

**REGIONE EMILIA-ROMAGNA  
PROVINCIA DI MODENA  
COMUNE DI FANANO**



## **PROGETTO ESECUTIVO**

**RIQUALIFICAZIONE ED ADEGUAMENTO DELLA  
PALESTRA SCOLASTICA PIAZZALE FAIRBANKS**  
- CIG 96291691A3 - C.U.P. D69I22000080006

### **(2.1) REPORT DELL'INDAGINE TERMOGRAFICA**

Il professionista incaricato:  
**ING. FABIO LUGLI**



## INDICE

<b>A. ANALISI TERMOGRAFICA.....</b>	<b>4</b>
<b>B. CARATTERISTICHE DELLA TERMOCAMERA.....</b>	<b>6</b>
<b>C. CAMPAGNA TERMOGRAFICA .....</b>	<b>10</b>
C.1. PREMESSE .....	10
C.2. SINOTTICI .....	11
C.3. TERMOGRAFIE INTERNO PALESTRA .....	12
C.4. INFORMAZIONI RACCOLTE.....	14

## A. ANALISI TERMOGRAFICA

La termografia è una tecnica di telerilevamento, effettuata tramite l'acquisizione di immagini nel campo dell'infrarosso.

Con il termine termografia si intende la visualizzazione bidimensionale della misura di irraggiamento. Attraverso l'utilizzo di una termocamera (strumento per eseguire controlli di tipo termografico) si eseguono controlli non distruttivi e non intrusivi. Le termocamere rilevano le radiazioni nel campo dell'infrarosso dello spettro elettromagnetico e compiono misure correlate con l'emissione di queste radiazioni.

Questo strumento è in grado di rilevare le temperature dei corpi analizzati attraverso la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa emessa dal corpo in esame. Tutti gli oggetti ad una temperatura superiore allo zero assoluto emettono radiazioni nel campo dell'infrarosso.

La termografia permette di visualizzare valori assoluti e variazioni di temperatura degli oggetti, indipendentemente dalla loro illuminazione nel campo del visibile. La quantità di radiazioni emessa aumenta proporzionalmente alla quarta potenza della temperatura assoluta di un oggetto.

La correlazione tra irraggiamento e temperatura è fornita dalla Legge di Stefan-Boltzmann:

$$q = \varepsilon \sigma T^4$$

ove:

$\sigma$  è la costante di Stefan-Boltzmann che vale  $5,6703 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ ,

$\varepsilon$  è l'emissività della superficie emittente (variabile tra i limiti teorici 0 e 1),

T è la sua temperatura assoluta.

Un sistema termografico IR è costituito da una telecamera collegata ad un sistema di elaborazione e registrazione delle immagini. I rilevatori IR hanno il compito di individuare la consistenza della radiazione che li investe e di analizzare punto per punto la superficie radiante, per giungere alla definizione della mappa termica.

L'utilizzo della termografia permette la lettura delle radiazioni emesse nella banda dell'infrarosso da corpi sottoposti a sollecitazione termica. L'energia radiante è funzione della temperatura superficiale dei materiali e questa è a sua volta condizionata dalla conducibilità termica e dal calore specifico. Questi ultimi esprimono in termini quantitativi l'attitudine del materiale stesso a trasmettere il calore o a trattenerlo. Quindi un materiale con valori alti di conducibilità si riscalderà velocemente ed altrettanto velocemente si raffredderà. Per effetto dei differenti valori di questi parametri, specifici per ciascun materiale, i diversi componenti di un manufatto, quale una muratura, assumeranno differenti temperature sotto l'azione di sollecitazioni termiche. Tale caratteristica è sfruttata dalla termografia per visualizzare, con appositi sistemi, i differenti comportamenti termici dei materiali. Grazie alla termografia si possono evidenziare ad esempio dispersioni termiche dovute a deficienze di coibentazione, ponti termici, umidità nelle murature, strutture di solai in calcestruzzo armato, presenza di canalette di impianti elettrici e/o canalizzazione di impianti idrico-sanitario e termico in funzione o ammorsature tra strutture murarie con tessiture e materiali diversi.

