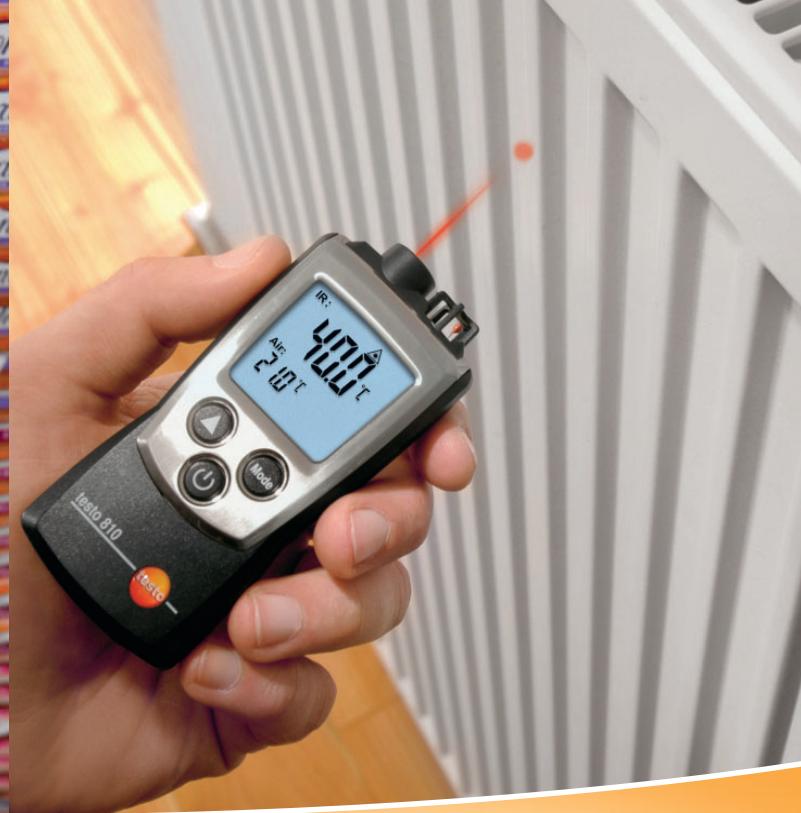


Max Sievert A/S

MÅLE- OG PROSESSTEKNIKK



Informasjon om infrarød måleteknologi

Grunnleggende

Temperatur er en av de mest målte fysiske parametre. Temperatur kan i prinsippet måles på 2 forskjellige måter, kontaktmåling og berøringsfritt. Ved kontaktmåling plasseres en føler slik at den oppnår samme temperatur som den vi ønsker å måle. Selve termometeret vil dermed kunne påvirke den temperaturen vi ønsker å måle. Ved berøringsfri måling er selve termometeret ikke i kontakt med måleobjektet, og vi dermed ikke kunne påvirke dette.

I dette heftet vil vi ta for seg hvordan et berøringsfritt termometer funksjonere, og hvordan vi kan oppnå mest mulig korrekte måleresultater. Ved berøringsfri måling (IR-måling) er det kun temperaturen på overflaten som måles

Når en fysiker snakker om temperatur, mener han energien som er i en kropp (legeme). Denne energien forårsaker tilfeldige bevegelser i atomene eller molekylene. Hvis partiklene beveger seg raskere, øker temperaturen. Temperatur er dermed en tilstandsvariabel. Sammen med masse, varmekapasitet og andre, beskriver temperatur energiinnholdet i en kropp, eller som det ofte uttrykkes i fysikk, i et system.

Mer presist:

- *Tilføring av varmeenergi fører til en økning av partikkelhastigheten: Temperaturen øker*
- *Fjerning av varmeenergi fører til en reduksjon av partikkelhastigheten: Temperaturen synker*

Alle legemer som har en temperatur over det absolutte 0-punktet (0 K eller -273,15°C) sender ut (emitterer) elektromagnetisk stråling. Denne strålingen avhenger av temperaturen. Ved å måle denne strålingen kan vi bestemme temperaturen på legemet uten å være i kontakt med det. Dette har mange fordeler, men det er flere ting som må være oppfylt for at resultatet skal bli godt.

Bildet til høyre viser det elektromagnetiske spektrum.

