

Mätning och modellering av temperaturförlopp i byggnadskonstruktioner

En förstudie

Denna rapport ingår i Räddningsverkets serie av forsknings- och utvecklingsrapporter.
I serien ingår rapporter skrivna av såväl externa författare som av verkets anställda.
Rapporterna kan vara kunskapssammanställningar, idéskrifter eller av karaktären tillämpad forskning.
Rapporten redovisar inte alltid Räddningsverkets ståndpunkt i innehåll och förslag.

2003 Räddningsverket, Karlstad
Räddningstjänstavdelningen
ISBN 91-7253-208-4

Beställningsnummer P21-437/03
2003 års utgåva

Mätning och modellering av temperaturförlopp i byggnadskonstruktioner

En förstudie

Lennart Gustavsson
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Dan Loyd
Linköpings Universitet,
Institutionen för konstruktions- och produktionsteknik

Räddningsverkets kontaktperson:
Ulf Lindén, Enheten för olycksförebyggande verksamhet, telefon 054-13 52 06

Förord

Denna rapport redovisar en förstudie avseende metoder för mätning och modellering av ytemperaturer på brännbara byggnadsdelar, främst i anslutning till eldstäder och rökanaler. Relevanta metoder är av stor vikt för att korrekt kunna bedöma brandrisker i samband med eldstadsinstallationer i byggnader. Förstudien har gett upphov till förslag till fortsatt utveckling av mät- och beräkningsmetodik, samt diskuterar behovet av utbildning, expertstöd och information.

Förstudien har utförts på Räddningsverkets uppdrag av SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i samarbete med Linköpings Universitet – Institutionen för Konstruktions- och Produktionsteknik. Arbetet har skett i nära dialog med skorstensfejardirektör Ulf Lindén och projektledare Håkan Steen, båda på Räddningsverket. Ett varmt tack framförs för deras engagemang och initierade synpunkter under arbetets gång.

Synpunkter på rapportens innehåll och de förslag som framläggs mottages tacksamt av författarna.

Lennart Gustavsson
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Dan Loyd
Linköpings Universitet, Institutionen för Konstruktion och Produktion

Innehållsförteckning

Sammanfattning	9
1 Bakgrund	11
2 Mål	12
3 Genomförande	12
4 Problemanalys	12
4.1 Allmänt	12
4.2 Indelning av besiktningsärenden i huvudgrupper.....	13
5 Metoder för ytemperaturmätning – en översikt	20
5.1 Mätning med kontaktgivare.....	20
5.2 Mätning med strålningspyrometer.....	21
5.3 Mätning med värmekänslig tejp	22
5.4 Mätning över en yta respektive punktmätning	22
6 Metodik och felkällor vid ytemperaturmätning	24
6.1 Mätning med kontaktgivare.....	24
6.2 Mätning med strålningspyrometer.....	25
7 Beräkning av ytemperaturer	26
8 Kriterier för rekommenderade metoder	27
9 Utbildning, expertstöd och information	30
9.1 Allmänt	30
9.2 Utbildning.....	30
9.3 Expertstöd.....	32
9.4 Dokumentation och information.....	34
10 Fortsatt arbete	35
10.1 Tekniska metoder	35
10.2 Utbildning och expertstöd	36
Referenser	38
Allmän litteratur och hemsidor	38
Relevanta standarder.....	39

Abstract

This project concerns a feasibility study of methods for measurement or calculation of temperatures, especially surface temperatures, on building constructions in connection to fire appliances and flue gas channels. There is a need for such methods e.g. when an inspector, e.g. a chimney sweep master, is examining a planned or an existing installation of a fire appliance or a chimney from a fire safety point of view. This can be the case in the following situations:

The building constructor or the house-owner contacts the inspector already at the conceptual or design stage to discuss the construction principle and to have it approved before the building or the installation has begun.

The house-owner or the installer contacts the inspector to have an already completed installation inspected and approved.

The chimney sweep master or any of his colleagues disclose a doubtful or incorrect installation in connection with a regular chimney sweeping or cleaning of ventilation equipment.

As an introduction, requirements and restrictions in these situations are analysed and related to available resources and competence.

The feasibility study further describes general principles and methods for how measurement of surface temperatures should be made to minimize the errors. Primarily, measurement with thermocouples or radiation pyrometers is assessed. Based upon the actual measurement situation a number of functional requirements are laid down which lead to the recommendation to use a method based on the continuous measurement with a number of thermocouples with small masses and in good contact with the surface. In order to identify the interesting measuring points rapidly, a simple radiation pyrometer could be used, but the accuracy of such a device is deemed to be too low to give reliable measuring numbers.

It is proposed that a handbook for measurement of surface temperatures in a number of standard cases should be elaborated. This implicates validations of the proposed methods. The handbook should also include guidance on which the relevant points to measure are in the different standard cases. The handbook may also include measurement of flue gas temperature, since this is often of interest in the same situations.

Continued work to facilitate calculation of surface temperatures is proposed. Existing codes for calculations of energy flows and temperatures in buildings should be more closely examined concerning their feasibility, and simple codes for a number of standard cases should be developed. These codes must then also be validated.

The need for training, expertise support and information is discussed. It is noted that there is a need for further education of chimney sweep masters, and courses at two levels are proposed. It is further proposed that an expertise group to assist the chimney sweep masters in certain cases is established, as well as a “commission of inquiry”. Since a handbook can never comprise every possible measurement situation which can arise in practice, an expertise group and exchange of experience are very important additional functions. The latter function may be realised through documentation of certain interesting cases on a suitable Internet site, e.g. www.srv.se.

Sammanfattning

Föreliggande projekt redovisar en förstudie av metoder för mätning alternativt beräkning av temperaturer och speciellt yttemperaturer på byggnadskonstruktioner i anslutning till eldstäder och rökkanaler. Behov av metoder för detta föreligger bl a då en besiktningsman, t ex skorstensfejarmästare skall granska en planerad eller befintlig eldstads- eller rökkanalinstallation ur brandskyddssynpunkt. Detta kan vara fallet i följande situationer:

Byggnadskonstruktören eller husägaren kontaktar besiktningsmannen redan på idé- eller projekteringsstadiet för att diskutera konstruktionsprincipen och få den godkänd redan innan byggnationen eller installationen påbörjas.

Husägaren eller installatören kontaktar besiktningsmannen för att få en redan färdigställd installation besiktigad och godkänd.

Skorstensfejarmästaren eller någon av dennes medarbetare upptäcker en tveksam eller felaktig installation i samband med en ordinarie sotning eller rengöring av ventilationsutrustningar.

Inledningsvis analyseras behov och begränsningar i dessa situationer och ställs i relation till befintliga resurser och kompetens.

Förstudien redovisar vidare allmänna principer och metoder för hur mätning av yttemperaturer skall genomföras så att felkällorna minimeras. I första hand bedöms mätning med termoelement eller strålningspyrometrar. Utgående från den aktuella mätsituationen uppställs ett antal funktionskrav som leder till en rekommendation att använda en metod som bygger på kontinuerlig mätning med ett antal termoelement med liten massa och god anliggning mot ytan. För att snabbt hitta de intressanta mätpunkterna kan en enkel strålningspyrometer användas, men noggrannheten hos en sådan bedöms vara för dålig för att ge tillförlitliga absoluta mätvärden.

Det föreslås att en handbok bör utarbetas för mätning av yttemperaturer i ett antal typfall. Detta förutsätter validering av de metoder som föreslås. Handboken bör även omfatta anvisningar för vilka punkter som är relevanta att mäta på i de olika typfallen. Den kan lämpligen även omfatta mätning av rökgastemperatur, eftersom detta ofta är aktuellt i samma situationer.

Ett fortsatt arbete för att möjliggöra beräkning av yttemperaturer föreslås. Dels föreslås att befintliga program för energiflöden och temperaturer i byggnader granskas noggrannare avseende tillämpbarhet; dels föreslås att enklare program för ett antal typfall tas fram. Dessa program måste då också valideras.

Behovet av utbildning, expertstöd och information diskuteras. Det konstateras att ett behov av vidareutbildning för skorstensfejarmästarna föreligger, och kurser i två nivåer föreslås. Det föreslås vidare att en branschintern expertgrupp för att bistå skorstensfejarmästarna i särskilda fall inrättas, liksom en "haverikommission". Det konstateras att en handbok aldrig kan omfatta alla mätsituationer som uppkommer i praktiken och att expertstöd och erfarenhetsåterföring därför är mycket viktiga komplement. Det senare kan ske t ex genom att dokumentera olika intressanta fall på en lämplig Internet-sida, t ex www.srv.se.

1 Bakgrund

Det förebyggande brandskyddet är en av de viktigaste komponenterna i samhällets arbete för att skydda liv, hälsa och egendom. Bränder i byggnader, t ex bostäder, medför ofta stora kostnader och stora risker för personskador och tyvärr alltför vanligt dödsfall. En av de mest svårhanterliga brandriskerna är överhettning i brännbara byggnadsdelar till följd av felaktig konstruktion eller installation av eldstäder och/eller rökkanaler. Ofta ligger de byggnadsdelar som utsätts för höga temperaturer dolda eller svårtillgängliga, t ex i bjälklagsgenomföringar, och undandrar sig därför de boendes uppmärksamhet. Dessutom kan brandriskerna i vissa fall komma smygande och uppstå först på lång sikt, t ex på grund av förändringar i form eller struktur hos isoleringsmaterial, vilket blottlägger heta ytor. Det brännbara materialet självt kan också förändras med tiden på grund av långvarigt för hög temperatur, t ex genom torrdestillation, så att brandrisk uppstår.

För att kunna göra brandriskbedömningar av eldstäder och rökkanaler på ett rationellt sätt genomförs i de flesta fall typprovningar eller motsvarande av aktuella produkter. Vid dessa provningar monteras anordningen på av tillverkaren föreskrivet sätt, bl a med föreskrivna minsta installationsavstånd till brännbara material i t ex väggar, golv och tak. Därefter genomförs provningar under definierade betingelser som skall motsvara den högsta termiska belastningen som bedöms kunna inträffa i praktisk användning. Under dessa betingelser uppmäts bl a maximala yttemperaturer på de angränsande brännbara byggnadsdelarna, och en jämförelse görs med gällande gränsvärde, normalt 80 °C. Om detta överskrids, måste installationsavstånden ökas till dess att gränsvärdet inte överskrids. Produkten typgodkänns därefter tillsammans med sin installationsanvisning, i vilken alla nödvändiga uppgifter för en säker installation skall framgå.

Detta förfarande underlättar det brandförebyggande arbetet på ett mycket avgörande sätt. Så länge produkten kan identifieras med den som typgodkänts, och så länge den har installerats enligt de godkända anvisningarna erhålls en rimlig säkerhet att anordningen inte utgör någon brandrisk. Men om produkten t ex saknar typgodkännande eller har installerats på ett sätt som inte överensstämmer med anvisningarna måste bedömningen ske på andra grunder. Ett sätt att få fram ytterligare underlag för bedömningen är att göra en proveldning och mäta upp maximala yttemperaturer i den aktuella installationen. Ett tänkbart alternativ är att beräkna vilka yttemperaturer som kan uppstå.

Föreliggande projekt redovisar en förstudie av metoder för mätning alternativt beräkning av yttemperaturer på byggnadskonstruktioner i anslutning till eldstäder och rökkanaler.

2 Mål

Projektets målsättning har varit att inventera och värdera befintliga metoder för att mäta alternativt beräkna temperaturer och speciellt yttemperaturer som underlag för bedömning av eldstäders och rökkanalers brandsäkerhet, samt att ge förslag till fortsatt arbete inom området. Vid värderingen har speciell hänsyn tagits till de randvillkor i fråga om tillgång till utrustning, teknisk kompetens hos personalen och möjligheter till ingrepp i byggnaden, vilka normalt föreligger i det aktuella sammanhanget. Uppdraget har begränsats till att omfatta värmeinstallationer som består av värme pannor och lokaleldstäder med tillhörande rökkanaler i småhus.

Vidare har ett förslag till institutionell struktur som mät- och beräkningstekniskt expertstöd för de som skall genomföra bedömningarna tagits fram.

3 Genomförande

Arbetet har genomförts i följande delar:

- analys av behov och begränsningar i den praktiska situationen
- litteratursökning i databaser och på internet
- intervjuer med några experter i skorstensfejarbranschen

Utgående från detta material redovisas resultatet i följande delar:

- problemanalys
- beskrivning av metoder för mätning av yttemperaturer inkl. felkällor
- något om verktyg för beräkning av yttemperaturer
- kravspecifikation och förslag till tekniska metoder
- förslag till utbildning, expertstöd och information
- förslag till fortsatt arbete
-

4 Problemanalys

4.1 Allmänt

I sin rådgivande funktion avseende eldstäder och rökkanaler ställs besiktningssmannen inför problem av helt olika typ och svårighetsgrad. Problemen är för det mesta av standardtyp, men det kan också förekomma synnerligen komplicerade problem. Man kan dessutom på goda grunder förutse att andelen komplexa problem kommer att öka i framtiden.

En orsak till den troliga både kvantitativa och kvalitativa ökningen är den pågående internationaliseringen, vilken berör i stort sett alla områden i samhället. Handeln med kompletta eldstäder och prefabricerade rökkanaler har hittills varit förhållandevis nationell. I framtiden kommer bland annat kon-

struktioner och utrustningar som idag är vanliga i andra EU-länder att tillföras den svenska marknaden. De större tillverkningsvolymerna på kontinenten gör att priset kan bli konkurrenskraftigt i Sverige, vilket ökar importen.

Förutsättningarna för installation av sådana eldstäder och rökkanaler kan ibland vara helt annorlunda utomlands än vad som är fallet i Sverige. Orsaken är bland annat att klimat, byggnadsteknik och bestämmelser kan skilja sig avsevärt mellan Sverige och andra länder i Europa. De svenska erfarenheterna av nyare kontinentala utrustningar och konstruktioner är dessutom än så länge förhållandevis begränsad.

En annan orsak till att problemen med eldstäder och rökkanaler både kommer att öka och bli mera komplexa är den allt mer utbredda uppfattningen, att man på egen hand kan utföra även mycket komplicerade konstruktioner och installationer. Möjligheten för husägaren att minska installationskostnaden bidrar också till ökad självverksamhet. Det är tyvärr inte alltid som den reella kompetensen och förmågan hos husägaren överensstämmer med ägarens uppfattning om sin egen förträfflighet, kompetens och kapacitet. De mycket populära ”hus- och torpbyggarprogrammen” i olika TV-kanaler gör tyvärr att många husägare lätt får en helt felaktig uppfattning om hur enkelt och snabbt man till exempel kan installera en eldstad med tillhörande skorsten.

Det höga elpriset och den kalla vintern 2002/2003 gör att intresset har ökat markant hos husägarna för att installera eldstäder av olika typ. Kompletterande uppvärmningssystem av typen braskaminer har blivit allt populärare. Det har därför i viss mån blivit en säljarens marknad, vilket gör att andelen oseriösa försäljare och installatörer tenderar att öka. Även inom kategorierna säljare och installatörer gäller tyvärr i en del fall att den reella kompetensen och förmågan inte alltid överensstämmer med den egna uppfattningen om kompetens och förmåga.

Ett sätt att identifiera och gruppera några av de problem som besiktningsmannen kan ställas inför är att gå igenom och diskutera några typiska ärenden beträffande eldstäder och rökkanaler. Vi begränsar oss nedan till att i huvudsak diskutera skorstensfejarmästaren i sin rådgivande, besiktigande och kontrollerande funktion.

4.2 Indelning av besiktningsärenden i huvudgrupper

I princip kan man dela upp de vanligast förekommande besiktningsärendena i tre huvudgrupper

- Byggnadskonstruktören eller husägaren kontaktar besiktningsmannen redan på idé- eller projekteringsstadiet för att diskutera konstruktionsprincipen och få den godkänd innan byggnationen eller installationen påbörjas.

- Husägaren eller installatören kontaktar besiktningsmannen för att få en redan färdig-ställd installation besiktigad och godkänd.
- Skorstensfejarmästaren eller någon av dennes medarbetare upptäcker en tveksam eller felaktig installation i samband med en ordinarie sotning eller rengöring av ventilationsutrustningar.

Det finns naturligtvis mellanformer, som samtidigt berör två av huvudgrupperna eller möjligen alla tre av grupperna. De flesta vanliga fall bör dock täckas av ovanstående gruppindelning. Man kan naturligtvis tänka sig andra indelningar, men om man ser diskussionen nedan som en helhet är den dock relevant även för andra indelningar.

4.2.1 Förhandsgranskning av en planerad installation

En försiktig husägare kontaktar alltid besiktningsmannen på ett tidigt stadium för att diskutera en tänkt installation. Här rör det sig i många fall om installation av braskaminer, kakelugnar och insatser i öppna spisar. En byggnadskonstruktör vill ibland redan tidigt i konstruktionsprocessen förvissa sig om att den tänkta eldstadskonstruktionen och rökkanalen är såväl värmetekniskt som byggnadstekniskt korrekt.

Det är utan tvekan betydligt billigare att ändra en eldstadskonstruktion eller installation som befinner sig på planeringsstadiet än att modifiera en redan färdigbyggd eldstadsrökkanal. Rent ekonomiska skäl talar således för att en husägare eller konstruktör alltid borde kontakta en behörig besiktningsman, innan någon form av byggnation eller installation påbörjas. Erfarenheten visar tyvärr att detta inte alltid är fallet.

Besiktningsmannen granskar den tänkta konstruktionen eller installationen redan på planeringsstadiet och gör en bedömning. Utgångspunkten för bedömningen är bland annat typintyg och ritningar på de konstruktionsdelar som man tänker använda samt allmänna rekommendationer och bestämmelser om eldstadsinstallationer. Den kanske viktigaste faktorn vid bedömningen är dock besiktningsmannens egen erfarenhet och kompetens. Sammantaget bör detta i normalfallet räcka för att man i princip skall kunna bedöma den tänkta konstruktionen eller installationen.

Den erforderliga slutbesiktningen av en förhandsgranskad installation blir därmed också betydligt enklare för besiktningsmannen. Risken minskar också avsevärt för att husägaren skall råka ut för att installation inte blir godkänd och därmed sammanhängande dryga ombyggnads- och ombesiktningskostnader.

I vissa komplicerade fall kan det kanske vara både lämpligt och nödvändigt för besiktningsmannen att jämföra den tänkta installationen med andra liknande konstruktioner. En diskussion med kollegor inom branschen kan förhoppningsvis lösa de flesta frågorna. Erfarenheten säger nämligen att det är mycket sällan som det rör sig om en unik nykonstruktion. Besiktningsmannen kan dock i vissa komplicerade fall behöva en diskussionspartner som är väl

insatt i exempelvis byggnadstekniska frågor. Det kan också behövas en diskussionspartner som har ett kvalificerat värmetekniskt kunnande. I båda fallen rör det sig här om experthjälp.

I vissa speciella fall kan det bli nödvändigt att kräva en kvalificerad värmeteknisk och/eller byggnadsteknisk beräkning av konstruktionen. Det enklaste är naturligtvis att konstruktören på egen hand ordnar så att beräkningen blir utförd. I annat fall behöver besiktningsmannen kontakt med någon som kan utföra själva beräkningen. Oavsett vem som utför beräkningen gäller att besiktningsmannen själv eller tillsammans med någon expert måste bedöma både förutsättningarna för beräkningen och beräkningsresultatet. Generellt gäller att det krävs betydligt högre kompetens för att bedöma innebörden av det framräknade resultatet än för att utföra själva beräkningen. Här kan kanske besiktningsmannen behöva konsultera exempelvis en värmetekniskt kvalificerad partner.

Den nu diskuterade typen av förhandsgranskning har många fördelar. Detta gäller inte minst för husägaren, som på ett förhållandevis enkelt och billigt sätt kan undvika att en installation blir underkänd. Förhandsgranskningen minimerar också risken för att husägaren måste göra en dyr ombyggnad av eldstaden med tillhörande rökkanal för att få den godkänd. Det är inte ovanligt idag att en eldstadsinstallation med tillhörande rökgaskanal kan kosta 50 000-100 000 kronor. Om husägaren dessutom skulle tvingas genomföra en dyr ombyggnad innebär detta att kostnaderna för installationerna kan bli avskräckande höga. Tyvärr är det inte alla husägare och installatörer som följer det mycket goda och dessutom billiga rådet

Man måste alltid tänka efter före, när man skall installera en eldstad!

I samband med en förhandsgranskning kan också besiktningsmannen i lugn och ro dela med sig av sin erfarenhet och expertkompetens. Risken för framtida problem med den aktuella eldstaden minskar också betydligt. En besiktning som följer på en genomförd förhandsgranskning är också en betydligt trevligare verksamhet för besiktningsmannen än besiktning av en färdigställd eldstad, som dessutom i vissa fall kan vara felaktig.

4.2.2 Besiktning av en redan installerad eldstad med tillhörande rökkanal på uppdrag av ägaren eller installatören

Detta är tyvärr en inte helt ovanlig typ av installationsbesiktning. Besiktningsmannen ställs här inför fullbordat faktum. Eldstaden är redan installerad och ägaren förväntar sig knappast ett underkännande. I de fall husägaren har anlitat en installatör betraktar ägaren för det mesta besiktningen som en ren formalitet. Om dessutom installatören har tagit rejält betalt för sitt arbete, förutsätter givetvis många husägare på goda grunder att installationen är korrekt utförd.

Om besiktningsmannen underkänner installationen eller kräver en ombyggnad för att kunna godkänna den, är det därför mycket förklarligt att husägaren protesterar livligt och ifrågasätter beslutet. Om installatören däremot har använt typgodkända produkter, följt de anvisningar som finns beträffande installationen samt dessutom varit mycket omdömesgill och noggrann i samband med arbetet är besiktningsproblemet vanligtvis inte så stort.

Besiktningsmannen kontrollerar konstruktionsprincipen och installationen samt gör en bedömning. Utgångspunkter för bedömningen är förutom en granskning av besiktningsobjektet även till exempel ritningar, typintyg, allmänna rekommendationer och bestämmelser. Den kanske viktigaste faktorn vid bedömningen är också i detta fall utan tvekan skorstensfejarmästarens egen erfarenhet och kompetens. Tillsammans med en eventuell täthetsprovning av rökkanalen bör detta i normalfallet räcka som bedömningsunderlag för att besiktningsmannen skall kunna godkänna eller i värsta fall underkänna konstruktionen.

Om inte besiktningsmannen godkänner installationen kommer ägaren eller installatören nästan undantagslöst att kräva en utförlig motivering. De anvisningar och bestämmelser som finns idag är tyvärr i många fall förhållandevis vaga. Entydiga krav och bestämmelser saknas för det mesta. Ägaren eller installatören brukar normalt inte nöja sig med motiveringar av typen: "Installationen följer inte de allmänna rekommendationerna" eller "min erfarenhet säger att det här kommer inte att fungera".

Husägaren eller installatören kräver "bevis". När ägaren sedan förhoppningsvis känner sig överbevisad, så önskar naturligtvis hon eller han ett förslag på vilka åtgärder som måste vidtas för att installationen skall kunna ombesiktigas och godkännas. Besiktningsmannen kan lösa "bevisproblemet" på olika sätt och här diskuteras några av dessa möjligheter.

En möjlighet som kan användas för att skärpa argumentationen är att mäta temperaturer på olika platser i och omkring den aktuella installationen i samband med en proveldning. Här behövs dels en lämplig mätutrustning dels kompetens att använda utrustningen. Valet av lämpliga mätpunkter är mycket viktigt. Det som emellertid är allra viktigast är dock att besiktningsmannen har egen kompetens eller tillgång till kompetens, så att hon/han kan bedöma mätresultatet och dra relevanta slutsatser. Besiktningsmannen kan här behöva någon expert eller grupp av experter att rådgöra med.

Vilka temperaturgivare som skall användas och var givarna skall placeras är frågor som kanske behöver diskuteras. Om man använder beröringsfria temperaturgivare blir mätningen speciellt komplicerad. Hur mätresultatet skall tolkas är nästan alltid den viktigaste frågan oavsett vilken sensor som används och mätmetodiken behöver för det mesta diskuteras. Bedömningen av instationära förlopp är alltid komplicerad när det gäller installation av eldstäder och detta förhållande gäller i synnerhet när man mäter yttemperaturer. Det är här nödvändigt att påpeka

Hur man än mäter, så mäter man fel temperatur!

Huvudorsaken till felmätningen är att

En sensor mäter endast sin egen temperatur och absolut ingenting annat!

Det första påpekandet om felmätningar låter kanske lite drastiskt och deprimerande, men man kan alltid trösta sig med följande kommentar till det

Det är inte så farligt att mäta fel, under förutsättning att man vet om att man mäter fel och dessutom vet varför man mäter fel!

Det är alltid en fördel om man dessutom kan uppskatta hur stort mätfelet är vid den aktuella mätningen.

I vissa fall kan det vara både lämpligt och nödvändigt att jämföra den aktuella installationen med andra liknande installationer för att finna lämpliga argument för att godkänna eller underkänna anläggningen. Hur detta erfarenhetsutbyte kan gå till diskuterades ovan under rubriken: "Förhandsgranskning av en planerad installation" (femte stycket).

Ett exempel på ett byggnadstekniskt problem som kan behöva diskuteras med kollegor och byggnadstekniska experter är en eldstad som är upphängd i taket. Denna typ av eldstäder förekommer utomlands i bland annat Frankrike.

Upphängningen är normalt inget problem i Frankrike, där de flesta småhus har betongbjälklag. I Sverige har däremot småhusen för det mesta träbjälklag. Här uppstår därför i detta fall både ett byggnadstekniskt och ett värmetekniskt problem, när ägaren har importerat en sådan spis och tänker installera den.

Ett exempel på ett rent värmetekniskt problem är om en typgodkänd eldstad har modifierats i vissa avseenden eller monterats på ett sätt som inte överensstämmer med anvisningarna. Detta kan lätt hända om man installerar en braskamin i ett gammalt hus, som varken är förberett eller lämpat för någon eldstad. I detta fall kan man i många fall utnyttja kollegors erfarenheter av liknande konstruktioner eller om det är nödvändigt vända sig till en värmeteknisk expert.

I vissa speciella kan man tänka sig att det blir nödvändigt att genomföra en kvalificerad värmeteknisk beräkning för att besiktningsmannen skall kunna motivera ett underkännande eller godkännande av en installation. Hur detta organisatoriskt kan genomföras diskuterades ovan under rubriken: "Förhandsgranskning av en planerad installation" (sjätte stycket).

I vissa fall kan det också vara lämpligt och nödvändigt att besiktningsmannen tillsammans med någon kollega eller expert diskuterar fram ett åtgärdsförslag. Åtgärder kostar alltid pengar och de råd som besiktningsmannen ger måste därför vara mycket väl underbyggda. Felaktiga råd kan i värsta fall leda till ersättningskrav från husägaren. Här kan det därför ibland vara nödvändigt att göra en datorsimulering av konstruktionen för att på förhand uppskatta förskjutningar, spänningar, krafter, temperaturer och värmeflöden. Detta är naturligtvis endast nödvändigt, om det rör sig om en udda och komplicerad konstruktion, som inte har analyserats tidigare.

Om besiktningen av anläggningen kan utföras enligt ett datorbaserat protokoll uppnår man flera fördelar. Rapportskrivningen blir exempelvis enklare för besiktningsmannen. Dessutom är det enkelt att sammanställa besiktningens resultat i en databas. En sådan databas kan vara en stor fördel för branschen, om man till exempel vill studera besiktningens resultat av vissa typer av eldstäder.

4.2.3 Upptäckt av fel på installationer i drift

Problem som faller inom denna grupp är normalt förhållandevis enkla att lösa, när man väl upptäcker dem. Problemen kan dock i vissa fall vara mycket komplicerade. Det största problemet är kanske själva upptäckten. Fel som kommer sakta smygande är speciellt problematiska. I bästa fall hittar skorstensfejarmästarens medarbetare den problematiska installationen i samband med en ordinarie sotning eller rengöring av ventilationssystemet. Tyvärr är det inte ovanligt att husägaren själv uppmärksammar problemen först efter en brand eller ett brandtillbud.

I de fall problemet består av synliga skador på eldstaden eller rökkanalens/skorstenen är det mycket troligt, att man upptäcker detta i samband med sotning. Här är också husägaren av naturliga skäl en pålitlig informationskälla. Om det exempelvis skulle ryka in eller om skadan är synlig brukar husägaren själv uppmärksamma saken och omedelbart kalla på skorstensfejarmästaren. Denna typ av problem är också förhållandevis enkla att bedöma för en erfaren skorstensfejarmästare. Det brukar inte heller vara något större problem att lämna förslag till lämpliga åtgärder. Eventuellt kan det bli nödvändigt för skorstensfejarmästaren att konsultera någon kollega för att diskutera och bedöma skadans omfattning.

Det är tyvärr betydligt svårare att upptäcka sådana problem, som inte har en direkt koppling till eldstaden eller rökkanalens. En ombyggnad av huset kan exempelvis påverka eldstadens värmebalans, trots att man inte bygger om själva eldstaden eller rökkanalens. Detta kan till exempel inträffa, om eldstaden står vid en dåligt isolerad yttervägg med ett kallförråd på utsidan. Husägaren bygger sedan om huset och isolerar förrådet för att använda det som ett vanligt bostadsrum. Ytterväggen blir då en innervägg och temperaturen på väggen närmast eldstaden kan om man har otur bli otillåtet hög, eftersom en del av eldstadens kylning har bortfallit. Motsvarande problem kan också uppstå om husets isolering ökas kraftigt. Det är dessutom i många fall svårt att utifrån se att huset är ombyggt.

Det är förmodligen en ren slump om denna typ av problem upptäcks vid en ordinarie sotning. Förhoppningsvis berättar husägaren om ombyggnaden för skorstensfejarmästaren, men det är tveksamt om det föreligger någon form av skyldighet att anmäla sådana ombyggnader. I värsta fall upptäcks problemet först när det har inträffat en brand eller ett brandtillbud.

Om problemet eller det befäradet problemet upptäcks i tid har man möjlighet att mäta temperaturer på olika platser i den aktuella installationen. Eventuellt måste man genomföra en serie proveldningar. Här behövs det dels en lämplig

utrustning dels kompetens att använda utrustningen och placera ut mätpunkterna. Även här gäller att det viktigaste är att skorstensfejarmästaren har egen kompetens eller tillgång till kompetens för att kunna bedöma mätresultatet och dra relevanta slutsatser.

Skorstensfejarmästaren kan här ibland behöva någon expert eller grupp av experter att rådgöra med. Beroende på problemets art kan det krävas expertis inom ett eller flera av områdena mätteknik, värmeöverföring och byggnadsteknik. Vilka temperaturgivare som skall användas och var givarna skall placeras är frågor som kanske behöver diskuteras. Hur mätresultatet skall tolkas är med stor sannolikhet den allra viktigaste frågan, som behöver diskuteras.

I vissa fall kan det vara både lämpligt och nödvändigt att jämföra installationen med andra liknande konstruktioner. Man kan också tänka sig att skorstensfejarmästaren har tillgång till en databas, där det finns dokumentation om ett antal problem, som redan är utredda. Skorstensfejarmästaren behöver också ibland en diskussionspartner som är väl insatt i byggnadstekniska frågor och/eller en diskussionspartner som har ett kvalificerat värmetekniskt kunnande. I bästa fall har en och samma person expertkompetens inom både byggnadsteknik och värmeöverföring. Se vidare "Förhandsgranskning av en planerad installation" (femte stycket).

I vissa mycket speciella fall kan man förutse att det skulle kunna bli nödvändigt med en kvalificerad värmeteknisk beräkning. Hur detta kan genomföras diskuteras ovan under rubriken: "Förhandsgranskning av en planerad installation" (sjätte stycket).

I vissa fall är det kanske både önskvärt och lämpligt att skorstensfejarmästaren själv eller tillsammans med någon kollega eller expert tar fram ett åtgärdsförslag som måste genomföras innan en ombesiktning kan ske. Åtgärder kostar pengar och de råd som skorstensfejarmästaren ger måste därför alltid vara mycket väl underbyggda. Här kan det ibland vara nödvändigt att göra en datorsimulering av den tänkta konstruktionen.

5 Metoder för yttemperaturmätning – en översikt

Mätning av yttemperatur kan i princip ske på två sätt: antingen med kontaktgivare (beröringstermometrar) som monteras på eller hålls mot den yta vars temperatur skall mätas eller med hjälp av en strålningspyrometer (beröringsfri termometer). I det följande ges en översikt över dessa två metoder. Man måste vara medveten om att det är mycket svårt att mäta yttemperaturer och att mätfelet kan bli stort.

5.1 Mätning med kontaktgivare

Vid mätning med kontaktgivare monteras en givare vars egenskaper förändras på ett definierat sätt med temperaturen i den punkt vars temperatur skall bestämmas. Normalt används någon form av **termoelement**. Ett termoelement bygger på att den termoelektriska spänningen mellan två ledare i olika material beror på temperaturskillnaden mellan två lödställen där ledarna är förenade. Om det ena lödstället hålls vid en konstant temperatur, t ex 20 °C, kan det andra lödstället utnyttjas som temperaturgivare genom att placeras i den punkt där man önskar mäta temperaturen. Den spänning som uppstår mellan lödställena mäts med en noggrann millivoltmeter och kan omvandlas till en temperatur med hjälp av de noggranna tabeller som finns framtagna för varje kombination av material.

Termoelement finns i en rad olika materialkombinationer. De vanligaste termoelementen och deras rekommenderade användningsområden framgår av Tabell 1.

Tabell 1: Översikt över termoelement. Källa: [11]

Typ	Arbetsområde	Atmosfär
T	-200 – 370 °C	Bra för låga temperaturer. Skyddsror över 240 °C.
J	-200 – 760 °C	Ej i oxiderande miljö eller syror
E	-200 – 900 °C	Bra i oxiderande atmosfär
K	-200 – 1260 °C	Bra i oxiderande atmosfär. Ej lämplig i reducerande, t ex svavel, cyanid, kol och väte.
N	0 – 1300 °C	Som typ K, men bättre över 200 °C
S, R	0 – 1480 °C	Keramiskt skyddsror alla atmosfärer
B	0 – 1700 °C	Keramiskt skyddsror alla atmosfärer

Termoelement finns också i en rad olika fysiska utföranden. Den enklaste varianten är **termoelementtråden** som består av de två ledarna i olika material, separat isolerade men med ett gemensamt ytterhölje. Tråden levereras i metervara, och vid användning klipps en lagom lång bit av, de båda ledarna skalas av i ena änden och ges kontakt med varandra genom hoptvinning, lödning eller annan metod. Detta ”varma lödställe” fungerar som mätpunkt, och andra

änden av ledarna ansluts till lämpligt mätinstrument. Termoelementtråd levereras i olika grovlekar, normalt 0,2-0,8 mm, vilket ger olika egenskaper mättekniskt (se nedan). Termoelementtråd är i sig ett intressant alternativ för mätning av yttemperaturer.

Ett **manteltermoelement** består av ett skyddsror i vilket termoelementtråden med sitt varma lödställe förlagts. Normalt sitter det varma lödstället i mantelns spets och utgör därmed mätpunkt, men även andra varianter med mera utbredda mätpunkter finns. Fördelen med manteltermoelement är bl a den mekaniska tåligheten. Manteltermoelement tillverkas i ett stort antal olika varianter

beroende på form, material, dimensioner etc. Främst används dessa för mätning i stillastående eller strömmande medier, t ex luft, vatten eller rökgaser. För mätning av yttemperaturer är dessa olämpliga på grund av sin utformning.

Den mest flexibla utrustningen, men också den mest förrådiska, är en **handindikator med yttemperaturgivare**. Dessa givare finns också i ett flertal utföranden, men gemensamt är att det varma lödstället finns i spetsen av givaren. Denna är utformad för att ge bästa möjliga anliggning mot ytan som skall mätas, t ex med ett fjädrande metallband som anpassar sig efter ytans geometri och givarens vinkel mot ytan. Oftast är de också utformade med minsta möjliga termiska tröghet, och ibland också med en isolerande hylsa runt mätpunkten. Mätnoggrannheten är beroende av dels utformningen av givaren, dels av hur den anbringas mot ytan.

Den andra typen av kontakttermometrar bygger på ett **motståndselement**, normalt av Pt 100-typ. Ett motståndselement, eller resistanstermometer, bygger på att metallers resistans varierar med temperaturen. Platina används eftersom det är det mest elektriskt stabila material som är känt. Dessutom kan Pt 100-termometern användas för att bestämma begreppet temperatur.

Motståndselement används sällan för mätning av yttemperatur, främst eftersom det är svårt att tillverka elementen i tillräckligt små dimensioner. Ett undantag är dock de **folieelement** som finns med Pt 100- respektive Ni 100-givare. Dessa kan dock inte användas för temperaturer över ca 250 °C.

I samtliga fall gäller att sensorn i beröringstermometern mäter endast sin egen temperatur. Detta innebär att man får ett mätfel.

5.2 Mätning med strålningspyrometer

Fördelen med en **strålningspyrometer** är att yttemperaturer kan mätas beröringsfritt och utan direkt åtkomst av ytan som skall mätas. En strålningspyrometer riktar mot den yta som skall mätas och utnyttjar den värmeenergi som alla kroppar med temperatur över absoluta nollpunkten utsänder inom det infraröda våglängdsintervallet. Pyrometerns huvudkomponent är en detektor som känner skillnaden mellan temperaturen från inkommande strålning och

detektorns omgivningstemperatur. En komplikation är att den infallande strålningen inte enbart beror på föremålets yttemperatur, utan också t ex på reflekterad strålning från värmekällor i omgivningen.

Den emitterade strålningen från föremålets yta beror på ytans egenskaper, det vill säga dess emissivitet. Denna kan karaktäriseras med hjälp av **emissionsfaktorn**, som är förhållandet mellan den temperaturstrålning som föremålet avger och den strålning en svartkropp (en icke reflekterande kropp) avger vid samma temperatur. En svartkropp utsänder alltså bara sin egen värmeenergi. Faktorer som påverkar en yta är bl a material, temperatur, våglängd, ytbeskaffenhet och infallsvinkel.

Pyrometern kalibreras normalt mot en svartkropp, vars temperatur är känd. Vid mätning av ytor med lägre emissionsfaktor kompenseras detta genom inställning av pyrometern för lägre emissionsfaktorer. Eftersom det är svårt för att inte säga omöjligt att veta den exakta emissionsfaktorn kan denna inställning ge upphov till större eller mindre fel i mätningen. Speciellt känsligt är detta vid låga emissiviteter där ett begränsat absolut fel i uppskattningen får stor relativ betydelse.

Fördelen med en strålningspyrometer är att man snabbt kan söka av ett stort område för att t ex hitta den varmaste punkten. Däremot kräver det mycket stor kunskap om mätmetodiken för att minimera det absoluta mätfelet så att en acceptabel noggrannhet i temperaturmätningen uppnås. Man måste vara medveten om att mätfelet vid beröringsfria termometrar kan vara mycket stort.

5.3 Mätning med värmekänslig tejp

En något udda teknik som dock har ett visst intresse i sammanhanget är de temperaturkänsliga tejper (strips) som finns tillgängliga. De är ofta utförda med olika fält som ändrar färg vid olika temperaturer. På så sätt erhålls ett slags termometerskala. Sådana strips finns med olika temperaturintervall på 20-50 °C i området upp till 280 °C. Vanligen visar färgen den högsta temperatur som har uppnåtts, men det finns även färger, som varierar med temperaturen. Installationen kan ge avsevärda **mätfel**.

5.4 Mätning över en yta respektive punkt- mätning

Mätning av yttemperatur kan ske antingen över en yta eller punktvis. I det förra fallet krävs ett antal givare placerade på olika intressanta punkter på ytan. Vidare krävs också någon form av datainsamlingsystem med flera kanaler för att ta hand om och lagra de data som erhålls. Vid punktmätning räcker det med en givare och ett visarinstrument. Här kan man snabbt söka av ytor för att t ex hitta de varmaste punkterna. Å andra sidan krävs det upprepade manuella mätningar

för att få en uppfattning av temperaturvariationerna i tiden. Vidare är risken för att mätningen i sig stör temperaturjämvikten betydligt större vid punktmätning än vid mätning med fasta givare.

Vid mätning av ytemperaturer på brännbara byggnadsdelar i anslutningar till eldstäder eller rökanaler är förloppen ganska långsamma men långvariga. Själva eldningen består av enstaka eller i större eller mindre grad upprepade eldningscykler vilket i sig kan medföra att det tar lång tid att uppnå maximal temperatur. Till detta bidrar också att isolering och andra värmehindrande konstruktioner naturligtvis fördröjer uppvärmningen av materialet (vilket ju är avsikten). De långa mätförloppen ökar risken för felmätning.

6 Metodik och felkällor vid ytemperaturmätning

6.1 Mätning med kontaktgivare

Mätning av ytemperatur är i grunden en mycket svår uppgift. En av anledningarna till detta är att inget strömmande medium med den sökta temperaturen tillförs givaren kontinuerligt som vid mätning i strömmande gas eller vätska. En annan anledning är att givaren i sig termiskt påverkar den yta på vilken den anbringas. Det gäller så att säga att ”göra givaren till en så integrerad del av ytan som möjligt”. Dessutom gäller att givaren mäter endast sin egen temperatur.

Följande felkällor måste beaktas vid mätning av ytemperaturer med kontaktgivare [14]:

1. Dålig värmeöverföring
2. Ledningsförluster
3. Belastande mätning
4. Störande konvektiv värmeavgivning

Det är lättare att minimera felkällorna vid fast monterade givare, där mer omsorg kan läggas på monteringen och större möjligheter finns till val av lämplig givartyp. Vid handhållna givare är riskerna för stora fel betydligt större.

Dålig värmeöverföring motverkas genom att se till att anliggningen mellan givare och yta är så bra som möjligt. För handhållna givare måste man vara noga med att anliggningsvinkeln är den rätta och att anliggningsstrycket är tillräckligt och likformigt. För fast monterade givare är det likaså viktigt att givaren har god kontakt med ytan. Detta kan åstadkommas med noggrann applikation, med hjälp av lim eller tejp eller svetsning/lödning beroende på tillämpning. Infällning i ytan kan också vara lämplig i vissa sammanhang. Luftgap mellan givare och yta är förödande för mätresultatet och måste undvikas.

Ledningsförluster innebär att värme transporteras bort från eller till ytan via givaren eller dess skyddsrör. Detta medför att den uppmätta temperaturen blir lägre eller högre än vad den skulle ha varit om mätstället varit ostört. Två principiellt olika motmedel finns: att se till att givaren är utformad för minsta möjliga bortledning eller att förflytta punkten där givaren lämnar ytan, och därmed leder bort värme, bort från mätpunkten. Det första innebär bl a att givarens termiska massa skall minimeras så att så lite värme som möjligt behöver hämtas från ytan för att värma upp givaren. Det andra innebär i praktiken att man förlägger inte bara mätpunkten utan en viss del av givarens skyddsrör i kontakt med den yta som skall mätas och sedan låter detta vika av från ytan. På så sätt kommer inte det värme som leds bort av givaren från ytan att hämtas från mätpunkten utan från den punkt där skyddsröret lämnar ytan och mätningen störs därmed mindre.

Termiskt belastande mätning givaren stör den kropp, vars ytemperatur skall mätas. Detta förändrar värmeflödet och ger upphov till felaktiga mätvärden. Man mäter temperaturen hos givare + kropp och inte hos kroppen.. Belastande mätning kan inte undvikas, men den kan minimeras med små korrekt monterade givare.

Störande konvektiv värmeavgivning kan förekomma om givaren stör strömningen så att värmeflödet från ytan påverkas. Störningen kan minimeras med små korrekt monterade givare.

Inverkan av de ovan nämnda felkällorna vid mätning med handgivare har analyserats och kvantifierats med hjälp av både fysisk kalibrering och matematisk modellering [1, 2, 4, 9]. Dessa studier visar att mätfelet ofta uppgår till 3-10 °C, men i extremfallet kan det vara större. Detta gäller vid temperaturnivåer runt 100 °C. Studierna visar dock också att en noggrann utformning av givaren, korrekt montering och en noggrann användning kan nedbringa felet avsevärt.

6.2 Mätning med strålningspyrometer

En strålningspyrometer mäter all inkommande strålning från den yta som betraktas. Det innebär att förutom den emitterade strålningen mäts också reflekterad och transmitterad strålning. Värmekällor i omgivningen skall därför avskärmas från det område som skall mätas. Det är också viktigt att det område som pyrometern mäter är väl definierat, eftersom den mäter medeltemperaturen över hela mätytan. Om det föremål man vill mäta temperaturen på inte fyller hela mätytan erhålls därmed felaktiga värden. En väl definierad mätyta erhålls om pyrometern har ett linssystem i strålgången. Enklare pyrometrar saknar dock detta.

Inverkan av emissiviteten hos den yta vars temperatur skall mätas är som nämnts mycket väsentlig. På de flesta pyrometrar kan värden mellan t ex 0,1 och 1 ställas in, varvid instrumentet kompenserar för detta vid bestämning av temperaturen. För att detta skall fungera krävs givetvis kunskap om emissiviteten för den aktuella ytan. De flesta ytor inom en byggnad har relativt höga emissiviteter, och ett mindre fel i uppskattningen är då inte så avgörande. Vid låga emissiviteter slår däremot samma absoluta fel igenom mycket hårdare.

En annan felkälla är absorption av strålningen i luften mellan mätobjektet och pyrometern. Exempel på ämnen som absorberar i vissa våglängdsband är vattenånga. I vissa applikationer kan absorptionen ställa till problem om pyrometern mäter i ”fel” våglängdsband.

Sammanfattningsvis kan konstateras att strålningspyrometern är mest lämpad för att detektera skillnader i temperatur i tid och rum. För att erhålla acceptabel noggrannhet i den absoluta temperaturen måste bland annat pyrometers våglängdsområde, mätvinkel och mätobjektets ytegenskaper vara väl kända och optimerade mot varandra. Detta kan naturligtvis göras mycket bättre för en fast installation än fören handburen temperaturgivare.

7 Beräkning av yttemperaturer

Beräkning av yttemperaturer på byggnadsdelar i anslutning till eldstäder och rökkanaler kan ske antingen med enklare program som behandlar värmeöverföringen i ett renodlat typfall eller eventuellt kombinationer därav, eller med mer komplicerade program som beräknar energiflöden och temperaturer etc i en byggnad. Fördelen med de enkla programmen är uppenbar, men de har oftast begränsad tillämpbarhet i geometri etc. Noggrannheten i beräkningsresultaten är svår att bedöma eftersom den beror av hur väl man lyckats göra en enkel beräkningsmodell av en komplicerad verklighet. Det har inte bedömts möjligt att inom ramen för detta projekt göra någon egentlig inventering av denna typ av program, eftersom de har mycket begränsad spridning.

Inom ett tidigare projekt som utförts för Räddningsverkets räkning [5], har ett program för beräkning av yttemperaturer på en skorsten under sotbrand tagits fram. Detta är ett exempel på program för enklare typfall som är tänkbara att utveckla.

Ett antal program för beräkning av temperaturer och energiflöden i byggnader har utvecklats runt om i världen. Flera av dessa har utvärderats enligt en metod som tagits fram av en expertgrupp inom IEA (International Energy Agency) [6]. Bland dessa program finns bl a IDA som utvecklats vid KTH i Sverige och DOE-2 som utvecklats för Department of Energy's räkning. Programmen är i första hand avsedda för beräkning av energiflöden under olika yttre betingelser i fråga om utetemperatur, vindlast, solinstrålning etc. Vissa delar av programmen bör kunna gå att använda i det här aktuella syftet, eftersom yttemperaturer ingår som delresultat i beräkningarna. En förutsättning är dock att komponenter i form av en eldstad och rökkanal kan läggas in i modellerna.

En något annorlunda typ av program är den som representeras av SP-SIM [12] Detta är ett program för realtidssimulering av energiförloppen i en byggnad med ett antal rum. De olika skikten i ytter- och innerväggar simuleras och punktvärmekällor kan läggas in i valfri position. I grundutförandet finns radiatorer inlagda, vars yttemperaturer beräknas liksom väggtemperaturer. Programmen simulerar de dynamiska förloppen fullt ut i realtid som funktion av yttre faktorer, tillförd uppvärmningsenergi och de boendes aktiviteter. Det bör vara möjligt att förenkla denna grundläggande programstruktur och lägga in t ex en eldstad och en rökkanal och studera yttemperaturerna på t ex en enskild vägg.

Det bör påpekas att i samtliga dessa tillämpningar krävs förutom tillgång till programvara och relevant datorkapacitet även ett relativt stort mått av erfarenhet från denna typ av beräkningar för att få relevanta resultat med en rimlig arbetsinsats.

8 Kriterier för rekommenderade metoder

Ovanstående genomgång indikerar ett stort behov av både utbildning, vägledning och standardiserade metoder för att åstadkomma relevanta och likvärdiga resultat vid bestämning av yttemperaturer. För att tillgodose detta krävs förmodligen insatser på flera plan. Förslag till strukturella insatser avseende utbildning, expertstöd och information diskuteras i avsnitt 9. I detta avsnitt behandlas idéer till standardiserade metoder för mätning och beräkning och hur dessa kan tas fram.

Som framgått av ovanstående beskrivning av de aktuella problemställningarna skiljer sig mätsituationen klart från vad som är fallet vid laboratorieprovningar. Detta gäller både de tekniska och administrativa förutsättningarna. I det praktiska fallet måste man t ex ta hänsyn till följande:

- mätningen och användandet av mätutrustningen skall kräva så liten åverkan som möjligt på byggnadsdelar etc
- mätutrustningen måste vara lätt transportabel, robust och enkel att sköta
- mätresultaten måste erhållas vid mättillfället
- mätningen får inte kräva för stor arbetsinsats eller långvarig övervakning

Till detta skall också läggas de mättekniska kraven, som bl a innebär följande:

- metoden skall ge mätvärden med tillräckligt hög noggrannhet
- metoden skall ge mätvärden för de relevanta punkterna på de aktuella ytorna (i normalfallet punkterna med de högsta temperaturerna)
- metoden skall ge mätvärden som är relevanta med hänsyn till de tidsförlopp som förekommer (i normalfallet då fortvarighet eller maximala temperaturer uppnåtts)

Mot bakgrund av att eldningsförloppen i vissa fall kan vara långvariga eller kontinuerliga vid bland annat vedeldning så innebär det sista kravet att det är svårt att se momentana punktmätningar av yttemperaturer med t ex en handindikator (se 5.1) som en relevant metod i sammanhanget. Mätningar av denna typ innebär antingen en betydande osäkerhet i de uppmätta temperaturernas relevans alternativt en orimligt stor arbetsinsats. Slutsatsen blir således följande:

De metoder som rekommenderas skall medge kontinuerlig mätning och registrering av yttemperaturerna.

Kravet att mätvärden skall erhållas för de relevanta punkterna får också konsekvenser för vilka krav som ställs på de rekommenderade metoderna. Det kan inte uteslutas att temperaturförloppen i tiden ser helt olika ut i olika punkter. Att

en viss punkt uppvisar högst temperatur efter exempelvis två timmars eldning är ingen garanti för att just den punkten är den varmaste punkten efter tio timmars termisk belastning. Slutsatsen i detta avseende blir således:

De metoder som rekommenderas skall medge kontinuerlig mätning i ett tillräckligt antal punkter samtidigt.

För att nedbringa antalet mätpunkter till en rimlig nivå och ändå ha en rimlig säkerhet att de högsta temperaturerna upptäcks kan det vara lämpligt med en inledande orienterande mätning över hela de aktuella ytorna, en skanning. Detta kan lämpligen genomföras med ett handhållet instrument av ett utförande som medger snabb mätning i ett stort antal punkter. Detta begränsar både antalet givare och arbetsinsatsen för uppriggning och utvärdering.

I en sådan orienterande metod är den absoluta noggrannheten inte speciellt kritisk, utan det viktiga är att detektera skillnader i temperatur på ett relevant sätt.

Metoder för att snabbt identifiera de varmaste delarna av de aktuella ytorna och därmed begränsa antalet punkter för kontinuerlig mätning bör utformas.

Noggrannheten och relevansen i de resultat som erhålls vid mätning av yttemperaturer är som ovan framgått starkt beroende på både den utrustning som används och sättet att använda den. Brister i ena eller andra avseendet kan medföra stora mätfel, vilket i vissa fall kan innebära väsentliga men onödiga felbedömningar av brandrisken. Validerade och allmänt tillgängliga rekommendationer både i fråga om lämpliga typer av mätutrustning samt hur dessa skall handhas i olika mätsituationer bedöms därför vara av stor betydelse.

Utgående från vad som i tidigare avsnitt sagts om hur mätfelen bör minimeras vid yttemperaturmätning kan följande krav ställas på den utrustning som används:

De givare som används skall ha så liten termisk massa som möjligt och lämplig utformning för att minimera störningen i ytans verkliga temperatur.

Detta innebär att en lämplig typ av givare skulle kunna vara en tunn termoelementtråd med ett öppet lödställe, som fästas vid ytan på lämpligt sätt. Alternativt kan andra typer av specialgivare med motsvarande egenskaper tänkas. Ett huvudkrav för noggrann mätning är att givaren kan ges tillräckligt god kontakt med den yta vars temperatur skall mätas. Detta ställer krav på såväl typ av givare som metoder för montering av givaren på olika typer av underlag.

De givare som används skall medge god anliggning mot ytor av förekommande typ. Validerade metoder och hjälpmedel för montering av givare under olika förutsättningar bör beskrivas.

En frågeställning som inte har en direkt koppling till vilka mätmetoder som används, men som har väsentlig inverkan på relevansen hos resultaten, är vilka ytor som bedöms vara intressanta ur brandskyddssynpunkt. I det enklaste fallet med en eldstad som placerats i närheten av en brännbar vägg är valet självklart

att mätningarna skall ske på väggens yta. I andra fall, där brandskyddande beklädnad finns i anslutning till eldstaden, eller där frågeställningen gäller brandrisker inne i byggnadskonstruktioner, t ex bjälklagsgenomföringar vid rökkanaler, kan frågan vara svårare. Här finns ett behov av vägledning av var mätningar bör ske vid ett antal typfall.

Beskrivningar av var i byggnadskonstruktionen mätningar är relevanta bör finnas tillgängliga för ett antal typfall av installationer av eldstäder och rökkanaler.

Denna fråga anknyter nära till den andra tänkbara metoden för bestämning av yttemperaturer, nämligen beräkningar. Inom ramen för detta projekt har det inte varit möjligt att utvärdera i vilken utsträckning tillgänglig programvara är praktiskt användbar för denna specifika tillämpning. Vidare bör de värmetekniska förutsättningarna för en sådan beräkning redas ut. För att beräkningsalternativet skall vara användbart kan metoder för enkla typfall användas varefter resultaten tolkas och slutsatser dras mot bakgrund av gedigen erfarenhet. Även mer komplicerade program för beräkning av energitransport och temperaturfördelningar i hela byggnader borde kunna användas. I det senare fallet krävs dessutom hög värmeteknisk kompetens och specialistkunskaper om det program som används.

9 Utbildning, expertstöd och information

9.1 Allmänt

Om man utgår från problemkartläggningen ovan kan man identifiera några olika typer av behov, som måste tillfredsställas i en framtida organisation. Man kan också notera att det finns utbildningsbehov på flera nivåer. Det finns vidare i vissa situationer ett behov av experthjälp inom olika områden. Dessutom finns det ett mer allmänt informationsbehov. Man kan strukturera behoven på följande sätt:

- Utbildning
- Tillgång till experthjälp
- Dokumentation och information

Behoven kan tillfredsställas på flera olika sätt. Alla metoderna har givetvis både för- och nackdelar. Det är därför omöjligt att hitta en lösning som är optimal i alla avseenden. Man kan lämpligen arbeta efter principen att starta med en lösning som är acceptabel och så bra som möjligt med hänsyn till den utredningstid och de utredningsresurser som står till förfogande just då. Man får sedan vara beredd att modifiera lösningen och göra den mer komplex utgående från de erfarenheter som man får med tiden.

9.2 Utbildning

Man kan här dela upp det kompletterande utbildningsbehovet inom värmeteknik och temperaturmätteknik i två delar; en grundläggande del och en fördjupningsdel. Det kompletterande utbildningsbehovet är en form av vidareutbildning, vars grund är de kurser som ingår i dagens utbildning för skorstensfejaringenjörer. Utbildningen kan också fungera som vidareutbildning eller fortbildning för de besiktningsmän som har en annan utbildningsbakgrund.

Grundläggande vidareutbildning

Den grundläggande delen av vidareutbildningen berör i princip alla branschföreträdare, vars arbetsuppgifter innehåller besiktning och rådgivning avseende eldstäder och rökkanaler. Den huvudsakliga målgruppen är skorstensfejarmästare, skorstensfejaringenjörer och övriga fristående besiktningsmän. Även andra kategorier med motsvarande arbetsuppgifter tillhör målgruppen.

Den grundläggande utbildningens syfte är främst att öka den allmänna värmetekniska kompetensen och ge en ökad förståelse för de vanligaste värmetekniska förloppen som förekommer vid eldstäder och rökkanaler. I andra hand är syftet att ge underlag för att kursdeltagarna i fortsättningen skall kunna genomföra överslagsmässiga beräkningar. Syftet med utbildningen inom temperaturmätteknik är främst att öka möjligheterna att bedöma vilken temperatur som man egentligen mäter. Förståelsen av hur mätfel uppstår är en

annan väsentlig del av utbildningen. För samtliga tillämpningsområden är det speciellt viktigt att behandla de tidsberoende förloppen.

Kursen måste utformas så att den blir branschspecifik. De exempel och de problem som behandlas i kursen måste vara så utformade att kursdeltagarna känner igen dem från sin normala verksamhet på fältet. Exempelen måste därför väljas med stor omsorg. Vidare gäller för den grundläggande vidareutbildningen att problemförståelsen är minst lika väsentlig som beräkningsfärdigheten eller kanske till och med mer väsentlig. Det är mycket viktigt att kursen utformas så att den blir accepterad inom branschen.

Den grundläggande utbildningen som berör många personer inom branschen kan kanske uppfattas som förhållandevis dyr, om man genomför den på ett traditionellt sätt med internatkurser. En möjlighet till kostnadsreduktion, som bör nämnas i detta sammanhang, är att använda en delvis internetbaserad kurs. Man skulle då kunna nöja sig med att samla kursdeltagarna vid ett eller två tillfällen. Denna typ av kurser gör det också möjligt för deltagarna att inom rimliga gränser läsa kursen i sin egen takt. Tyvärr finns det många nackdelar med denna kurstyp, vilket gör att formen för utbildningen måste utredas ordentligt. Man skulle inledningsvis kunna tänka sig en delvis nätbaserad introduktionskurs, vars syfte är att deltagarna skall ha ungefär samma förkunskaper då de börjar grundkursen.

För att planera och genomföra den grundläggande vidareutbildningen är det naturligtvis enklast att på sedvanligt sätt handla upp tjänsten. Risken med denna metod är att man då riskerar att få en produkt som branschen egentligen inte vill ha. Det är betydligt bättre att utbildningen planeras av branschföreträdare tillsammans med någon eller några kursledare med relevant teknisk och pedagogisk kompetens. Det är lämpligt att bygga upp en stor del av utbildningen utgående från ett antal branschrelevanta projekt, som deltagarna skall genomföra. Projekthandledarna kan hämtas från branschen, men även externa handledare kan utnyttjas inledningsvis. En viss del av projekthandledningen borde på sikt kunna ske via internet.

Man bör vara medveten om att det är betydligt svårare att utbilda yrkesverksamma ingenjörer än exempelvis högskolestuderande. Kursdeltagare med yrkeserfarenhet ställer mycket höga krav på både lärarens tekniska kompetens och pedagogiska skicklighet. Det gäller att behandla även mycket komplicerade kursavsnitt på ett sådant sätt att deltagarna dels kan tillgodogöra sig innehållet dels förstår varför avsnittet finns med i kursen. Kursdeltagarna måste helt enkelt känna igen sin egen vardag i det som behandlas i kursen.

Det är alltid enklare att genomföra kurser, om deltagarna har ungefär samma bakgrund och erfarenhet. Man skulle därför kunna tänka sig att skorstensfejarmästare med äldre utbildning och skorstensfejare med teknikerexamen får bilda en grupp av kursdeltagare. En annan grupp skulle kunna bestå av skorstensfejare med ingenjörsexamen eller motsvarande kompetens. Det bör också utredas om den senare gruppen behöver delta i grundutbildningen eller kanske endast i en del av den grundläggande utbildningen.

Parallellt med vidareutbildningen bör samma kursinnehåll tillföras den normala utbildningen. På sikt bör därför den grundläggande vidareutbildningen kunna avvecklas. När detta kan ske beror på hur snabbt den nu aktuella personalen inom branschen kan vidareutbildas.

Vidareutbildning, fördjupningsdel

Den andra delen av vidareutbildningen, fördjupningsdelen, berör endast en mindre del av skorstensfejarmästarna, skorstensfejaringenjörerna och övriga fristående besiktningsmän. Målgruppen är främst de som arbetar med speciellt problematiska installationer eller har ett övergripande utbildnings- eller rådgivningsansvar vid Skorstensfejarförbundet och Räddningsverket. Utbildningen inom värmeteknik och mätteknik skall även här ha inriktning mot eldstäder och rökkanaler.

Verksamheten ligger dock på ett mer avancerat plan än den grundläggande kompletteringsutbildningen. Förutom allmän förståelse och förmåga att göra överslagsberäkningar krävs här både djupare och bredare allmänna kunskaper inom värmeöverföring och mätteknik. Inom värmeöverföringsdelen kommer beräkningar av temperaturer och värmeflöden att ingå.

Beträffande kursuppläggning och kursgenomförande gäller samma kommentarer för fördjupningsdelen som för den grundläggande delen. Även här är det lämpligt att bygga upp en stor del av utbildningen i form av projekt, som deltagarna skall genomföra. Det kommer här att röra sig om ett mindre antal deltagare, vilket gör att man kostnadsmässigt har möjlighet att genomföra kursen på ett traditionellt sätt. På så sätt kan man bättre utnyttja den pedagogiskt mycket viktiga personliga kontakten mellan lärare och kursdeltagare.

Några av dem som genomgått den fördjupade utbildningen bör kunna utnyttjas som lärare i den grundläggande vidareutbildningen. På så sätt blir utbildningen en angelägenhet för hela branschen.

9.3 Expertstöd

Behovet av expertstöd varierar av naturliga skäl med tiden, eftersom problemen i branschen tenderar att uppstå periodvis och inte kontinuerligt. Om vidareutbildningen fungerar på rätt sätt kommer dock behovet av experter som hämtas utanför branschen att minska i framtiden.

Branschintern expertgrupp

Med den fördjupade vidareutbildningen som bas har branschen en möjlighet att skapa en egen expertgrupp. De flesta deltagarna i denna grupp bör kunna rekryteras bland dem som har genomgått den fördjupade utbildningen. Inledningsvis är det nödvändigt att man till gruppen knyter externa experter inom olika områden. På sikt kommer dock behovet av externa experter att minska. Hur snabbt minskningen kan ske beror av hur snabbt kompetensuppbyggnaden kan ske i den branschinterna gruppen. Den branschinterna expertgruppens kärna bör inledningsvis vara liten. Ett lämpligt antal deltagare kan vara 3 eller 4. Utvecklingen får sedan visa om gruppstorleken skall öka eller eventuellt minska.

Besiktningsmännen skulle kunna vända sig till branschens expertgrupp för att diskutera aktuella problem eller kanske överlåta problemlösningen till expertgruppen i det fall det är lämpligt. Expertgruppen borde på sikt kunna klara de flesta av de problem som inte besiktningsmännen på fältet har kompetens eller tid att lösa på egen hand. Det är inte nödvändigt att denna grupp, som utgör en branschknuten expertpanel, är geografiskt samlad. I normalfallet borde gruppen kunna vara virtuell och kommunicera via bland annat internet.

En viktig uppgift för en branschintern expertgrupp bör vara informations-spridning. Vissa av de problem som skorstensfejarmästarna och fristående besiktningsmän förmedlar till expertgruppen kan efter bearbetning och komplettering med en utförlig problemlösning göras tillgängliga för övriga delar av branschen. Om man väljer ut principiellt intressanta och någorlunda generella problem leder detta till att man förhållandevis snabbt får en databas, som innehåller relevanta och aktuella problem. För denna informationsspridning kan man med fördel utnyttja internet eller branschens eget interna nät.

Förutom den utredande verksamheten skulle expertpanelen också kunna bidra till att höja branschens kompetens. Intressanta större utredningsuppdrag skulle i bearbetad form kunna göras tillgängliga för skorstensfejarmästare, skorstensfejaringenjörer, övriga fristående sakkunniga besiktningsmän och andra intressenter inom branschen via till exempel internet. Expertpanelen skulle också på samma sätt kunna informera om aktuella bestämmelser etc.

”Haverikommission”

Expertpanelen eller eventuellt en mindre del av expertpanelen skulle också kunna fungera som en sorts ”haverikommission” i de fall det är önskvärt med en sådan. Det ligger i branschens eget intresse att själv utreda eller delta i utredningar av vissa typer av bränder eller brandtillbud. Om det är av intresse kan utredningsresultatet i bearbetad form ingå i branschens databas över intressanta problem.

Många utredningar som berör branschen sköts idag av polisen eller polisen i samarbete med bland andra Statens kriminaltekniska laboratorium, SKL. På sikt borde branschens egen expertpanel kunna fungera som en intressant samarbetspartner för dessa aktörer. För att undvika dubbelarbete bör man tillsammans med Räddningsverkets brandutredarverksamhet bestämma avgränsningar och samarbetsformer.

Externa experter

På sikt bör expertgruppen inom Skorstensfejarförbundet och Räddningsverket klara av de flesta problemen. Gruppen bör dock hela tiden försäkra sig om tillgång till ett nätverk som innehåller experter av olika slag. De områden där experthjälp kan behövas är bland annat byggnadsteknik, temperaturmätteknik,

värmeöverföring och materialteknik. Via nätverket kan man, om det är nödvändigt, bilda en mycket kompetent expertgrupp som innehåller såväl branschintern kompetens som extern kompetens.

Det är en fördel om man kan skapa ett någorlunda permanent nätverk med mycket bred och djup kompetens. Man kan på så sätt snabbt sätta samman den expertgrupp som behövs för det aktuella fallet. Nätverket kan exempelvis innehålla experter från SP i Borås, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, och de tekniska högskolorna. Experter vid företag som är specialiserade på exempelvis temperaturmätning kan också vara av intresse att knyta till nätverket.

9.4 Dokumentation och information

Skorstensfejarmästarna är en yrkeskår som är utspridd över hela Sverige. Detta gör att informationsproblemet måste ägnas stor uppmärksamhet. För den kontinuerliga vidareutbildningsverksamheten bör man i framtiden kunna utnyttja internet för att genomföra en viss del av kurserna. Se vidare utbildningsavsnittet ovan.

Information om aktuella problem kan också ske på lämpligt sätt. Här skulle man också kunna utnyttja internet för informations-spridning. På sikt är detta troligen helt nödvändigt. Man kan tänka sig att den branschinterna expertgruppen även ansvarar för dokumentation och information. Se vidare avsnittet om expertstöd ovan.