Per quanto sopra, la termografia è influenzata dalle condizioni ambientali e climatiche del luogo in cui si opera. Pertanto occorre rispettare alcune regole generali per ottenere risultati corretti: occorre operare in assenza di irraggiamento solare, meglio se dopo il tramonto quando la struttura da analizzare è in fase di raffreddamento; occorre operare in assenza di pioggia e di vento; la temperatura, l'umidità e la velocità del vento influenzano

la qualità dei risultati, in quanto essi modificano le modalità con cui avviene lo scambio termico tra materiali e l'ambiente circostante. Pertanto è necessario avere un controllo strumentale di questi fattori. È necessario inoltre che a cavallo della struttura vi sia uno sbalzo termico di almeno 10°C al fine di apprezzare sui termogrammi le anomalie termiche eventualmente presenti. È importante infine tenere in considerazione la presenza di sorgenti calde, quali tubazioni non coibentate o elementi scaldanti, che possono influenzare la distribuzione di temperatura sui componenti l'involucro, e i riflessi provenienti da altre superfici che potrebbero essere scambiati per difetti della struttura.

La termografia permette l'individuazione di anomalie nell'emissione dell'energia e quindi, a parità di emissività, di anomalie termiche; riveste pertanto un ruolo essenziale nelle indagini non distruttive. La tecnica oggi applicata è certamente superiore a quelle che comunemente sono le aspettative di un'indagine tradizionale. Questo è dovuto sia all'aggiornamento tecnico degli strumenti. Il metodo termografico trova oggi applicazione in numerosi settori: siderurgia, edilizia, veterinaria, industria chimica, beni culturali, aeronautica, protezione dell'ambiente.

La termografia è tra le metodiche non distruttive maggiormente utilizzate nella diagnostica delle patologie edilizie. Infatti tutti gli edifici, anche se realizzati a regola d'arte, sono soggetti a degrado a causa dell'invecchiamento dei materiali e della prolungata mancanza di manutenzione. Per una corretta analisi dello stato di degrado di un manufatto, spesso la termografia viene affiancata ad interventi distruttivi quali il prelievo di campioni per prove fisico-chimiche da effettuare in laboratorio; in alcuni casi viene utilizzato come unico metodo di indagine.

La termografia, come tutte le altre prove non distruttive consente di poter operare all'interno degli edifici senza dover sospendere le normali attività, limitando al minimo i disagi per gli abitanti e di evitare ulteriori traumi a strutture disestate, limitando il numero dei saggi distruttivi ai punti realmente rappresentativi per la formulazione del quadro diagnostico generale.

I principali campi di applicazione nell'edilizia sono:

- verifica dell'isolamento;
- verifica delle impermeabilizzazioni;
- analisi del degrado dovuto ad umidità;
- ricerca di cause di infiltrazioni idriche;
- ricerca di elementi costruttivi nascosti.

L'analisi termografica può essere condotta in condizioni attive e passive.

Nel primo caso l'elemento da indagare viene riscaldato onde incrementare la risposta termografica e, contestualmente, attivare i flussi di calore che consentono di ottenere diverse risposte dagli elementi a diversa capacità termica.

Nelle condizioni passive, invece, si analizza la superficie così come essa si presenta al momento dell'indagine. Questo caso è molto frequente nel caso di indagini che riguardano elementi esterni di edifici quali ad esempio terrazze di copertura e pareti. Normalmente tali indagini si effettuano sfruttando il soleggiamento diretto ed analizzando il transitorio termico durante l'indagine.

## B. CARATTERISTICHE DELLA TERMOCAMERA

Il presente studio è supportato da una estesa **indagine termografica** eseguita con l'ausilio della macchina **Fluke TiR27**.

Si riporta qui di seguito la scheda tecnica della macchina.

**FLUKE®**

### Termocamere industriali Fluke

Modelli: Ti32, Ti29 e Ti27. Tre modelli specifici per gli impianti elettrici e industriali.

