

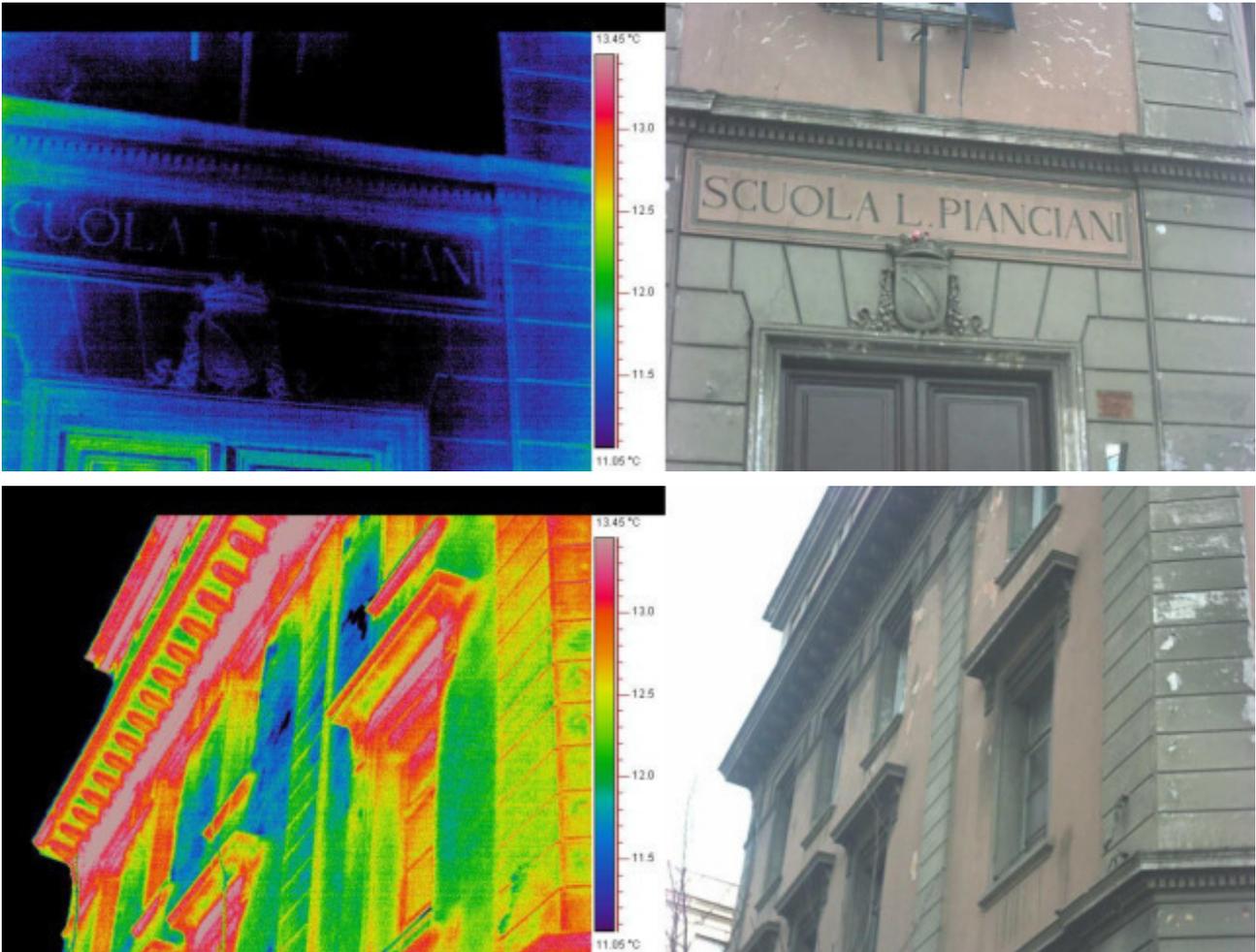


ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

RILIEVO TERMOCAMERA

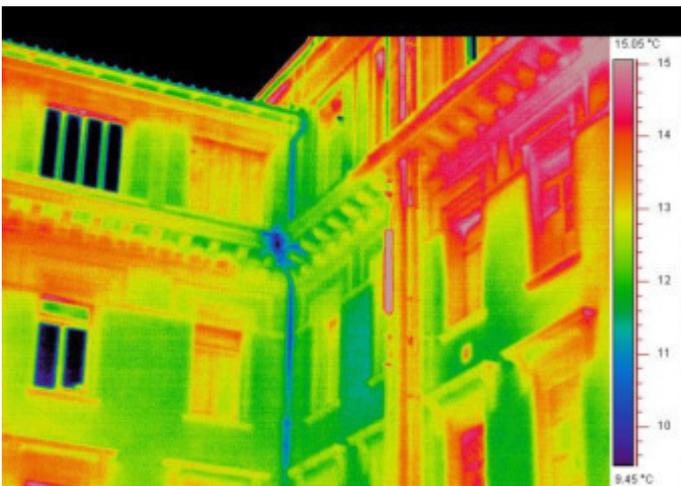
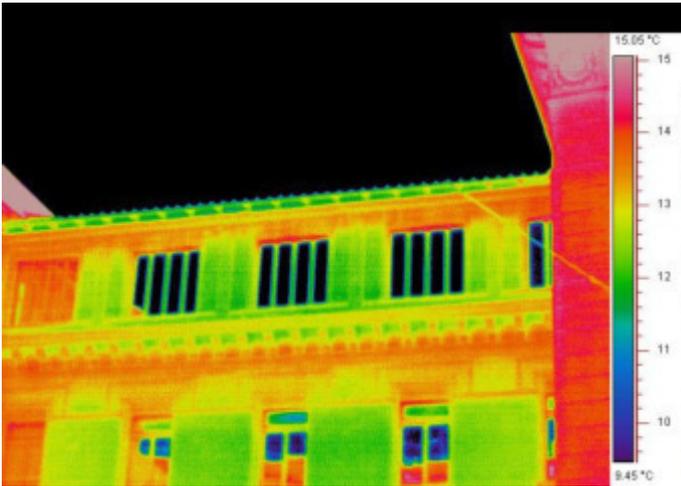
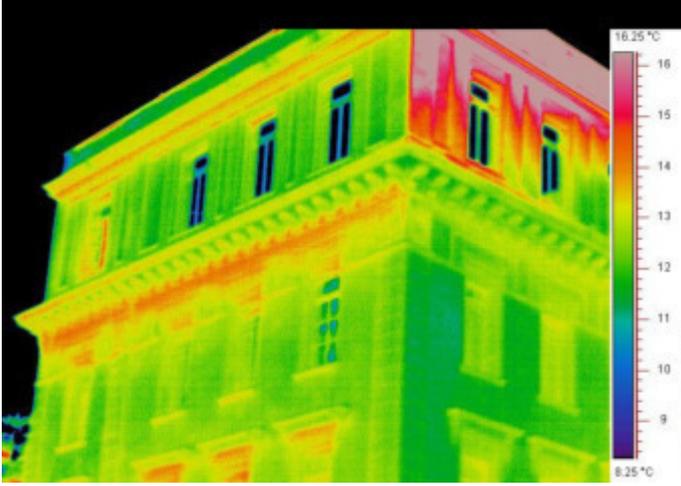
ESTERNO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

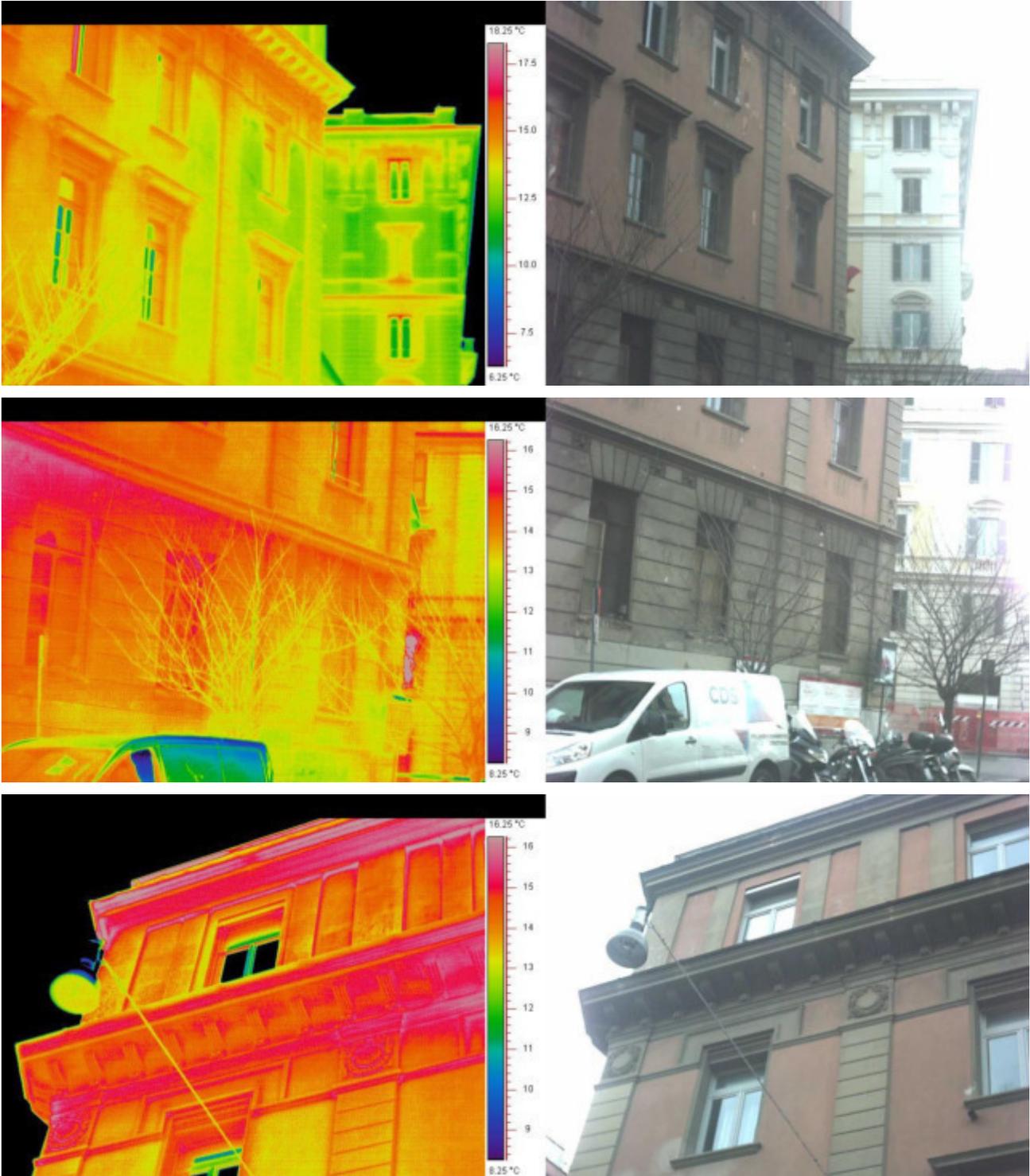
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

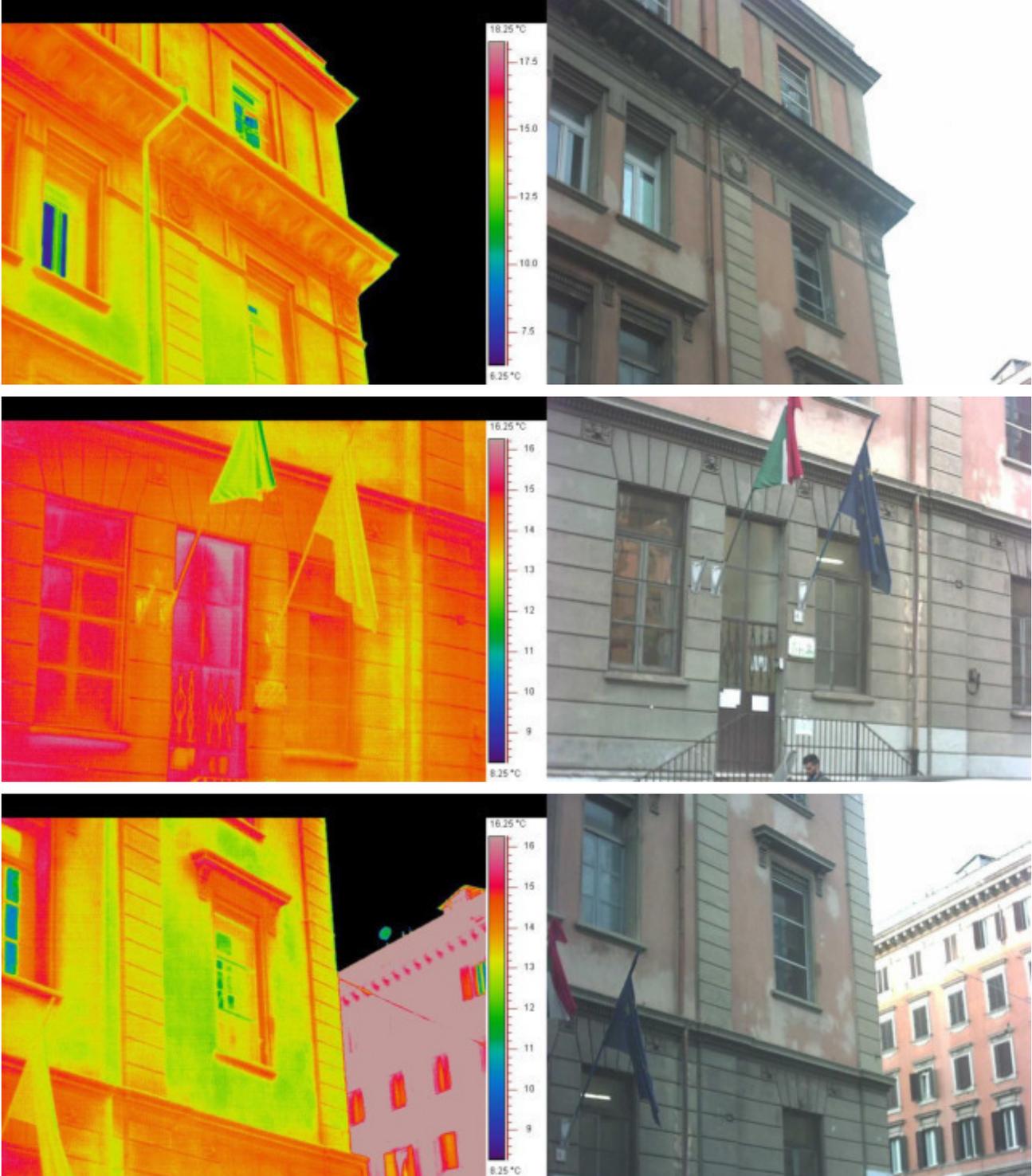
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

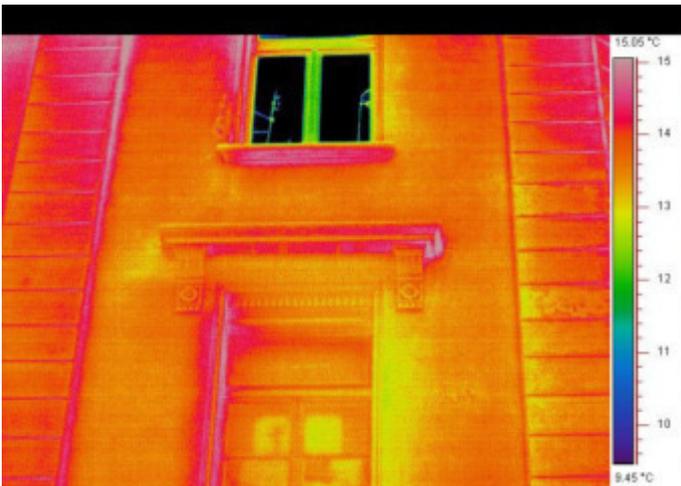
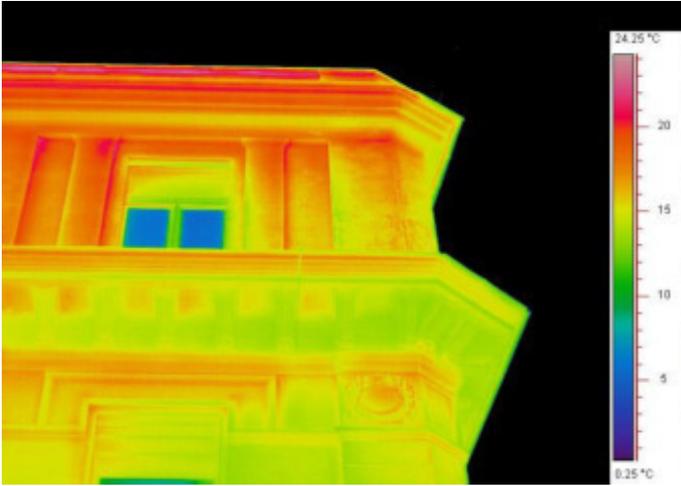
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

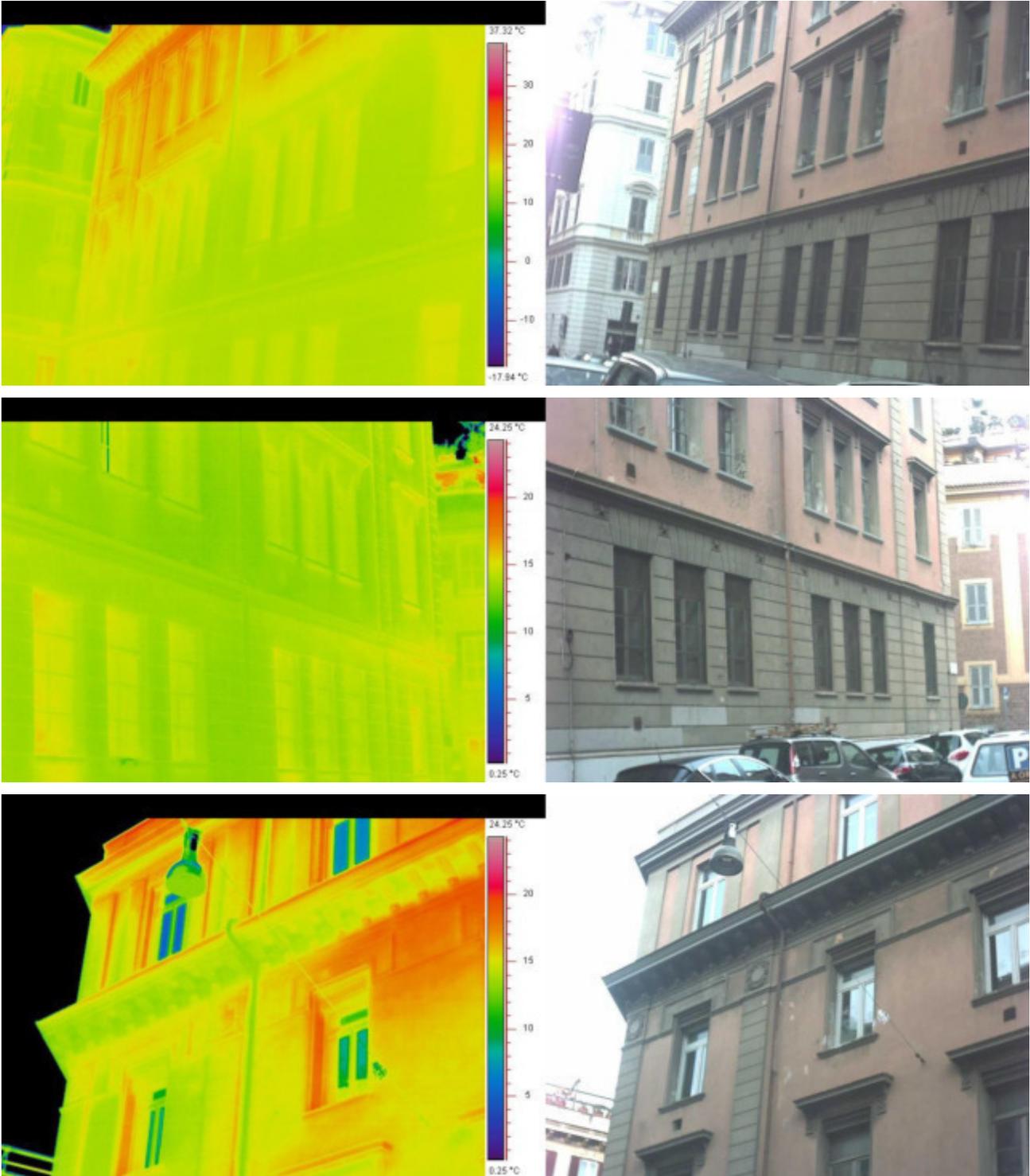
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

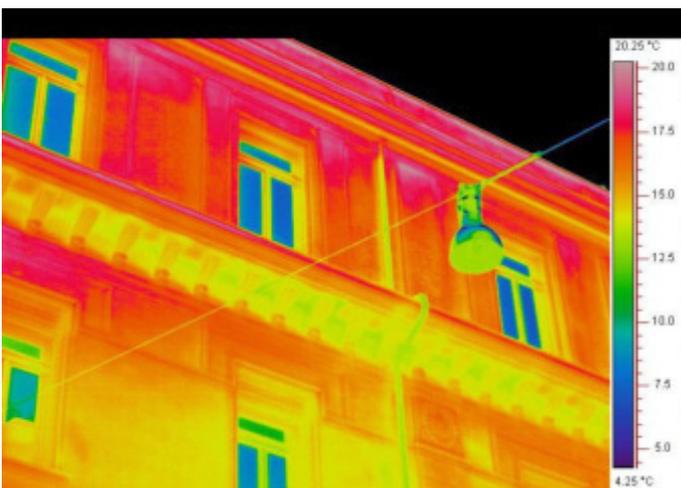
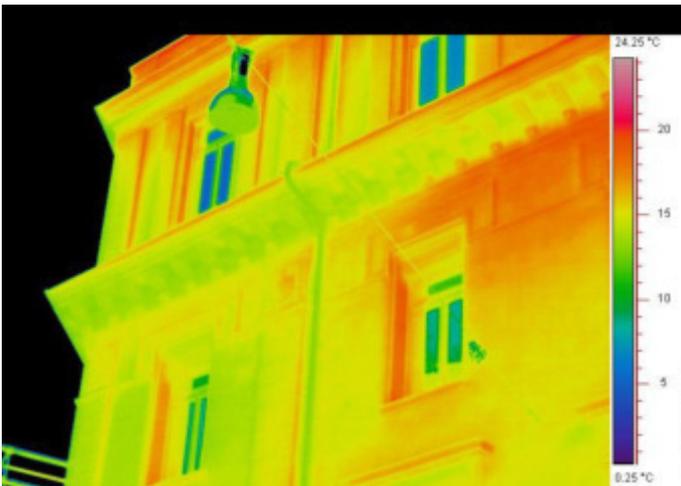
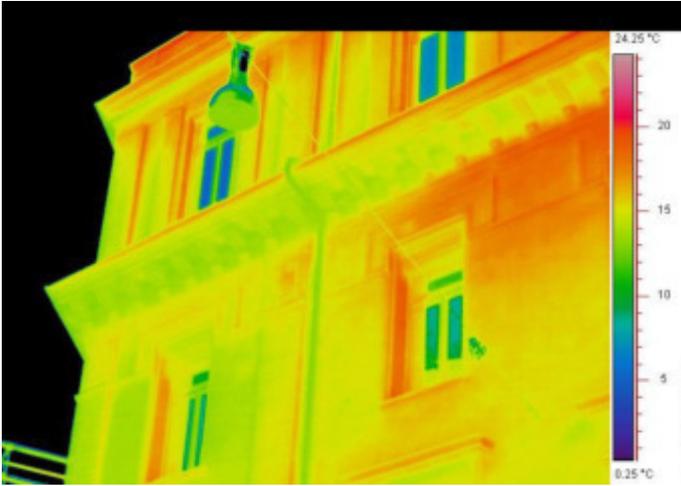
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

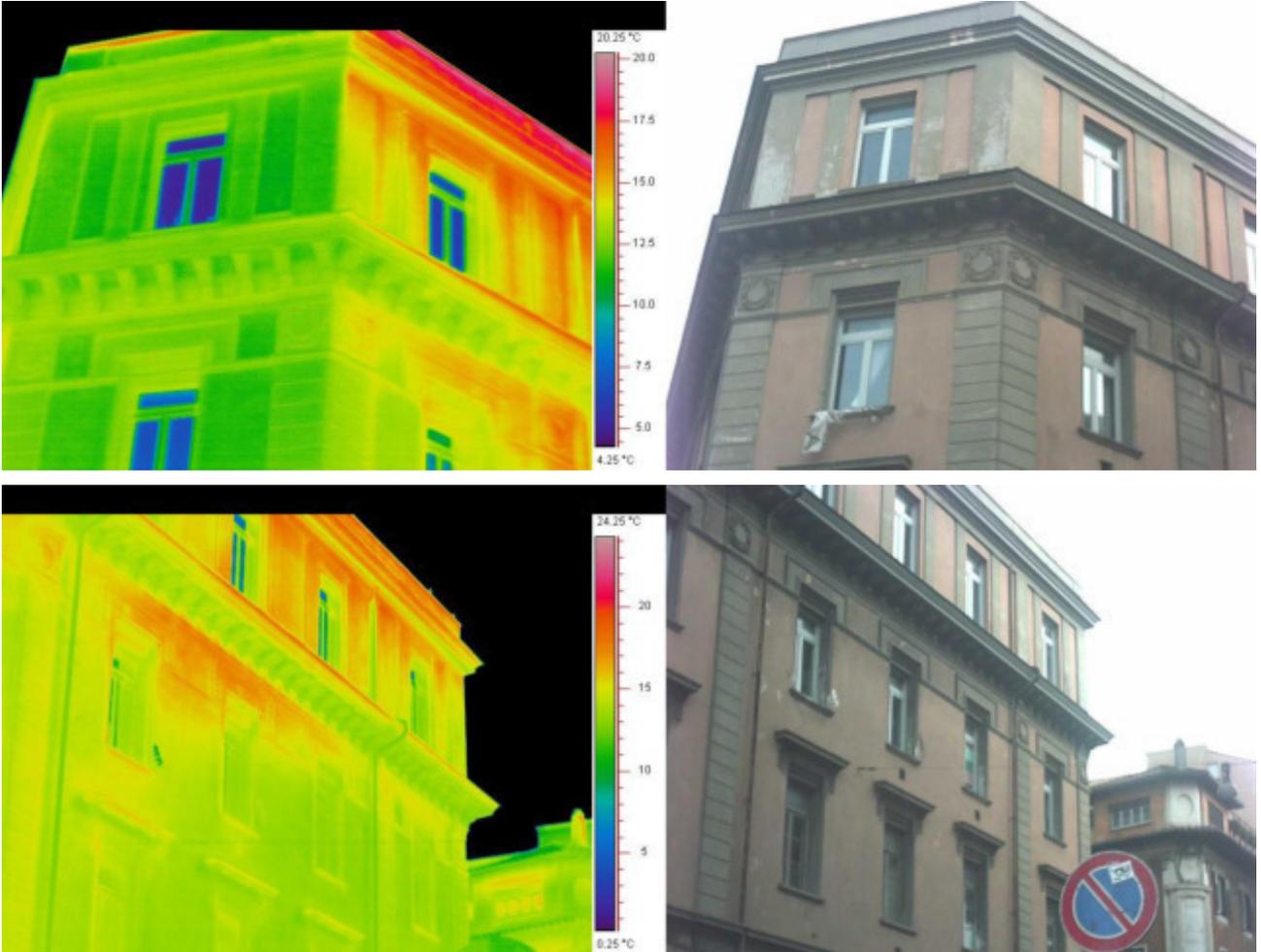
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

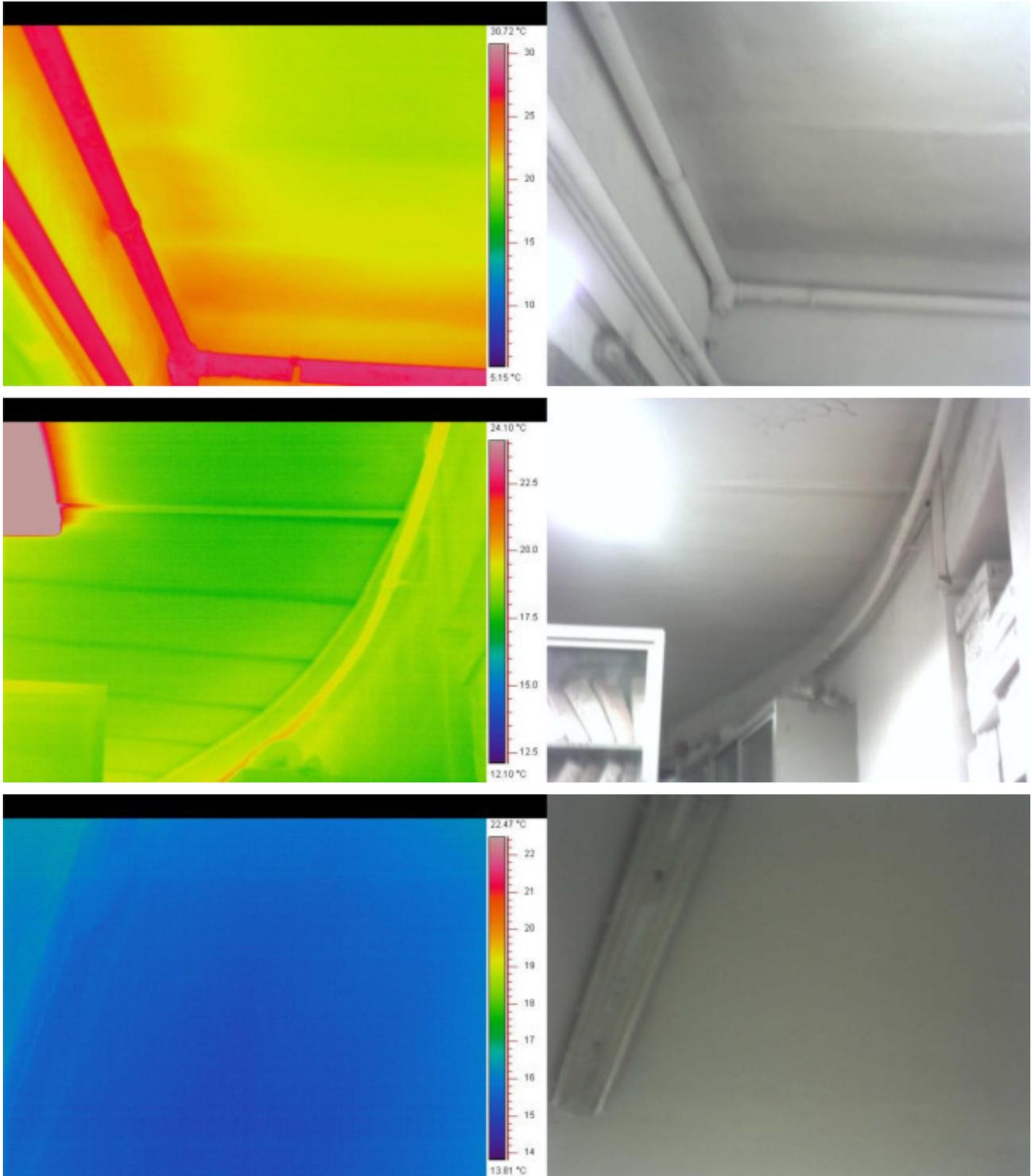




ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

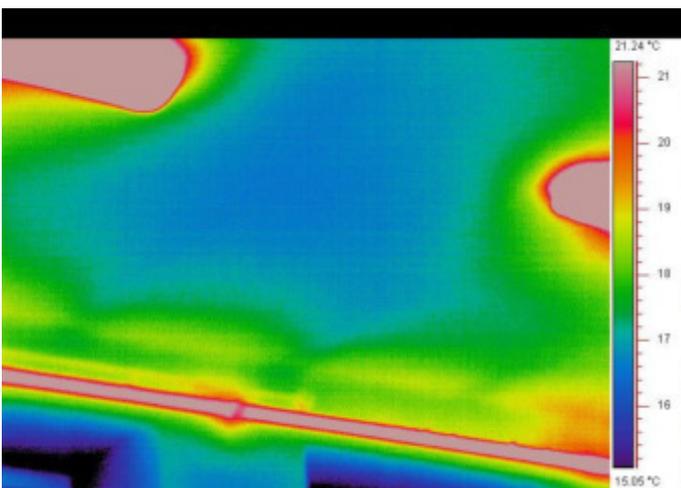
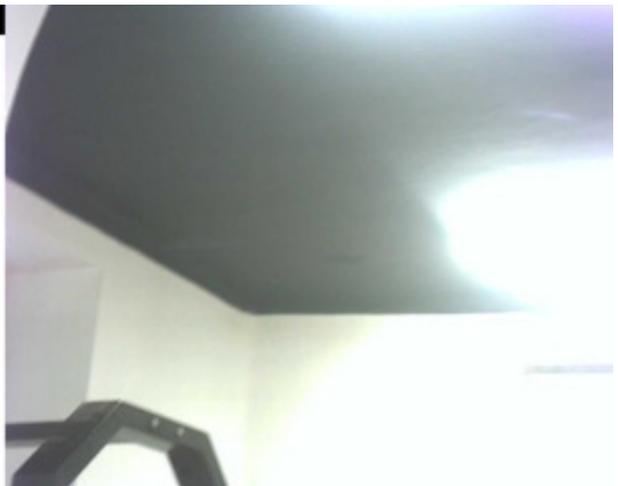
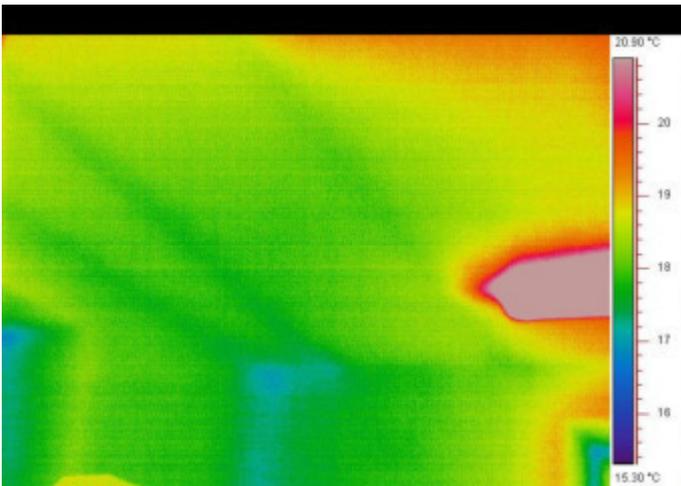
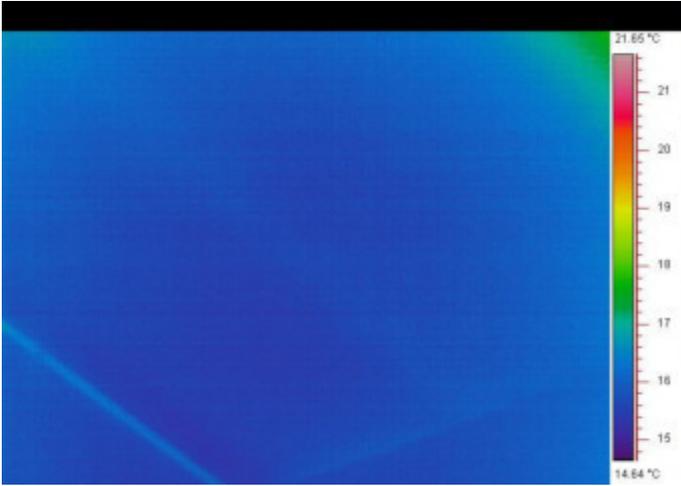
INTERNO – PIANO SEMINTERRATO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

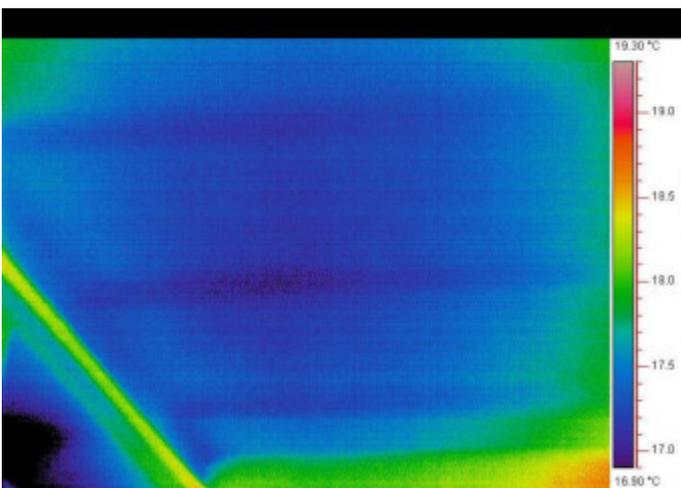
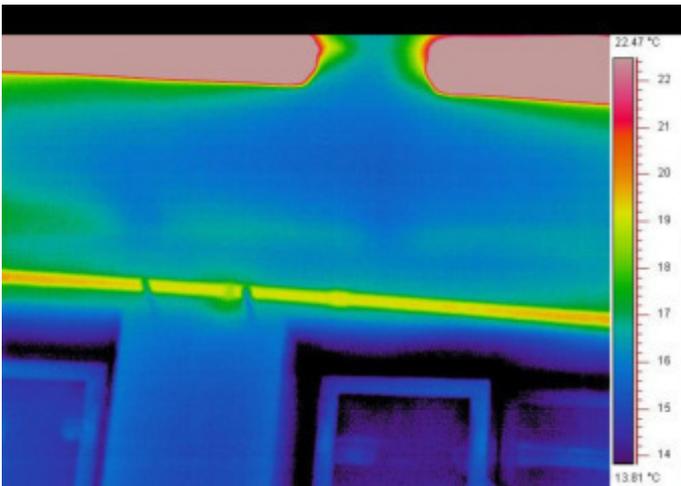
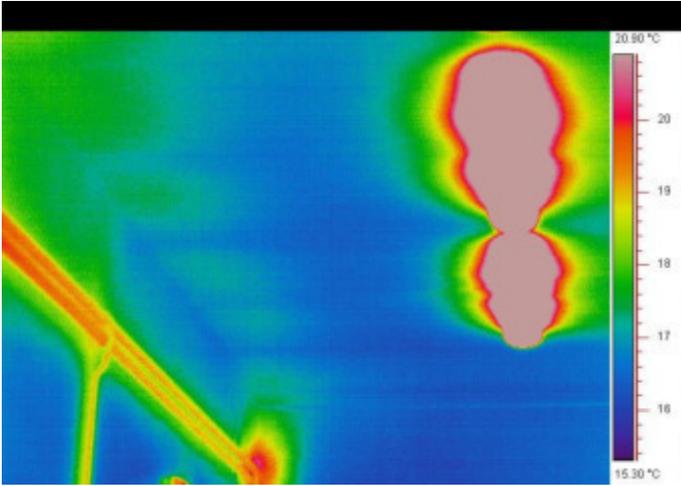
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

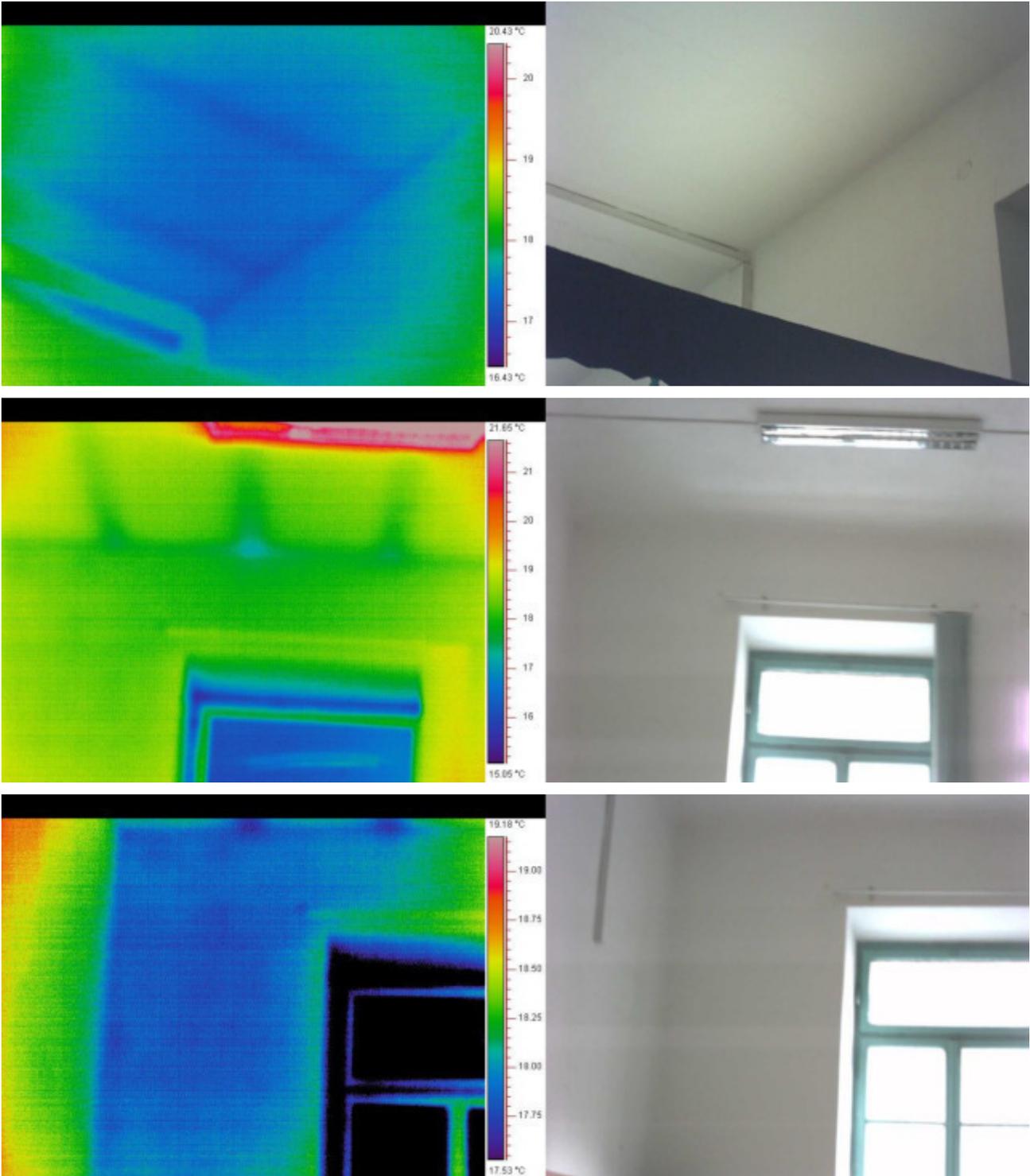




ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

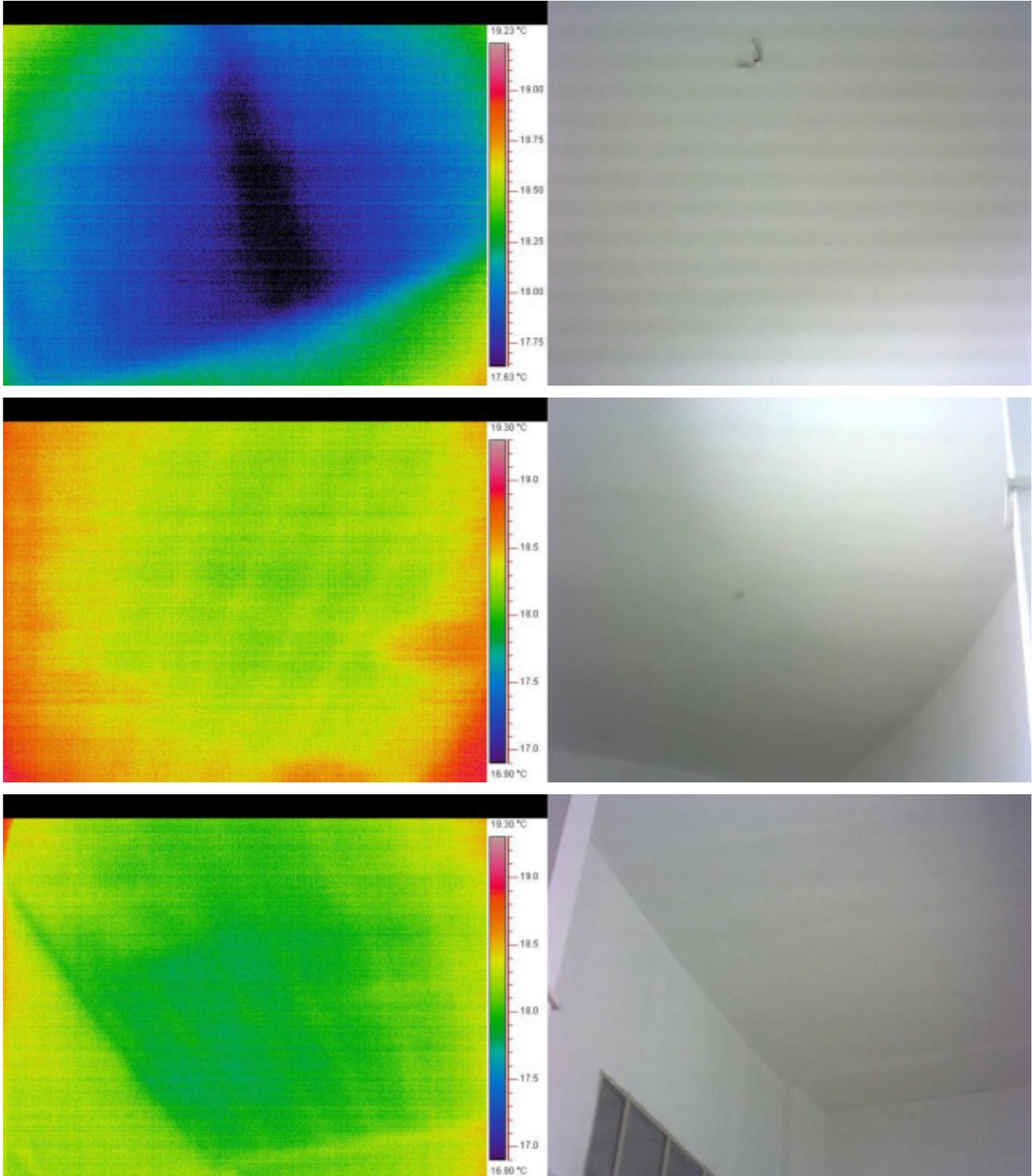
INTERNO - PIANO RIALZATO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

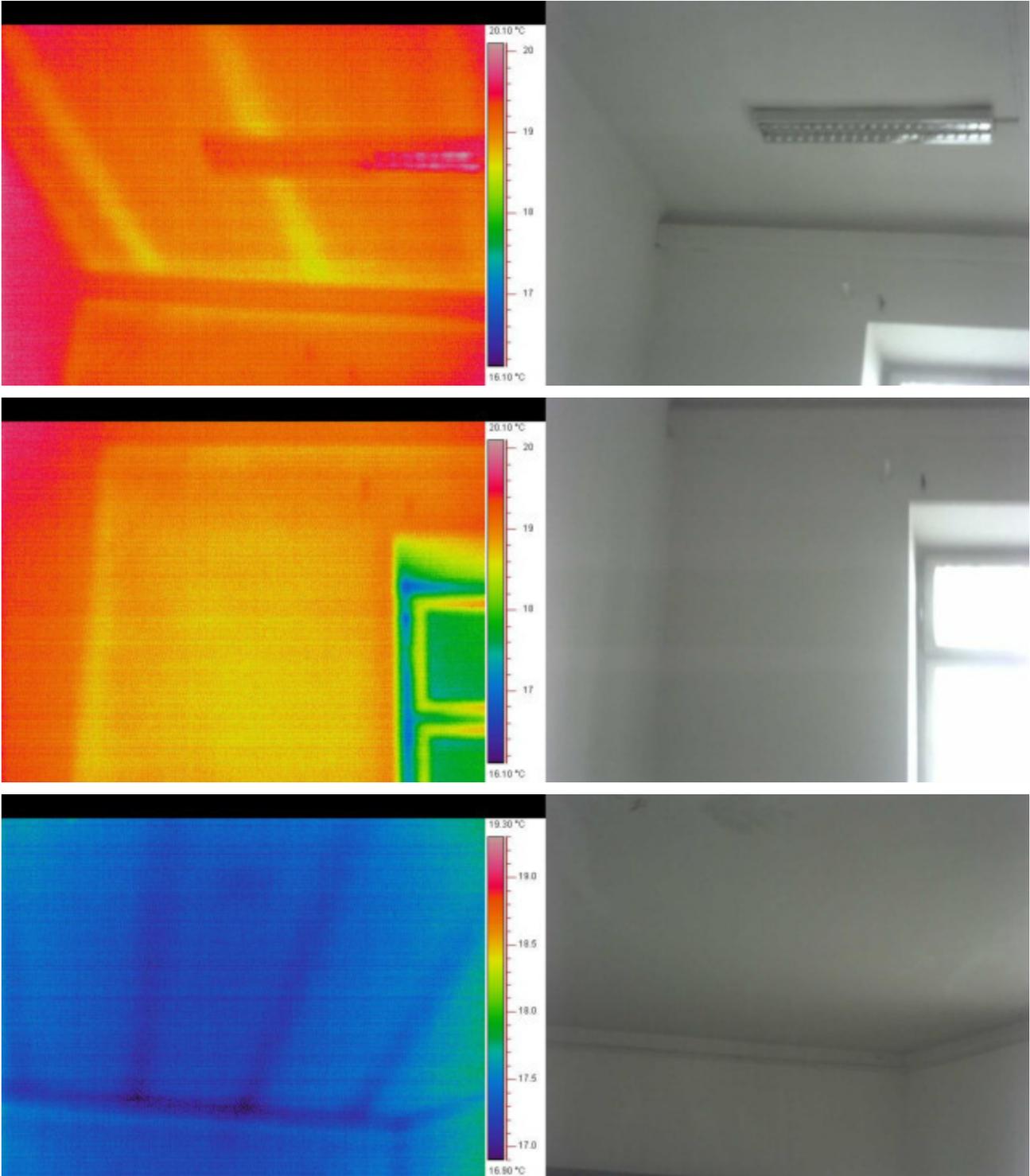
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

