

Naturlig ventilation med varmegenvinding – er det muligt?

af Søren Østergaard Jensen og Ebbe Nørgaard, Teknologisk Institut Energi

Varmegenvinding kan let komme til at virke som en prop i forbindelse med naturlig ventilation, enten fordi luftstrømmene konflikter med drivtrykket, eller fordi der er for store trykfald over varmevekslerne. En nyudviklet luft-til-væske varmeveksler fra Teknologisk Institut Energi løser disse problemer. Samtidigt er der udviklet edb-programmer til at undersøge naturlig ventilation med varmegenvinding og til at dimensionere varmevekslerne.

Naturlig ventilation har gennem de senere år fået en renæssance. Flere og flere kontorbygninger, institutioner, skoler m.v. opføres i dag uden mekanisk ventilation. Et scenarie der for bare 10 år siden ville være utænkelig. Mange er svorne tilhængere af naturlig ventilation, mens mindst lige så mange hader det af et godt hjerte.

Nogle af ankerne mod naturlig ventilation er, at nok spares der elektricitet, men der tabes varme, samt at store volumenstrømme af friskluft direkte fra facaden skaber komfortproblemer. Disse anker kunne mindskes, hvis varmegenvinding blev muliggjort i forbindelse med naturlig ventilation, idet varme genvindes samtidigt med, at den friske luft bliver forvarmet. Traditionelt anses dette dog ikke for muligt.

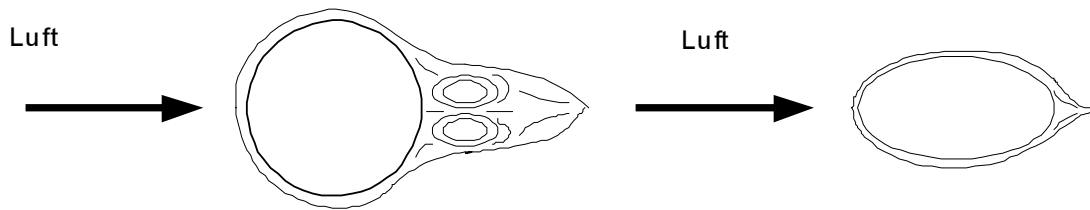
Gennem årene har der været forsket i naturlig ventilation med varmegenvinding f.eks. på Danmarks Tekniske Universitet [1] og i EU-projekter f.eks. i SaveHeat-projektet [2]. I disse projekter blev der opnået fornuftige varmegenvindingsgrader på omkring 40% og lave tryktab (< 5 Pa). Problemet med de undersøgte koncepter var dog, at de to luftstrømme (frisk- og afkastluft) skulle mødes i en luft-til-luft varmeveksler eller i en heat pipe varmeveksler, hvilket strider mod den termiske drivkraft ved naturlig ventilation, hvor størst muligt højde mellem ind- og udløb er ønsket.

Adskilt forvarmning af friskluft og køling af afkastluft blev undersøgt i EU-projektet NatVent, hvor varmegenvinding ved hjælp af væskekoblede batterier blev afprøvet [3]. Desværre blev tryktabet over systemet højere (> 50 Pa) end drivtrykket, så ventilatorunderstøtning var nødvendig – dog væsentlig mindre end i traditionelle balancerede ventilationssystemer med varmegenvinding.

I et EFP-projekt gennemført af Teknologisk Institut Energi er der udviklet et varmegenvindingssystem, der kombinerer det bedste fra de ovennævnte anlæg – valgfrihed med hensyn til placering af varme- og køleflader og lave tryktab [4]. Det er gjort ved at udvikle en ny type luft-til-væske varmeveksler med meget lavt tryktab, således at varmevekslerne ikke virker som en prop i systemet

Luft-til-væske varmeveksler med lavt trykfald

Den udviklede luft-til-væske varmeveksler har ovale rør i stedet for de mere almindelige cirkulære rør. Herved opnås lavere tryktab på luftsiden samtidigt med, at varmeovergangen forbedres. Figur 1 viser strømningsmønstret på luftsiden ved cirkulære og ovale rør.

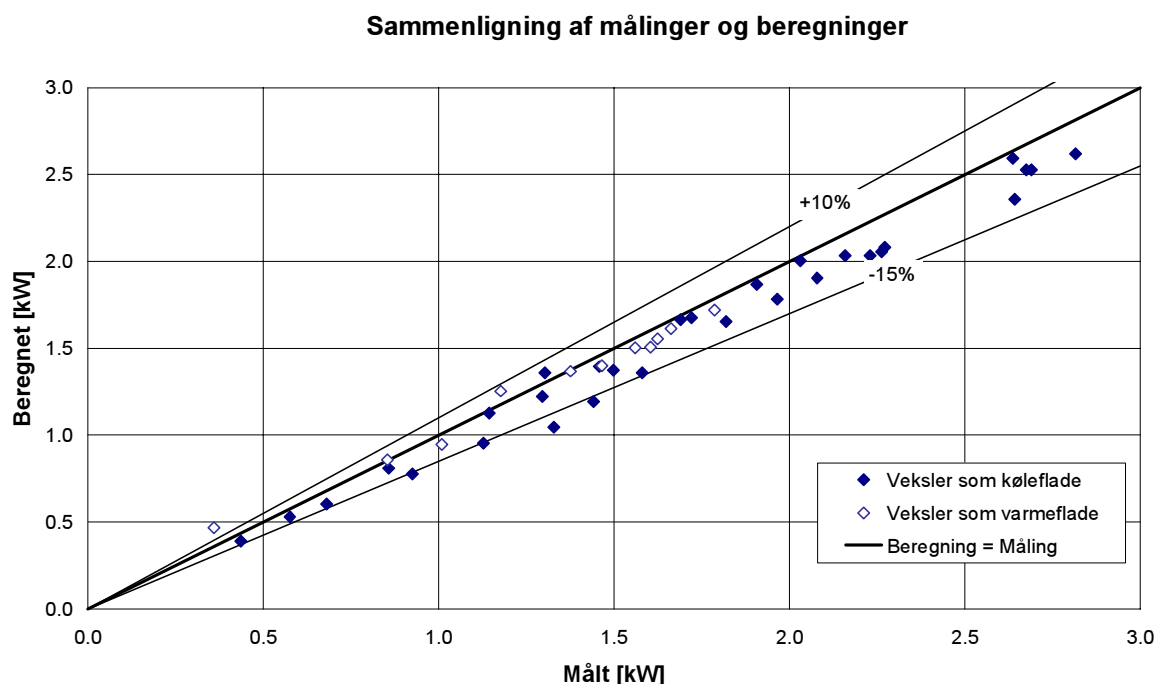


Figur 1. Strømningsmønstret på luftsiden ved cirkulære og ovale rør.

Anvendelsen af ovale rør er en kendt teknologi men endnu ikke så udbredt indenfor luftkonditionering. Det nye bestod i at udvikle et design med væsentlig lavere tryktab på luftsiden. Samtidigt var det et mål at vælge så kompakt et design som muligt. Varmevekslere af den valgte type anvendes typisk ved væsentlig højere lufthastigheder. Dette nødvendiggjorde udvikling af nye korrelationer for varmeovergang og tryktab baseret på laboriemålinger

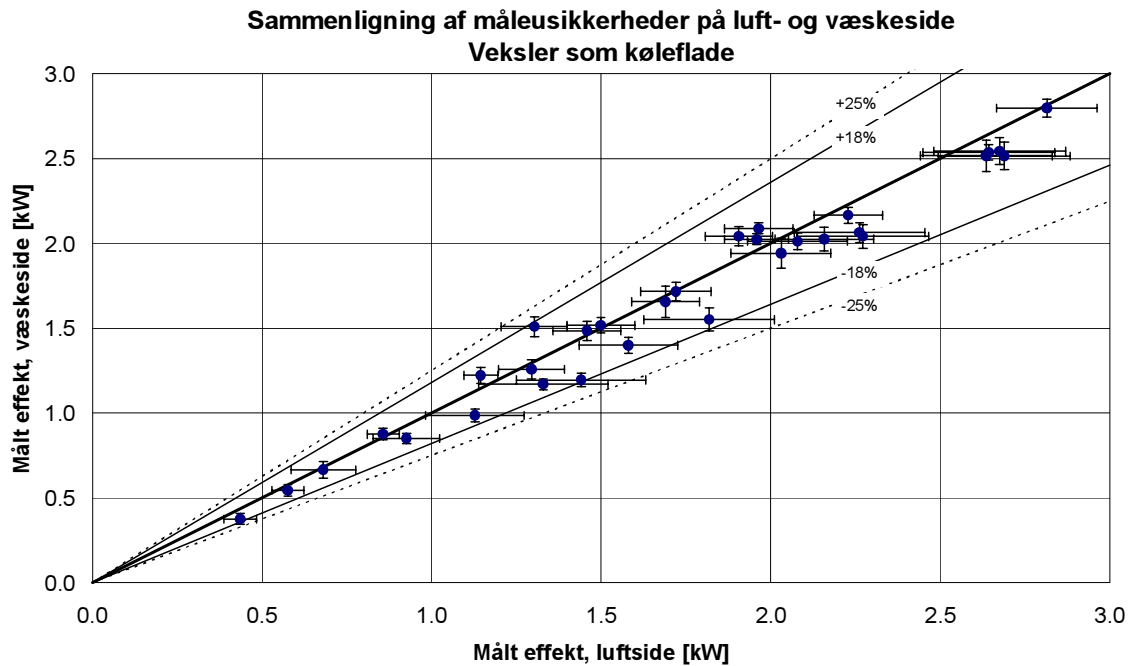
Til dimensioneringen af varmeveksleren blev udviklet en model i EES [4]. På baggrund af parametervariationer med modellen blev udformningen af en varmeveksler på $0,5 \times 0,5 \times 0,152 \text{ m}^3$ (h x b d) fastlagt. Varmeveksleren blev på Teknologisk Institut Energi afprøvet i det interessante område af lufthastigheder for naturlig ventilation $0,15\text{-}1 \text{ m/s}$ (lavere lufthastigheder er vanskeligt at måle).

Figur 2 viser en sammenligning mellem målte og beregnede (med EES-modellen) effektoverførelser. Som det ses, er der en god overensstemmelse mellem målinger og beregninger.



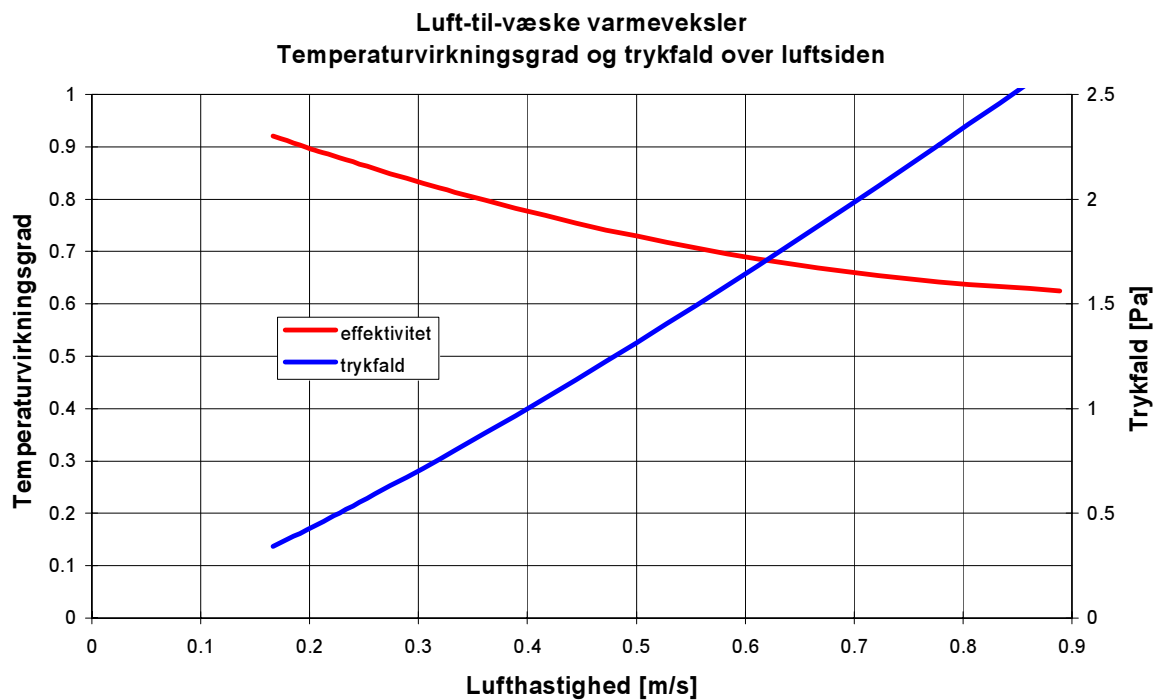
Figur 2. Sammenligning mellem målte og beregnede effektoverførelser.

Rent måleteknisk bød projektet også på udfordringer, idet det f.eks. er vanskeligt at måle præcise trykfald ved lave lufthastigheder. Figur 3 viser en sammenligning mellem målte effektverførelser på henholdsvis luft- og væskesiden af varmeveksleren. Det er betydeligt lettere at måle præcist på væskesiden end på luftsiden. Figur 3 viser dog, at det i den anvendte måleopstilling var muligt stort set at måle samme effektoverførelse på luftsiden som på væskesiden.



