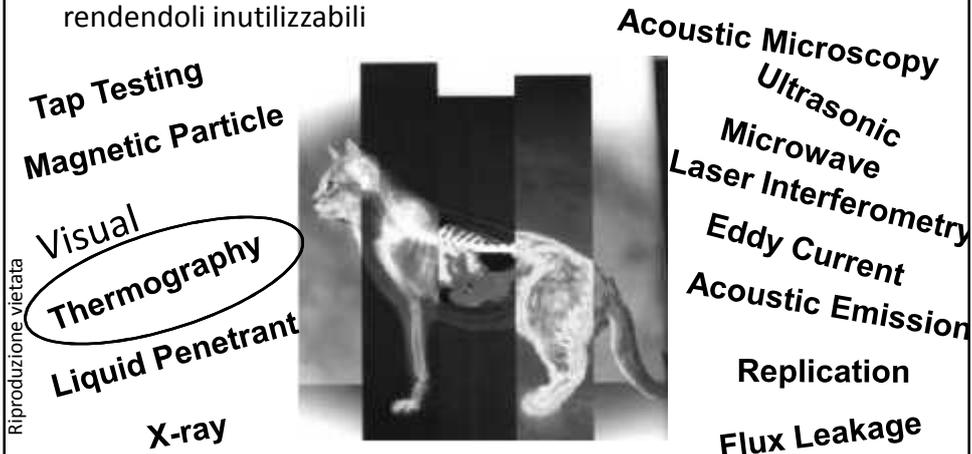


Non-Destructive Testing

L'insieme delle tecniche e delle procedure che hanno come fine la valutazione delle difettosità nei materiali o manufatti e/o su parti di essi, senza doverli distruggere in tutto o in parte rendendoli inutilizzabili



Principi di termografia applicata al soccorso

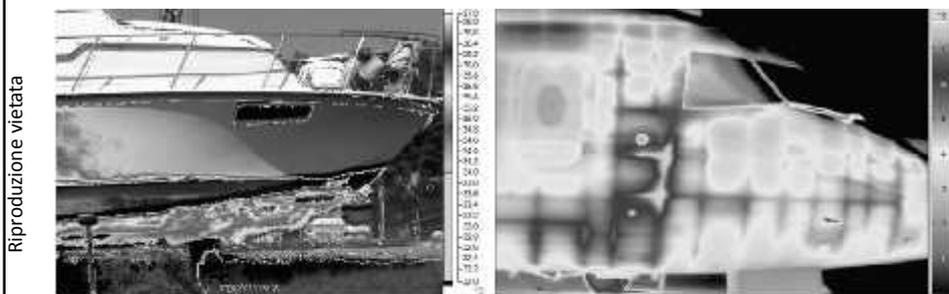
Ing. Massimiliano Sassi

Non-Destructive Testing

- verificare stato di efficienza e conservazione
- anticipare la rottura di materiali e manufatti
- prevenire danni economici derivanti da eventuali incidenti
- garantire un elevato grado di sicurezza per chi ne fa uso

UNI EN ISO 9712 formazione, qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive

-> metodi, tecniche, istruzioni, procedure



Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

UNI EN ISO 9712

Metodi Trattati

| Metodo PND | Abbreviazioni |
|------------------------|---------------|
| Emissione Acustica | AT |
| Correnti indotte | ET |
| Termografia infrarossi | TT |
| Rivelazione di fughe | LT |
| Particelle magnetiche | MT |
| Liquidi penetranti | PT |
| Radiografia | RT |
| Estensimetro | ST |
| Ultrasuoni | UT |
| Visivo | VT |

Il termine "industriale" (citato nella normativa) implica l'esclusione delle applicazioni nel campo della medicina o del soccorso.

Il sistema si può applicare anche ad altri metodi PND a condizione che esista uno schema completo di certificazione e che il metodo o la tecnica siano trattati da norme internazionali, regionali o norme nazionali, o che l'efficacia dei nuovi metodi o tecniche PND sia stata dimostrata in modo soddisfacente per l'organismo di certificazione.

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

UNI EN ISO 9712

Qualifica e certificazione del personale addetto alle NDT

LIVELLO 1

Una persona certificata di livello 1 ha dimostrato la competenza necessaria ad eseguire prove non distruttive secondo istruzioni scritte e sotto la supervisione di personale di livello 2 o 3.

Nell'ambito della qualificazione definita nel certificato, il personale di livello 1 può essere autorizzato dal datore di lavoro a eseguire in conformità alle istruzioni ricevute:

- Regolare l'attrezzatura PND
- Eseguire le prove
- Registrare e classificare i risultati delle prove secondo i criteri scritti
- Stendere un rapporto dei risultati

Il personale certificato di livello 1 non deve essere responsabile della scelta del metodo o della tecnica di prova da utilizzare, né dell'interpretazione dei risultati della prova.