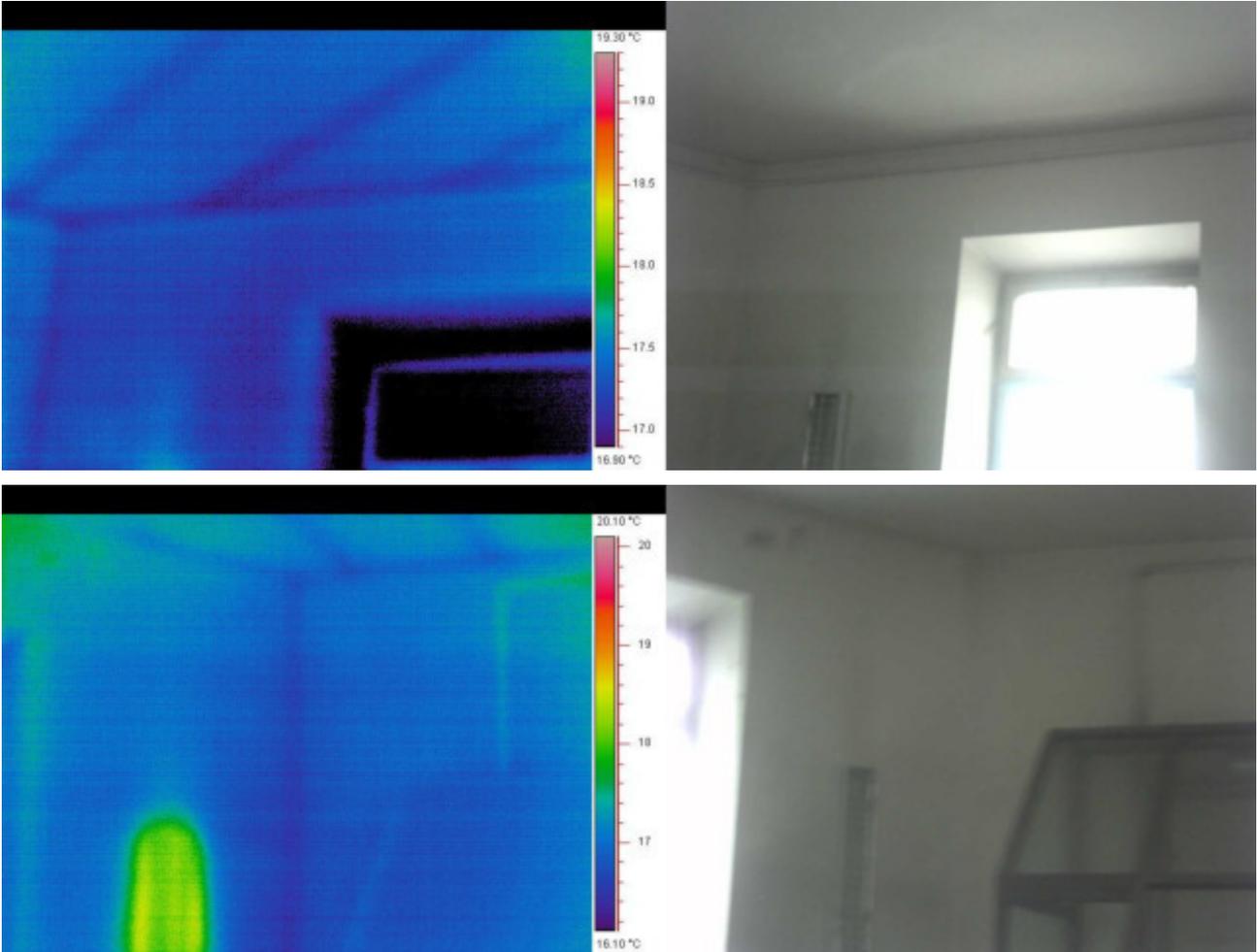
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

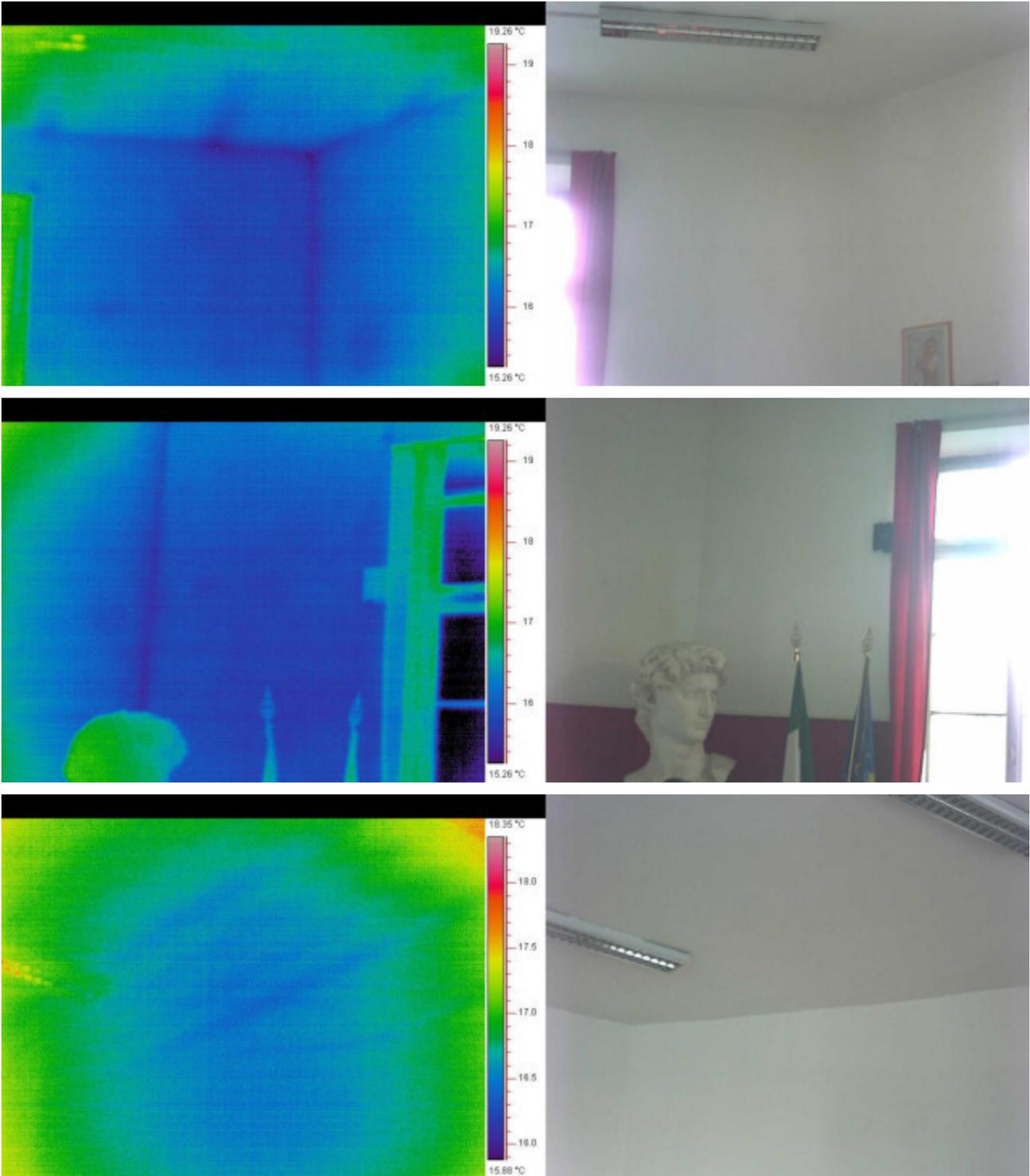




ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

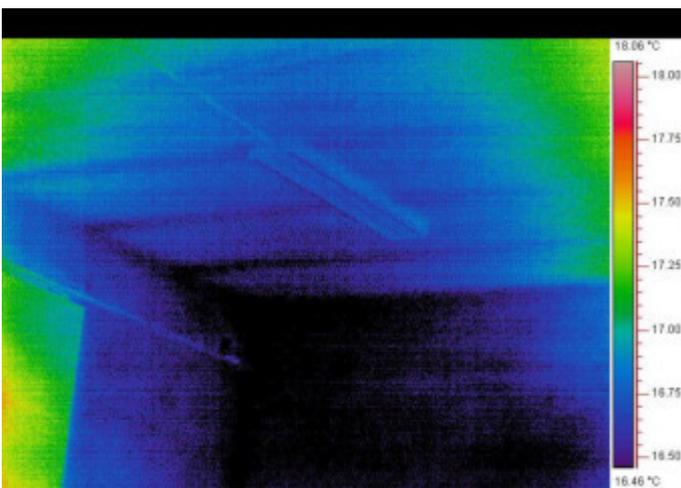
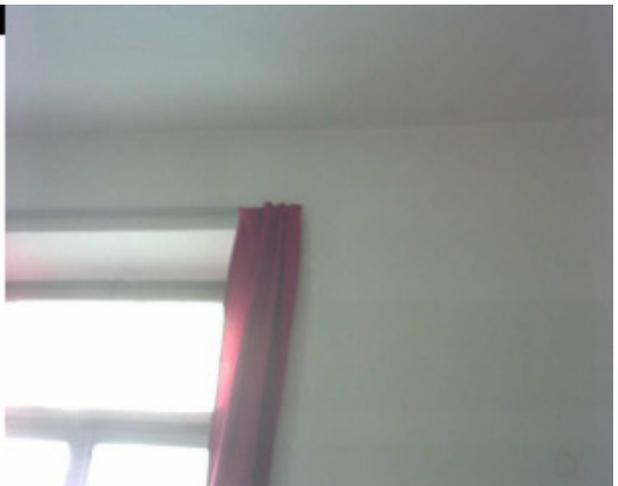
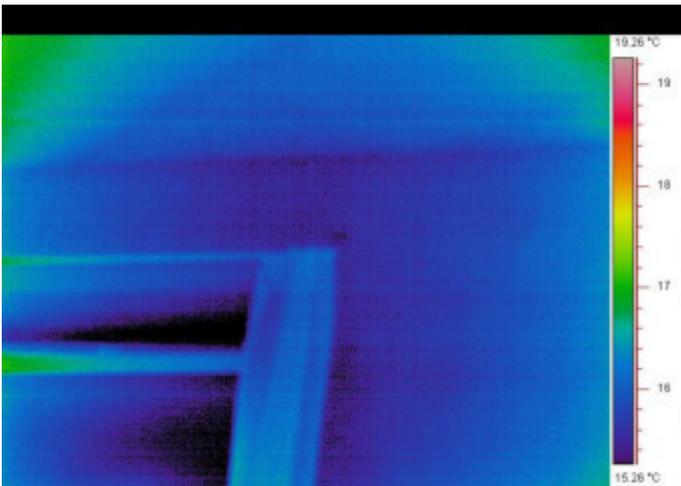
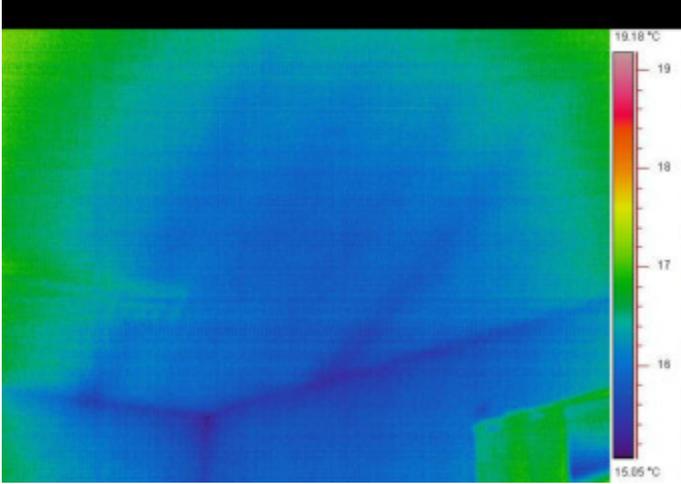
INTERNO – PIANO PRIMO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

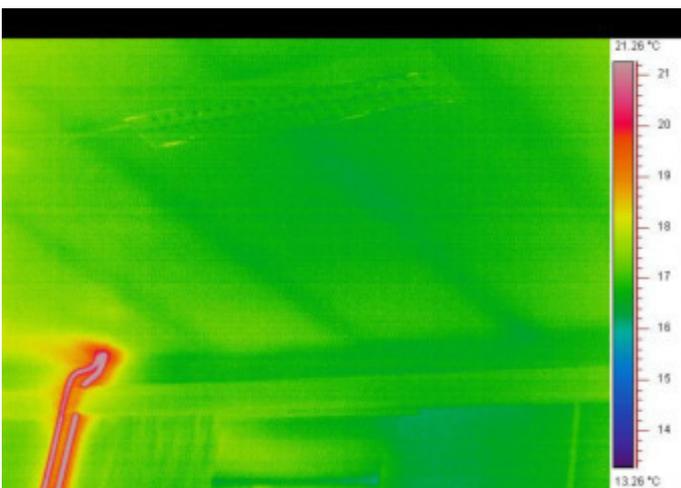
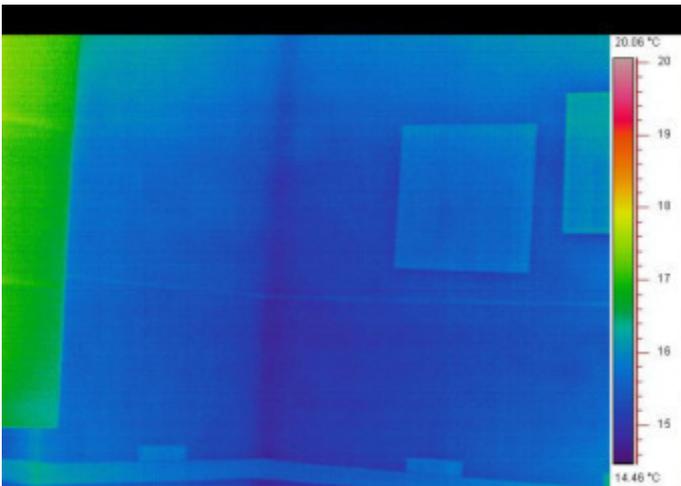
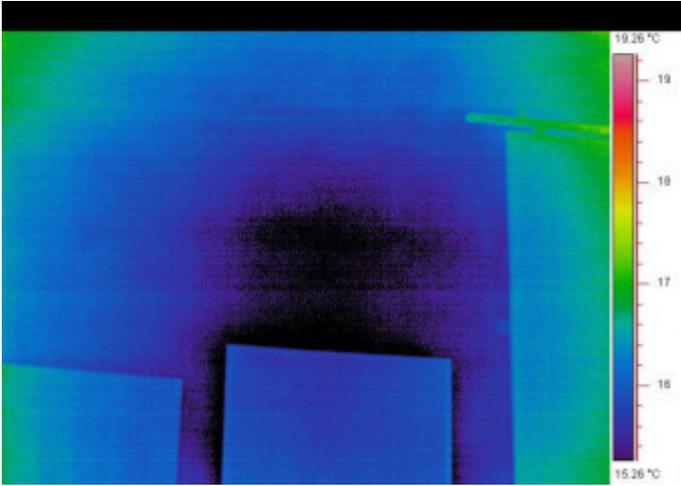
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

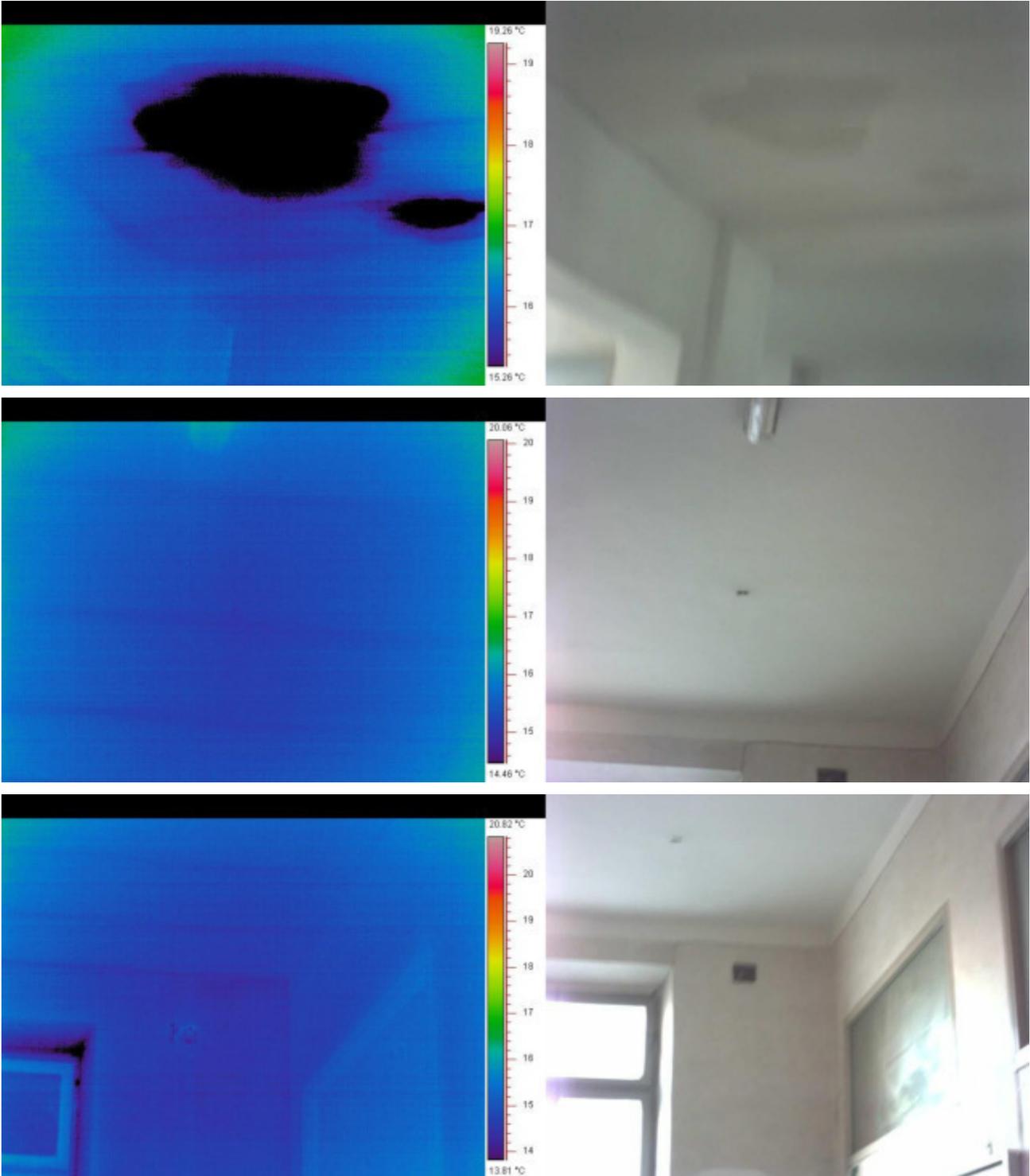
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

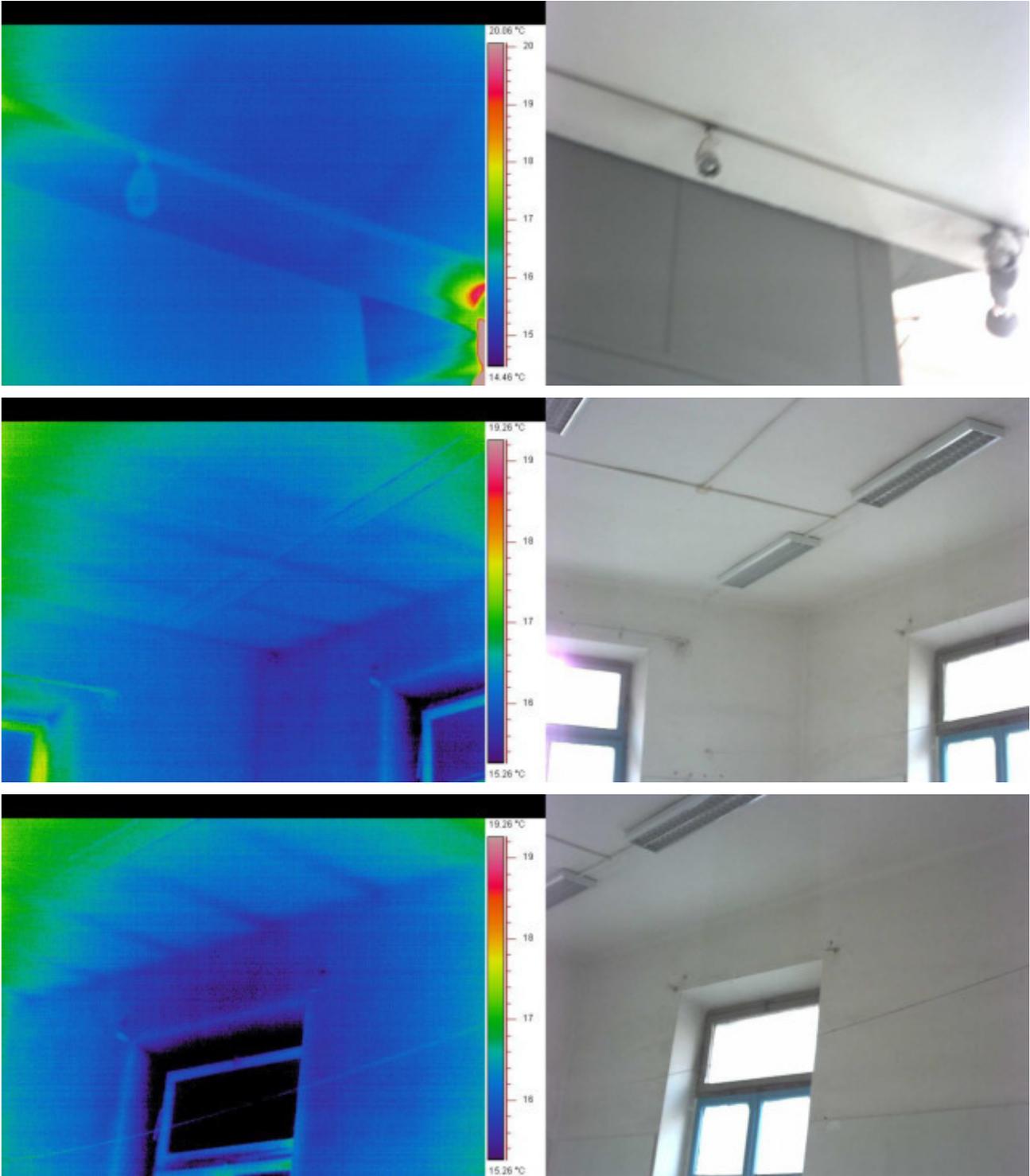
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

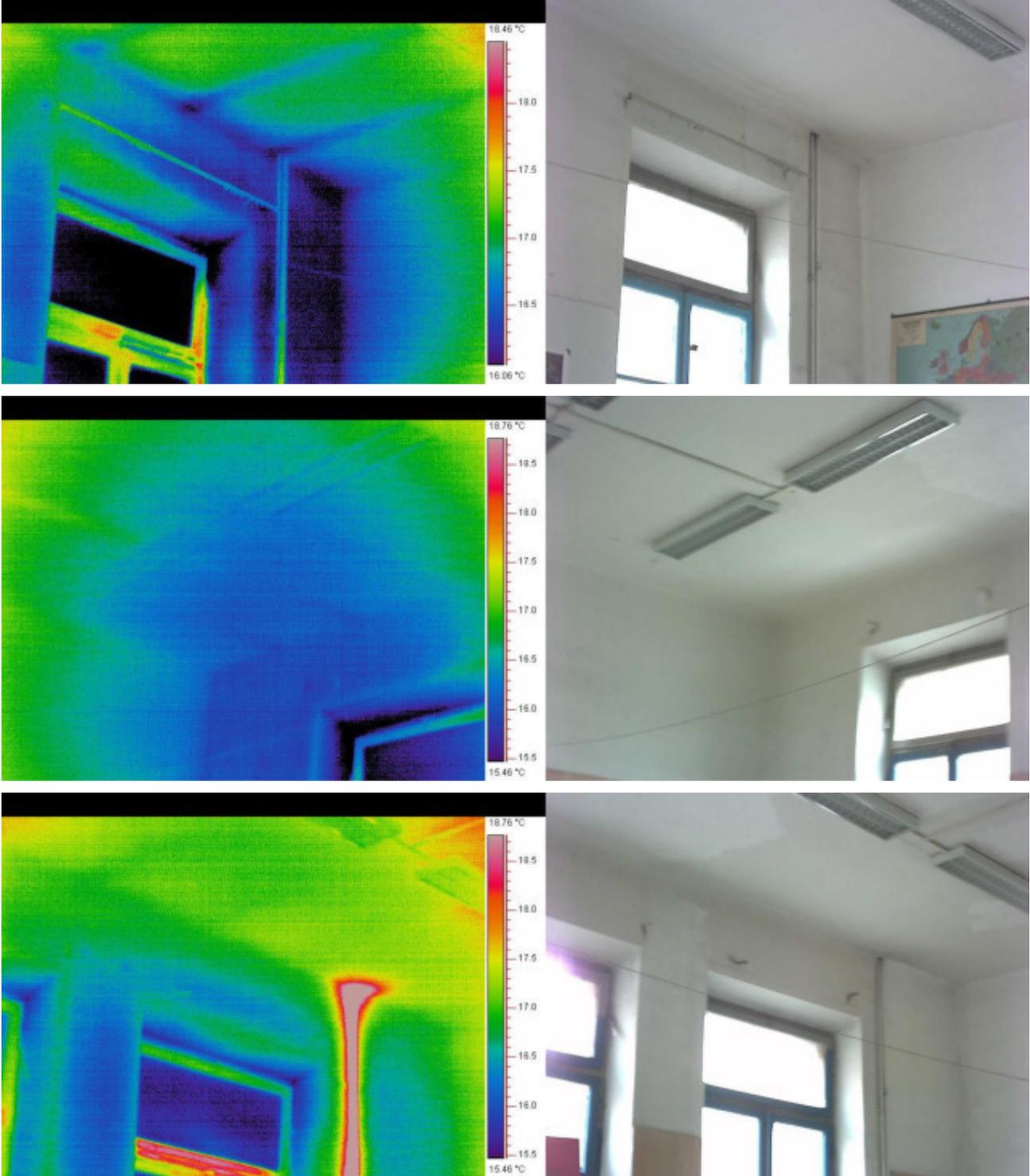
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

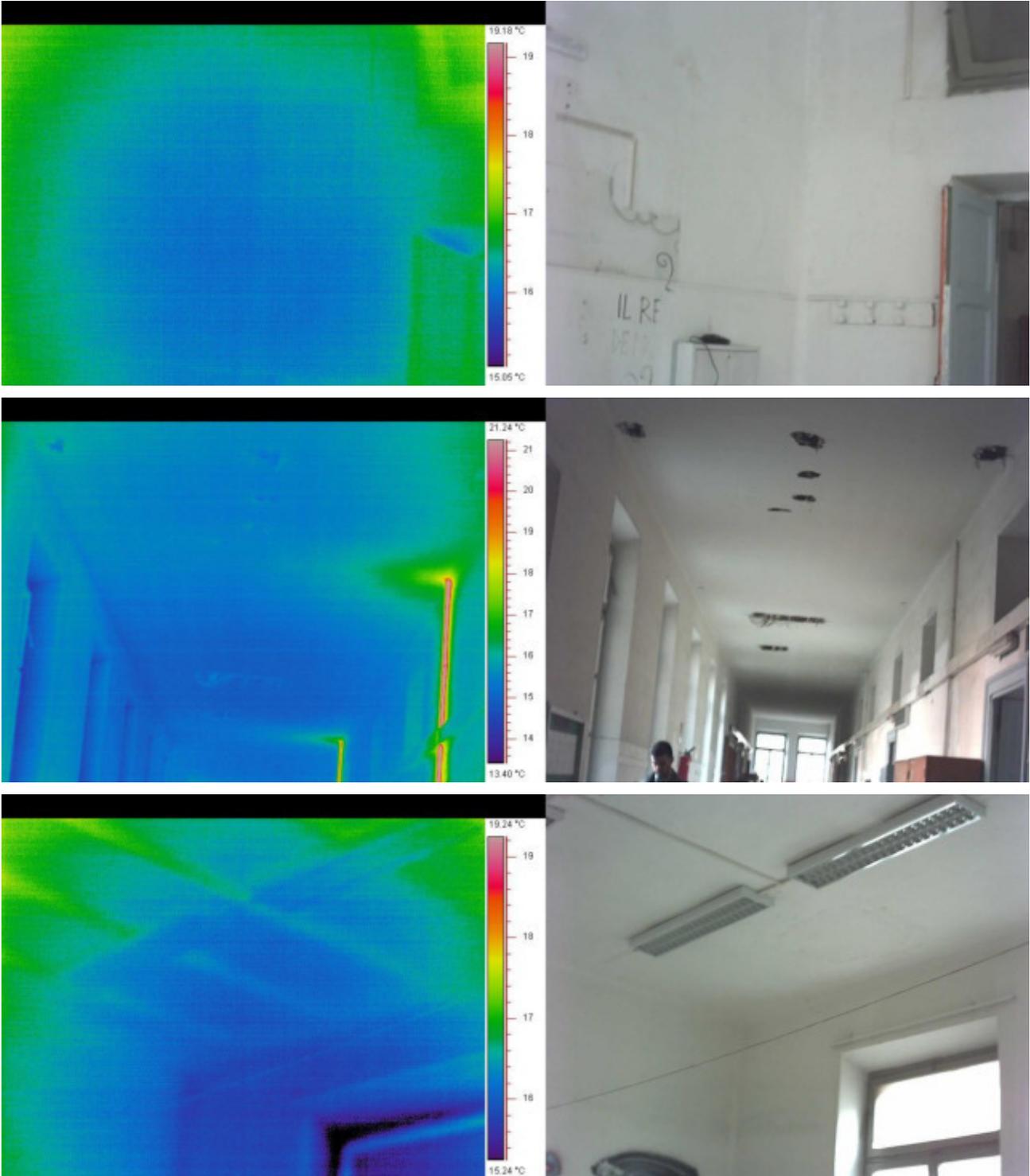
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

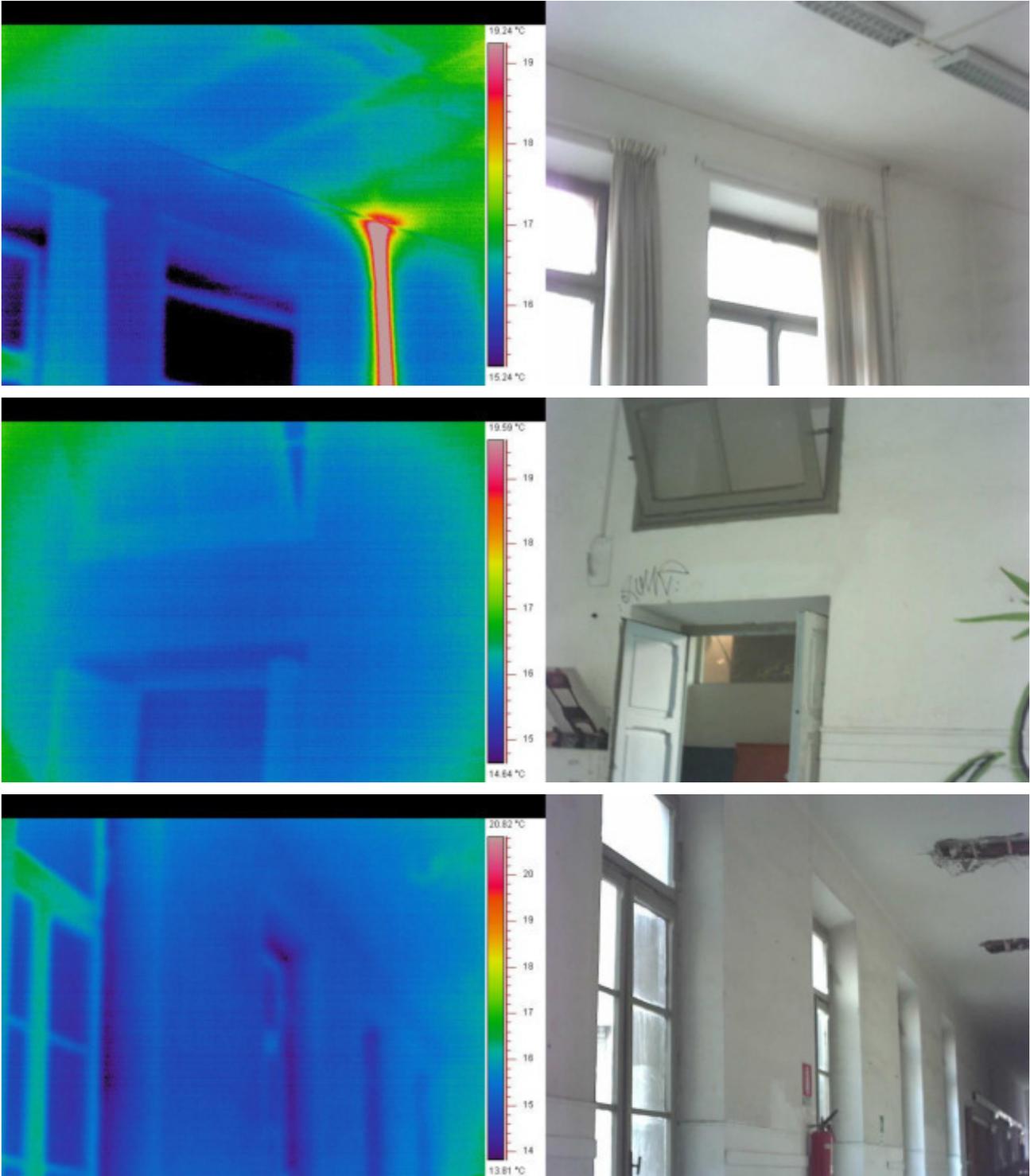
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

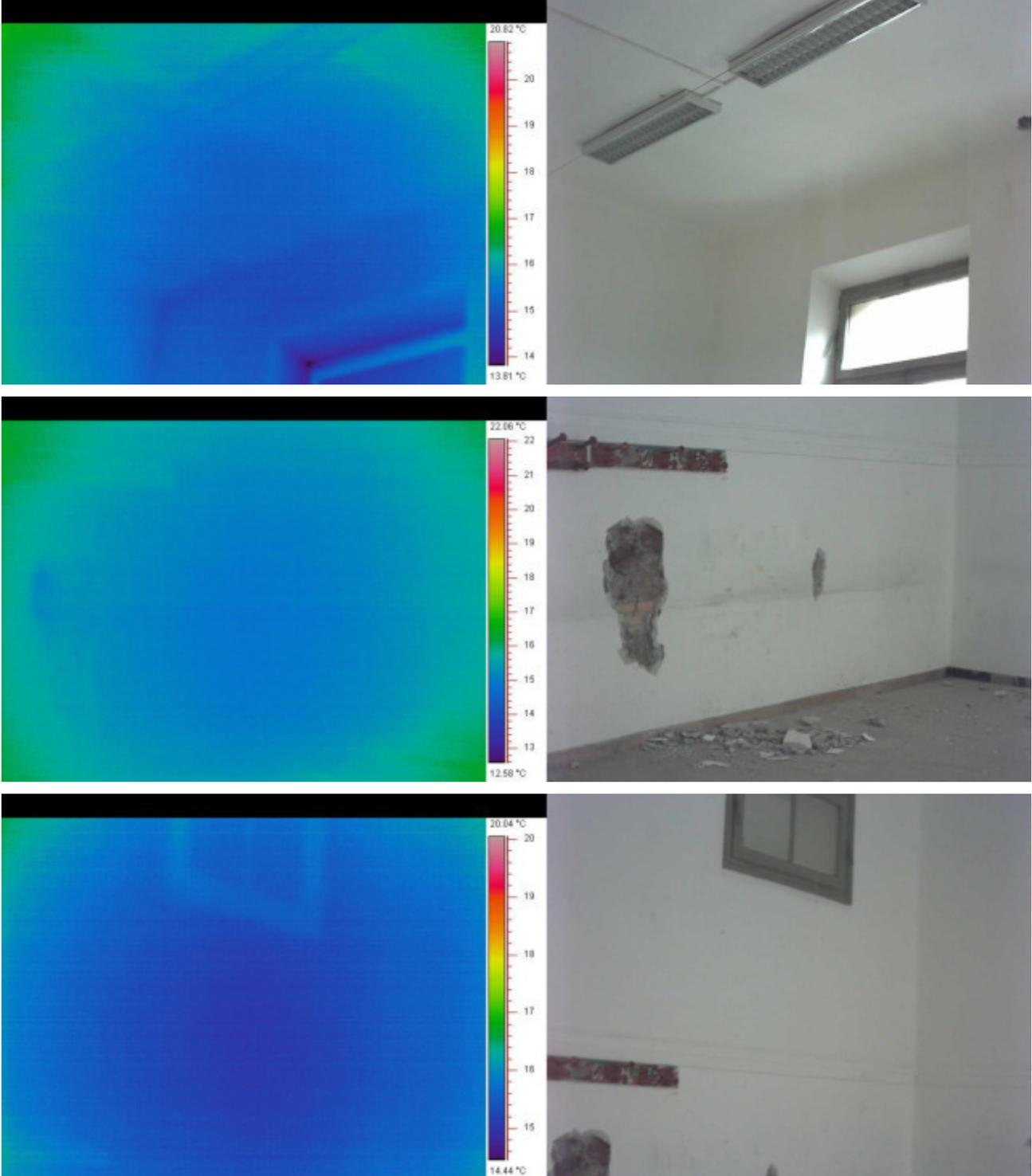
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

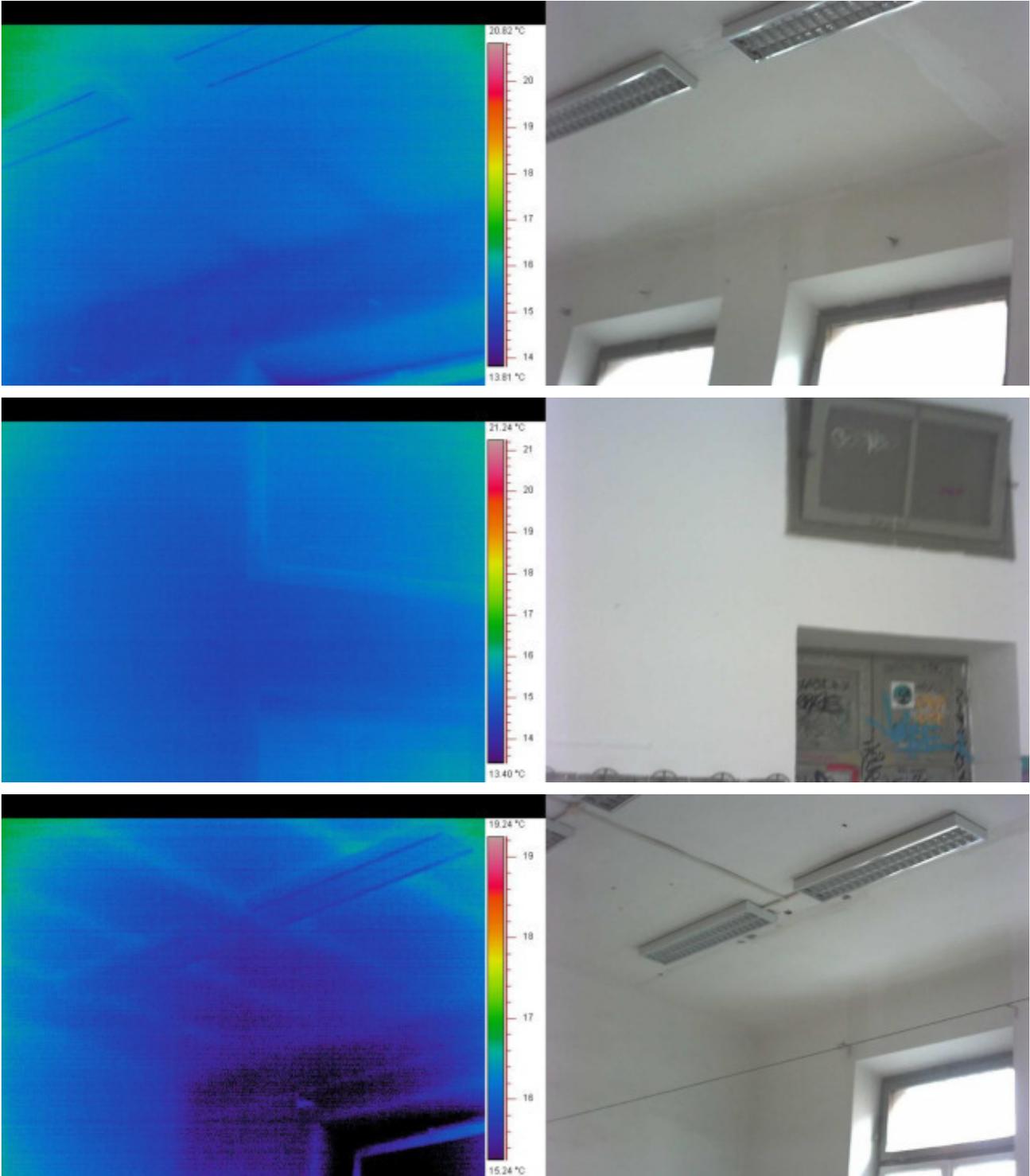
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

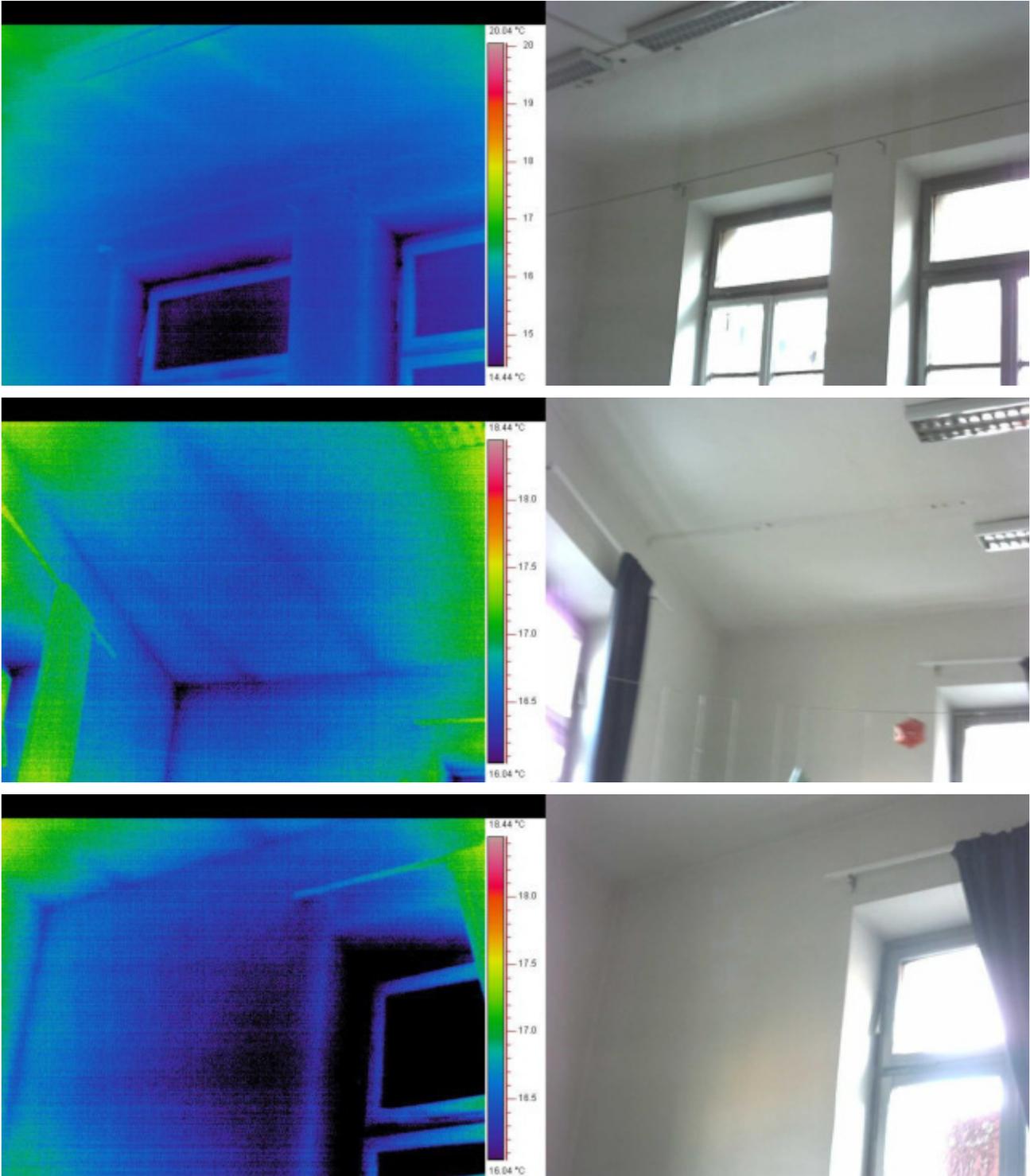
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

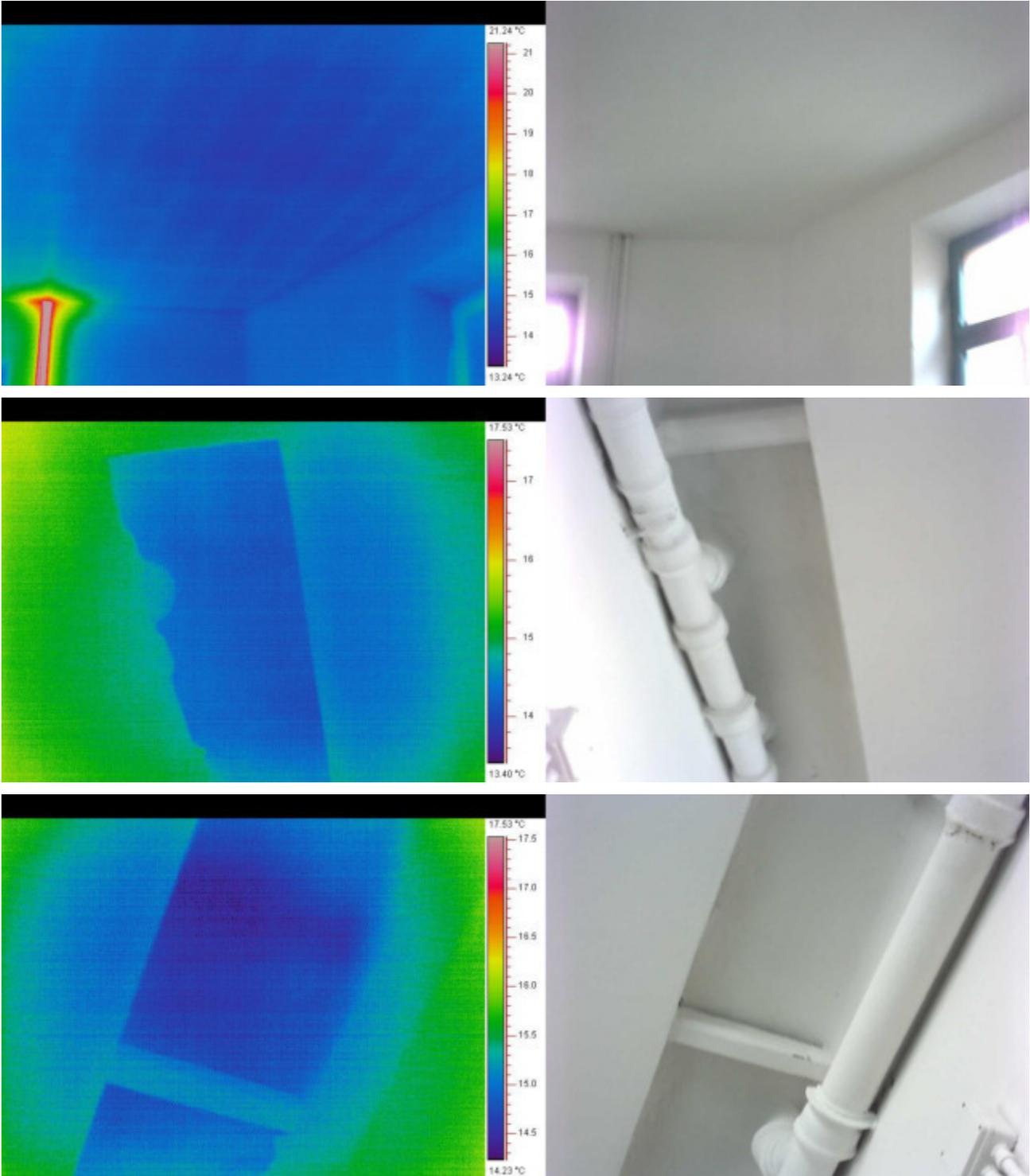
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

