

4  
1  
NORDISK ARBEJDSGRUPPE  
FOR  
BEVARING AF KIRKER

# KIRKENS RUMKLIMA

**NORDISK ARBEJDSGRUPPE FOR BEVARING AF KIRKER**

Nationalmuseets 2. afdeling  
Frederiksholms Kanal 12  
1220 København K.

**RUMKLIMAGRUPPEN**

Byggnadsingenjör Ingmar Holmström  
Ingeniør H. J. Horwath  
Civilingeniør Eduard Troelsgaard  
Konservator Mogens Larsen (forfatter)

© 1985: Arbejdsgruppen

Tryk: Clemensstrykkeriet

**Indholdsfortegnelse:**

Tilbageblik .....	7
Rumklima .....	9
Træværk .....	10
Snedkerkonstruktioner .....	12
Stafferinger .....	12
Konklusion .....	14
Murværk .....	15
Tilsmudsning .....	15
Fugt i murværk .....	19
Udtørring af murværk .....	21
Konklusion .....	24
Styring af rumklimaet .....	25
Rummets temperatur .....	25
Udeklima-indeklima .....	28
Fugttilskud .....	29
Mikroklima .....	30
Måleinstrumenter .....	31
Konklusion .....	34

## Tilbageblik

Vore middelalderkirker var uopvarmede, lige fra de blev opførte, til man i forrige århundredes sidste halvdel begyndte at opvarme dem med kul- eller brændefyrede ovne.

Kirkerne havde da gennem århundreder et klima, som fulgte udeklimaet, omend det skete med et vist efterslæb. Vinterkulden blev kun langsomt fortrængt af sommervarmen, der til gengæld kunne holde rummet lunt til langt hen på efteråret, takket være de svære mures evne til at akkumulere varmen. Dette gav et ganske stabilt rumklima, hvor udeklimaets mere kortvarige, ekstremt høje eller lave temperaturer ikke gjorde sig gældende, ligesom også rummets relative fugtighed var uden voldsomme udsving. Kirkerne havde med andre ord et rumklima, som var særdeles gunstigt for bevarelsen af kirkernes bemalede inventar og de kalkmalerier, de var udsmykket med.

Med den nye tids krav til komfort blev det umoderne at klæde sig efter klimaet. Klimaet skulle i stedet gøres komfortabelt i det omfang, det var muligt. Boligen blev stedse bedre opvarmet, og den hjemlige komfort blev lidt efter lidt overført til kirken uden smålig skelen til, om måden det gamle hus var opført på, nu også gjorde det velegnet til den moderne komfort.

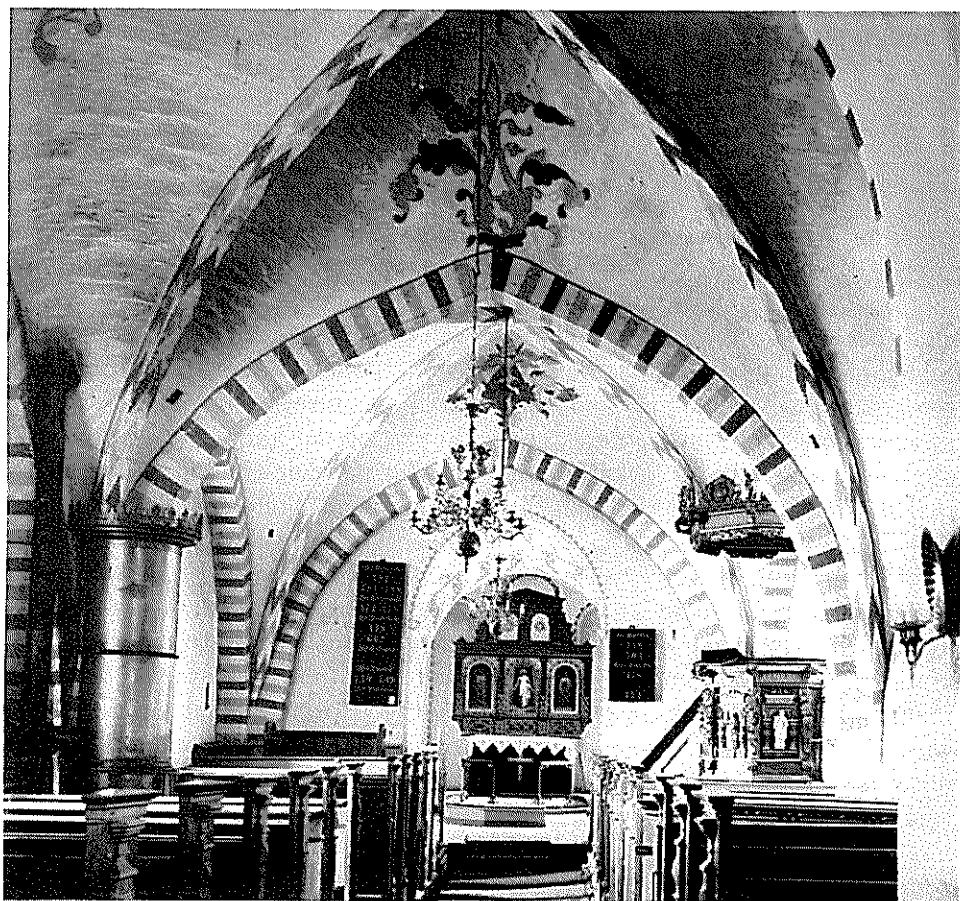
Nu har de ældste varmeovne næppe ændret stort på kirkens rumklima. Dels var ovnenes kapacitet ringe, dels

var det endnu almindeligt, at man kun opvarmede et rum, når det skulle bruges. Men synsprotokoller og museumsindberetninger kan fortælle os, at der skete en ganske betydelig tilsmudsning af vægge og hvælv. Behovet for hvidtning af kirkens indre steg betydeligt i en tid, hvor mange af vore mest værdifulde kalkmalerier netop genså dagens lys.

I vort århundredes første del vandt kalorifèren indpas som et specielt varmeanlæg for kirker. Kalorifèren er et system af svungne, lamellerede støbejernsrør anbragt mellem fyrsted og skorsten. Takket være et kanalsystem og nogle riste i gulvet kunne man i nogen grad styre den varme lufts cirkulation i rummet, og derved blev kalorifèren et ganske effektivt varmesystem. Men varmen var alligevel tilbøjelig til at koncentrere sig under loft og hvælv, og det har uden tvivl medført skader på både træ- og murværk. Da indfyringen skete i selve kirkerummet, og både luftkanaler og rørsystem samlede støv, var tilsmudsningen fortsat stor. Man finder af og til stadig en gammel kalorifère i vore kirker, dog nu oftest moderniseret med et olie-fyr. Bortset fra, at denne kombination af nyt og gammelt undertiden har medført eksplosioner i varmeanlægget med ubehagelige følger for kirkerummet, har den i reglen også fristet til kontinuert brug af varmeanlægget vinteren igennem, hvilket har medført betydelige udtørringsskader. Hermed er vi på en måde ved sagens

alvorlige kerne. Hvor moderne varmeanlæg i kirkerne, det være sig centralvarme, luftvarme eller elvarme, ligesom den gamle kaloriflue er beregnet til at opvarme rummet, når det skal bruges, er det blevet stadig mere almindeligt at benytte disse effektive varmesystemer til kirkens konstante opvarmning en vinter igennem og ofte

med en alt for høj, vedvarende temperatur. Resultatet er blevet, at man radikalt har ændret rumklimaet i forhold til udeklimaet. Navnlig er rummets relative fugtighed blevet sænket så kraftigt, at det har medført udtørringsskader på både træ- og murværk med alvorlig risiko for, at de kulturværdier, kirkerne i sig selv er og dan-



Strø kirke i Frederiksborg amt i 1922. Bemærk den elegante måde, hvorpå man har ført kakkelovnens aftræksrør gennem hvælvingen, noget der dog ingenlunde var usædvanligt. Man ser også, at den hvælving, hvorunder kakkelovnen er placeret, er ret tilsodet.

ner rammen om, vil gå til grunde. Hertil kommer, at de risici en kontinuerlig vinteropvarmning af kirken medfører, ofte har været mangelfuldt eller måske direkte fejlagtigt oplyst, alt efter det ærinde, som en rådgiver har ment at gå.

I 1967 udsendte kirkeministeriet et cirkulære, der både sagligt og tydeligt henledte menighedsrådenes opmærksomhed på, hvorledes man skulle benytte kirkens varmeanlæg, og hvilke forholdsregler man i øvrigt skulle træffe, hvis man ved opvarmningen ville undgå udtørringsskader. Men desværre udskiftes et menighedsråds medlemmer undertiden for hastigt, og nye rådsmedlemmer læser sjældent gamle cirkulærer. Derfor kan man ved besøg rundt om i landets kirker stadig finde alt for mange tilfælde, hvor varmeanlægget enten virker uhensigtsmæssigt eller benyttes forkert. Det økonomiske resultat heraf er, at man oven i den efterhånden betragtelige pris, som kirkens opvarmning har kostet, må lægge en betydelig højere pris til den nødvendige udbedring af de skader, som opvarmningen har påført kirkens indre.