#### Dati tecnici

**P3**  
Series

**Proven  
Practical  
Performance**

**Serie P3: superiore non superflua.**  
Fluke è la misura di riferimento per gli altri strumenti.



**Ti27**  
• Risoluzione ad Infrarossi 240x180  
• Pixel ad Infrarossi totali 43.200



**Ti29**  
• Risoluzione ad Infrarossi 280x210  
• Pixel ad Infrarossi totali 58.800



**Ti32**  
• Risoluzione ad Infrarossi 320x240  
• Pixel ad Infrarossi totali 76.800

Il progresso tecnologico più straordinario nell'ambito della termografia è costituito dal modo in cui Fluke ha semplificato l'acquisizione di immagini e l'analisi dei dati con un monitoraggio immediato.

#### **Immagini di qualità superiore**

Una sensibilità termica senza uguali e la risoluzione spaziale combinata con un display ad alta definizione permettono di creare le immagini più nitide del settore.

#### **Interfaccia di facile utilizzo, con una sola mano**

La semplice pressione di un pollice permette di passare dallo SmartFocus manuale, attivabile con una sola mano, all'aggiunta di un'immagine nell'immagine e perfino all'aggiunta di commenti vocali.

#### **Torture tested™ (test di stress meccanico)**

Prima che possiate tenere uno strumento Fluke nelle vostre mani, noi lo facciamo cadere dalle nostre. Soltanto le termocamere Fluke sono concepite, dai componenti interni all'involucro esterno, per poter resistere a una caduta da 2 metri.

#### **Tecnologia Fluke IR-Fusion® brevettata**

(Immagine nell'immagine e fusione automatica)  
Grazie all'allineamento preciso delle immagini visibili e di quelle ad infrarossi Fluke è in grado di offrire sul display della termocamera la fusione delle due immagini per ottenere una migliore diagnosi dei problemi.

#### **Obiettivi intercambiabili**

Il grandangolo e il teleobiettivo compatibile con la tecnologia IR-Fusion sono intercambiabili e consentono di coprire qualsiasi applicazione.



**Industriale**  
Manutenzione sugli edifici meccanica, elettromeccanica, generale.



**Processo**  
Isolamento refrattario, livelli di serbatoi e contenitori, sistemi a vapore e scambiatori di condensa, tubazioni e valvole, ecc.



**Impianti elettrici**  
Circuito squilibrati, sistemi sovraccarichi, errori di cablaggio o guasto dei componenti, ecc.



#### **Tecnologia brevettata IR-Fusion® Fluke**

##### **Molto più che una semplice immagine nell'immagine**

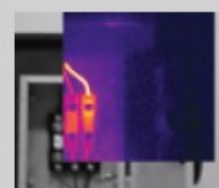
Le immagini ad infrarossi di per sé sono difficili da interpretare, ecco perché Fluke ha sviluppato la rivoluzionaria tecnologia IR Fusion, ovvero il connubio tra immagini visibili e ad infrarossi, che rappresenta un'assoluta novità per quanto riguarda le termocamere commerciali e industriali. L'acquisizione automatica di un'immagine visibile con un'immagine ad infrarossi consente di sapere esattamente cosa si sta osservando.

#### **Non tutte le fusioni di immagini vengono create allo stesso modo**

Diffidate delle imitazioni. Nessun altro produttore può vantare la fusione delle immagini disponibili sul display della termocamera. Confrontate le immagini. Fluke è l'unico produttore che è riuscito a creare immagini ad infrarossi trasparenti, perfettamente fuse, visibili ed allineate.