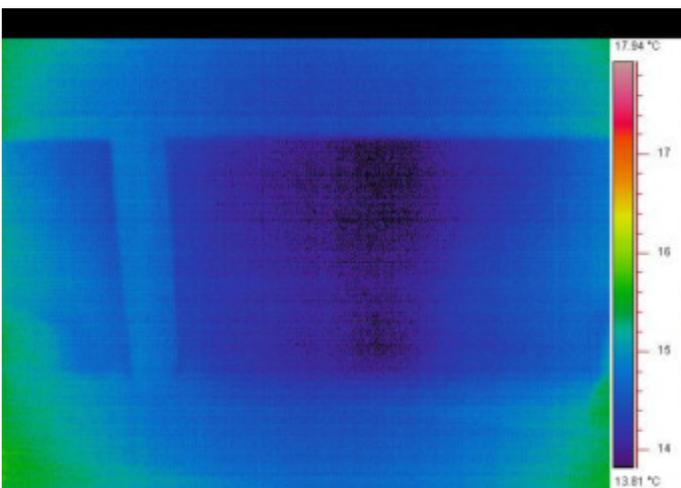
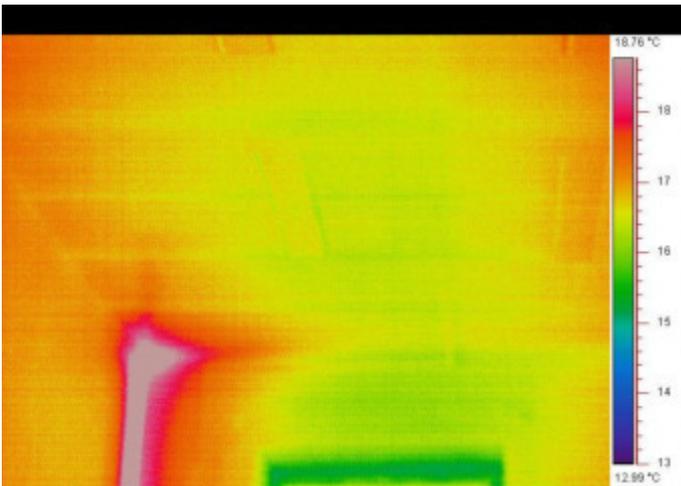
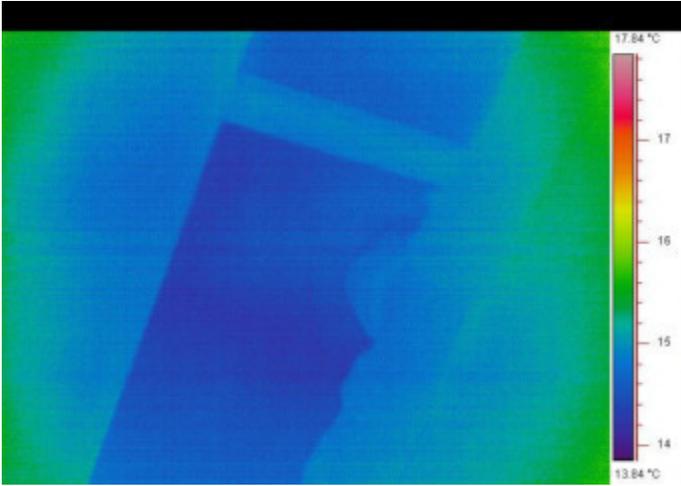
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

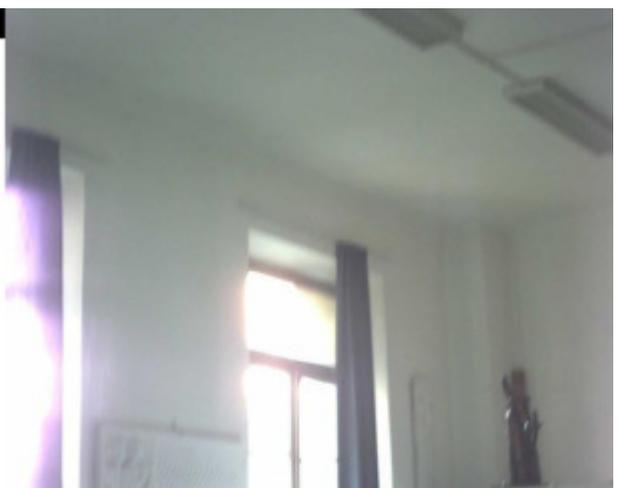
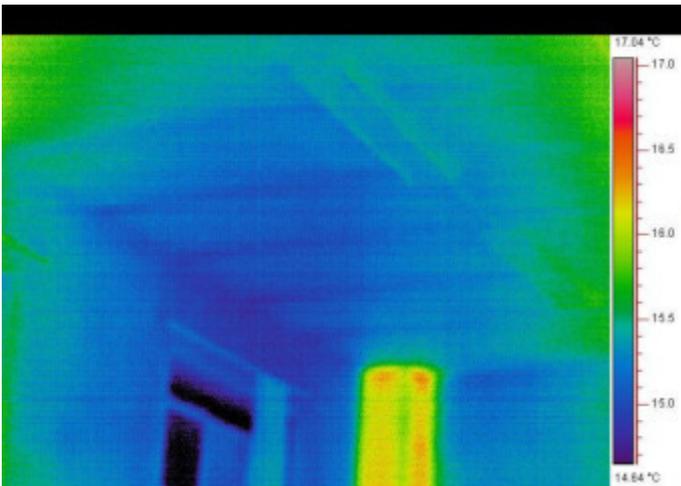
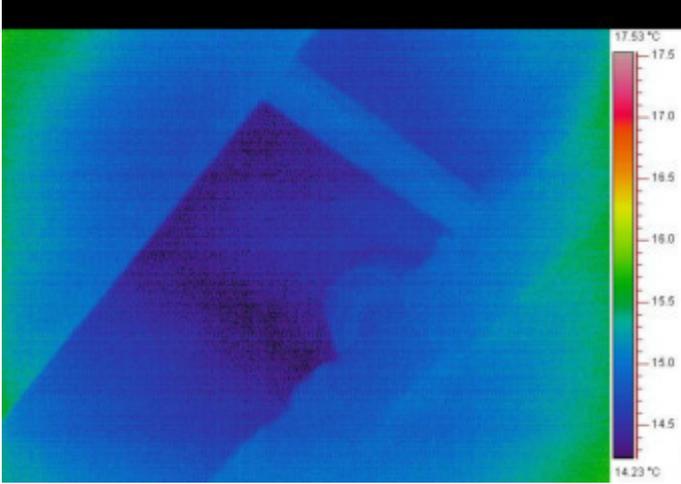
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

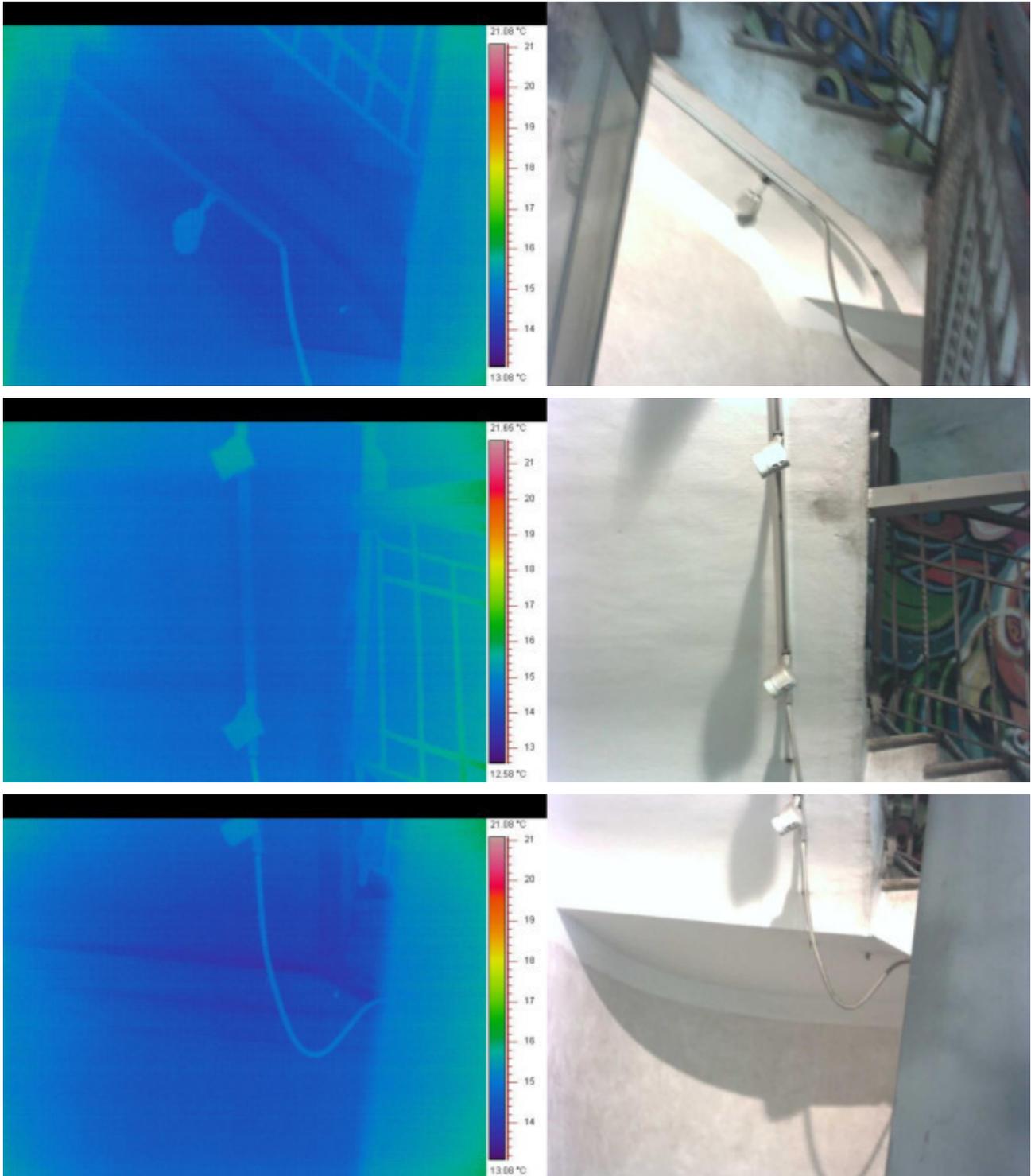




ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

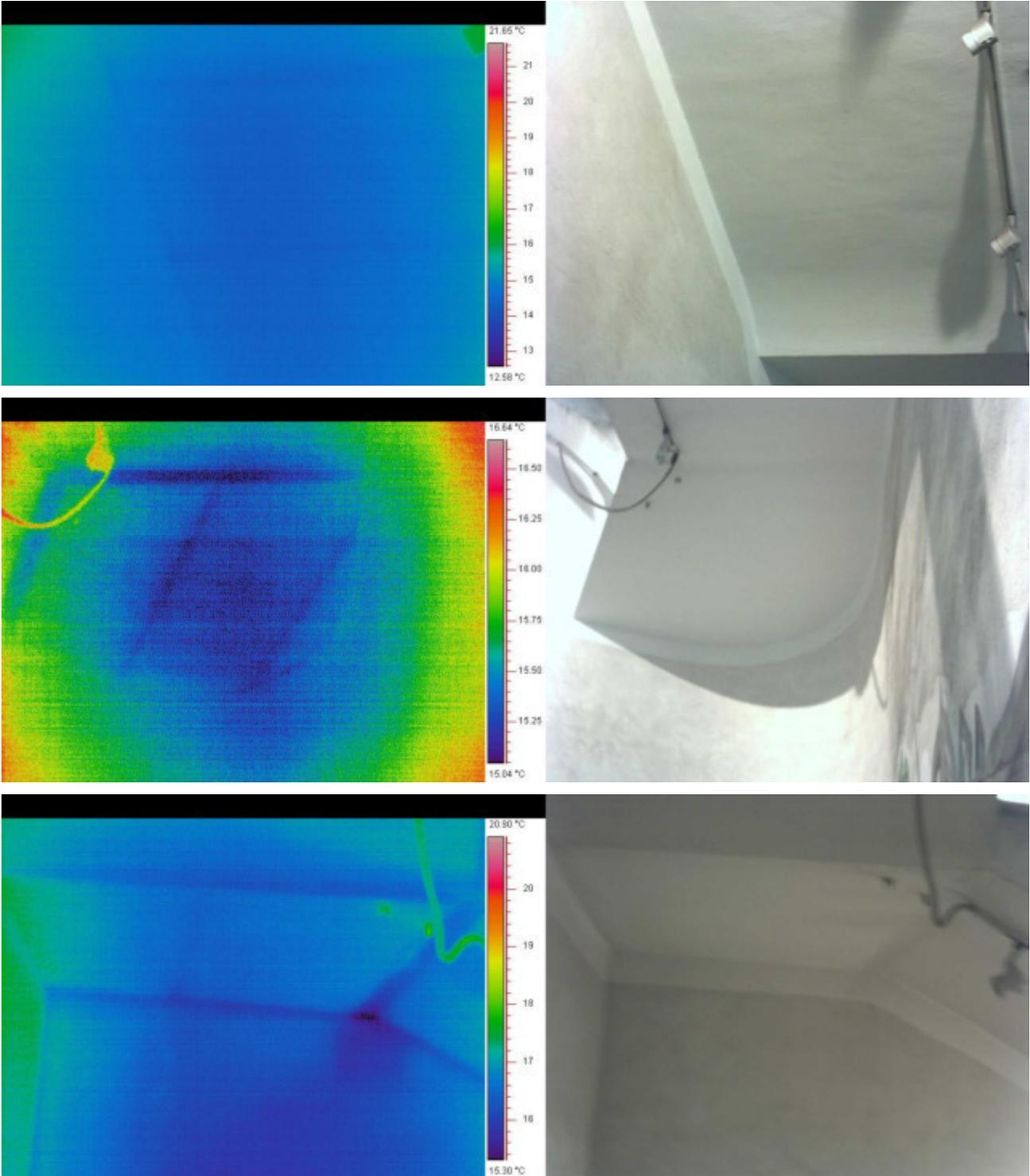
INTERNO – SCALA PIANO PRIMO/SECONDO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

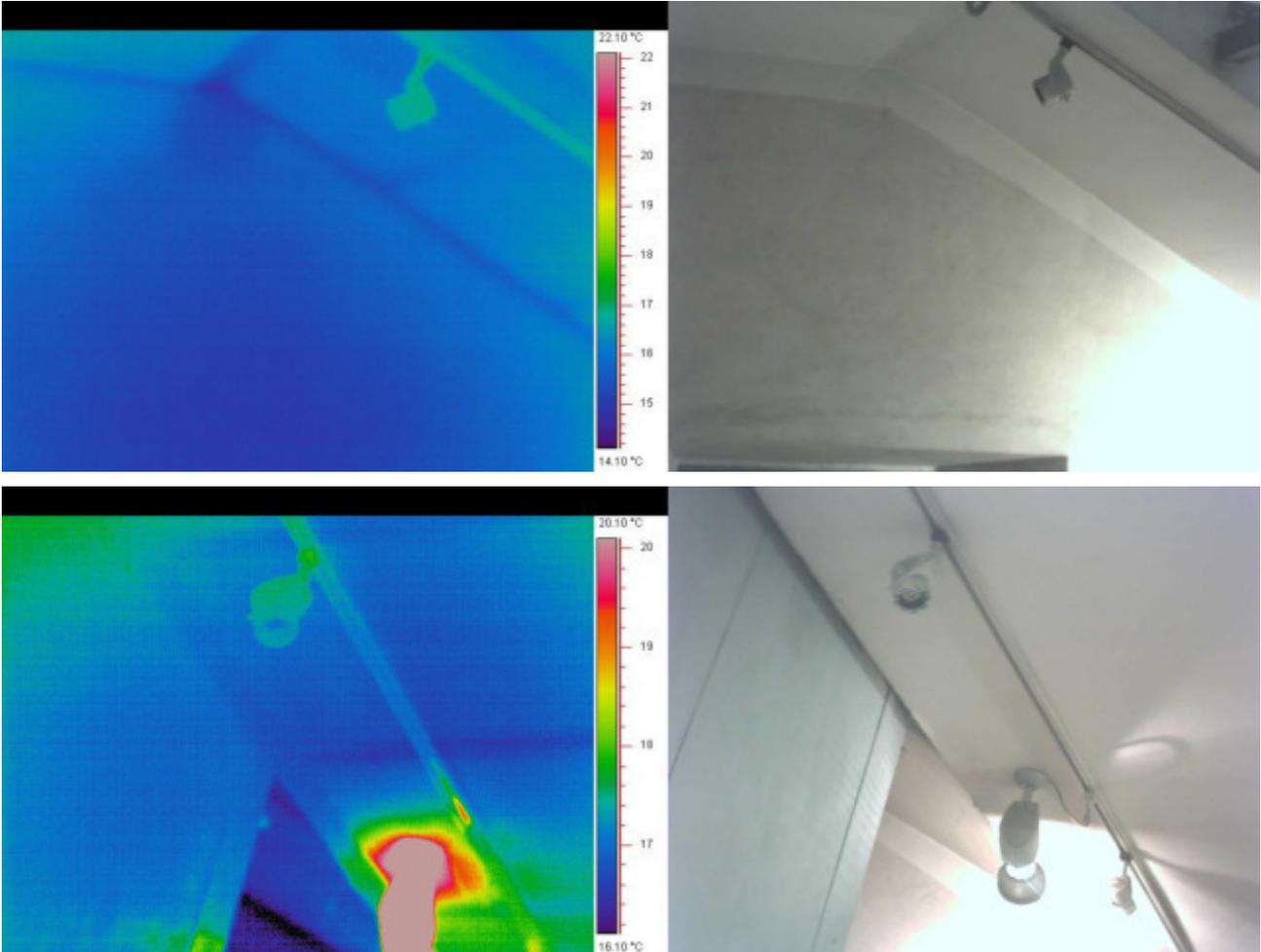
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

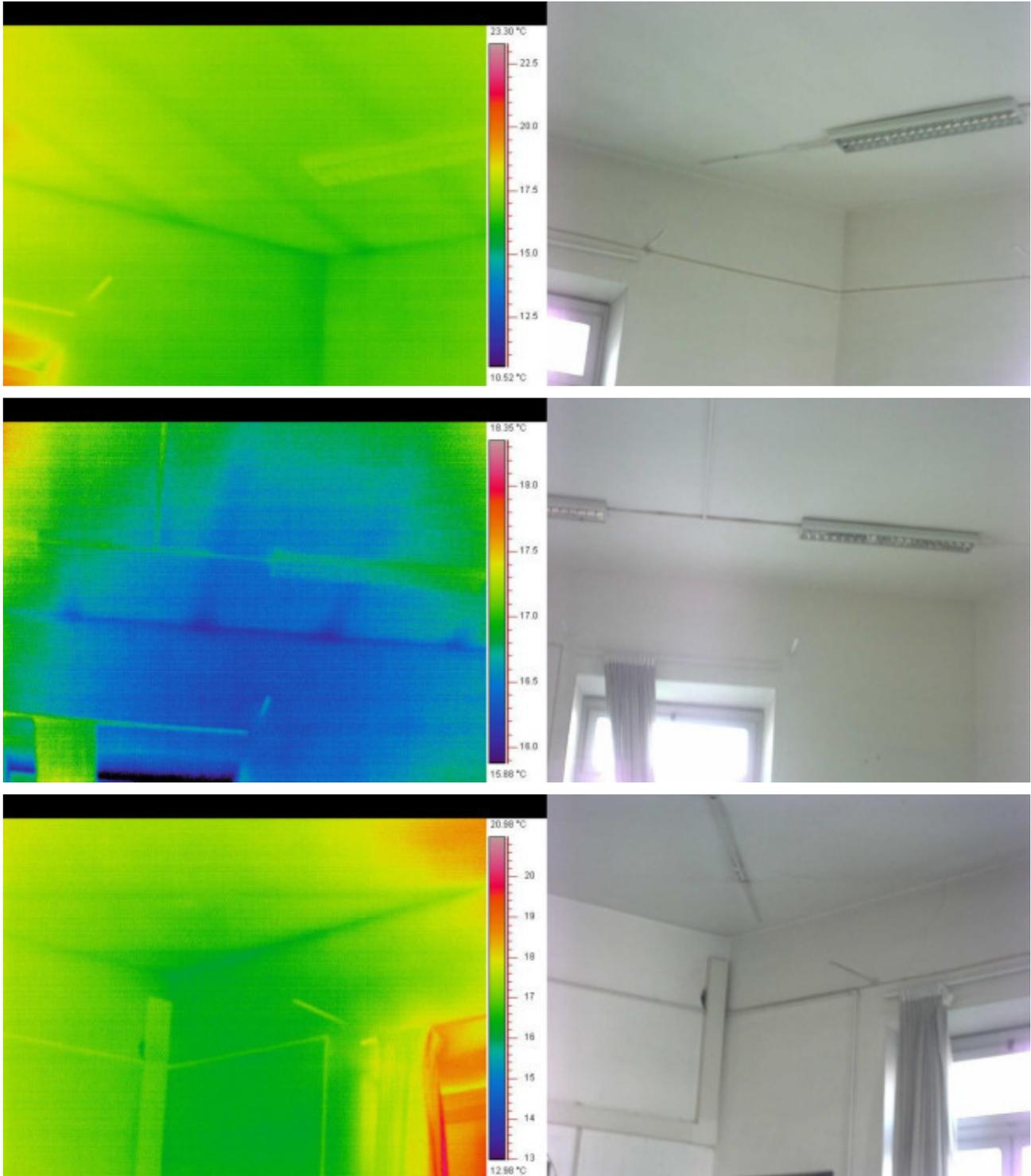




ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

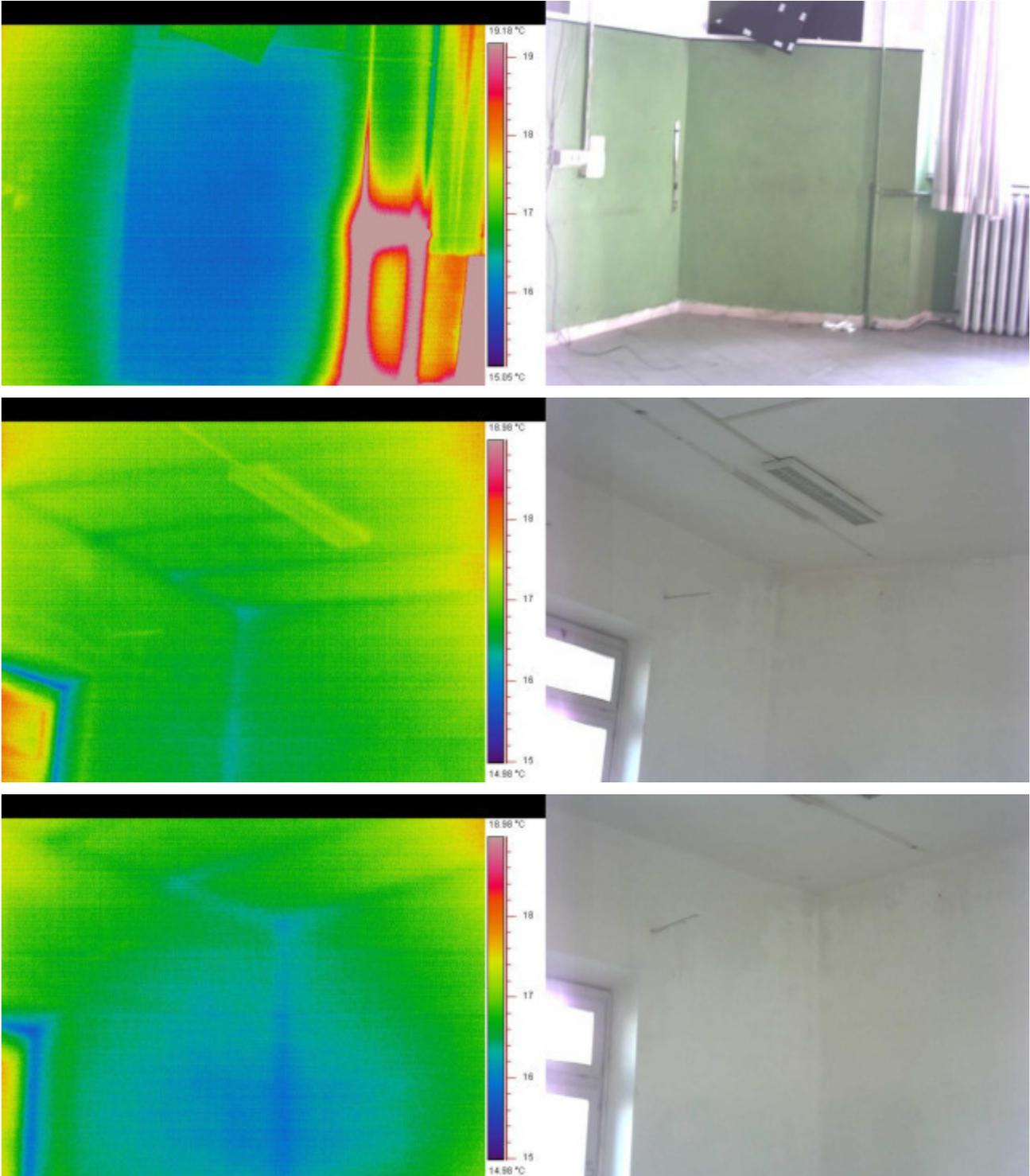
INTERNO – PIANO SECONDO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

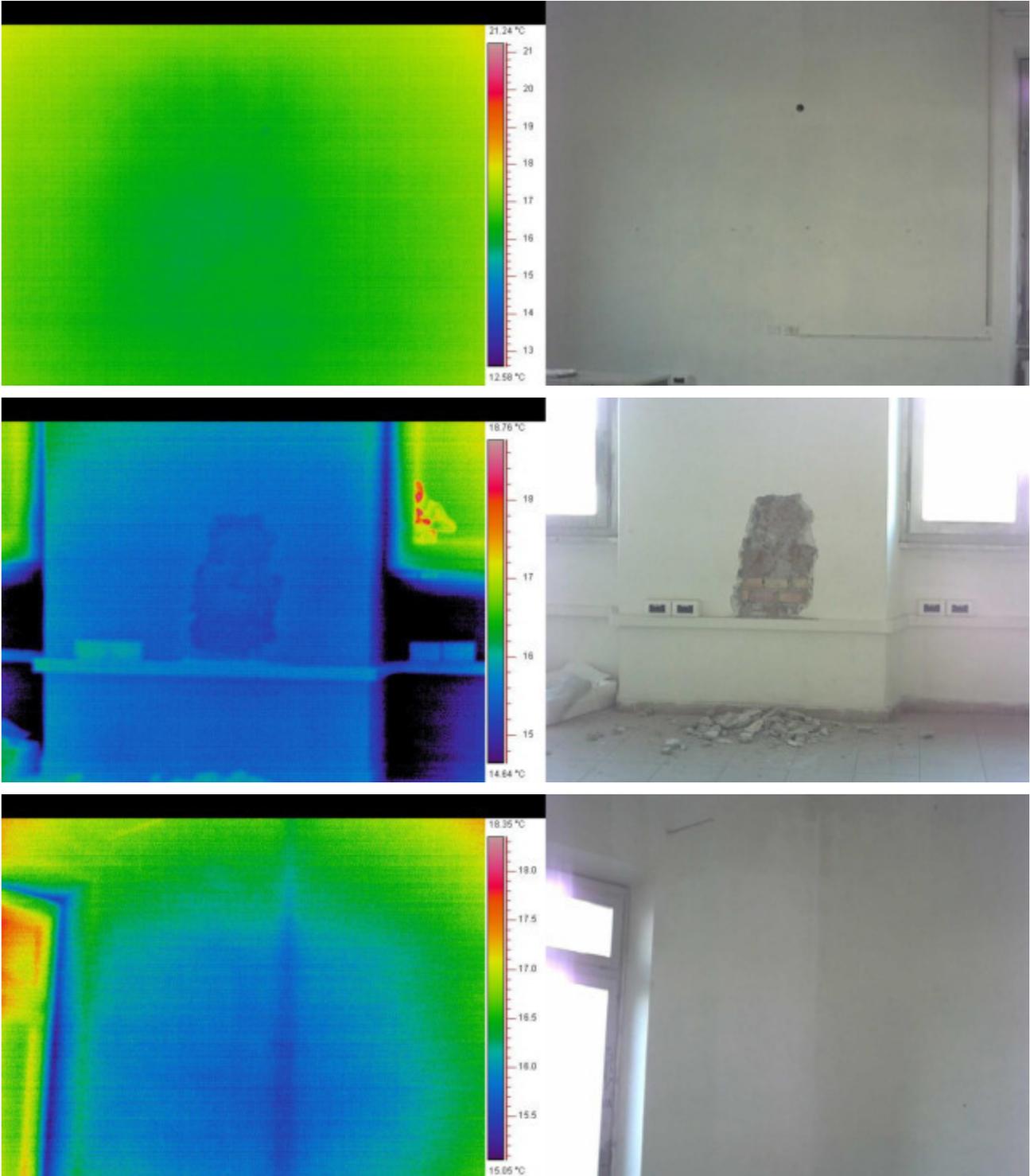
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

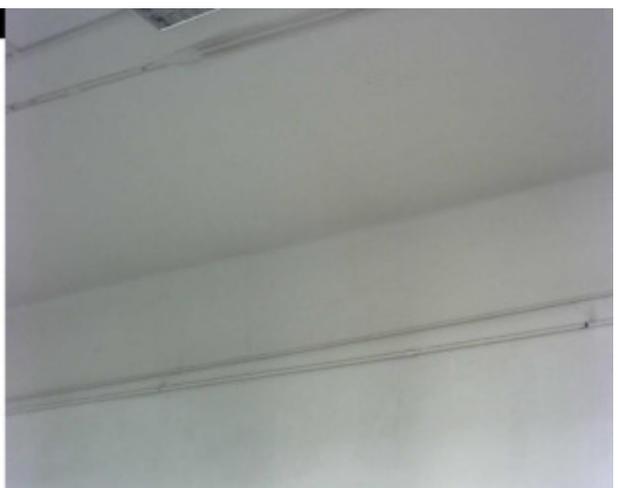
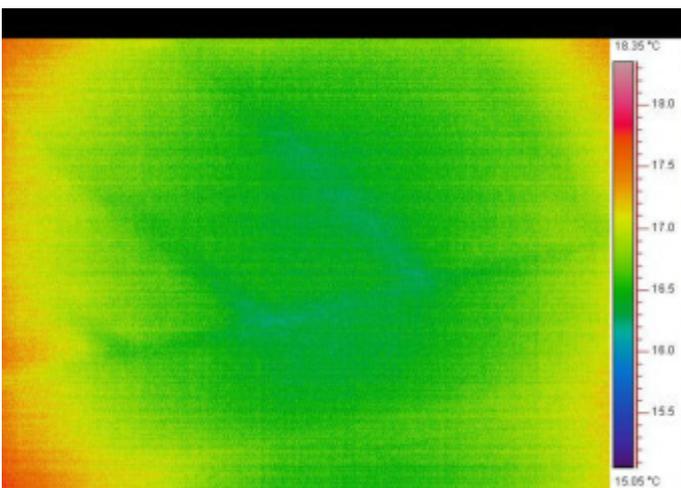
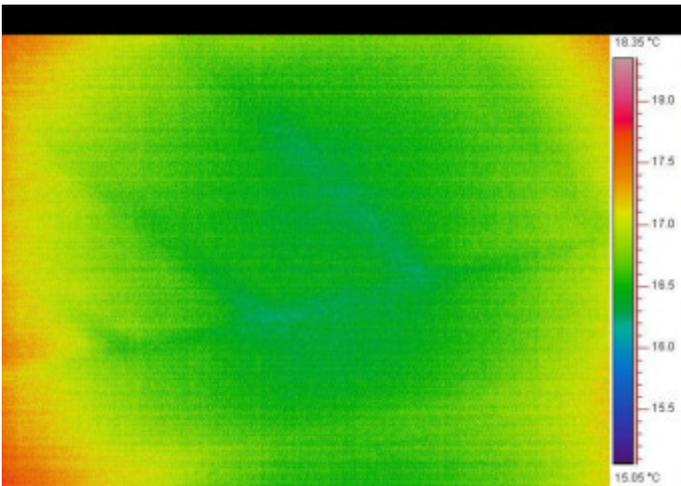
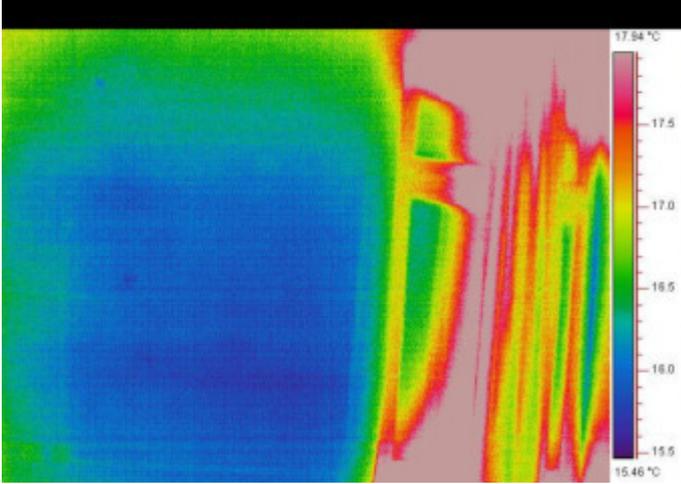
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

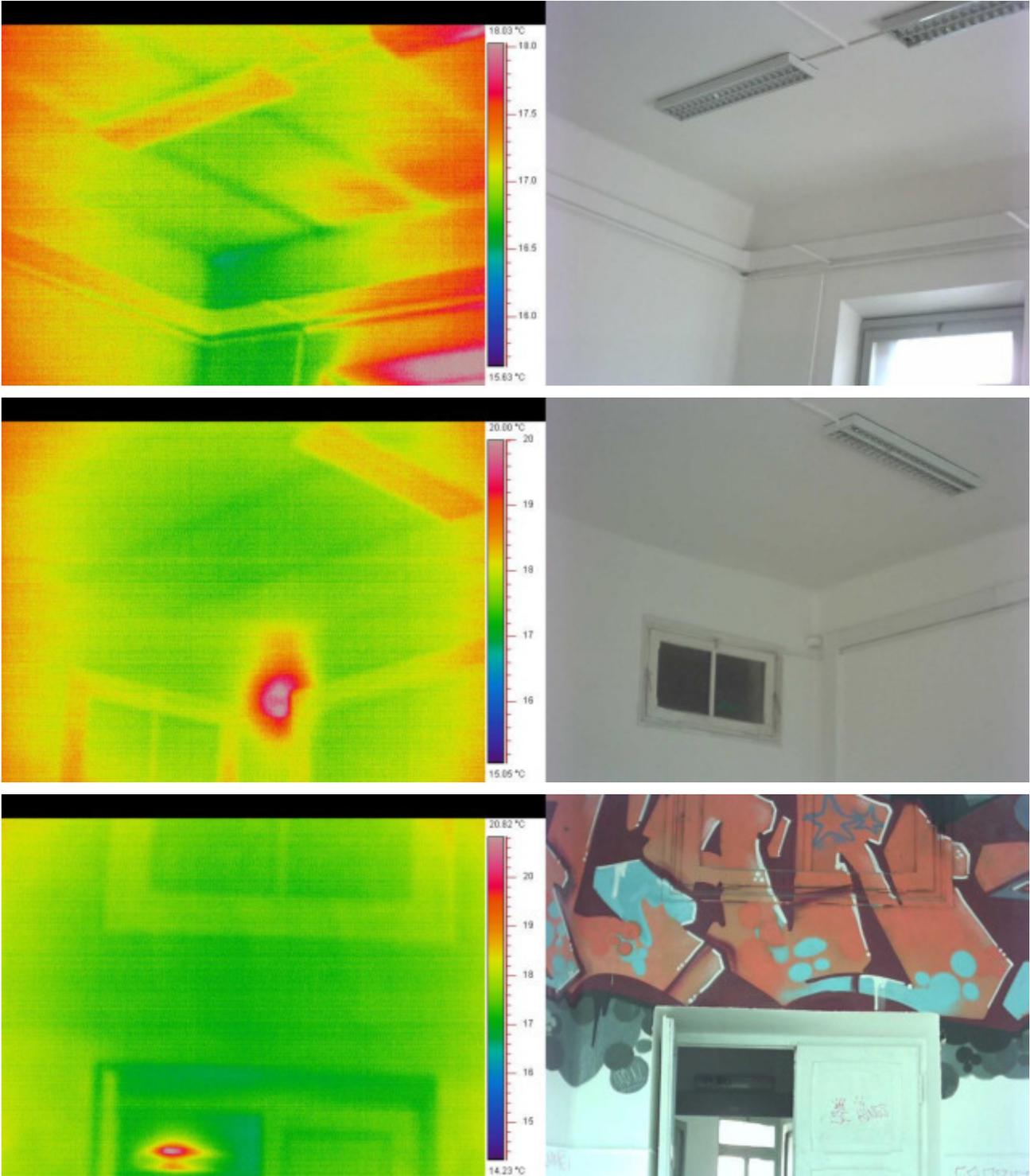
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

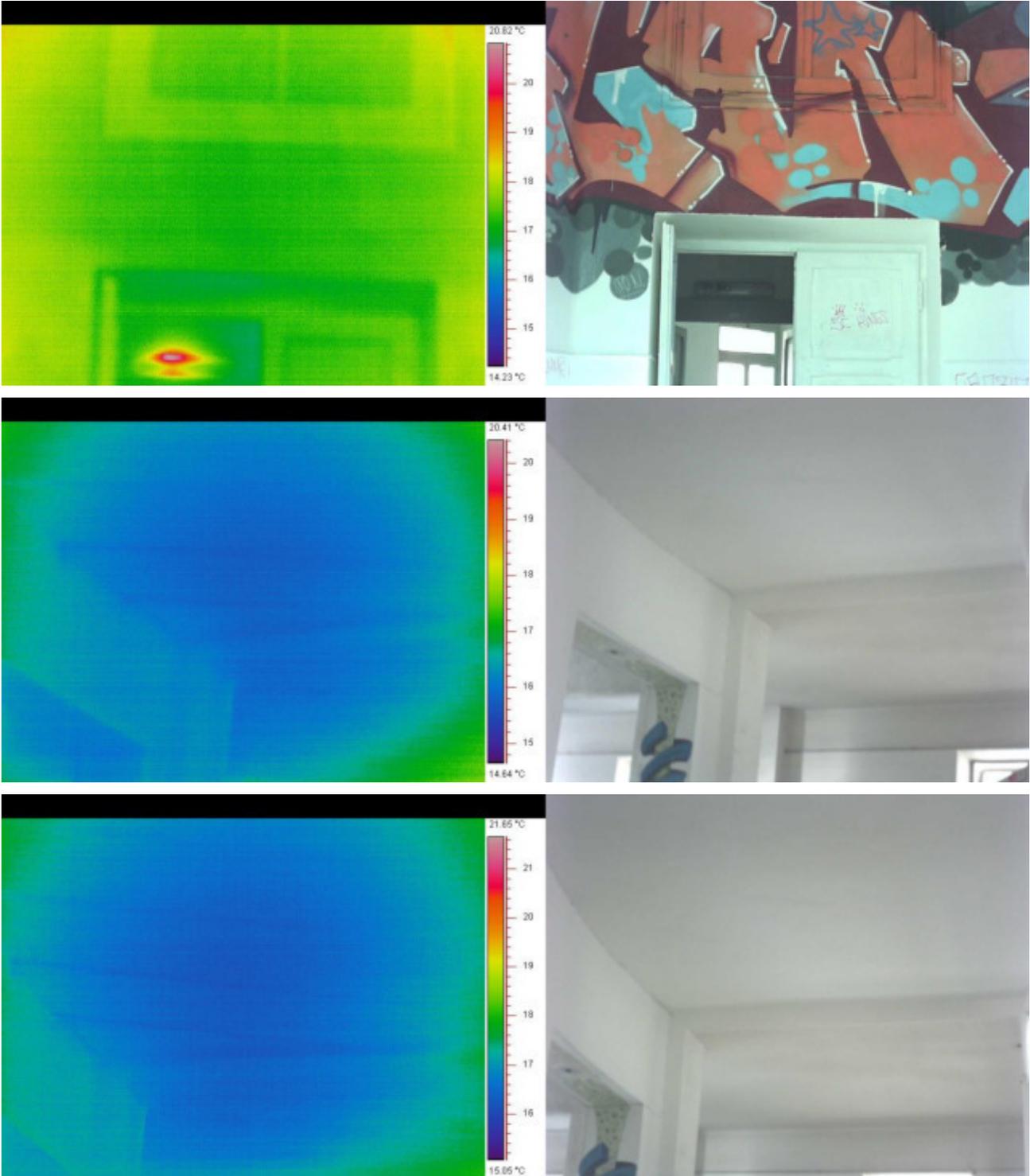
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

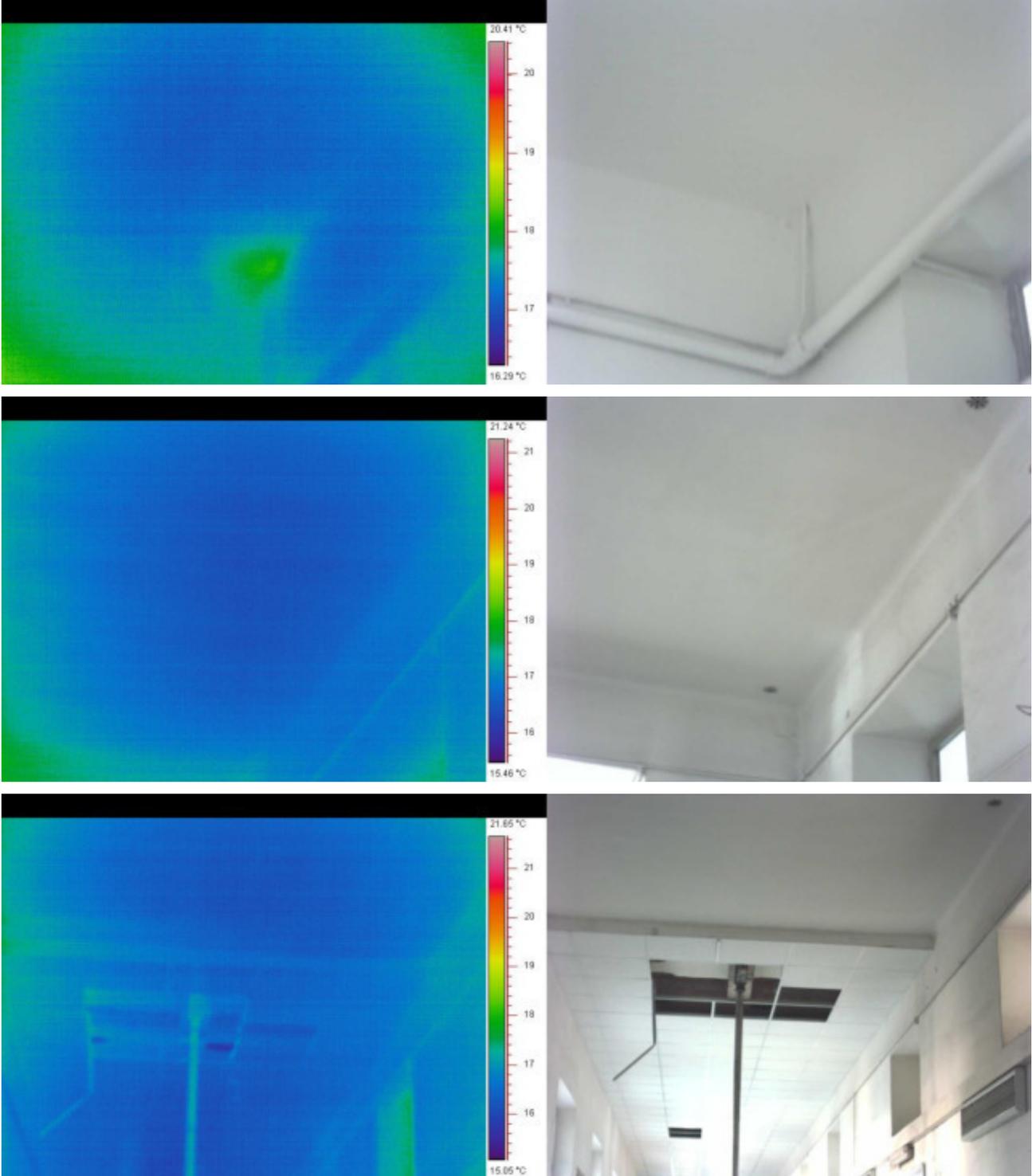
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

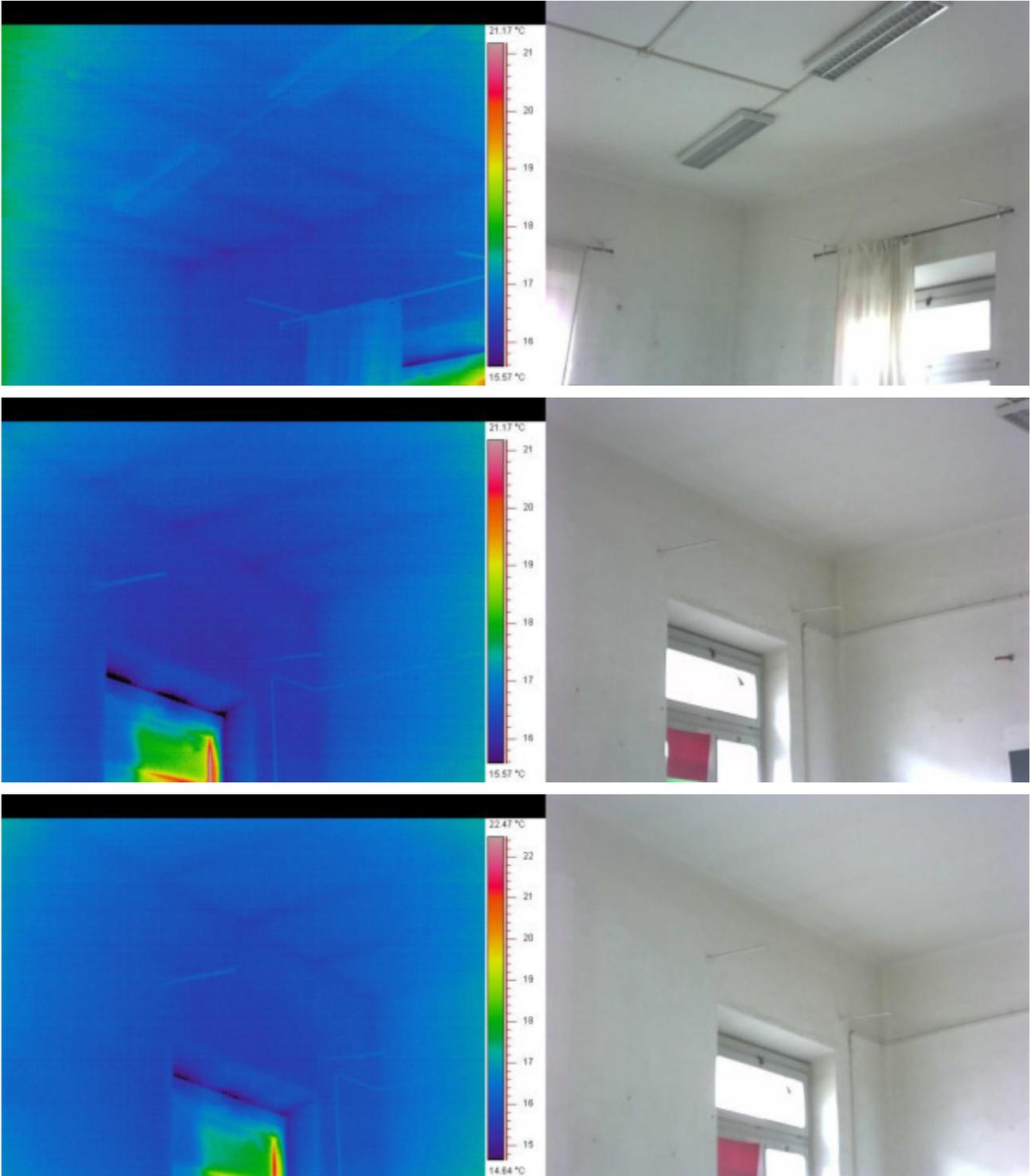
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