Det er med denne baggrund, det i det følgende skal søges belyst, hvorledes træværks og murværks velbefindende er nøje forbundet med et ideelt rumklima. Dermed være ikke sagt, at hele dette problemkompleks har fundet sin endelige løsning. Der kan stadig stilles spørgsmål, som kun lader sig besvare gennem en mere vidtgående

forskning, ligesom også flere af de her berørte emner kunne gøre krav på en uddybende behandling. Nærværende publikation må derfor kun betragtes som en bred orientering om den erfaring og viden, som vi i dag mener at have om rumklimaets betydning for vore gamle kirkers fortsatte bevaring.

## Rumklima

Atmosfærisk luft indeholder normalt en del vand, der som vanddamp blander sig med luftens øvrige molekyler. Mængden af denne vanddamp afhænger ikke blot af, i hvor høj grad luften har mulighed for at få dette tilskud af vand, men også af, hvor varm luften er. Jo højere temperatur luften har, desto mere vanddamp er den i stand til at indeholde. En luftmængde på  $1\text{ m}^3$  kan således ved  $0^\circ\text{C}$  kun bære 5 gr. vand, men opvarmes den til  $20^\circ\text{C}$  kan den bære 17 gr. vand. Om den luft, der således har opnået sit højeste mulige indhold af vanddamp siger man, at den har nået sit mætningspunkt, hvilket betegnes som 100% relativ fugtighed = RH.

Begrebet relativ fugtighed er således udtryk for, hvilken mængde vanddamp luften indeholder ved en given temperatur i forhold til, hvad den i mættet tilstand ville indeholde ved den samme temperatur. Overskrides mætningspunktet, eller dugpunktet som det undertiden kaldes, opstår det fænomen, at vanddampen fortættes og atter bliver til frit vand. Den kon-

denserer. Man kan f.eks. opleve dette om sommeren, når varm og fugtig luft afkøles om natten og afgiver en del af sit vanddampindhold igen som dug. Ligeledes kan en varm og fugtig luft i et rum afgive vand igen som kondens, når den afkøles ved mødet med kolde mure og vinduer.

I spørgsmålet om at undgå udtørnings-skader er det først og fremmest luftens relative fugtighed, der spiller den afgørende rolle. Er den relative fugtighed lav og luften derfor tør, vil træ- og murværk reagere herpå, hvilket sætter de skadevoldende processer i gang. Det er derfor meget vigtigt at kunne styre den relative fugtighed i rummet, men før vi ser på, hvorledes dette lader sig gøre, må vi beskæftige os med dens påvirkning af træ- og murværk.

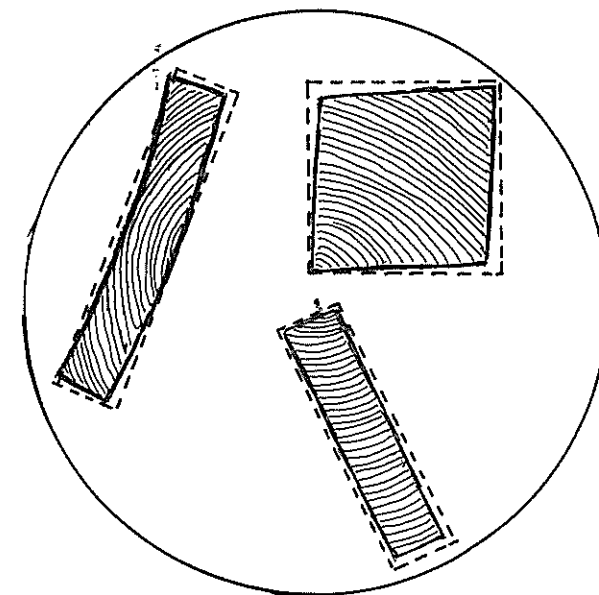
## Træværk

I denne sammenhæng er det ret underordnet at have kendskab til, hvorledes træet alt efter sorten er opbygget i et sindrigt system af fibre, porer og celler. Det er vigtigere at vide, at uanset hvor længe det er, siden træet blev fældet og forarbejdet, vil det altid indeholde vand. Mængden af dette vand vil til enhver tid være afhængig af den relative fugtighed, som træet omgives af.

En del af træets vandindhold er kemisk bundet eller på anden måde stabil. Det er den vandmængde som optages eller afgives af celle- og pore-

vægge, der er årsag til, at træet kan ændre volumen. Det såkaldte fiber-mætningspunkt, hvor celle- og porevægge er fyldt med vand, forekommer under almindelige atmosfæriske forhold kun, når luftens relative fugtighed er over 90%. Da vil træet beregnet ud fra dets absolutte tørvægt have et vandindhold på 20-25%. Ved hvilken som helst lavere relativ luftfugtighed træet omgives af, vil det efter nogen tids forløb indstille sin ligevægtsfugtighed. Tænker man sig et stykke fyrretræ anbragt i et rum med en temperatur på 18°C og en relativ fugtighed på 65%, vil træets vandindhold være ca. 13%. Sænkes rummets relative fugtighed f.eks. ved kontinuert opvarmning i vinterens løb til 40%, vil træets vandindhold efter nogen tids forløb falde til 9% med deraf følgende volumenændringer. I træets længderetning er sådanne volumenændringer minimale, men er det som brædder og planker skåret enten radiale eller tangentialt ud af stammen, kan de blive betydelige. Der opstår svind ved tykkelser og bredder, og glatte flader kan blive krumme.

Udsættes træet påny for højere luftfugtighed, vil det igen øge sit vandindhold, men på grund af den såkaldte hystereseeffekt vil denne proces ske noget langsommere. I øvrigt viser det historiske kirkeinventar og de erfaringer, vi har fra vore konserveringsværksteder, at stærkt udtørret træ aldrig helt formår at genvinde sit oprindelige volumen. Som antydning sker



*Træets volumenændringer ved udtørring. Deformeringskarakterer afhænger af, hvorledes det er udskåret i stammen. Den største krympning sker langs årringene, hvorfor det tangentialt skårne træ får størst deformation.*

træets ligevægtsstilling med luftfugtigheden med en vis træghed. For de sværere trædele kan det vare dage, måske uger, mens det for de tyndere emner kun behøver at dreje sig om timer. En afgørende faktor for ligestillingshastigheden er naturligvis også de luftstrømninger, der kan forekomme omkring træet, idet disse kan fremkalde lokale ændringer af luftfugtigheden. Kortere tids varmepåvirkning synes kun at have ringe indflydelse på træets sammentrækning. Det viser bl.a. eksempler fra brandhærgede kirker, hvor inventar af træ har været udsat for endog ganske høje temperaturer over et kortere tidsrum, uden at der bagefter har kunnet bemærkes væsentlige ændringer i dets

volumen. Derimod oplever vi ofte på vore konserveringsværksteder, hvor rumklimaet til stadighed er under nøje kontrol, at en luftfugtighed på ca. 50-55% synes at være det absolutte minimum, hvis skadevoldende udtørring skal undgås. Udsættes inventar af træ i længere tid for en endnu lavere luftfugtighed, vil en udtørnings følger kunne ses på både snedkerkonstruktioner og bemaling. Indtil man ved yderligere forskning i denne problematik har fået endelig afklaring af spørgsmålet, må vi derfor fastholde, at en lavere luftfugtighed end o. 55% vil indebære risiko for udtørningsskader på historisk inventar af træ, når den opretholdes over en længere periode.

## Snedkerkonstruktioner

De gamle snedkere, som fremstillede vort kirkeinventar, har kendt træets natur. Det kan ikke mindst måden, de anvendte det på, vidne om. Deres konstruktioner var imidlertid lavet ud fra den forudsætning, at den uopvarmede kirkes naturlige luftfugtighed ikke ville medføre væsentlige ændringer i træets volumen. Fyldingspartier blev i reglen sammenlimet af flere bredder, hvorpå man fastgjorde tværgående buestykker og pryddele med dyvler, som også benyttedes til at holde fyldinger og lister fast til rammekonstruktionen. En sådan opbygning levner ikke megen plads for bevægelser i træet. Den animalske lim, der blev anvendt, er også sårbar over for udtørring. Den mister både sin bindeevne og smidighed. En udtørnings volumændringer i træet vil derfor medføre, at limfuger springer, eller der opstår sprængninger i træet. Samtidig svinder dyvlerne ind, så lister og pryddele falder af. Selv de svære bjælker, som bærer prædikestole eller afstiver epitafier, kan svinde så meget ved udtørring, at de kan slippe indspændingen i murværket. I bedste fald kan dette medføre så stærke deformiteter i inventardelen, at kun en omfattende istandsættelse kan råde bod på skaden. I værste fald kan stykket falde ned. Især snedkerkonstruktioner fra 1700-årene er sårbare over for udtørring. Dette skyldes, at der er tale om en

mere degenereret håndværkstradition. Lodrette brædder blev ofte samlet til en flade, hvorpå man fæstnede snitværksdele og listepryddelser i vandrette forløb. Denne konstruktion findes på både altertavler, prædikestole og epitafier, og hvor en mere moderat udtørring kun vil medføre sprungne limfuger de lodrette baggrundsbrædder imellem, vil en mere udtalt udtørring også få lister og pryddele til at falde af, således at inventardelen på det nærmeste adskilles.

