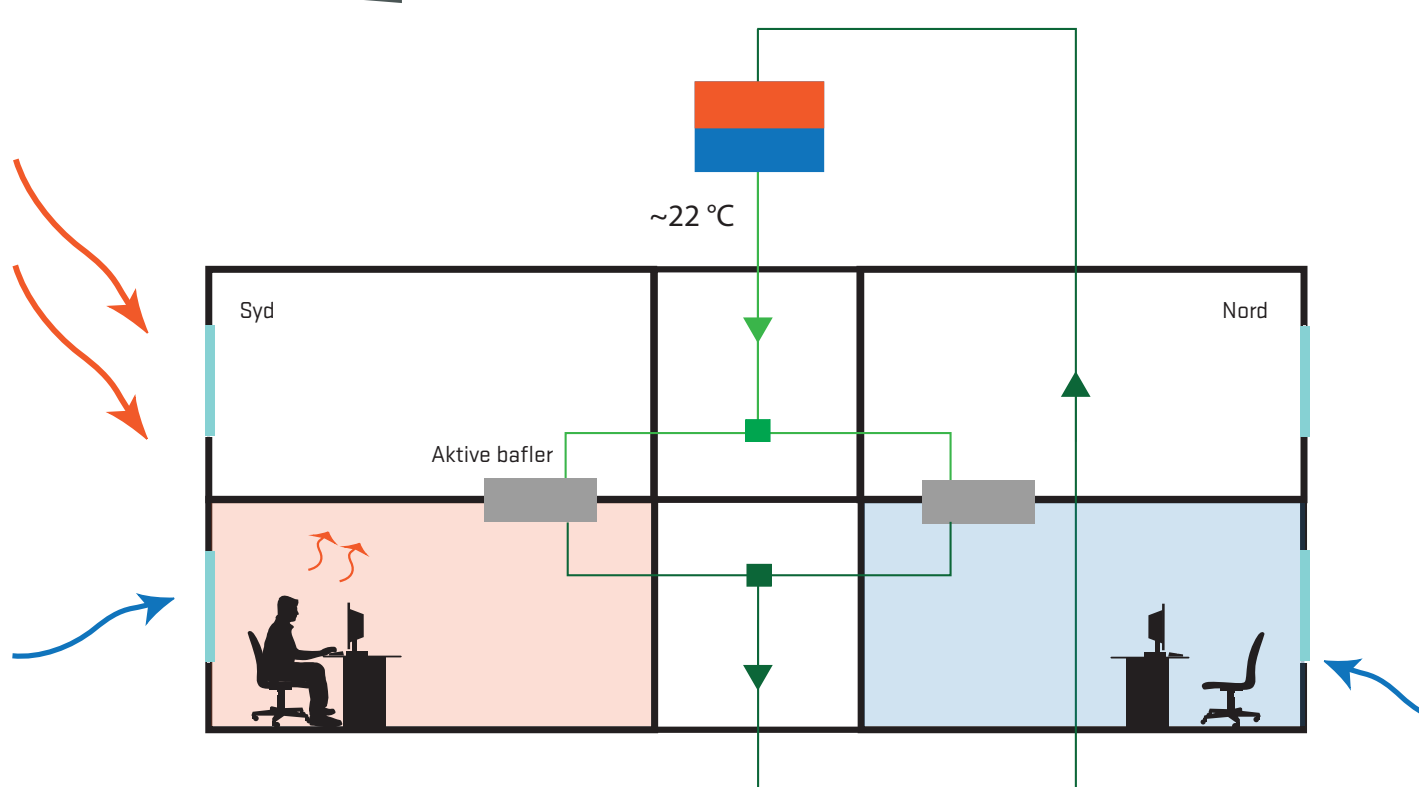


VENTILATION

ENERGIEFFEKTIVE TEKNOLOGIER



DET NYUDVIKLEDE KLIMAANLÆG ER BILLIGERE I BÅDE
ANLÆG OG DRIFT OG ER BEDRE TIL AT BENYTTE VEDVARENDE
ENERGI SOM ENERGIFORSYNING

PROJEKT 345-010

Innovativt 2-rørs bafelsystem til såvel køling som opvarmning af bygninger

MÅLSÆTNING:

I projektet skulle en ph.d-studerende gennemføre simuleringer af et innovativt klima-anlæg i form af et 2-rørs baffelsystem, der med samme rørføring kan forsyne en bygning med både lavtemperatur varme og højtemperatur køling. Målet var at fastlægge krav og forudsætninger for, at det innovative klima-anlæg kunne skabe et fuldt tilfredsstillende indeklima med lavere omkostninger til installation og den efterfølgende drift. Simuleringerne skulle efterfølgende verificeres i en forsøgsopstilling på Lindab Ventilations udviklingscenter og dermed bane vej for en fuld skala demonstration i en kontorbygning.