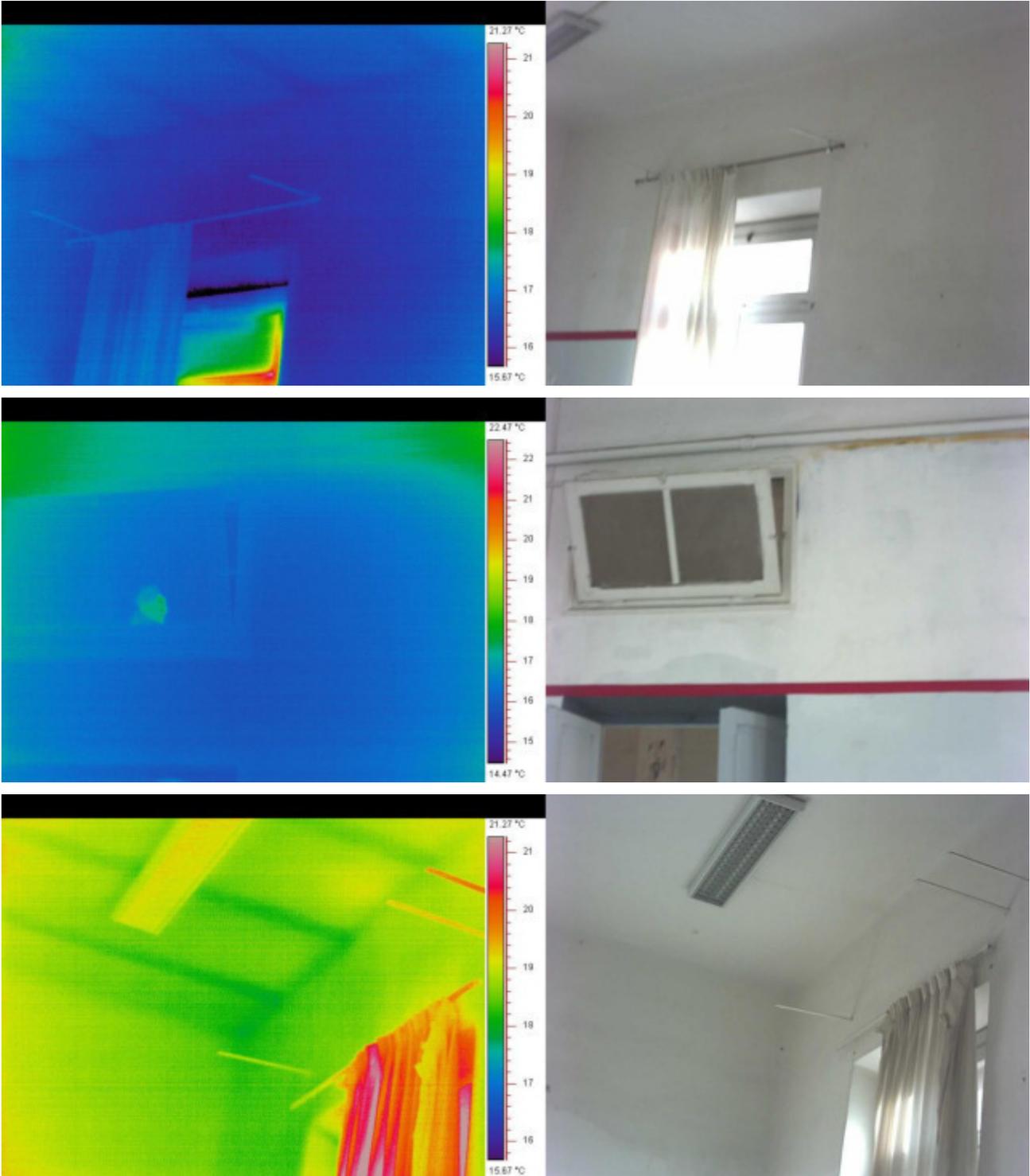
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

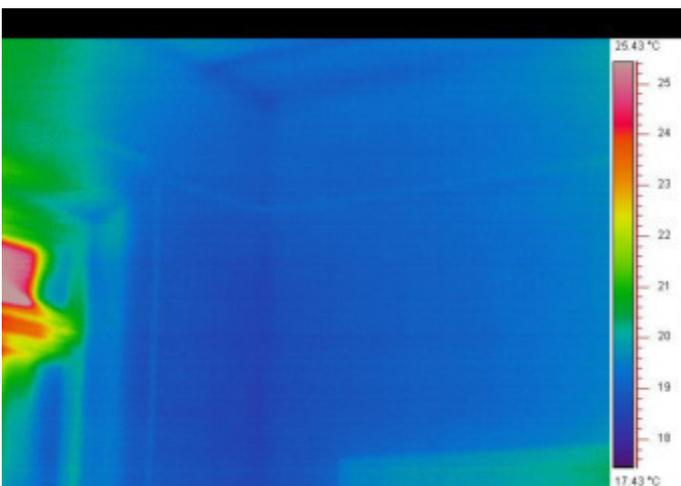
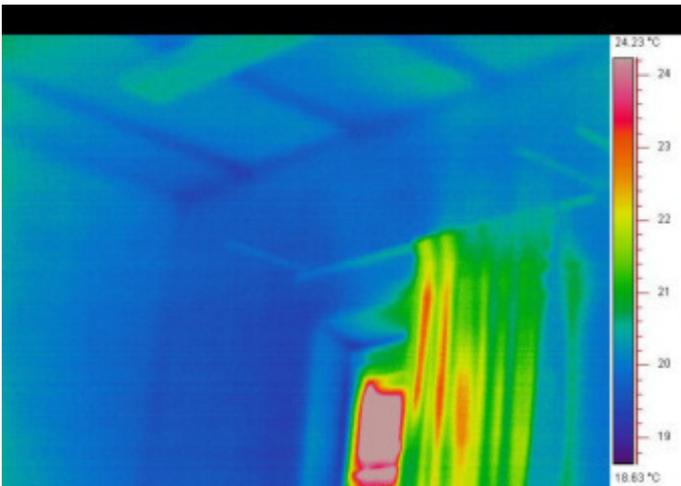
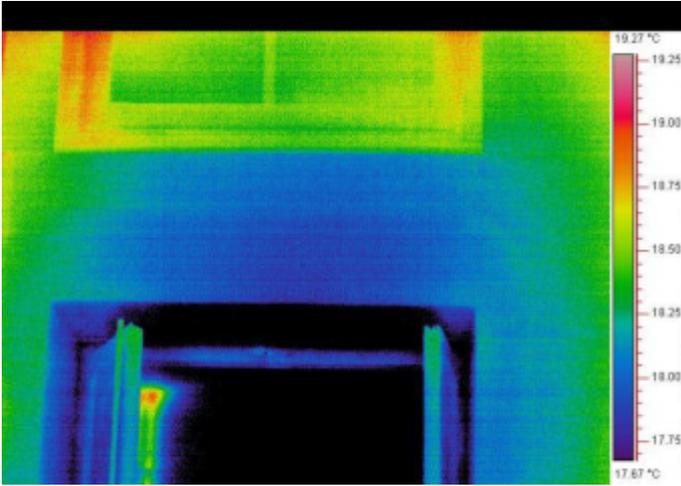
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

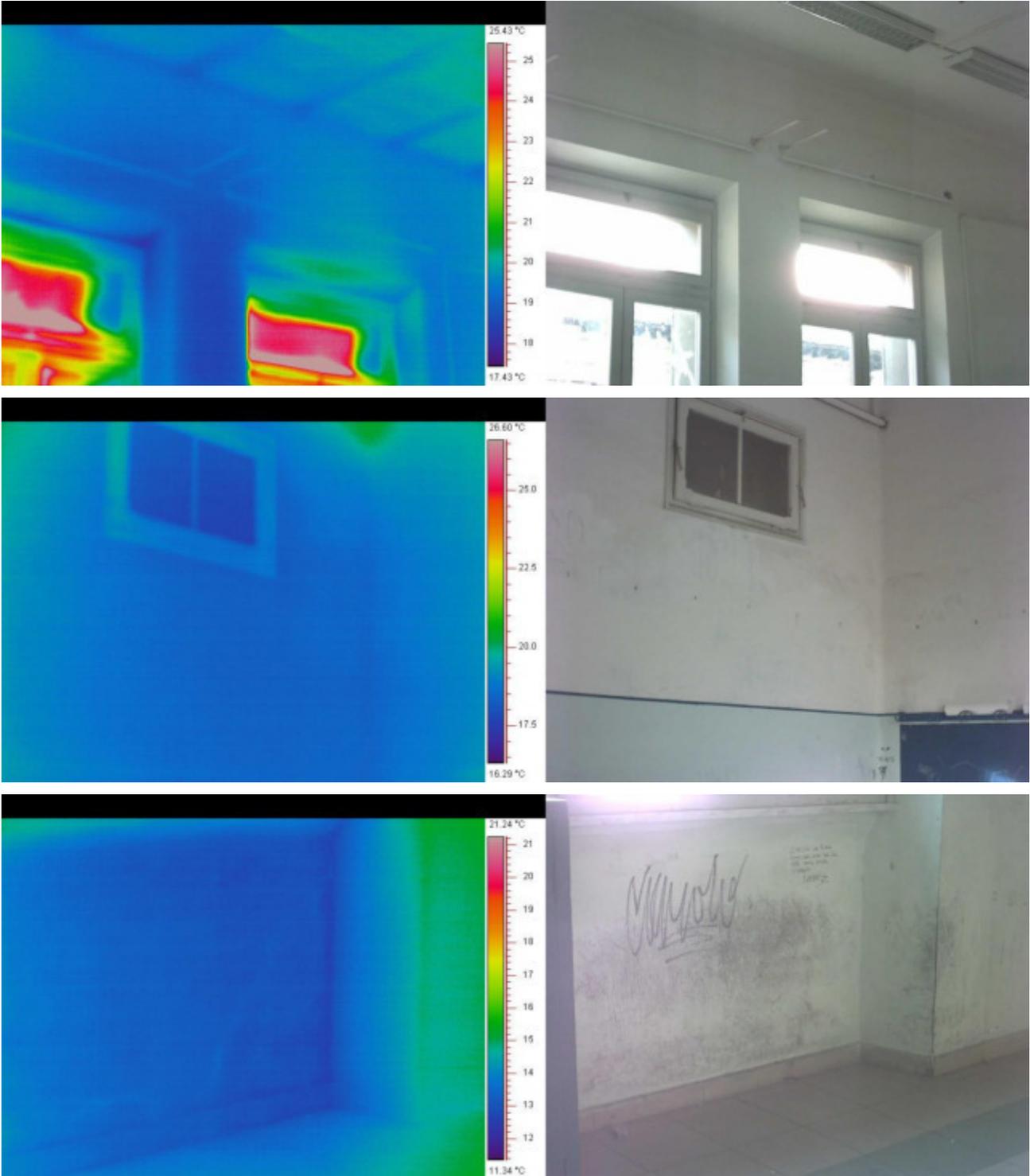
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

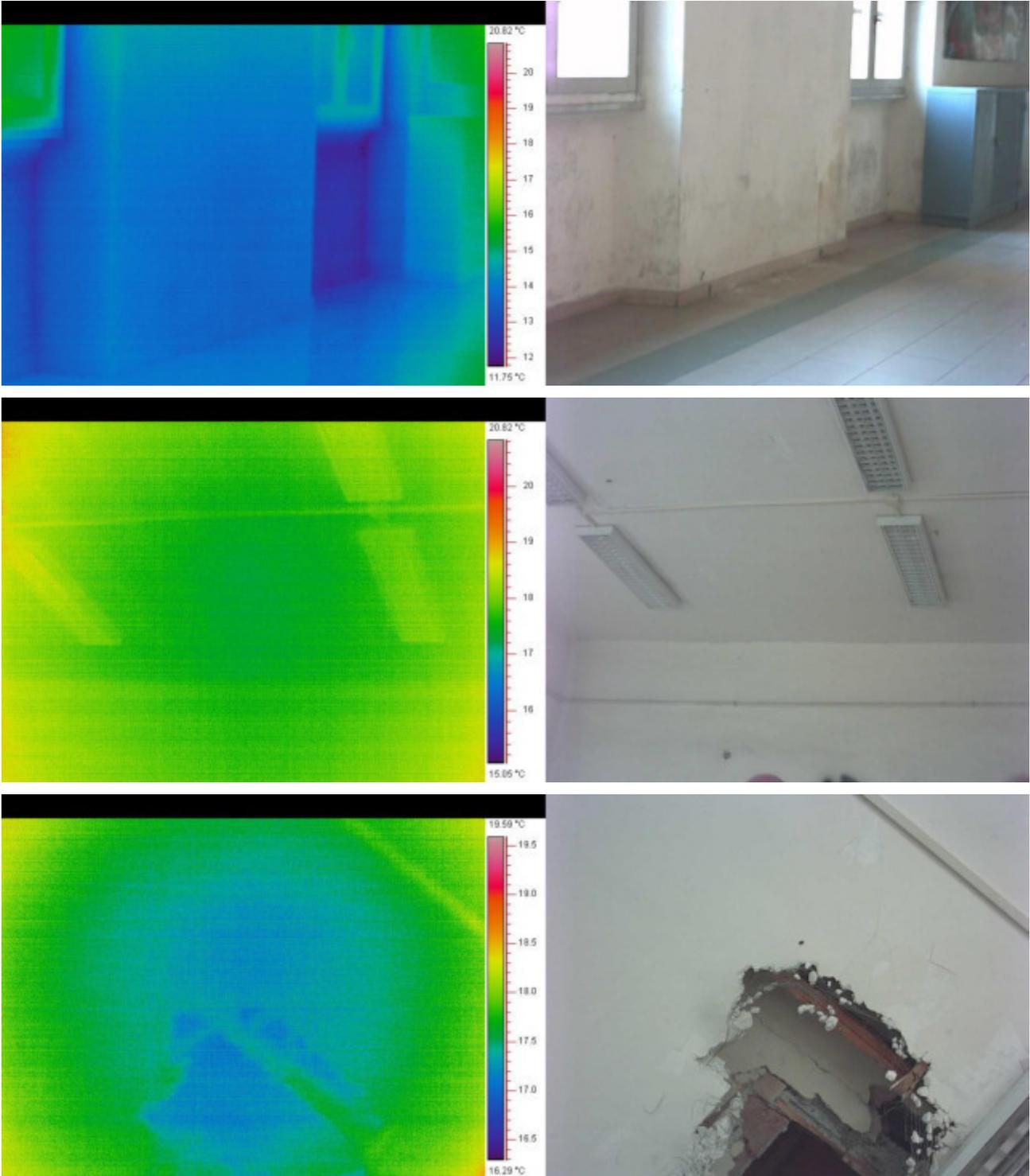
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

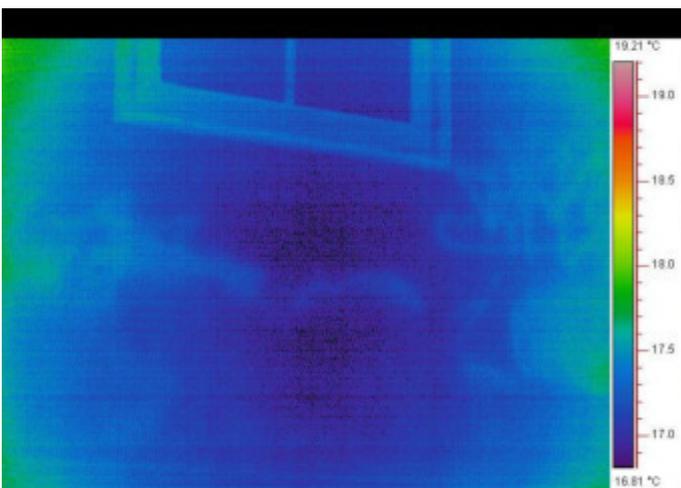
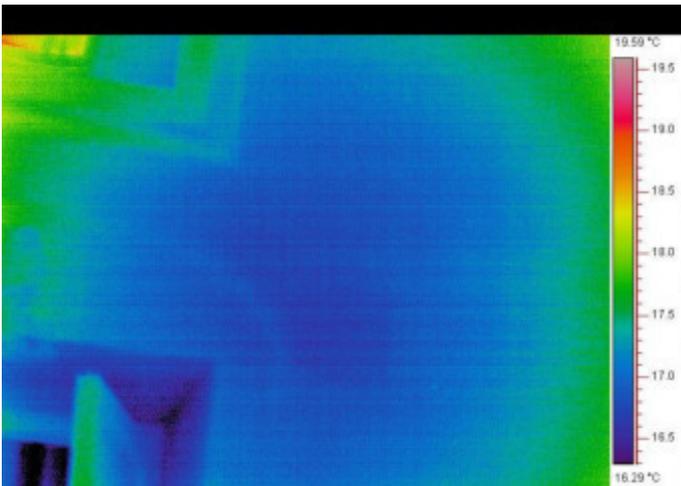
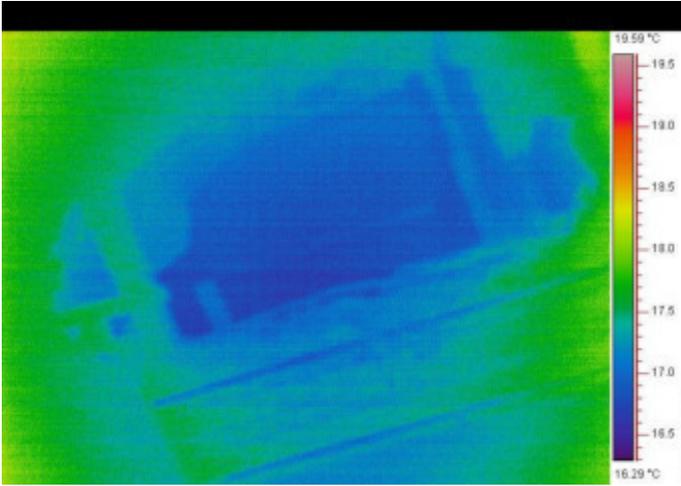
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

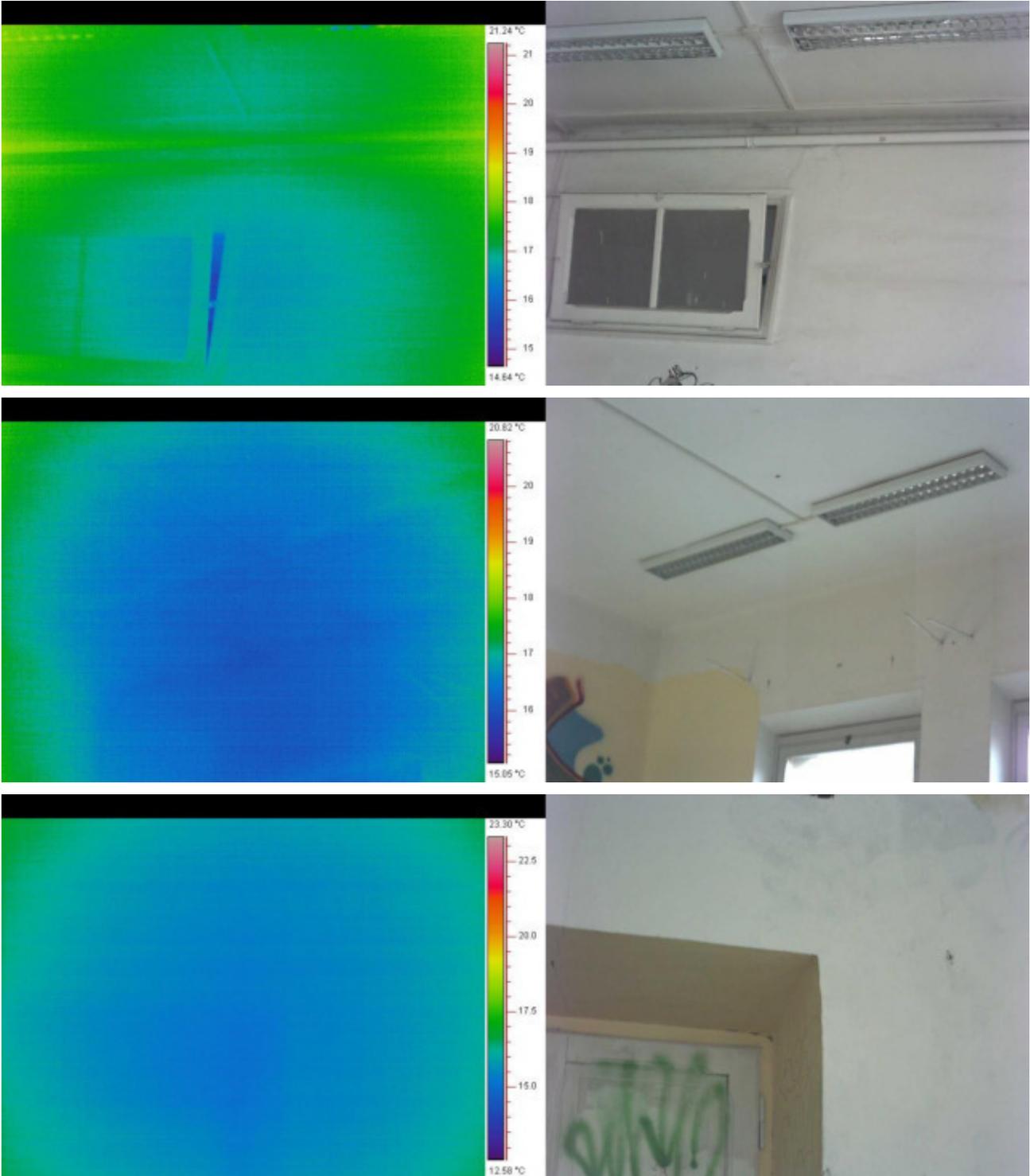
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

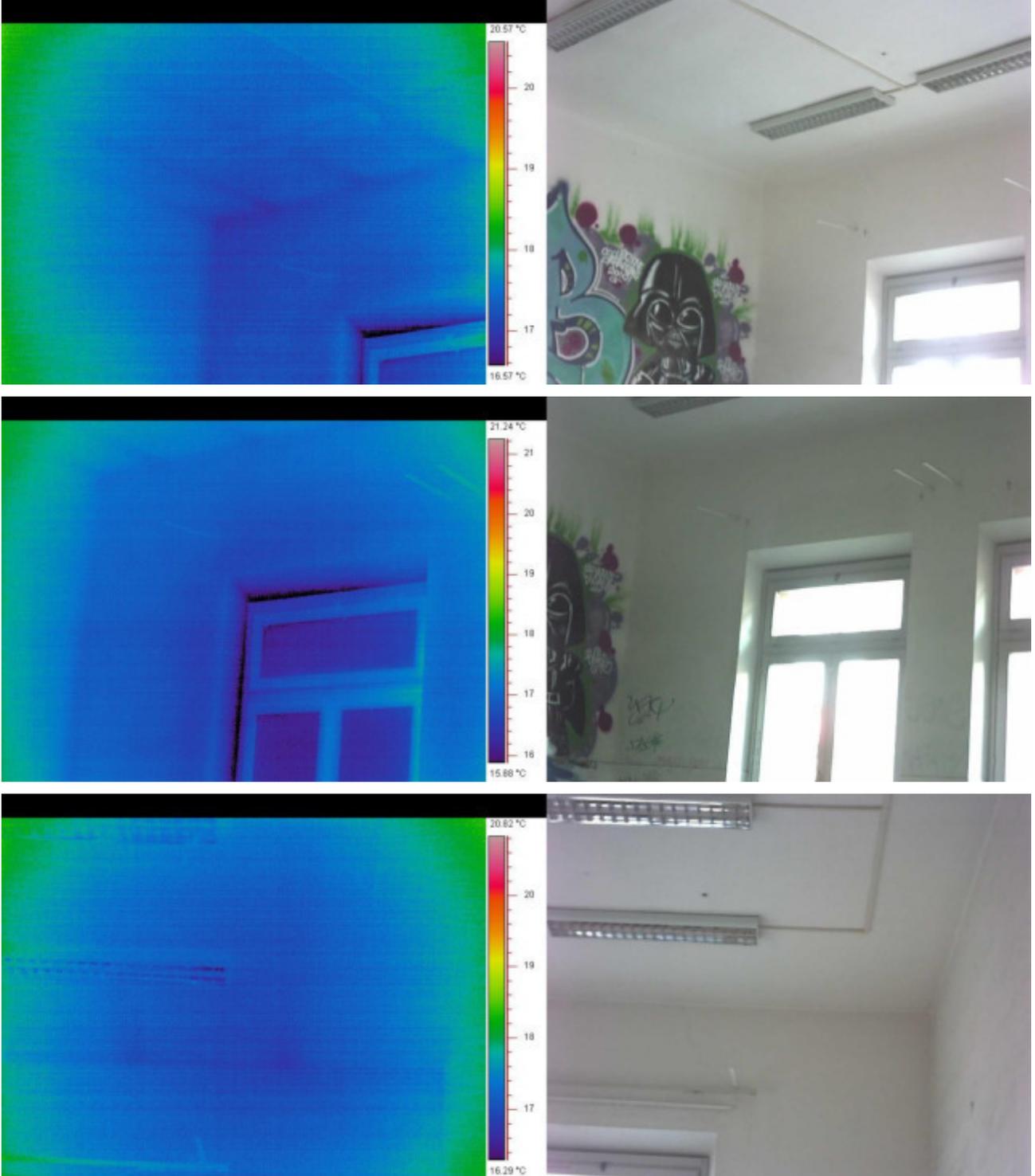
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

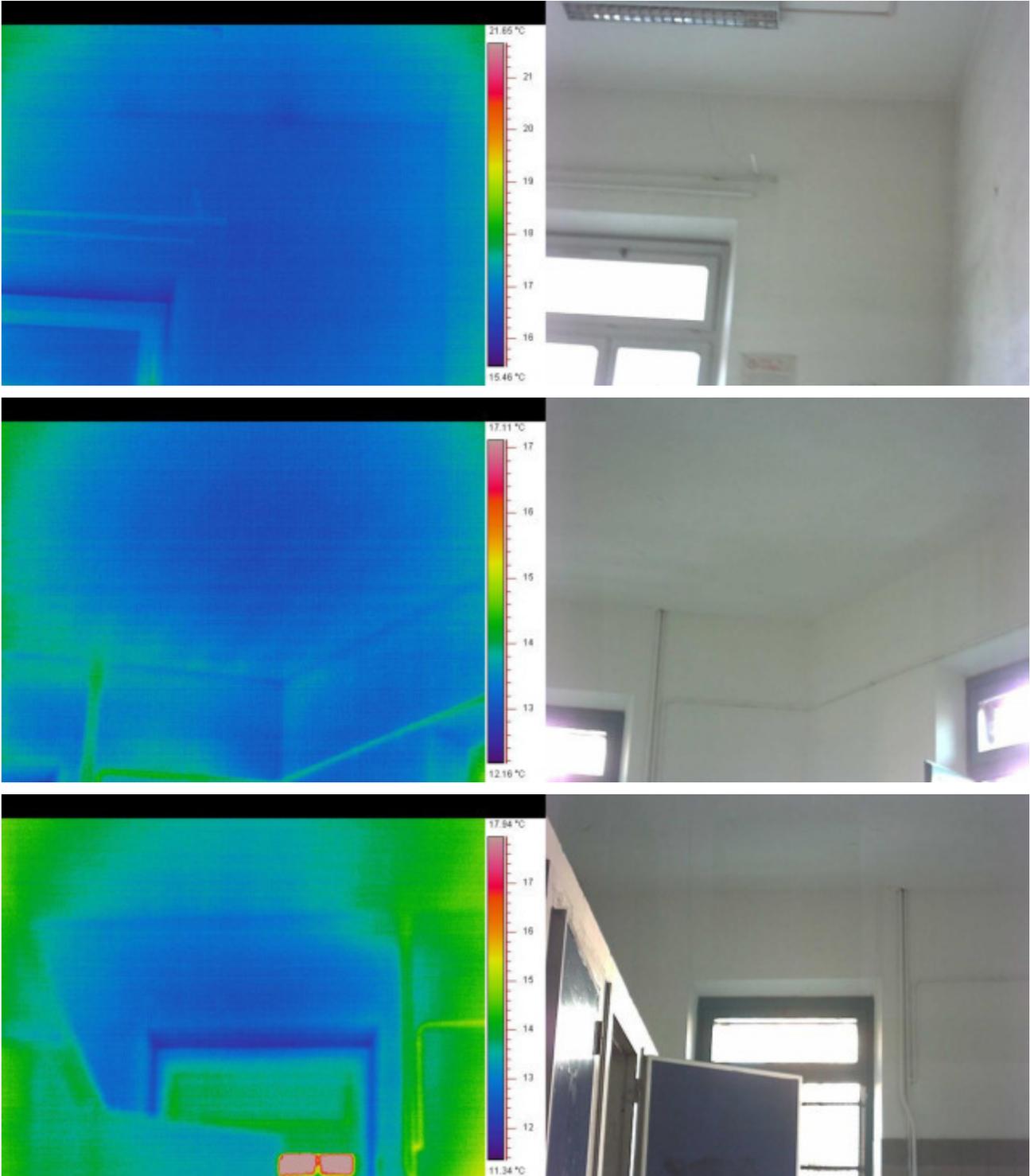
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

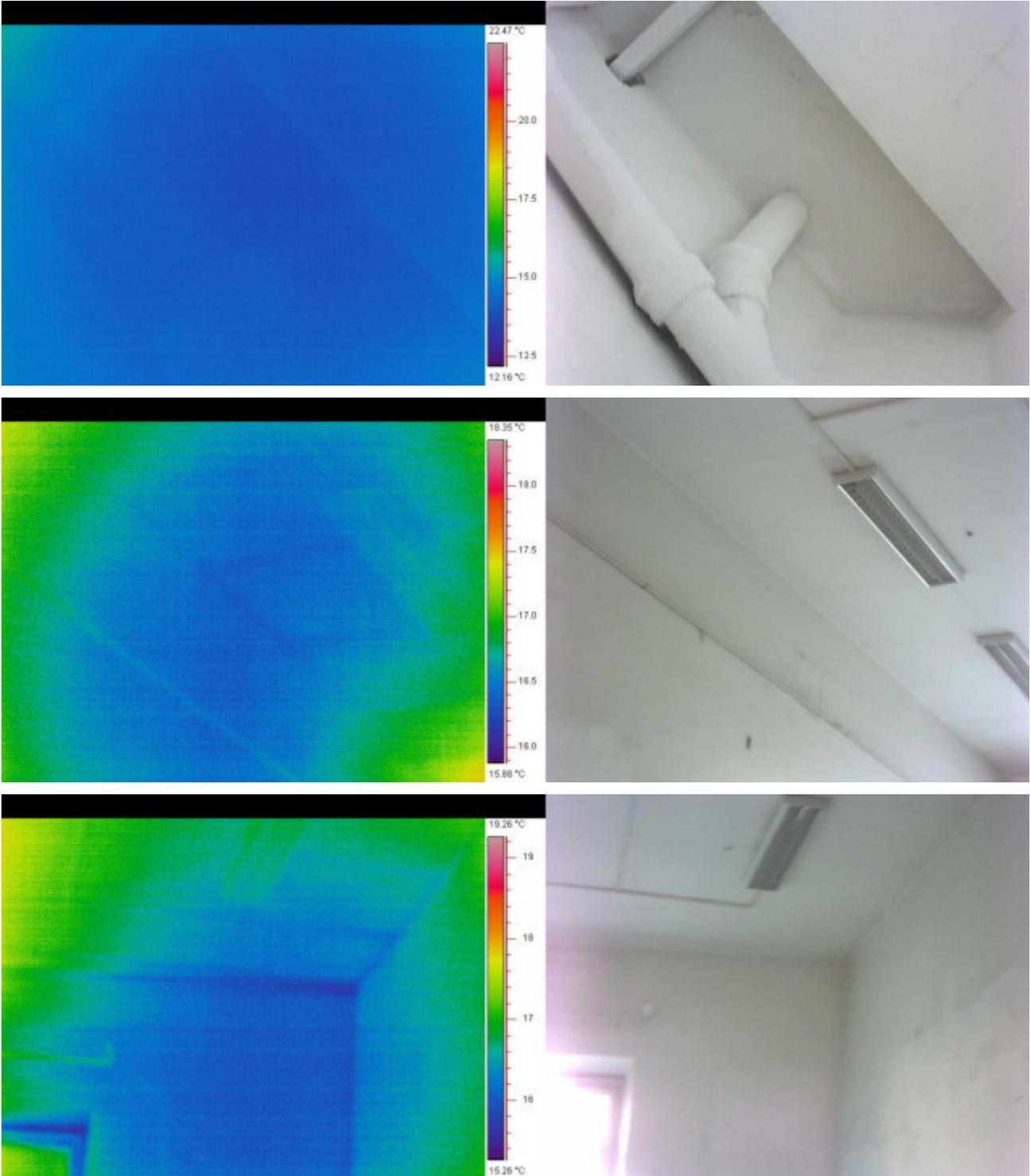
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

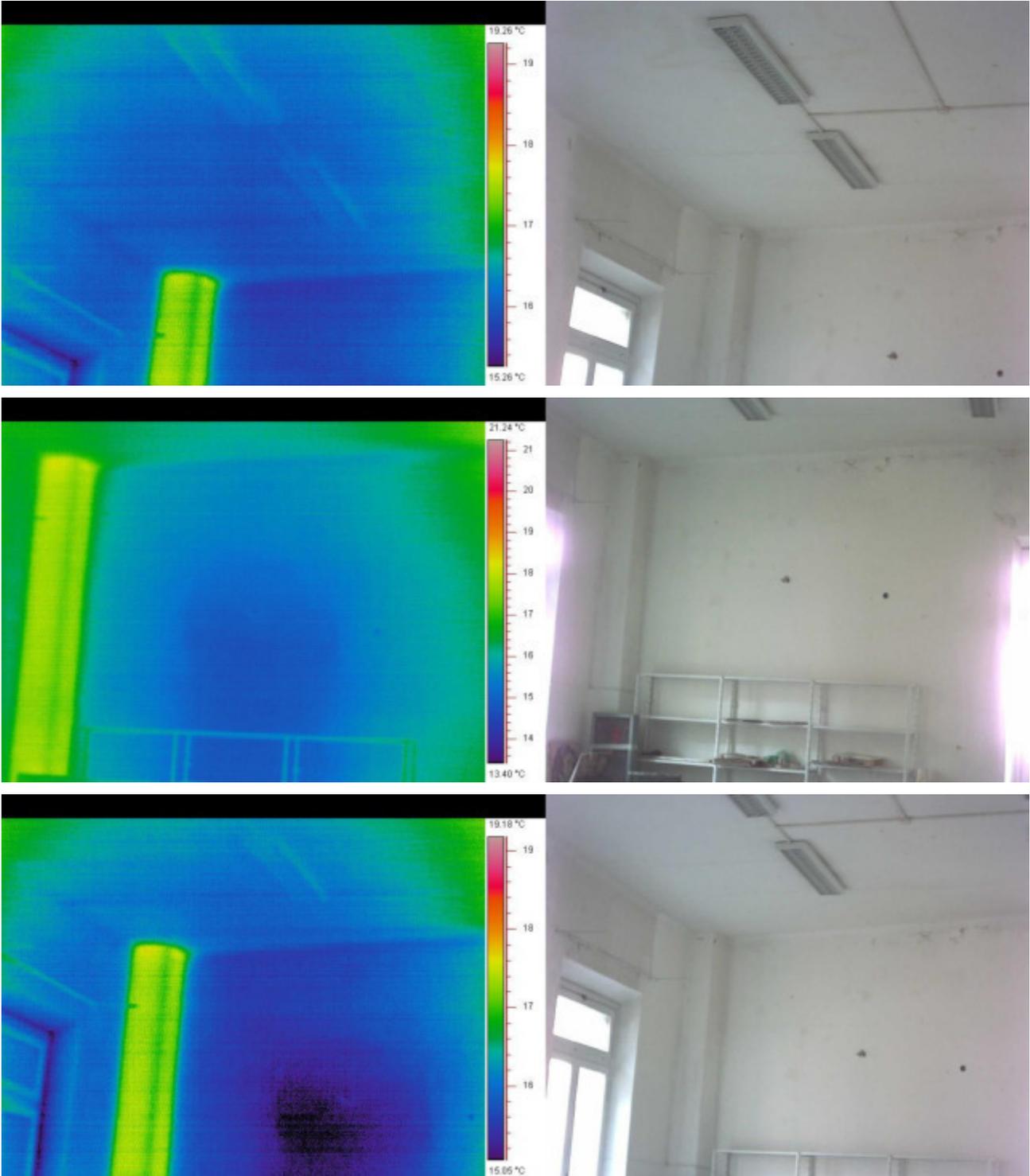
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

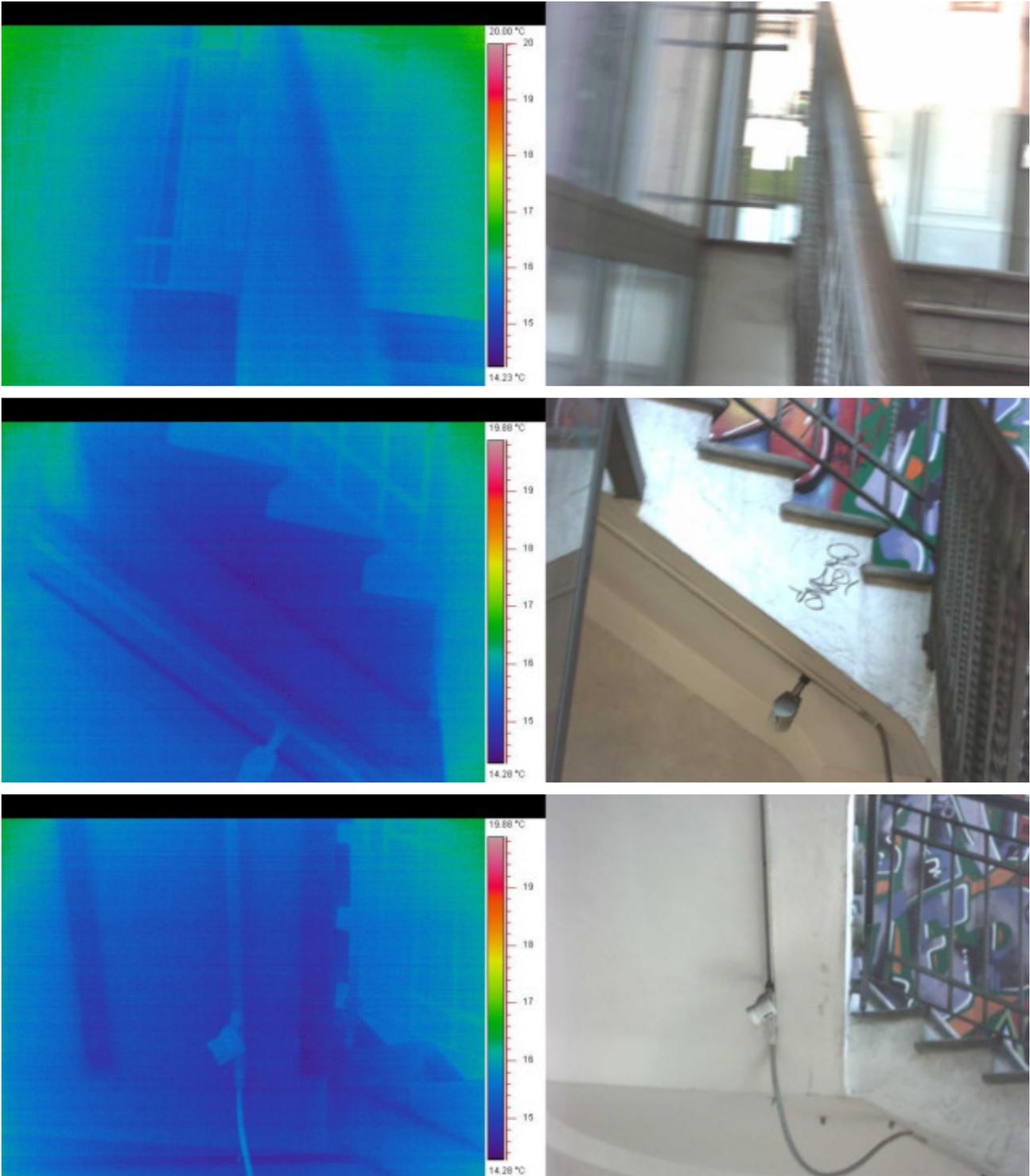




ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

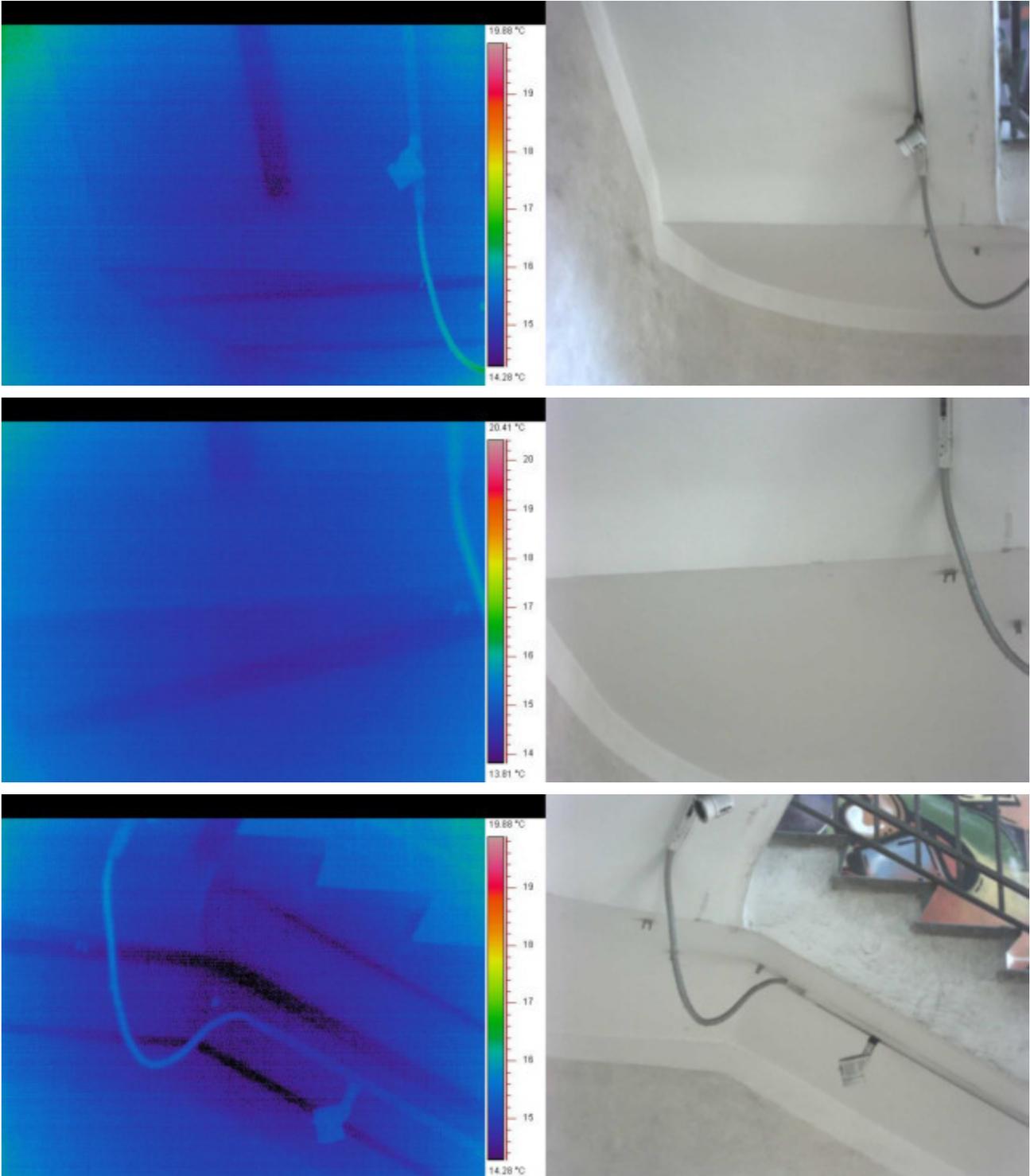
INTERNO – SCALA PIANO SECONDO/TERZO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

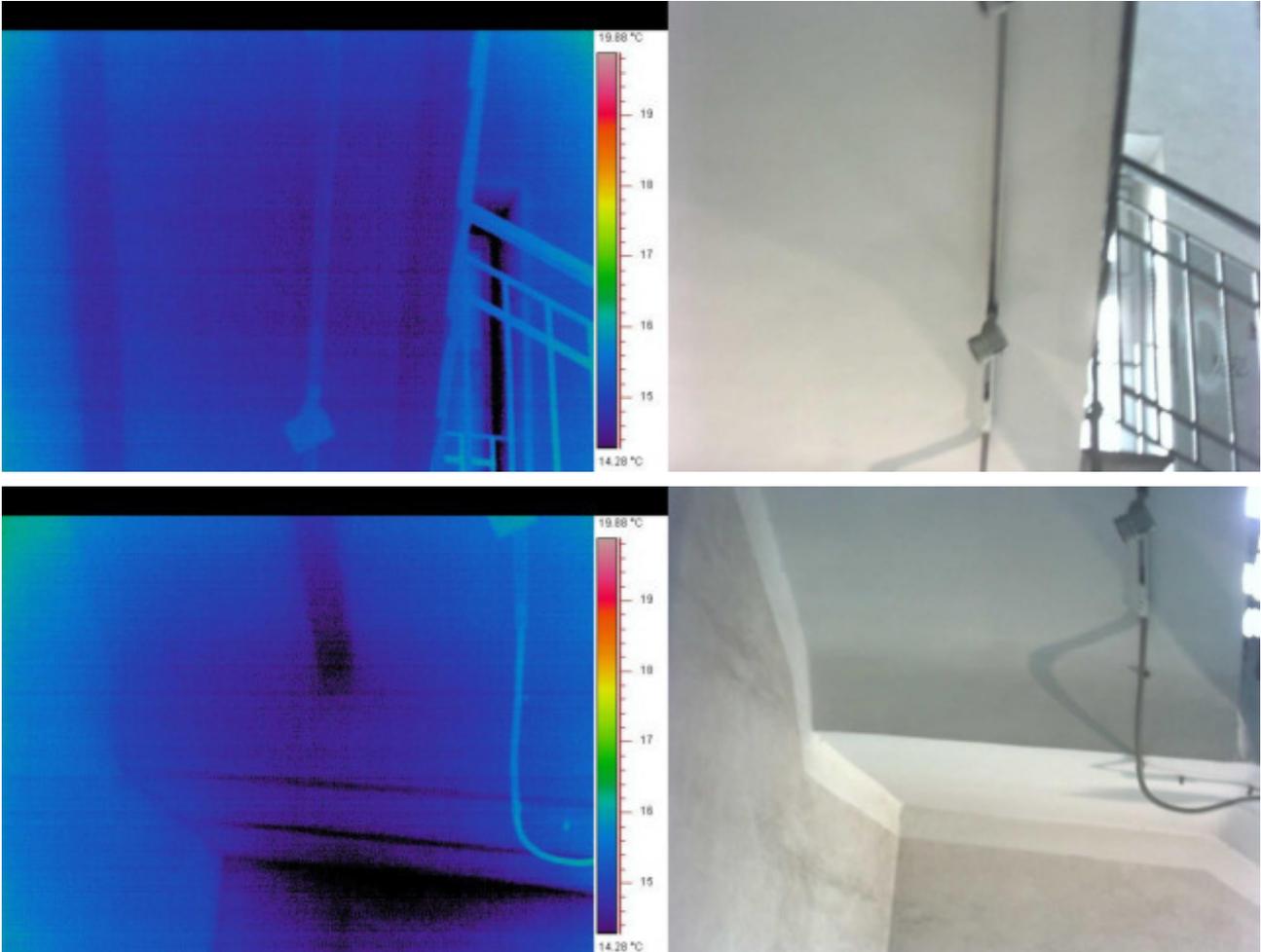
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

