



Har fugten indflydelse på temperaturvirkningsgraden?



Keywords:

Nye energikrav i bygningsreglementet, fugtens indflydelse på varmegenvindingen

EXHAUSTO



Forfattere



Udv. Ing. Lars Schröder (t.v.) er maskining. fra Odense Teknikum. Har siden 2004 været ansat ved EXHAUSTO som udvikler og projektleder. Lars Schröder arbejder primært med aggregater til varmegenvinding.



Henning Grønbæk. Institute Manager har siden 1986 været beskæftiget hos EXHAUSTO A/S i forskellige stillinger som sælger, projektleder, produktchef og nu senest som leder af det nye EXHAUSTO Institute.

Indledning

Den seneste revision af energibestemmelserne i Bygningsreglementet pr. 1. januar 2006 har skærpet kravet til bl.a. temperaturvirkningsgraden for ventilationsanlæg med varmegenvinding. Kravet er nu som minimum 65%, men det kan være lidt vanskeligt at finde frem til kravene for testen, hvorunder virkningsgraden skal måles. Netop det er baggrunden for denne

artikel, idet fugten i udsugningsluften har endda meget stor indflydelse på den målte virkningsgrad. Det er derfor overmåde vigtigt, at man ved sammenligning af forskellige aggregater/fabrikater er meget opmærksom på forudsætningerne for de oplyste virkningsgrader.

Hvad står der i lovgivningen?

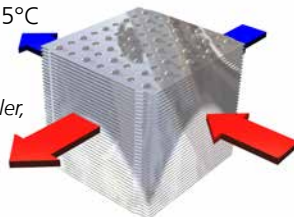
Ved nybyggeri samt tilbygninger og større ombygninger skal man leve op til de nye energibestemmelser i bygningsreglementet. Der er dels nogle krav til maksimalt specifikt elforbrug og dels kravet til mindste temperaturvirkningsgrad for varmegenvindingsanlæg. Bygningsreglementet henviser til både DS 447 – *Norm for mekaniske ventilationsanlæg* – og til SBi Anvisning 213.

I DS 447 står der, at temperaturvirkningsgraden måles i henhold til den europæiske standard EN 308 – *Prøvningsmetoder til bestemmelse af ydeevne for luft til luft- og røggasvarmegenvindingsanordninger*. I denne standard er beskrevet, at måling af temperaturvirkningsgraden skal foretages ved lige massestrømme på begge sider af varmeveksleren, og at testen normalt skal foretages ved følgende temperaturer:

Recuperatorer = Pladevarmevekslere med adskilte luftstrømme, se fig. 1

- Udeluftens temperatur = +5°C
- Udsugningsluftens temperatur = +25°C og wet bulb temperature < 14°C

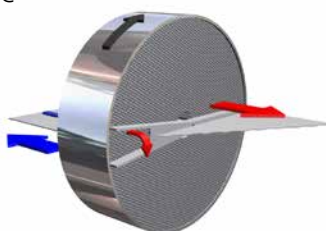
Fig. 1: Her ses en krydsvarmeveksler, hvor luftstrømmene er adskilte.



Regeneratorer = Roterende varmevekslere, se fig. 2

- Udeluftens temperatur = +5 °C
- Udsugningsluftens temperatur = +25°C og wet bulb temperature < 14°C

Fig.2: Her ses en roterende veksler, hvor lugt og fugt kan overføres fra udsugningen til indblæsningen i visse situationer.



Disse temperaturforudsætninger medfører, at der netop IKKE opstår kondensation ved test og måling af temperaturvirkningsgraden.

I SBi Anvisning 213 er ligeledes anført, at forudsætningen for måling af temperaturvirkningsgraden er, at der IKKE opstår kondensation. Hertil kommer at målingen skal foretages således, at den ikke indeholder evt. varme fra motorer og lignende i aggregatet.

Det er således klart, at kravet om overholdelse af temperaturvirkningsgraden på mindst 65% skal dokumenteres ved målinger, hvor der ikke forekommer kondensation.

Her bør retfærdigvis nævnes, at de data, der skal anvendes i energiramme-beregningsprogrammet fra SBi, er fra den aktuelle driftssituation og ikke data fra ovennævnte test. Se "Energirammeberegning".