## Stafferinger

Alle perioder kan udvise eksempler på ubemalet kirkeinventar, men det almindeligste er dog, at i hvert fald hovedinventar var stafferet i guld og farver. Middelalderen igennem var sådanne stafferinger udført på en kridtgrund, der altid nord for Alperne var udført af kridt og animalsk lim. Før kridtgrunden blev påført træet, blev dette mættet med en varm limopløsning, og ved flere påstrøg kunne krideringslaget opnå en tykkelse på én til to millimeter. Skulle kridtgrunden prydes med mønsterskæringer, som man kender dem fra senmiddelalderens alterskabe, kunne den endog være tykkere.

Brugen af kridtgrund som underlag for staffering fortsatte renæssancen igennem, men blev efterhånden påført i tyndere lag for næsten helt at forsvinde op mod 1650. Nu kan kridringer naturligvis være af varieret kva-



*Udtørringsskadede senmiddelalderlig krucifiksfigur.*

*Ved udtørringen er træet ikke blot svundet så stærkt, at farvelaget har løsnet sig og truer med at falde af. Det er også blevet for stort til figuren, så det ikke uden videre kan lægges på plads igen.*

litet. På Bernt Notkes altertavle fra 1479 i Århus Domkirke og på Claus Bergs altertavle fra o. 1520 i Odense Domkirke er benyttet kridringer, der har vist en endog forbløffende evne til at modstå overgangen fra det

uopvarmede kirkerum til den kontinuerede opvarmning. Men ellers gælder det ret generelt, at stafferinger på kridtgrund er mest sårbare over for udtørring. Atter her er limen det svage led, idet den uden den fornødne

luftfugtighed bliver sprød og usmidig. Får udtørringen den bemalede flade til at svinde ind, bliver farvelaget for stort. Det rejser sig da i skarpryggede opskalninger, som ved en konserverende behandling er uhyre tidkrævende at lægge på plads. Udvikler skaden sig til egentlige afskalninger, er den uoprettelig, navnlig hvis der er tale om malerier eller historisk værdifulde bemalinger.

En anden medvirkende årsag til at gøre gamle stafferinger sårbare overfor udtørring, er de mange overmalinger, de i tidens løb har fået. En oprindelig staffering har ikke sjældent fået fire eller fem overliggende farvelag, hvoraf navnlig de yngste kan være hårde og usmidige. Derved opstår der overfladespændinger, som i den grad kan belaste den oprindelige staffering, at den vil løsne sig fra træet under de volumenændringer dette udsættes for i et for tørt klima.

## Konklusion

Der findes til dato ingen metoder, hvorved vi kan hindre træ i at ligestille sit vandindhold med fugten i den luft, der omgiver det. Man kan heller ikke ved en konserverende behandling sikre en bemaling mod de gentagne volumenændringer, der opstår i træet. Kun ved at opretholde det ideelle rumklima er det muligt at undgå udtørringsskader på farvelag og træværk.

Hvad er da det ideelle rumklima?

Strengt taget må det være det, som rådede i kirken, da det historiske inventar blev indsat og malet. Det har formentlig nogenlunde svaret til det, som i dag forekommer i en uopvarmet kirke, hvor der alt efter årstiden kan være en relativ luftfugtighed, som svinger mellem 70% og 80%. Kan man i en landsbykirke begrænse opvarmningen til de tidspunkter, hvor der er kirkelige handlinger, kommer man nok dette rumklima nærmest. Selv en opvarmningsperiode på 12-15 timer og dermed følgende sænkning af den relative fugtighed vil næppe få træet til at reagere synderligt, fordi en relativ fugtighed, der er lavere end de ovenfor nævnte 50-55%, kun vil forekomme i ganske få timer.

Vanskeligere stiller det sig med de kontinuert opvarmede kirker, hvor varmen i forbindelse med mere eller mindre hyppig fornyelse af luften i rummet kan sænke den relative fugtighed betænkeligt i perioder med frostvejr. Her må man tilstræbe at afpasse temperaturen, så rummets relative fugtighed ikke bliver væsentlig under 55% bortset fra de kortvarige perioder, hvor varmeanlægget skal hæve temperaturen med henblik på kirkelige handlinger. Sænkes den relative fugtighed derimod under 40-45% gennem flere dage, vil det næsten altid resultere i udtørringsskader. Man kan dog komme ud for, at bemalet træinventar langsomt har tilvænneth sig en lavere relativ fugtighed, uden at skader har kunnet konstateres.

Det bør imidlertid altid være en hovedregel, at en konservator bedømmer inventarets og dets bemalings tilstand, før radikale ændringer af et rumklima gennemføres.

## Murværk

Enten en middelalderlig bygning er opført af natursten eller af teglsten, har fremgangsmåden i reglen været den samme. Oven på en i jorden gravet rende opfyldt med kampesten har man rejst en ydermur og en indermur. Mellem disse har man fyldt op med enten marksten eller regulært byggeaffald, som i bedste fald blev afbundet med kalkmørtel. Lignende svære murmasser kan man finde i de tidlige hvælvinger, men allerede med 1200-årene opførtes der hvælvinger, hvor kapper i hel eller halv stens tykkelse hviler på et system af buer og ribber.

Bindemidlet mellem byggestenene har næsten altid været en ganske fed kalkmørtel. Samme materiale benyttedes til det pudslag, som mure og hvælv i byggearbejdets sidste fase blev overtrukket med. Mange af disse gamle og undertiden oprindelige pudslag er stadig bevaret på vore kirkers mure, endog ikke så sjældent på ydermurene, som f.eks. på Sigersted kirke ved Ringsted. Dette turde bevise en kalkmørtels holdbarhed. På kirkens indermure har pudslaget ofte dannet malebund for en kalkmalet udsmykning, der således må betragtes

som en integreret del af selve bygningen.

Alle disse materialer er mere eller mindre hygroskopiske, hvilket vil sige, at de er i stand til at opsuge og afgive vand. Dette forhold gør sig ikke mindst gældende ved murkernen, hvis fyldmateriale kan være meget porøst. Samtidig har de svære og kompakte mure en langsom reaktion på de skiftende årstiders temperatur og luftfugtighed. Rummet kan holde sig køligt sommeren igennem og akkumulerer kun langsomt denne årstids varme og fugtighed, der til gengæld kan holde sig til langt hen på efteråret. Ved opvarmning af et sådant rum vil man næppe kunne undgå skader, navnlig på de indre murflader, og foretages opvarmningen ikke med omtanke, kan den let medføre et helt kompleks af skader, hvor den ene skade mere eller mindre kan være årsag til den anden, men hvor det i alle tilfælde er rummets opvarmning, som er den igangsættende faktor.

## Tilsmudsning

En uundgåelig følge af kirkerummets opvarmning er den tilsmudsning, der sker på mure og hvælv. Dette skyldes et fysisk fænomen. Selv den grundigste rengøring kan ikke hindre, at luften i rummet indeholder en mængde ganske fine og næsten usynlige støvpartikler. Disse støvpartikler bliver holdt i en stadig bevægelse af de endnu mindre luftmolekyler, hvis be-





Varmeskader på murværk.

Saltholdigt regnvand er gennem utæt tag trængt ned i hvælvingers kappeflige. Udtørringen, der sker ved kirkens kontinuerte opvarmning, får saltene til at trænge frem og danne skader på pudslaget. Over de indklædte radiatorer trænger varmen op og sværter muren.

vægelseshastighed er afhængig af temperaturen. Da varm luft bevæger sig væsentlig hurtigere end kold luft, vil den varme lufts møde med de kolde mure afkøle den så stærkt, at de medfølgende støvpartikler kan leje sig på murfladen. Virkningen forstærkes yderligere ved, at den afkølede luft synker ned og erstattes af ny, varm og støvbærende luft.

Det er således ikke blot den mængde støv luften beforder, men også temperaturforskellen på luften og murens overflade, der er afgørende for tilsmudsningsgraden. Fænomenet tegner sig tydeligst over radiatorer langs væggene. Her vil tilsmudsningen være mest udtalt umiddelbart over radiatoren, hvorefter den aftager i styrke op efter i takt med, at temperaturforskellen



Renseprøve i forbindelse med genrestaurering af kalkmaleri. De mørke partier viser graden af tilsmudsning i løbet af kun tolv år efter forrige restaurering ved kontinuert opvarmet kirke.



len mellem den varme luft og den kolde mur udlignes.

Tilsmudsning af murværk er et stort og kostbart problem i vore kirker, fordi den medfører behov for hyppige kalkninger. Hvor en kirkes indre mure måske kun har fået påført fem á seks kalklag fra de blev opført og helt

frem til forrige århundredes sidste halvdel, hvor opvarmning af vore kirker tog sin begyndelse, har det efterfølgende århundrede efterladt henved det dobbelte antal kalklag, der alle er stærkt tilsmudsede.

Mere katastrofalt har forholdet været for vore historisk værdifulde kalkma-



*Renseprøve foretaget i forbindelse med genrestaurering af kalkmaleri. De mørke partier viser graden af tilsmudsning i løbet af kun tolv år efter forrige restaurering ved kontinuert opvarmet kirke.*

lerier, som jo netop inden for samme periode har genset dagens lys i stort antal. For disse medfører tilsmudsningen et behov for hyppige rensninger og genrestaureringer. For hver behandling svækkes de lidt og bliver stadig svagere. Hvis vi ikke finder frem til metoder, der enten kan eliminere tilsmudsningen eller beskytte kalkmalerierne, må vi forudse, at hele vor middelalderlige kalkmaleriarv er gået til grunde i løbet af det følgende århundrede.

### Fugt i murværk

Ligesom tilfældet er med træværk, vil der også i murværk forekomme en del vand, men hvilken tærskelværdi en sådan vandmængde bør have, og hvorledes den har indflydelse på murens velbefindende, savner vi foreløbig det fornødne kendskab til. Vi ved dog, at meget fugtholdige mure er stærkt udsat for skader forårsaget af mikroorganismer og salte, ligesom fugtigheden også nedsætter murens isolerende evne, hvorved den virker hæmmende for rummets opvarmning.

Der findes ikke så få kilder til uheldige fugtkoncentrationer i murværk, og her kan man skelne mellem dem, der burde være undgået ved almindelig vedligeholdelse og dem, der bestemt af vejrlig og jordbundsforhold er vanskeligere at imødegå.

Til trods for at allerede Christian den Fjerde påbød vore kirker holdt tætte på tag og fug, er indtrængende regn-

vand stadig en alt for hyppig årsag til overdreven murfugt. Dette kan måske skyldes, at man ved de årlige kirkesyn mere koncentrerer sig om de åbenbare utætheder i en tagbeklædning, end man søger det indtrængende regnvands umiskendelige spor som skjolder på murværk og tagstol. Mens indtrængende regnvand hurtigt viser sig som en kedelig plet på en hvælvingens underside, er det langt farligere ude over murkronen, fordi det da trænger ned i murkernen, hvor det kan ophobes gennem lang tid, uden at det opdages. Der gives eksempler på, at der er forløbet mere end ti år, fra regnvand gennem en manglende tagsten er sivet ned i murkernen, til det er trængt frem og har skadet et kalkmaleri på murens øvre del.

Også hvor kirkens tagflader grænser ind mod tårn og gavl, opstår der alt for ofte utætheder. Årsagen til disse er i reglen at finde i en ukorrekt indklædning af tagdækningen mod den tilstødende mur, eller i indklædningens tætning, hvortil der kan være benyttet et materiale, som ikke er smidigt nok til at optage de divergerende bevægelser, der kan opstå mellem murværk og tagstol. Det samme gør sig i øvrigt gældende ved fugning mellem vinduer og mure, hvor der også er tale om nogle forskelligt arbejdende materialer. Som en ikke sjældent forekommende årsag til fugtskader på kalkmalerier skal også nævnes de for loftrummet så vigtige ventilationshuller, der sjældent er afskærmet tilstrækkeligt til

at hindre regnvand eller fygesne i at lejre sig på hvælvenes oversider. Murfugt betinget af vejrliget skyldes oftest slagregn. Den kan især volde store problemer i de egne af landet, som har det såkaldte »vestkystklima«, hvilket vil sige, at nedbørmængden er stor og blæsten fra vest og sydvest er stærk. Det er fortrinsvis teglsten, der optager slagregn, fordi der her er tale om et meget porøst materiale, hvori vandet indsuges ved hjælp af hårrørsvirkningen eller kapillarsugningen. Ved kortvarige regnskyl vil vandet imidlertid hurtigt fordampe igen, men ved længere regnperioder, hvor vandet til stadighed ligger som en hinde over murfladen, og der samtidig kan herske et vindtryk på flere cm. vandsøjle, presses vandet yderligere gennem revner og sprækker i fugerne ind til dybere liggende hulrum, hvorfra det breder sig til murkernen og stedvis kan sætte sine spor på murens inderside.

Man har foreslået stærkt porøse mure beskyttet mod slagregn ved overfladebehandling med vandafvisende midler. Dette må dog nok frarådes, når der er tale om middelalderlige mure. Nok kan en del af regnvandet holdes tilbage, men samtidig hindrer man en fordampning fra murens indre, således at der sker en ophobning af vand og salte, som kan spalte murstenens overflade fra. I denne sammenhæng spiller det benyttede fugemateriale en afgørende rolle. Dette

kan bl.a. bekræftes af, at selv mure af granitkvadre, hvor fugerne praktisk talt er den eneste adgang for vandets indtrængen, kan skades af slagregn. Fugematerialet skal tjene til at opretholde murens oprindelige fugtbalance og elasticitet. Samtidig med at det er tilstrækkeligt porøst til at indtrængt vand kan fordampe hurtigt bort igen, skal det være smidigt nok til at optage de spændinger, som skiftende vejrlig udsætter muren for. Her er en korrekt fremstillet, ren kalkmørtel stadig det uovertrufne materiale. Desuden vil det altid være tiltalende, set fra et historisk synspunkt, at en gammel bygning vedligeholdes med materialer, der svarer til de oprindeligt anvendte. Grundfugt, som ved kapillarvirkningen suges op i murværket, er nok et af kirkens vanskeligste fugtproblemer. Her kan man skelne mellem den egentlige grundfugt og de ikke ringe mængder overfladevand, der som følge af ændringer ved kirkens omgivende terræn kan samle sig ved dens sokkel og på samme måde suges op i muren. Der er udtænkt mange snedige systemer til imødegåelse af opstigende grundfugt, men da ingen af disse på overbevisende måde lader sig anvende på en historisk bygning, skal de ikke nævnes her. Det er da også et spørgsmål, om man ikke blot ved en hensigtsmæssig regulering af kirkens omgivende terræn i forbindelse med fornødne og korrekt udførte dræn kan bortlede i hvert fald overfladevandet, der ofte repræsenterer den største

mængde af den fugt, som kan trænge op i muren.

## Udtørring af murværk

Når murfugt er så indgående behandlet under begrebet rumklima, er det fordi denne murfugt kan transportere salte af forskellig art. Disse salte forekommer ikke blot i undergrunden, men også i flere af de anvendte byggematerialer, og da de i reglen er let opløselige i vand, kan de følge vandets bevægelser rundt i muren. De følger også fordampningsprocessen, hvorunder de kan lejre sig på murens overflade, enten som snelignende udblomstringer eller som mere krystalinske partikler. Sker fordampningen imidlertid for hurtigt, er der meget stor risiko for, at krystalliseringsprocessen medfører betydelige skader på murens overflade.

Det er saltenes udkrystalliseringsform, der sammen med udtørningsgrad, rumtemperatur og luftcirkulation bestemmer en skades omfang. Har strukturen i murens pudslag en poredannelse, som ved hjælp af kapillarvirkningen giver murfugten et jævnt og ubrudt forløb fra murens indre og frem til en udtørningsfront, der takket være en tilpas afdæmpet udtørningsgrad ligger på murens overflade, vil de medfølgende salte i reglen kunne forlade muren uden at efterlade væsentlige skader. Der kan måske opstå nogle udblomstringer, som ret let lader sig fjerne. Er udtør-

ringsgraden derimod for kraftig og murens pudslag for tæt og usmidigt på grund af forkert eller uhensigtsmæssig sammensætning eller overfladebehandling, kan krystalliseringsprocessen i stedet ske bag murens overflade. Man vil da opleve det særdeles kendte skadebillede, at pudslaget sprænges itu, når saltene overgår fra flydende form til krystaller.

Et sådant skadebillede tegner mange nuancer alt efter saltenes art og den udtørningsgrad, som murværket udsættes for. Hvor grundfugt trænger op i murens nedre del, kan en koncentreret varmpåvirkning fra radiatorer forårsage ganske markante brud på pudslaget eller sprængninger i mursten. Men også det så populære betegnede fænomen, at kalk eller kalkmalerier drysser, må i reglen tilskrives en for kraftig udtørring af fugt i murværk. Når det undertiden kan være vanskeligt i sådanne tilfælde at påvise en nøje sammenhæng mellem årsag og virkning, skyldes det, at murfugt godt kan være længe om at koncentrere sig i muren og endog ligefrem vandre rundt i den, således at skaden opstår et helt andet sted, end der, hvor fugten i sin tid er trængt ind. Også hvor et hidtil uopvarmet rum inddrages i et jævnligt opvarmet kirkerum, kan denne sammenhæng mellem murfugt og udtørring give kedelige følger. Murværket i det uopvarmede rum kan i tidens løb have akkumuleret så megen fugt, at det nødvendigvis må have den fornødne tid til at

bringe sig i fugtbalance med det jævnlige opvarmede rum, før man med fordel kan påbegynde en istandsættelse af det.

Et tørt rumklima giver ikke sjældent anledning til et andet problem, nemlig udtørring af kalklagene. Som tidli-

gere nævnt har kirkerummet i tidens løb været genstand for mange kalkninger. Det er intet særsyn, at disse kan danne et sammenhængende lag på 5-10 mm. Kan en kirke mellem periodiske opvarmninger opretholde en relativ fugtighed i rummet på 60-70%



*Saltudsvedninger på murværk. Saltene er udkrystaliseret under kalklaget, som er ødelagt. På murens overflade er efterladt en fnugget udblomstring.*



*Skader på murværk efter saltudsvedninger.*

eller mere, vil laget i sin helhed være stabilt. I forholdsvis fugtige rum med f.eks. 80% RH kan det endog volde vanskelighed ved fremdragning af kalkmalerier. Er rumklimaet derimod for tørt, vil kalklaget blive skørt og miste evnen til indbyrdes vedhæften de forskellige kalkninger imellem. Mest udpræget finder man derfor disse skader, hvor et varmeanlæg sender en koncentreret varme op mod en murflade, eller hvor et varmeanlæg benyttes kontinuert en vinter igennem med deraf følgende ofte markant sænkning af rummets relative fugtighed.

Således udtørrede kalklag må ofte fjernes helt, før en nykalkning kan finde sted, og derved afsløres det gerne, om der er kalkmalerier i kirken. Desværre sker det ikke sjældent, at håndværkeren får fremdraget større partier af således fundne kalkmalerier end ønskeligt er, og ofte i unødigt beskadiget stand. Dette kan give anledning til at gøre opmærksom på kirkeministeriets anordning om vedligeholdelse af og tilsyn med kirkebygninger, fra 1953. Her foreskrives det, at hvis der fremkommer hidtil ukendte kalkmalerier i kirken, må yderligere afdækning ikke foretages. Fundet



skal straks indberettes til Nationalmuseet, der uden udgift for kirken foranstalter en undersøgelse. Ikke mindst hvor et kalkmalerifund skal tildækkes igen, kræves der en kyndig behandling, således at en eventuel senere genfremdragning ikke udelukkes. En anden omstændighed ved de udtørrede kalklag er, at man ikke kan udnytte dem som en naturlig og særdeles velegnet beskyttelse af kalkmalerier, som man af en eller anden grund ikke ønsker fremdraget. I stedet må man vælge den mere omstændelige fremgangsmåde at fremdrage og konservere kalkmalerierne, inden de atter tildækkes.

## Konklusion

Hvor udtørringsskader på inventar af træ åbenbart har en indbygget tidsfaktor, reagerer murværk og navnlig dets puds- og kalklag anderledes kontant på varme og udtørring. Dette forhold bør gøres til genstand for en nærmere undersøgelse, hvis udgangspunkt måske kan være den rå kalkstens omdannelse gennem brænding og læskning til det materiale, som danner bindemidlet i mørtlen og hvidtekalken i kalklaget. Hærdningen sker ved at kalken optager kuldioxid fra luften, hvorved den atter bliver til kalksten. Teoretisk kan processen gentages, idet glødning påny kan omdanne kalklaget til den sprøde, brændte kalksten. Det kan ikke afvises, at selv moderate temperaturer kan frem-

kalde lignende omend svage processer i et gammelt kalklag, idet deres nedbrydning tydeligvis er proportional med temperaturens højde. En anden og lige så rimelig forklaring kan være, at en stærk fordampning af vand fra puds- og kalklag kan spalte kalkkrystallen.

For kalkmalerierne betyder en udtørring, at farverne bliver blege og kridtede. Visse farver f.eks. den klare blå Lapis lazuli kan således blive næsten farveløs. Varmepåvirkning kan også ændre farvernes karakter. Alene den varme et stearinlys udvikler, kan ændre en gul farve over i en grønlig tone, mens en rød farve under en vis varmpåvirkning vil blive brun. Til disse mindre gennemskuelige skader kommer så de mere åbenbare, hvor varmen og den dermed følgende udtørring af muren kan fremme mursaltens udkrystallisering i den grad, at de forårsager brud på murens overflade.

Murværkets krav til rumklimaet må derfor være en forsigtig opvarmning af rummet til lavest mulig temperatur, så man derved kan opretholde en relativ luftfugtighed, der kan nære og stabilisere kalklag og kalkmaleriers farver. Varmeanlæg må fordele varmen jævnt i rummet og ikke afgive varmekoncentrationer, der kan ramme murværk og kalkmaleri. Indtil en nærmere forskning i hele dette problemkompleks har bevist noget andet, har vi lov til at tro, at disse krav nogenlunde er i overensstemmelse

med de krav, som hensynet til malet inventar af træ stiller. Men hertil kommer som det uomgængelige krav, at en kirke altid skal vedligeholdes med de materialer, som tillader størst mulig vanddampdiffusion gennem murværket. Trods byggeindustriens udvikling er disse stadig baseret på den brændte og læskede kalk, som også middelalderhåndværkeren benyttede til fremstilling af mørtel, da kirken blev opført.

## Styring af rumklimaet

Af det ovenstående skulle være fremgået, at det ideelle rumklima er af største betydning for den videre bevaring af vore gamle kirker, både hvad angår deres murværk og deres indretning med historisk inventar. Det er derfor nødvendigt, at vi lærer at styre det klima, som opstår ved kirkernes opvarmning.

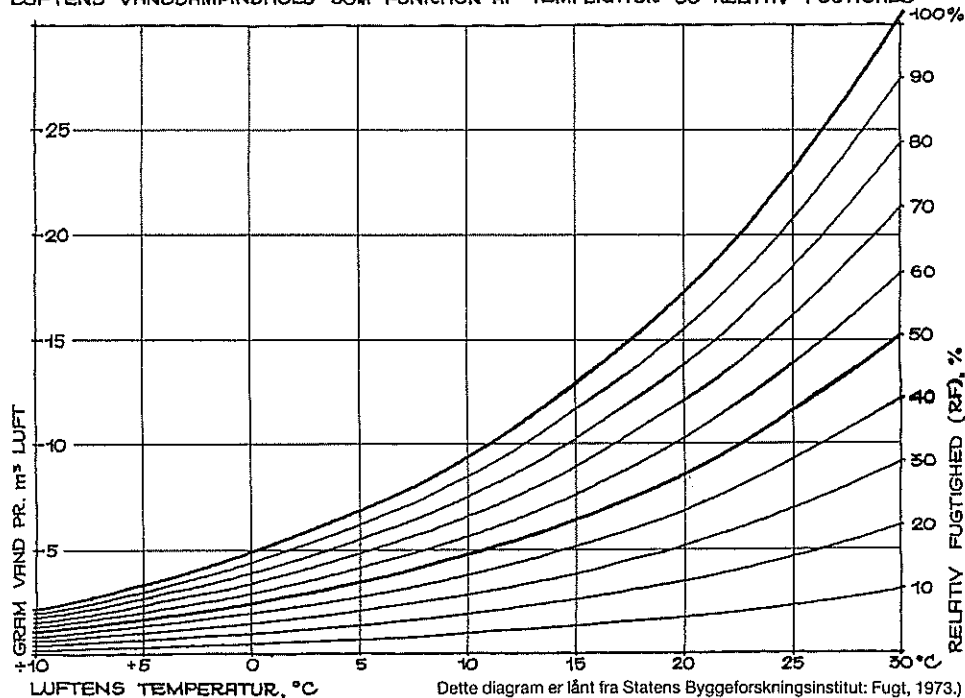
Det er rummets relative fugtighed, der spiller den afgørende rolle, men da den imidlertid kun er et udtryk for, at rummet indeholder en bestemt mængde vanddamp i forhold til en given temperatur, vil man også se, at netop temperaturen er rumklimaets vigtigste styringsfaktor. Hertil kommer dog, at klimaet inde i rummet altid vil være afhængigt af det klima, som råder uden for rummet. Som en naturlov vil ude- og indeklima altid søge sig udlignet med hinanden. Om vinteren kan den kolde udeluft, der kun indeholder ringe mængder vand-

damp, trænge ind i det varme rum og derved nedsætte dets relative fugtighed. Modsat kan rummet om sommeren modtage et ganske stort fugttilskud, når den varme sommerluft med sit høje indhold af vanddamp trænger ind i det køligere rum. Også på anden vis kan rummet modtage tilskud af fugt, hvadenten den kommer fra murværket, fra opstigende grundfugt gennem gulvet eller som fordampningsfugt fra de mennesker, der opholder sig i rummet. For en god ordens skyld bør vel tilføjes, at kunstig befugtning er en mulighed, som man dog indtil videre må tage med forbehold.

## Rummets temperatur

Rummets temperatur er som nævnt rumklimaets vigtigste styringsfaktor. Her er det ikke blot afgørende, hvor høj temperaturen er, men også hvor længe den opretholdes. Hæves temperaturen, sænkes den relative fugtighed. Sænkes temperaturen, hæves den relative fugtighed. Som en grov tommelfingerregel kan siges, at hver gang temperaturen sænkes 1 °C, hæves den relative fugtighed ca. 2%. Ved samtidig kun at opretholde en opvarmning til brugstemperatur i det korte tidsrum, hvor kirken benyttes til kirkelige handlinger, undgår man at det historiske inventars træværk på grund af dets træge reaktion når at ligestille sig med den ved opvarmningen opståede, lavere relative fugtighed. Der er således stadig god grund

LUFTENS VANDDAMPINDHOLD SOM FUNKTION AF TEMPERATUR OG RELATIV FUGTIGHED



Luftens vanddampindhold som funktion af temperatur og relativ fugtighed.

til at efterleve det af kirkeministeriet i 1967 udsendte cirkulære om forebyggelse af udtørringsskader i kirkerne. Heri nævnes bl.a. at temperaturen i en kirke aldrig bør overstige 18 °C. »Ved kontinuert opvarmning må der holdes en lavere temperatur uden for brugstiderne, højst 8 °C, når temperaturen ude er over 0 °C, og lavere, hvis den er under 0 °C. Der sigtes mod en relativ fugtighedsprocent på 50-60«. Mange kostbare udtørringsskader kunne være undgået, om blot dette lille udsnit af cirkulæret var blevet taget til efterretning. Den nævnte temperatur lavere end 8

°C er anført med henblik på udeklimaets indflydelse på indeklimaet. Dette forhold skal nærmere omtales i et senere afsnit, blot skal i denne forbindelse nævnes, at især vintre med lange frostperioder kan influere så stærkt på indeklimaets relative fugtighed, at selv en beskeden kontinuert opvarmning kan sænke den under de 55%, hvor man kan risikere, at udtørringsskader tager deres begyndelse. Sker en opvarmning kun i forbindelse med kirkelige handlinger, løber man ikke den samme risiko, fordi den relative fugtighed da kun vil være sænket i kort tid.

Især vintermånederne januar, februar og marts er meget kritiske med hensyn til udtørringsskader. Opretholdes her en kontinuert opvarmning af kirken til brugstemperaturen på de anførte 18 °C, vil den relative fugtighed i rummet hurtigt falde til de kritiske 55% og endog langt lavere. Fugtighedsprocenter på 30-40 er intet særsyn, og da vil alvorlige udtørringsskader blive en uundgåelig følge. Også mere kortvarige opvarmningsperioder kan erfaringsmæssigt give anledning til udtørringsskader. Dette gælder bl.a. de kirkelige højtider Jul og Påske, hvor man i forbindelse med en iøvrigt fornuftig klimapolitik i kirken kan fristes til at opretholde brugstemperaturen af hensyn til de flere på hinanden følgende helligdage.

Det kan derfor være nyttigt at gøre sig klart, hvor velbegrunder en opvarmning af kirken er. Måske burde man også søge at definere begrebet kirkelige handlinger nærmere. Det kan vel næppe være en kirkelig handling, når håndværkere ved arbejder i kirken holder den opvarmet i ugevis. Ejheller bør organistens øvelsesspil eller undervisning betinge, at hele kirken opvarmes. Hensynet til orglet kan det slet ikke, for ifølge kirkeministeriets cirkulære fra 1975 skal en orgelbygger garantere for instrumentets rette funktion inden for et interval på 25-90% relativ fugtighed. Et af landets store orgelfirmaer kan supplerende oplyse, at det naturligvis er bedst, når det nævnte interval er mindre. Det er

navnlig den høje fugtighed, som kan ønskes sænket, og dette kan ske ved udluftning, som om sommeren må foretages om natten, hvor luften ude i reglen er køligere, end luften inde. Den relative fugtighed kan også sænkes ved svag opvarmning, og dette har flere af vore orgelbyggere taget højde for, ved at indbygge nogle 100-200 watt varmeelementer i selve orgelhuset, således at benyttelse af kirkens varmeanlæg til formålet er unødvendigt. Hvad angår organistens øvelsesspil bemærker orgelfirmaet, at da orgler normalt afstemmes uden for fyrringsperioden, vil de stemme mest korrekt ved 19 °C, men man kan udmærket spille på dem med udbytte, selv om temperaturen skulle være 5-6 °C lavere. For at skabe bedst mulig komfort for organisten under øvelsesspil, er det også muligt at beskytte mod trækgener ved at lukke pladsen om spillebordet med panelværk, der yderligere kan forsynes med varmefolier. Ikke mindst hensynet til en kirkes orgel har desværre medført mange udtørringsskader, fordi mangelfuld oplysning har fået et menighedsråd til at indføre kontinuert opvarmning.

Men selv om en kirke opvarmes kontinuert til mange og velbegrundede formål, bør det være en gylden regel, at temperaturen altid sænkes efter brugperioden. Den følgende opvarmning kan da indledes så betids, som erfaringen med det pågældende varmeanlæg betinger det for atter at



opnå brugstemperatur. Om også en sådan fremgangsmåde kun skulle formå at sænke rummets temperatur nogle få grader, vil dette ofte være tilstrækkeligt til at bringe den relative fugtighed på den rette side af risikoområdet. En betingelse er det dog, at den af kirkeministeriet foreskrevne, maksimale brugstemperatur på 18 °C overholdes. I modsat fald vil man vanskeligt kunne sænke temperaturen så meget, at den relative fugtighed stiger tilstrækkeligt.

## Udeklima - indeklima

Om sommeren indeholder den varme udeluft megen vanddamp, fordi varmen får planter, jord og vandoverflader til at fordampe vand. Men da den varme luft som nævnt kan bære en stor mængde vanddamp, er det intet særsyn, at den har en forholdsvis lav relativ fugtighed på f.eks. 60-70%. Afkøles denne luft om natten, vil noget af dens vanddamp imidlertid blive afgivet igen som dug. Modsat vil udeluftens indhold af vanddamp være lavt om vinteren, fordi der sker et ringe tilskud af vand. Men da den kolde luft kun er i stand til at bære en ringe mængde vanddamp, vil man alligevel kunne måle en forholdsvis høj relativ fugtighed, ikke sjældent helt op til 90%.

Den varme indeluft vil som nævnt blive erstattet af den kolde udeluft, som takket være sit ringe vanddampindhold vil gøre indeluften mere tør,

når den opvarmes. Udtrykt i tørre tal vil luft, der har en temperatur på 0 °C og en relativ fugtighed på 90%, kun opnå en relativ fugtighed på 25%, når den opvarmes til 18 °C. Hvor hurtigt udeluften vil erstatte indeluften udtrykkes ofte ved begrebet »luftskifte«. Et luftskifte på f.eks. 0,5 gange pr. time betyder, at der i et rum tilføres en udeluftmængde på 0,5 gange rummets volumen. Det vil sige, at jo større luftskiftet er, desto hurtigere vil indeklimaet ændres. Om vinteren vil det blive tørt, mens det om sommeren vil blive fugtigt, når udeluften er varmere end indeluften.

Det er derfor vigtigt, at man ved at holde rummet tæt kan opnå det lavest mulige luftskifte. Man må i den henseende gøre sig klart, at de gængse isoleringsmaterialer, som f.eks. benyttes til isolering af bræddeloft, er udmærket anvendt som energibesparende foranstaltninger, men de er ikke tætte nok til at hindre luftgennemgang. En isolering af kirkeloftets overside skal derfor altid ledsages af en luftspærre, der består af vindtæt men ikke vandtæt pap. Luftspærren skal ikke blot anbringes under isoleringsmaterialet, men skal også bringes i nøje kontakt med loftets omgivende murværk. Netop til tætning af bræddeloft, der må anses at have stor effekt til nedsættelse af luftskiftet, er det meget vigtigt, at en luftspærre ikke bliver forvekslet med en dampspærre, idet der under denne kan samle sig kondensvand, som kan

forårsage råd- og svampedannelser i træet. Ved tætning af lofter er det også vigtigt, at lemme og andre åbninger mod det opvarmede rum gøres tætte. Vinteren igennem må døre og vinduer i videst muligt omfang holdes tæt tillukkede. De må derfor kunne lukke tæt i karmen, hvilket også gælder døre mod uopvarmede rum. Sådanne døre eller yderdøre, som sjældent eller aldrig bruges, kan med fordel forsynes med ekstra dørfløj, der alt efter praktiske eller æstetiske hensyn kan anbringes som yder- eller inderdør. Navnlig blyvinduer og forrige århundredes hyppigt forekommende jernvinduer kan være meget utætte, fordi deres oplukkelige dele sjældent vedligeholdes. Ligeledes gælder det for vinduer i almindelighed, at der mellem karm og mur altid dannes revner, der tillader luftgennemgang. Også ventilationshuller fra rummet til det frie må kunne lukkes tæt, og det turde være en selvfølge, at vinduers ruder er hele og kitning er vedligeholdt.

## Fugttilskud

Hvor vanskeligt det er at give generelle anvisninger på opretholdelse af det ideelle rumklima, viser bl.a. det forhold, at gamle bygningers evne til selv at tilvejebringe den fornødne fugtmængde er meget forskellig. Nogle kirker er af natur tørre, andre fugtige. Normalt vil de fleste af vore kirker ved en fornuftig udluftning om

sommeren, hvilket vil sige på tidspunkter, hvor temperaturen ude og inde er nogenlunde ensartet, være i stand til at akkumulere en del vanddamp i deres mure, hvorfra det atter kan afgives til rummet om vinteren. Ligeledes må vi tro, at stengulve, der ikke er blevet isoleret ved en tidligere restaurering, kan befordre en del fugt fra undergrunden. Et andet naturligt fugttilskud kan komme fra kirkegængerne. Et menneske producerer 50-80 gr. vanddamp i timen, og selv om dette ikke lyder af meget, kan en velbesøgt kirkelig handling give et væsentligt tilskud af fugt til rummet. Er kirken i forvejen velforsynet med luftfugtighed, kan fugtmængden blive så stor, at en kortvarig og effektiv udluftning er påkrævet, hvis kondens på murværket skal undgås.

Endelig kan man som nævnt tilføre rummet vanddamp ved hjælp af kunstig befugtning. Foreløbig må denne løsning dog frarådes, fordi man ikke har det fornødne kendskab til, om de ganske betydelige mængder vand, som på denne måde kan føres ud i rummet, vil medføre skadelige kondenseringer i murværket. Men der er eksempler på, at kunstigt tilført vanddamp har været årsag til råd- og svampedannelser i en kirkes tagværk. Endvidere skaber man ved kunstig befugtning, der næsten altid følges op af kontinuert opvarmning, det bedst tænkelige miljø for borebiller. Deres af årstiderne bundne livscyklus bliver forandret, så de får en større aktivitet.

Etablering af befugtningsanlæg bør derfor kun ske efter nøje forudgående undersøgelser og planlægning ved en ingeniør, der er erfaren med kirkers klima- og bygningsproblemer, ligesom også de kirkelige myndigheders tilladelse må foreligge.

## Mikroklima

Normalt vil luftens relative fugtighed være ensartet inden for rummets veldefinerede afgrænsning, men der forekommer dog områder, hvor mere eller mindre markante forskelle kan opstå, og hvor rummet derfor har et mikroklima. Navnlig ved de ældre typer varmeanlæg kan varmen fordeles så uensartet i rummet, at temperaturen oppe under loft og hvælv kan være højere end rummets gennemsnitstemperatur. Den relative fugtighed vil derfor også her være tilsvarende lave. Modsat kan temperaturen være lave og den relative fugtighed højere ved gulvet, ligesom der ofte kan opstå en koldfront langs murværket på grund af dets fugtindhold. At indfaldende sollys kan ændre rumklimaet over et endog ret begrænset område, viser mange skader på inventardele, og på samme måde kan træk fra utætte vinduer eller døre nedsætte den relative fugtighed i en mindre del af rummet. Det kan derfor heller ikke undre, at en stor radiator anbragt bag altertavlen eller under en prædikestol kan forårsage udtørringsskader på respektive inventardele, selv om kir-

kens hygrometer, der måske er anbragt et andet sted i rummet, viser en tilfredsstillende relativ fugtighed.

De givne eksempler viser, at det ikke blot er vigtigt, at vinduer og døre er tætte og at udsatte inventardele bliver beskyttet mod indfaldende sollys ved gardiner, der er trukket for når kirken ikke er i brug. Det er af lige så stor betydning, at varmekilden fordeler varmen så jævnt i rummet som muligt. Ligeledes må de varmegivende installationer, det være sig radiatorer eller luftvarmeanlægs indblæsningsskakte, ikke placeres eller fungere således, at de kan føre væsentlig varmere luft op mod historisk inventar af træ eller murflader udsmykket med kalkmalerier. Hvor sådanne forhold forekommer, bør de naturligvis søges ændret, og det ville i det hele taget være en god ide at få en kirkes varmeanlæg kontrolleret af og til, ikke blot med henblik på de her nævnte forhold, men også hvad angår dets sikkerhedsudstyr. Enhver ændring eller nyinstallation af varmeanlæg i kirker bør planlægges, når det historiske inventar er på plads, så hensynet til dette kan indtages i planen. Af samme grund bør man også ved restaureringer redegøre for eventuelle ændringer i inventarets placering forud for varmeanlæggets projektering, så arkitekt, ingeniør og konservator i fællesskab kan drøfte den her omtalte problematik.

## Måleinstrumenter

Næsten som et symbolsk udtryk for den almene opfattelse af temperaturrens betydning i rummet fremfor den relative fugtigheds savner ingen kirke et termometer. Derimod findes der ikke så få kirker, som intet hygrometer har. Begge instrumenter er imidlertid lige vigtige til den daglige kontrol af en kirkes rumklima. Hvor termometret viser rummets temperatur, viser hygrometret dets relative fugtighed, og sammen kan de vise, hvilke forholdsregler der bør træffes, hvis alarmerende afvigelser i rumklimaet skulle indtræffe. Der bør føres daglig kontrol med rummets relative fugtighed og temperatur. Foregår der mere langvarige arbejder i kirken, det være sig maler- eller snedkerarbejde, opstilling eller intonation af orgel etc. kan det yderligere være berettiget at føre daglig journal over rumklimaets variationer. Alt for ofte opstår udtørringsskader under netop sådanne forhold.

Fælles for de her nævnte instrumenter er, at deres anbringelse i rummet må være nøje gennemtænkt, hvilket bl.a. skulle være fremgået af ovenstående afsnit om mikroklima. Selv om det også kan være af værdi at kende de dele af rummet, hvor der hersker afvigende klimatiske forhold, er det først og fremmest af værdi at vide, hvorledes det klimatiske helhedsbillede er. Derfor må instrumenternes standplads ikke kunne påvirkes af kolde el-

ler varme luftstrømme, ejheller af sollys eller fugt fra muren. I det følgende skal gives en kort omtale af de mest almindelige typer måleinstrumenter og deres vedligeholdelse.

Termometre findes både som bimetaltermometre og som kviksølvstermometre. Da bimetaltermometret ikke er særlig nøjagtigt, må kviksølvtermometret foretrækkes. Det er så billigt i anskaffelse, at man godt kan tillade sig at have flere. I så fald bør termometrene naturligvis udvise samme temperatur under samme forhold, hvilket godt kan volde vanskeligheder, selv ved de dyrere termometre. Men er udvalget tilstrækkeligt stort, må man udsøge sig de mest ensvisende. Ophængt forskellige steder kan termometrene give et indtryk af hvorledes varmen fordeler sig i de forskellige afsnit af bygningen. Kendes den relative fugtighed et af stederne ved hjælp af et hygrometer, kan man ud fra temperaturfordelingen finde RH-fordelingen ved hjælp af et vanddampdiagram eller et IX-diagram. Det er i så henseende bedre med et veljusteret hygrometer og flere termometre, end med flere dårligt justerede hygrometre.

Hygrometre findes også med forskellige funktionsmekanismer. I nogle tilfælde giver en metalspiral nålen dens udsving, i andre tilfælde er det hår, der enten kan være naturlige eller af kunstfibre. Spiralygrometret har den fordel, at det ikke kræver megen pleje, men det er til gengæld ikke så

præcist som et hårhygrometer. Ved hårhygrometre kan der i tidens løb samle sig smuds om hårene, der også kan tabe smidigheden ved langvarigt ophold i konstant tør luft. De må da renses og regenereres ved pensling med destilleret vand. Ved jævne mellemrum må hygrometret også justeres, hvilket efter fabrikernes brugsanvisning sker ved at indpakke hygrometret i en i vand blødt opvredet klud, hvorefter det anbringes i en plastikpose. Efter ca. en times forløb skal det korrekt visende instrument stå på 98%. Ved hjælp af en lille skrue i hygrometrets kant kan man ændre på hårenes spænding og dermed på visserens udslag. En mere nøjagtig justering opnås ved hjælp af det nedenfor omtalte aspirationspsykrometer. Hygrometre med ægte hår er bedre og mere nøjagtige end hygrometre med kunstfibre, hvis de passes omhyggeligt. Dette kræver, at de justeres ca. en gang om måneden, hvorimod hygrometre med kunstfibre kun behøver justering et par gange om året.