MÅLGRUPPE:

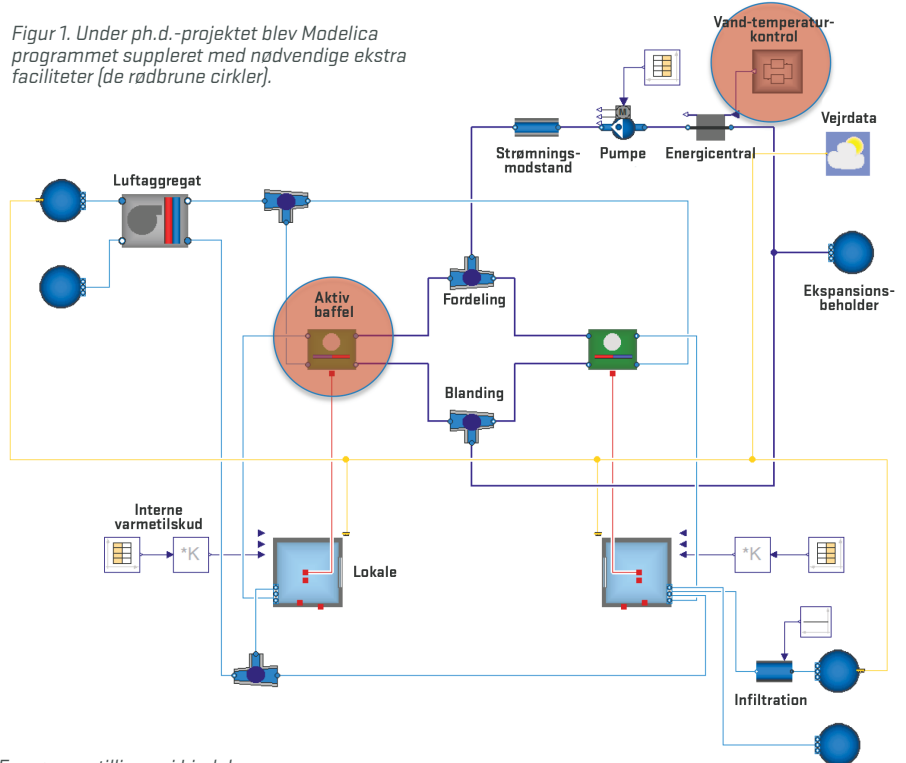
Det nyudviklede ventilationssystem vil især være velegnet at anvende i kontor- og administrationsbygninger, institutioner, supermarkeder og sygehuse, hvor der er behov for løbende at tilføre udeluft og for at holde rumtemperaturen inden for et hensigtsmæssigt interval, der sikrer et tilfredsstillende indeklima. Projektets resultater er derfor særlig relevant for projekterende og udførende aktører i byggebranchen samt medarbejdere med ansvar for drift af en bygnings tekniske installationer. Systemets potentiale for energibesparelser og indpasning af vedvarende energi gør systemet attraktivt også for forsyningsselskabernes energirådgivere.

PROCESSEN:

Lindab ICS's (Indoor Climate Solutions) udviklingscenter i Farum præsenterede SBI-AAU for en ide om et 2-rørs baffelsystem. Ideen og tankerne bag ideen førte til dette forskningsprojekt. Statens Byggeforskningsinstitut (SBI-AAU) har været projektleder med professor Alireza Afshari og seniorforsker Niels Christian Bergsøe som vejledere for ph.d-studerende Alessandro Maccarini, der har gennemført ph.d.-projektet som opfølgning på et afgangprojekt på civilingeniørstudiet på SBI-AAU. Projektet blev indledt med en litteratursøgning, der kortlagde eksisterende konventionelle køle/varme baffelsystemer. Efterfølgende er der gennemført systemanalyser og udarbejdet konkrete forslag til systemløsninger. Disse ideer er derefter studeret gennem simuleringer, der bl.a. har identificeret lufthastigheder, temperaturforhold og energiforbrug.

