



0 GENERELT

- 01 Bladet behandler den prinsipielle utførelsen av varmevekslere i ventilasjonsanlegg for store bygg og gir orienterende opplysninger om drift og vedlikehold. Det angis hvordan lønnsomheten beregnes med nåverdimetoden.
- 02 Det vises til andre bygghetningerblad i gruppe A 552 om klimaanlegg.

1 VARMEGJENVINNING

11 Forutsetninger

Bruk av varmevekslere i ventilasjonsanlegg er en av flere måter for å redusere energiforbruket til oppvarming. Ved riktig dimensjonering og uendrede driftsforhold vil omkostningene ved anskaffelse og drift være innspar på få år. Hvis dimensjoneringsgrunnlaget endres, kan lønnsomheten bli mindre. Spesielt i eksisterende anlegg bør derfor andre tiltak for å redusere energiforbruket gjennomføres før varmevekslere installeres. Slike tiltak kan være å

- begrense driftstiden for ventilasjonssystem, belysning og maskiner
 - innregulere varme- og ventilasjonsanlegget, ev. forandre drift og styring
 - velge riktig innneklima
 - tette luftlekkasjer gjennom bygningskonstruksjoner
- Ved å redusere ukontrollerte luftlekkasjer vil både varmekonsumet reduseres og effektiviteten til varmegjenvinningsanlegget bedres.
- benytte omhuftsventilasjon om forurensningsgraden er liten.

12 Definisjoner

Ventilasjon:	Luftfornyelse i et rom
Tilluft:	Forkortelse for tilførselsluft. Luft som tilføres et rom
Avluft:	Forkortelse for avtrekksluft. Luft som fjernes fra et rom
Omluft:	Inneluft som, eventuelt etter ny behandling, påny tilføres rommet
Varmegjenvinning:	Nyttiggjøring av varmeinnholdet i avluft
Varveveksler:	Apparat for overføring av varme fra ett medium til et annet
Varmegjenvinnings-system:	Ventilasjonssystem som inkluderer varmeveksler og ev. vifter, filter, elektrisk element o.l.

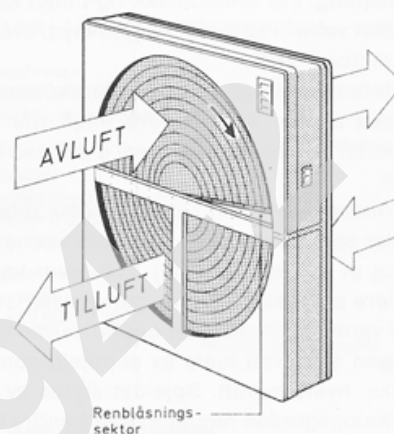


Fig. 211
Roterende varmeveksler

2 METODER FOR VARMEGJENVINNING

Rene varmegjenvinningssystemer er ventilasjonsanlegg som bruker varmevekslere for å gjenvinne varme. Varmvekslerne kan inndeles i to hovedtyper, regenerative og rekuperative. Forskjellen består i hvordan varme overføres. Varmebærere er luft, vann eller et kuldemedium.

21 Regenerative varmevekslere

Felles for regenerative varmevekslere er at varme overføres ved at varmeakkumulerende flater vekselvis bringes i kontakt med hhv. avluft- og tilluft. Varmakkumulerende flater kan være metalliske plater, teglstein, singel, papp og papir. Tidligere ble asbest også brukt, men er nå pga. helsefaren ikke lenger aktuell. Regenerative varmevekslere kan også overføre fuktighet.

- 211 *Roterende varmevekslere* består av et rotorhjul med mange små kanaler som luft strømmes gjennom, se fig. 211. Varme overføres ved at den ene halvparten av rotorhjulet oppvarmes av luft i avtrekkskanalen, dreier rundt en halv omgang og så avgir varme til den kaldere tillufta. Det finnes to typer:

1. varmevekslere med rotor av hygroskopisk materiale, dvs. materiale som tar opp fuktighet i damp- og væskeform
 2. varmevekslere med rotor av ikke-hygroskopisk materiale
- Bunden varme (kondenseringsvarmen) kan bare overføres om vanddampen i avlufta kondenserer

Virkningsgraden reguleres ved by-pass, intermittert drift eller ved å forandre rotorhastigheten. Renblåsing av rotoren for støv o.l. skjer ved at rotoren under drift vekselvis utsettes for luftstrømmer i to retninger. For ytterligere å forhindre forurensninger er varmeveksleren utstyrt med renblåsingssone. Faren for tilsmussing i rotoren ved stillstand gjør at varmeveksleren må være i intermittert drift også sommerstid. Overføringsgraden av luft og helsefarlige stoffer vil avhenge av mengde og type forurensning. For ammoniakk og butan kan overføringsgraden være > 50%, for kuldiksyd, svovelsyre, bensen og metan < 10%.