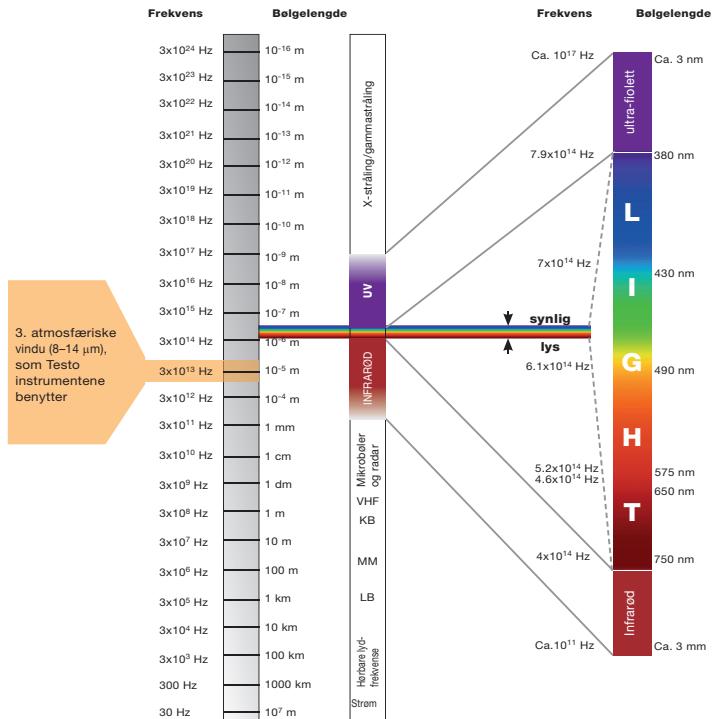
Elektromagnetisk stråling følger alltid de samme grunnleggende naturlovene, men oppfattes helt annerledes av mennesker. Den kan oppfattes i form av lys eller varme; andre områder som røntgenstråler er overhode ikke merkbar eller vi kan bare se virkningen (UV-lys forårsaker solbrenthet).

Synlig lys har en bølgelengde fra ca. 380 til 780 nm.

Til de målingene vi her snakker om benyttes elektromagnetisk stråling med en bølgelengde fra 8 til 14 μm , det såkalte 3. atmosfæriske vindu.

I de atmosfæriske vinduene er det veldig lite absorpsjon eller emisjon av elektromagnetisk stråling grunnet komponentene i luften. Dette er grunnen til at det, spesielt i avstander under 1 m til måleobjektet, vi ikke regner med at noen komponenter i luften kan påvirke målingene.

Det elektromagnetiske spektrum



Et legeme (måleobjektet) er utsatt for flere påvirkninger, temperaturen i omgivelsene og stråling f. eks. fra solen eller andre varmekilder. Noe av denne energien blir absorbert av legemet, noe som fører til at temperaturen stiger. Noe energi blir reflektert eller går rett igjennom, og påvirker ikke temperaturen på legemet. Det ideelle legemet å måle temperaturen på med denne metoden, er et legeme som absorberer all stråling): all energi blir absorbert. All strålingen (emisjon) fra dette legemet skyldes legemets egen temperatur. Et slikt legeme kalles en "svartkropp" (black body).

Ved hjelp av Stephan-Boltzmanns lov kan temperaturen da beregnes: $W = \sigma T^4$

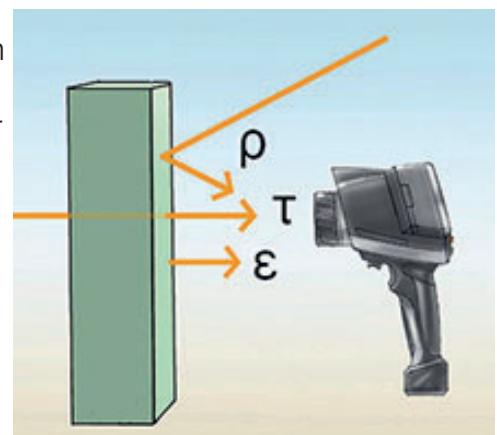
σ = Stephan-Boltzmanns konstant = $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

T = temperaturen i kelvin

Vi kan sette opp en liten ligning som viser sammenhengen mellom den strålingen (energien) som treffer vårt måleinstrument og hvor den kommer fra. Den totale strålingen som mottas kaller vi W, ϵ er emisjonen, τ er transmisjonen og ρ er refleksjonen

$$W = \epsilon + \tau + \rho$$

I de fleste tilfellene er $\tau=0$): måleobjektet er ugjennomsiktig.