Energirammeberegning

Data for energirammeberegningen er fra den aktuelle driftssituation. Det vil sige, at lækage ind i bygningen igennem utætheder i klimaskærmen kan indregnes som tilført udeluft. Denne lækage kan udgøre 10 – 20%, og indblæsningen igennem aggregatet reduceres med denne værdi, hvorimod udsugningen fastholdes på den projekterede luftmængde. Det er både temperaturvirkningsgraden og det specifikke elforbrug i denne driftssituation, der skal anvendes ved energirammeberegningen.

Hvilken indflydelse har fugt og temperatur på virkningsgraden

Fugtiveauet har meget stor betydning for, hvor stor energimængde der er i luften. Man kender fænomenet fra dagligdagen, måske uden at være bevidst om det. Eksempelvis kan man godt opholde sig i en 100°C varm sauna, da luften her har et lavt fugtindhold, og dermed et lavt energiindhold. Man vil derimod brænde sig på 100°C damp fra en kogende gryde, da dampen har et højere fugt- og energiindhold.

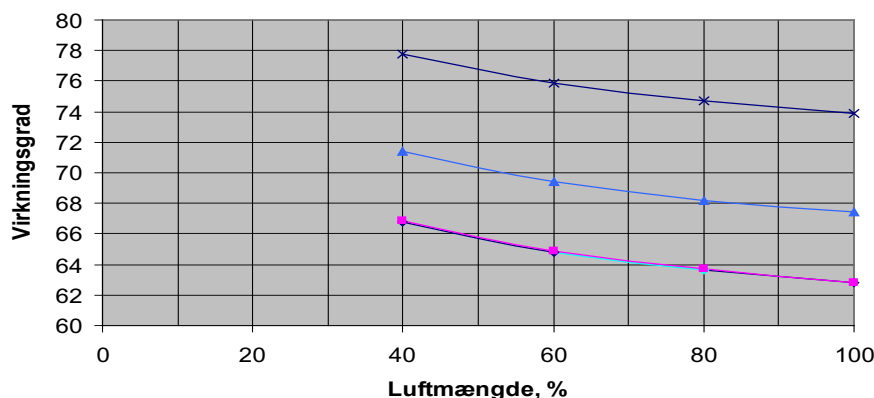
Når vand skal fordampe, skal man tilføre energi, og denne energi afgives igen, når fugten kondenserer. Når den varme, fugtige luft fra bygningen suges ud, afgiver den sin varme gennem varmeveksleren til den friske, kolde luft, der skal blæses ind. Hvis den udsugede luft bliver så kold, at noget af vandindholdet kondenserer, vil der frigives energi, der varmer den friske luft yderligere op. Jo mere fugt jo mere energi, og det er betydelige mængder energi, der er tale om. Se "Sammenhæng mellem entalpi, fugtindhold og temperatur".

I praksis vil den frigivne energi fra kondenseringen kunne aflæses på virkningsgraden. Af figur 3 fremgår de målte virkningsgrader for en krydsveksler ved 0, 20, 40 og 60% relativ fugtighed = RH. Det ses, at der er en forskel i virkningsgrad på op til 11%-point imellem 20%RH og 60%RH. Virkningsgraden ved 0%RH og ved 20%RH er ens, da der ikke opstår kondensation ved så lavt fugtindhold i nogen af disse situationer.

Ved hjælp af Klingenburg beregningsprogram er det tillige undersøgt, om det har betydning for temperaturvirkningsgraden ved hvilke temperaturer varmevekslingen sker. Altså om det giver forskellige resultater afhængig af, om udsugnings-/ude-temperaturen er 25/5°C eller om det er 40/20 °C. Hvis man ser på den rene, tørre varmeveksling (uden kondensation), så har det kun meget lille betydning.

Figur 3 ->

Det ses af kurverne, at udsugningsluftens fugtighed kan medføre op til 11%-points forskel i temperaturvirkningsgraden. Det er således meget vigtigt at være opmærksom på forudsætnin-gerne for oplyste fabrikantdata. Ved luftfugtighed på 0 % og 20% opnås samme resultat, idet der ikke opstår kondensation. Beregningerne er foretaget vha. Klingenburg beregningsprogram for en krydsveksler PWT10/1200/1000-4,5 ved større temperaturforskelle end foreskrevet i EN308, netop for at vise forskellen når der optræder kondensation.