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

UNI EN ISO 9712

Qualifica e certificazione del personale addetto alle NDT

LIVELLO 2

Una persona certificata di livello 2 ha dimostrato la competenza necessaria ad eseguire PND secondo le procedure. Nell' ambito della qualificazione definita nel certificato, il personale di livello 2 può essere autorizzato dal datore di lavoro a :

- Selezionare la tecnica PND per il metodo di prova da utilizzare
- Definire i limiti di applicazione del metodo di prova
- Tradurre i codici, le norme, le specifiche e le procedure PND in istruzioni PND adatte alle effettive condizioni lavorative
- Regolare e verificare le regolazioni delle attrezzature
- Eseguire e sovrintendere a prove
- Interpretare e valutare i risultati secondo le norme, i codici, le specifiche o le procedure applicabili
- Eseguire e sovrintendere a tutti gli incarichi di livello 2 o minore
- Fornire assistenza al personale di livello 2 o minore
- Redigere i rapporti delle PND

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

UNI EN ISO 9712

Qualifica e certificazione del personale addetto alle NDT

LIVELLO 3

Una persona certificata di livello 3 ha dimostrato la competenza necessaria ad eseguire e dirigere attività PND per la quale è certificata. Il personale di livello 3 ha dimostrato:

- La competenza per valutare e interpretare i risultati in relazione alle norme, ai codici e alle specifiche esistenti
- Una sufficiente conoscenza pratica dei materiali, delle tecnologie di fabbricazione, trattamento e produzione al fine di poter scegliere i metodi PND, stabilire tecniche PND e collaborare alla definizione di criteri di accettazione quando non esistono
- Una conoscenza generale di altri metodi PND

Nell' ambito della qualificazione definita nel certificato, il personale di livello 3 può essere autorizzato a:

- Assumersi la piena responsabilità di un laboratorio di prova o di un centro di esame e del relativo personale
- Stabilire, riesaminare per verificarne la correttezza editoriale e tecnica, nonché convalidare le istruzioni e le procedure PND
- Interpretare norme, codici, specifiche e procedure
- Stabilire i particolari metodi di prova, le procedure e le istruzioni PND da utilizzare
- Eseguire e sovrintendere a tutti gli incarichi di tutti i livelli
- Fornire assistenza al personale PND di tutti i livelli

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Contesto termografico

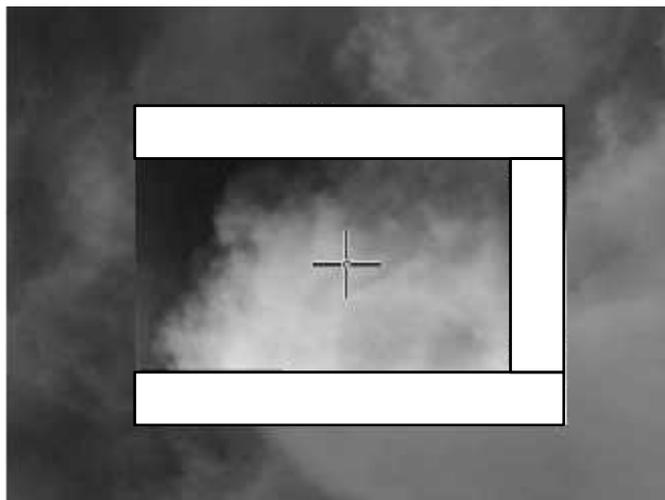


Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Contesto termografico



Riproduzione vietata

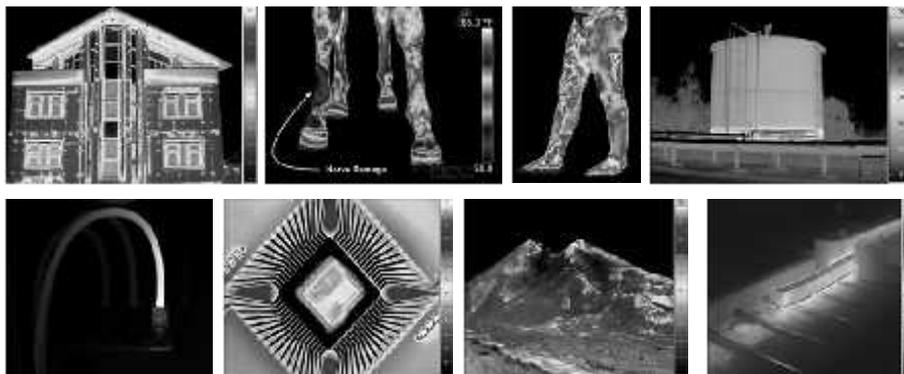
Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Definizione di termografia ad infrarosso

È la tecnica che permette una rappresentazione per immagini di oggetti attraverso il rilevamento dell'emissione della loro radiazione infrarossa.

La radiazione IR viaggia attraverso lo spazio alla velocità della luce e può essere: riflessa, rifratta, assorbita ed emessa.