Ved lave utetemperaturer kan ising forekomme. Dette avhjelpest ved at mer eller mindre tilluft går utenom varmeveksleren (by-pass) eller ved å redusere rotorhastigheten.

- 212 **Kammervarmveksler** er en type periodisk regenerativ varmeveksler som består av to separate varmevekslerkassetter og et spjeldhus, se fig. 212. Hver kassettdel består av flere parallelle og korrugerte plater som vekselvis avgir varme til tillufta eller opptar varme fra avlufta. Vekslingen skjer ved hjelp av et spjeld som skifter stilling, f.eks. hvert minutt. Spjeldet styres av et koplingsur. Virkningsgraden reguleres ved å endre tiden for vekslingen. Lenger tid mellom hver veksling gir lavere virkningsgrad. Overføringsgraden av luft og skadelige stoffer er som for roterende varmeveksler. Erfaringer med ising ved lave temperaturer er foreløpig begrensede.

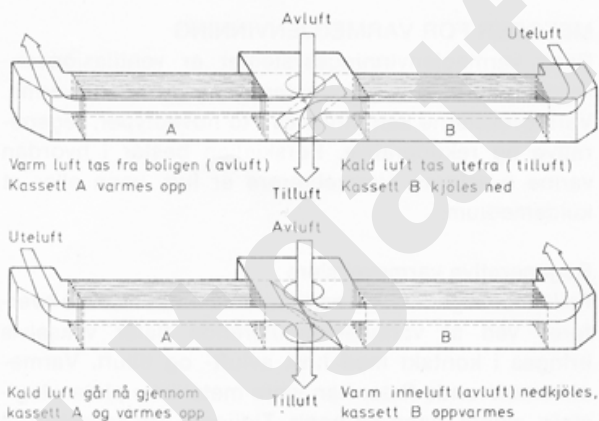


Fig. 212
Kammervarmveksler

22 Rekuperative varmevekslere

En rekuperativ varmeveksler overfører varme enten via en skillevegg (plate- og rørvarmeveksler) eller ved hjelp av en væske (væskekoplet og fordampingsvarmeveksler). Den vanligste typen er korsstrømsvarmevekslere, der mediens strømningsretning er 90° i forhold til hverandre.

Mer sjelden er varmevekslere av typen med- eller motstrøms hvor mediene enten går i samme retning eller mot hverandre. Rekuperative varmevekslere overfører ikke fuktighet.

- 221 **En platevarmeveksler** består av flere plane eller korrugerte plater som danner skille mellom tilluft og avluft, se fig. 221. Varme overføres ved varmeledning gjennom skilleplatene. Isdannelse på avluftssiden etter varme-

veksler kan skje om overflatetemperaturen på platen er lavere enn 0 °C. Dette kan forhindres ved at mer eller mindre tilluft går utenom varmeveksleren (by-pass) eller ved intermittert forvarming av tilluften. Virkningsgraden kan reguleres ved hjelp av by-pass.

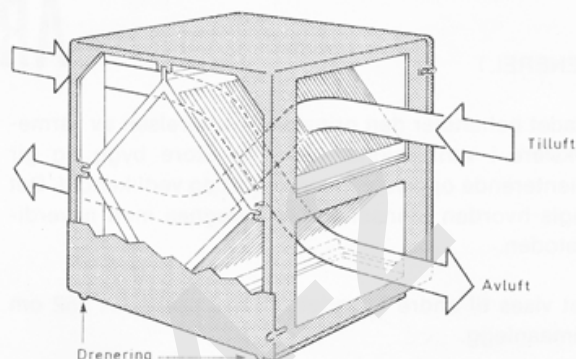


Fig. 221
Platevarmeveksler

- 222 **En rørvarmeveksler** virker i prinsippet på samme måte som en platevarmeveksler, men består av rør i stedet for plater. Den ene luftstrømmen (vanligvis tilluften) går inne i rørene og den andre utenpå, se fig. 222. Varmetransporten skjer gjennom rørveggene. I forhold til platevarmeveksleren er rørvarmeveksleren lettere å rengjøre, og faren for gjentetting ved ising er mindre.