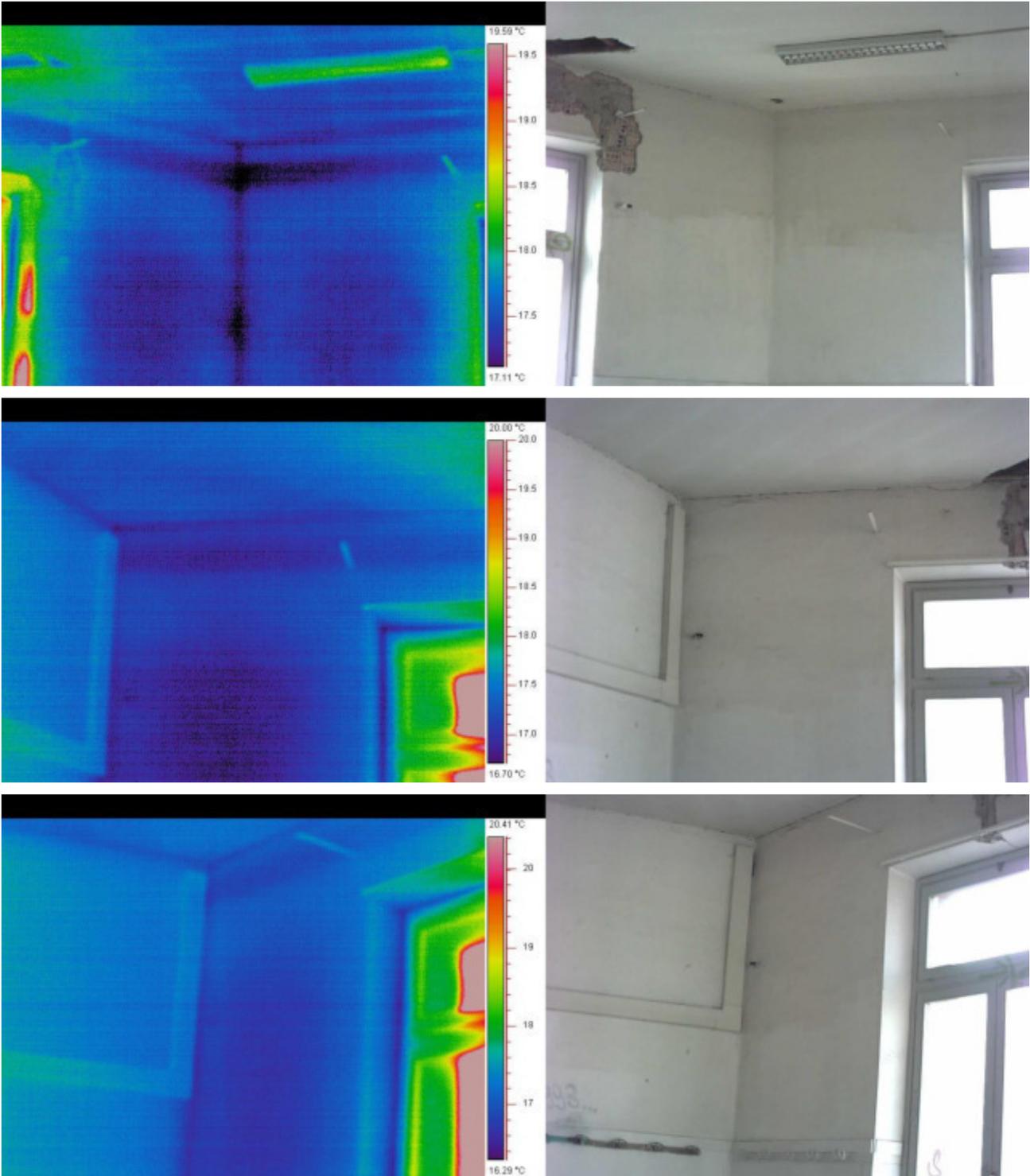




ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

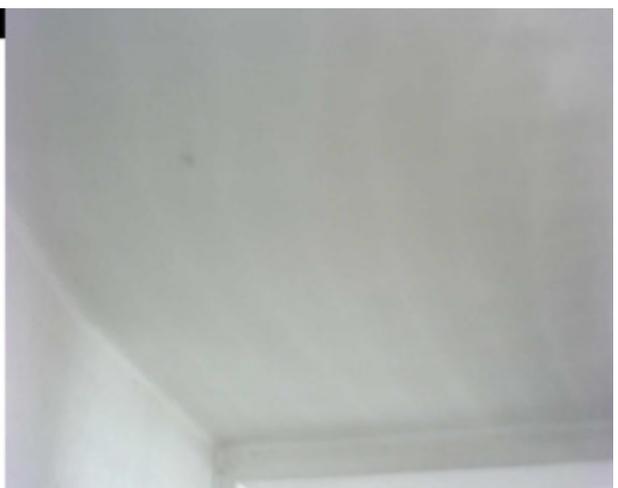
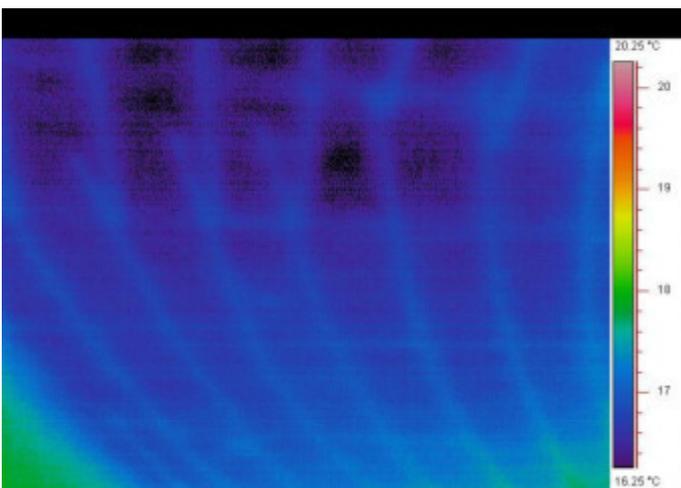
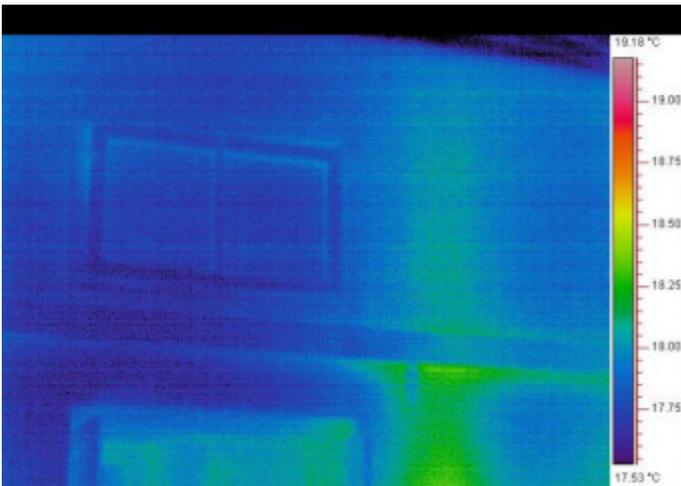
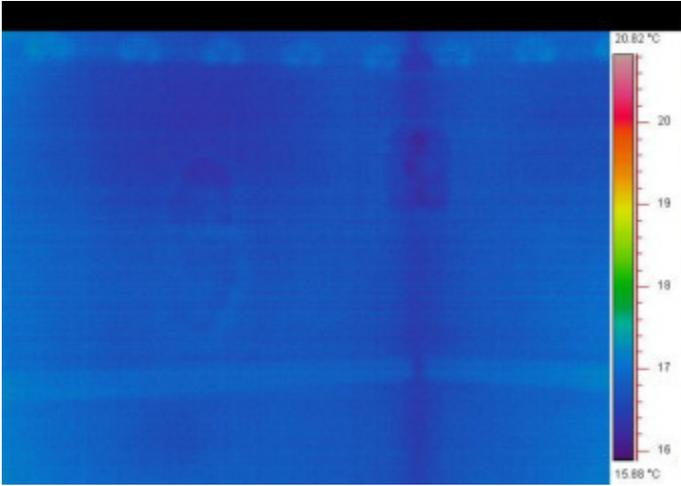
INTERNO – PIANO TERZO





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

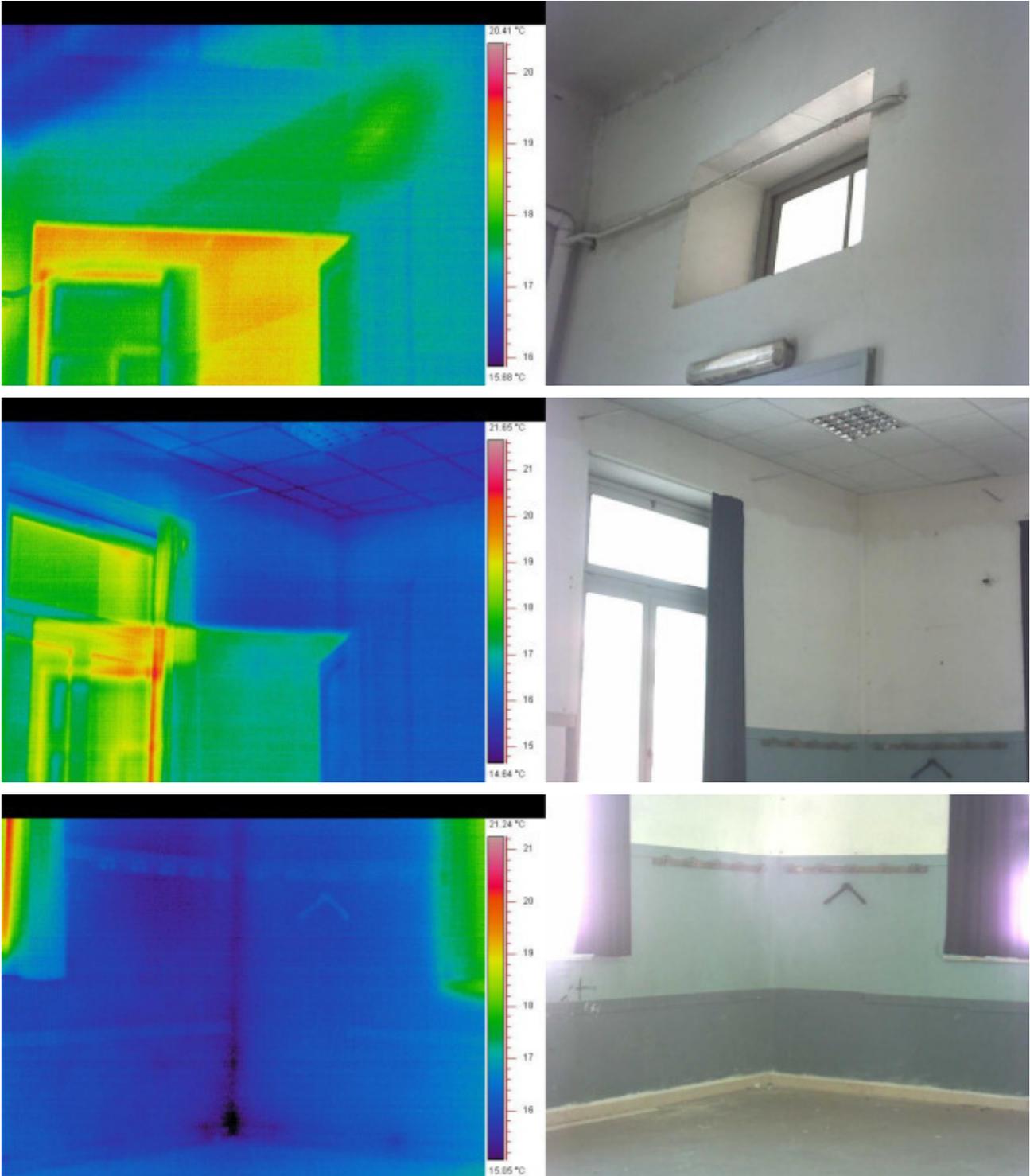
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

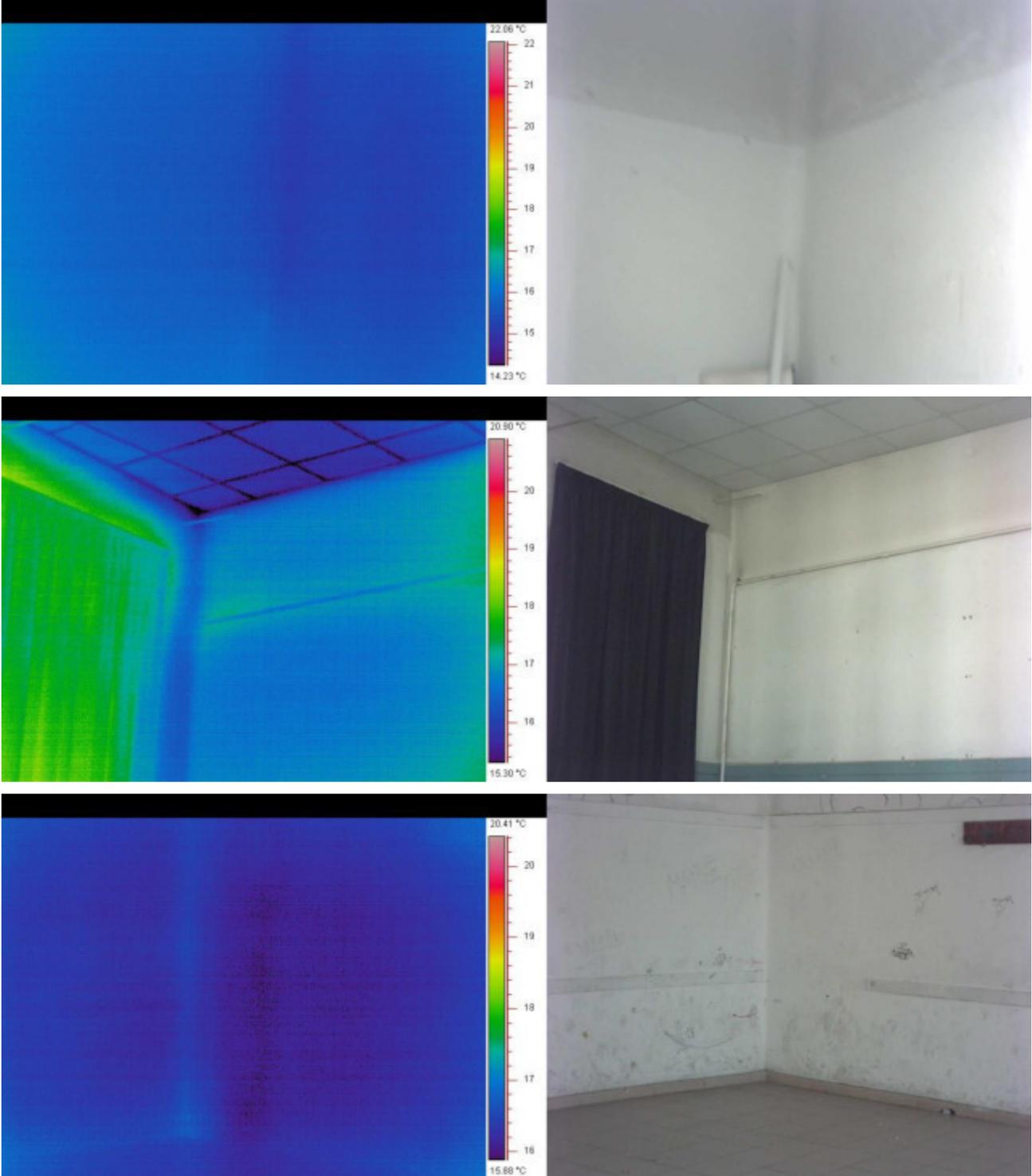
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

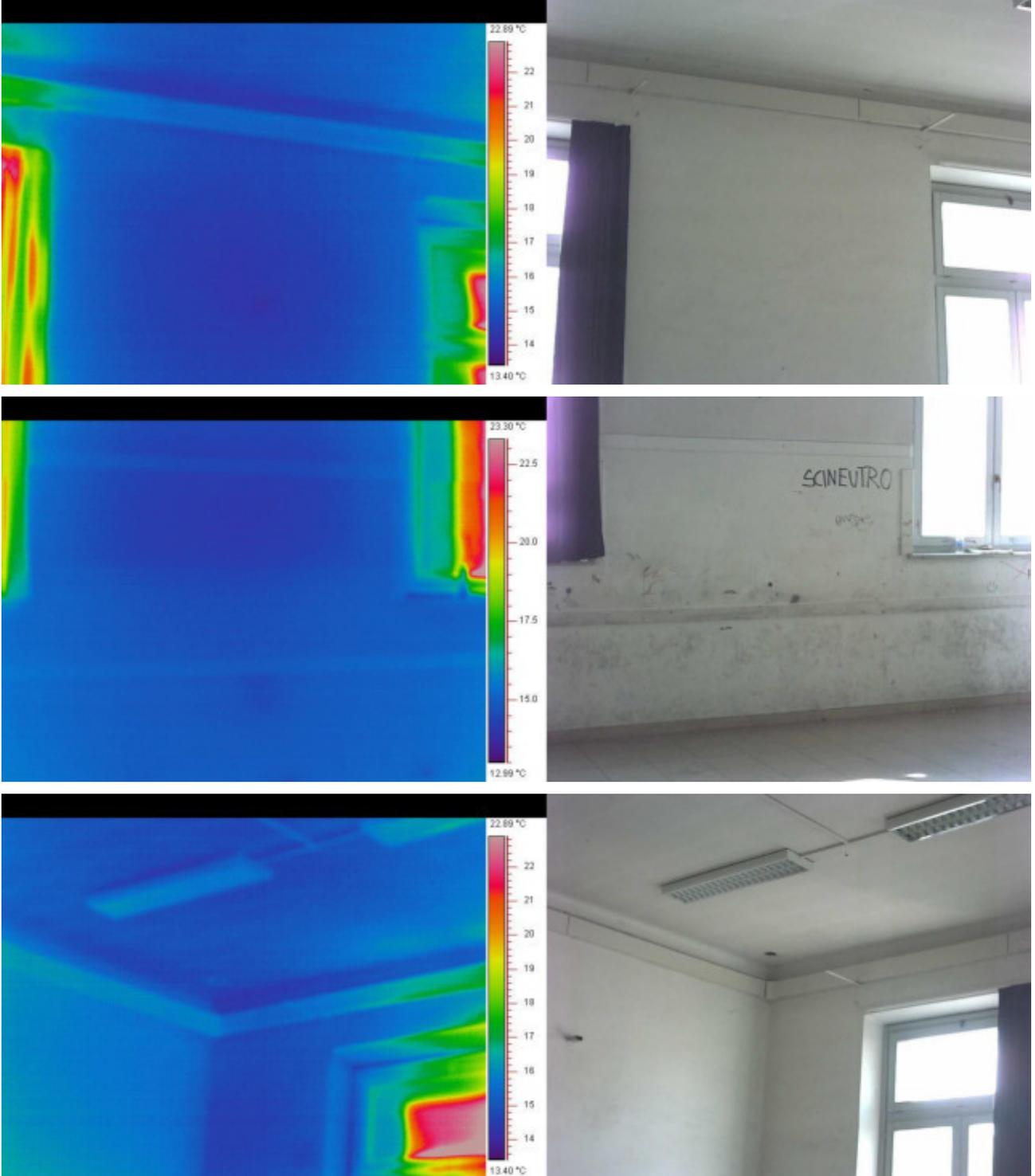
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

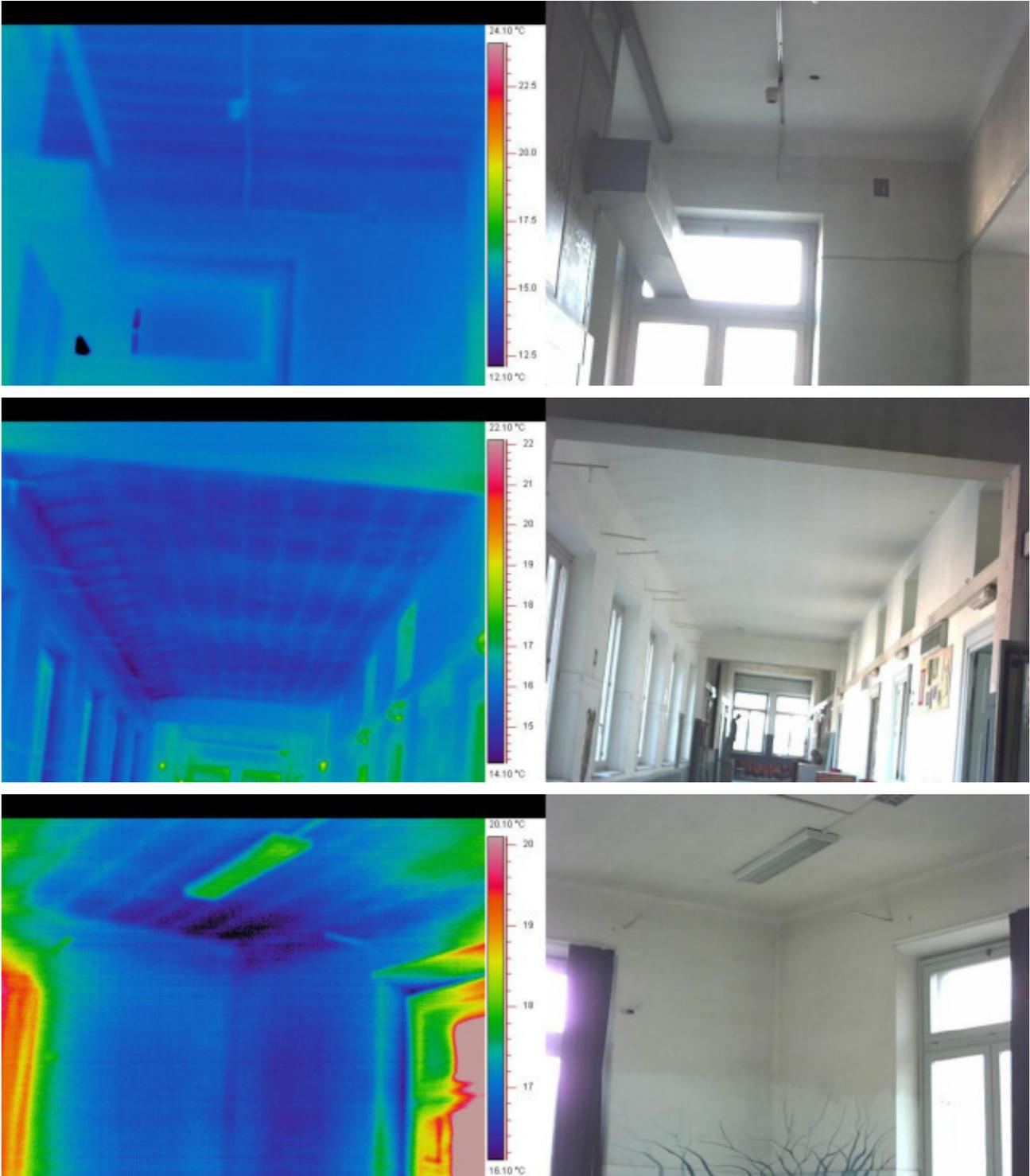
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

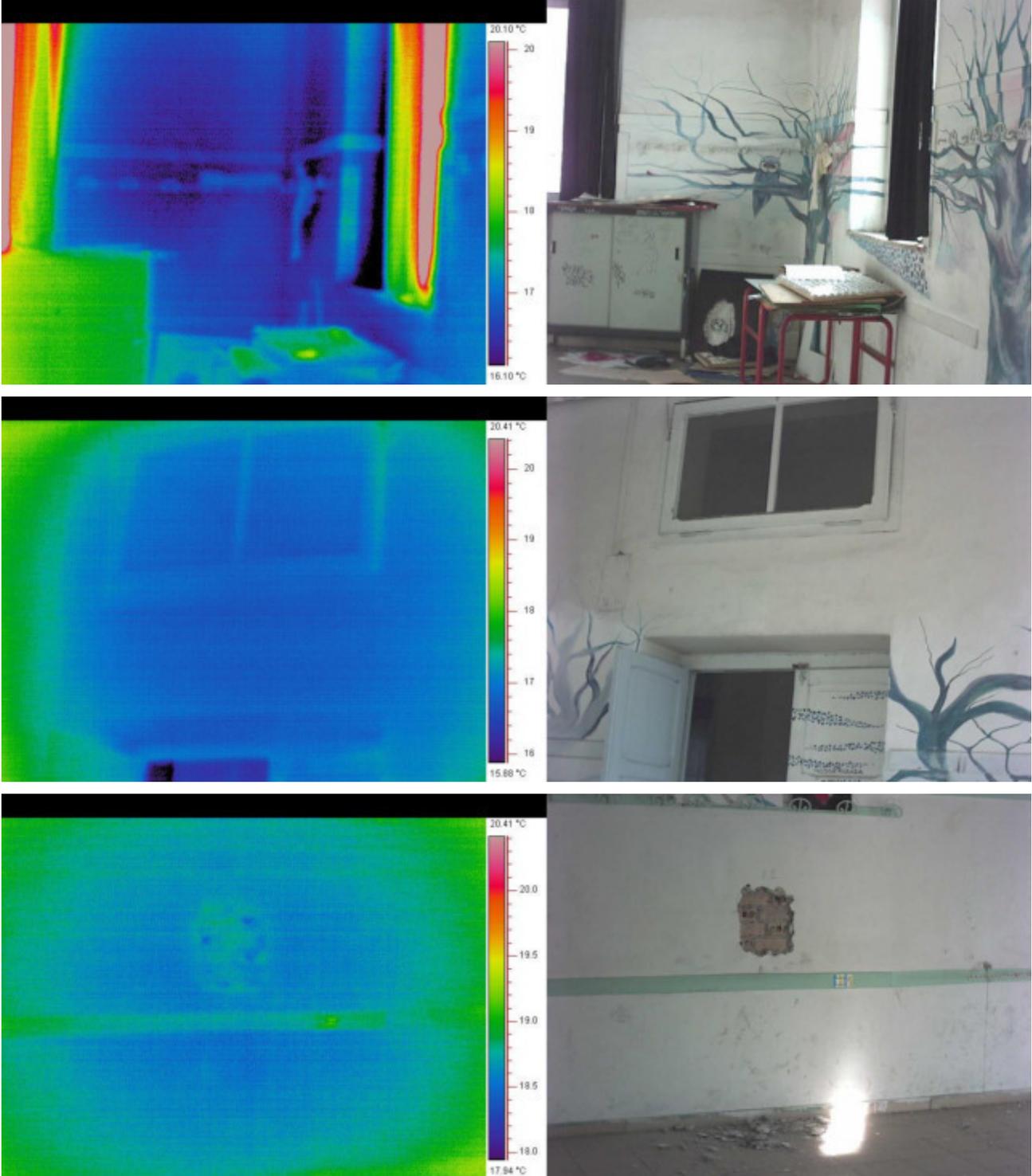
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

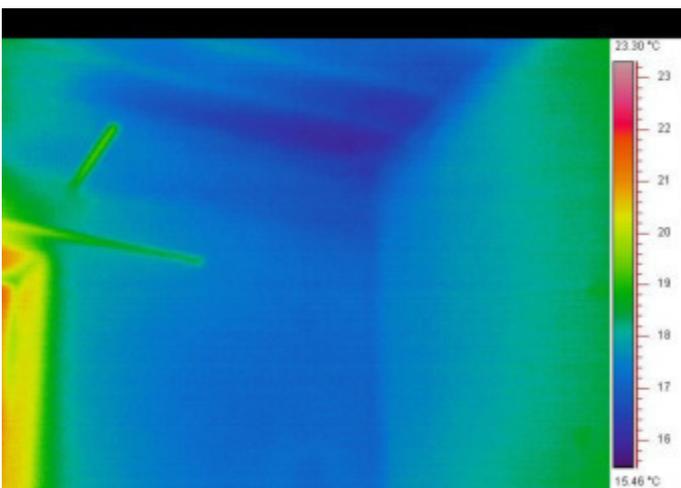
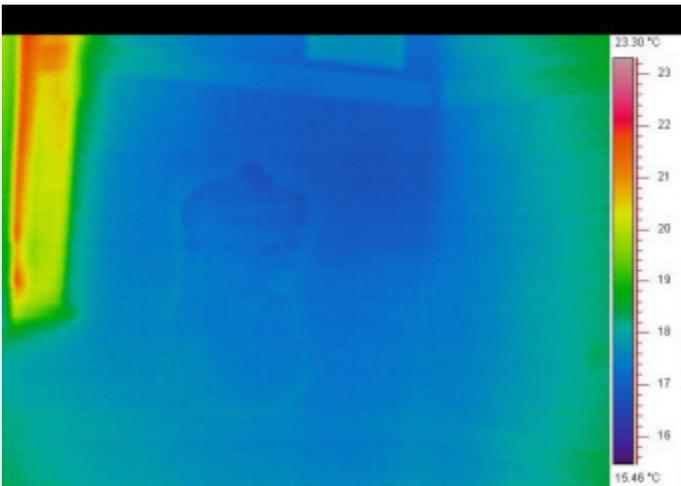
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

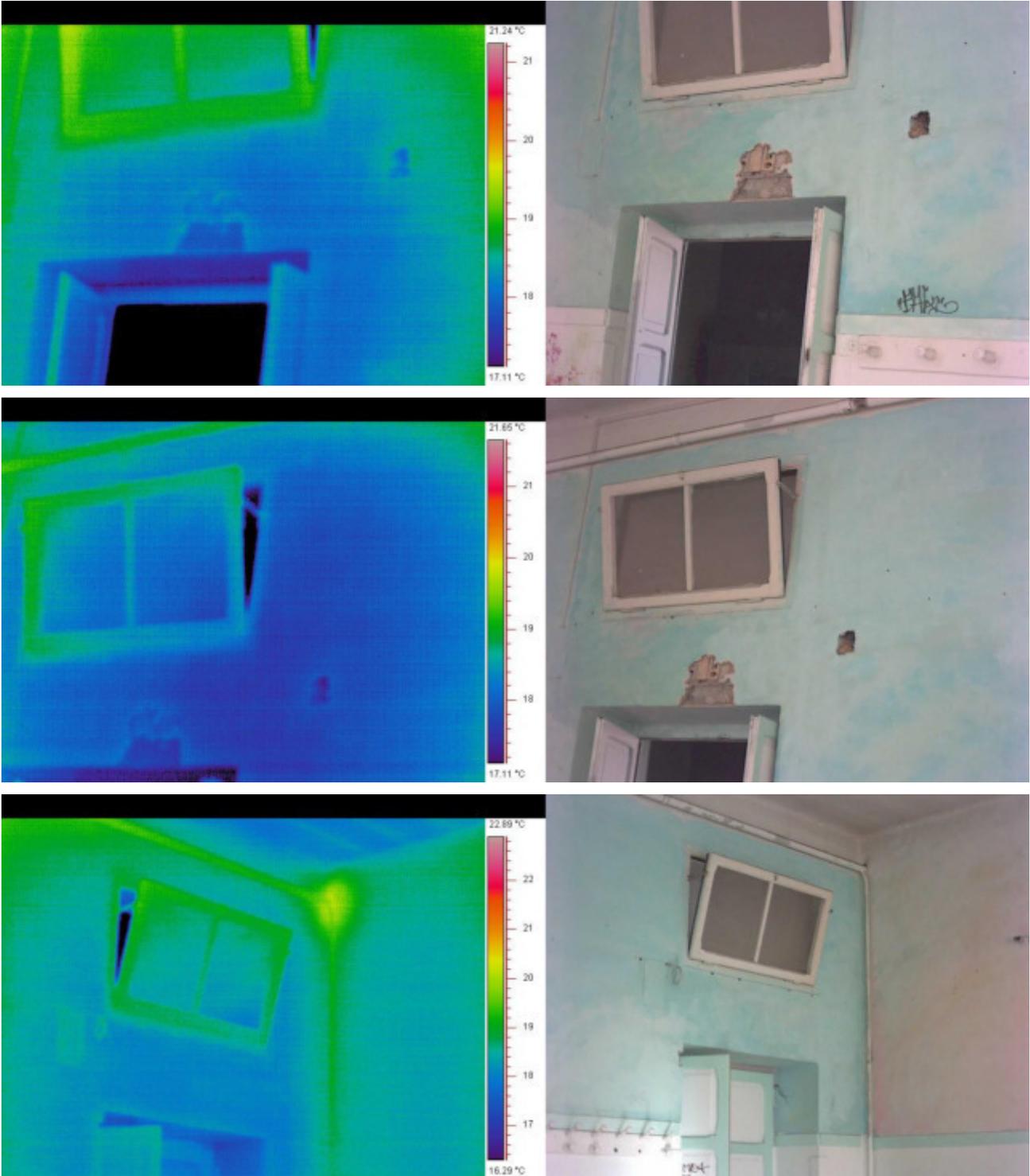
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

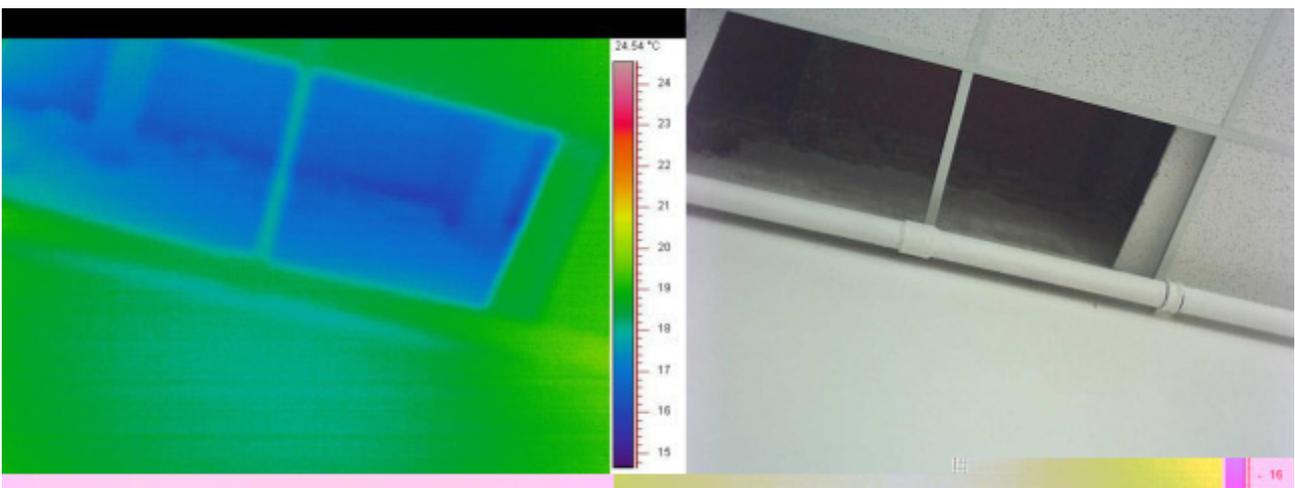
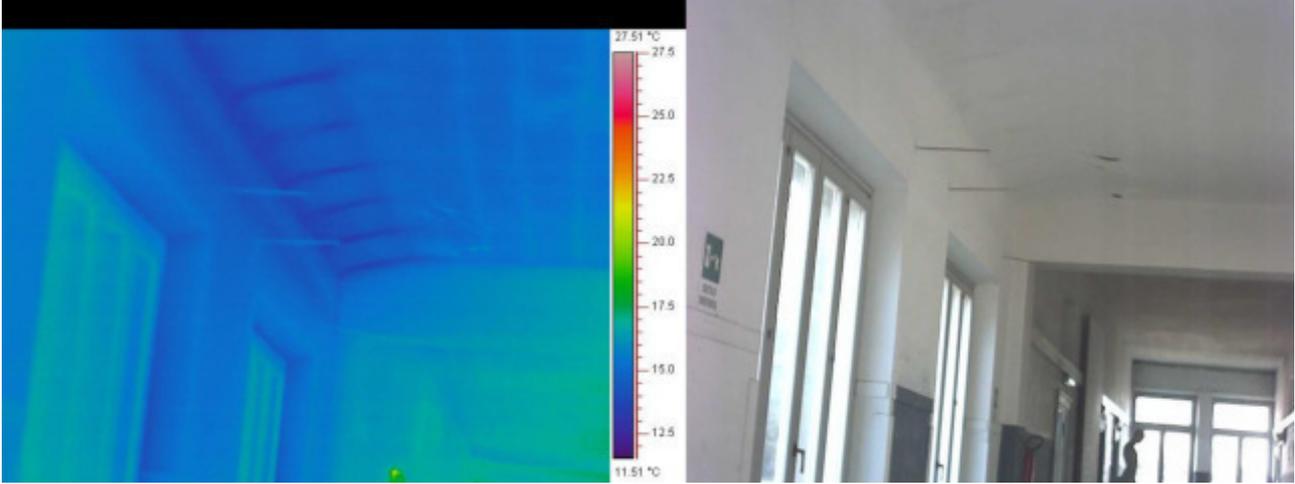
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

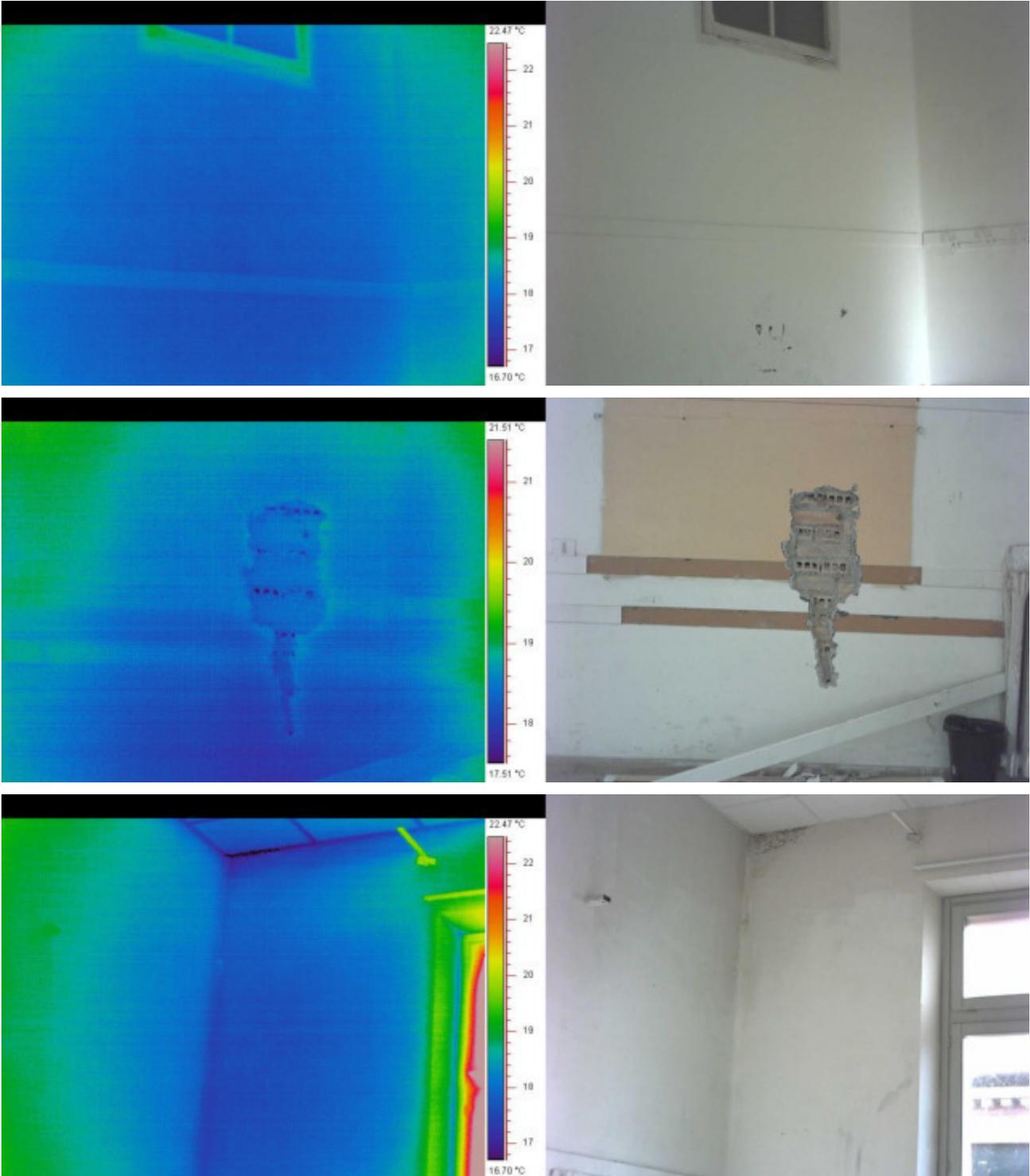
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

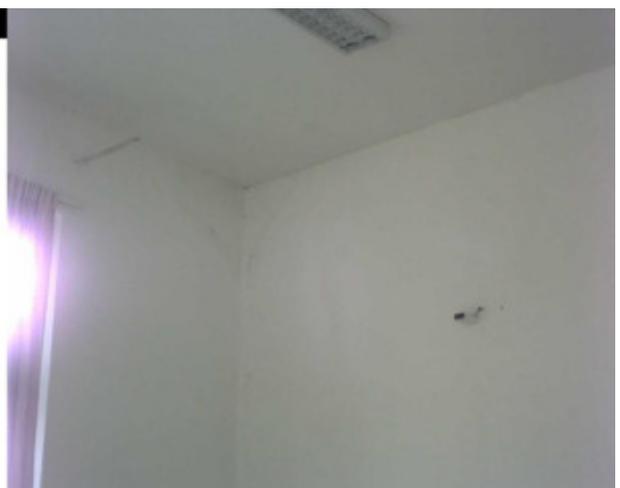
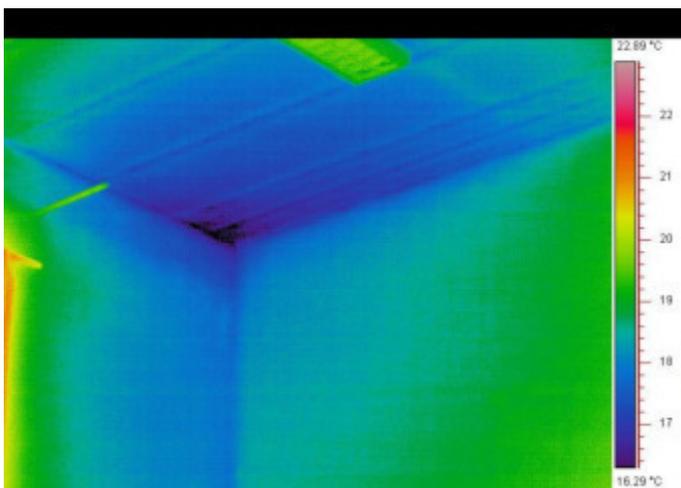
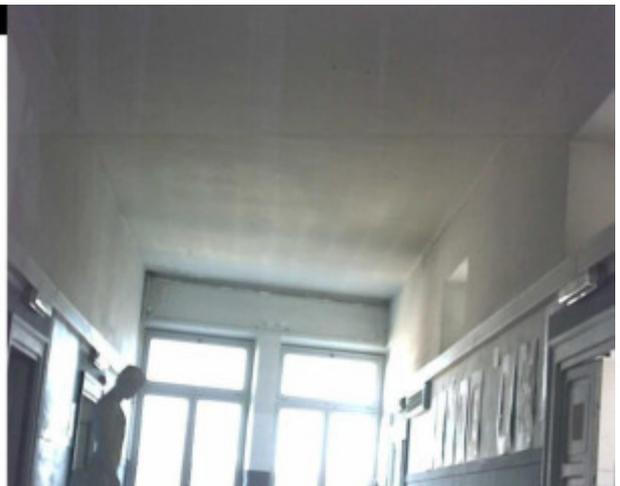
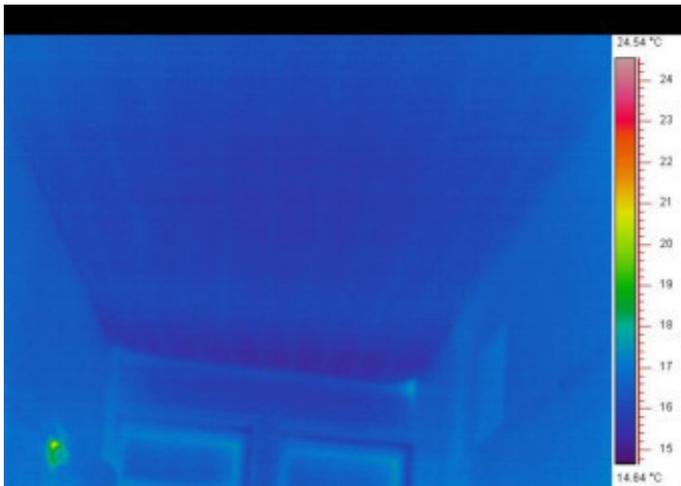
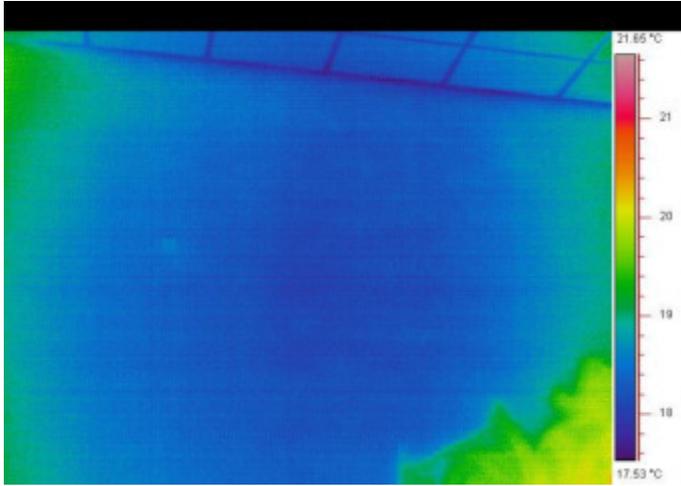
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

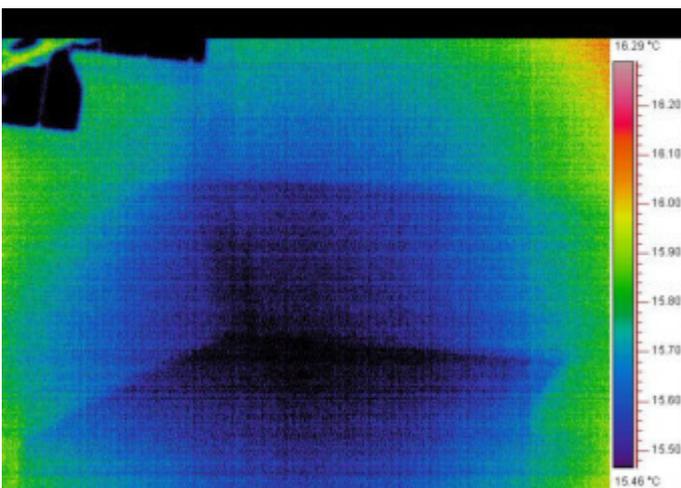
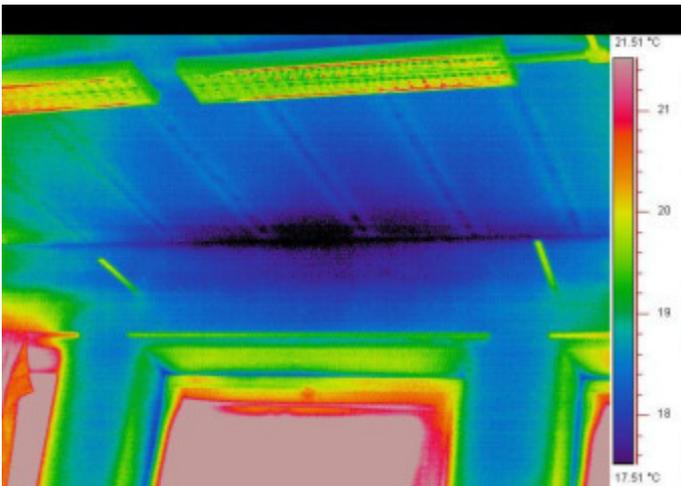
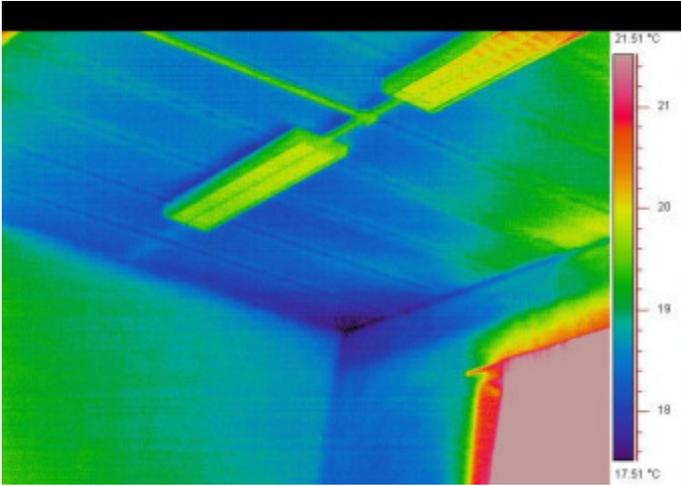
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