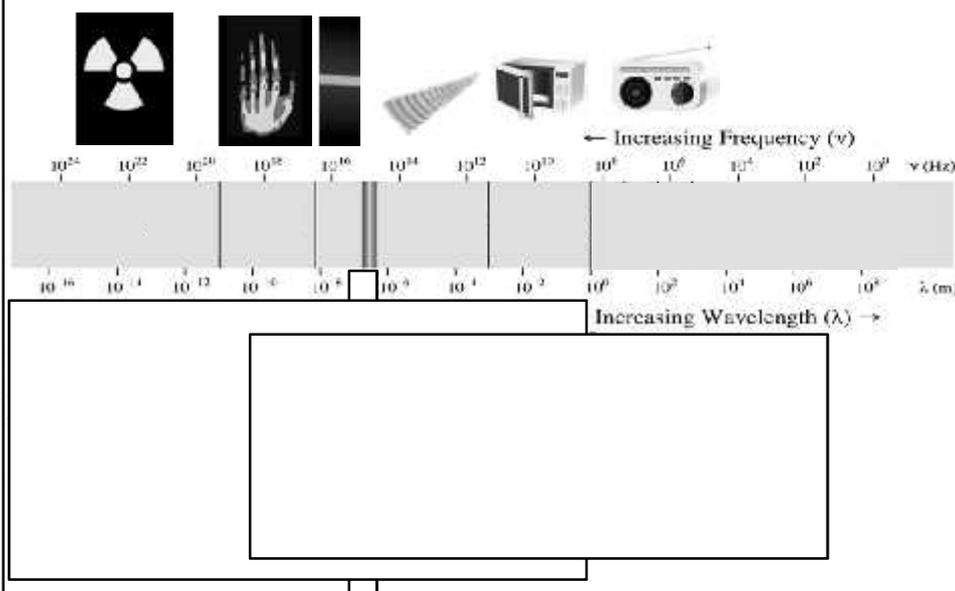


Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Spettro onde elettromagnetiche



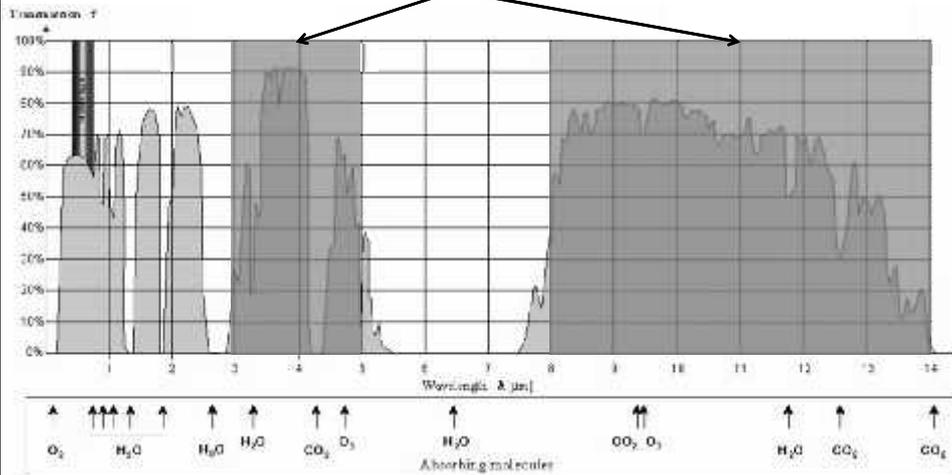
Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Bande spettrali

L'energia IR si propaga, dalla sorgente verso l'osservatore, attraverso l'atmosfera

Finestre atmosferiche



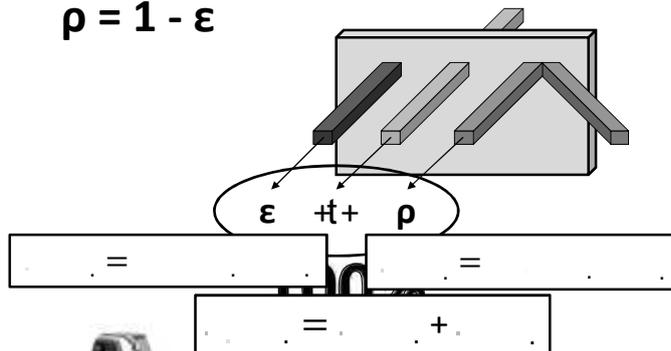
Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Emissione + Trasmissione + Riflessione = 1

$$\epsilon + \tau + \rho = 1$$

$$\rho = 1 - \epsilon$$



Riproduzione vietata



- Maggiore è l'emissività, più reale è la lettura della temperatura dell'oggetto
- Minore è l'emissività, più reale è la lettura della temperatura ambiente riflessa

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Emissività

Capacità di un corpo di irradiare energia termica in relazione alla sua temperatura reale

Numero compreso tra 0 ed 1

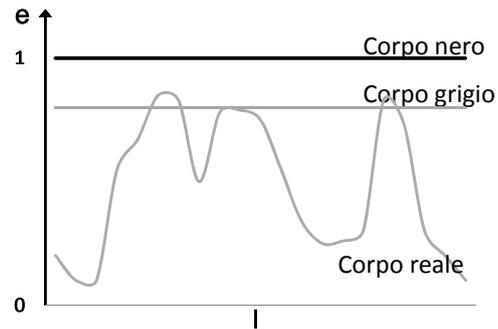
Solo il corpo nero ha $\epsilon = 1$ (emette ed assorbe il 100% dell'energia che possiede)

Il corpo nero è un oggetto ideale e non esiste in realtà

Tutti gli oggetti in natura hanno $\epsilon < 1$

Nella realtà dipende da

- lunghezza d'onda
- temperatura superficiale
- angolo di emissione
- forma del corpo
- tipo di materiale
- finitura superficiale

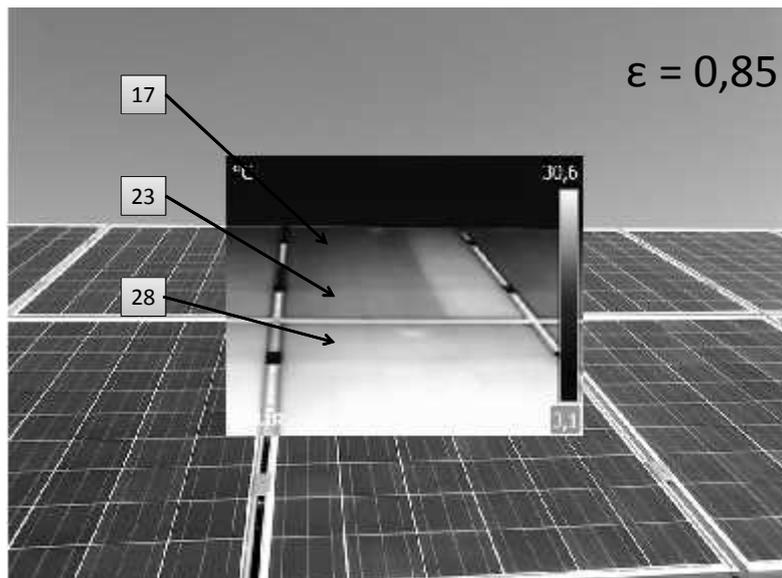


Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Emissività Angolo di ripresa



Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

**Emissività
Angolo di ripresa**

$\epsilon_B < \epsilon_A$

θ_B

θ_A

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

**Emissività
Angolo di ripresa**

$\epsilon = 1,00$

0,85

17 13

23 19

28 22

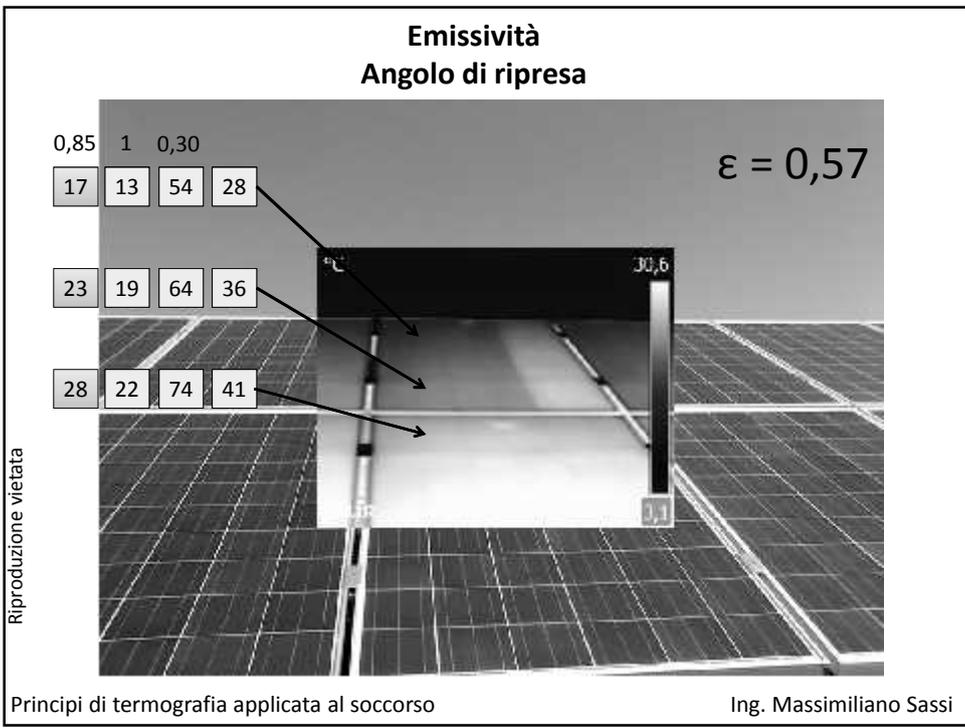
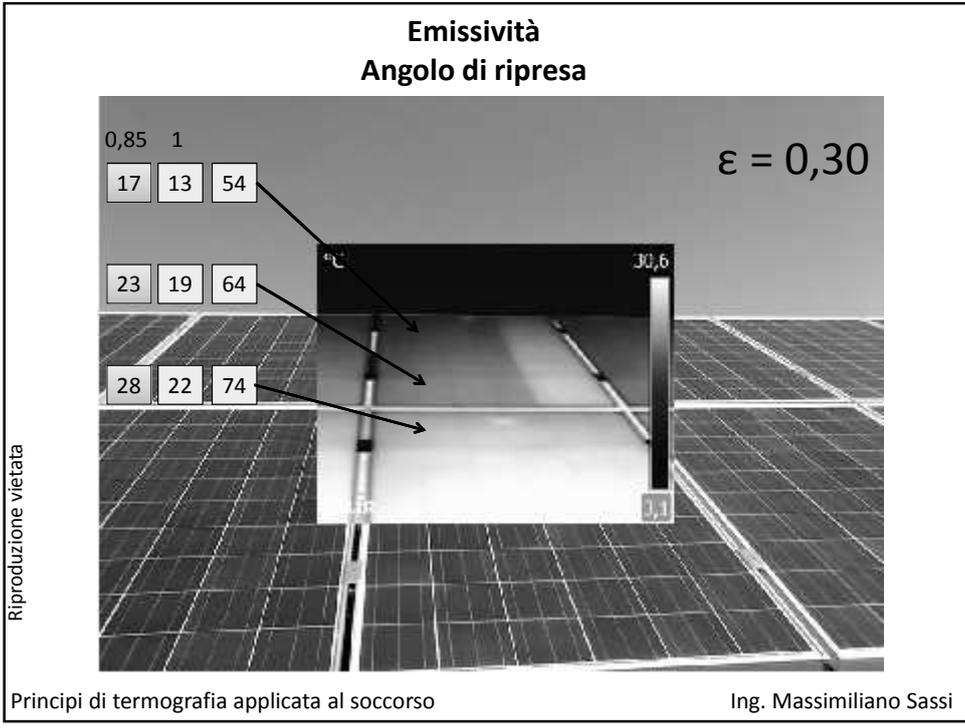
30,6

