

# Naturlig ventilation med varmegenvinding

af Line Louise Overgaard og Ebbe Nørgaard, Teknologisk Institut, Energi

*Teknologisk Institut har udviklet en varmeveksler med lavt tryktab på luftsiden til naturlig ventilation med varmegenvinding. Samtidig er der udviklet et beregningsværktøj, NVX2000, til beregning af sådanne vekslere/genvindingsystemer.*

## Baggrund for udvikling af vekslere/beregningsværktøj

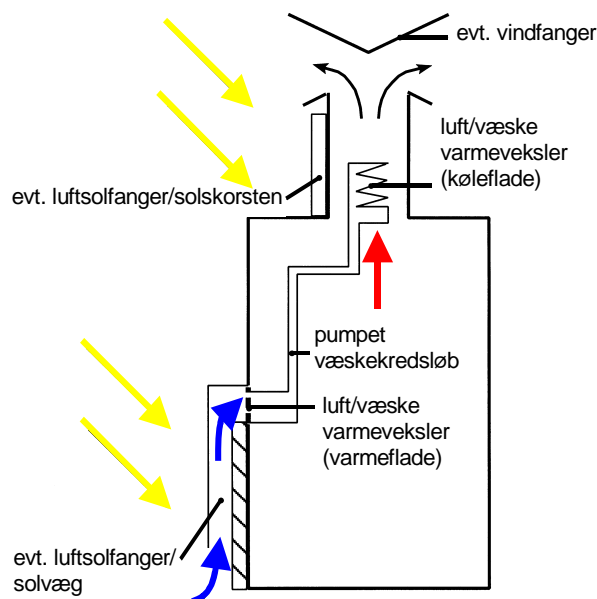
Den første forudsætning for at kunne etablere varmegenvinding i forbindelse med naturlig ventilation er, at luftstrømningerne kan kontrolleres, dvs. at luften kommer ind og ud af veldefinerede indtag- og afkaståbninger. For at opnå størst mulig fleksibilitet er det desuden et krav, at de naturlige ventilationsindtag og -afkast kan placeres uafhængig af hinanden (dvs. at de to luftstrømme ikke behøver at krydse hinanden). Derudover er det et absolut krav, at komponenterne i varmegenvindingssystemet kun introducerer minimale trykfald, idet der kun er et begrænset drivtryk at gøre godt med. Til opfyldelse af disse krav har et genvindingssystem med to væskekoblede luft-/væskevarmevekslere, placeret i hhv. indtag og afkast, vist sig velegnet.

I forbindelse med undersøgelserne vedr. naturlig og hybrid ventilation til København Universitets nye bygninger på Amager viste det sig, at det ikke var muligt at købe sådanne luft-/væskevarmevekslere med tilstrækkeligt lave trykfald. Det var heller ikke muligt at få specialfremstillet en sådan varmeveksler, idet strømningsforholdene omkring varmeveksleren er så forskellige fra traditionelle varmevekslere, og derfor er det ikke muligt at anvende eksisterende beregningsværktøjer og erfaringer.

Energistyrelsen bevilgede derfor et projekt med det formål at udvikle og demonstrere, at det er muligt at producere og regne på effektive luft/væske varmevekslere med et lavt trykfald på luftsiden og således muliggøre varmegenvinding i forbindelse med naturlig ventilation. Veksleren/genvindingsystemet til naturlig ventilation samt det tilhørende beregningsværktøj er således blevet udviklet som et led i Energistyrelsens EnergiForskningsProgram, EFP 2001 J. nr. 1213/01-0016, under projektet *Komponenter til naturlig ventilation, del II*. (Den afsluttede rapport for projektet kan rekvireres ved henvendelse til Teknologisk Institut).

## Genvindingsystemets princip

Der er tale om et fleksibelt (samt evt. solassisteret) varmegenvindingssystem med indirekte varmeoverføring med væskekobling, hvor et vandbaseret kølemiddel (evt. rent vand) cirkuleres mellem to luft/væske varmevekslere placeret ved den naturlige ventilations indtag hhv. afkast, se figur 1.



Figur 1: Principskitse af varmegenvindingssystem til naturlig ventilation.