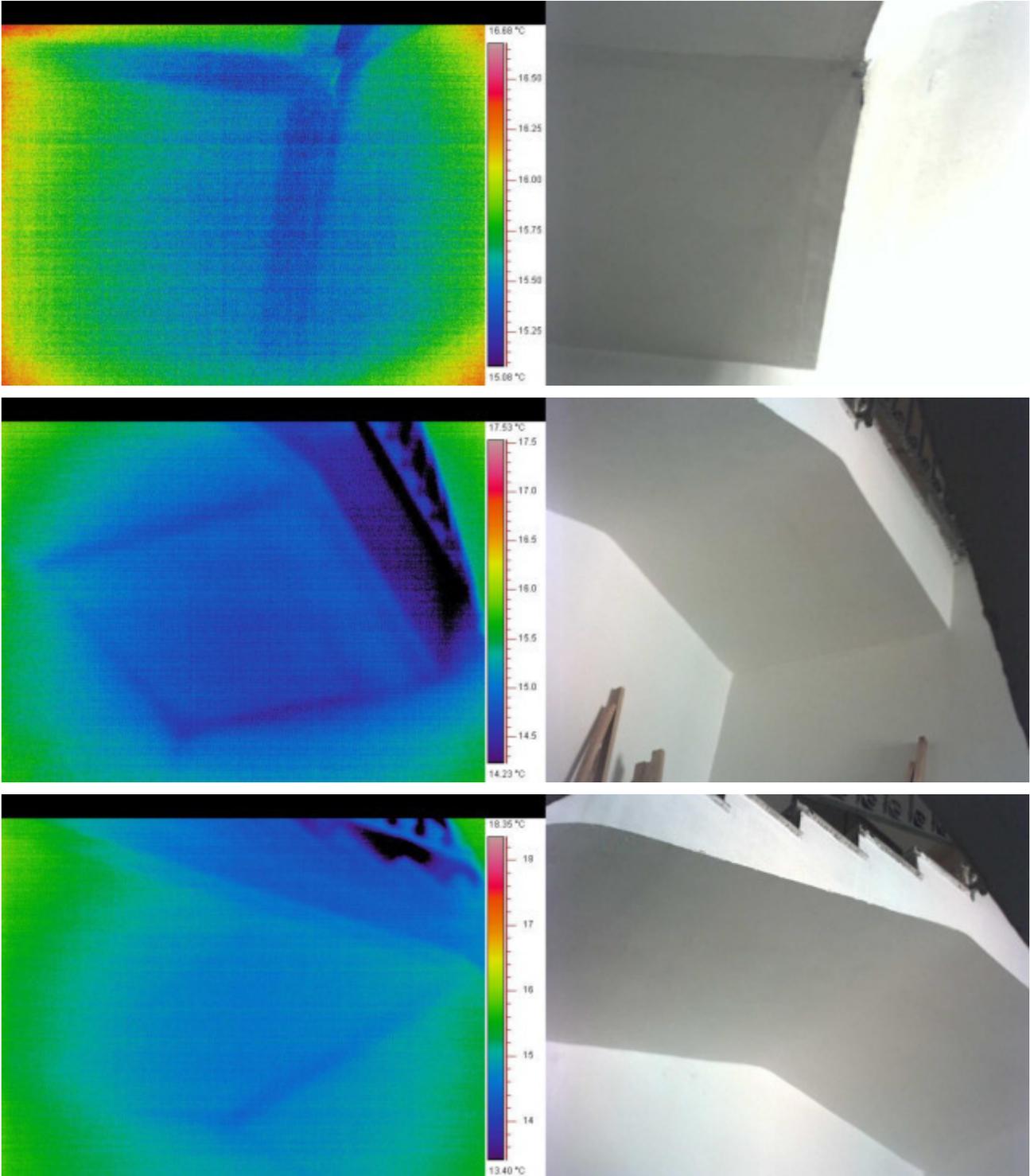
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

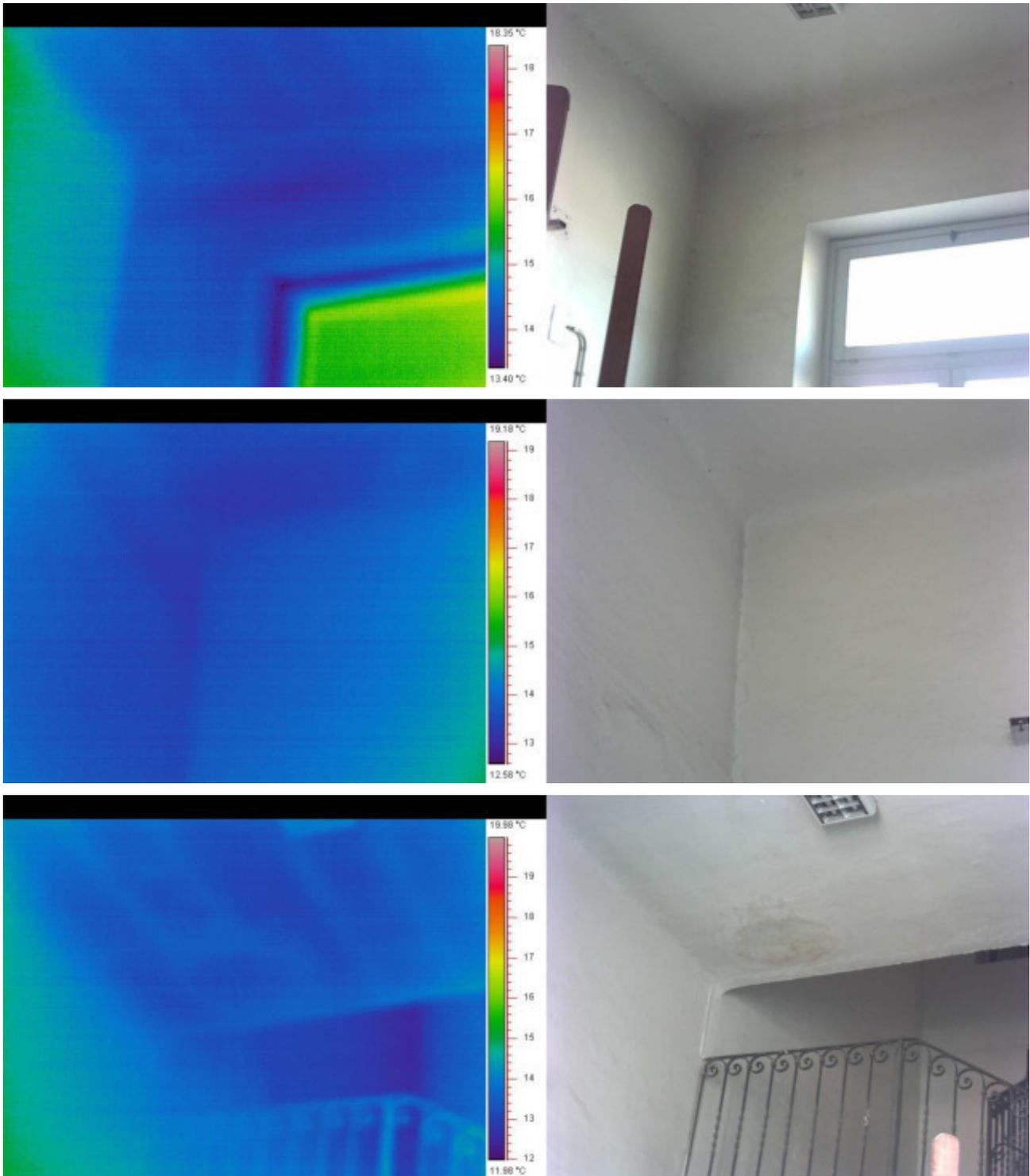
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

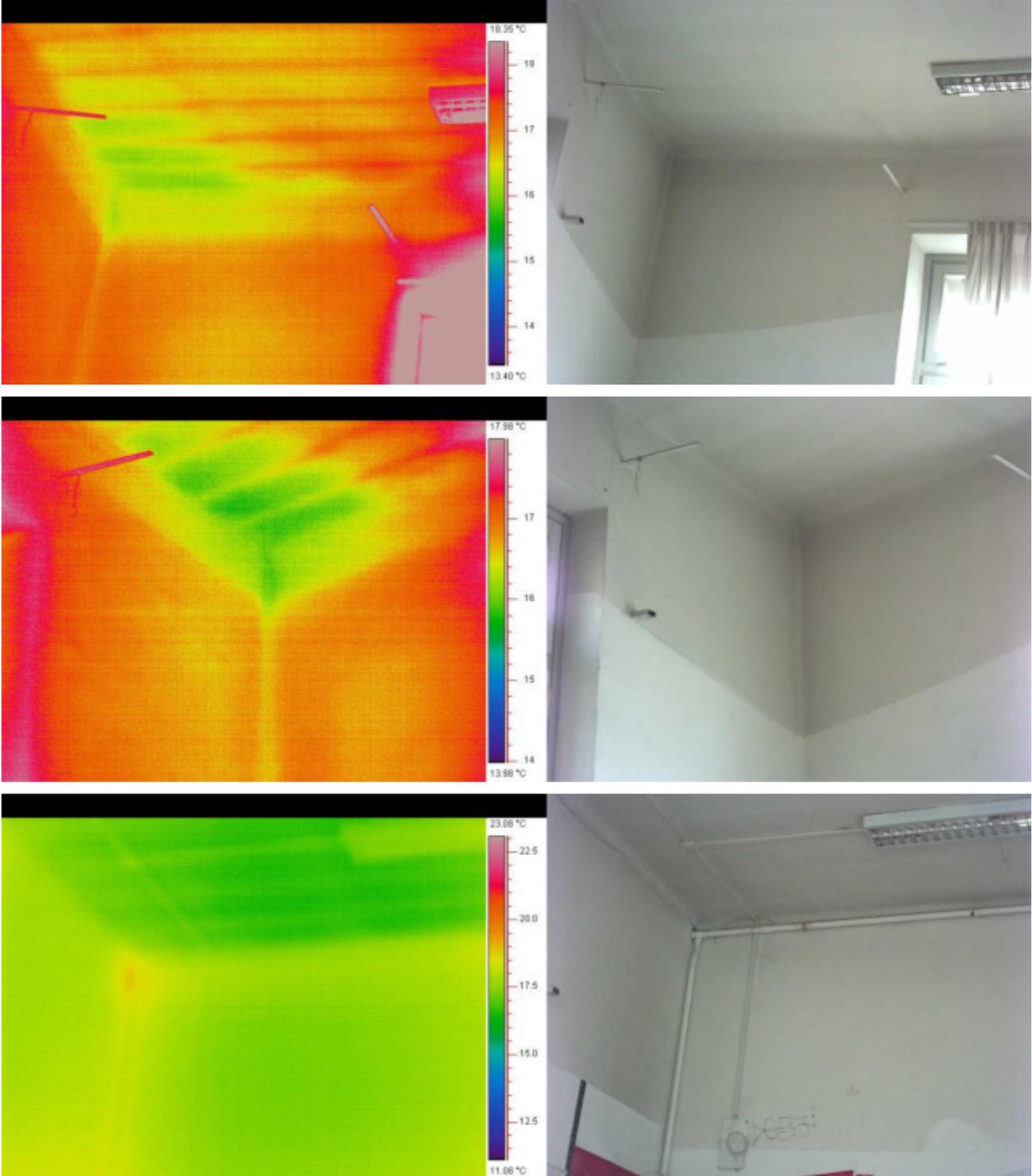
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

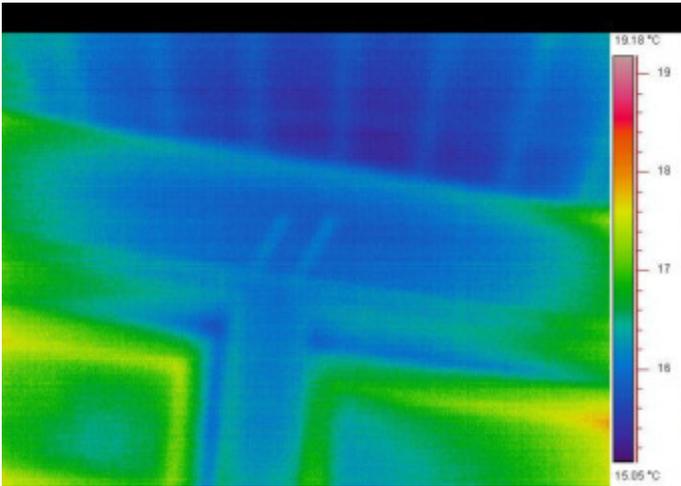
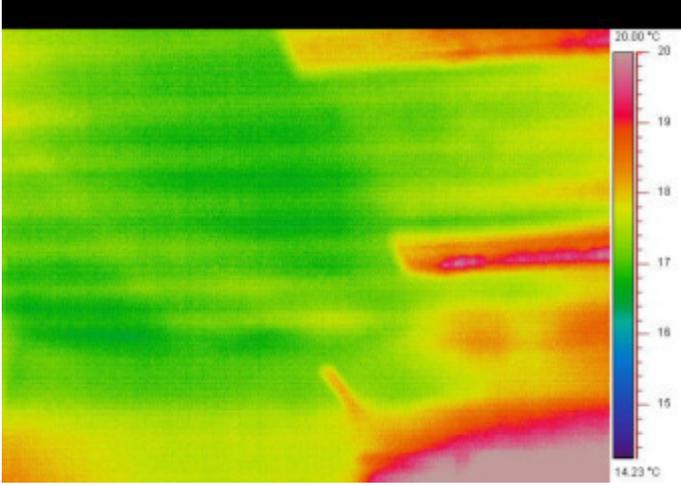
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

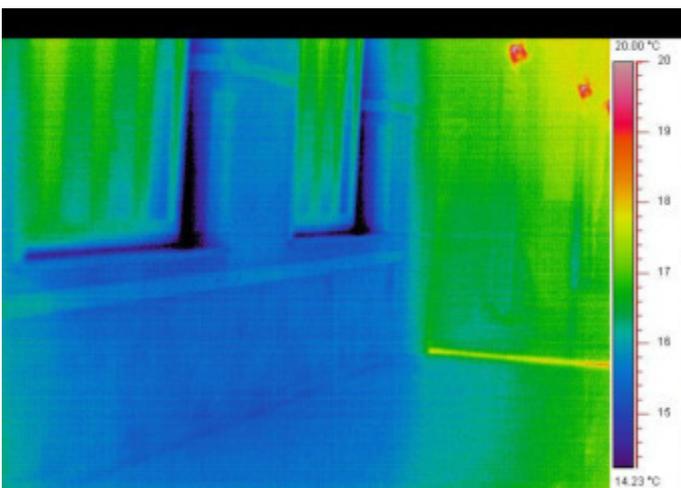
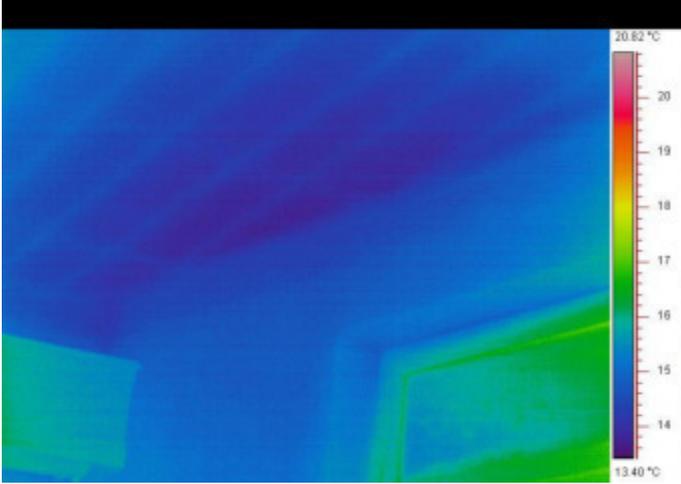
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

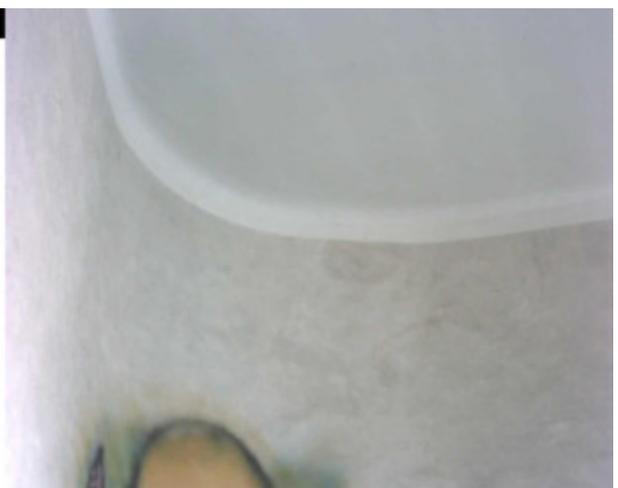
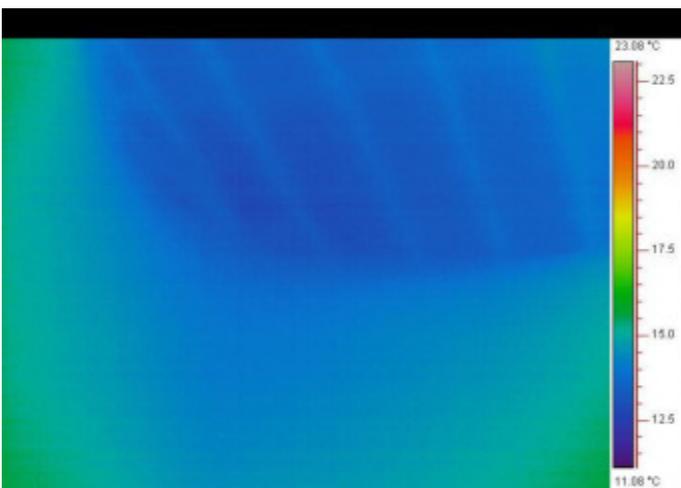
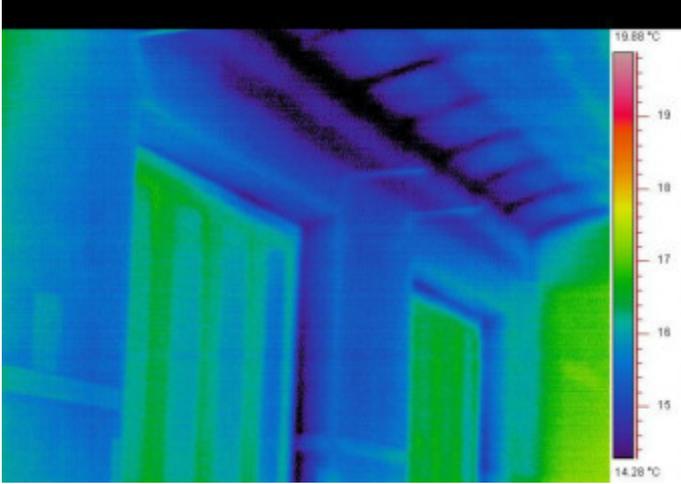
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

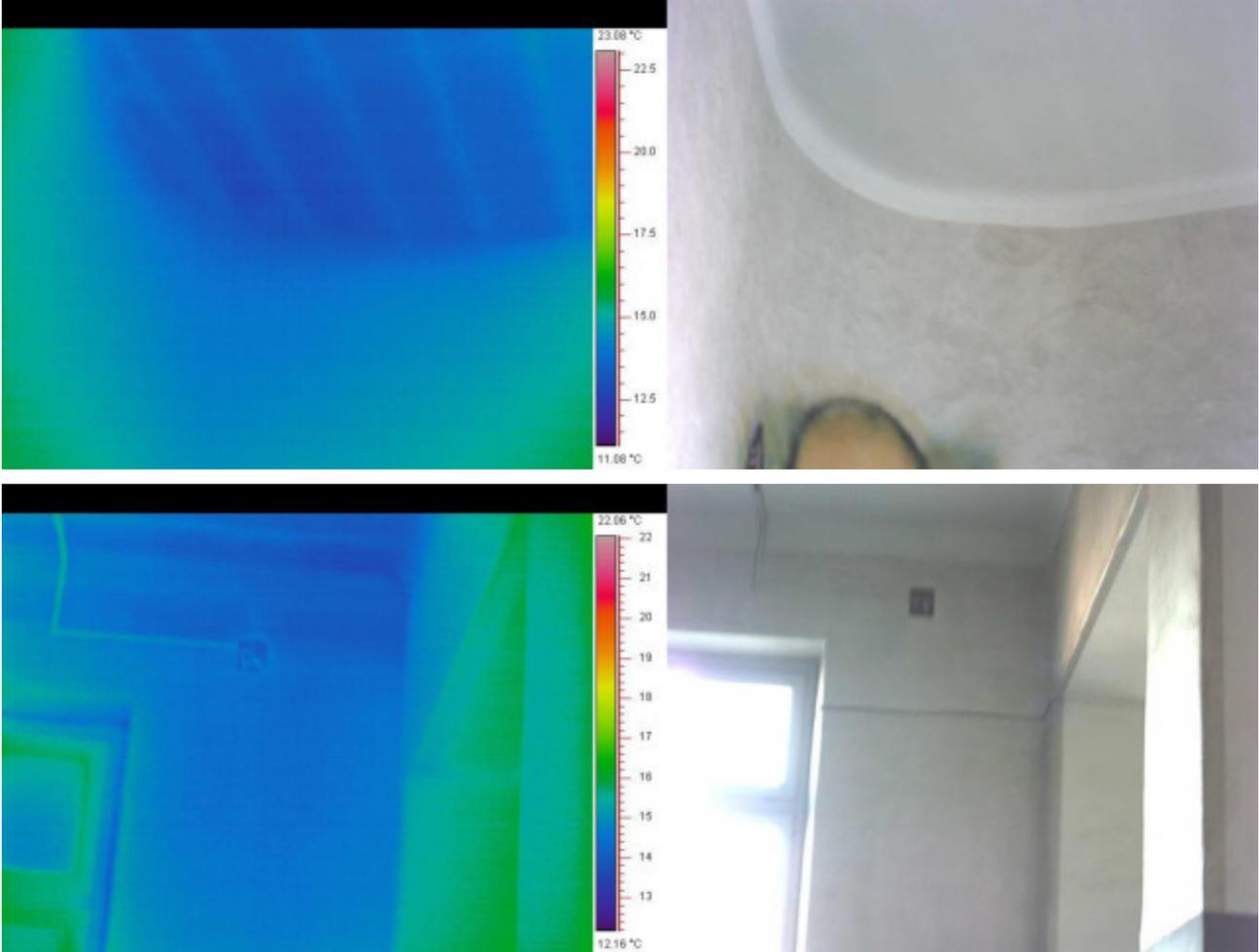
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND STRUCTURAL MONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

III) RISULTATI MONITORAGGIO

1. PROVA ENDOSCOPICA

2. SAGGI VISIVI

3. CARATTERISTICHE SOLAI

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI



1.PROVA ENDOSCOPICA

- **Rilevanze emerse dall'osservazione della muratura e dei solai mediante videoispezione in foro**

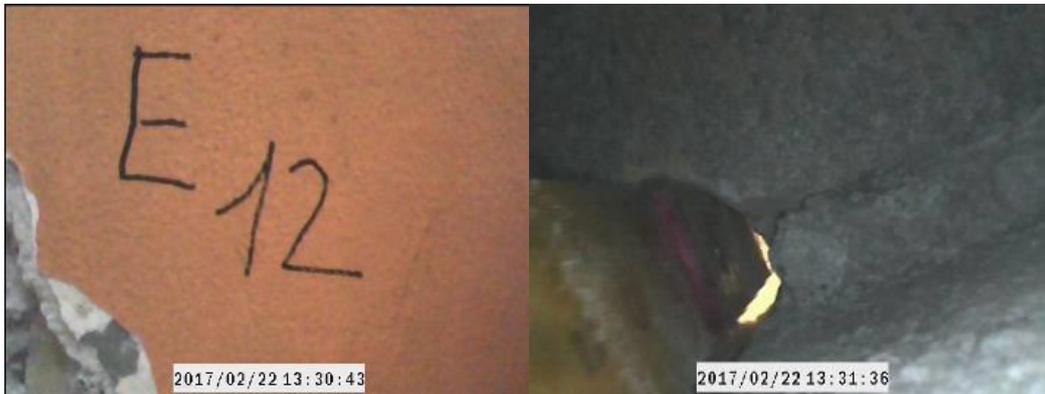


- *Piano Primo*

Indagine Endoscopica

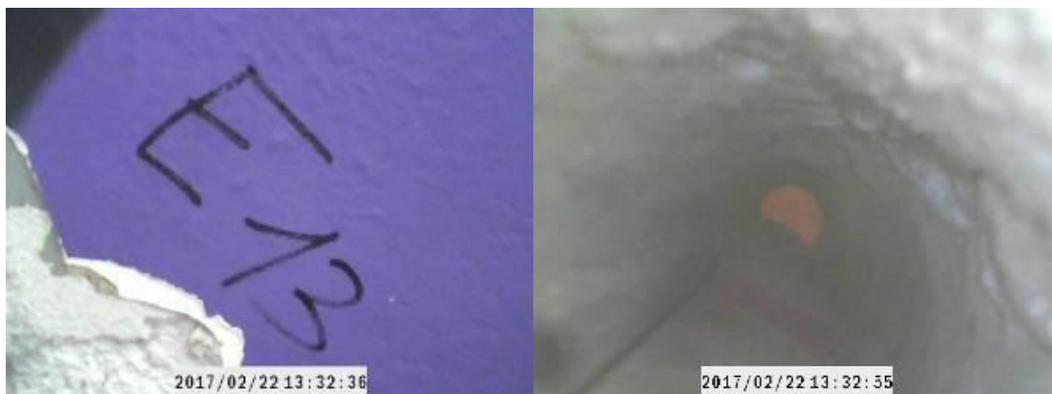
Sigla: E1-I
Ubicazione prova: Parete - 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm --

- 0-10 cm. Mattoni -10 – 40 cm. Vuoto e 40-50 cm. Mattoncini



Indagine Endoscopica

Sigla: E2-I
Ubicazione prova: Parete - 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete di tufo





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

Indagine Endoscopica

Sigla: E3-I
Ubicazione prova: Parete - 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete laterizio

- 0-10 cm. Mattoni -10 – 40 cm. Vuoto e 40-50 cm. Mattoncini



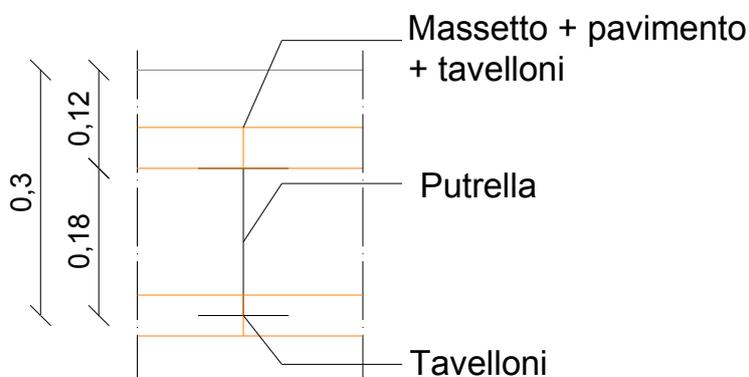
Indagine Endoscopica

Sigla: E4-I
Ubicazione prova: Parete - 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete di tufo



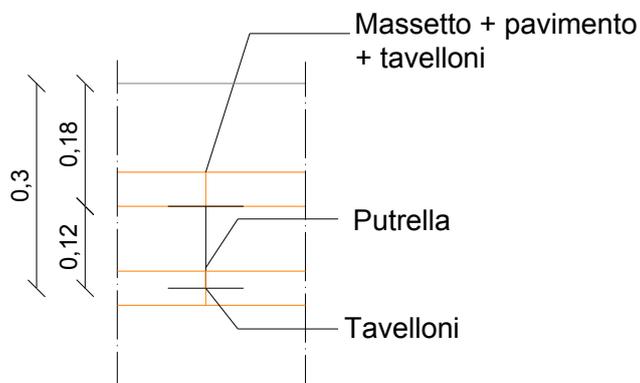
Indagine Endoscopica

- Sigla:** ES1-I
- Ubicazione prova:** Solaio 1° Piano
- Lunghezza foro di indagine:** 30 cm di solaio
- 12 cm massetto + pavimento + tavelloni
 - 18 cm putrella



Indagine Endoscopica

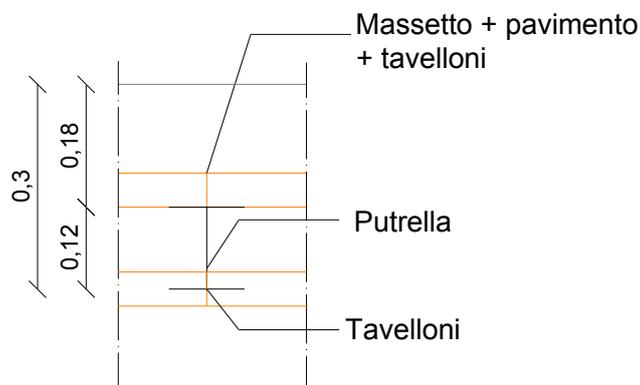
- Sigla:** ES2-I
- Ubicazione prova:** Solaio 1° Piano
- Lunghezza foro di indagine:** 30 cm di solaio
- 18 cm massetto + pavimento + tavelloni
 - 12 cm putrella



Indagine Endoscopica

Sigla: ES3-I
Ubicazione prova: Solaio 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 30 cm di solaio

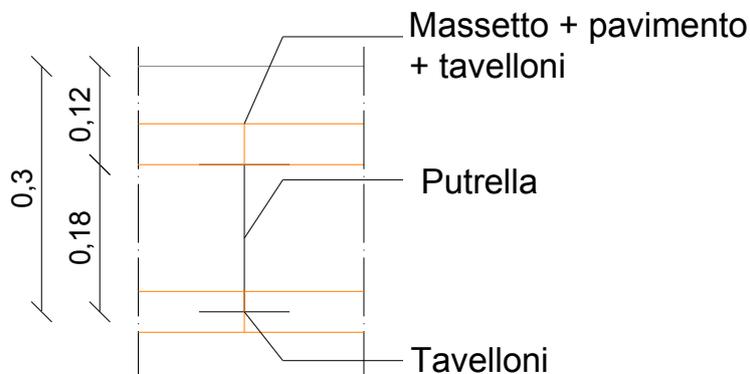
- 18 cm massetto + pavimento + tavelloni
- 12 cm putrella



Indagine Endoscopica

Sigla: ES4-I
Ubicazione prova: Solaio 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 30 cm di solaio

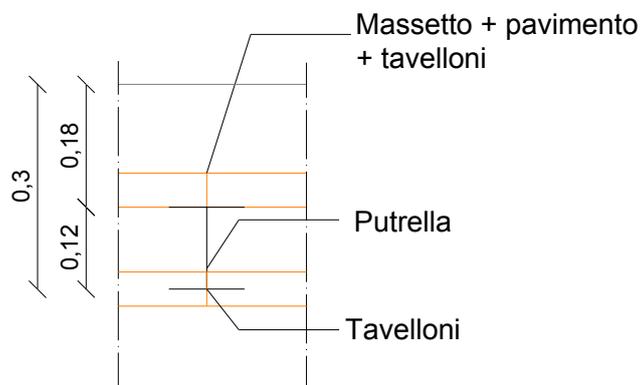
- 12 cm massetto + pavimento + tavelloni
- 18 cm putrella



Indagine Endoscopica

Sigla: ES5-I
Ubicazione prova: Solaio 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 30 cm di solaio

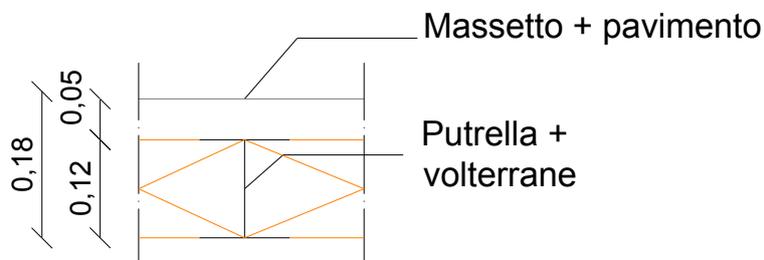
- 18 cm massetto + pavimento + tavelloni
- 12 cm putrella



Indagine Endoscopica

Sigla: ES6-I
Ubicazione prova: Solaio 1° Piano
Lunghezza foro di indagine: 18 cm di solaio

- 5 cm massetto + pavimento
- 12 cm putrella + volterrana

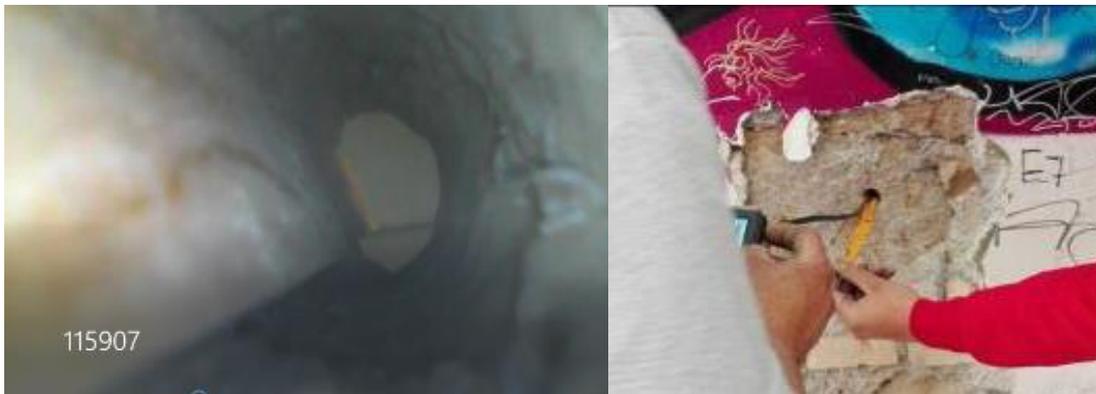


- *Piano Secondo*

Indagine Endoscopica

Sigla: E1-II
Ubicazione prova: Parete in muratura - 2° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete in muratura

- 0 -50 cm. –muratura di tufo



Indagine Endoscopica

Sigla: E2-II
Ubicazione prova: Parete in muratura - 2° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete in muratura

- 0 -50 cm. –muratura di tufo





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

Indagine Endoscopica

Sigla: E3-II
Ubicazione prova: Parete in mattoni - 2° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete

- 0 -50 cm. –mattoni pieni



Indagine Endoscopica

Sigla: E4-II
Ubicazione prova: Parete - 2° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete di tufo

- 0 -50 cm. –muratura di tufo





Indagine Endoscopica

Sigla: E5-II
Ubicazione prova: Parete - 2° Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete di tufo

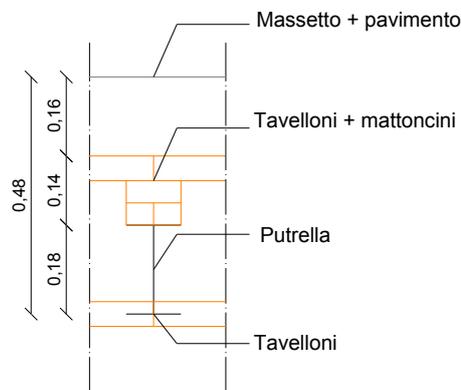
- 0 -50 cm. –muratura di tufo



Indagine Endoscopica

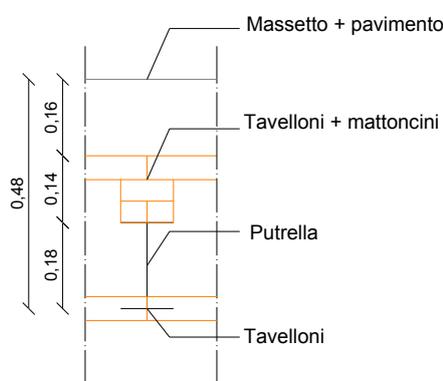
Sigla: ES1-II
Ubicazione prova: Solaio 2° Piano
Lunghezza foro di indagine: 48 cm di solaio

- 16 cm massetto + pavimento
- 14 cm tavelloni + mattoncini
- 18 cm putrella



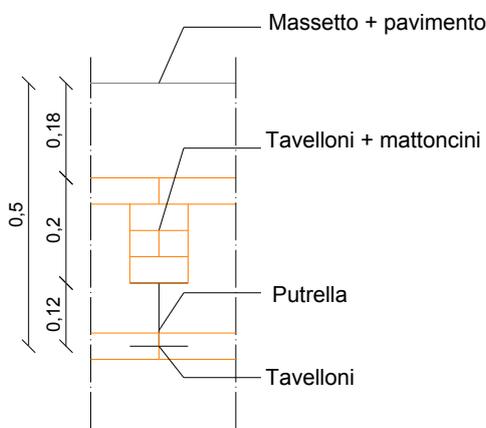
Indagine Endoscopica

- Sigla:** ES2-II
- Ubicazione prova:** Solaio 2° Piano
- Lunghezza foro di indagine:** 48 cm di solaio
- 16 cm massetto + pavimento
 - 14 cm tavelloni + mattoncini
 - 18 cm putrella



Indagine Endoscopica

- Sigla:** ES3-II
- Ubicazione prova:** Solaio 2° Piano
- Lunghezza foro di indagine:** 50 cm di solaio
- 18 cm massetto + pavimento
 - 20 cm tavelloni + mattoncini
 - 12 cm putrella



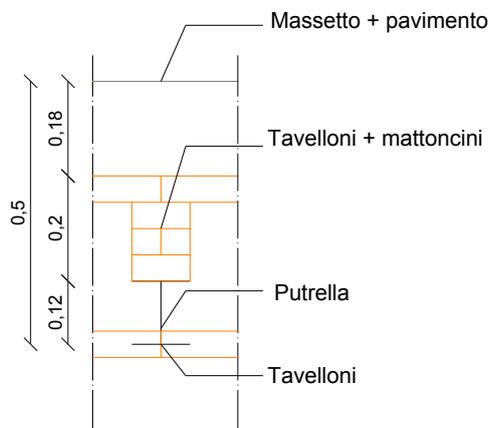
Indagine Endoscopica

Sigla: ES4-II

Ubicazione prova: Solaio 2° Piano

Lunghezza foro di indagine: 50 cm di solaio

- 18 cm massetto + pavimento
- 20 cm tavelloni + mattoncini
- 12 cm putrella



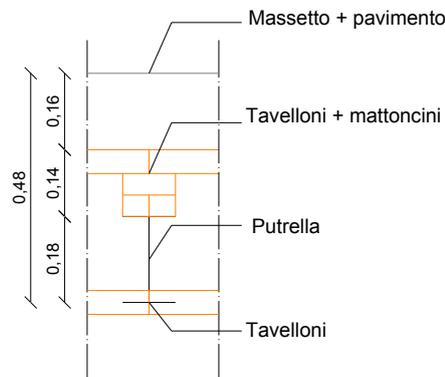
Indagine Endoscopica

Sigla: ES5-II

Ubicazione prova: Solaio 2° Piano

Lunghezza foro di indagine: 48 cm di solaio

- 16 cm massetto + pavimento
- 14 cm tavelloni + mattoncini
- 18 cm putrella



- *Piano Terzo*

Indagine Endoscopica

Sigla: E1-III
Ubicazione prova: Parete in laterizio - Terzo Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete

- 0 -50 cm. -laterizio



Indagine Endoscopica

Sigla: E2-III
Ubicazione prova: Parete in laterizio - Terzo Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete

- 0 -50 cm. -laterizio





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

Indagine Endoscopica

Sigla: E3-III
Ubicazione prova: Parete in laterizio - Terzo Piano
Lunghezza foro di indagine: 30 cm parete

- 0 -30 cm. -laterizio



Indagine Endoscopica

Sigla: E4-III
Ubicazione prova: Parete in laterizio - Terzo Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete

- 0 -50 cm. -laterizio



Indagine Endoscopica

Sigla: E5-III
Ubicazione prova: Parete in laterizio - Terzo Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete

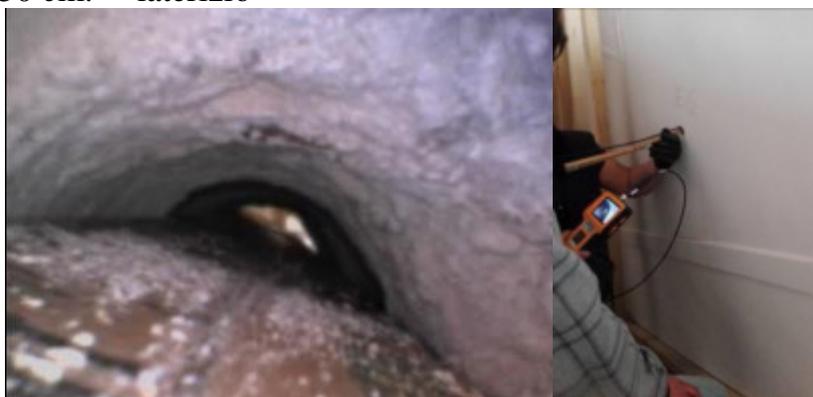
- 0 -50 cm. -laterizio



Indagine Endoscopica

Sigla: E6-III
Ubicazione prova: Parete in laterizio - Terzo Piano
Lunghezza foro di indagine: 50 cm parete

- 0 -50 cm. -laterizio





2. SAGGI VISIVI

- **Risultati saggi visivi**



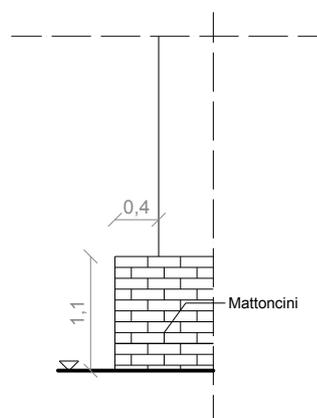
ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

- *Piano seminterrato*

SAGGIO Sv1-S

Sigla: Sv1-R

Ubicazione prova: Piano Seminterrato – Fondazione in muratura



SAGGIO SvS1-S

Sigla: SvS1-R

Ubicazione prova: Piano Seminterrato - Solaio in putrelle e doppio tavellone: putrella IPE180, massetto + pavimento + tavelloni 12cm



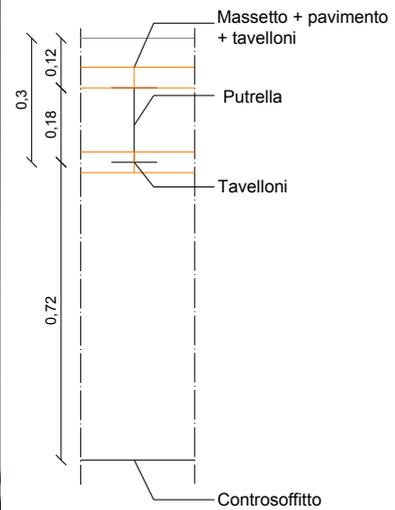


- *Piano rialzato*

SAGGIO SvS1-R

Sigla: SvS1-R

Ubicazione prova: Piano Rialzato - Solaio in putrelle e doppio tavellone con controsoffitto in cartongesso di 72 cm: putrella IPE180, massetto + pavimento + tavelloni 12cm





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

- *Piano primo*

SAGGIO Sv1-I

Sigla: Sv1-I

Ubicazione prova: 1° Piano – Muratura portante esterna: mattoncini pieni; spessore 65cm



SAGGIO Sv2-I

Sigla: Sv2-I

Ubicazione prova: 1° Piano – Muratura portante interna: mattoncini pieni; spessore 50cm





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

SAGGIO Sv3-I

Sigla: Sv3-I

Ubicazione prova: 1° Piano – Muratura portante interna: tufo 65cm – mattoncini pieni 15cm; spessore 53cm



SAGGIO Sv4-I

Sigla: Sv4-I

Ubicazione prova: 1° Piano – Muratura portante interna: mattoncini pieni; spessore 50cm



SAGGIO Sv5-I

Sigla: Sv5-I

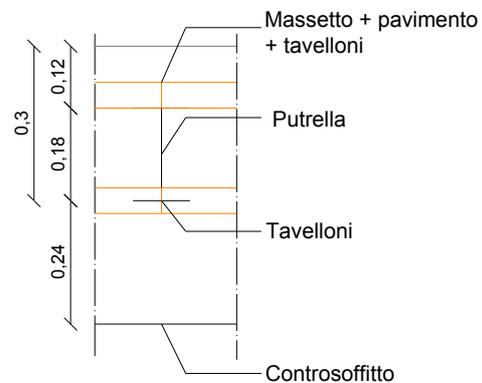
Ubicazione prova: 1° Piano – Pilastro 65x65: mattoncini pieni



SAGGIO SvS1-I

Sigla: SvS1-I

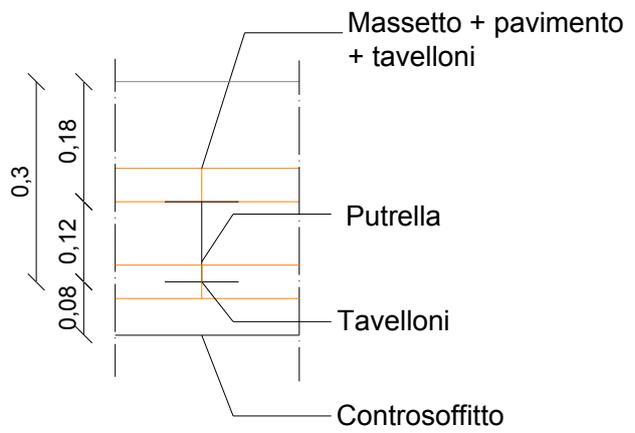
Ubicazione prova: 1° Piano - Solaio in putrelle e doppio tavellone con controsoffitto in legno 24cm: putrella IPE180, massetto + pavimento + tavelloni 12cm



SAGGIO SvS2-I

Sigla: SvS2-II

Ubicazione prova: 1° Piano - Solaio in putrelle e doppio tavellone con controsoffitto in legno 8cm: putrella IPE120, massetto + pavimento + tavelloni 18cm





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

- *Piano secondo*

SAGGIO Sv1-II

Sigla: Sv1-II
Ubicazione prova: 2° Piano – Muratura portante esterna: tufo 65cm – mattoncini pieni 15cm; spessore 65cm



SAGGIO Sv2-II

Sigla: Sv2-II
Ubicazione prova: 2° Piano – Muratura portante interna: tufo 65cm – mattoncini pieni 15cm; spessore 50cm





SAGGIO Sv3-II

Sigla: Sv3-II

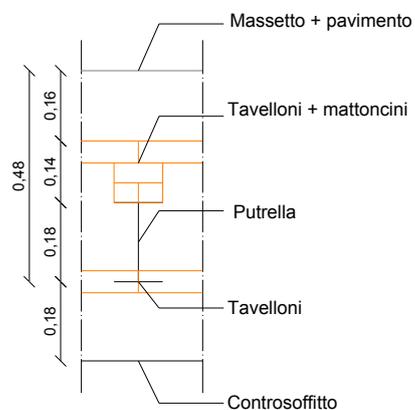
Ubicazione prova: 2° Piano – Muratura portante interna: mattoncini pieni; spessore 50cm



SAGGIO SvS1-II

Sigla: SvS1-II

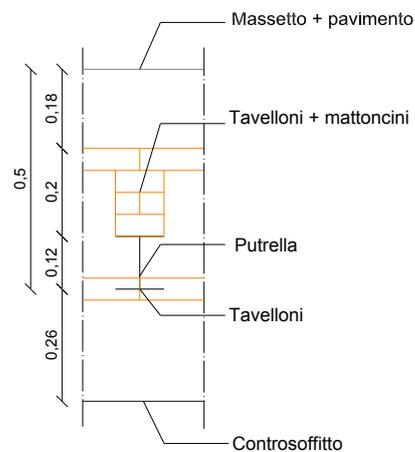
Ubicazione prova: 2° Piano - Solaio in putrelle e doppio tavellone con controsoffitto in legno 18cm: putrella IPE180, tavelloni + mattoncini 14cm, massetto + pavimento 16cm



SAGGIO SvS2-II

Sigla: SvS2-II

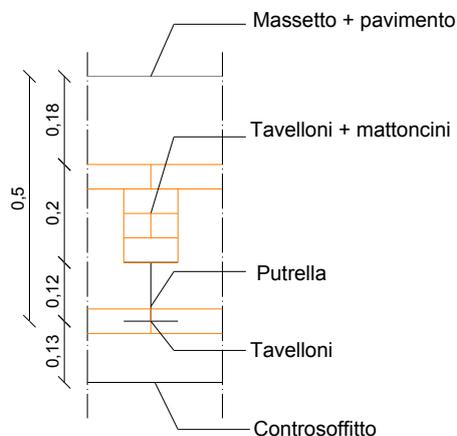
Ubicazione prova: 2° Piano - Solaio in putrelle e doppio tavellone con controsoffitto in cartongesso modulare 26cm: putrella IPE120, tavelloni + mattoncini 20cm, massetto + pavimento 18cm



SAGGIO SvS3-II

Sigla: SvS3-II

Ubicazione prova: 2° Piano - Solaio in putrelle e doppio tavellone con controsoffitto in legno di 13cm: putrella IPE120, tavelloni + mattoncini 20cm, massetto + pavimento 18cm





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

- *Piano terzo*

SAGGIO Sv1-III

Sigla:

Sv1-III

Ubicazione prova:

3° Piano - Piattabanda Finestra: laterizio forato 30 cm – calcestruzzo
20 cm – laterizio 20 cm



SAGGIO Sv2-III

Sigla:

Sv2-III

Ubicazione prova:

3° Piano – Muratura portante esterna: tufo 135 cm – laterizio forato 270
cm





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

SAGGIO Sv3-III

Sigla:

Sv3-III

Ubicazione prova:

3° Piano – Piattabanda porta ingresso aula: putrella in acciaio 12 cm –
laterizio forato 38 cm



SAGGIO Sv4-III

Sigla:

Sv4-III

Ubicazione prova:

3° Piano – Muratura portante interna: laterizio forato; spessore 50 cm



SAGGIO Sv5-III

Sigla: Sv5-III

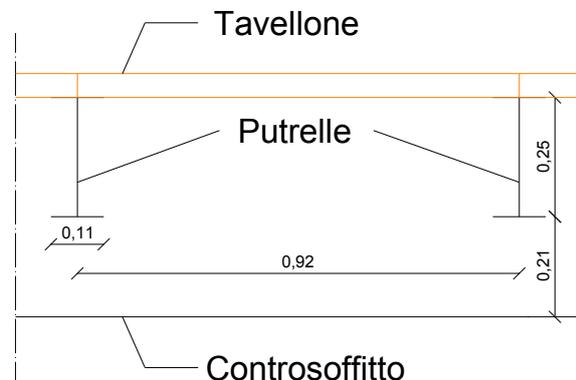
Ubicazione prova: 3° Piano – Muratura portante interna: laterizio forato; spessore 30 cm



SAGGIO SvS1-III

Sigla: SvS1-III

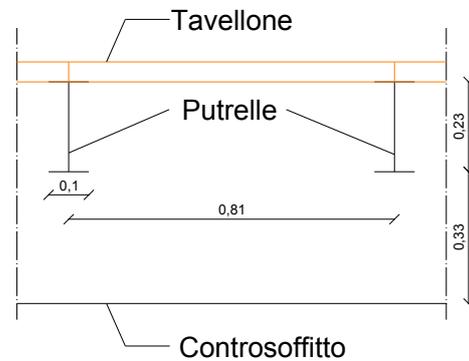
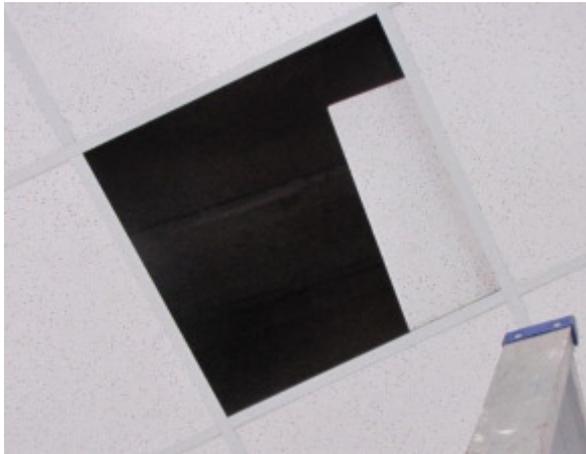
Ubicazione prova: 3° Piano - Solaio in putrelle e tavelloni con controsoffitto in legno di 21cm: putrella 25x11cm; interasse putrelle 92cm; cordolo in mattoni pieni



SAGGIO SvS2-III

Sigla: SvS2-III

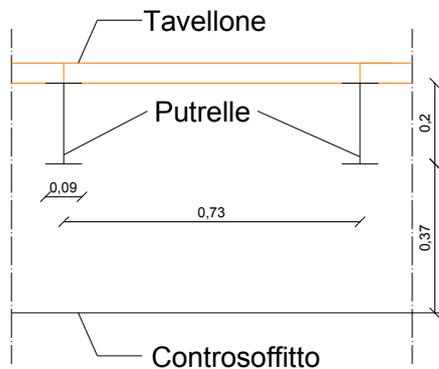
Ubicazione prova: 3° Piano – Solaio in putrelle e tavelloni con controsoffitto in cartongesso modulare di 33cm: putrella 22,5x10cm; interasse putrelle 81cm; larghezza tavellone 25cm



SAGGIO SvS3-III

Sigla: SvS3-III

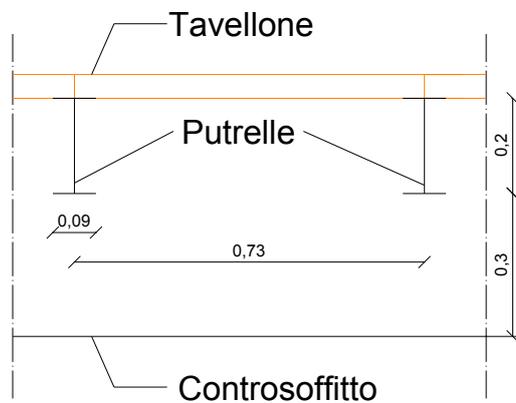
Ubicazione prova: 3° Piano – Solaio in putrelle e tavelloni con controsoffitto in cartongesso modulare di 37,5cm: putrella 20x9cm; interasse putrelle 73cm; cordolo in mattoni pieni



SAGGIO SvS4-III

Sigla: SvS4-III

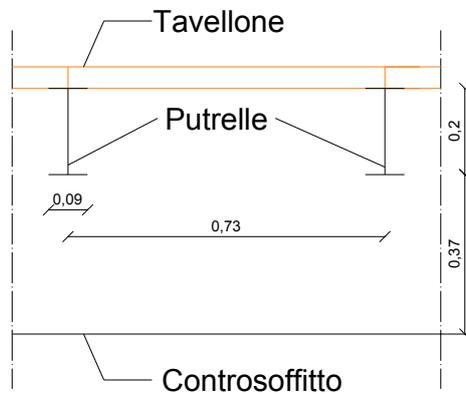
Ubicazione prova: 3° Piano – Solaio in putrelle e tavelloni con controsoffitto in legno di 30cm: putrella 20x9cm; interasse putrelle 73cm; cordolo in mattoni pieni



SAGGIO SvS5-III

Sigla: SvS5-III

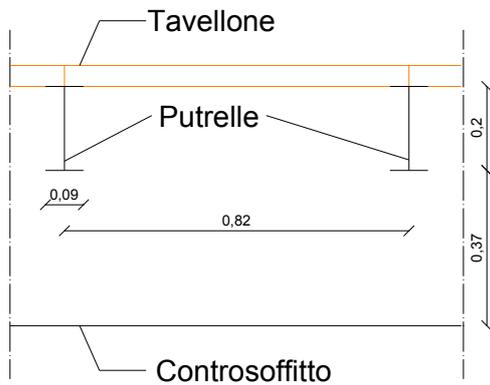
Ubicazione prova: 3° Piano – Solaio in putrelle e tavelloni: putrella 20x9cm; interasse putrelle 73cm; cordolo in mattoni pieni



SAGGIO SvS6-III

Sigla: SvS6-III

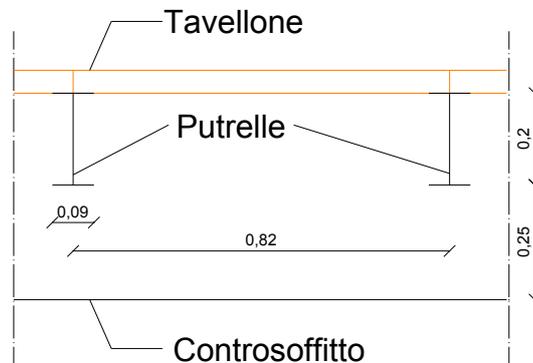
Ubicazione prova: 3° Piano – Solaio in putrelle e tavelloni con controsoffitto in cartongesso modulare di 37,5cm: putrella 20x9cm; interasse putrelle 81,5cm;



SAGGIO SvS7-III

Sigla: SvS7-III

Ubicazione prova: 3° Piano – Solaio in putrelle e tavelloni con controsoffitto in legno di 25cm: putrella 20x9cm; interasse putrelle 81,5cm;





3. CARATTERISTICHE SOLAI

- **Indicazione del comportamento meccanico dei solai di piano determinato attraverso prove di carico**

Risultati prove di carico su solai eseguite presso il Liceo Artistico “A. Caravillani” in Roma, piazza Risorgimento n. 46, attraverso l’ausilio di un martinetto a semplice effetto.