Fluke



Concorrenza

	Ti32	Ti29	Ti27
<b>Temperatura</b>			
Gamma di misura della temperatura (non calibrata al di sotto di -10 °C)	Da -20 °C a +600 °C (da -4 °F a +1.112 °F)		
Precisione della misura della temperatura	± 2 °C o 2% (a 25 °C nominali, a seconda del valore maggiore)		
Correzione dell'emissività (sul display)	Sì		
Compensazione della temperatura riflessa	Sì		
Correzione della trasmissione (sul display)	Sì		
<b>Prestazioni termografiche</b>			
Frequenza di acquisizione delle immagini	Velocità di aggiornamento pari a 9 Hz o 60 Hz a seconda del modello		
Tipo di sensore	Serie di piani focali, microbolometro non raffreddato, 320 x 240 pixel	Serie di piani focali, microbolometro non raffreddato, 280 x 210 pixel	Serie di piani focali, microbolometro non raffreddato, 240 x 180 pixel
Sensibilità termica (NETD)	Temperatura target ≤ 0,045 °C a 30 °C (45 mK)		
Pixel totali	76.800	58.800	43.200
Banda dello spettro ad infrarossi	Da 7,5 µm a 14 µm (onda lunga)		
Fotocamera per immagini visive (luce visibile)	Prestazioni a livello industriale a 2 megapixel		
Distanza focale minima	45 cm (circa 18")		
Obiettivo ad infrarossi di tipo standard			
Campo visivo (FOV)	23° x 17°		
Risoluzione (IFOV)	1,25 mRad	1,43 mRad	1,67 mRad
Distanza focale minima	15 cm (circa 6")		
Teleobiettivo ad infrarossi opzionale			
Campo visivo (FOV)	11,5° x 8,7°		
Risoluzione (IFOV)	0,63 mRad	0,72 mRad	0,84 mRad
Distanza focale minima	45 cm (circa 18")		
Obiettivo grandangolare ad infrarossi opzionale			
Campo visivo (FOV)	46° x 34°		
Risoluzione (IFOV)	2,50 mRad	2,86 mRad	3,34 mRad
Distanza focale minima	7,5 cm (circa 3")		
Mechanism of focus	SmartFocus manuale, attivabile con una sola mano		
<b>Presentazione dell'immagine</b>			
Colori			
Standard	Rainbow, blu-rosso, contrasto elevato, ambra, ambra invertita, metallo caldo, scala di grigi, scala di grigi invertita		
Ultra Contrast™	Rainbow Ultra, ultra blu-rosso, ultra contrasto elevato, ultra ambra, ultra ambra invertita, ultra metallo caldo, ultra scala di grigi, ultra scala di grigi invertita		
Livello e intervallo	Cambio scala graduale sia in automatico che in manuale per il livello e l'intervallo		
Procedura di commutazione rapida tra la modalità manuale e automatica	Sì		
Impostazione rapida della scala in modalità manuale	Sì		
Intervallo minimo (in modalità manuale)	2,5 °C (4,5 °F)		
Intervallo minimo (in modalità automatica)	5 °C (9 °F)		
<b>Informazioni sulla tecnologia IR-Fusion®</b>			
Fusione allineata automaticamente (correzione parallasse) di immagini visibili e ad infrarossi	Sì		
Immagine nell'immagine (PIP)	Tre livelli di fusione ad infrarossi visualizzati a schermo intero		
Infrarossi a schermo intero	Tre livelli di fusione ad infrarossi visualizzati su schermo LCD		
Allarmi a colori (allarmi di temperatura)	Allarme di temperatura elevata (selezionabile dall'utente)		
Annotazioni vocali	60 secondi di tempo massimo di registrazione per immagine; possibilità di riascoltare più volte la registrazione		
<b>Acquisizione di immagini e dati</b>			
	I modelli Ti32, Ti29 e Ti27 consentono di regolare la tavolozza dei colori, la fusione, il livello, la scala, la modalità IR-Fusion®, l'emissività, la compensazione della temperatura riflessa e la correzione della trasmissione sull'immagine acquisita prima che venga salvata.		
Acquisizione, riepilogo, meccanismo di salvataggio delle immagini	Acquisizione, riepilogo e salvataggio delle immagini con una sola mano		
Dispositivo di memoria	La scheda di memoria SD (2 GB) può memorizzare almeno 1.200 immagini visive e IR completamente radiometriche (.is2) collegate, ognuna con 60 secondi di annotazioni vocali, 3.000 immagini bitmap (.bmp) o 3.000 immagini jpeg (.jpeg); trasferimento su PC tramite lettore di schede USB multiformato		
Formato file	Non radiometrico (.bmp) o completamente radiometrico (.is2)		
Formati file di esportazione con software SmartView®	Non è necessario il software di analisi per i file non radiometrici (.bmp)		
Riepilogo della memoria	BMP, DIR, GIF, JPE, JPF, JPEG, JPG, PNG, TF e TIFF		
	Navigazione e riepilogo delle miniature		