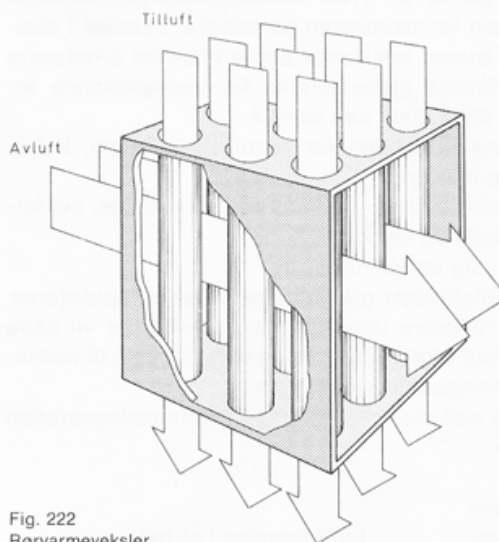


Fig. 222
Rørvarmeveksler

- 223 **En væskekoplet varmeveksler** består av to varmevekslerbatterier som står i henholdsvis avlufts- og tilluftskanalen, se fig. 223. Mellom batteriene sirkulerer en væskeblanding av vann/glykol eller vann/sprit som overfører varme fra batteriet i avluftskanalen til batteriet i tilførselskanalen. Mengden glykol avhenger av temperaturområdet, men vil vanligvis være 30–40 %. Virkningsgraden reduseres ved stor glykolemengde. Ved hjelp av en treveis ventil kan virkningsgraden reguleres. Ventilen brukes også for å hindre isdannelse eller for å av-ise avluftens batteri. Væskekoplete varmevekslere finnes i en rekke utførelser og med ulike materialer. I klima med forurenset luft anvendes rustfritt stål, kopper eller plast.

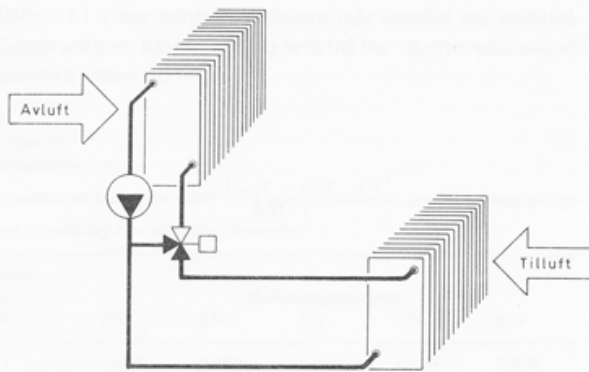


Fig. 223
Væskekoblede varmevekslere

224 En fordampingsvarmeveksler virker i prinsippet på samme måte som væskekoblede varmevekslere. Varmebærer er her et kuldemedium (vanligvis freon 22) som fordampes ved varmetilførsel og kondenserer ved avkjøling. Det finnes to typer:

1. varmeveksler med vertikale rør hvor kuldemediet fordampes i rørets nedre del ved varmetilførsel fra avluften

Gassen stiger opp og kondenserer i rørets øvre del ved varmeavgivelse til den kaldere tilluften. Kondensatet renner ned og prosessen gjentas, se fig. 224.

2. varmeveksler med «horisontale» rør hvor fordamping skjer som ved 1, men kondensatet bringes tilbake med en veke på rørets innerside.

For begge typer er varmetransporten basert på selvirkulasjon uten bevegelige deler. Dette gjør at virkningsgraden er selvregulerende med høyest verdi ved laveste utetemperaturer. Temperaturvirkningsgraden kan reguleres ved hjelp av by-pass eller ved å regulere hellingsgraden på rørene for typen med «horisontale» rør.

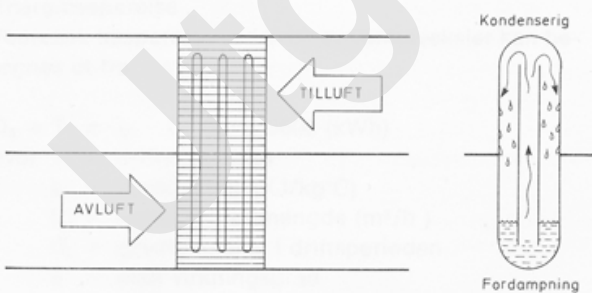


Fig. 224
Vertikal fordampingsvarmeveksler

23 Varmeveksler med varmepumpe

Et varmegjenvinningssystem med varmepumpe består av to varmevekslerbatterier, kompressor og trykkutjevningsventil, se fig. 23. Batteriene står i kanalene for henholdsvis avluft- og tilluft og er forbundet til hverandre med rør hvor et kuldemedium sirkulerer. Ved at kuldemediet mottar varme i avluftens batteri vil den fordampe. I kompressoren blir gassen komprimert til høyere trykk og temperatur før den overføres til tilluftens batteri. Her vil gassen kondensere idet den avgir varme til den kaldere tilluften. Kondensatet føres tilbake

til batteriet i avluftstrekkanalen via en trykkutjevningsventil - og prosessen gjentas. Samlet energigevinst kan bli opp til 2-5 ganger den energien som trengs for å drive prosessen. Virkningsgraden reguleres vanligvis med turtallsregulering eller ved omkjøring av gass fra kompressorens trykk- til sugeside. Isdannelse som kan oppstå ved lave temperaturer, fjernes ved elektriske varmerstaver eller varm gass. Fukt overføres ikke.