Codice prova	PC1
Committente	Città Metropolitana di Roma Capitale
Data prova	20-02-2017
Tipologia solaio	Acciaio e tavelloni
Piano	II impalcato



Figura 1: Martinetto idraulico - PC1

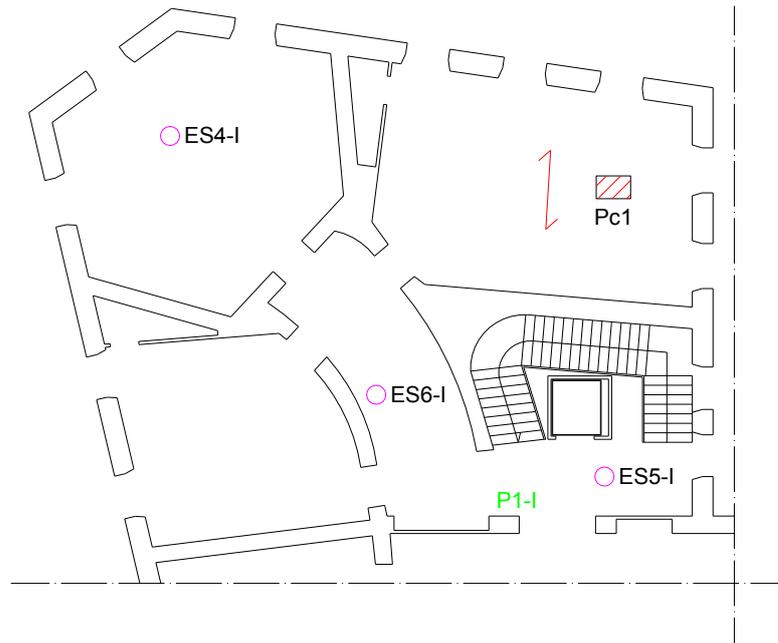
Descrizione della strumentazione utilizzata

- N°1 martinetto a semplice effetto tipo A di sez. 20 cmq;
- Manometro WIKA da 0-250 bar matr. 5430930963
- N°5 comparatori centesimali (accuratezza 0,01 mm)

Descrizione della prova

La campata che verrà caricata viene ad essere così individuata:

II IMPALCATO - Piano Primo



La campata ha una luce di circa 6,40 m con una dimensione trasversale pari a 2,60 m.

Si riporta di seguito il procedimento per il calcolo della forza equivalente da applicare al solaio.

Calcolo della forza equivalente su solaio

La forza equivalente è definita come la forza applicata su una linea di 1 metro, in corrispondenza della mezzeria del solaio, trasversalmente alle nervature, capace di indurre lo stesso momento massimo prodotto da un carico uniformemente distribuito Q ed è determinata dalla seguente espressione:

$$F_{eq,tot} = Q \cdot L \cdot C_1 \cdot C_2$$

in cui:

- F = forza di carico del pistone;



- L= luce del solaio;
- Q= sovraccarico di progetto;
- C₁= coefficiente per la ripartizione laterale degli sforzi;
- C₂= coefficiente che dipende dal grado di vincolo;

Il valore di C₂ varia in funzione del grado di vincolo dell'elemento di verifica ed è ottenuto uguagliando le espressioni dei momenti di mezzeria generati dal carico distribuito e dal carico concentrato.

$$\text{Incastro} \quad \frac{F \cdot L}{8} = \frac{Q \cdot L^2}{24} \quad F = \frac{Q \cdot L}{3} \quad C_2=0,33$$

$$\text{Appoggio} \quad \frac{F \cdot L}{4} = \frac{Q \cdot L^2}{8} \quad F = \frac{Q \cdot L}{2} \quad C_2=0,50$$

Il valore di C₁ può essere calcolato analiticamente oppure, in fase di prova posizionando una serie di comparatori centesimali in mezzeria trasversalmente all'orditura del solaio, e applicando un carico sufficiente a deformarlo. In quest'ultimo caso la formula per il calcolo di C₁ è la seguente:

$$C_1 = \frac{(f_c + 2 \sum f_i)}{f_c} \cdot d$$

dove:

- f_c= abbassamento massimo misurato in mezzeria;
- f_i = abbassamenti trasversali alle nervature;
- d = distanza tra i due comparatori consecutivi posti trasversalmente all'orditura del solaio.

Modalità di esecuzione

Il solaio è stato caricato mediante una forza concentrata generate da un martinetto idraulico, posizionato in mezzeria della luce del solaio (v. Fig. 1).

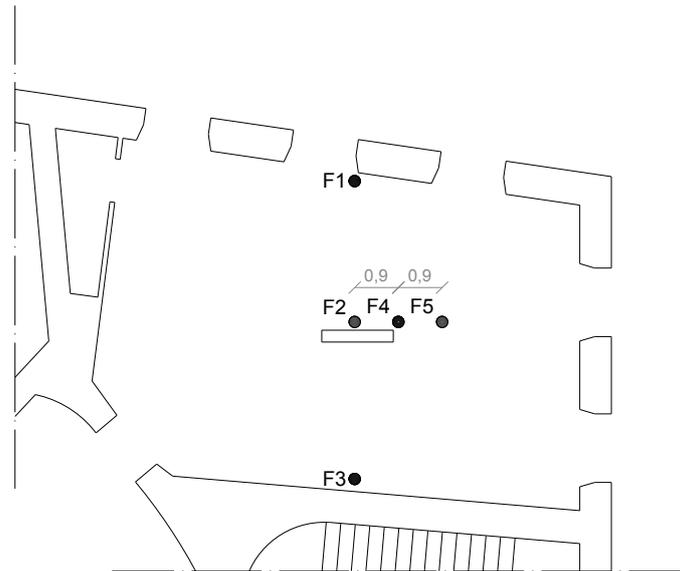


Figura 2: Posizionamento martinetto e comparatori.



Il valore della forza equivalente, calcolato secondo lo schema riportato in Fig. 3, è stato determinato assumendo il coefficiente C_2 pari a 0,50 (vincolo di appoggio), il coefficiente C_1 pari a 2,60 e considerando un carico accidentale di $3,00 \text{ kN/m}^2$.

Prova	Q [kN/m ²]	L [m]	C ₁	C ₂	F _{eq}
PC1	3,00	6,40	2,60	0,50	24,96kN

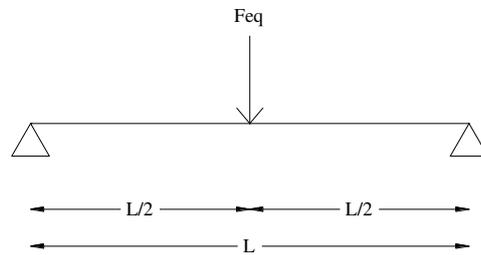


Figura 3: Schema di vincolo del solaio.

Gli spostamenti indotti sull'elemento strutturale sollecitato sono stati misurati con l'ausilio di n°5 comparatori centesimali (accuratezza 0,01 mm) montati su aste telescopiche a contatto con l'intradosso del solaio e disposti secondo la Fig.2.

Una volta azzerati i comparatori ha avuto inizio la prova di carico, organizzata in un ciclo di carico/scarico, in accordo con le disposizioni del tecnico presente e fino al raggiungimento del carico massimo concordato.

Le letture degli spostamenti sono state eseguite ad ogni step di carico intermedio ed al raggiungimento del carico massimo fino a stabilizzazione avvenuta. Analogamente nella fase scarico totale dell'elemento strutturale fino alla stabilizzazione dei cedimenti residui.

Nota la forza da applicare, è possibile determinare la pressione alla quale portare il martinetto (considerando che la sezione di spinta per il tipo di martinetto utilizzato è pari a 20 cm²):

$$\frac{F_{eq}}{20} = 124,8 \text{ bar}$$

Si riporta, a questo punto, la tabella delle letture effettuate



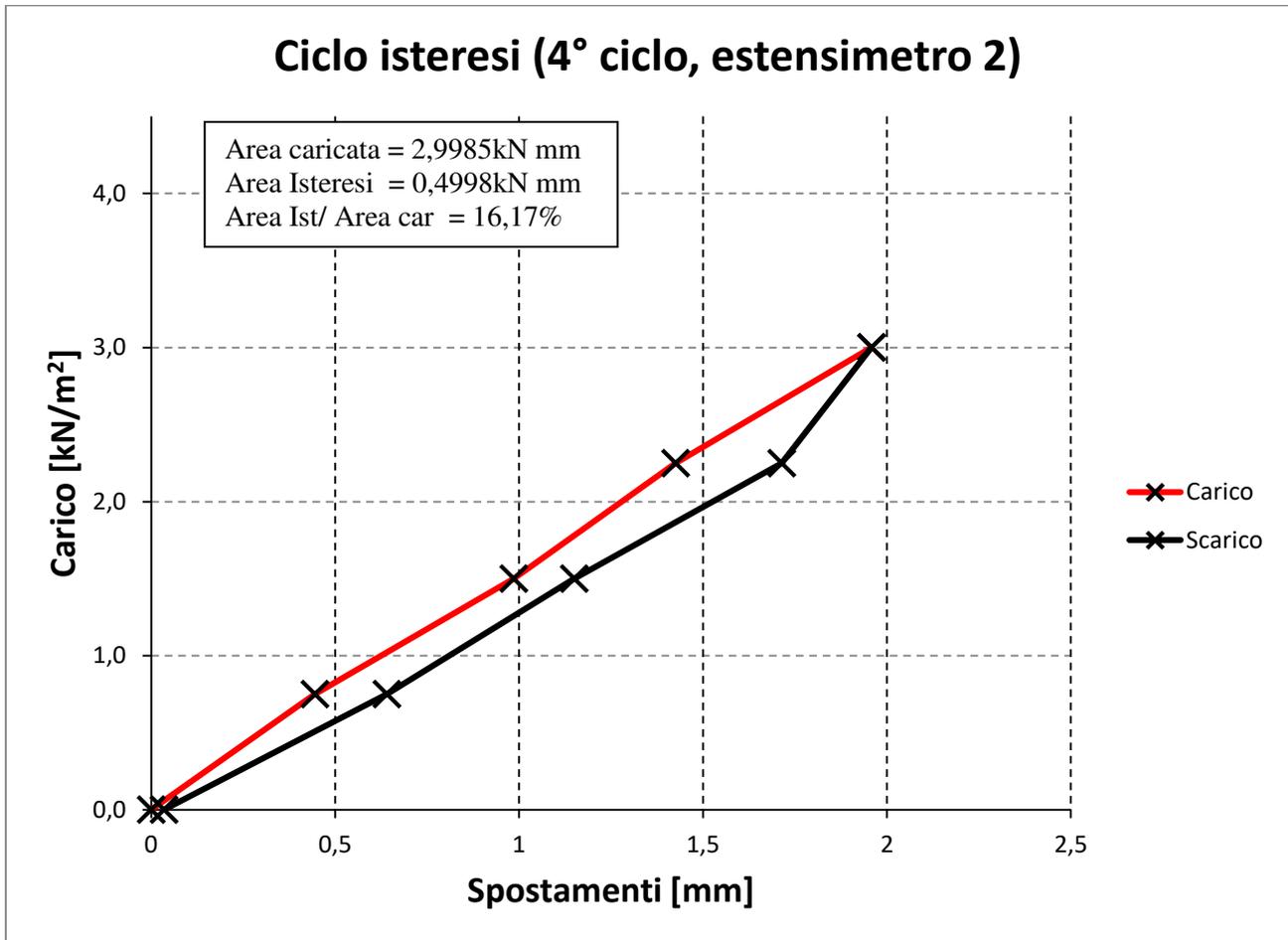
ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

Ciclo	Pressione [bar]	Carico equivalente [kN/m ²]	Frecche [mm]					Frecche depurate [mm]				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31,2	0,75	0,02	0,45	0,03	0,27	0,04	0,02	0,45	0,03	0,27	0,04
2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31,2	0,75	0,03	0,44	0,03	0,30	0,06	0,03	0,44	0,03	0,30	0,06
3	62,4	1,50	0,06	0,95	0,08	0,67	0,25	0,06	0,95	0,08	0,67	0,25
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	31,2	0,75	0,03	0,47	0,05	0,34	0,07	0,03	0,47	0,05	0,34	0,07
	62,4	1,50	0,06	0,95	0,08	0,67	0,23	0,06	0,95	0,08	0,67	0,23
5	93,6	2,25	0,10	1,47	0,13	1,06	0,42	0,10	1,47	0,13	1,06	0,42
	124,8	3,00	0,10	2,05	0,19	1,50	0,60	0,10	2,05	0,19	1,50	0,60
6	0	0,00	0,02	0,10	0,03	0,07	0,02	0,02	0,10	0,03	0,07	0,02
	31,2	0,75	0,04	0,57	0,06	0,40	0,08	0,02	0,47	0,03	0,33	0,06
7	62,4	1,50	0,07	1,15	0,11	0,78	0,26	0,05	1,05	0,08	0,71	0,24
	93,6	2,25	0,11	1,63	0,15	1,17	0,44	0,09	1,53	0,12	1,10	0,42
8	124,8	3,00	0,01	2,14	0,20	1,56	0,69	-0,01	2,04	0,17	1,49	0,67
	93,6	2,25	0,01	1,89	0,19	1,37	0,58	-0,01	1,79	0,16	1,30	0,56
9	62,4	1,50	0,10	1,35	0,15	0,96	0,40	0,08	1,25	0,12	0,89	0,38
	31,2	0,75	0,07	0,80	0,10	0,57	0,24	0,05	0,70	0,07	0,50	0,22
10	0	0,00	0,03	0,15	0,05	0,12	0,06	0,01	0,05	0,02	0,05	0,04
	124,8	3,00	0,15	2,22	0,21	1,63	0,67	0,12	2,07	0,16	1,51	0,61
11	0	0,00	0,03	0,15	0,05	0,13	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00

Si riporta anche il calcolo dell'area di isteresi calcolata percentualmente rispetto all'area di carico nel diagramma forza - deformazione. Tale rapporto rappresenta la percentuale di energia dissipata nel processo di carico - scarico della struttura. Il valore deve essere inferiore al 16%.

4° ciclo							
Pressione [bar]	Carico equivalente [kN/m ²]	Abbassamenti relativi al ciclo [mm]					Abbassamenti netti [mm]
		1	2	3	4	5	2
0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
31,2	0,8	0,02	0,47	0,03	0,33	0,06	0,445
62,4	1,5	0,05	1,05	0,08	0,71	0,24	0,985
93,6	2,3	0,09	1,53	0,12	1,10	0,42	1,425
124,8	3,0	-0,01	2,04	0,17	1,49	0,67	1,958
93,6	2,3	-0,01	1,79	0,16	1,30	0,56	1,714
62,4	1,5	0,08	1,25	0,12	0,89	0,38	1,15
31,2	0,8	0,05	0,70	0,07	0,50	0,22	0,64
0	0,0	0,01	0,05	0,02	0,05	0,04	0,035



Con riferimento al ciclo di carico completo si riportano anche i parametri di Ripetibilità media, Linearità media e di Permanenza; questi risultano così definiti:

Ripetibilità: è il rapporto percentuale, a parità di carico, tra i valori della freccia (depurata del residuo) di due cicli diversi

Linearità: è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva d'isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico.

Permanenza: è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia massima.

Limiti:

Ripetibilità > 95%

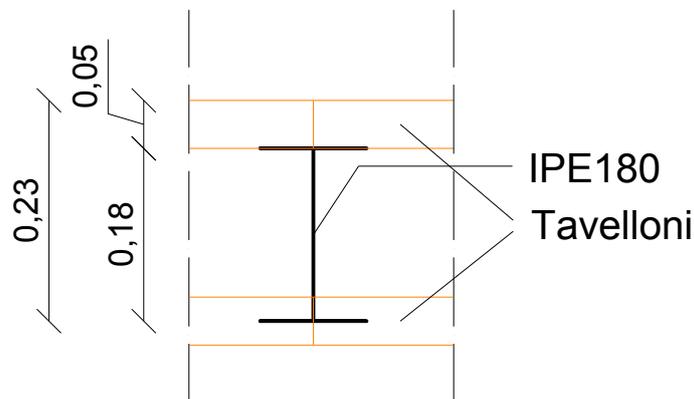
Linearità > 85%

Permanenza < 5%

Ripetibilità media	Linearità media	Permanenza
%	%	%
99	94	1,145

In realtà questi valori non rappresentano un limite invalicabile in quanto la loro determinazione non è matematica ma statistica.

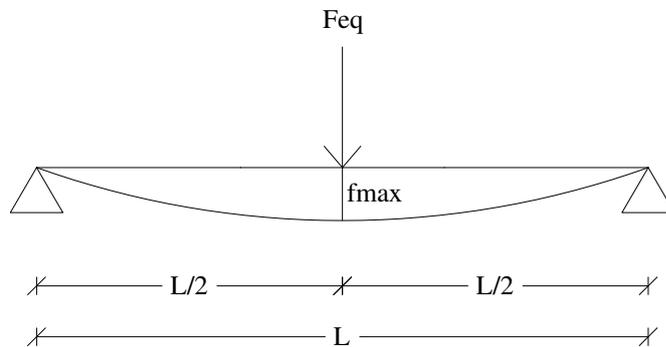
Caratteristiche del solaio



H [cm]	h [cm]	I[cm ⁴]	E[kN/cm ²]	Feq [kN]
23	18	1317	21000	9,6

Il valore della freccia teorica è ottenuto considerando quella ricavata sulla sola trave IPE tenendo conto della scarsa collaborazione delle putrelle adiacenti vista la mancanza di una idonea soletta di ripartizione sovrastante.

Dalla scienza delle costruzioni:



$$f_{\max} = \frac{1}{48} \frac{F_{eq} L^3}{EI}$$

Ottenendo:

	Freccia max teorica [mm]	Freccia max in situ [mm]
app-app	18,96	2,22

(avendo avuto l'accortezza di riferire la F_{eq} ad una fascia di un metro di solaio).

Codice prova	PC2
Committente	Città Metropolitana di Roma Capitale
Data prova	21-02-2017
Tipologia solaio	Acciaio e tavelloni
Piano	II impalcato



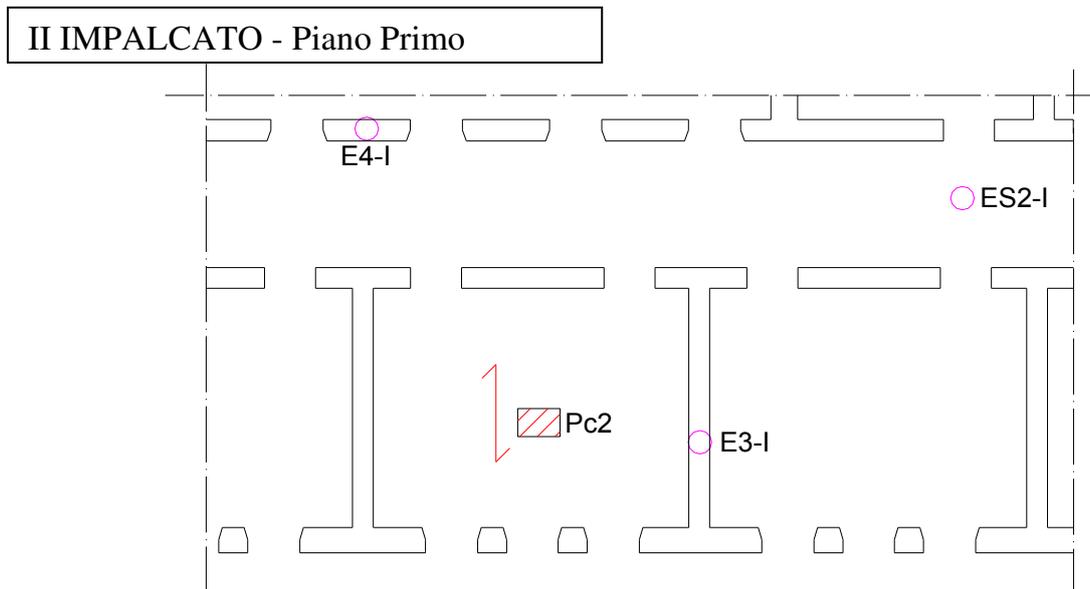
Figura 4: Martinetto idraulico – PC2

Descrizione della strumentazione utilizzata

- N°1 martinetto a semplice effetto tipo A di sez. 20 cmq;
- Manometro WIKA da 0-250 bar matr. 5430930963
- N°5 comparatori centesimali (accuratezza 0,01 mm)

Descrizione della prova

La campata che verrà caricata viene ad essere così individuata:



La campata ha una luce di circa 6,10 m con una dimensione trasversale pari a 2,00 m.

Si riporta di seguito il procedimento per il calcolo della forza equivalente da applicare al solaio.

Calcolo della forza equivalente su solaio

La forza equivalente è definita come la forza applicata su una linea di 1 metro, in corrispondenza della mezzeria del solaio, trasversalmente alle nervature, capace di indurre lo stesso momento massimo prodotto da un carico uniformemente distribuito Q ed è determinata dalla seguente espressione:

$$F_{eq,tot} = Q \cdot L \cdot C_1 \cdot C_2$$

in cui:

- F = forza di carico del pistone;
- L = luce del solaio;
- Q = sovraccarico di progetto;
- C_1 = coefficiente per la ripartizione laterale degli sforzi;
- C_2 = coefficiente che dipende dal grado di vincolo;



Il valore di C_2 varia in funzione del grado di vincolo dell'elemento di verifica ed è ottenuto uguagliando le espressioni dei momenti di mezzeria generati dal carico distribuito e dal carico concentrato.

$$\text{Incastro} \quad \frac{F \cdot L}{8} = \frac{Q \cdot L^2}{24} \quad F = \frac{Q \cdot L}{3} \quad C_2=0,33$$

$$\text{Appoggio} \quad \frac{F \cdot L}{4} = \frac{Q \cdot L^2}{8} \quad F = \frac{Q \cdot L}{2} \quad C_2=0,50$$

Il valore di C_1 può essere calcolato analiticamente oppure, in fase di prova posizionando una serie di comparatori centesimali in mezzeria trasversalmente all'orditura del solaio, e applicando un carico sufficiente a deformarlo. In quest'ultimo caso la formula per il calcolo di C_1 è la seguente:

$$C_1 = \frac{(f_c + 2 \sum f_i)}{f_c} \cdot d$$

dove:

- f_c = abbassamento massimo misurato in mezzeria;
- f_i = abbassamenti trasversali alle nervature;
- d = distanza tra i due comparatori consecutivi posti trasversalmente all'orditura del solaio.

Modalità di esecuzione

Il solaio è stato caricato mediante una forza concentrata generate da un martinetto idraulico, posizionato in mezzeria della luce del solaio (v. Fig. 4).

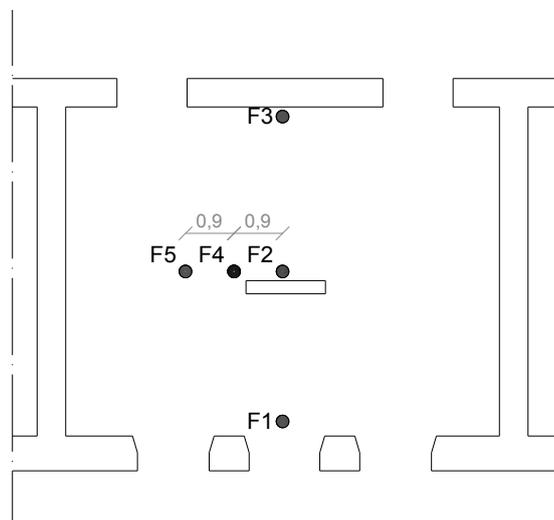
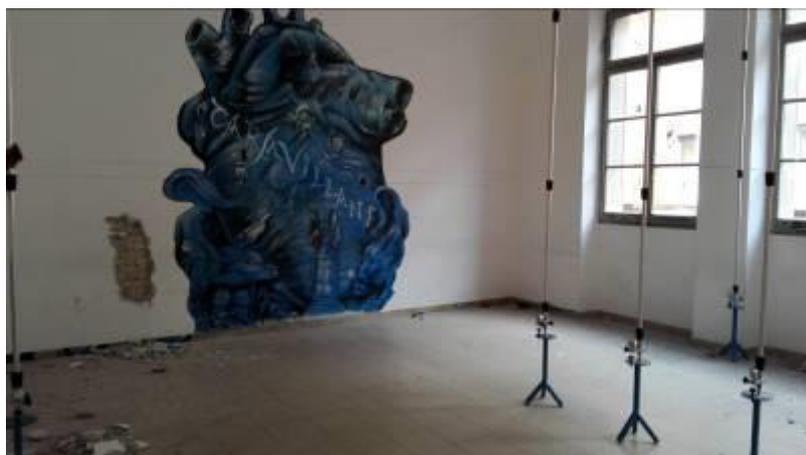


Figura 5: Posizionamento martinetto e comparatori-PC2.



Il valore della forza equivalente, calcolato secondo lo schema riportato in Fig. 6, è stato determinato assumendo il coefficiente C_2 pari a 0,50 (vincolo di appoggio), il coefficiente C_1 pari a 2,00 (per il calcolo si rimanda al paragrafo successivo cfr. "Determinazione della larghezza collaborativa") e considerando un carico accidentale di 300 kN/m^2 .

Prova	Q [kN/m ²]	L [m]	C ₁	C ₂	F _{eq}
PC1	3,00	6,10	2,00	0,50	18,30kN

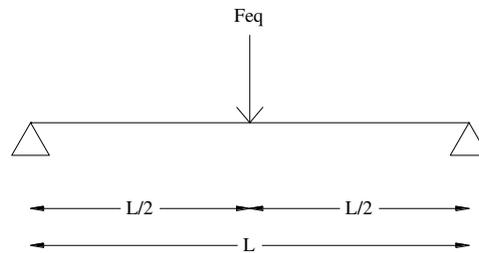


Figura 6: Schema di vincolo del solaio.

Gli spostamenti indotti sull'elemento strutturale sollecitato sono stati misurati con l'ausilio di n°5 comparatori centesimali (accuratezza 0,01 mm) montati su aste telescopiche a contatto con l'intradosso del solaio e disposti secondo la Fig.5 .

Una volta azzerati i comparatori ha avuto inizio la prova di carico, organizzata in un ciclo di carico/scarico, in accordo con le disposizioni del tecnico presente e fino al raggiungimento del carico massimo concordato.

Le letture degli spostamenti sono state eseguite ad ogni step di carico intermedio ed al raggiungimento del carico massimo fino a stabilizzazione avvenuta. Analogamente nella fase scarico totale dell'elemento strutturale fino alla stabilizzazione dei cedimenti residui.

Nota la forza da applicare, è possibile determinare la pressione alla quale portare il martinetto (considerando che la sezione di spinta per il tipo di martinetto utilizzato è pari a 20 cm²):

$$\frac{F_{eq}}{20} = 91,5 \text{ bar}$$

Si riporta, a questo punto, la tabella delle letture effettuate



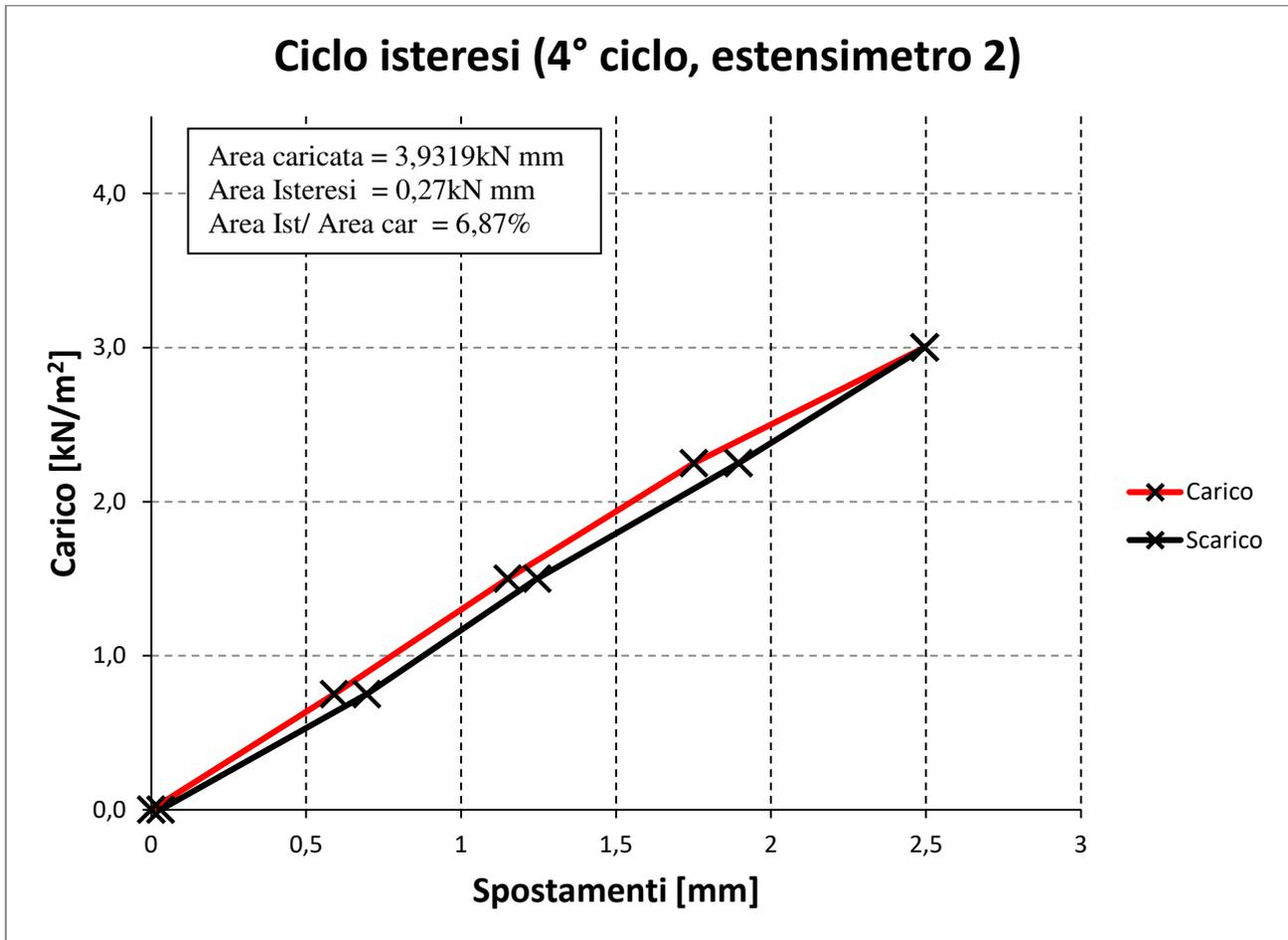
ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

Ciclo	Pressione [bar]	Carico equivalente [kN/m ²]	Frecce [mm]					Frecce depurate [mm]				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	22,875	0,75	0,02	0,58	0,01	0,24	0,11	0,02	0,58	0,01	0,24	0,11
2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	22,875	0,75	0,02	0,57	0,01	0,22	0,10	0,02	0,57	0,01	0,22	0,10
3	45,75	1,50	0,04	1,20	0,03	0,45	0,21	0,04	1,20	0,03	0,45	0,21
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	22,875	0,75	0,02	0,59	0,02	0,24	0,10	0,02	0,59	0,02	0,24	0,10
	45,75	1,50	0,05	1,21	0,04	0,46	0,21	0,05	1,21	0,04	0,46	0,21
5	68,625	2,25	0,09	1,82	0,08	0,71	0,38	0,09	1,82	0,08	0,71	0,38
	91,5	3,00	0,13	2,58	0,14	1,16	0,51	0,13	2,58	0,14	1,16	0,51
6	0	0,00	0,02	0,16	0,03	0,10	0,08	0,02	0,16	0,03	0,10	0,08
	22,875	0,75	0,05	0,78	0,06	0,32	0,20	0,03	0,62	0,03	0,22	0,12
7	45,75	1,50	0,09	1,38	0,10	0,57	0,30	0,07	1,22	0,07	0,47	0,22
	68,625	2,25	0,13	2,02	0,14	0,88	0,46	0,11	1,86	0,11	0,78	0,38
8	91,5	3,00	0,16	2,80	0,18	1,29	0,61	0,14	2,64	0,15	1,19	0,53
	68,625	2,25	0,14	2,18	0,16	1,06	0,59	0,12	2,02	0,13	0,96	0,51
9	45,75	1,50	0,11	1,50	0,13	0,65	0,38	0,09	1,34	0,10	0,55	0,30
	22,875	0,75	0,07	0,91	0,09	0,46	0,28	0,05	0,75	0,06	0,36	0,20
10	0	0,00	0,04	0,21	0,05	0,14	0,10	0,02	0,05	0,02	0,04	0,02
	91,5	3,00	0,17	2,88	0,19	1,31	0,63	0,13	2,67	0,14	1,17	0,53
11	0	0,00	0,03	0,19	0,04	0,13	0,09	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01

Si riporta anche il calcolo dell'area di isteresi calcolata percentualmente rispetto all'area di carico nel diagramma forza - deformazione. Tale rapporto rappresenta la percentuale di energia dissipata nel processo di carico - scarico della struttura. Il valore deve essere inferiore al 16%.

4° ciclo							
Pressione [bar]	Carico equivalente [kN/m ²]	Abbassamenti relativi al ciclo [mm]					Abbassamenti netti [mm]
		1	2	3	4	5	
0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
22,875	0,8	0,03	0,62	0,03	0,22	0,12	0,59
45,75	1,5	0,07	1,22	0,07	0,47	0,22	1,15
68,625	2,3	0,11	1,86	0,11	0,78	0,38	1,75
91,5	3,0	0,14	2,64	0,15	1,19	0,53	2,495
68,625	2,3	0,12	2,02	0,13	0,96	0,51	1,895
45,75	1,5	0,09	1,34	0,10	0,55	0,30	1,245
22,875	0,8	0,05	0,75	0,06	0,36	0,20	0,695
0	0,0	0,02	0,05	0,02	0,04	0,02	0,03



Con riferimento al ciclo di carico completo si riportano anche i parametri di Ripetibilità media, Linearità media e di Permanenza; questi risultano così definiti:

Ripetibilità: è il rapporto percentuale, a parità di carico, tra i valori della freccia (depurata del residuo) di due cicli diversi

Linearità: è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva d'isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico.

Permanenza: è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia massima.

Limiti:

Ripetibilità > 95%

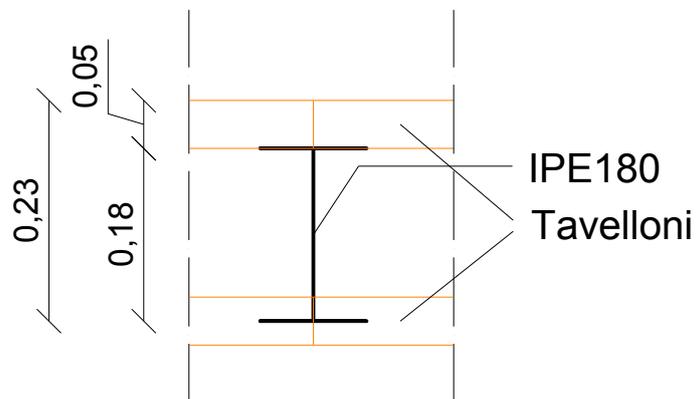
Linearità > 85%

Permanenza < 5%

Ripetibilità media	Linearità media	Permanenza
%	%	%
100	100	1,266

In realtà questi valori non rappresentano un limite invalicabile in quanto la loro determinazione non è matematica ma statistica.

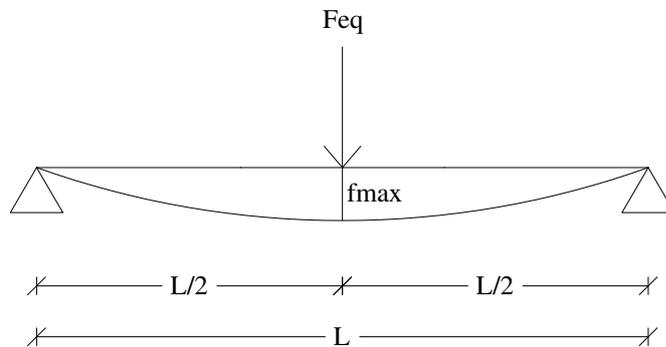
Caratteristiche del solaio



H [cm]	h [cm]	I[cm ⁴]	E[kN/cm ²]	Feq [kN]
23	18	1317	21000	9,15

Il valore della freccia teorica è ottenuto considerando quella ricavata sulla sola trave IPE tenendo conto della scarsa collaborazione delle putrelle adiacenti vista la mancanza di una idonea soletta di ripartizione sovrastante.

Dalla scienza delle costruzioni:



$$f_{\max} = \frac{1}{48} \frac{F_{eq} L^3}{EI}$$

Ottenendo:

	Freccia max teorica [mm]	Freccia max in situ [mm]
app-app	15,64	2,88

(avendo avuto l'accortezza di riferire la F_{eq} ad una fascia di un metro di solaio).

Codice prova	PC3
Committente	Città Metropolitana di Roma Capitale
Data prova	22-02-2017
Tipologia solaio	Acciaio e tavelloni
Piano	II impalcato

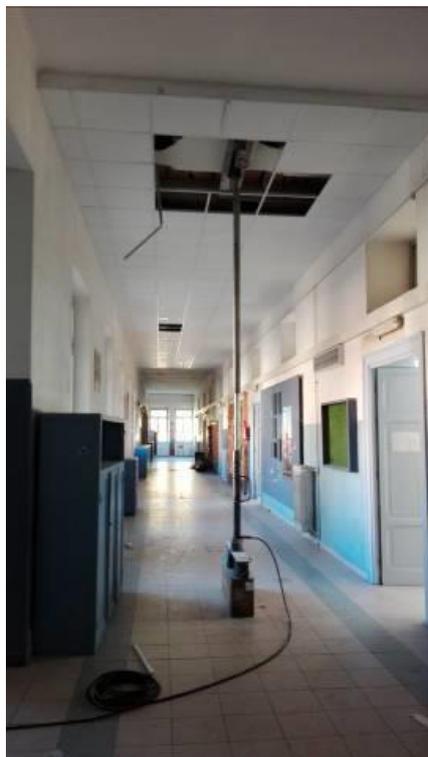


Figura 7: Martinetto idraulico – PC3

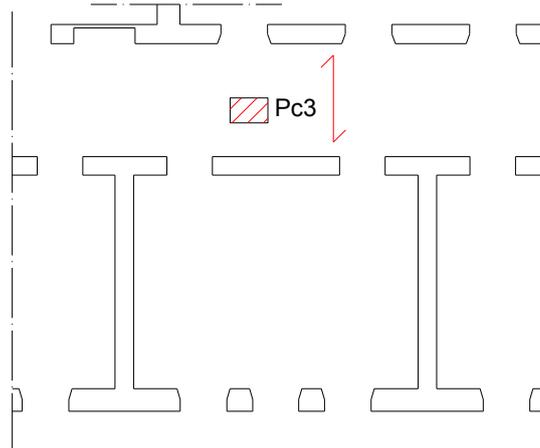
Descrizione della strumentazione utilizzata

- N°1 martinetto a semplice effetto tipo A di sez. 20 cmq;
- Manometro WIKA da 0-250 bar matr. 5430930963
- N°5 comparatori centesimali (accuratezza 0,01 mm)

Descrizione della prova

La campata che verrà caricata viene ad essere così individuata:

II IMPALCATO - Piano Primo



La campata ha una luce di circa 3,20 m con una dimensione trasversale pari a 2,10 m.

Si riporta di seguito il procedimento per il calcolo della forza equivalente da applicare al solaio.

Calcolo della forza equivalente su solaio

La forza equivalente è definita come la forza applicata su una linea di 1 metro, in corrispondenza della mezzeria del solaio, trasversalmente alle nervature, capace di indurre lo stesso momento massimo prodotto da un carico uniformemente distribuito Q ed è determinata dalla seguente espressione:

$$F_{eq,tot} = Q \cdot L \cdot C_1 \cdot C_2$$

in cui:

- F = forza di carico del pistone;
- L = luce del solaio;
- Q = sovraccarico di progetto;
- C_1 = coefficiente per la ripartizione laterale degli sforzi;
- C_2 = coefficiente che dipende dal grado di vincolo;

Il valore di C_2 varia in funzione del grado di vincolo dell'elemento di verifica ed è ottenuto uguagliando le espressioni dei momenti di mezzeria generati dal carico distribuito e dal carico concentrato.

$$\text{Incastro} \quad \frac{F \cdot L}{8} = \frac{Q \cdot L^2}{24} \quad F = \frac{Q \cdot L}{3} \quad C_2=0,33$$

$$\text{Appoggio} \quad \frac{F \cdot L}{4} = \frac{Q \cdot L^2}{8} \quad F = \frac{Q \cdot L}{2} \quad C_2=0,50$$

Il valore di C_1 può essere calcolato analiticamente oppure, in fase di prova posizionando una serie di comparatori centesimali in mezzeria trasversalmente all'orditura del solaio, e applicando un carico sufficiente a deformarlo. In quest'ultimo caso la formula per il calcolo di C_1 è la seguente:

$$C_1 = \frac{(f_c + 2 \sum f_i)}{f_c} \cdot d$$

dove:

- f_c = abbassamento massimo misurato in mezzeria;
- f_i = abbassamenti trasversali alle nervature;
- d = distanza tra i due comparatori consecutivi posti trasversalmente all'orditura del solaio.

Modalità di esecuzione

Il solaio è stato caricato mediante una forza concentrata generate da un martinetto idraulico, posizionato in mezzeria della luce del solaio (v. Fig. 7).