Udgangspunktet for simuleringerne har været Lindabs baffelsystemer, og det var oprindelig intentionen, at 2-rørs baffelsystemet skulle beregnes i meget anvendte simuleringsspro-

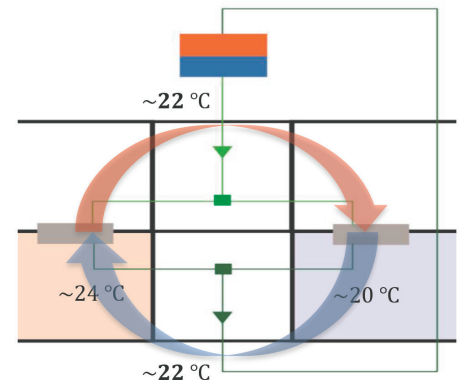
Figur 1. Under ph.d.-projektet blev Modelica programmet suppleret med nødvendige ekstra faciliteter (de rødbrune cirkler).



Forsøgsopstillingen i Lindabs laboratorium i Farum.



Figur 2. Udveksling af varme og køling mellem rum med forskelligt temperaturbehov.



grammer som BSim, TRNSYS eller Energy Plus. Men det viste sig, at disse programmer ikke kunne håndtere det kombinerede køle/varme 2-rørs system. Alessandro Maccarini besluttede derfor at bruge programmeringsværktøjet Modelica, der er et svensk udviklet open source-program, som kan beregne mekaniske, elektriske, termiske og hydrauliske installationssystemer. Modelica er senest blevet udbygget med faciliteter til beregning af bygningskomponenter og HVAC-systemer, og IEA har etableret et internationalt samarbejdsprojekt (IEA ECB Annex 60) med 42 partnere fra 16 medlemslande, der skal optimere brugen af Modelica (Læs om samarbejdsprojektet på www.iea-annex60.org/about.html). I ELFORSK-projektet blev Modelica udbygget yderligere med elementer som aktive baffler og en temperaturstyring.

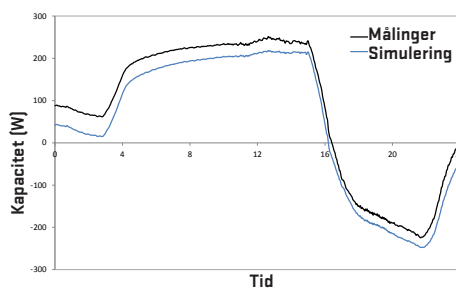
På grundlag af simuleringerne i Modelica blev der opbygget en forsøgsmodel på Lindabs laboratorium, hvor simuleringerne blev verificeret gennem sammenligning med målinger af forsøgsdriften. I laboratoriet blev der desuden gennemført 4 forsøg med forskellige parametre (vandtemperatur, varmebesparelser, luftskifte m.v.) som grundlag for opbygning af det klima-anlæg, der p.t. demonstreres i et efterfølgende ELFORSK-projekt (348-045).

DET INNOVATIVE KOMBINEREDE KØLE- OG VARMEANLÆG VIL VÆRE BILLIGERE FOR SLUTBRUGERNE BÅDE FOR ANLÆG OG DRIFT.

RESULTATER:

I kraft af 2-rørs baffelsystemet kan det innovative klimaanlæg sikre et tilfredsstillende indeklima, hvor rumtemperaturen både sommer og vinter kan opretholdes inden for det temperaturspænd, der efter nyere indeklima-forskning føles acceptabelt for brugerne. I et traditionelt 4-rørs baffelsystem skal kølekredsen operere med en fremløbstemperatur på 5-10 °C og varmekredsen med 40-50 °C for at sikre en rumtemperatur på 20-24 °C. I det nyudviklede 2-rørs baffelsystem dækkes både køle- og varmebehovet med en fremløbstemperatur på ca. 22 °C. Anlæggets rørføringer mellem bygningens enkelte rum gør det muligt at udnytte overskydende energi (enten køling eller varme) fra ét rum til et andet. Det er med til at sikre et meget lavt netto energiforbrug.

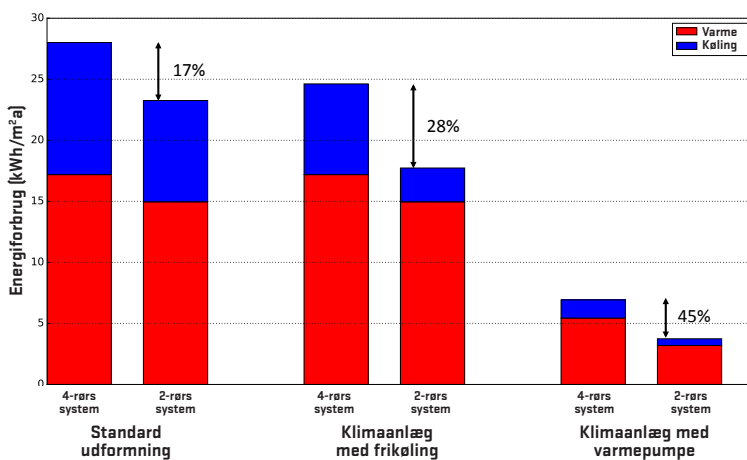
Målingerne i Lindabs laboratorium på forsøgsopstillingen med det innovative 2-rørs baffelsystem viste en fin overensstemmelse med simuleringerne i Modelica (se figur 3). For yderligere at vurdere 2-rørs baffelsystemets indflydelse på energiforbruget blev der gennemført simuleringer med brug af bereg-