Klarer vi i dette tilfellet å eliminere refleksjonen, er målingen enkel.

Dette kan noen ganger gjøres ved å benytte en maling eller tape med ønsket egenskap): $\epsilon = 1$.

Om ikke det er mulig har de fleste IR temperaturmålere mulighet for å sette inn den antatte emisjonsverdien (ϵ). Denne verdien kan leses ut fra tabeller.

Måleinstrumentet måler den elektromagnetiske strålingen, og beregner temperaturen på overflaten.

$$T_{\text{objekt}} = f(SW)$$

$$SW = \frac{SM - SU}{\epsilon} + SU$$

SW = Målt stråling

SU = Stråling fra omgivelsene (temperaturen på instrumentet)

ϵ = Emisjonsfaktoren

Av denne formelen kan man se at å måle under forhold hvor det kommer sterkt sollys eller stråling fra andre kraftige varmekilder vil påvirke nøyaktigheten på målingen.

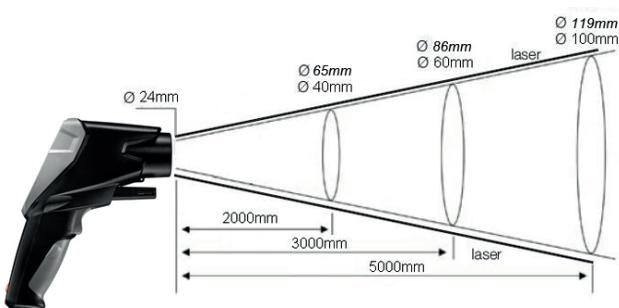
Det er også viktig at temperaturen på måleinstrumentet er mest mulig lik omgivelsestemperaturen.

Bruk

Et IR-termometer måler elektromagnetisk stråler som kommer fra et måleobjekt ved å samle strålingen gjennom et linsesystem på en detektor. Et IR-termometer måler aldri på et punkt, men samler strålingen fra et område. Størrelse på området avhenger av linsesystemet og avstanden fra måleinstrument til måleobjektet.

På noen IR-termometre vises det med laserstråler på måleobjektet hvor det måles. Det kan være to stråler som indikerer diameteren på måleflaten, eller et mer innført mønster. På noen enklere instrumenter er det kun en laserstråle som indikerer omtrent sentrum av måleflaten, eller den mangler helt. Da må brukeren selv passe på at måleavstanden er tilpasset linsesystemet. Det skal være angitt på instrumentet som forholdet mellom måleflaten og måleavstanden. Kan man lese FOV 3 : 1(Field og View), så betyr det at diameteren på måleflaten er 1/3 (ca.) av måleavstanden.

Bildet viser måleflekkens størrelse avhengig av måleavstanden for et instrument med FOV 50 : 1



Før målingen må også emisjonsfaktoren legges inn. Som tidligere nevnt er denne helt essensielt for korrekt måling.

Mange næringsmidler har ganske høy og konstant emisjonsfaktor (0,95). En del enklere IR-termometre beregnet for næringsmiddelsektoren har fast innstilt emisjonsfaktor.

For de som har justerbar emisjonsfaktor, påse at denne er korrekt innstilt, normalt justerbar fra 0,2 til 1,0.

Emisjonstabell for noen vanlige materialer

Materiale	temperatur	ϵ
Aluminium, blankvalset	170°C	0,04
Betong	25°C	0,93
Is, slett	0°C	0,97
Vann	38°C	0,67
Jern, polert	20°C	0,24
Jern med valsehud	20°C	0,77
Gips	20°C	0,90
Glass	90°C	0,94
Gummi, hard	23°C	0,94
Tre	70°C	0,94
Kjølefrens, svart oksidert	50°C	0,98
Kobber, lett mattet	20°C	0,04
Kobber, oksidert	130°C	0,76
Plast (PE, PP, PVC)	20°C	0,94
Messing, oksidert	200°C	0,61
Papir	20°C	0,97
Porselen	20°C	0,92
Svart måling (matt)	80°C	0,97
Stål, oksidert	200°C	0,79
Leire brent	70°C	0,91
Teglsten, mørtel, puss	20°C	0,93

Feilkilder

Emisjonsfaktor

Hva skjer om det benyttes feil emisjonsfaktor.