Figur 3. Sammenligning mellem effektoverførsler målt på henholdsvis luft- og væskesiden inkl. måleusikkerheder.

Figur 4 viser varmevekslerens temperaturvirkningsgrad og trykfald afhængig af lufthastigheden. Kurverne i figuren viser regressionsudtryk fundet på baggrund af målingerne. På grund af den relativt høje usikkerhed forbundet med måling af tryktab på luftsiden er der indlagt en vis konservatisme/sikkerhed (worst case) i regressionsudtrykket for tryktabet. Figuren viser, at varmeveksleren er effektiv samtidigt med, at der er et beskedent trykfald over veksleren.



Figur 4. Temperaturvirkningsgrader (beregnet på baggrund af målingerne) og trykfald over varmeveksleren.

Den afprøvede varmeveksler var oprindeligt tænkt til en volumenstrøm af luft på 200-300 m³/h (= 0,222-0,333 m/s). Her er temperaturvirkningsgraden mellem 0,88 og 0,81, mens trykfaldet ligger mellem 0,5 og 0,8 Pa. Ved en høj volumenstrøm på f.eks. 800 m³/h (=0,888 m/s) er trykfaldet stadig under 3 Pa, mens effektiviteten er 0,63.

Det er interessant, at det er muligt at designe en effektiv luft-til-væske varmeveksler med lavt trykfald på luftsiden. Men hvordan er muligheden for rent faktisk at introducere varmegenvinding i forbindelse med naturlig ventilation.

Naturlig ventilation med varmegenvinding

Da der var så god overensstemmelse mellem målingerne på varmeveksleren og EES-modellen, blev der opbygget en model af en bygning med naturlig ventilation og varmegenvinding – NVX2000. Med NVX2000 er det muligt at undersøge veksler-effektiviteter, varmegenvindingsgrader, drivtryk, pumpeeffekt, m.m ved forskellige udformninger af varmevekslerne og forskellige driftsbetingelser. Forskellige parameterstudier er gennemført i [4], der f.eks. viser, at det er muligt at opnå en varmegenvindingsgrad på 43% og et samlet trykfald over begge veksler på under 2 Pa. Rapporten [4] kan direkte down-loades fra www.buildvision.dk, men fra samme sted er det også muligt at down-load programmet NVX2000, så man selv kan undersøge forskellige vekslerdesign under forskellige driftforhold.

I NVX2000 er der lagt vægt på beregningen af varmegenvindingssystemet. Der er i mindre grad lagt vægt på beregningen af det tilrådighed værende drivtryk (herunder opvarmningsformens indflydelse på drivtrykket) samt på tryktabet af andre komponenter i systemet. Så for at få et fuldstændigt billede af naturlig ventilation med varmegenvinding, bør man også down-load SolVent2000 (også fra www.buildvision.dk). Med SolVent2000 er det muligt at gennemføre en mere præcis beregning af både drivtryk og trykfald over systemet end med NVX2000. Med SolVent2000 er det desuden muligt at regne på solforvarmning af den friske luft og forøgelse af drivtrykket ved hjælp af en solskorsten.

Referencer

- [1] Schultz, J.M., 1993. Naturlig ventilation med varmegenvinding. Laboratoriet for Var-meisolering, Danmarks Tekniske Højskole. Meddelelse nr. 249.
- [2] Sirén, K. et al. Solar Assisted Natural Ventilation with Heat Pipe Heat Recovery. Proceedings fra 18th annual AIVC Conference "Ventilation and Cooling", Athen, 23.-26. September 1997. pp. 323-330.
- [3] Hestad, T., 1998. Heat Recovery in Natural Ventilation Design of Office Buildings. Proceedings fra 19th annual AIVC Conference "Ventilation Technologies in Urban Areas", Oslo, 28.-30. September 1998. pp. 426-437.
- [4] Overgaard, L.L. et al, 2002. Komponenter til naturlig ventilation – Del II – Luft-til-væske varmeveksler. Teknologisk Institut Energi. ISBN87-7756-662-9.
http://www.buildvision.dk/pdf/komponenter_til_naturlig_ventilation_del2.pdf
- [5] Klein S.A. and Alvarado F.L, 2002. Engineering Equation Solver – version 6.462. F-Chart Software, Madison, USA. www.fChart.com.