Figur 3. Overensstemmelse mellem simulering i Modelica og målinger i Lindabs laboratorium.

ningsprogrammet Dymola, der fungerer fint i et Modelica-miljø, for en bygning, der rummer 5 kontorlokaler med forskellig orientering. Simuleringerne blev udført for både 4-rørs og 2-rørs systemer og i 3 forskellige udformninger af et klimaanlæg (se figur 4).

I den første standard udformning blev det samlede energiforbrug til køling og opvarmning beregnet til 28 kWh/m² om året for 4-rørs baffelsystemet, mens 2-rørs systemet kun brugte 23,3 kWh/m² om året, svarende til en besparelse på 17 %.



Figur 4. Grafen viser forskellen i energiforbrug mellem 4-rørs baffelsystem og 2-rørs baffelsystem i forskellige konfigurationer.

EFFEKT:

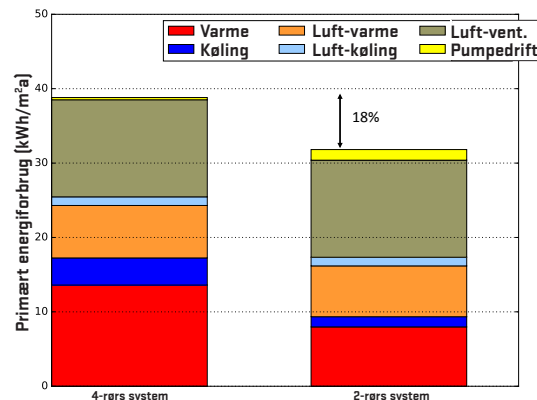
Selv om 2-rørs baffelsystemet forudsætter et væsentligt større varmeoverførsels-areal på grund af den lille temperaturforskel mellem rumtemperatur og fremløbstemperaturen, vil 2-rørs baffelsystemet blive billigere at installere, fordi der spares på rørføringer, reguleringsventiler og varmepumpe. Dertil kommer de betydelige besparelser på driften af det innovative klimaanlæg på mellem 17 % og 45 %, afhængig af om baffelsystemet suppleres med frikøling og/eller varmepumpe.

Projektets resultater har været så positive, at Lindab har produktmodnet 2-rørs baffelsystemet til et kommercielt produkt, der markedsføres under brandet "Solus". Lindab anslår, at der i løbet af de kommende år kan opbygges et marked – især i de skandinaviske lande – på omkring 10.000 bafle om året med en markedsværdi på ca. 100 mio. kr.

Den anden udformning med mulighed for at udnytte frikøling viste, at energiforbruget til køling i 4-rørs systemet ville være 7,5 kWh/m² om året, mens 2-rørs systemet med 2,5 kWh kun brugte ca. en tredjedel, svarende til en samlet besparelse i klimaanlægget på 28 %. Simuleringerne viste desuden, at i 2-rørs systemet kunne frikølingen dække 70 % af kølebehovet, mens det kun var 33 % i 4-rørs systemet.

Den tredje udformning af klimaanlægget med en varmepumpe viste, at varmepumpens SCOP-værdi blev beregnet til at være 48 % højere i 2-rørs systemet end i 4-rørs systemet, således at det optimale design af klimaanlægget med et 2-rørs system vil resultere i en samlet energibesparelse til køling og opvarmning på 45 %.

Hvis klimaanlæggets elforbrug til ventilation, som ikke påvirkes af baffelsystemet, også medtages, vil et 2-rørs system medføre en besparelse på klimaanlæggets samlede energiforbrug på 18 % (se figur 5).



Figur 5. Sammenligning af det totale energiforbrug i et klimaanlæg, inkl. ventilation, mellem 4-rørs og 2-rørs systemer.

Markedsføringen af 2-rørs baffelsystemet bygger især på systemets store besparelser på både anlæg og drift og fremmes desuden af systemets evne til at udnytte fri- og grundvandskøling samt forskellige vedvarende energikilder som solenergi og jordvarme. Systemet egner sig også særdeles godt til lavtemperatur fjernvarme.



