

## Termografi

Af Thomas Dresler, AGA Præcisions Teknik

En infrarød scanner (varmekamera) giver et billede af og måler den infrarøde stråling, som udsendes af alle objekter. Ved hjælp af disse temperaturfordelinger (varmebilleder) kan man fastslå fejl eller begyndende fejl hos f.eks. en maskine, bygning, fjernvarmenet eller elektriske kredsløb. Med termografi kan man derfor få en prioritering eller indikation af behovet for indsats af ressourcer ved kommende stop.

Allerede i begyndelsen af 1960-erne fik svensk industri adgang til militær forskning på infrarød teknikkens område. Forsvarets forskningscenter havde endnu tidligere fået adgang til det nye halvleder materiale, som er en forudsætning for udviklingen af dagens avancerede infrarøde kamera. I 1965 fandtes to prototyper færdige til vurdering. Den ene model er i løbet af 70-erne blevet videreudviklet af AGA Infrared Systems AB, som i dag er verdens ledende. Varmekameraet – som markedsføres under navnet AGA Thermovision – findes i dag i flere variationer, der er tilpasset til forskellige typer målinger.

### Som et TV-kamera

Et infrarødt kamera består af to hovedenheder,

scannerenheden og billedgiverenheden. Scannerenheden er opbygget principielt som et TV-kamera med udskiftelig optik og mekanisk afsøgning af objektet samt forstærkere til billedsignalet. Varmestrålingen fokuseres på en detektor. Denne køles med flydende N<sub>2</sub>. Her kommer elektriske signaler, som er proportionale med den indfaldende stråling.

Billedsignalet er den af detektoren afgivne elektriske spænding. I scannerenheden – som udseendemæssigt ligner et konventionelt filmkamera – findes også elektronik for styrepulser fra de roterende prismer, hvilket giver den mekaniske scanning i henholdsvis horisontal og vertikal retning.

Billedsignalet og styrepulserne overføres via kabel til billedgiverenheden. Denne er opbygget som en TV-skærm med et katodestrålerør som billedrør. De roterende prismer i scannerenheden har sådanne omgangstal, at objektet scannes 25 gange pr. sekund.

I billedgiverenheden findes – foruden kraftforsyning til hele varmekameraet – den elektronik, med hvilken man foretager temperaturmålingerne. Man kan vælge måleområde, målenøjagtighed, type billedpræsentation, lægge de såkaldte isotermer ind m.v.



AGA Thermovisions udstyr.

### Stort måleområde

Varmekameraet kan måle temperaturer mellem -30 °C og +850 °C i bølgeområdet 3–5µm. Med anvendelse af blændere kan man mindske den indkommende IR-stråling og således muliggøre målinger op til ca. +1600 °C. Målenøjagtigheden varierer i temperaturområdet, men er hele tiden bedre end ±5%. Ved rumtemperatur kan temperaturdifferencer af størrelsesorden 0,2 °C opdages. For måling i eller af forskellige gasatmosfærer findes specielle filtre til rådighed, som afskærmer det infrarøde spektrum på nem måde.

### Hvordan ser et termogram ud

Varmebilledet ligner et sort/hvidt TV-billede, som affotograferes med specielt tilpassede polaroid- eller småbilledkameraer. I den infrarøde verden er sort normalt koldt og hvidt er varmt, derimellem ligger alle gråtonerne. Hver enkelt temperatur kan trinløst fremhæves med en mælket hvid farve (isotherm).

I de fleste tilfælde vil der være interesse for det absolut koldeste område i forhold til det varmeste område eller gennemsnitsområdet.

Ved indlægning af 2 isotermer får man på samme billede både de koldeste og de varmeste partier. På en markeringskala i venstre side af billedet kan man aflæse den nøjagtige temperaturforskkel.

Thermovision-kameraet er yderst følsomt. Det registrerer f.eks. et fodaftryk på en måtte, selv om man har stået der med sko med lædersål. En håndflade, som holdes mod tapetet i nogle sekunder, fremstår tydeligt, som om hånden var dyppet i hvedemel, inden den blev lagt på tapetet.

### Anvendelsesområder

Varmekameraet måler overfladetemperaturen på objektet. Overalt hvor overfladetemperaturens størrelse eller fordeling indikerer unormal tilstand, kan varmekameraet anvendes.

En stor fordel ved termografering er, at man kan foretage målinger under produktionen. Foruden mindskede forstyrrelser af driften indebærer dette også et »mere sandfærdigt« billedet af temperaturforholdene.

Mange gange kan man direkte af temperaturfordelingen etc. se, hvad der er galt. Men alle typer »indre« fejl skal altid undersøges på anden måde, for at anledningen til temperaturafvigelsen skal kunne fastslås.

I forbindelse med nyinstallationer, nybygninger og lign. kan temperaturbilledet ved leveringen

kortlægges. Varmebilledet kan siden jævnføres med temperaturforholdene.

Nedenfor gives nogle eksempler på områder, hvor termografering anvendes.

### Kontrol af funktionen i isolerede vægge

- huse, kontorer, industrier
- kølehuse, kølecontainere
- tanke til flydende gasser, opvarmede medier o.lign.
- fjernvarmeledninger
- ovne

### Studier af temperaturforløb

- start og stop af maskiner
- kemiske reaktioner

### Undersøgelse af temperaturfordeling hos objektet

- isoleringer
- lagringer
- køle- og ventilationssystemer
- proces

### Berøringsfri temperaturmåling

- el-anlæg under spænding
- bevægelige objekter, f.eks. måling af varmeudvikling i roterende gummidæk
- studier af vindtunnelmodeller

### Undersøgelse af røggassers udbredelse

- fra skorstene

Også i medicinsk sammenhæng har termografering fået stor betydning, f.eks. ved tendenser til blodpropdannelse.

En kort beskrivelse af målemetodik inden for de tre mest anvendte områder for inspektion og kontrol:

- Bygningstermografi
- Fjernvarmeanlæg og -ledninger
- El-inspektion

### Bygningstermografi

Det drejer sig om indeklima – trivsel indendørs – til færrest mulige penge.

Træk i bygninger, enkelte lokaler og værelser kan affotograferes. På samme måde kan man afsløre fugt eller f.eks. påvise, hvor skjulte rørledninger går.

Vi har nu i flere år talt forbedret isolering, og mange har på lykke og fromme efterisoleret i håb om besparelser.

Desværre har termografering af efterisolerede huse ofte påvist ikke uvæsentlige »huller« i disse efterisoleringer. Det drejer sig ofte om batts, der f.eks. er skubbet ned langs taget gennem en fjernet beklædning indefra. En tværstiver, en af håndværkerne efterladt liste, stopper disse batts, og ejeren tror, at han har nået hulrummets nederste punkt, medens termogrammet lynhurtigt afslører, at der savnes isolering. Det udførte arbejde svarer ikke til forventningerne, og besparelsen og det trækfrie miljø udebliver.

Med en nøjagtighed på 0,2 °C kan man, hvis det ønskes, bestemme, om de nymonterede 2 eller 3 lags termoruder er monteret korrekt. Det nytter jo ikke, at selve ruden er god, hvis isoleringen mellem vindue og mur er middelmådig.

Man kan få vished for, om den udførte hulmursisolering er korrekt udført, eller man kan inden man ofrer forbedringer, få at vide, hvor det er allervigtigst at begynde sine isoleringsforberedelser.

Man konstaterer ofte, at beboere af huse og lejligheder satser helt unødige penge på en væg eller et loft, som egentlig er tilfredsstillende isoleret. Beboeren ved det blot ikke, fordi han ikke kan se det med øjnene.

### Fjernvarmeanlæg og -ledninger

Ved kontrol af fjernvarmeledninger køres der med en specialindrettet bil med en hastighed på 5–10 km/t. Samtidigt scannes vejoverfladen og her gives så nøjagtige informationer om, hvilken tilstand fjernvarmerørene, 1–1,5 m under overfladen, er i. Fejlene beskrives i tre kategorier:

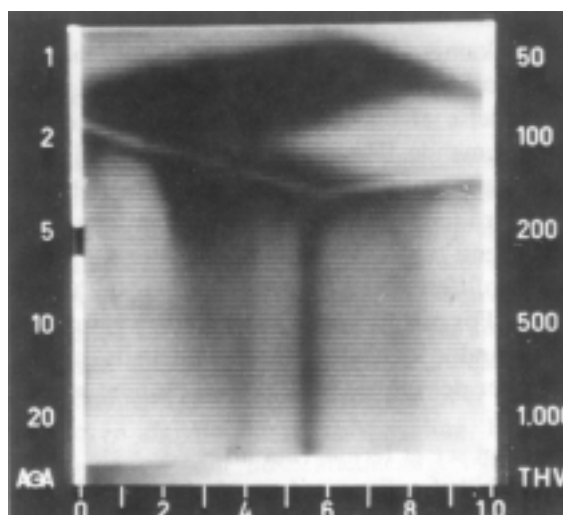
- A. Dårlig isolering
- B. Lille lækage/våd isolering
- C. Lækage

Det kan påvises med centimeters nøjagtighed præcis, hvor opgravningen skal finde sted.

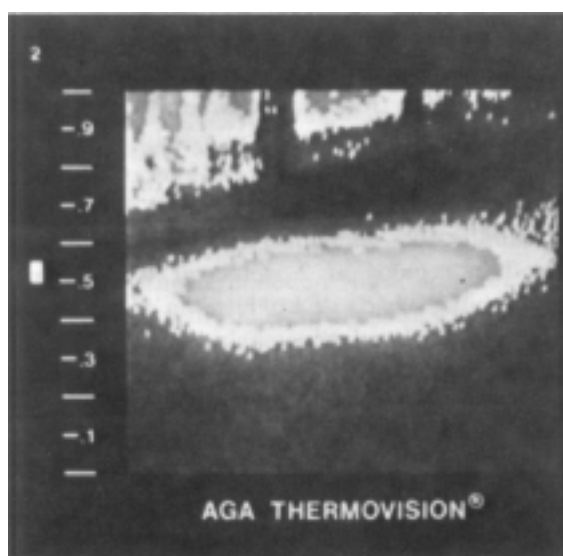
Denne teknik har de fleste fjernvarmeværker betjent sig af de sidste 5–6 år. Danmark er i dag førende på verdensplan med denne metodik.

### Elektriske anlæg

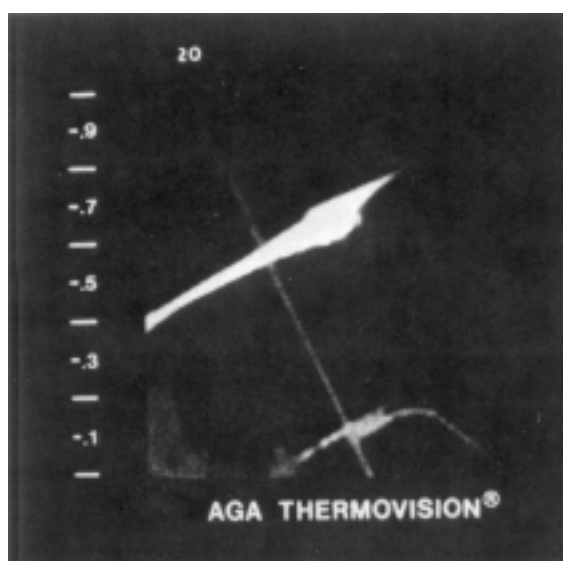
Når der opstår fejl som følge af dårlig kontakt eller fejl i en elektrisk komponent, udvikles varme. Ved test med termografi spores disse hot spots og reparationsarbejdet kan planlægges uden gener for forbrugerne. Inspektion af højspændingsledninger



Fejlisolering i loft og væg.



Fejl i fjernvarmeledning.



Fejl på elektrisk installation.

foretages med helikopter, hvorimod inspektion af transformestationer og husinstallationer udføres fra jorden, enten gående eller pr. bil.

### Oplysninger

Dansk Standardiseringsråd, tlf. (01) 62 93 15, har udarbejdet et DS-Informationsblad angående termografering af bygninger, omhandlende:

Grundprincipperne for termografering samt terminologi.

Krav til udstyret.

Forudsætninger og forberedelser for termografering.

Fremgangsmåden ved optagelser.

Fremgangsmåde ved bedømmelse af termogrammer.

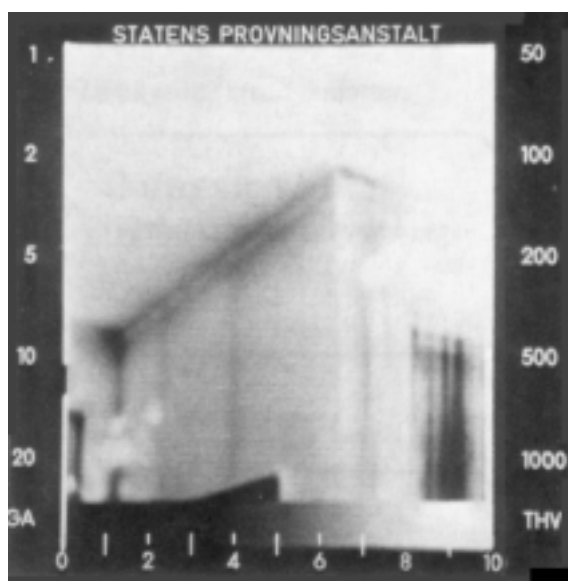
Krav til rapportering.

Standardskema for rapportering.

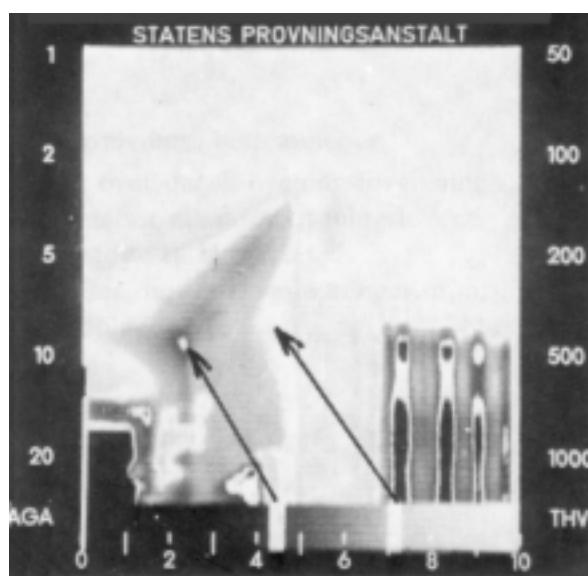
Referencetermogrammer.

Kommentarer og vejledning f.eks. om emissionstal for en række af de oftest anvendte overfladematerialer.

Der findes idag et antal autoriserede inspektionsfirmaer i hele Danmark, som udfører termografiundersøgelser. Telefon (01) 54 99 00 eller Byggecentrum kan henvise, hvis det ønskes.



Gråtonebillede.



Isotermbillede.

$\Delta t = 3,8 \text{ }^\circ\text{C}$

Vindhastighed = 0 m/s

$t_i - T_u = 37 \text{ }^\circ\text{C}$

$P_i - P_u = 0,5 \text{ mm vp}$