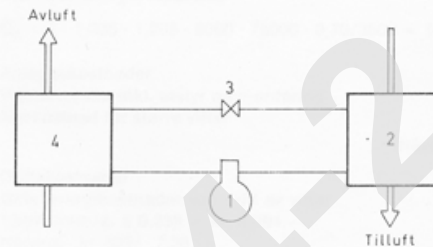


Fig. 23
Varmeveksler med varmepumpe, prinsipp

1. Kompressor
2. Varmeveksler i tilluftskanal
3. Trykkutjevningsventil
4. Varmeveksler i avluftskanal

24 Temperatur, fuktighets- og energivirkningsgrad

En varmevekslers evne til å gjenvinne varme angis av virkningsgraden. Denne defineres som forholdet mellom virkelig gjenvunnet energi og den maksimale energien som teoretisk kan gjenvinnes fra avtrekksluften. Virkningsgraden kan være oppgitt som temperatur-, fuktighets- og energivirkningsgrad. Betegnelser fremgår av fig. 24.

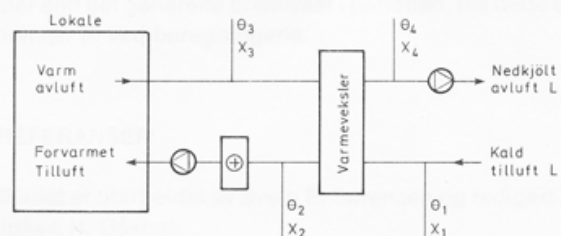


Fig. 24
Varmegjenvinning av ventilasjonsluft – prinsipp
Målepunkter er angitt med index som inngår i uttrykkene for virkningsgrad.

- θ temperatur, °C
 x luftens vanninnhold, kg/kg
 Q luftens tetthet, kg/l
 L luftstrømning, l/s
 I luftens entalpi l/kg

241 **Temperaturvirkningsgrad.** For varmevekslere som ikke gjenvinner bunden varme (kondenseringsvarme), kan virkningsgraden være gitt som temperaturvirkningsgrad. Denne fastsettes ut fra målinger av luftmengder, maksimal temperaturdifferanse og tilluftens temperaturøkning eventuelt avluftens temperatursenkning:

$$\eta = \frac{L_t (\theta_2 - \theta_1)}{L_a (\theta_3 - \theta_1)} \text{ eller } \frac{L_a (\theta_3 - \theta_4)}{L_t (\theta_3 - \theta_1)}$$

Formelen viser at den maksimale teoretiske varmemengden som kan gjenvinnes fra avluften, får man om

denne kjøles ned til utetemperatur. Om luftmengdene ved avtrekk og tilførsel er like store (balansert ventilasjon), kan formelen begrenses til å gjelde bare temperatur.

(Luftens tetthet og spesifikke varme er utelatt fordi dette under vanlige forhold ikke medfører større usikkerhet enn at det kan forsvares.)

- 242 **Fuktighetsvirkningsgrad.** For varmegjenvinnere som også gjenvinner bunden varme, kan virkningsgraden være uttrykt som fuktighetsvirkningsgrad:

$$\eta_x = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}$$

- 243 **Energivirkningsgrad.** Ut fra målinger av luftmengde, temperatur og fuktighet kan energi eller entalpi virkningsgraden bestemmes. Om virkelig årlig energibesparelse benevnes Q_{va} og den maksimale energien som teoretisk kan gjenvinnes i avtrekkslufta benevnes Q_{ar} , vil den årlige energivirkningsgraden bli:

$$\eta_E = \frac{Q_{va}}{Q_{ar}} = \frac{L_t (i_2 - i_1)}{L_a (i_3 - i_1)}$$

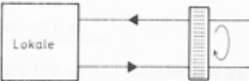
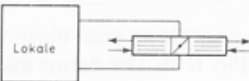
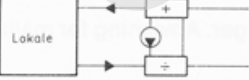
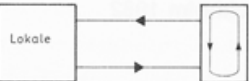
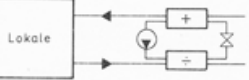
Formelen forutsetter at måling av luftmengder og entalpi skjer med faste (ikke for store) tidsintervaller gjennom brukstiden.

Entalpi størrelsen i_1 , i_2 og i_3 finnes i i - x diagram når temperatur og fuktighet er kjent.

3 VALG AV VARMEVEKSLER

Valg av varmeveksler vil i første rekke være et spørsmål om lønnsomhet og hvilke forutsetninger for valg som foreligger. Det vil lette oversikten og sammenligningen om data for de enkelte varmevekslerne er direkte sammenlignbare. Fordeler og ulemper for ulike typer varmevekslere fremgår av tabell 3.