Eksempel 1:

- Måleobjekt (pizza, frossen $T = -22 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Emisjonsfaktor = 0.92
- IR målingen foretas ved vanlig romtemperatur $+22 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Fast emisjonsfaktor satt til 0.95
- Displayet i IR-termometeret viser $-21 \text{ } ^\circ\text{C}$

Dette gir et avvik på $1 \text{ } ^\circ\text{C}$, noe som for denne typen måling er akseptabelt.

Eksempel 2:

- Måleobjekt (oksidert messingplate, $T = +200 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Emisjonsfaktor = 0.62
- IR målingen foretas ved vanlig romtemperatur $+22 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Emisjonsfaktoren satt til 0.70
- Displayet i IR-termometeret viser: $+188 \text{ } ^\circ\text{C}$

Dette gir en feilmåling på ca. $12 \text{ } ^\circ\text{C}$, og er ikke akseptabelt.

Rent generelt gjelder følgende:

Ved måling på objekter med høyere temperatur enn omgivelsetemperaturen

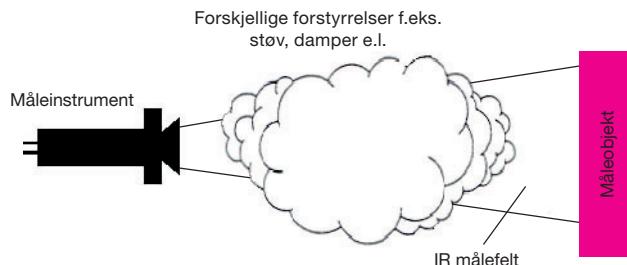
- *Er emisjonsfaktoren satt for høyt vil displayet vise for lav temperatur*
- *Er emisjonsfaktoren satt for lavt vil displayet vise for høy temperatur*

Ved måling på objekter med lavere temperatur enn omgivelsetemperaturen

- *Er emisjonsfaktoren satt for høyt vil displayet vise for høy temperatur*
- *Er emisjonsfaktoren satt for lavt vil displayet vise for lav temperatur*

I tillegg til materialet til måleobjektet, og hvordan overflaten på dette er (ujevnt, glatt etc.) vil også atmosfæren mellom måleobjekt og instrument kunne påvirke målingen:

- *Støv og skitt*
- *Fuktighet (regn), damper og gasser*



Sørg alltid for at linse ren og uten dugg.

Pass også på at overflaten som skal måles er ren og uten støv, fuktighet, rim etc. Husk at det kun er det øverste laget som måles.

Hva er IR-termometre best egnet til

Godt egnet

Alle ikke metalliske deler og overflater, organiske materialer, lakk og maling, plast, gummi, syntetiske materialer, næringsmidler, tre, tekstiler, mineraler og stein etc.

For disse materialene er det ikke nødvendig å ta spesielle hensyn. Emisjonsfaktoren er tilstrekkelig høy, og endrer seg ikke med temperaturen

Mindre egnet

Matte, korroderte metalloverflater og transparent film. En vurdering må gjøres i hvert tilfelle om det er mulig og tilfelle hvordan målingen kan gjennomføres.

- *Er det mulig å bestemme emisjonsfaktoren ved stammeligning med et kontakttermometer?*
- *Er det mulig å legge på et lag av en substans med kjent emisjonsfaktor?*

Vansklig

Blanke metalloverflate, overflater som endrer struktur med temperaturen, f. eks. glødeskall.

- *Kun mulig om det kan legges på et lag av substans med kjent emisjonsfaktor.*

Om det skal benyttes selvklebende tape, er det viktig at denne benyttes på objekter med stor termisk masse og med god termisk ledningevne. f. eks. metaller. Tapen må oppnå samme temperatur som objektet vi ønsker å måle.