Systemet består af:

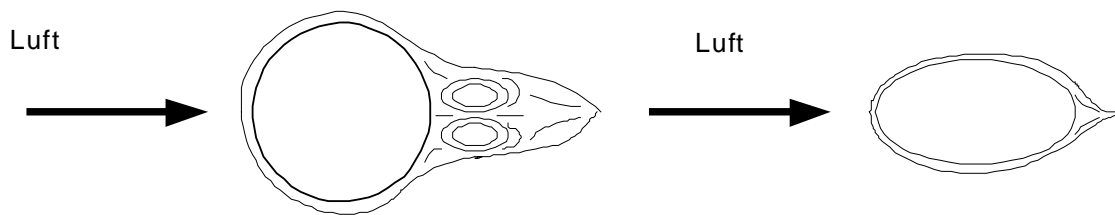
- En luft/væske varmeveksler (varmeplade) i friskluftindtaget – kan evt. kombineres med luftsolfanger/solvæg for yderligere forvarmning af friskluften.
- En luft/væske varmeveksler (køleflade) i afkastet – kan evt. kombineres med luftsolfanger/solskorsten og/eller vindfang til forøgelse af drivtrykket i systemet.
- Et spjæld i afkastkanalen til styring af ventilationsmængden samt evt. et bypass uden om varme – og kølefladerne (til brug i sommermånederne).

Systemet har flere fordele i forhold til andre varmegenvindingssystemer til naturlig ventilation:

- Der er valgfrihed med hensyn til placering af vekslerkredsens køle- og varmeplade.
- Frisk- og afkastluften skal ikke mødes.
- Det er muligt at styre luftskiftet.
- Det er muligt yderligere at reducere opvarmningsbehovet til forvarmning af friskluften ved at anbringe en solfanger/solvæg foran indtaget til friskluft.
- Det er muligt at øge drivtrykket ved hjælp af en solfanger/solskorsten i afkastet (hvis solfangeren er placeret før vekslerkredsens kølekreds).
- Det er muligt at eftervarme friskluften efter vekslerens varmeplade i indblæsningen til en temperatur, der ikke giver trækgener.

## Vekslerdesign med ovale rør

Det er valgt at opbygge luft/væske varmeveksleren af ovale rør frem for af traditionelle cirkulære rør, idet der herved både kan opnås lavere tryktab samtidig med bedre varmeoverføringsevne. Det skyldes bl.a., at afløsningen omkring ovale rør er langt mindre end ved cirkulære rør, når de ovale rør orienteres med den længste tværsakse parallelt med strømningsretningen (se figur 2).



Figur 2: Strømningsmønstre på luftsiden ved anvendelse af hhv. cirkulære og ovale rør.

Det ovale rørs areal er mindre i strømningsretningen, mens det samlede varmeoverførende areal er større. Dette betyder samtidig, at finnevirkningsgraden bliver bedre. Merker og Bähr påviste /1/, at ovalrørslamelvarmevekslere brugt til væske-/luftvarmeveksling resulterer i 60 % bedre volumenspecifik termisk ydelse end rundrørslamelvarmevekslere. En undersøgelse fra Brauer foretaget i 1964 /2/ viste, at overgangen fra runde til ovale rør førte til ca. 15 % bedre varmeovergang samtidig med et reduceret ventilatoreffektforbrug på ca. 25 %.

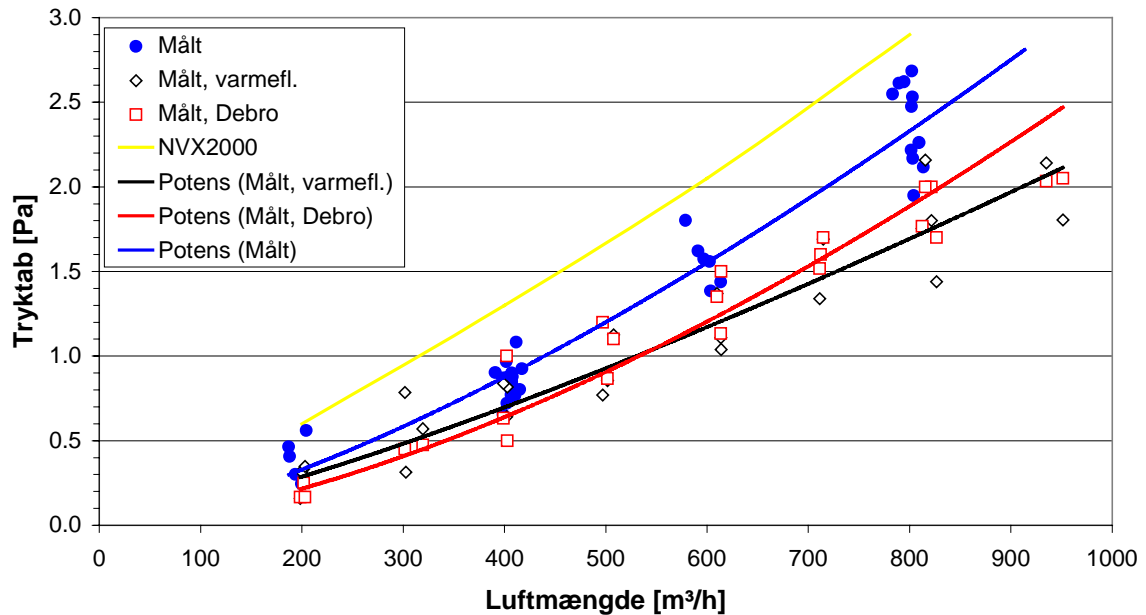
Det eneste, som umiddelbart taler imod brugen af ovale rør kontra cirkulære rør, er sammenføjningsvanskeligheder, hvilket i praksis betyder højere priser.