0,1

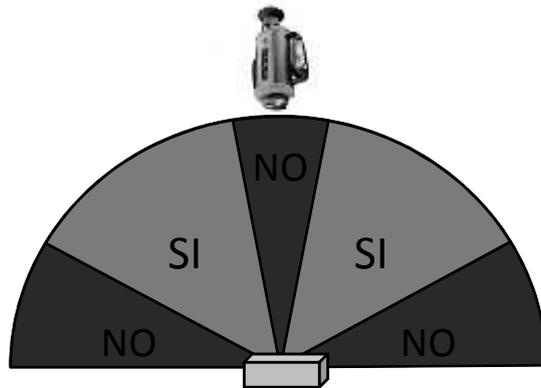
Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi



Angolo di ripresa



Compreso tra 20° e 50° per materiali edili
Ex: Si stringe per pannelli fotovoltaici

Cosa accade se riprendiamo con un angolo prossimo allo 0?
Non ci accorgiamo della riflessione prodotta dal nostro corpo
Quale è un vantaggio di riprendere con un angolazione inclinata di circa 30°-40°?
Possiamo riconoscere le riflessioni muovendoci con il corpo e la strumentazione

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Angolo di ripresa



Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Angolo di ripresa



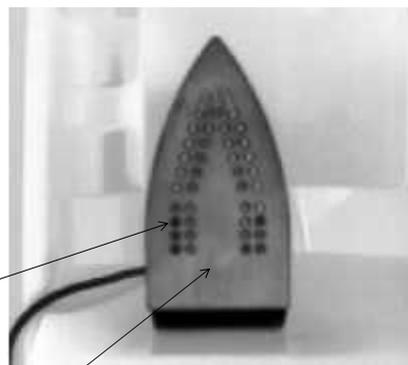
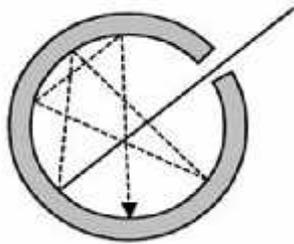
Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Forma del materiale

Fori e forme concave causano riflessioni multiple al loro interno
Quindi si ha un aumento di emissività!



5,5°C
 $\epsilon = 1$

5,1°C
 $\epsilon = 0,97$

16°C
 $\epsilon = 1$

4,9°C
 $\epsilon = 0,2$

Riproduzione vietata

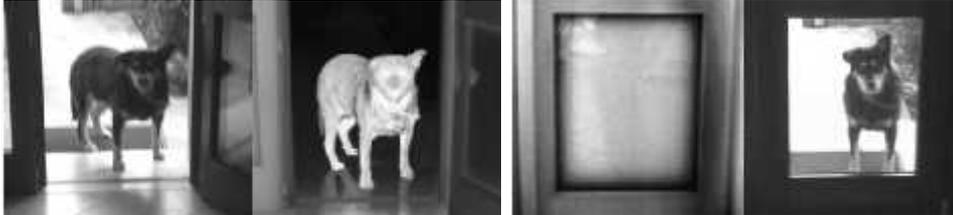
Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Trasmissività del materiale

Un corpo opaco ha un fattore di trasmissione = 0
Ovvero l'energia non lo può attraversare

Un corpo parzialmente trasparente ha un fattore di trasmissione > 0
Ovvero parte dell'energia può attraversarlo



Riproduzione vietata

- Il vetro in funzione del suo spessore ha una buona trasmissività fino a ca 3 μ m;
- La sua trasmissività cala bruscamente da 5 μ m dove è opaco
- Volendo effettuare una misura attraverso una lastra di vetro è necessaria una termocamera sensibile alle SW
- Le ottiche della termocamera devono essere trasparenti nella banda utilizzata (ove il sensore ha la massima sensibilità)

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Trasmissività del materiale



Finestre IR

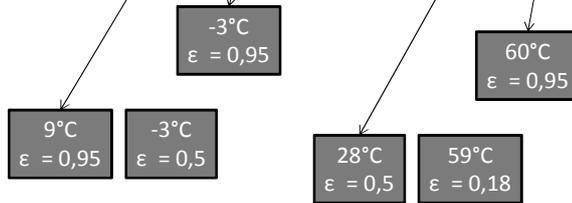
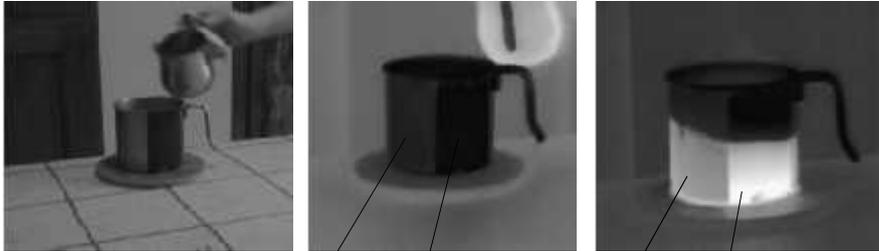


Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Temperatura del materiale



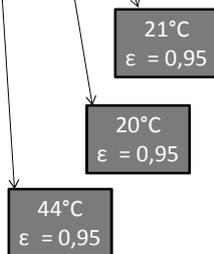
La differenza di temperatura destra – sinistra è solo apparente (cambia ϵ)

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Tipo di materiale e riflessioni ambiente circostante

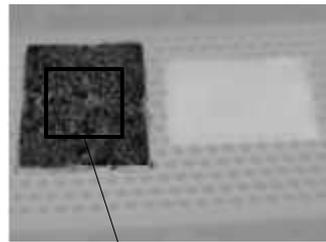
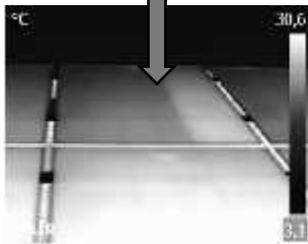
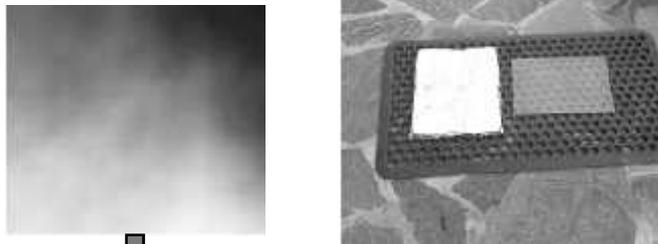


Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Temperatura riflessa



-8°C
 $\epsilon = 1$
 $d = 0$

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Trifl, Emissività, Temperatura



Corpo nero?

$T_{rifi} = 21^\circ\text{C}$
 $\epsilon = 1$
 $d = 0$

$T = 22^\circ\text{C}$
 $T_{rifi} = 21^\circ\text{C}$
 $\epsilon = 1$
 $d = 2$

$T = 47^\circ\text{C}$
 $T_{rifi} = 21^\circ\text{C}$
 $\epsilon = 0,18$
 $d = 2$

$T = 50^\circ\text{C}$
 $T_{rifi} = 21^\circ\text{C}$
 $\epsilon = 0,95$
 $d = 2$

Per misurare la temperatura della radiazione riflessa, posizionare il radiatore di Lambert vicino all'oggetto di misura o sullo stesso piano.

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

**VALUTAZIONE DELL'EMISSIVITÀ COL METODO
DELLA MISURA DIRETTA DELLA
TEMPERATURA**

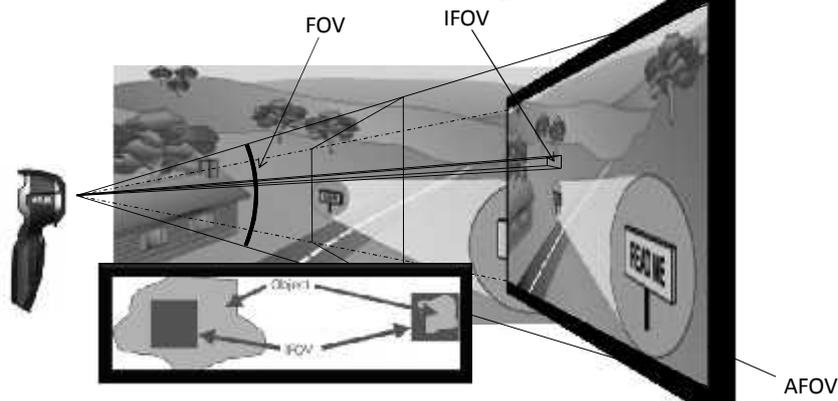
È possibile utilizzare questo metodo quando si può toccare l'elemento da termografare. Ecco la procedura per determinare l'emissività

- 1.a. Misurare la temperatura reale del materiale per mezzo di un termometro con sensore a contatto.
- 1.b. Misurare immediatamente od in contemporanea la temperatura dello stesso oggetto con il termometro all'infrarosso o con la stessa termocamera possibilmente nello stesso punto misurato con sensore a contatto.
- 1.c. Variare l'impostazione dell'emissività sino a quando non si ottiene la lettura della stessa temperatura ricavata con le modalità del punto 1.a.
- 1.d. Raggiunta la stessa temperatura si legge il valore di emissività imposto e questo rappresenta l'emissività di quel materiale in quelle precise condizioni ambientali.

Questo metodo, da esperienze sul campo, non risulta essere sempre affidabile e pratico in quanto una termocoppia necessita di un eccellente contatto termico con la superficie, ottenuto solitamente incollando e ricoprendo il sensore con un isolatore termico.

Riproduzione vietata

**Qual è l'oggetto più piccolo che posso misurare
con una termocamera?**



| Resolution: 320 x 240 pixels | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|----|
| Field of view in degrees: 18.4 | | | | | | | | | |
| D (m) | 0.30 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 25.00 | 50.00 | 100.00 | m |
| HFOV | 0.16 | 0.33 | 0.66 | 1.62 | 3.25 | 6.18 | 12.06 | 24.22 | m |
| VFOV | 0.12 | 0.24 | 0.49 | 1.22 | 2.44 | 4.70 | 9.29 | 18.29 | m |
| IFOV | 0.51 | 1.02 | 2.08 | 5.08 | 10.15 | 20.41 | 40.81 | 81.63 | mm |

Riproduzione vietata

| Specifications | Point & Shoot | | | | Performance | | |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | E4 | E5 | E6 | E8 | E40 | E50 | E60 |
| Accuracy | ±1°C (±0.8°F) or ±2% of reading | | | | ±2°C (±3.6°F) or ±2% of reading | | |
| Thermal Resolution | 4,800 (80 × 60) | 12,800 (120 × 80) | 18,800 (180 × 140) | 26,500 (260 × 210) | 18,800 (180 × 140) | 43,800 (430 × 340) | 26,500 (260 × 210) |
| Thermal Sensitivity | <1.1°C | <1.1°C | <1.1°C | <1.1°C | <1.1°C | | |
| Temperature Range | -1°F to +32°F (-20° to 25°C) | | | | -1°F to +300°F (-20° to 150°C) | | |
| Measurement Modes | 2 presets: center spot, hot spot, cold spot, no measurements | | 4 presets: center spot, hot spot, cold spot, no measurements | | 7 presets: center spot, hot spot (low max), cold spot (low min), 3 spots, hot spot + spot (low max + spot + data), hot spot + temperature (hot max + min + data), no measurements | | |
| User Presets | Center / Fixed | | | | 3 movable | | |
| Spot Mode | • | | | | • | | |
| Area Mode | • | | | | • | | |
| Profile | • | | | | • | | |
| Color Alarm (optional) | Blue below, red above | | | | Blue below, red above, yellow interval | | |
| Frame Rate | 9 Hz | | | | 30 Hz | | |
| Field of View | 45° × 34° | | | | 30° × 18° | | |
| Optional Lenses | Focus free | | | | 15° telephoto, 45° Wide Angle | | |
| Focus | Focus free | | | | Manual | | |
| Continuous Auto Focus | • | | | | • | | |
| Min. Focus Distance | 1.6 ft (0.5 m) | | | | 1.2 ft (0.4 m) | | |
| Radiometric JPEG via USB | • | • | • | • | • | • | |
| Radiometric JPEG to SD Card | • | • | • | • | • | • | |
| MPEG4 to SD (non-radiometric IR) | • | • | • | • | • | • | |
| MPEG4 via USB (non-radiometric IR/Visual) | • | • | • | • | • | • | |
| Radiometric streaming via USB | • | • | • | • | • | • | |
| Display Size | 3.1" | | | | 3.5" | | |
| Touchscreen | • | | | | • | | |
| Auto Orientation | • | | | | • | | |
| MSX Thermal Image Enhancement | • | • | • | • | • | • | |
| Viewfinder | • | | | | • | | |
| Color Palettes | 3: Iron, Rainbow, and Gray | | | | 7: Arctic, White hot, Black hot, Iron, Lava, Rainbow, and Rainbow High Contrast | | |
| Battery Operating Time | 4 hrs | | | | 4 hrs | | |
| Built-in Digital Camera | 5 MP | | | | 3.1 MP | | |

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

| Specifications | T420 | | High-Performance | | |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------|
| | T420 | T440 | T600 | T820 | T840 |
| Accuracy | ±1°C (±1.8°F) or ±2% of reading | | ±2°C (±3.6°F) or ±2% of reading | | |
| Thermal Resolution | 7,800 (78 × 78) | 12,800 (128 × 128) | 17,800 (178 × 178) | 307,800 (307 × 307) | |
| Thermal Sensitivity | <1.1°C | | <1.1°C | | |
| Temperature Range | -1°F to +320°F (-20°C to 160°C) (Optional to ±180°C) | | -1°F to +300°F (-20°C to 150°C) (Optional to ±180°C) | | |
| Measurement Modes | 7 presets: center spot, hot spot (low max), cold spot (low min), 3 spots, hot spot + spot (low max + spot + data), hot spot + temperature (low max + min + data), no measurements | | 8 presets: center spot, hot spot (low max), cold spot (low min), no measurements, user preset 1, user preset 2 | | |
| User Presets | 5 movable | | 10 movable | | |
| Spot Mode | • | | • | | |
| Area Mode | • | | • | | |
| Profile | • | | • | | |
| Color Alarm (optional) | Blue below, red above, yellow interval | | Blue below, red above, yellow interval | | |
| Frame Rate | 30 Hz | | 30 Hz | | |
| Field of View | 25° × 19° | | 25° × 19° | | |
| Optional Lenses | 6°, 15° tele, 40° & 80° Wide, Dolo up 100, 60, 60, 60 | | 7° & 15° tele, 40° & 80° Wide, Dolo up 100, 60, 60, 60, 60 | | |
| Focus | Focus free | | Manual & Automatic | | |
| Continuous Auto Focus | • | | • | | |
| Min. Focus Distance | 1.3 ft (0.4 m) | | 0.8 ft (0.25 m) | | |
| Radiometric JPEG via USB | • | • | • | • | • |
| Radiometric JPEG to SD Card | • | • | • | • | • |
| MPEG4 to SD (non-radiometric IR) | • | • | • | • | • |
| MPEG4 via USB (non-radiometric IR/Visual) | • | • | • | • | • |
| Radiometric streaming via USB | • | • | • | • | • |
| Display Size | 3.5" | | 4.3" | | |
| Touchscreen | • | | Capacitive touch screen | | |
| Auto Orientation | • | | Capacitive touch screen | | |
| MSX Thermal Image Enhancement | • | • | • | • | • |
| Viewfinder | • | | • | | |
| Color Palettes | 3: Arctic, White hot, Black hot, Iron, Lava, Rainbow, and Rainbow High Contrast | | 7: Arctic, White hot, Black hot, Iron, Lava, Rainbow, and Rainbow High Contrast | | |
| Battery Operating Time | 4 hrs | | 4.5 hrs | | |
| Built-in Digital Camera | 3.1 MP | | 5 MP | | |

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Localizzazione fughe gas

Termografia



Riproduzione vietata

È possibile visualizzare le perdite di alcuni tipi di gas se:

- Il gas possiede una banda dello spettro in cui presenta una bassa trasmissività
- Questa banda è compresa all'interno della banda di sensibilità del sensore
- La temperatura apparente del gas è diversa da quella dello sfondo (o ambiente)
- Si possono usare dei filtri passabanda dove il gas ha trasmissività più bassa
- Per rilevare bene il gas occorre una termocamera con elevata sensibilità (ca € 60.000) -> poca energia + abbattimento filtro

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

E nel soccorso vale tutto quello che ci siamo detti?



Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso

- Vedere attraverso il fumo denso e nell'oscurità
- Avere la possibilità di vedere in condizioni di visibilità zero
- Localizzare e rilevare le temperature degli oggetti sulla scena
- Individuare il luogo e l'origine dell'incendio
- Muoversi rapidamente alla ricerca ed in soccorso dei feriti
- Migliorare significativamente la sicurezza e la mobilità
- Vedere se c'è un incendio acceso dietro ad una parete (evitare "ritorni di fiamma")
- Identificare quali parti di un incendio sono ancora calde per prevenire una ripresa spontanea della combustione.

È una videocamera con funzionamento completamente automatico; durante l'uso non è necessario alcun controllo o regolazione.



Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso



T4 Max



882



Dräger



UCF 3600



5800 HD

Riproduzione vietata

| Proprietà | Valori |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campo di temperatura (commutabile) | Campo di misura 1: -20...100 °C (-4...212 °F) Campo di misura 2: 0...350 °C (32...662 °F) Campo di misura 3: 350...550 °C (662...1022 °F) |

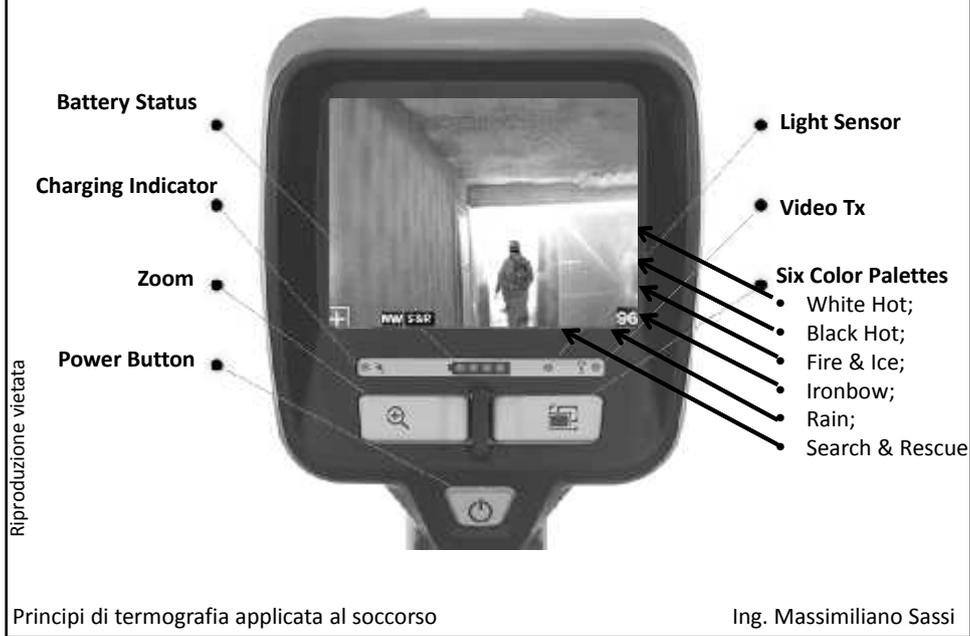
Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso



Utilizzo della termocamera applicata al soccorso



Utilizzo della termocamera applicata al soccorso



Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso



Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso

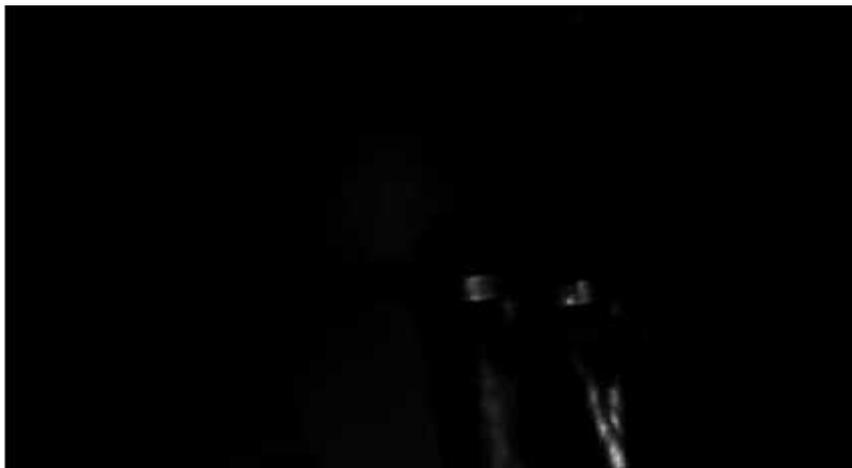


Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso



Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi



Slide scaricabili al seguente indirizzo
<http://www.massimilianosassi.it/>
Nella sezione «Seminari con ordini» -> «Termocamera»
cliccare sul link «Scarica le dispense dei seminari»

Grazie per l'attenzione

Ing. Massimiliano Sassi
Studio Tecnico 
m.sassi@massimilianosassi.it

Riproduzione vietata

Principi di termografia applicata al soccorso

Ing. Massimiliano Sassi