Temperatura di esercizio	Da -10 °C a +50 °C (da 14 °F a 122 °F)
Temperatura di stoccaggio	Da -20 °C a +50 °C (-4 °F a 122 °F) senza batterie
Umidità relativa	Dal 10% al 95% senza condensa
Display	Display LCD VGA a colori da 9,1 cm (3,7") (640 x 480) con retroilluminazione e protezione trasparente
Comandi e regolazioni	Scala di temperatura selezionabile (°C/°F) Selezione della lingua Impostazione di data e ora Selezione dell'emissività Compensazione della temperatura riflessa Correzione della trasmissione Punto caldo e punto freddo selezionabile dall'utente e puntamento centrale dell'immagine (altri contrassegni e forme personalizzati nel software SmartView®) Allarme di temperatura elevata Retroilluminazione selezionabile: "Full Bright" (luminosità massima) o "Auto" (automatica) Informazioni sul display
Software	Software SmartView® completo in dotazione per l'analisi e la creazione di report
Batterie	Due batterie ricaricabili agli ioni di litio con 5 LED per indicare il livello di carica
Durata della batteria	Oltre quattro ore di uso continuo per ciascuna batteria (con luminosità del display LCD del 50%)
Tempo di ricarica della batteria	2,5 ore per la ricarica completa
Caricabatterie AC	Caricabatterie CA con due vani (da 110 V a 220 V, 50/60 Hz) (incluso) o caricabatterie integrato. Adattatori di rete universali CA inclusi. Adattatore opzionale per automobile da 12 V.
Funzionamento AC	Funzionamento CA con alimentatore incluso (da 110 V a 220 V, 50/60 Hz). Adattatori di rete universali inclusi.
Risparmio energetico	"Sleep mode" che si attiva dopo cinque minuti di inattività, spegnimento automatico dopo 30 minuti di inattività
Standard di sicurezza	CSA (US e CAN): C22.2 N. 61010-1-04, UL: UL STD 61010-1 (2a edizione), IEC: 82.02.01
Compatibilità elettromagnetica	Conforme a tutti i requisiti della normativa EN61326-1:2006
C-Tick	IEC/EN 61326-1
US FCC	CFR 47, Parte 15 Classe B
Vibrazioni	0,03 g/Hz (3,8 gms), IEC 68-2-6
Urti	25 g, IEC 68-2-29
Caduta	2 metri (6,5 piedi) con obiettivo standard
Dimensioni (A x L x P)	27,7 x 12,2 x 17 cm (10,9 x 4,8 x 6,7 pollici)
Peso (con batteria)	1,06 kg (2,3 lb)
Classe di protezione	Conformità IP54 (protezione contro polvere e umidità, ingresso limitato; resistente alla penetrazione di spruzzi d'acqua provenienti da ogni direzione)
Garanzia	Garanzia di due anni (standard), possibilità di scegliere un'estensione della garanzia.
Ciclo di calibrazione consigliato	2 anni (considerando un normale funzionamento ed una normale deriva)
Lingue supportate	Ceco, inglese, finlandese, francese, tedesco, italiano, giapponese, coreano, polacco, portoghese, russo, cinese semplificato, spagnolo, svedese, cinese tradizionale e turco



Si riporta qui di seguito anche il certificato di taratura.

## Fluke Thermography

# Certificate of Calibration

Serial Number: TiR27\_9Hz-12050222

Model: Fluke TiR27\_9Hz Thermal Imager

Accuracy:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  or 2% of Reading  
(whichever is greater)

Measurement Temp Range:  $-20^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$   
(Not calibrated under  $-10^{\circ}\text{C}$ )

Date: 5/18/2012

Certified By: Fluke QA Manager

Fluke Corporation certifies the above instrumentation has been calibrated to meet or exceed the published specifications. The calibration was performed using instrumentation and standards that are traceable to the United States National Institute of Standards and Technology (NIST), intrinsic standards, or national metrology institutes that actively participates in the activities of the BIPM, directly or indirectly through regional groups. This Certificate/Report shall not be reproduced, except in full, without the written consent of Fluke Corporation.

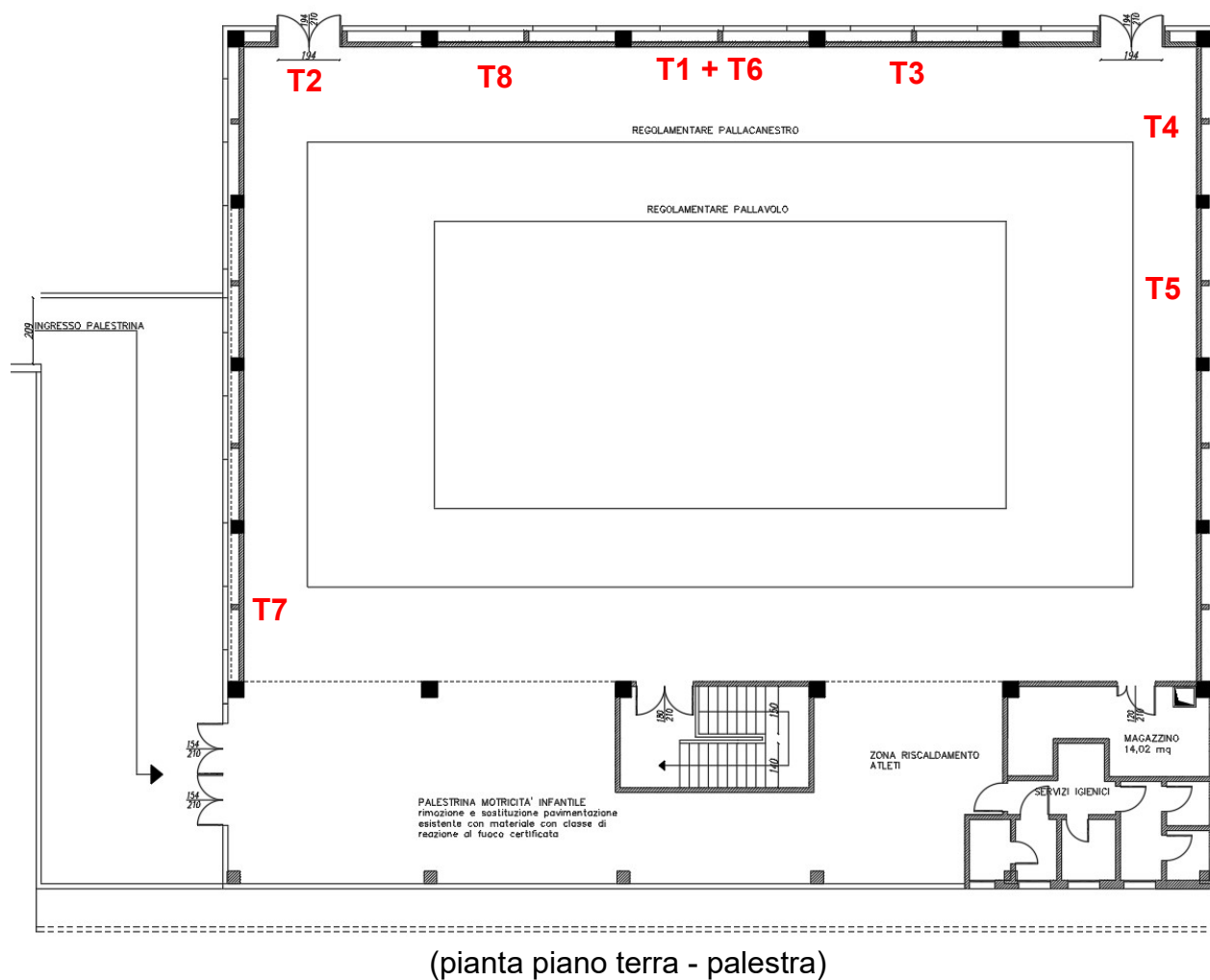
## **C. CAMPAGNA TERMOGRAFICA**

### **C.1. PREMESSE**

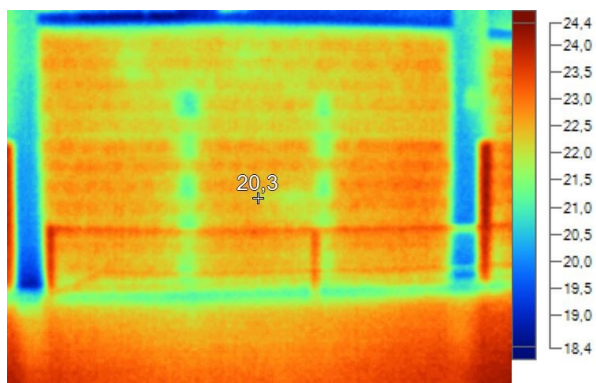
La campagna di indagine termografica si è svolta nel giorno 19/04/2023, periodo in cui era presente un sufficiente gradiente di temperatura naturale necessario alle rilevazioni.

**Preme precisare che nel presente rapporto tecnico diagnostico, relativo all'indagine termografica, vengono riportate le sole immagini termografiche che contribuiscono a fornire informazioni aggiuntive rispetto a quelle già note. Si sottolinea il fatto che sebbene una immagine apparentemente non restituisca informazioni particolari, contribuisce comunque a fornire informazioni sull'assenza di irregolarità, di differenze di materiali, di differenze di spessori ecc.**

## C.2. SINOTTICI



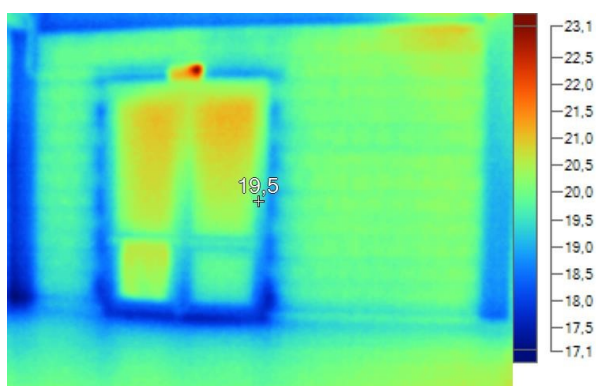
### C.3. TERMOGRAFIE INTERNO PALESTRA



**T1 - IR000433.IS2** 19/04/2023 10:36:47



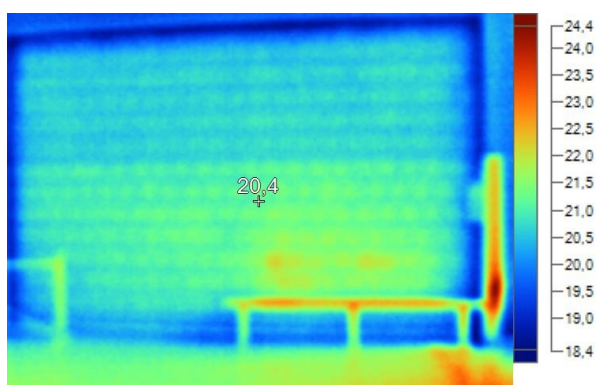
**Immagine a luce visibile**



**T2 - IR000465.IS2** 19/04/2023 10:37:05



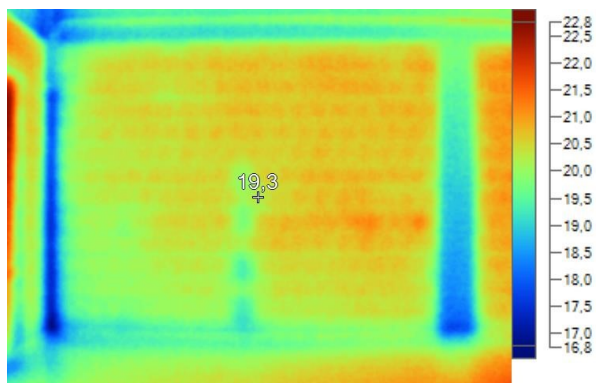
**Immagine a luce visibile**



**T3 - IR000466.IS2** 19/04/2023 10:37:42



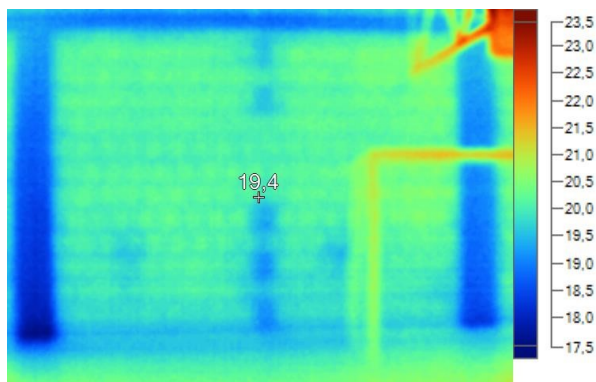
**Immagine a luce visibile**



**T4 - IR000467.IS2** 19/04/2023 10:38:09



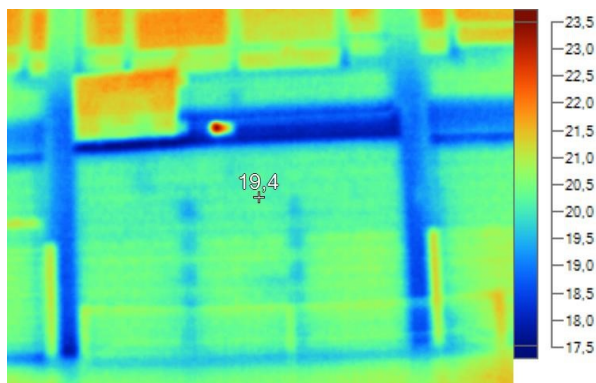
**Immagine a luce visibile**



**T5 - IR000468.IS2** 19/04/2023 10:38:52



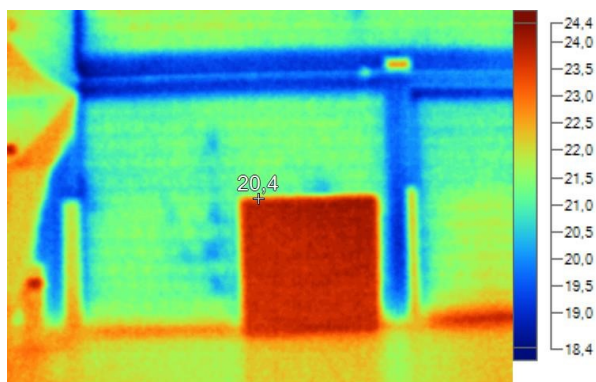