Tabell 3
Prinsipp og sammenligning av varmevekslere

Type varmevekslere	Virkningsgrad – regulering	Fordeler	Ulemper
A  Roterende varmeveksler	Temp.virkningsgrad 70–85% Fuktighets- virkn.grad med hygroskopisk rotor ca. 70–85% Regulering: Turtallsregulering By-pass Intermittent drift	- Lite plassbehov - God regulerbarhet av virkn.grad - Avtining pga. ising trengs normalt ikke - Høy energi- og temp-virkningsgrad	- Lukt- og helsefarlige stoffer kan overføres - Fare for brannspredning - Tillufts- og avluftskanaler må sammenføres. - Bevegelige deler som krever ettersyn - Fare for tilsmussing i rotor ved stillstand
B  Kammervarmeveksler	Energivirkningsgrad 75–84% Temperaturvirkningsgrad 85–95% Reguleres ved å endre tiden for vekslingen	- Som A - Spjeld er eneste bevegelige del	- Lukt- og helsefarlige stoffer kan overføres - Tillufts- og avluftskanaler må sammenføres - Fare for brannspredning
C  Plate- og rørvarmeveksler	Temp.virkningsgrad 50–70% Regulering: By-pass med spjeld	- Ingen overføring av lukt- og helsefarlige stoffer - Ingen bevegelige deler - Lett å rengjøre - Funksjonssikker	- Stort plassbehov - Tillufts- og avluftskanaler må sammenføres - Fare for brannspredning - Omstendelig regulering av virkningsgrad - Regulering med shunt krever stor plass - Fare for isdannelse under 0 °C
D  Væskekopledede varmevekslere	Temp.virkningsgrad 50–70% Regulering: Endring av væskemengden	- Ingen overføring av lukt- og helsefarlige stoffer - Tillufts- og avluftskanaler må ikke sammenføres - God regulerbarhet av virkn.grad - Enkel avising - Relativ enkel å montere i bestående bygg - Begrensede kapital- og driftskostnader	- Stort plassbehov - Bevegelige deler (pumpe, ventil) - Må frostsikres - Virkn.graden kan ikke reguleres for høyt pga. frysefare
E  Fordampningsvarmeveksler	Temp.virkningsgrad 50–70% Regulering: By-pass med spjeld	- Ingen overføring av lukt- og helsefarlige stoffer - Ingen bevegelige deler - Ingen røranslutning - Lett å rengjøre	- Tillufts- og avluftskanaler må sammenføres - Fare for brannspredning - Omstendelig regulering av virkn.-graden - Regulering med shunt krever stor plass
F  Varmeveksler med varmepumpe	Temp.virkningsgrad 50–70% Regulering: Effektregulering av kompressor	- Ingen overføring av lukt- og helsefarlige stoffer - Tillufts- og avluftskanaler må ikke sammenføres - Kan kombineres med samtidig drift av kjølesystem - Kan relativt enkelt monteres i bestående bygg	- Stort plassbehov - Bevegelige deler - Omstendelig regulering av virkn.-graden - Må frostsikres - Fare for lydoverføring - Høye kapital- og driftskostnader