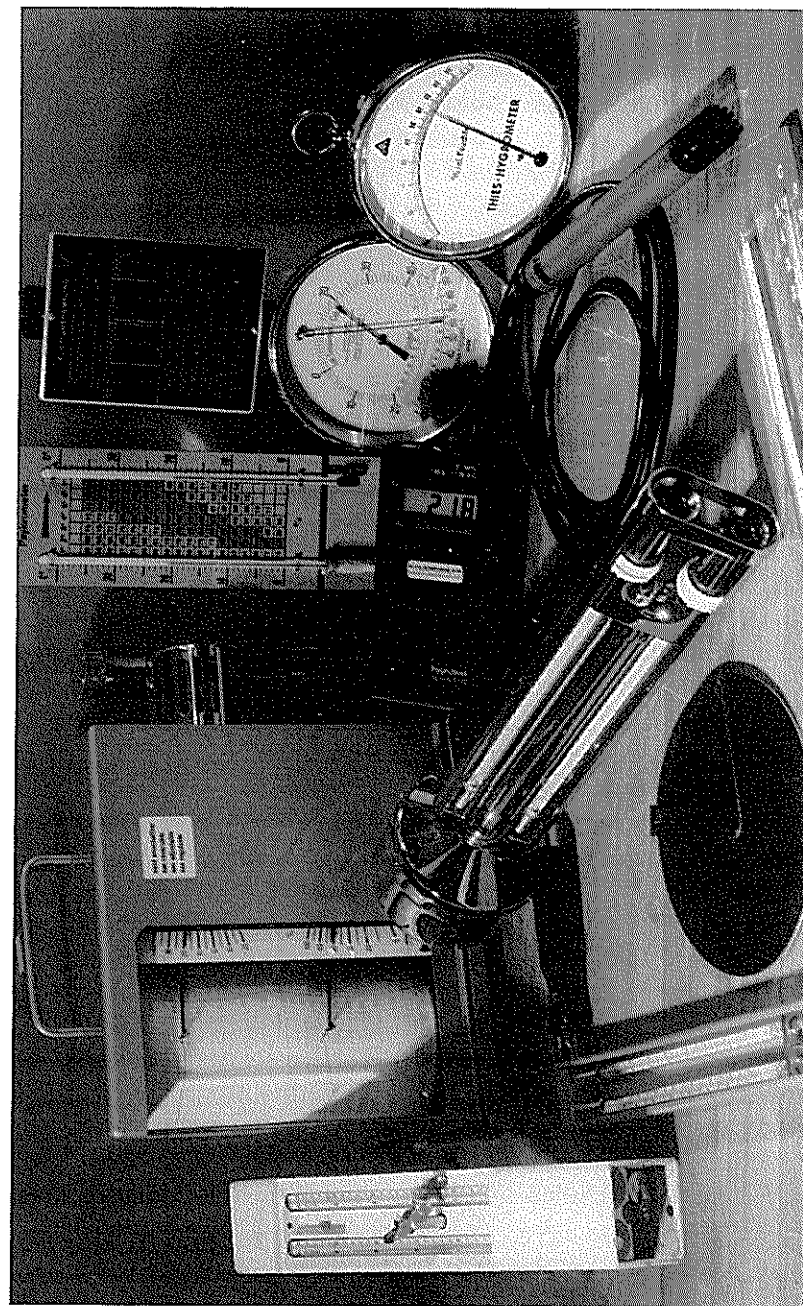
Kemiske hygrometre skal blot omtales for en ordens skyld. De består af en lille papplade med forskelligt præparerede felter, der skifter farve efter den relative fugtigheds påvirkningsgrad. De er billige, men de giver en så upræcis aflæsningsmulighed, at man ikke kan anbefale dem til brug i en kirke.

Psykrometret består af to termometre, der må være nøje ensvisende. Hvor det ene termometer viser rum-

mets temperatur, har det andet om kviksølvbeholderen en lille sok, som holdes vædet med vand. På grund af vandets fordampning viser dette termometer en lavere temperatur end det tørre termometer, og jo større fordampningen er, desto større er forskellen på temperaturen de to termometre imellem. Den relative fugtighed kan aflæses på en tabel. Psykrometret giver en så nøjagtig aflæsning af den relative fugtighed, som den medfølgende tabel tillader. Hertil kommer, at vådtermometrets lille beholder jævnlige skal renses og efterfyldes med destilleret vand, ligesom også den lille sok om vådtermometret af og til skal fornyes.

Aspirationspsykrometret er et mere professionelt instrument, der i princippet svarer til psykrometret. Det kan enten være forsynet med en indbygget ventilator, der trækker luften forbi de to termometre, eller det kan under betegnelsen slyngpsykrometer være forsynet med et håndtag, hvormed det kan svinges i luften. Aspirationspsykrometret skal vedligeholdes på samme måde som psykrometret. Det kan give ganske nøjagtig måling af den relative fugtighed, især hvis man vælger stedet for målingen omhyggeligt og overensstemmelse er opnået ved flere på hinanden følgende målinger. Instrumentet benyttes oftest til justering af hårhygrometre.

Termohygrografen er i realiteten et hårhygrometer, som sammen med et bimetaltermometer er forsynet med



Måleinstrumenter: Bagest til venstre ses termohygrografen med dens to stifter mod den roterende cylinder. Derefter følger psykrometret og to hårhygrometre, hvoraf det ene også kan vise temperaturen. Halvt fremme i forgrunden til venstre ses et aspirationspsykrometer og ved siden af det et slyngpsykrometer, der efterfølges af endnu et aspirationspsykrometer. Herimellem ses den sorte kasse med digitalskive og ved ledning forbundet med en føjer et af de nyeste måleapparater for temperatur og relativ fugtighed. Det har dog næppe praktisk anvendelse i en kirke.

skrivestifter. Disse stifter kan samtidig aftegne rummets relative fugtighed og temperatur som et diagram på et ark papir, der er påsat en mekanisk drevet, roterende cylinder. Instrumentets nøjagtighed beror altså på de to målekomponenters ovenfor beskrevne egenskaber, hvilket vil sige, at hygrometret skal underkastes samme vedligeholdelse og justering som et hårhygrometer. Takket være de tegnede diagrammer, der oftest dækker en uges måling, men også kan have enten kortere eller længere tidsinterval, er en termohygrograf især et nyttigt instrument, hvor man ønsker en klimatisk dokumentation. Dette kan enten være i forbindelse med restaureringer, eller hvor man ønsker at tilrettelægge en kirkes klimapolitik.

## Konklusion

Rummets relative fugtighed er afgørende for, at kirkens murværk og historiske inventar af træ ikke skades. Bliver den lavere end ca. 55%, vil en udtørring kunne tage sin begyndelse og accelerere i takt med yderligere, vedvarende sænkning af den relative fugtighed i rummet. Derfor må man til stadighed holde nøje kontrol med rumklimaet ved hjælp af de fornødne måleinstrumenter, som altid skal være anbragt og vedligeholdt således, at de giver en korrekt måling. Undertiden kan det være nødvendigt at have dokumentation af det målte klima, enten ved at benytte en termohygro-

graf, eller ved at notere observationerne i tabelform.

Træets evne til at ligestille sit vandindhold med rummets relative fugtighed er som nævnt ret trægt. Dette kan ved en kirkes opvarmning udnyttes ved ikke at opretholde brugstemperaturen længere end højst nødvendigt. Jævnfør kirkeministeriets cirkulære vedrørende undgåelse af udtørringsskader bør en kirkes brugstemperatur ikke overstige 18 °C. Der findes menighedsråd, som med udmærket resultat har sat den endnu lavere. Men den bør kun opretholdes så længe den kirkelige handling foregår. Om også dette kun skulle medføre nogle få graders sænkning af temperaturen mellem et par kirkelige handlinger, kan dette dog give en værdifuld øgning af den relative fugtighed op mod de 55%, hvor træ normalt ikke vil reagere risikobetonet. I kirker med effektive og hurtigt virkende varme anlæg og med forholdsvis få kirkelige handlinger må kontinuert opvarmning frarådes.

Vintre med langvarige frostperioder kan i den grad medvirke til at sænke rummets relative fugtighed, at selv den svageste opvarmning kan være uforsvarlig. Årsagen hertil er at søge i et for hastigt luftskifte, hvor en kold og tør udeluft på grund af utætheder i rummet eller overdreven udluftning kan gøre indeluften meget tør. Derfor er det især om vinteren vigtigt, at rummet holdes så tillukket som muligt og at udluftning kun gennemføres i nød-

vendigt omfang. Omvendt kan udluftning om sommeren bibringe rummet et værdifuldt tilskud af fugt, men heller ikke dette må dog overdrives. Det kan ofte være hensigtsmæssigt at lade udluftning om sommeren ske på kølige dage eller om natten. Føres varm udeluft ind i et køligt rum, vil dettes relative fugtighed stige, mens den sænkes, hvis køligere udeluft føres ind i et varmere rum. Også ved udluftninger må man til stadig rådføre sig med hygrometret.

Endelig bør en kirkes varme anlæg jævnligt kontrolleres, så man sikrer sig, at det fungerer korrekt. Man vil altid stå sig ved at få en med varme anlæg og klimastyring kyndig ingeniør til med visse mellemrum at efterse varme anlægget og instruere kirkebetjeningen i dets rette brug. Et velfungerende varme anlæg, der betjenes korrekt, er den bedste forsikring imod kostbare udtørringsskader. Ligeledes kan mange af de automatiske sikkerhedsapparaturer, der i dag er udviklet til styring af et velafstemt rumklima, tjene til imødegåelse af de skader, som opvarmningen kan påføre vore kirker.