev kørt fra Svedan til TI i Aarhus, hvor det blev koblet til vandsystemet, så testfasen kunne igangsættes.

RESULTATER:

Projektet har vist flere interessante resultater. Først og fremmest kunne man med den todeltede kondensator køre med meget lave kondenseringstemperaturer – ned til en temperaturforskel mellem vandet og kondenseringstemperaturen på 1 grad. Beregningerne havde vist en potentiel COP på 4,7. I test opnåede man 4,3, primært fordi der kom olie ud i kondensatoren, fordamperen og underkøleren, så man ikke fik den ønskede lave kondenseringstemperatur og høje fordampertemperatur, grundet dårligere varmeoverføring.

COP'en på 4,3 blev opnået ved at varme vand fra 40 °C til 80 °C, mens man havde kondenseringstemperatur på 74 °C, fordampertemperatur på 20 °C, underkøling på 20 °C samt trykgas på 135 °C.

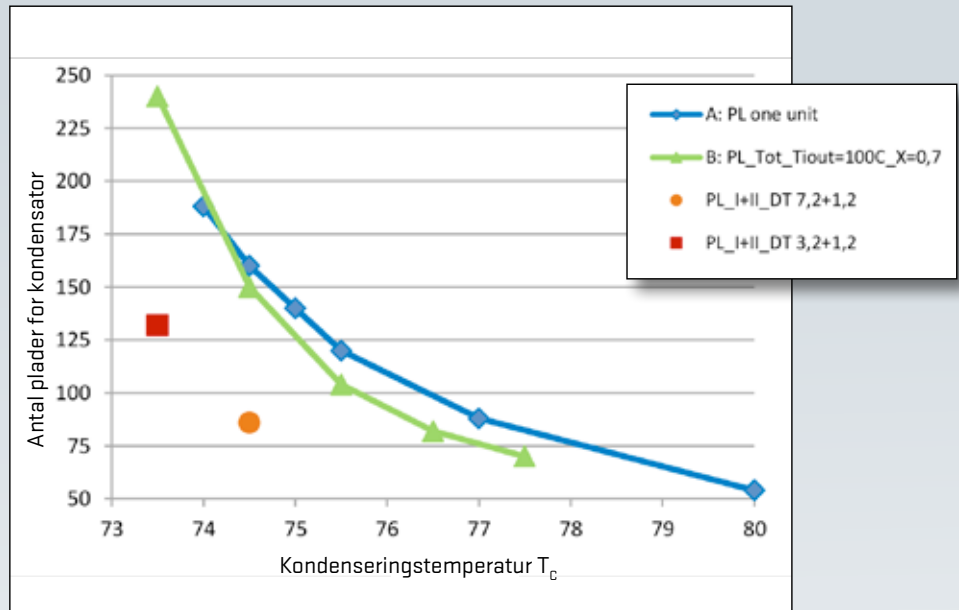
Billedet viser fordampere (tv) og separator (th) i den energieffektive varmepumpe under testfasen hos TI i Aarhus.



EFFEKT:

Projektet har vist, at man kan producere en varmepumpe med todelt kondensator, og at det giver mulighed for lavere kondenseringstemperaturer og dermed højere energieffektivitet. Det er lykkedes at udvikle en teknologi, der giver nye anvendelsesmuligheder for varmepumper og således udvider markedet. Således dækker højtemperaturvarmepumper områder, hvor der på nuværende tidspunkt kun anvendes fossile brændsler.

Anlægget kan i dag produceres med simpel styring, og Svedan, der var med i projektet, giver i dag tilbud på varmepumpe med delt kondensator. De forventer, at man vil kunne bygge varmepumper, der er meget mere effektive end de nuværende, og at det vil være interessant for mange danske industrivirksomheder.



Figuren viser, hvordan antallet af plader kan reduceres, når total-kondensator splittes til to sektioner. Kurverne viser sammenhængen mellem kondenseringstemperaturen og det nødvendige totale antal plader eller areal på kondensatorsiden. Den blå kurve illustrerer det nødvendige antal plader, hvis løsningen består af en enkelt kondensator, og den grønne viser forløbet ved to kondensatorer med vand i parallel og ammoniak i serie.