- 31 **Plassbehov og byggetekniske forutsetninger**
Et ventilasjonssystem med varmeveksler vil ta større plass enn et uten. For nye anlegg må det tas hensyn til dette ved planleggingen. I bestående ventilasjonsanlegg kan plassbehov og eksisterende kanalplassering være avgjørende for valg av varmeveksler. Om tillufts- og avluftskanalene er installert i ulike deler av bygningen, kan ikke en varmevekslertype velges som krever at kanalene må samles. Aktuelle løsninger kan her være væskekopledede varmevekslere, ev. varmeveksler med varmepumpe.
Ved installasjon og montering av varmeveksler må atkomsten være lett for service og ettersyn. Ved plassering ute kan vinterforhold og dårlig vær redusere denne muligheten.
- 32 **Bygningstype og driftsforutsetninger**
I anlegg hvor det vurderes å komplettere ventilasjonsanlegget med varmeveksler, bør følgende bedømningsunderlag foreligge:
– type bygning (sykehus, industri, kontorer o.l.)
– type ventilasjonsanlegg og driftstid
– type prosess og luftkvalitet (forurenset luft, lukt eller helsefarlige stoffer)
– brannfare
– ute- og inneklimate.
I eksisterende bygg er anlegg med tillufts- og avluftsventilasjon enklest å komplettere med varmeveksler. Lønnsomheten for et varmegjenvinningsanlegg øker med økende ventilasjonsgrad og driftstid. Størst vil derfor besparelsene være i industri og sykehus, noe mindre for forretningsbygg og minst for flerfamiliehus.
- 321 **Flerfamiliehus (boligblokker o.l.)**
I bestående bygg med ren avluftsventilasjon kan installasjon av varmeveksler og tilluftsventilasjon være direkte ulønnsom. Derimot kan avtrekksluften brukes til forvarming av varmt forbruksvann eller forvarming av returvann fra radiatoranlegg v.h.a. varmepumpe.
I nybygg og bestående bygg med til- og avtrekksventilasjon kan bruk av varmeveksler være lønnsom.
- 322 **Kontorer.** De fleste kontorer er som regel utstyrt med til- og avluftsventilasjon hvor varmeveksler med fordel kan installeres. For bestående kontorer med stort varmeoverskudd sommerstid og varmebehov vinterstid kan et ventilasjonssystem med tilluft- og avluftskanaler eventuelt utstyres med varmepumpe.
- 323 **Sykehus.** Behovet for kontinuerlig drift i kombinasjon med store luftmengder gjør at lønnsomheten ved bruk av varmeveksler i slike anlegg blir meget god. Både rekuperative og regenerative varmevekslere kan anvendes. Mest brukt er roterende varmevekslere med hygroskopisk materiale om det ikke er fare for smittespredning.
- 324 **Industri.** I prosesser med forurenset luft kan rekuperativ varmeveksler anvendes. Avluften bør filtreres for å unngå belegg på flatene til varmeveksleren og dermed reduksjon av virkningsgraden.
For regenerative varmevekslere av roterende type er det trykkforholdene som avgjør om avluft overføres. Ved riktig vifteplassering og/eller «trinnspløyd» kan fare for overføring unngås. Renblåningssektor bør benyttes. Ved langfibrede partikler bør avluften filtreres.
- 33 **System- og komponentvalg**
Avgjørende for valg av varmeveksler kan være om de har egenskaper som fyller bestemte krav, f.eks. at
– varmeveksler med bevegelige deler ikke kan brukes ut fra kravet om høy driftssikkerhet
– luftlekkasjer ikke kan tillates pga. lukt eller giftige gasser
– til- og avluftskanaler må være atskilt av brann- og byggetekniske årsaker.
Om høy temperaturvirkningsgrad ønskes, bør regenerative varmevekslere velges fremfor rekuperative varmevekslere. Rekuperative varmevekslere har sin fordel ved at de er funksjonssikre og at lukt eller helsefarlige stoffer ikke overføres.
- 34 **Lave utetemperaturer**
Ved utetemperatur under 0 °C kan vanddampen i avluften bli nedkjølt til under duggpunktstemperaturen og utfelles som kondens. Ved ytterligere nedkjøling vil dette fryse til is. I hvilken grad dette fører til driftsproblemer vil avhenge av type varmeveksler og driftsforhold. Om ising fører til driftsproblemer, bør avisingsutstyr monteres. For å spare energi bør dette utstyret bare brukes når det er nødvendig.
- 35 **Forurenset avtrekksluft**
Forurenset luft kan føre til gjentetting og korrosjonsangrep i varmeveksleren. Det er derfor vesentlig at det ved prosjekteringen treffes tiltak for å begrense dette og at anlegget eventuelt forberedes for manuell eller automatisk rengjøring. Av miljømessige grunner bør forurensningen om mulig utskilles lokalt. Generelt gjelder at tørt stoff gir mindre gjentettingsproblemer enn klebrige stoffer. Varmvekslerens form har betydning for hvor eventuell gjentetting finner sted. Nedenfor er vist eksempler på tiltak ved en del aktuelle forurensningsformer.
- 351 **Olje- eller fettdamper** kan føre til stor støvansamling på fronten i roterende varmevekslere og i kanaler og utstyr. Filter bør plasseres før varmeveksleren i avluftskanalen.
- 352 **Fibrøst stoff**, f.eks. pollen i uteluft og støv fra tekstiler, mineralull eller glassfiber, kan ofte avskilles med et finmasket nett i avtrekkskanalen. Alternativt kan filter monteres.
- 353 **Løsningsmiddel.** Regenerative varmevekslere med hygroskopisk materiale bør ikke brukes om avluften inneholder betydelige mengder ammoniakk, formaldehyd eller løsningsmiddel. Også ikke-hygroskopiske aluminiumsrotorer kan bli hygroskopiske etter en tid pga. smuss og oksydasjon av aluminiumssjiktet.
- 354 **Maling og lakk.** Gjentettingsgraden avhenger av lakktypen og hvor tørre partiklene er. Filter er ofte nødvendig i avluftskanalen.
- 355 **Salter** medfører stor fare for korrosjon. Materialet i varmeveksler og dreneringsanordning bør være av korrosjonsbestandig materiale.
- 356 **Sveiserøyk.** Mest økonomisk er rengjøring av varmeveksler ved behov. Filter er lite hensiktsmessig pga. rask gjentetting. Roterende varmevekslere har god selvrensingsevne.

357 *Oljestøv.* Rent oljestøv fører normalt ikke til problemer. Om oljestøv inneholder partikler, bør anlegget forberedes for rengjøring med løsningsmiddel (høytrykksprøyte). Filter er nødvendig i avluftskanalen for regenerative varmevekslere.