**Immagine a luce visibile**



**T6 - IR000469.IS2** 19/04/2023 10:39:35



**Immagine a luce visibile**

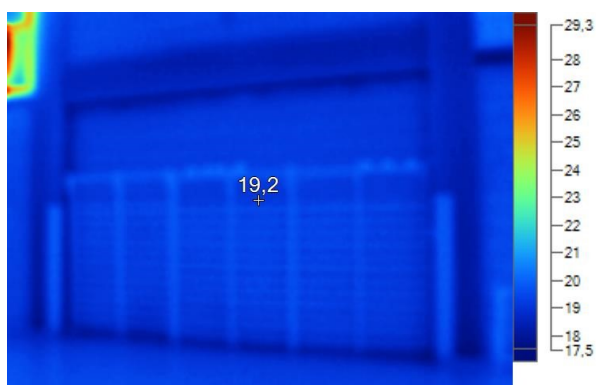


**T7 - IR000470.IS2** 19/04/2023 10:40:04



**Immagine a luce visibile**





T8 - IR000471.IS2 19/04/2023 10:40:42



Immagine a luce visibile

#### C.4. INFORMAZIONI RACCOLTE

Dalle termografie eseguite sulle pareti di tamponamento esterno della palestra si è potuto appurare la presenza di fodere in blocchi di laterizio all'interno dei campi delimitati da travi e pilastri in c.a.; tali fodere presentano rinforzi trasversali (presenza di linee verticali più "fredde" in corrispondenza delle suddette fodere) che ne aumentano la resistenza fuori dal piano, confermando quanto desumibile dal progetto architettonico originale (vedi immagine seguente).