Måling på en malt ståldør for å kontrollere om det er brann eller varme gasser bak



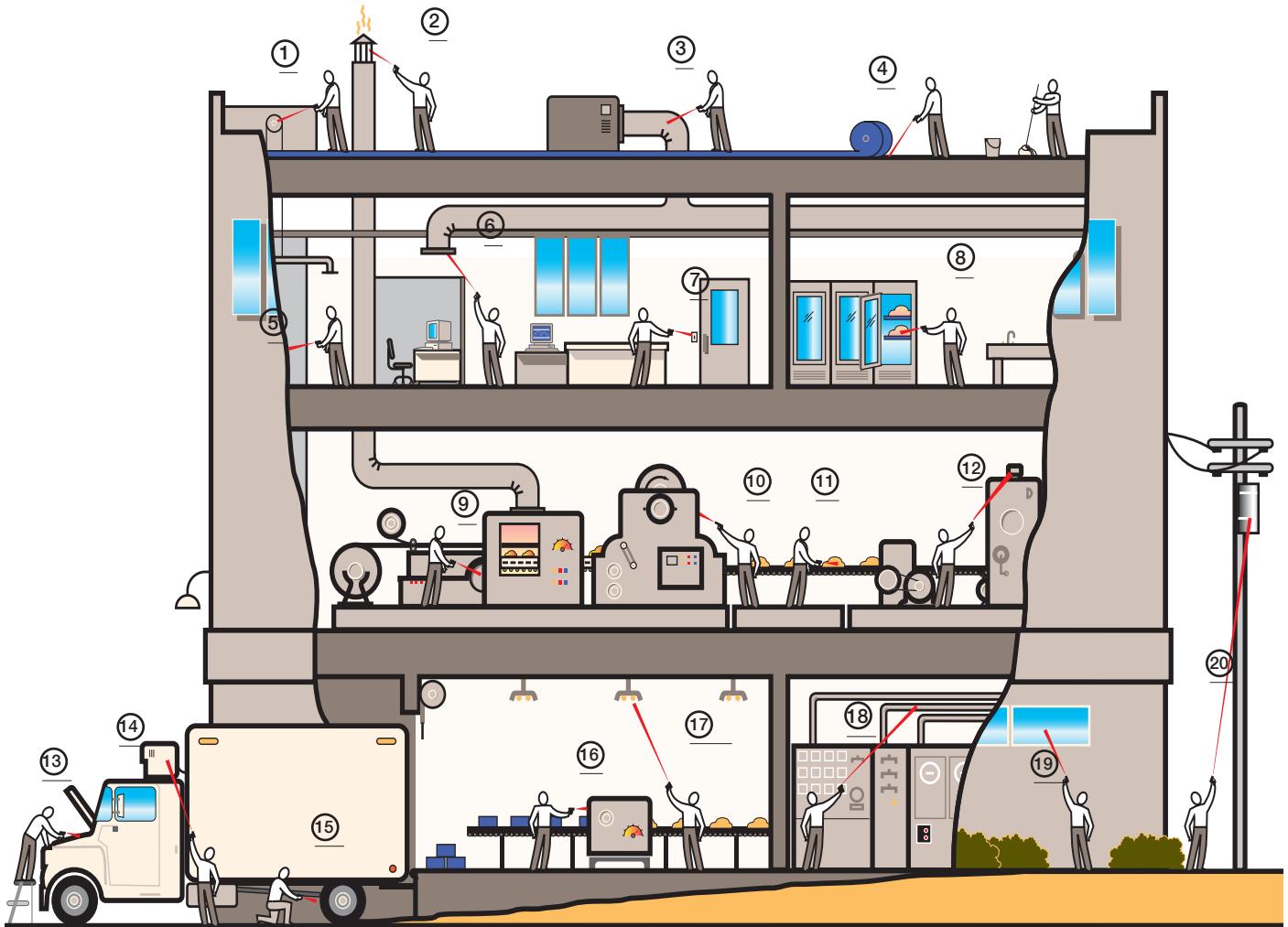
Mottakskontroll av innkommende næringsmidler



Måling på en malt radiator for kontroll av f. eks. varmehed i innjustering varmesystem



Kontroll av asfalttemperaturen under legging



1 Måling på PVC-rørsystemer

- Temperatur på ca. + 25 ° C
 - Emisjonsfaktor på plast 0,84.
- Ideell for infrarød måleteknologi.

2 Måling på hette av fortinnet plate

- Temperatur på ca. +38 ° C
- Emisjonsfaktor for plate 0,05

Påfør belegg som øker emisjonsfaktoren, f.eks. maling eller emisjonstape, eller mål med kontakttermometer.

Tips: Bruk et måleinstrument med liten måleflate med stor avstand og med integrert kontakttermometer (f.eks. testo 845 eller testo 835).