- ◆ Virkningsgrad ved uds.-/udetemp. = 25/-5 grader og 0/0% fugt
- Virkningsgrad ved uds.-/udetemp. = 25/-5 grader og 20/20% fugt
- ▲ Virkningsgrad ved uds.-/udetemp. = 25/-5 grader og 40/40% fugt
- × Virkningsgrad ved uds.-/udetemp. = 25/-5 grader og 60/60% fugt

Sammenhæng mellem entalpi, fugtindhold og temperatur

$$I = 1,006 \cdot t + x \cdot (2501 + 1,8 \cdot t)$$

[fra Danvak "Varme- og klimateknik" (5.45)]

$$t = \frac{I - 2501 \cdot x}{1,006 + 1,8 \cdot x}$$

[fra Danvak "Varme- og klimateknik" (5.46)]

hvor

I er entalpien i 1 kg luft

x er vandindholdet i 1 kg luft

50%RH svarer til 0,0082 kg H₂O/kg tør luft ved 22°C

20%RH svarer til 0,0032 kg H₂O/kg tør luft ved 22°C

t er luftens temperatur.

En ændring i vandindholdet med (kondensering) i 1 kg luft fra 50%RH til 20%RH giver således en entalpiændring svarende til

$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{\Delta I - 2501 \cdot \Delta x}{1,006 + 1,8 \cdot \Delta x} \\ &= \frac{0 - 2501 \cdot (0,0082 - 0,0032)}{1,006 + 1,8 \cdot (0,0082 - 0,0032)} \\ &= 12,3^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Energiniveauet i en luftmængde er afhængig af temperaturen OG fugtindholdet.

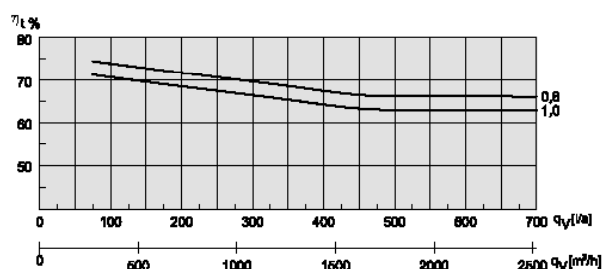
I hvilke anlæg opstår kondens

Fugt opstår ved næsten alle processer, som vi mennesker foretager os inden døre. I hjemmet opstår fugt ved vores ophold i bygningen, badning, tøjvask og -tørring, madlavning mv. og på arbejdspladsen i forbindelse med mange forskellige processer samt selvfølgelig i forbindelse med rengøring og badefaciliteter. Fugten er naturligvis en forudsætning for, om der optræder kondensation ved varmegenvinding, men en anden meget vigtig parameter er typen af varmegenvinding og temperaturforskellen imellem udsugnings- og udeluftens temperatur.

Ifølge DS 447 opgives følgende typiske virkningsgrad ved disse veksler typer:

- Modstrømsveksler $80\% \leq \eta_t$
- Roterende veksler $70\% \leq \eta_t < 80\%$
- Krydsveksler $55\% \leq \eta_t < 70\%$
- Heatpipe m.fl. $45\% \leq \eta_t < 55\%$

Jo højere temperaturvirkningsgrad jo større sandsynlighed for at kondensation og is-dannelse kan forekomme.



Konklusion

Som det fremgår af artiklen har udsugningsluftens indhold af fugt endog meget stor indflydelse på temperaturvirkningsgraden, men som følge af krav i bygningsreglementet skal man altid regne med de forskellige varmegenvinders "tørre" temperaturvirkningsgrad (uden kondensation)

Det er i øvrigt også den eneste reelle situation hvor man kan

sammenligne virkningsgraden af forskellige fabrikater af varmevekslere. Vær derfor meget opmærksom på forudsætningerne for oplyst temperaturvirkningsgrad, næste gang du skal vælge aggregat til et ventilationsanlæg.

Denne artikel er publiceret af EXHAUSTO Institute

EXHAUSTO Institute

Odensevej 76

DK-5550 Langeskov

Institute Manager Henning Grønbæk

e-mail: institute@exhausto.dk

www.institute.exhausto.dk

Henning Grønbæk. Institute Manager ved EXHAUSTO A/S. Efter uddannelse til værktøjsmager og senere maskiningeniør fra Odense Teknikum, har han først været hos Grundfos Pumpefabrik, efterfulgt af nogle år som rådg. Ing. hos Birch & Krogboe Rådg. Ing. i Odense og har siden 1986 været beskæftiget hos EXHAUSTO A/S i forskellige stillinger som sælger, projektleder, produktchef og nu senest som leder af det nye EXHAUSTO Institute.