10 Fortsatt arbete

I avsnitten ovan har tillgängliga metoder för mätning och beräkning av yttemperaturer på värmebelastade byggnadsdelar översiktligt beskrivits. En genomgång av problemställningen i de verkliga fall skorstensfejarmästaren kan mötas och de krav detta ställer har redovisats. Det konstateras att för att generellt förbättra beslutsunderlaget i den enskilda situationen behöver åtgärder vidtas på flera olika plan.

10.1 Tekniska metoder

Vad det gäller de rent tekniska delarna behöver validerade standardmetoder definieras och beskrivas och lämplig utrustning rekommenderas för dessa metoder. För att utarbeta detta material krävs vissa experimentella undersökningar såväl som dokumentationsarbete. Ett förslag till mål för det fortsatta arbetet är följande:

En handbok för mätning av temperaturer och speciellt yttemperaturer på byggnadsdelar i anslutning till eldstäder och rökkanaler bör utarbetas. Handboken bör behandla bl a följande områden:

- **identifiering av kritiska områden i ett antal typiska installationer**
- **val av mätutrustning**
- **montering av givare**
- **utvärdering och tolkning av resultat, t ex tidsförlopp**
- **underhåll och speciellt kalibrering av mätutrustning**

Det är också tänkbart och troligen lämpligt att även innefatta mätning av rökgastemperaturer i denna handbok, eftersom samma personal också utför denna typ av mätningar. Någon närmare analys av metoder för rökgastemperaturmätning eller krav på sådana har dock inte genomförts inom detta arbete.

För att en sådan handbok skall vara möjlig att utarbeta behöver visst valideringsarbete göras. Det föreslås därför följande:

En eller möjligen ett par principiella metoder för mätning av yttemperatur väljs ut och lämplig utrustning definieras. Metodens/metodernas praktiska användbarhet och mättekniska relevans valideras på laboratorium och i fältverksamhet.

Det är troligen lämpligt att en sådan validering delvis utförs i samarbete mellan projektansvarigt laboratorium och representanter för handbokens målgrupp, det vill säga främst skorstensfejarmästarna.

Vad gäller metoder för **beräkning av yttemperaturer** så föreslås följande insatser för att noggrannare utreda möjligheterna:

Befintliga program för beräkning av energitransport och yttemperaturer i byggnader bör utvärderas med avseende på användbarhet för den aktuella tillämpningen.

Detta innebär bl a att programmen granskas med avseende på möjlighet att lägga in olika modeller av eldstäder resp rökkanaler, programmens geometriska begränsningar, möjligheten att lyfta ut en begränsad geometrisk del för att minska beräkningsarbetet samt gränssnittet mot användaren.

Det bedöms att SP-SIM i sin egenskap av realtidssimuleringsverktyg är speciellt intressant att studera.

Enkla beräkningsmoduler för temperaturfält i ett antal standardfall vad avser installationer av eldstäder resp rökkanaler bör utvecklas.

Det bedöms relativt enkelt att ta fram beräkningsmoduler för de enklaste typfallen. Dessa bör valideras genom praktiska försök i laboratorium. Modulerna bör om möjligt utformas så att olika geometrier beräkningsmässigt kan kopplas samman. Programmen bör vidare kunna beräkna instationära förlopp. Beräkningsprogrammen bör kombineras med anvisningar om hur resultatet skall tolkas.

10.2 Utbildning och expertstöd

Utgående från den redovisade förstudien kan man formulera några förslag till fortsatt utredning. Förslagen nedan berör dels utbildningsfrågor inom branschen dels utformning av expertstöd.

Utbildning

Enligt förstudien behöver den grundläggande utbildningen förstärkas. Enligt förslaget kan man på kort sikt genomföra detta i form av en vidareutbildningskurs för skorstensfejarmästare, skorstensfejaringenjörer och övriga fristående besiktningsmän. Den grundläggande vidareutbildningskursen bör samtidigt integreras i den normala utbildningen, vilket gör att kursen på lång sikt blir överflödigt. Hur denna kurs skall utformas behöver utredas av en arbetsgrupp med företrädare för bland andra branschen, högskolor och forskningsinstitut. De pedagogiska frågorna bör ägnas speciell omsorg.

Förstudien föreslår också en vidareutbildning i form av en fördjupningskurs. Denna kurs berör endast en mindre del av skorstensfejarmästarna, skorstensfejaringenjörerna och övriga fristående besiktningsmän. Kursens uppläggning behöver utredas och här kan man lämpligen använda samma arbetsgrupp som skall utreda den grundläggande kompletteringsutbildningen. Även för denna kurs är de pedagogiska frågorna av stort intresse. Man bör även undersöka olika möjligheter att kontinuerligt informera tidigare kursdeltagare om nya moment och ändringar i kursen. Olika möjligheter att utnyttja IT-stöd bör undersökas.

Expertstöd

I förstudien diskuteras olika former av expertstöd dels till branschen som helhet, dels till olika delar inom branschen. Branschens expertkompetens borde också kunna utnyttjas av myndigheter och industrier inom och utom branschen. Hur expertstödet skall utformas behöver utredas. Man kan välja en utredningsgrupp vars sammansättning överensstämmer med den grupp som utreder utbildningen. Eventuellt kan man använda samma utredningsgrupp. Speciellt bör man studera hur IT-stöd kan utnyttjas för att effektivisera expertstödet inom branschen.

Referenser

Allmän litteratur och hemsidor

- [1] Bernhard, F., Augustin, S. and Lange, D.: Computational and experimental determination of static thermal measuring errors and dynamic parameters of scanning sensors used for temperature measurement on the surface of solids. Proc. of the Workshop on Surface Thermal Measurements, Budapest 1995.
- [2] Demisch, U.: A practical approach for determining the “true” surface temperature of a calibration equipment. Proc. of the Workshop on Surface Thermal Measurements, Budapest 1995.
- [3] Eriksson, J. och Wahlström, Å.: Regler, strategier och beteendets inverkan på energianvändningen i flerbostadshus. Projektrapport från EFFEKTIV, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut 2001. ISBN 91-7848-858-3.
- [4] Foulis , B. D. and Robinson, N. B.: Surface Temperature Measurement Using Contact Thermometry. Proc. of the Workshop on Surface Thermal Measurements, Budapest 1995.
- [5] Gustavsson, L., Johansson, M. och Rönnbäck, M.: Sotbeläggningar och brandrisk. Räddningsverkets FoU-rapporter, 2003.
- [6] Judkoff, R. and Neymark, J.: International Energy Agency Building Energy Simulation Test (BESTEST) and Diagnostic Method. National Renewable Energy Laboratory, Report NREL/TP-472-6231.
- [7] Manual on The Use of Thermocouples in Temperature Measurement, ASTM MNL 12, 4th ed. 1993.
- [8] Mester: Temperaturstrahlung und Strahlungsthermometer, Heitronics GmbH
- [9] Michalski, L. and McGhee, J.: Surface temperature measurement by portable contact sensors. Proc. of the Workshop on Surface Thermal Measurements, Budapest 1995.
- [10] Nicholas and White: Traceable temperatures. Wiley 1994, ISBN 0 471 93803 3.
- [11] Pentronics temperaturhandbok
- [12] Quicklund, Henrik (SP, Energiteknik): Personlig kommunikation
- [13] Struss, O: Non-contact temperature measurement, Heitronics GmbH, 1991.
- [14] www.pentronic.se
- [15] www.colepalmer.com/techinfo
- [16] www.npl.co.uk/thermal/stuff/guide3.html

- [17] www.process-heating.com
- [18] www.temperatures.com/temprefs.html (omfattande referenslista)
- [19] www.w-dhvae.inet.co.th/Thermocouple.html
- [20] www.wintron.com/Infrared/guideIR.htm
- [21] www.wintron.com/Infrared/infrared.htm

Relevanta standarder

Nedanstående standarder kan beställas från SIS Förlag AB, Stockholm.

Mätning

ASTM 14.03 (2002): General methods and instrumentation: temperature measurement

ASTM E 639: Test method for measuring total radiance temperature of heated surfaces using a radiation pyrometer

ASTM D 957: Practice for determining surface temperatures of molds for plastics

ASTM E 1933: Standard test methods for measuring and compensating for emissivity using infrared imaging radiometers

BS 1041-5 (1989): Temperature measurement – guide to the selection and use of radiation pyrometers

DIN 32937-3: Control of inspection, measuring and test equipment – part 3: temperature measurement technique

VDI/VDE 3511-1: Temperature measurement in industry – principles and special methods of temperature measurement

VDI/VDE 3511-2: Temperature measurement in industry – contact thermometers

VDI/VDE 3511-4.1: Temperature measurement in industry – specification of radiation thermometers

VDI/VDE 3511-5: Temperature measurement in industry – installation of thermometers

VDI/VDE 3511 (PT3): Temperature measurement in industry – measuring systems and measured quantity treatment for electrical contact thermometers

VDI/VDE 3511 (PT4): Temperature measurement in industry – radiation thermometry

BS EN 60068-3.1: Environmental testing – Background information – cold and dry heat tests

ISO 7726: Ergonomics of the thermal environment – instruments for measuring physical quantities

Modelling

ASTM C 680: Practice for determination of heat gain and surface temperatures of insulated pipe and equipment systems by the use of a computer program

SS-EN ISO 10211-1: Thermal bridges in building construction – heat flows and surface temperatures – Part 1: General calculation methods

SS-EN ISO 10211-2: Thermal bridges in building construction – calculation of heat flows and surface temperatures – Part 2: Linear thermal bridges

Räddningsverket, 651 80 Karlstad
Telefon 054-13 50 00, fax 054-13 56 00. Internet <http://www.srv.se>

Beställningsnummer P21-437/03. Fax 054-13 56 05
ISBN 91-7253-208-4