Begge løsninger er baseret på en minimum temperaturforskel mellem vand og kondenseringstemperatur på kun ca. 1 °C. I forbindelse med den todeltede løsning er der en temperaturforskel på 1 °C i begge vekslere. Som det fremgår, er forskellen i det nødvendige antal plader for de to løsninger ikke stor.

Hvis man derimod designer vekslerne til to forskellige temperaturforskelle, så sker der en markant reduktion i antallet af plader, og forskellen er størst, når ønsket til kondenseringstemperaturen er lavest mulig. Den røde firkant repræsenterer en situation, hvor temperaturforskellen i den første sektion, set fra hvor ammoniakken løber til, er øget til 3,2 og tilsvarende 7,2 for den orange cirkel.

Alle kurver er baseret på to identiske varmevekslere med samme pladetyper, men antallet af plader i de to sektioner er forskellige. Kurverne er baseret på et ønske om 80 °C ud ved 40 °C ind ved en given fast ydelse. De 80 °C opnås ved, at de to parallelle vandstrømme ud af de respektive sektioner blandes. Ved reduceret temperaturforskel mellem vand ind og ud, reduceres forskellen i antal plader tilsvarende.

Undlader man at blande de to vandstrømme, kan der leveres to forskellige temperaturniveauer med hver sin ydelse. Der vil være mulighed for at generere over 100 °C varmt vand med en ydelse, der svarer til ca. 25 % af den totale kondensator ydelse.

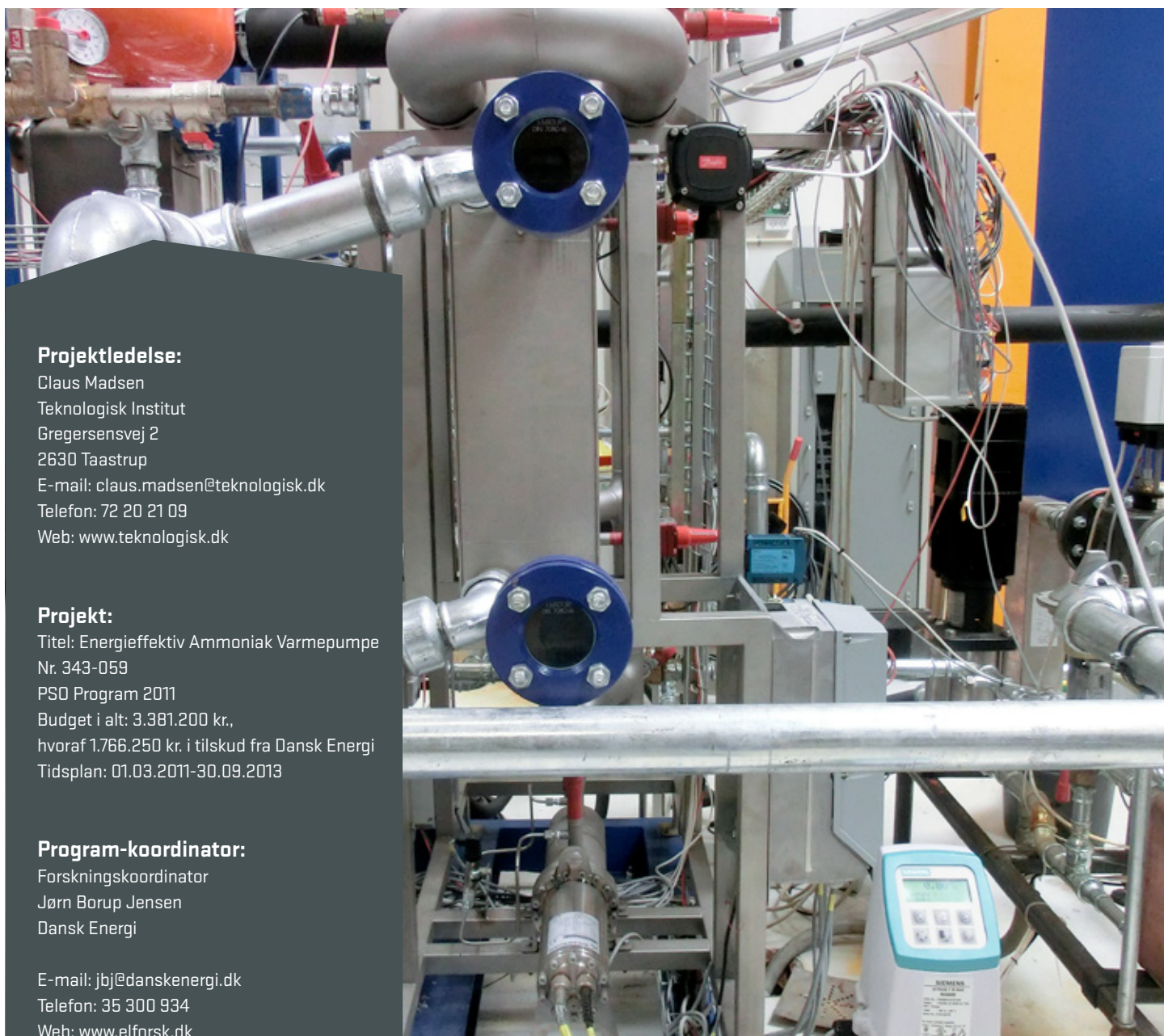
TEKNOLOGIEN KAN ISÆR ANVENDES I INDUSTRIELLE PROCESSER, HVOR MAN SKAL BRUGE MEGET VARMT VAND, OG GERNE FRA ET KOLDT UDGANGSPUNKT. HER VIL ENERGIBESPARELSER PÅ 20 % OGSÅ VÆRE INTERESSANTE I FORHOLD TIL KLIMAKRAV.