4 INSTALLASJON – DRIFT OG FUNKSJONSKONTROLL

41 Installasjoner

Ved installasjon av et varmegjenvinningssystem bør det stilles følgende krav til sikkerhet og drift av anlegget:

- brann- og miljøsekkert (brann- og røykspredning, gasstoff- og bakterieoverføring)
- muligheter for å kontrollere luftlekkasje mellom til- og avluftssystemet
- muligheter for drift uten varmegjenvinning ved feil
- lett å komme til for service og bytte av komponenter
- tydelige driftsinstruks
- muligheter for å bestemme virkningsgraden ved måling av luftmengde, temperatur og eventuelt fuktighet.

Det er spesielt viktig at måleprogram og målepunkter fastsettes før anlegget monteres. Detaljerte metoder for luftmengdemålinger er beskrevet i «Felles-nordiske metoder for måling av luftmengder i ventilasjonsanlegg». Metoder for måling av temperatur og fuktighet fremgår av «Energimålinger i bygninger, kap.4.1 – Varmegjenvinning luft» [621].

42 Tetthetsprøve, innregulering og avleveringsprøve

Før anlegget innreguleres bør luftlekkasjen i hele ventilasjonssystemet måles. Tettheten bør tilfredsstillende tetthetsklasse B i VVS-AMA 72 som er $1,58 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^3$ ved prøvetrykk = 400 Pa.

Innregulering og avleveringsprøve foretas etter de metoder som Nordisk ventilasjonsgruppe har utarbeidet. For eventuelle senere justeringer og kontroll bør innreguleringsprotokoll foreligge.

43 Drifts- og vedlikeholdsinstruks

For å oppnå de kalkulererte energibesparelsene med lavest mulige driftskostnader, må drift og vedlikehold tillegges like stor betydning som et riktig dimensjonert og innregulert anlegg. Forutsetningen for dette er at det foreligger skriftlige instruks som er tilpasset det enkelte anlegget. En driftsinstruks skal inneholde beskrivelse av hele anlegget og hvordan det styres. Hovedpunkter kan her være:

- generell orientering (adresser, kort beskrivelse av bygget og ventilasjonssystemet)
- beskrivelse av de enkelte komponenters funksjon og plassering (prinsipp- og koblingsskjema, børverdier, temperaturgrenser, luftmengder o.l.)

- apparat- og komponentliste med henvisning til brosjyrer eller spesielle dataark
- sikkerhetsbestemmelser
- forholdsregler ved brann, driftsbrudd og feilsøking. En vedlikeholdsinstruks skal inneholde oppgave over servicefunksjoner og bør inneholde:
 - tidsbestemte service rutiner for de enkelte komponenter eller systemer (Rengjøring av varmeveksler, bytte av filter, kontroll av remdrift og vifter samt sikkerhetsutstyr o.l.)
 - driftstider for å sikre økonomisk drift
 - oppgave over børverdier for inn- og utgående luft, temperatur, motstand over filter o.l.
 - feilsøkingsskjema
 - anvisning på økonomisk oppvarming.

44 Funksjonskontroll

Anleggets funksjon kontrolleres vanligvis ved å bestemme virkningsgraden. Lettest å måle er temperaturvirkningsgraden som bare forutsetter temperaturfølere som plasseres i kanalene før tilluft og avtrekksluft, se pkt.11. For enkelte typer anlegg vil det være mer hensiktsmessig å bestemme fuktighets- eller energivirkningsgraden. Øvrige metoder for funksjonskontroll kan være:

- måling av nødvendig ettervarmeeffekt
- måling av varmekonsumet i ettervarmebatteriet.

45 Vanlige driftsproblemer

Vanlige driftsproblemer som kan oppstå, bør fremgå av drifts- og vedlikeholdsinstruksen.

5 LØNNSOMHETSBEREGNING

Den økonomiske lønnsomheten avhenger av de samlede investeringskostnadene og årlige besparelser. Som for andre typer investeringer kan derfor ulike beregningsmetoder og prinsipper anvendes. Den metoden som er brukt her, er nåverdimetoden hvor kostnader og besparelser omregnes til nåverdier. Investeringen er lønnsom om nåverdien av besparelsen er større enn nåverdien av kostnaden.

51 Kostnader

- Anleggskostnader – som er summen av prisen på de enkelte komponenter og installasjonskostnadene
Nåverdien = anleggskostnadene
- Driftskostnader – som er drift av vifter, pumper o.l.
Nåverdien = årlig driftskostnad $\times$ nåverdifaktor
- Vedlikeholdskostnader
Nåverdien = årlig vedlikeholdskostnader $\times$ nåverdifaktor.

Tabell 51 viser nåverdifaktoren når levetid og kalkulasjonsrente er kjent. Vanlig levetid for varmevekslere vil normalt være 10 – 15 år.

Tabell 51
Nåverdifaktorer

Tabellen er beregnet etter $\frac{1 - (1 + 0,01 \cdot r)^{-n}}{0,01 \cdot r}$, der n = investerings levetid og r = kalkulasjonsrente.