## Resultater fra test af veksleren

Som en del af det nævnte EFP-projekt blev der på baggrund af et teoretisk udviklede vekslerdesign med ovale rør specificeret og fremstillet en prototype af det pågældende design. Herefter blev denne "prototype" af veksleren testet i et laboratorium under realistiske betingelser, og på baggrund af målinger ved forskellige luftmængder blev der foretaget en sammenligning med udførte teoretiske beregninger.

Resultaterne fra målingerne (og beregningerne) på det første vekslerdesign (prototypen) viste sig at være så tilfredsstillende, at det ikke var nødvendigt at modificere og videreudvikle vekslerdesignet til en andengenerations-varmeveksler. Ved luftmængder på 200-800 m<sup>3</sup>/h (svarende til lufthastigheder gennem veksleren på 0,3-1,2 m/s) er det målte tryktab over veksleren nede på omkring 0,5-2,7 Pa, svarende til et tryktab på i alt 1,0-5,4 Pa for begge vekslere (figur 1). Samtidig er varmegenvindingsgraden for det samlede genvindingsystem oppe på de ønskede 40-50 % (den maksimalt opnåelige genvindingsgrad for indirekte varmeoverføring ved væskekobling er ca. 50-70 %). Ved en indetemperatur på 25 °C, en udetemperatur på -5 °C og en luftmængde på 200 m<sup>3</sup>/h er genvindingsgraden fx oppe på 42 %. Se de målte tryktab for prototypen i figur 3. Bemærk, at der er tale om meget lave tryktab, der medfører en relativ stor spredning på måleresultaterne. Der er anvendt to forskellige målemetoder, der, som det fremgår, giver forskellige måleresultater. Desuden afhænger tryktabet selvfølgelig af temperaturniveaet i veksleren (dvs. om den fungerer som køle- eller varmeplade). Endvidere er de beregnede tryktab vha. det udviklede beregningsværktøj NVX2000 angivet i figuren.

## Tryktab over veksler



Figur 3: Målte tryktab ved test af prototypen på 500 x 500 mm, dybde 192 mm.

## Beregningsværktøjet NVX2000

De opnåede testresultater er blevet anvendt til udvikling af et brugervenligt edb-simuleringsprogram, NVX2000, som kan anvendes til dimensionering af varmegenvindingssystemer til naturlig ventilation. Se udsnit fra programmets brugerflade i figur 4. Ved hjælp af programmet kan fx tryktab og genvindingsgrader for et varmegenvindingssystem, som vist i figur 1, beregnes ved forskellige luftmængder, temperaturforhold mv., ligesom det er muligt at eksperimentere med forskellige udformninger af de to veksler i systemet (dog kun med ovale rør). Testresultaterne er desuden blevet overført til det tidligere udviklede edb-program SolVENT2000 til beregning af naturlig ventilation med solassistance og varmegenvinding (der blev opbygget i et forprojekt til omtalte EFP-projekt /3/). SolVENT2000 og NVX2000 kan frit erhverves ved henvendelse til Teknologisk Institut, BuildVISION ([www.buildvision.dk](http://www.buildvision.dk)). Yderligere oplysninger kan fås hos Trine Dalsgaard Jacobsen, Teknologisk Institut, Energi ([trine.d.jacobsen@teknologisk.dk](mailto:trine.d.jacobsen@teknologisk.dk)).