3 Måling på galvanisert utgående luftrør

- Temperatur på ca. +24 ° C
- Emisjonsfaktor på sink 0,23

Påfør belegg som lakk/maling eller emisjons-tape eller utfør sammenligningsmåling med kontakttermometer.

4 Måling på asfaltlag

- Temperatur på ca. +24 ° C
 - Emisjonsfaktor på asfalt 0,93
- Kan måles uten problemer.

5 Måling på murvegg

- Temperatur på ca. +21 ° C
 - Emisjonsfaktor på murstein (rød) 0,93
- Kan måles uten problemer.

6 Måling på takavsug (Malt)

- Temperatur på ca. +24 ° C
 - Emisjonsfaktor på sink (malt) 0,96
- Kan måles uten problemer.

Tips: Bruk et måleinstrument med liten måleflate med stor avstand og integrert kontakttermometer (f.eks. testo 845 eller testo 835).

7 Måling på lysbryter

- Temperatur på ca. +20 ° C
 - Emisjonsfaktor 0,85
- Kan måles uten problemer.

8 Måling i elektrisk skap (Kontaktor)

- Temperatur på ca. +74 ° C

- Emisjonsfaktor på plast 0,92

Forsiktig: Mål på plastoverflaten, ikke på metall!

Tips: Bruk testo 845 med nærfokus

9 Måling på lagerhus (malt)

- Temperatur på ca. +68 ° C

- Emisjonsfaktor på svartmaling 0,93

Kan måles uten problemer.

Tips: Bruk et måleinstrument med lite måleflate med stor avstand og integrert kontakttermometer (f.eks. testo 845 eller 835).

10 Måling av kjølefinne på elektrisk motor

- Temperatur på ca. +50 ° C

- Emisjonsfaktor på grønn maling 0,93

Kan måles uten problemer.

11 Måling av matprodukt på kjølebånd

- Temperatur på ca. +8 ° C

- Emisjonsfaktor på mat 0,95

Kan måles uten problemer.

12 Måling på varmeveksler

- Temperatur på ca. +10 ° C

- Emisjonsfaktor på kondensvann 0,93

Merk: Måles gjennom kondensvann, påfør ellers belegg med høy emisjonsfaktor.

Tips: Bruk et måleinstrument med liten måleflate og med stor avstand og integrert kontakttermometer (f.eks. testo 845 eller testo 835).

13 Måling på motorblokk

- Temperatur på ca. +100 ° C

- Emisjonsfaktor på aluminium (kraftig oksidert) 0,2

Påfør belegg med olje eller tape med høy emisjonsfaktor, slik at $\epsilon > 0,9$.

14 Måling på kjøleaggregat

- Temperatur på ca. +36 ° C

- Emisjonsfaktor på malt metallplate 0,92

Kan måles uten problemer.

Tips: Bruk et liten måleflate testo 845.

15 Måling på bildek

- Temperatur på ca. +40 ° C

- Emisjonsfaktor på myk gummi 0,86

Kan måles uten problemer.

16 Måling ved utløp på ovn

- Temperatur på ca. +70 ° C

- Emisjonsfaktor på leire (brent) 0,91

Kan måles uten problemer.

17 Måling på lysrør

- Temperatur på +42 ° C

- Emisjonsfaktor på glass (glatt) 0,92–0,94

Kan måles uten problemer.

18 Måling på malte rør

- Temperatur på ca. +10 ° C

- Emisjonsfaktor av blåmaling 0,94

Kan måles uten problemer.

Tips: Bruk et måleinstrument med liten måleflate.

19 Måling på galvanisert utgående luftør

- Temperatur på ca. 38 ° C

- Utslippsnivå på sink 0,23

Påfør belegg som lakk eller tape med høy emisjonsfaktor eller utføre en sammenligningsmåling med kontakttermometer.

Tips: Bruk kombinert måleinstrument.

20 Måling på transformator (malt)

- Temperatur på ca. +70 ° C

- Emisjonsfaktor for transformatormaling 0,94

Kan måles uten problemer.

Tips: Bruk et måleinstrument med liten måleflate og stor avstand.

Max Sievert A/S

Hausmannsgt 6

0186 Oslo

Tlf. 22 99 20 90

firmapost@maxsievert.no

www.maxsievert.no