Levetid (År)	3%	5%	Kalkulasjonsrente 6%	7%	8%
1	0,971	0,952	0,943	0,935	0,926
2	1,913	1,859	1,833	1,808	1,783
3	2,829	2,723	2,673	2,624	2,577
4	3,717	3,546	3,465	3,387	3,312
5	4,580	4,329	4,212	4,100	3,993
6	5,417	5,076	4,917	4,767	4,623
7	6,230	5,786	5,582	5,389	5,206
8	7,020	6,463	6,210	5,971	5,747
9	7,786	7,108	6,802	6,515	6,247
10	8,530	7,722	7,360	7,024	6,710
11	9,253	8,306	7,887	7,499	7,139
12	9,954	8,863	8,384	7,943	7,536
13	10,635	9,394	8,853	8,358	7,904
14	11,296	9,899	9,295	8,745	8,244
15	11,938	10,380	9,712	9,108	8,559
20	14,877	12,462	11,470	10,594	9,818
30	19,600	15,372	13,765	12,409	11,258
40	23,115	17,159	15,046	13,332	11,925
50	25,730	18,256	15,762	13,801	12,233

52 Inntekter

- Reduserte energikostnader ved oppvarming av ventilasjonsluft

Nåverdien = årlig reduksjon i energikostnadene $\times$ nåverdifaktor

- Besparelsen ved mindre investering i installert varmeeffekt, f.eks. mindre kjel, ettervarmebatteri o.l.

Nåverdien = investeringsreduksjonen.

53 Energibesparelse

Teoretisk besparelse ved bruk av varmeveksler kan beregnes ut fra:

$$Q_E = T \cdot c \cdot \rho \cdot L \cdot G_t \cdot \eta / 3600 \text{ (kWh)}$$

hvor T = driftstidsfaktor

c = spes. varme (KJ/kg°C)

L = avtrukket luftmengde (m³/h)

G_t = gradtimetallet i driftsperioden

η = målt virkningsgrad

ρ = tetthet (1,205 kg/m³)

Gradtimetallet kan enten bestemmes ut fra målinger av midlere inne- og utetemperatur i driftsperioden eller ved å omregne graddagtallet fra nærmeste meteorologiske stasjon ved aktuell innetemperatur. Virkningsgraden bestemmes ut fra målinger, se pkt. 11.

54 Eksempel

541 Forutsetninger:

Roterende varmeveksler med $\eta_E = 70\%$
 Antatt levetid = 10 år } gir nåverdifaktorer
 Kalkulasjonsrente = 6 % } 7,36 iflg. tabell 1
 Energipris = 23,8 øre/kWh
 Luftmengde = 8000 m³/h
 Driftstid 24 timer pr. døgn, 5 dager pr. uke
 Gradtimetall i driftsperioden = 75000
 Ingen reell prisstigning

Teoretisk energibesparelse

$$Q_E = \frac{5}{7} \cdot 1,005 \cdot 1,205 \cdot 8000 \cdot 75000 \cdot 0,70 / 3600 = 100919 \text{ kWh}$$

Anleggskostnader

Varmeveksler inkl. utstyr og montering kr 50 000,-
 Merkostnad for større vifter » 3 000,-
 Nåverdi kr 53 000,-

Driftskostnader

Økte energikostnader ved drift av vifter
 13000 kWh/år $\times$ 0,238 = kr. 3.094,-
 Nåverdi : kr 3094 $\cdot$ 7,36 kr 22 772,-

Vedlikeholdskostnader

Kr 5 000,- pr år
 Nåverdi : kr 5 000 $\cdot$ 7,36 kr 36 800,-
 Nåverdi av kostnader kr 112 572,-

Inntekter

Redusert investering i varmeeffekt kr 15 000,-
 Reduserte energikostnader
 100 919 kWh $\times$ 0,238 kr 24 019,-
 Nåverdi : kr 24 019 $\cdot$ 7,36 kr 176 780,-

Nåverdi av besparelser kr 191 780,-

Resultat

Nåverdi av inntekter kr 191 780,-
 » » kostnader » 112 572,-
 Sum nåverdi av årlig besparelse kr 79 208,-

Beregningene er gjort med en energipris som tilsvarer landsgjennomsnittet pr. 1.1.82 iflg. NVE. Om denne øker mer enn det generelle prisnivået i perioden, må dette tas hensyn til ved beregningene.

6 REFERANSER

61 Bladet er utarbeidet av Svein E. Sørensen og redigert av Johan H. Gåsbak.
 Redaksjonen avsluttet oktober 1982.

62 Litteratur

621 NTN F Energimålinger i bygninger. Anvisning for måling og rapportering, Oslo 1981
 622 BERGQUIST, B. og SWARTZ, H. Värmeåtervinning ur ventilationsluft inom verkstadsindustrien. Sveriges Mechanförbund, Stockholm 1980
 623 SVENNBERG, S.A. Värmeåtervinning ur ventilationsluft. Konsept til handbok, Stockholm 1982
 624 VVS – AMA 72