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

I deres nuværende form kan projektresultaterne bruges til at bygge varmepumper til eksempelvis industrielle processer, hvor der er relativ stor forskel på frem- og returløbstemperaturen. Resultaterne viser også, at man kan arbejde med lavere kondenseringstemperaturer og dermed opnå højere COP. Det er dog en forudsætning, at der kun er behov for en simpel styring. Samtidig kræver det stadig komplicerede udregninger at designe de to kondensatorer rigtigt i forhold til hinanden.

Det er således allerede muligt at bruge resultaterne i praksis. Der er dog stadig et stort potentiale i at udvikle videre, og derfor har TI, Alfa Laval og Svedan valgt at gå sammen med nye aktører i et nyt stort EUDP-projekt, hvor man bl.a. vil udvikle beregningsværktøjer til at optimere varmepumperne til den konkrete opgave. Det skal desuden afprøves om de to kondensatorer kan bygges som en enhed, og der skal udarbejdes en mere kompliceret og optimal styring. Endvidere vil man undersøge anvendelse af

konceptet i forbindelse med andre kølemidler. Perspektiverne i teknologien viser sig ved, at en industrivirksomhed som Arla Foods og et forsyningselskab som HOFOR er med i EUDP-ansøgningen.



Projektledelse:

Claus Madsen
Teknologisk Institut
Gregersensvej 2
2630 Taastrup
E-mail: claus.madsen@teknologisk.dk
Telefon: 72 20 21 09
Web: www.teknologisk.dk

Projekt:

Titel: Energieffektiv Ammoniak Varmepumpe
Nr. 343-059
PSO Program 2011
Budget i alt: 3.381.200 kr.,
hvoraf 1.766.250 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2011-30.09.2013

Program-kordinator:

Forskningskoordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk

Her ses fordampersiden af varmepumpen. Det er separatorens øverst med fordampersiden neden under, begge leveret af Alfa Laval. Nederst ses kølepumpen, som Grundfos har leveret.