Klimaanlæggets energicentral
i Jönköping.

**2-RØRS BAFELSYSTEMET GØR DET LETTERE
AT INTEGRERE MILJØVENLIGE ENERGIKILDER
SOM SOLVARME, FRIKØLING OG GRUNDVANDS-
KØLING SAMT AT BENYTTÉ LAVTEMPERATUR
FJERNVARME.**

Projektledeelse

Alessandro Maccarini, Alireza Afshari
og Niels Christian Bergsøe
SBI-AAU's Forskningsafdeling for
Bygningers Energieffektivitet, Indeklima
og Bæredygtighed (EIB)
A.C. Meyers Vænge 15
2400 København SV.

E-mail: alm@sbi.aau.dk,
ala@sbi.aau.dk, ncb@sbi.aau.dk
Telefon: 99 40 25 25
Web: www.sbi.dk

Projekt

Titel: Innovativt 2-rørs baffelsystem til såvel
køling som opvarmning af bygninger
Nr. 345-010
PSO Program 2013
Budget i alt: 3.247.035 kr., hvoraf 1.564.275 kr.
i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2013-31.10.2016

Programkoordinator

Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Vodroffsvej 59
1900 Frederiksberg C

Telefon: 35 300 934
E-mail: jbj@danskenergi.dk
Web: www.elforsk.dk

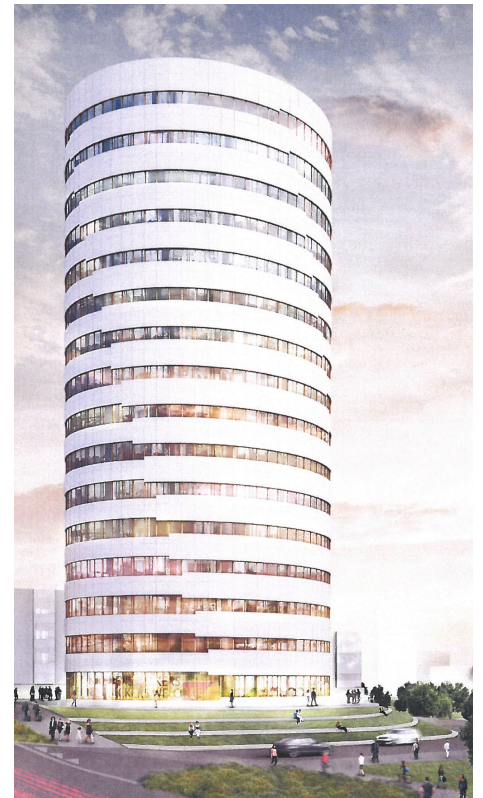
HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Projektets resultater bliver i første omgang brugt i et demonstrationsprojekt, der gennemføres i en 16 etagers bygning i den svenske by Jönköping. Her er der installeret et klimaanlæg med 600 baffler, der forsyner kontorlokaler, møderum, restaurant, festlokale og fitness-center med varme og køling. EL-FORSK har bevilget støtte til måling og analyse af måleresultaterne i projekt 348-045, der gennemføres som et post.doc.-projekt af den samme projektgruppe, der stod bag forsknings- og udviklingsprojektet.

For at få det fulde overblik over 2-rørs systemets konsekvenser for energiforbrug og indeklima gennemføres målinger gennem et helt år af rumtemperatur, fremløbstemperatur, udetemperatur, luftskifte, luftfugtighed, indeluftens indhold af CO₂ samt energiforbrug. Bygherren Tolust har finansieret etableringen af klimaanlægget og en stor del af de sensorer, der skal sikre de meget detaljerede målinger. Målingerne vil blive suppleret med en spørgeskemaundersøgelse blandt bygningens brugere for at afklare, om der er overensstemmelse mellem de fysiske målinger og brugernes oplevelse af indeklimaets kvalitet.

Det er Lindabs vurdering, at 2-rørs baffelsystemet teknisk er meget velegnet til at opfylde de forventede skærpede krav til energiforbrug og indeklima, der bliver en del af EU's implementering af energiuionen. Hvis den

fremtidige EU-lovgivning i højere grad kommer til at bygge på en rammeregulering med hovedvægt på målopfyldelse på bekostning af den eksisterende detailregulering, forudser Lindab med tiden også et meget stort europæisk marked for Solus-anlægget.



Det innovative klimaanlæg demonstreres i en 16 etagers bygning i Jönköping i EL-FORSK-projekt 348-045.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN