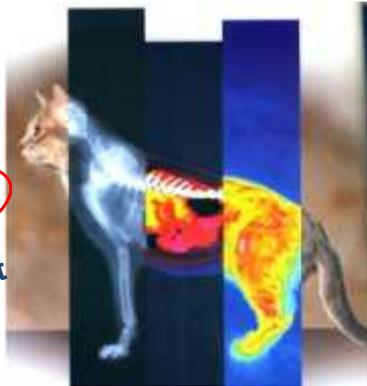


Non-Destructive Testing

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

Riproduzione vietata

Tap Testing
Magnetic Particle
Visual
Thermography
Liquid Penetrant
X-ray



Acoustic Microscopy
Ultrasonic
Microwave
Laser Interferometry
Eddy Current
Acoustic Emission
Replication
Flux Leakage

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

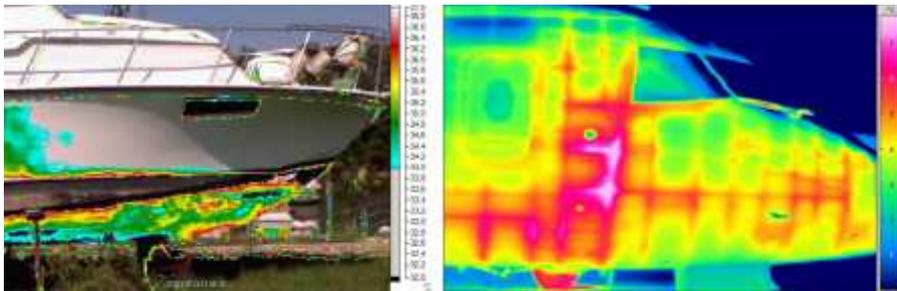
09 45 32

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



Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

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.

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Riproduzione vietata

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.

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Riproduzione vietata

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 adattate 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

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4



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:

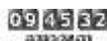
- La competenza per valutare e interpretare i risultati in relazione alle norme, ai codici e alle specifiche esistenti
- Una sufficiente conoscenza pratica dei materiali, delle tecnologie di fabbricazione, trattamento e produzione al fine di poter scegliere i metodi PND, stabilire tecniche PND e collaborare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

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4



Ing. Massimiliano Sassi

Contesto termografico



Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
31120201

Ing. Massimiliano Sassi

Contesto termografico



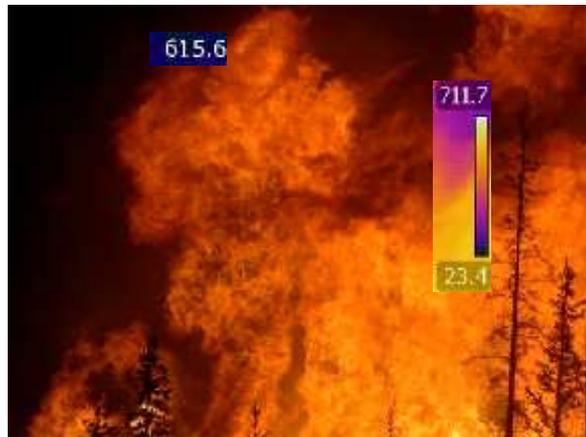
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
31120201

Ing. Massimiliano Sassi

Contesto termografico



Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

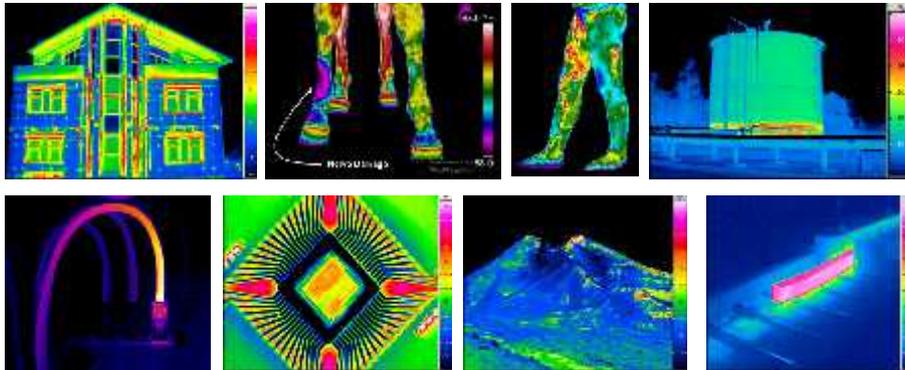
09 45 32

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.



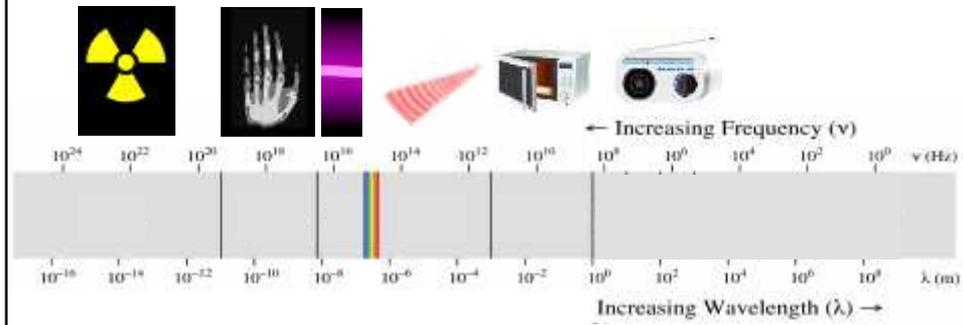
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Spettro onde elettromagnetiche



Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

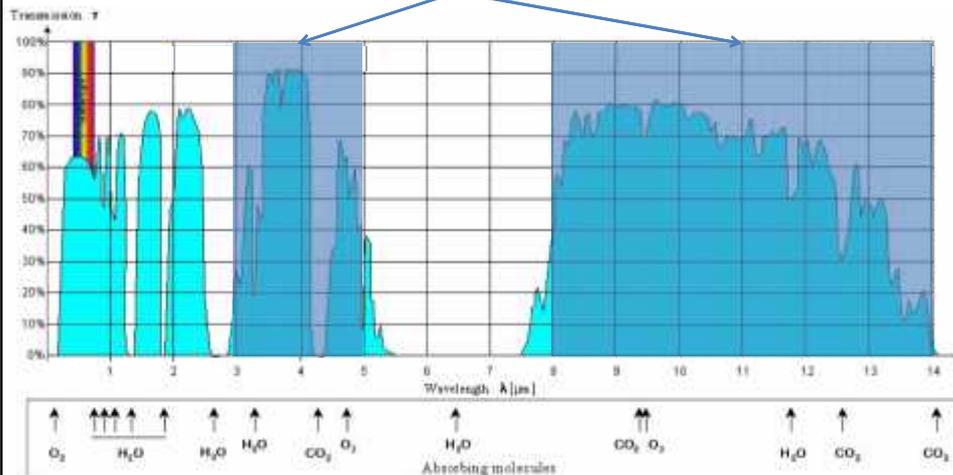
09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Bande spettrali

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

Finestre atmosferiche



Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

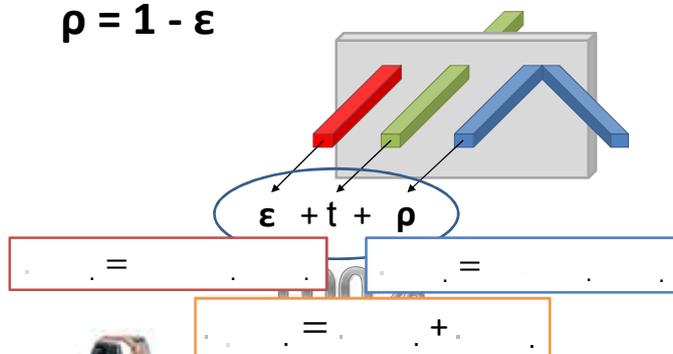
09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Emissione + Trasmissione + Riflessione = 1

$$\varepsilon + \tau + \rho = 1$$

$$\rho = 1 - \varepsilon$$



- 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

Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Immagini termografiche

L'energia incidente sul sensore viene elaborata dall'elettronica della termocamera in modo da formare un'immagine.

Il termogramma è un'immagine bidimensionale visualizzata mediante una scala di falsi colori, in diverse palette cromatiche selezionabili dall'utente.

La termocamera non misura la temperatura, ma l'energia che riceve attraverso l'obiettivo.

E' l'operatore che effettua la misura della temperatura.

In fase di post-processing non posso cambiare (FORD = FOCUS, Range, Distance)

- Focus: messa a fuoco ottica
- Range: intervallo di calibrazione (non intervallo termico)
- Distance: distanza di ripresa (zoom digitale non aggiunge informazioni radiometriche)

Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Immagini termografiche

Risoluzione Termica

La risoluzione termica di uno strumento termografico è la minima differenza di temperatura apparente (delta termico) tra due punti adiacenti, che la termocamera riesce a rilevare (influenzata dalla catena di misura del sensore, elettronica di controllo)

Risoluzione Geometrica

Dimensione in pixel del sensore della termocamera. La risoluzione geometrica è determinante per la scelta della macchina e relativo campo di applicazione.

Una immagine è formata da pixel.

Un elevato numero di pixel permette di individuare piccole anomalie anche a grandi distanze.

Ad una distanza prefissata, con lo stesso campo inquadrato si ottiene una migliore risoluzione con più alto numero di pixel.

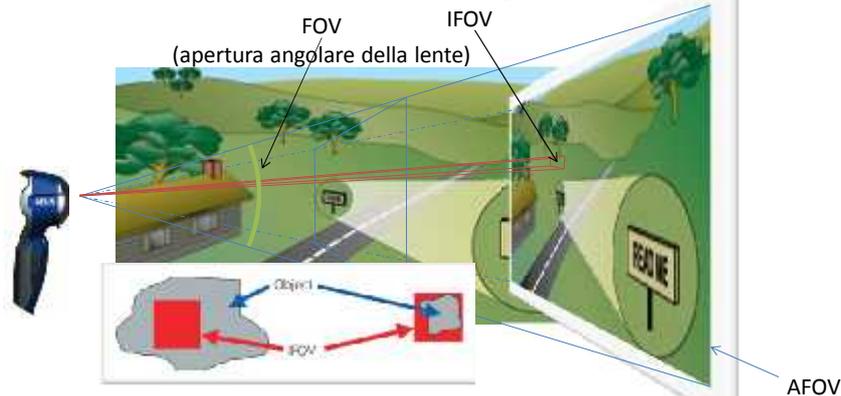
Riproduzione Vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
01120201

Ing. Massimiliano Sassi

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



Risoluzione 100 e 40° campo									
Field of view in deg. res. 15.4°									
Distanza	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	25.00	50.00	100.00	m.
H-FOV	0.18	0.35	0.68	1.63	3.25	8.13	16.25	32.50	m.
V-FOV	0.15	0.31	0.61	1.52	3.04	7.60	15.20	30.40	m.
IFOV	0.5°	1.0°	2.0°	5.0°	10.0°	25.0°	50.0°	100.0°	mm.

Riproduzione Vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
01120201

Ing. Massimiliano Sassi

Immagine termografiche

Range di temperatura

Impostazione della macchina al di sopra e al di sotto della quale non è possibile utilizzare la termocamera

Span (Campo)

intervallo di temperatura effettivamente utilizzato detto anche "contrasto termico"

Livello

punto centrale del campo detto anche "luminosità termica"

Riproduzione vietata

Specificazione	Point & Shoot				Performance		
	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Zooming		-20°C (-1.0°C) to 425°C (Freezing)			-20°C (-1.0°C) to 425°C (Freezing)		
Thermal Resolution	4,000 (100 x 100)	7,000 (180 x 300)	11,000 (100 x 100)	20,000 (100 x 100)	10,000 (100 x 100)	40,000 (100 x 100)	70,000 (100 x 100)
Thermal Sensitivity	< 10°C	< 10°C	< 0.05°C	< 0.05°C	< 0.04°C		
Temperature Range		-40°C to 425°C (-40°C to 800°C)			-40°C to 425°C (-40°C to 800°C)		
Measurement Range	2 pixels (range from no measurement)	4 pixels (range from no measurement)			7 pixels (range from no measurement)		
Zoom Range		Zoom/Free			Zoom/Free		
Spot Mode		On/Off			On/Off		
Spot Mode		* * *			* * *		
Profile							
Color Matrix (optional)		Blue below red above			Blue below red above, yellow below		
Image Show		On/Off			On/Off		
Image Show		On/Off			On/Off		
Optional Lens		Focus Free			1.2" lens with 45° View Angle (Metal)		
Focus		Focus Free			Focus Free		
Object Size (mm)		1.8" (45.7 mm)			1.8" (45.7 mm)		
Min. Focus Distance		1.8" (45.7 mm)			1.8" (45.7 mm)		
Resolution (IFOV)	*	*			*		
Resolution (IFOV) SD Card	*	*			*		
MFSD to SD (on network) [F]	*	*			*		
MFSD to SD (on network) [R]	*	*			*		
Resolution (mm) via USB	*	*			*		
Display Size		3.0"			3.0"		
Touch Screen		+			+		
Auto Off/On		+			+		
WiFi (remote image enhancement)	*	*			*		
Weather							
Color Palettes		Green, Rainbow, and Gray			21 Colors, White, Red, Black, Blue, Green, Yellow, Orange, and the Low High Contrast, etc.		
Image Download Time		4.0 sec			4.0 sec		
Image Digital Format		1920 x 1080			1920 x 1080		

Precisazioni

Colore / Emissività

Il colore visibile non è una variabile che influenza l'emissività.

Il colore visibile è il modo con cui una superficie riflette ed assorbe la luce visibile.

Le Termocamere IR non percepiscono la luce visibile pertanto non sono influenzate dal colore.

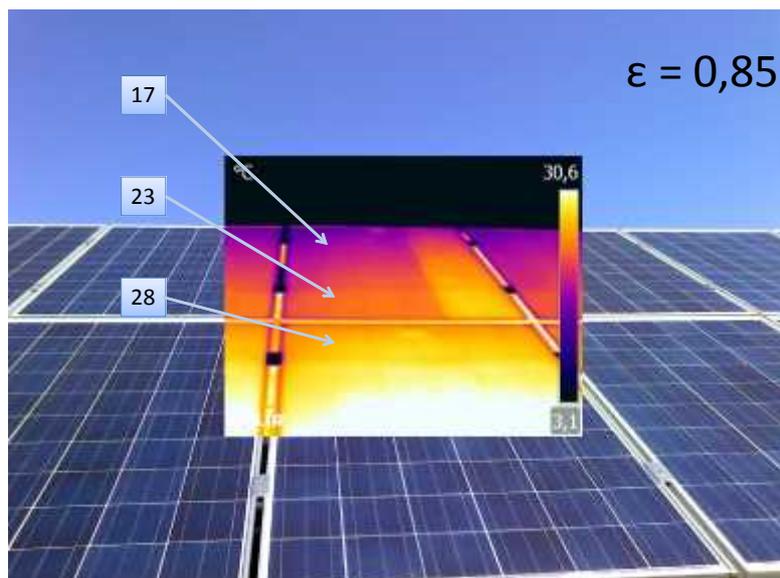
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Emissività Angolo di ripresa



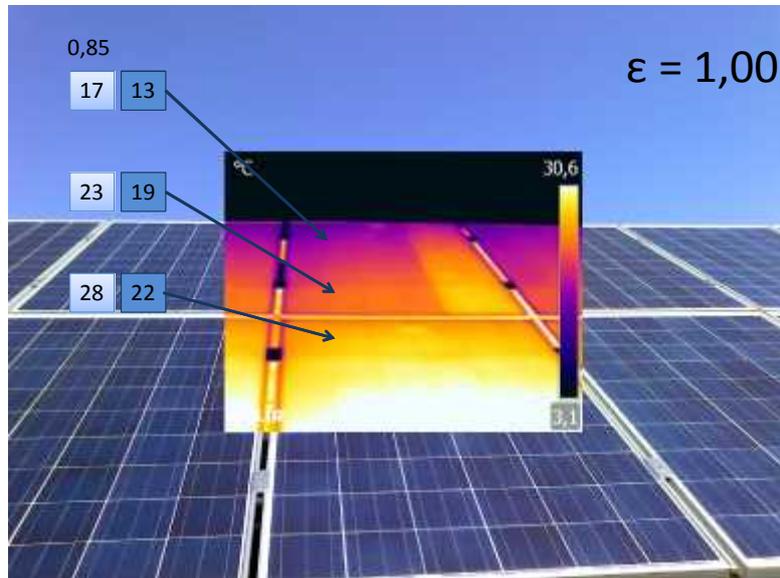
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Emissività Angolo di ripresa



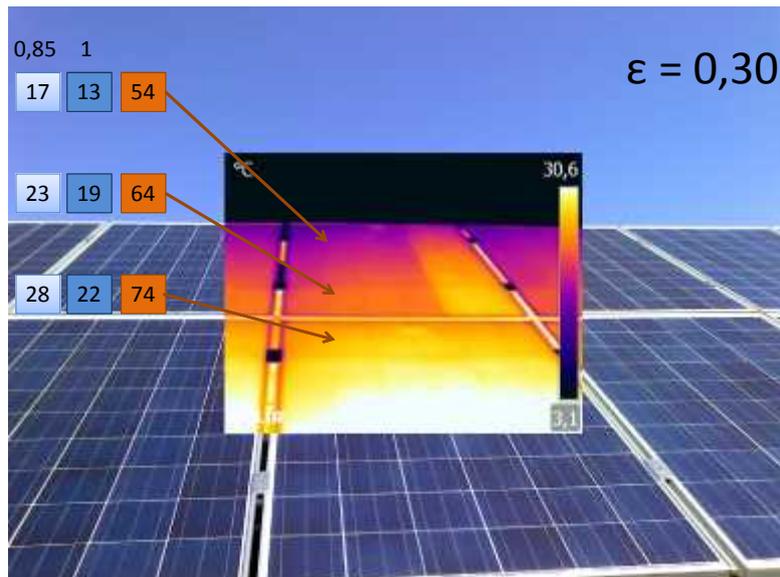
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Emissività Angolo di ripresa

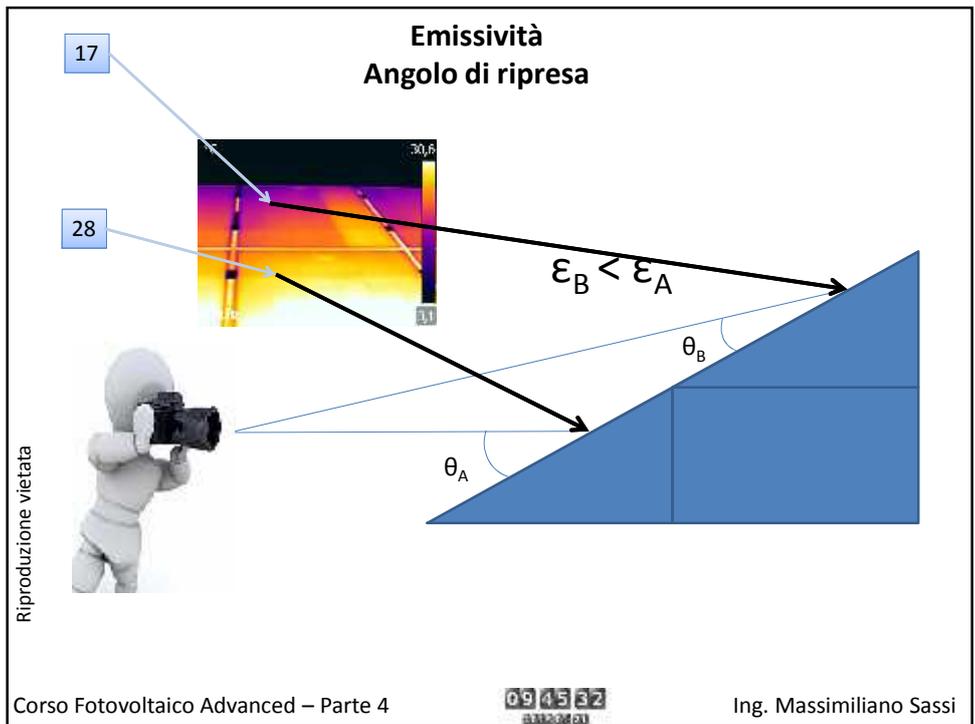
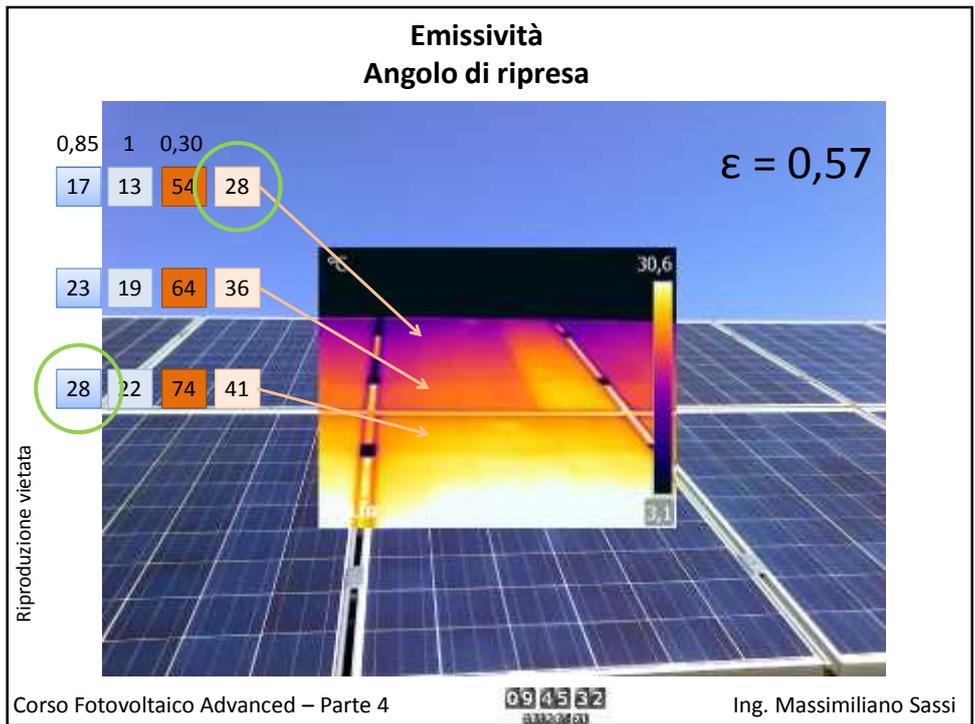


Riproduzione vietata

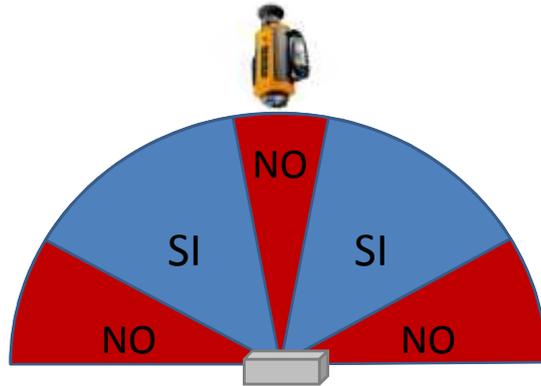
Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

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

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

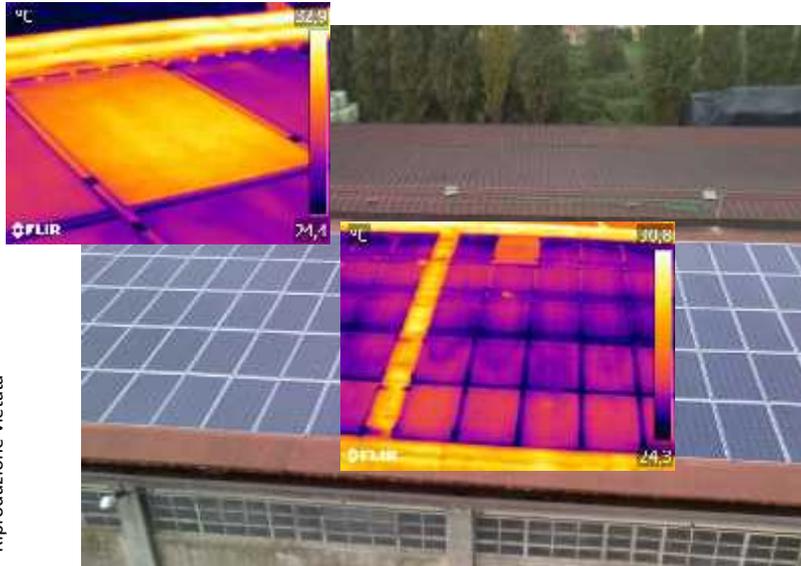


Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Angolo di ripresa



Riproduzione vietata

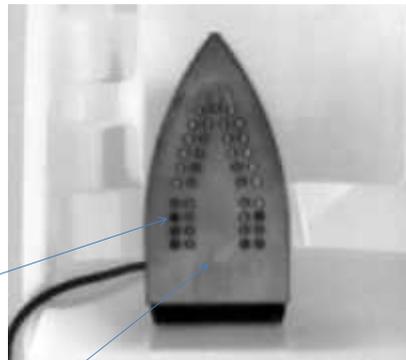
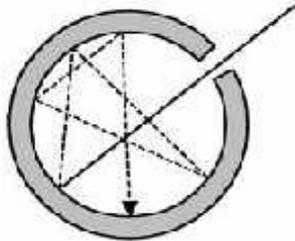
Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Forma del materiale

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



Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

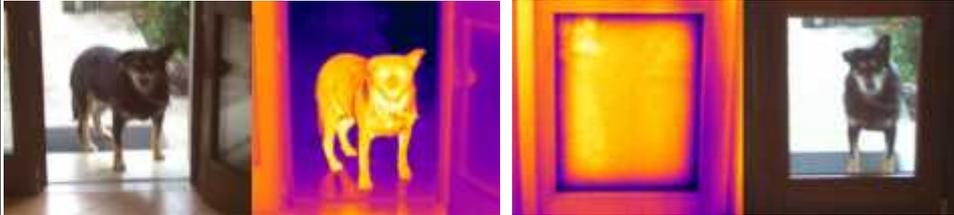
09 45 32

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

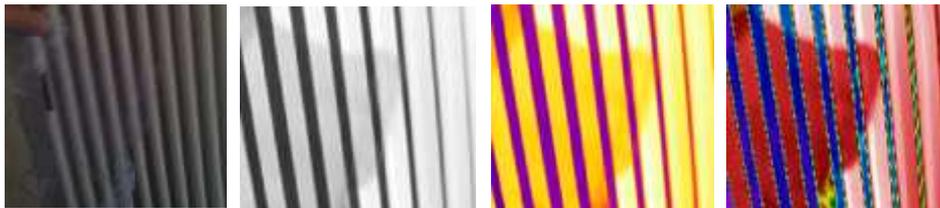
- Il vetro in funzione del suo spessore ha una buona trasmissività fino a ca 3 μ m;
- La sua trasmissività cala bruscamente da 5 μ m dove è opaco
- Volendo effettuare una misura attraverso una lastra di vetro è necessaria una termocamera sensibile alle SW
- Le ottiche della termocamera devono essere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

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
31120201

Ing. Massimiliano Sassi

Trasmissività del materiale



Finestre IR



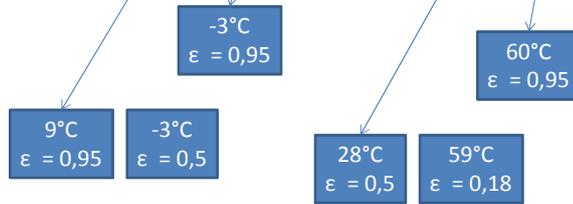
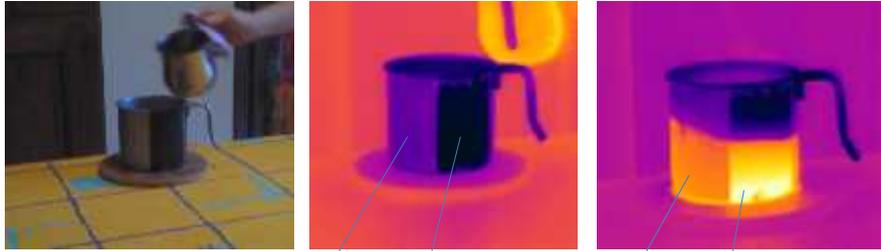
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
31120201

Ing. Massimiliano Sassi

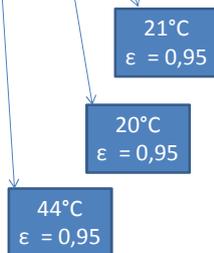
Temperatura del materiale



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

Riproduzione vietata

Tipo di materiale e riflessioni ambiente circostante



Riproduzione vietata

Temperatura riflessa



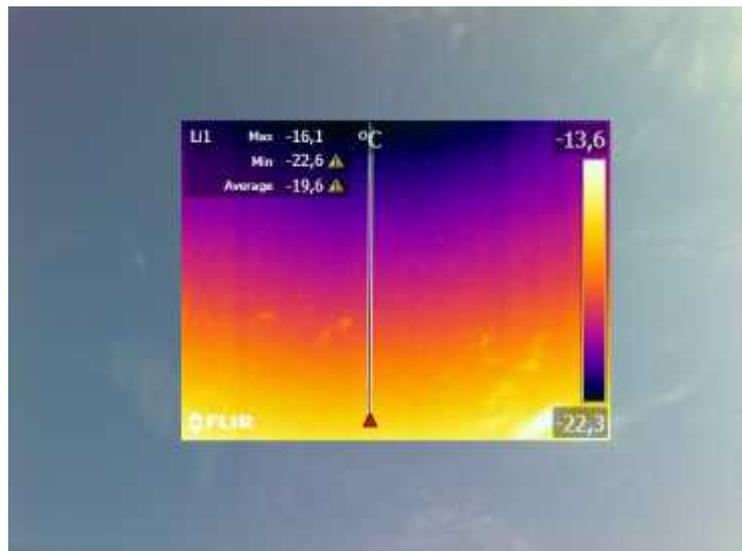
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Temperatura riflessa



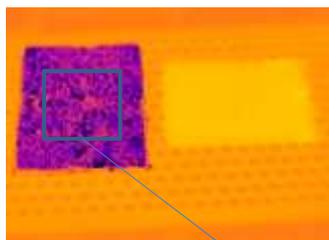
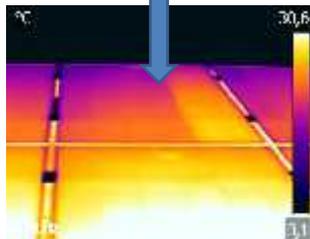
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Temperatura riflessa



-8°C
 $\epsilon = 1$
 $d = 0$

Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Dall'energia alla temperatura

Fondamentali per la corretta misura della temperatura:

EMISSIVITA'

L'emissività è la capacità di una superficie di emettere nell'infrarosso

TEMPERATURA APPARENTE RIFLESSA (Trefl)

Ciò che viene riflesso dalla superficie verso la termocamera

E' l'operatore che determina l'Emissività e la Trefl quindi introduce i valori nella termocamera

NON E' AUTOMATICO

Inserendo valori errati, è possibile incorrere in gravi errori!

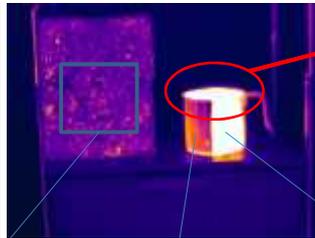
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Trifl, Emissività, Temperatura



Corpo nero?

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

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

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

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

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

Riproduzione Vietata

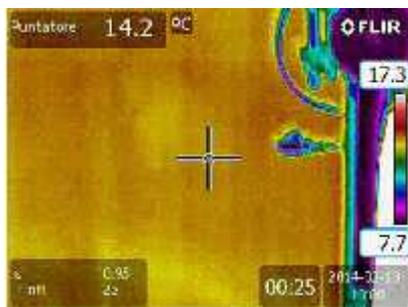
Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

Localizzazione fughe gas

Termografia



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

Riproduzione Vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32

Ing. Massimiliano Sassi

E nel soccorso vale tutto quello che ci siamo detti?



Riproduzione Vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
31120201

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso tecnico

- 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

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
31120201

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso tecnico



5800 HD



UCF 3600



5800 HD

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: 550...550 °C (1022...1022 °F)

Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4



Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso

Battery Status

Charging Indicator

Zoom

Power Button

Light Sensor

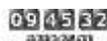
Video Tx

Six Color Palettes



Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4



Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso



Utilizzo della termocamera applicata al soccorso tecnico



Utilizzo della termocamera applicata al soccorso tecnico



Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
01120201

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso tecnico



Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
01120201

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso tecnico



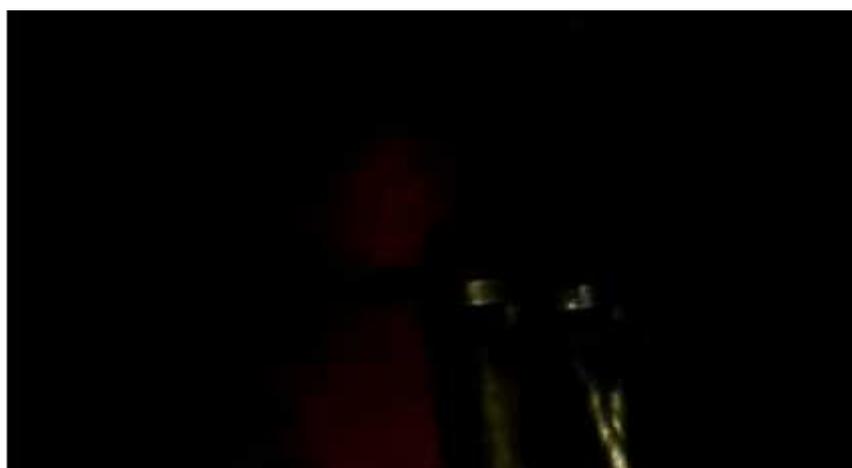
Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
81120201

Ing. Massimiliano Sassi

Utilizzo della termocamera applicata al soccorso tecnico



Riproduzione vietata

Corso Fotovoltaico Advanced – Parte 4

09 45 32
81120201

Ing. Massimiliano Sassi



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma



Ing. Massimiliano Sassi
m.sassi@massimilianosassi.it

18 28 43
3330400