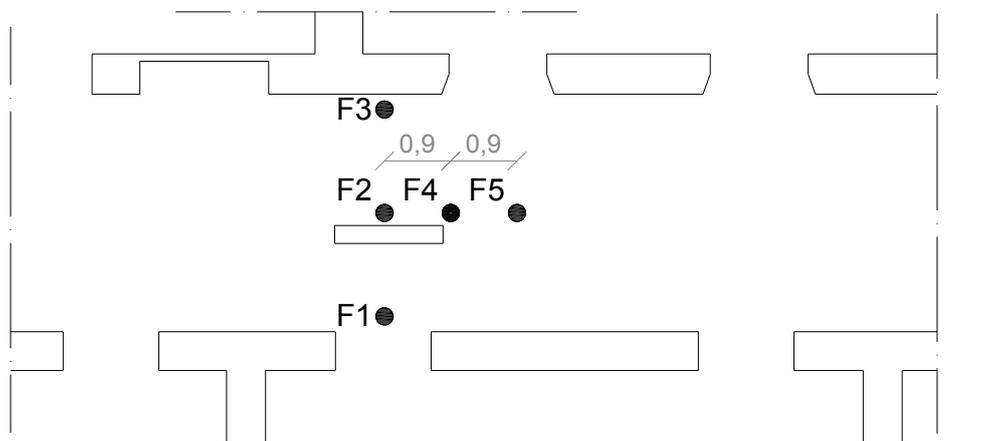


Figura 8: Posizionamento martinetto e comparatori-PC3.



Il valore della forza equivalente, calcolato secondo lo schema riportato in Fig. 9, è stato determinato assumendo il coefficiente C_2 pari a 0,50 (vincolo di appoggio), il coefficiente C_1 pari a 2,00 (per il calcolo si rimanda al paragrafo successivo cfr. "Determinazione della larghezza collaborativa") e considerando un carico accidentale di $3,00 \text{ kN/m}^2$.

Prova	Q [kN/m ²]	L [m]	C ₁	C ₂	F _{eq}
PC1	3,00	3,20	2,10	0,50	10,08kN

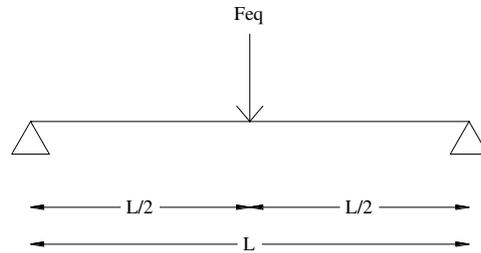


Figura 9: Schema di vincolo del solaio.

Gli spostamenti indotti sull'elemento strutturale sollecitato sono stati misurati con l'ausilio di n°5 comparatori centesimali (accuratezza 0,01 mm) montati su aste telescopiche a contatto con l'intradosso del solaio e disposti secondo la Fig.8.

Una volta azzerati i comparatori ha avuto inizio la prova di carico, organizzata in un ciclo di carico/scarico, in accordo con le disposizioni del tecnico presente e fino al raggiungimento del carico massimo concordato.

Le letture degli spostamenti sono state eseguite ad ogni step di carico intermedio ed al raggiungimento del carico massimo fino a stabilizzazione avvenuta. Analogamente nella fase scarico totale dell'elemento strutturale fino alla stabilizzazione dei cedimenti residui.

Nota la forza da applicare, è possibile determinare la pressione alla quale portare il martinetto (considerando che la sezione di spinta per il tipo di martinetto utilizzato è pari a 20 cm²):

$$\frac{F_{eq}}{20} = 50,4 \text{ bar}$$

Si riporta, a questo punto, la tabella delle letture effettuate



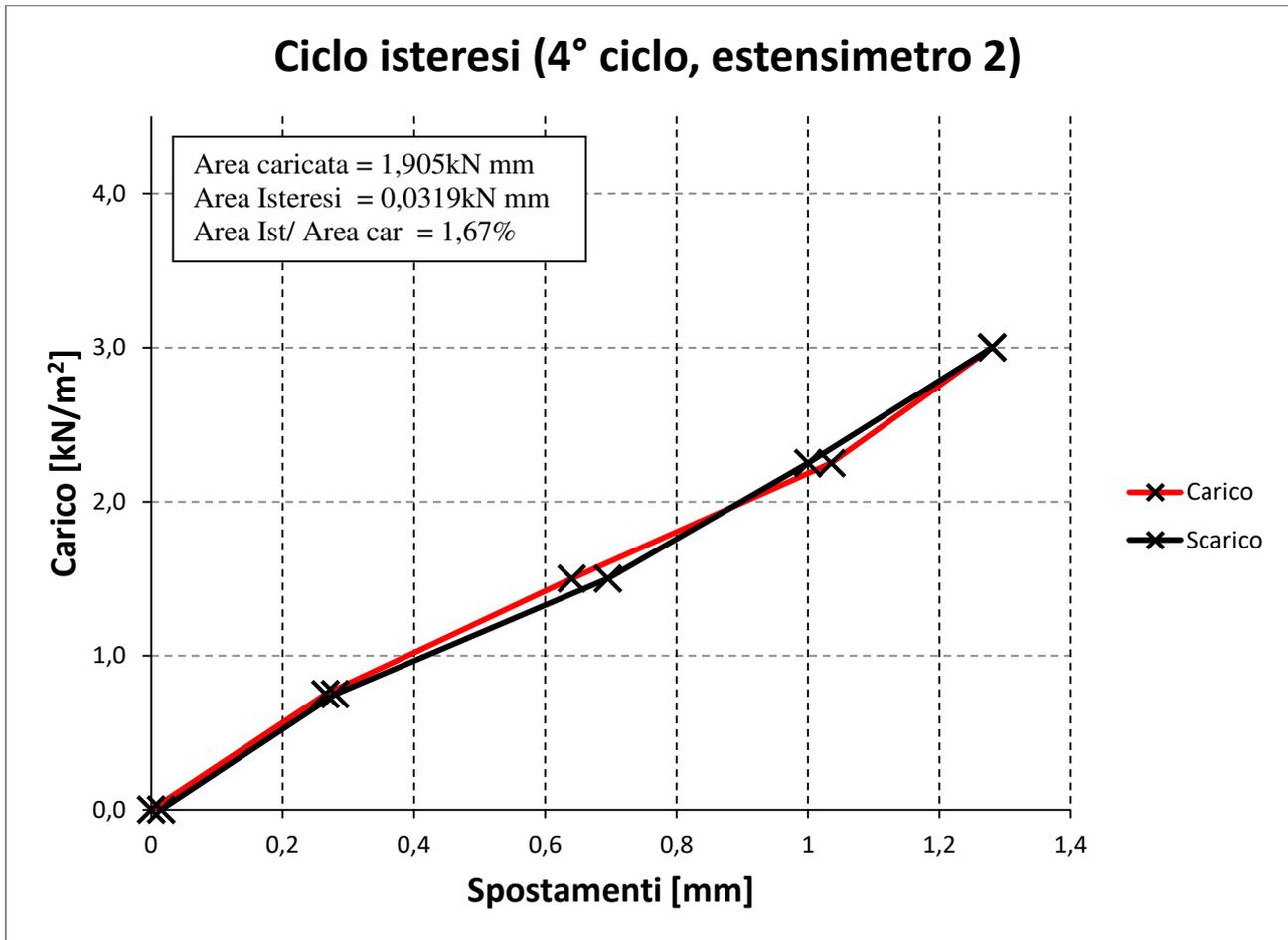
ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

Ciclo	Pressione [bar]	Carico equivalente [kN/m ²]	Frecce [mm]					Frecce depurate [mm]					
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	12,6	0,75	0,04	0,30	0,02	0,12	0,06	0,04	0,30	0,02	0,12	0,06	0,06
2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	12,6	0,75	0,06	0,32	0,02	0,23	0,06	0,06	0,32	0,02	0,23	0,06	0,06
3	25,2	1,50	0,11	0,73	0,04	0,55	0,12	0,11	0,73	0,04	0,55	0,12	0,12
	0	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
4	12,6	0,75	0,06	0,32	0,02	0,24	0,06	0,06	0,30	0,02	0,23	0,06	0,06
	25,2	1,50	0,10	0,71	0,05	0,51	0,09	0,10	0,69	0,05	0,50	0,09	0,09
5	37,8	2,25	0,14	1,07	0,07	0,81	0,17	0,14	1,05	0,07	0,80	0,17	0,17
	50,4	3,00	0,17	1,42	0,09	1,10	0,23	0,17	1,40	0,09	1,09	0,23	0,23
6	0	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00
	12,6	0,75	0,04	0,33	0,03	0,23	0,04	0,04	0,30	0,03	0,23	0,04	0,04
7	25,2	1,50	0,10	0,75	0,06	0,56	0,10	0,10	0,72	0,06	0,56	0,10	0,10
	37,8	2,25	0,14	1,18	0,09	0,90	0,16	0,14	1,15	0,09	0,90	0,16	0,16
8	50,4	3,00	0,17	1,45	0,11	1,11	0,21	0,17	1,42	0,11	1,11	0,21	0,21
	37,8	2,25	0,14	1,15	0,10	0,92	0,18	0,14	1,12	0,10	0,92	0,18	0,18
9	25,2	1,50	0,11	0,82	0,08	0,61	0,12	0,11	0,79	0,08	0,61	0,12	0,12
	12,6	0,75	0,05	0,36	0,05	0,25	0,08	0,05	0,33	0,05	0,25	0,08	0,08
10	0	0,00	0,01	0,05	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01
	50,4	3,00	0,18	1,48	0,12	1,13	0,23	0,17	1,43	0,12	1,12	0,22	0,22
11	0	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,01

Si riporta anche il calcolo dell'area di isteresi calcolata percentualmente rispetto all'area di carico nel diagramma forza - deformazione. Tale rapporto rappresenta la percentuale di energia dissipata nel processo di carico - scarico della struttura. Il valore deve essere inferiore al 16%.

4° ciclo							
Pressione [bar]	Carico equivalente [kN/m ²]	Abbassamenti relativi al ciclo [mm]					Abbassamenti netti [mm]
		1	2	3	4	5	2
0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
12,6	0,8	0,04	0,30	0,03	0,23	0,04	0,265
25,2	1,5	0,10	0,72	0,06	0,56	0,10	0,64
37,8	2,3	0,14	1,15	0,09	0,90	0,16	1,035
50,4	3,0	0,17	1,42	0,11	1,11	0,21	1,28
37,8	2,3	0,14	1,12	0,10	0,92	0,18	1
25,2	1,5	0,11	0,79	0,08	0,61	0,12	0,695
12,6	0,8	0,05	0,33	0,05	0,25	0,08	0,28
0	0,0	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,015



Con riferimento al ciclo di carico completo si riportano anche i parametri di Ripetibilità media, Linearità media e di Permanenza; questi risultano così definiti:

Ripetibilità: è il rapporto percentuale, a parità di carico, tra i valori della freccia (depurata del residuo) di due cicli diversi

Linearità: è il rapporto percentuale tra le tangenti alla curva d'isteresi passanti per i punti individuati dall'ultimo e dal primo carico.

Permanenza: è il rapporto percentuale tra il residuo e la freccia massima.

Limiti:

Ripetibilità > 95%

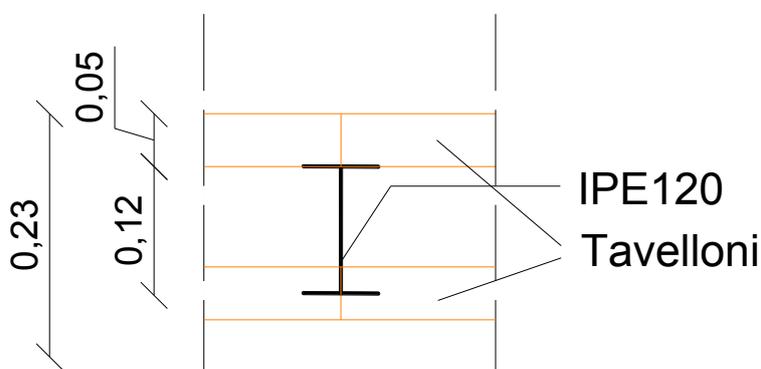
Linearità > 85%

Permanenza < 5%

Ripetibilità media	Linearità media	Permanenza
%	%	%
98	86	0,847

In realtà questi valori non rappresentano un limite invalicabile in quanto la loro determinazione non è matematica ma statistica.

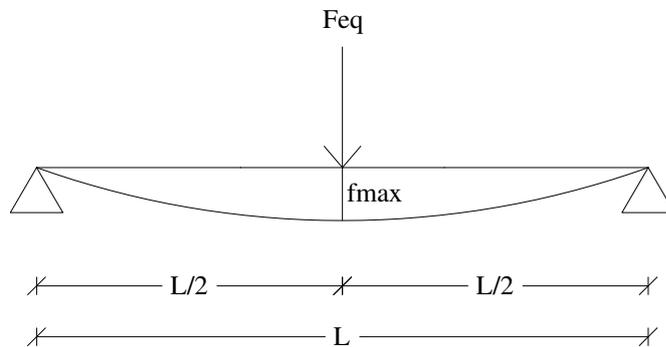
Caratteristiche del solaio



H [cm]	h [cm]	I[cm ⁴]	E[kN/cm ²]	Feq [kN]
23	18	317,5	21000	4,8

Il valore della freccia teorica è ottenuto considerando quella ricavata sulla sola trave IPE tenendo conto della scarsa collaborazione delle putrelle adiacenti vista la mancanza di una idonea soletta di ripartizione sovrastante.

Dalla scienza delle costruzioni:



$$f_{\max} = \frac{1}{48} \frac{F_{eq} L^3}{EI}$$

Ottenendo:

	Freccia max teorica [mm]	Freccia max in situ [mm]
app-app	4,91	1,48

(avendo avuto l'accortezza di riferire la F_{eq} ad una fascia di un metro di solaio).



ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA



4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

- **Indicazione del comportamento meccanico della muratura determinato attraverso prove con martinetti piatti**
- **Altre indagini sulla muratura**
- **Indagini sugli elementi secondari in acciaio**
- **Indagine pacometrica su muratura e piattabande**



1. Risultati prove su muratura eseguite presso il Liceo Artistico “A. Caravillani” in Roma, piazza Risorgimento n. 46, attraverso l’ausilio di martinetti piatti.

I martinetti piatti sono tasche metalliche molto sottili nelle quali viene iniettato olio a pressione nota; le indagini eseguite con i martinetti piatti consentono di ottenere informazioni circa le principali caratteristiche meccaniche della muratura in termini di deformabilità, stato tensionale e resistenza, e possono essere di due tipi:

- *MARTINETTO SINGOLO, per la misura dello stato tensionale;*
- *MARTINETTO DOPPIO, per la misura delle caratteristiche di deformabilità e della tensione di collasso per compressione.*

Martinetto piatto singolo

Eseguendo un taglio piano nella muratura in direzione normale alla superficie, si provoca l’annullamento delle tensioni agenti sulla superficie normale al taglio che determina una parziale chiusura dei lembi della fessura.

Dalla misura dell’entità della pressione da applicare alle superfici del taglio per ripristinare le condizioni iniziali si risale allo stato tensionale della muratura esaminata.

Modalità di esecuzione

Prima di procedere al taglio della muratura si posiziona sulla superficie interessata una coppia di punti di riferimento la cui distanza viene rilevata con un deformometro di precisione, definita “condizione iniziale” (Fig. 1).

Una volta eseguito il taglio e misurata la convergenza dei lembi, si inserisce un martinetto piatto nell’apertura ottenuta e si inietta nello stesso olio ad una pressione tale da annullare tale convergenza, nelle condizioni così determinate la pressione all’interno del martinetto sarà pari alla sollecitazione preesistente nella muratura a meno di una costante che tiene conto di:



- rapporto tra l'area del martinetto e quella del taglio praticato (K_t);
- coefficiente di rigidità del martinetto utilizzato (K_m).

Il valore della tensione in situ è dato da:

$$\sigma = P \cdot K_t \cdot K_m$$

dove:

- **P** = pressione del martinetto con la quale si recupera lo stato di sollecitazione antecedente al taglio;
- **K_m** = costante adimensionale data dal rapporto tra area del martinetto ed area del taglio ($K_m < 1$);
- **K_t** = costante adimensionale che dipende dalla geometria e dalla rigidità del martinetto ($K_t < 1$);

Attrezzatura di prova

MARTINETTO DI TIPO SEMICIRCOLARE Ø 34,5 cm, SPESSORE mm 3

POMPA IDRAULICA DA 400 bar TIPO ENERPACK CONTRASS 00B

MANOMETRO WIKA CON ESCURSIONE 0 – 100 bar N. 055

DEFORMOMETRO MITUTOYO MOD. ID – C112XB MATR. 08113606

Martinetto piatto doppio

La prova con martinetto piatto doppio consente di:

- distinguere la fase elastica da quella caratterizzata da deformazioni irreversibili;
- individuare il modulo elastico della muratura;
- individuare la tensione di collasso.



Mandando contemporaneamente in pressione due martinetti piatti inseriti in tagli paralleli praticati nella muratura, si provoca uno stato tensionale monoassiale sulla porzione muraria tra essi compresa; la prova prosegue fino al raggiungimento di pressioni tali da ottenere le caratteristiche di resistenza a collasso della muratura mediante l'elaborazione delle misure degli spostamenti rilevate con deformometro collocato nella zona compresa tra i due martinetti (Fig. 2).

Modalità di esecuzione

Dopo l'esecuzione di due tagli piani nella muratura in direzione normale alla superficie, si posiziona sulla superficie interessata una coppia di punti di riferimento la cui distanza viene rilevata con un deformometro di precisione, definita "condizione iniziale" (Fig. 2).

Inserita quindi una coppia di martinetti piatti nelle aperture ottenute, si inietta negli stessi olio ad una pressione tale da portare a rottura il concio murario compreso fra i tagli, e si rilevano le variazioni della distanza fra i due punti di riferimento.

Attrezzatura di prova

MARTINETTO DI TIPO SEMICIRCOLARE Ø 34,5 cm, SPESSORE mm 3

POMPA IDRAULICA DA 400 bar TIPO ENERPACK CONTRASS 00B

MANOMETRO WIKA CON ESCURSIONE 0 – 100 bar N. 055

DEFORMOMETRO MITUTOYO MOD. ID – C112XB MATR. 08113606

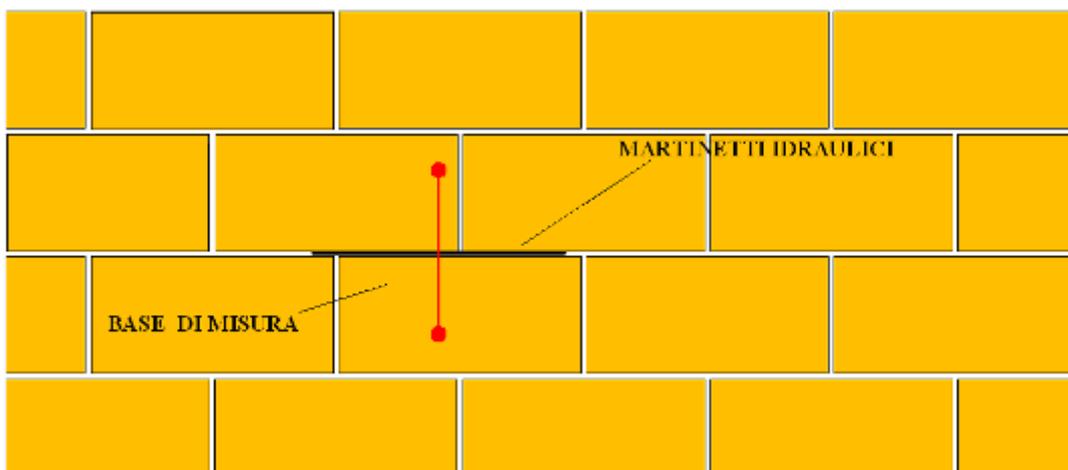


Fig.1: Disposizione della base di misura per la prova con singolo martinetto

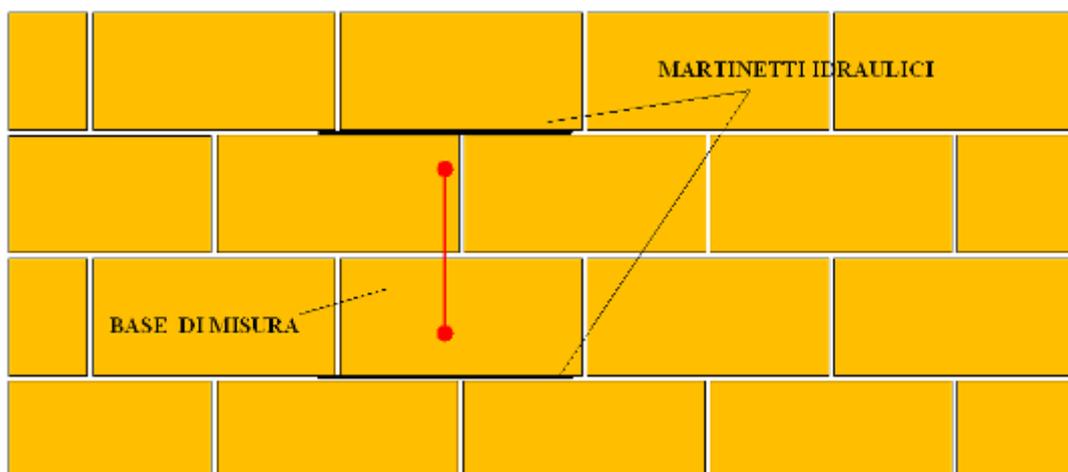


Fig.2: Disposizione della base di misura per la prova condoppio martinetto

Risultati della prova M1

SIGLA PROVA	M1
POSIZIONAMENTO	Setto centrale palestra

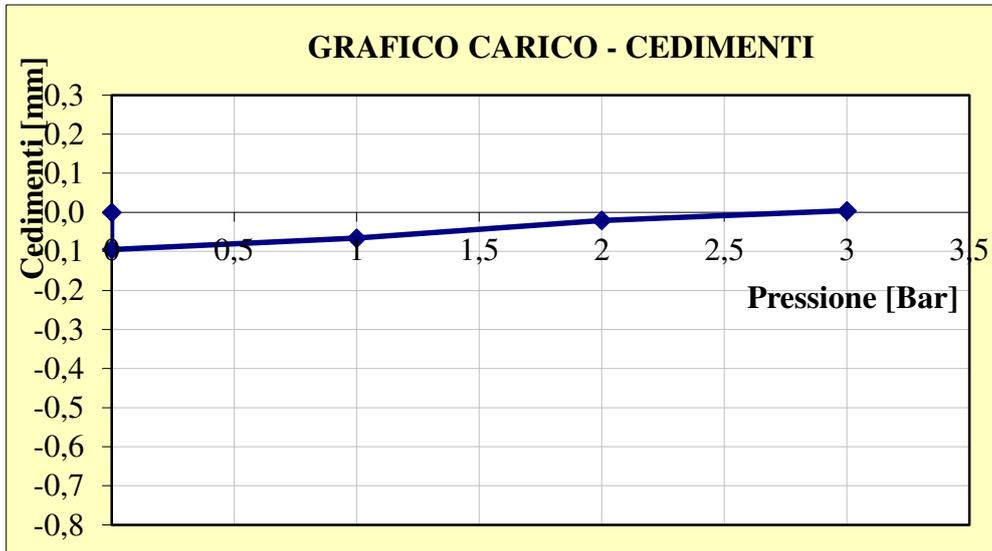


DATI DELLA PROVA	
Superficie martinetto ($\pi r^2 / 2 + 310,5$)	777,9 cm ²
Spessore martinetto	3 mm
K _m	0,80
Superficie taglio	796 cm ²
K _a	0,97

Prova con martinetto singolo: misura dello stato tensionale

Nella tabella che segue si mostrano i risultati della prova con singolo martinetto, in particolare si riportano la pressione all'interno del martinetto letta al manometro, la lettura effettuata all'estensimetro meccanico ed il cedimento depurato dello zero di riferimento. Diagrammando la prima colonna con l'ultima si è costruito il diagramma carico-cedimenti.

Pressione [Bar]	Lettura deformometro	Cedimento [mm]	
0	2,853	0,000	Condizione iniziale
0	2,758	-0,095	Condizione col martinetto
1	2,787	-0,066	Condizione di ripristino
2	2,832	-0,021	
3	2,857	0,004	



Dal grafico si evince che la pressione del martinetto per la quale il cedimento si annulla è pari a 2.70 bar, pertanto la tensione della muratura in situ risulta:

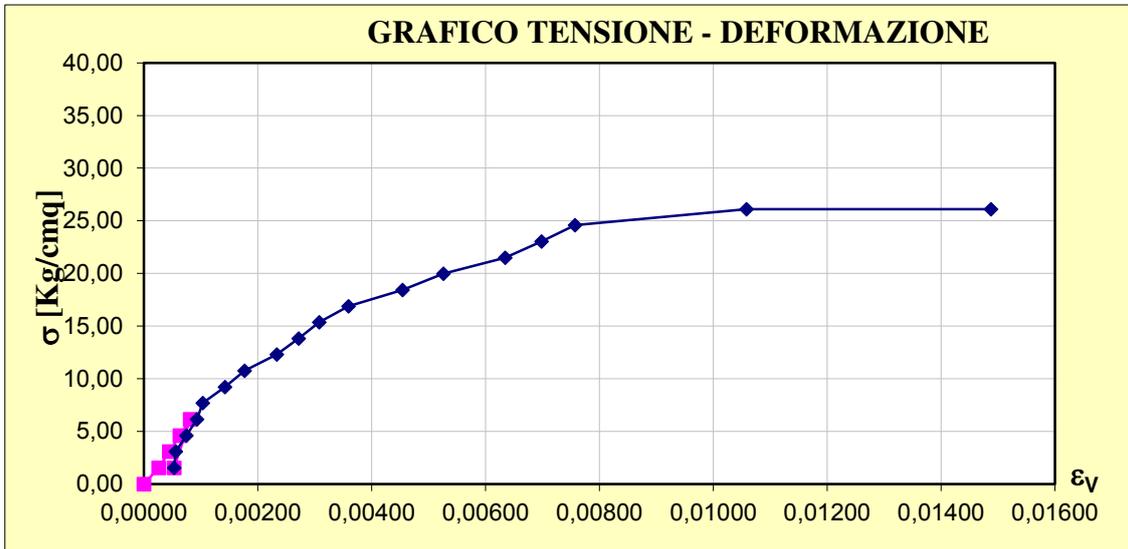
$$\sigma = P \cdot K_a \cdot K_m = 2.70 \cdot 0,97 \cdot 0,80 = 2,10 \frac{Kg}{cm^2}$$

Prova con martinetto doppio: misura del modulo elastico e tensione di collasso

Nella tabella si riportano la pressione del martinetto, la relativa lettura al deformometro, il cedimento depurato dello zero di riferimento, la tensione σ calcolata con la formula già nota ($\sigma = P \cdot K_a \cdot K_m$) ed, infine, la deformazione verticale ε_v sulla base di lettura 300. Diagrammando la prima colonna con la terza si è costruito il grafico tensione-deformazione.



Pressione Bar	Lettura Base	Cedimenti mm	σ Kg/cmq	ϵ
0,0	1,349	0,000	0,00	0,00000
2,0	1,272	0,077	1,54	0,00026
4,0	1,215	0,134	3,07	0,00045
6,0	1,160	0,189	4,61	0,00063
8,0	1,106	0,243	6,14	0,00081
2,0	1,190	0,159	1,54	0,00053
4,0	1,181	0,168	3,07	0,00056
6,0	1,126	0,223	4,61	0,00074
8,0	1,069	0,280	6,14	0,00093
10,0	1,040	0,309	7,68	0,00103
12,0	0,922	0,427	9,22	0,00142
14,0	0,819	0,530	10,75	0,00177
16,0	0,650	0,699	12,29	0,00233
18,0	0,534	0,815	13,82	0,00272
20,0	0,426	0,923	15,36	0,00308
22,0	0,272	1,077	16,90	0,00359
24,0	-0,013	1,362	18,43	0,00454
26,0	-0,228	1,577	19,97	0,00526
28,0	-0,555	1,904	21,50	0,00635
30,0	-0,746	2,095	23,04	0,00698
32,0	-0,923	2,272	24,58	0,00757
34,0	-1,825	3,174	26,11	0,01058
34,0	-3,115	4,464	26,11	0,01488



Dal grafico tensione-deformazione si calcola la tensione di rottura σ e sul tratto elastico della curva il modulo di elasticità medio E.

RISULTATI	
Tensione di rottura σ [Kg/cm ²]	26.11
Modulo elastico medio E [Kg/cm ²]	14400
Calcolato tra 2-6 bar II Ciclo	





Risultati della prova M2

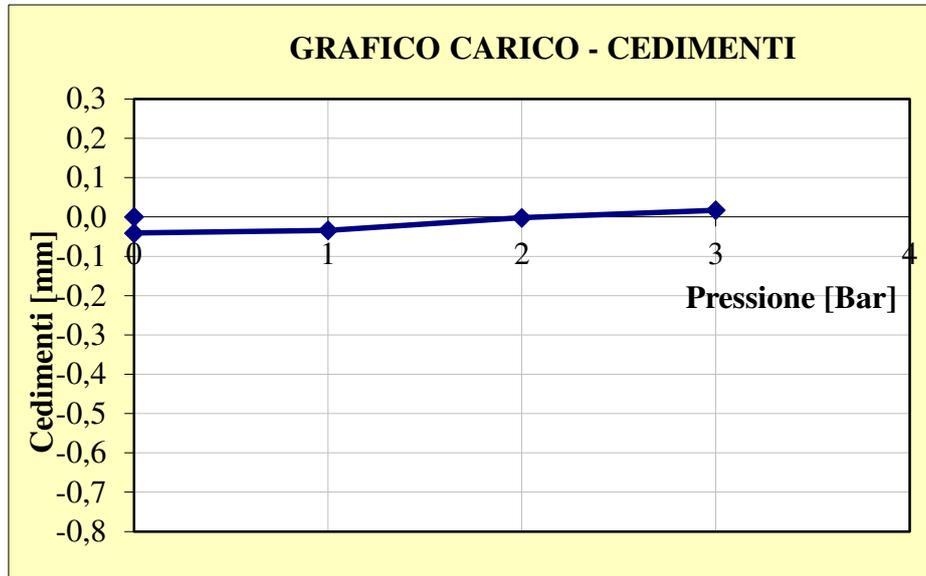
SIGLA PROVA	M2
POSIZIONAMENTO	Pianerottolo scala

DATI DELLA PROVA	
Superficie martinetto ($\pi r^2 / 2 + 310,5$)	777,9 cm ²
Spessore martinetto	3 mm
K_m	0,80
Superficie taglio	796 cm ²
K_a	0,97

Prova con martinetto singolo: misura dello stato tensionale

Nella tabella che segue si mostrano i risultati della prova con singolo martinetto, in particolare si riportano la pressione all'interno del martinetto letta al manometro, la lettura effettuata all'estensimetro meccanico ed il cedimento depurato dello zero di riferimento. Diagrammando la prima colonna con l'ultima si è costruito il diagramma carico-cedimenti.

Pressione [Bar]	Lettura deformometro	Cedimento [mm]	
0	-1,017	0,000	Condizione iniziale
0	-1,058	-0,041	Condizione col martinetto
1	-1,051	-0,034	Condizione di ripristino
2	-1,019	-0,002	
3	-1,000	0,017	



Dal grafico si evince che la pressione del martinetto per la quale il cedimento si annulla è pari a 2.00 bar, pertanto la tensione della muratura in situ risulta:

$$\sigma = P \cdot K_a \cdot K_m = 2.00 \cdot 0,97 \cdot 0,80 = 1,55 \frac{Kg}{cm^2}$$

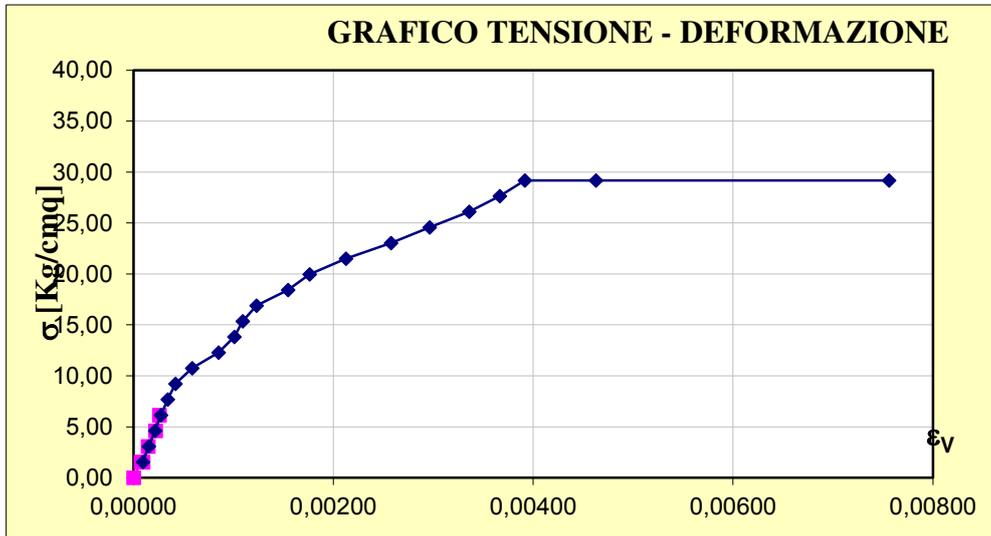
Prova con martinetto doppio: misura del modulo elastico e tensione di collasso

Nella tabella si riportano la pressione del martinetto, la relativa lettura al deformometro, il cedimento depurato dello zero di riferimento, la tensione σ calcolata con la formula già nota ($\sigma = P \cdot K_a \cdot K_m$) ed, infine, la deformazione verticale ϵ_v sulla base di lettura 300. Diagrammando la prima colonna con la terza si è costruito il grafico tensione-deformazione.



SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

Pressione Bar	Letture Base	Cedimenti mm	σ Kg/cm²	ϵ
0,0	2,488	0,000	0,00	0,00000
2,0	2,466	0,022	1,54	0,00007
4,0	2,444	0,044	3,07	0,00015
6,0	2,422	0,066	4,61	0,00022
8,0	2,411	0,077	6,14	0,00026
2,0	2,460	0,028	1,54	0,00009
4,0	2,442	0,046	3,07	0,00015
6,0	2,423	0,065	4,61	0,00022
8,0	2,406	0,082	6,14	0,00027
10,0	2,385	0,103	7,68	0,00034
12,0	2,362	0,126	9,22	0,00042
14,0	2,312	0,176	10,75	0,00059
16,0	2,233	0,255	12,29	0,00085
18,0	2,185	0,303	13,82	0,00101
20,0	2,160	0,328	15,36	0,00109
22,0	2,119	0,369	16,90	0,00123
24,0	2,024	0,464	18,43	0,00155
26,0	1,959	0,529	19,97	0,00176
28,0	1,850	0,638	21,50	0,00213
30,0	1,715	0,773	23,04	0,00258
32,0	1,599	0,889	24,58	0,00296
34,0	1,480	1,008	26,11	0,00336
36,0	1,389	1,099	27,65	0,00366
38,0	1,313	1,175	29,18	0,00392
38,0	1,100	1,388	29,18	0,00463
38,0	0,220	2,268	29,18	0,00756



Dal grafico tensione-deformazione si calcola la tensione di rottura σ e sul tratto elastico della curva il modulo di elasticità medio E.

RISULTATI	
Tensione di rottura σ [Kg/cm ²]	29.18
Modulo elastico medio E [Kg/cm ²]	24908
Calcolato tra 2-6 bar II Ciclo	



2. Altre indagini sulla muratura

Le indagini sulla muratura hanno riguardato anche i singoli elementi costituenti i parametri murari. In particolare, sono state effettuate delle prove per determinare la resistenza caratteristica a compressione degli elementi.

I risultati hanno evidenziato dei valori compresi tra i limiti di normativa (DM 14 Gennaio 2008 e Circolare n° 617 02 Febbraio 2009).

Per quanto riguarda la malta le indagini qualitative hanno condotto a stimare una tipologia di malta scadente anche considerando l'epoca di realizzazione.





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA



3. Indagini sugli elementi secondari in acciaio

Gli elementi in acciaio riscontrati sono stati quelli costituenti i solai in putrelle di acciaio e tavelloni o volterrane. Su questi elementi di prassi vengono eseguite prove con durometro e magnetoscopia per determinare la resistenza a rottura degli acciai e le caratteristiche delle saldature.

Nel caso specifico, le prove hanno portato a determinare una resistenza media a rottura pari a 360 MPa (indice medio vickers HV = 109,16) per quanto riguarda i profilati dei solai del terzo piano mentre si è ricavata una resistenza media a rottura pari a 300 MPa (indice medio vickers HV = 87,95) per quanto riguarda i profilati dei solai di tutti gli altri piani.





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA



4. Indagine pacometrica su muratura e piattabande

Le indagini pacometriche volte all'individuazione di armature e/o elementi metallici all'interno delle strutture verticali hanno consentito di evidenziare l'assenza di suddette armature con gli unici elementi metallici individuati sono state le piattabande in acciaio presenti solo in alcuni casi.





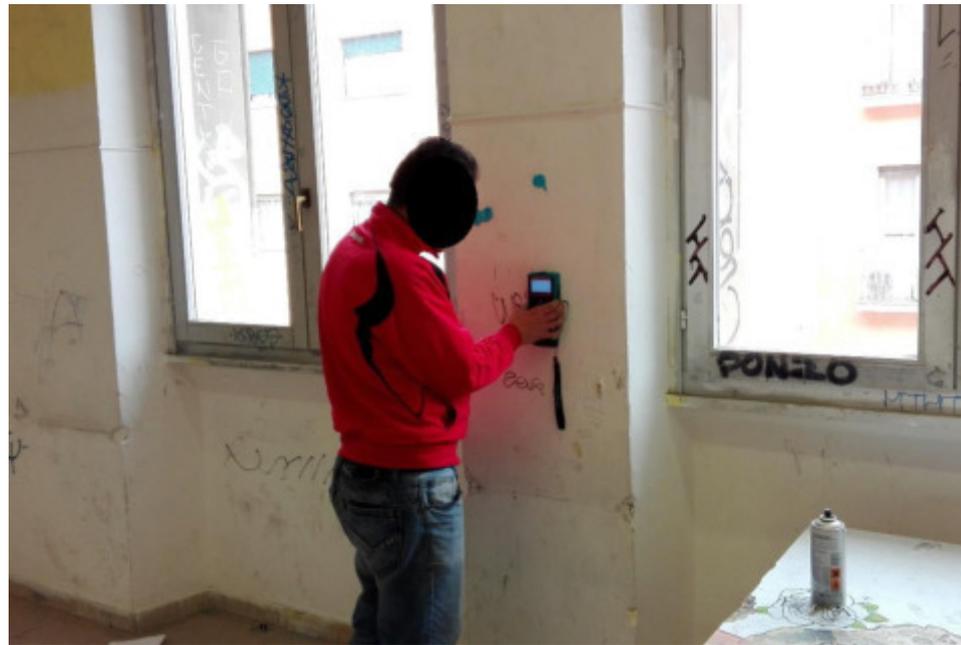
Le suddette indagini hanno riguardato anche elementi che esteticamente avevano le forme di pilastri in calcestruzzo armato. I suddetti elementi sono però risultati essere pilastri i muratura.





ENGINEERING AND **S**TRUCTURAL **M**ONITORING

SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA





ENGINEERING AND STRUCTURAL MONITORING
SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATA E GEOLOGIA

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA



INTRODUZIONE

A seguito dell'incarico professionale ricevuto per l'espletamento di indagini, verifiche e prove per intervento ai fini della eliminazione delle cause di pericolo relativo all'istituto scolastico A. Caravillani, sede del Liceo Artistico e Scuola Materna, sito in piazza Risorgimento n. 41 in Roma (RM), la scrivente Società, con il proprio staff tecnico, ha eseguito sopralluoghi ed effettuato diverse indagini su geometria e materiali delle strutture portanti ed analisi di laboratorio al fine di acquisire i dati cognitivi necessari per l'effettuazione, successivamente, della verifica strutturale statico-sismica dell'edificio.

Nello specifico, dopo i primi sopralluoghi ed in seguito a successive approfondite indagini, si è provveduto allo studio della geometria (anche ricostruendo dal punto di vista sia architettoniche che strutturale l'edificio oggetto di studio), dei materiali e quant'altro opportuno ai fini di un'analisi dello stato strutturale dell'edificio e si è poi proceduto al deposito della presente relazione tecnica. In particolare, l'elaborato contiene una parte introduttiva descrittiva delle caratteristiche geometriche dell'edificio e della storia di costruzione dello stesso; a seguire, invece, è riportato un breve riepilogo dei risultati delle indagini svolte, utile a sintetizzare le risultanze di maggiore importanza, in modo da agevolare la comprensione dei dati.

DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

La presente relazione tecnica di monitoraggio è finalizzata alla descrizione delle caratteristiche geometriche e meccaniche del fabbricato di cui sopra. In particolare, a seguito dei sopralluoghi effettuati e delle indagini svolte si è provveduto allo studio della geometria, dei materiali e di quant'altro si ritenesse opportuno al fine di eseguire un'analisi dello stato strutturale dell'edificio in questione, il tutto riassunto nella presente relazione tecnica.

- **Generalità**

Il fabbricato consta di n° 4 piani fuori terra, ovvero è costituito da un piano rialzato, da un piano primo, secondo e terzo e da n° 1 piano seminterrato. L'immobile è costituito da un unico corpo di fabbrica e mostra una geometria d'insieme regolare ed omogenea solo in elevazione, mentre in pianta c'è similitudine tra la superficie del piano terra e l'ingombro degli altri piani ma è stata riscontrata immediatamente, però, una forma geometrica



fondamentalmente ad C ed irregolare.

Il manufatto, nella sua interezza, risulta libero su ciascun lato: nello specifico, presenta un ingresso principale verso piazza Risorgimento, occupa l'intero isolato compreso tra via del Mascherino, via Porcari, via del Falco e via di Borgo Angelico ed è su quest'ultima, con esposizione a Sud, che affacciano in prevalenza le aule, mentre dal lato opposto ed all'interno della C formata dall'edificio, presenta uno spazio aperto destinato a cortile caratterizzato prevalentemente da pavimentazione bituminosa. Le dimensioni in pianta dell'edificio, per la parte adibita ad aule, laboratori e cortile, sono pari a circa 55m x 25m (per una superficie di piano pari, dunque, a circa 1400mq), mentre l'altezza fuori terra risulta pari a circa 20m (a formare, dunque, una volumetria complessiva pari a circa 28000mc), con altezza interpiano pari a circa 4,5m (con l'eccezione del piano seminterrato che presenta un'altezza interpiano di 3,80m).

La strutture verticali del fabbricato sono realizzate con sistema continuo in muratura mista, come emerge dai sopralluoghi effettuati. Inoltre, è presente una rastremazione delle murature portanti tra piano seminterrato e piano rialzato, tra piano rialzato e primo piano, tra secondo e terzo piano.

I solai di piano sono orditi tutti ortogonalmente alla direzione di dimensione inferiore in pianta di ciascuna porzione dell'intero edificio (scelta eseguita all'atto dell'edificazione dei corpi di fabbrica costituenti il fabbricato presumibilmente al fine di minimizzare le luci dei solai stessi). Si fa presente, inoltre, che sono state riscontrate due tipologie di orizzontamento, nello specifico, solai del tipo con travi in acciaio a doppio T (putrelle) e volterrane o tavelloni in laterizio.

L'edificio è servito da un unico corpo scala a pozzo a tre rampe, presumibilmente su soletta rampante e struttura portante in acciaio, ove successivamente è stato inserito un impianto ascensore.

La copertura dell'immobile risulta piana e praticabile, esclusa una piccola parte a tetto su via S. Porcari sul lato nord.

Per quanto concerne le fondazioni, è stato possibile accedere ad una parte di essa e riscontrare la tipologia della stessa che risulta essere in muratura con mattoni pieni (v. saggi visivi Sv1-S e SvS1-S).

Gli elementi di divisione interna degli spazi sono essenzialmente portanti con spessori nella



maggior parte dei casi di circa 10-15cm più piccoli della muratura portante esterna e realizzati con la stessa tipologia di materiale. La tramezzatura (relativa ad esempio alle stanze adibite a WC) risultano realizzate in laterizio con spessori di 10cm.

Si rimanda alle planimetrie contenenti il rilievo della geometria globale, il rilievo della geometria strutturale ricavato dalle osservazioni a seguito del sopralluogo, il rilievo delle orditure dei solai ricavate sempre dalle osservazioni a seguito del sopralluogo.

- **Storia di costruzione dell'edificio**

La costruzione dell'edificio risale al 1902, al fine di realizzare la Regia Scuola Elementare L. Pianciani. Successivamente, nel 1926, è stata realizzata la sopraelevazione del terzo piano. Dopo vari passaggi l'edificio risulta in uso al Liceo Artistico A. Caravillani (anche se momentaneamente trasferito) ed in piccola parte alla Scuola dell'Infanzia L. Pianciani (parte del piano rialzato e seminterrato).

CAMPAGNA DI INDAGINE

La campagna di indagine eseguita è stata caratterizzata dallo svolgimento di prove in corrispondenza di elementi opportunamente scelti al fine di poter estendere, mediante ipotesi e considerazioni riguardanti la geometria e la simmetria dell'intelaiatura strutturale portante, i risultati ottenuti agli elementi non indagati in modo tale da poter ricostruire nella sua totalità la geometria di ciascun corpo di fabbrica costituente l'edificio e degli elementi strutturali, la tipologia e la qualità dei materiali da costruzione adoperati, la quantità di armatura presente nei diversi elementi portanti, la conformazione e la tipologia di componenti strutturali secondari, quali tompagnature e solai di piano.

Si riassumono, di seguito, le rilevanzze emerse dalle prove e dalle indagini, distruttive e non, eseguite; in particolare, vengono distinti gli elementi relativi alla muratura ed i risultati inerenti le caratteristiche dei solai di orizzontamento. Infine, vengono riportate ulteriori osservazioni utili ad una migliore comprensione dell'organizzazione dell'edificio dal punto di vista strutturale.

Si sottolinea che la campagna di indagine relativa al piano rialzato e seminterrato ha interessato solo una parte in quanto i due piani risultano attualmente occupati dalla Scuola dell'Infanzia.



- Materiali

A seguito delle indagini video-endoscopiche e ai saggi effettuati, si può asserire che si ritrovano diversi tipi di materiale utilizzato per la muratura.

La muratura risulta costituita di elementi lapidei, prevalentemente mattoni pieni e tufo. La sopraelevazione del terzo piano, invece è stata eseguita con laterizi forati.

Per quanto riguarda le proprietà meccaniche dei materiali costituenti la muratura, sono state eseguite prove con martinetti piatti singoli e doppi (v. §Caratteristiche dei materiali). Tali caratteristiche sono risultate buone per quanto concerne gli elementi lapidei (muratura di tufo e mattoni pieni) con risultati in linea con i valori di normativa (DM 2008 e Circolare n.617). Le caratteristiche della malta risultano essere parzialmente scadenti se si considera anche l'epoca di costruzione dell'edificio.

Al terzo piano, come già detto, è stata eseguita una sopra-elevazione piuttosto scadente con elementi in laterizio forato disposti in modo casuale.

Per quanto riguarda, invece, i materiali che costituiscono le tramezzature, dalle indagini è emerso che si tratta prevalentemente di laterizio.

Infine, le piattabande sono risultate inesistenti, ad eccezione di alcuni elementi metallici (putrelle) inseriti, su un numero molto limitato di aperture, probabilmente in un secondo momento rispetto all'edificazione iniziale del fabbricato, presumibilmente a seguito di fenomeni fessurativi avanzati. In corrispondenza dell'ultimo livello, invece, anche sulle aperture finestrate perimetrali, sono state riscontrate simil-piattabande costituite da elementi forati messi di piatto in verticale.

Infine, si segnala la presenza di materiale pericoloso in corrispondenza del torrino scala dell'ultimo piano, che consente l'accesso al piano copertura. Infatti, nell'ambiente adiacente alla scala che conduce al terrazzo sono state rilevate vasche di raccolta di acqua presumibilmente realizzate in amianto.

- Caratteristiche solai

Per quanto riguarda i solai di orizzontamento, si è optato per indagini visive, video-



endoscopiche e caratterizzazione delle proprietà meccaniche attraverso prove di carico, prova con durometro e pacometro.

- **Indagini visive**

I saggi hanno permesso di conoscere la tipologia di solaio presenti nell'edificio nonché la presenza di eventuali controsoffittature.

Come si evince dai risultati sopra riportati, i solai risultano essere del tipo con travi in acciaio a doppio T (putrelle) e volterrane o tavelloni in laterizio.

Partendo dal terzo piano, si sono riscontrati solai con il solo tavellone all'estradosso del solaio ed aventi caratteristiche differenti sia per quanto riguarda le dimensioni delle putrelle, l'interasse tra di esse che posizione e tipologia di controsoffitto (in legno o cartongesso modulare). Le travi risultano essere semplicemente appoggiate su parametri murari verticali denotando quindi l'assenza di un cordolo.

Per il secondo ed il primo piano i solai presenti sono con doppio tavellone ed in alcuni casi con volterrane. Per quanto concerne la controsoffittatura questa è sempre presente nei corridoi tranne nel corridoio con ove presenti le volterrane e nei bagni. Nella maggior parte delle aule si riscontra l'assenza della controsoffittatura.

Per la valutazione nello specifico di ogni tipologia di solaio presente si rimanda al capitolo "Saggi visivi".

- **Prova video-endoscopica**

Mediante la video-ispezione in foro è stato possibile conoscere la tipologia di solaio presente nonché le dimensioni sia degli elementi portanti che di alleggerimento.

Le prove sono state eseguite ove possibile, tenendo conto sia dell'accessibilità ai vari ambiente nonché della simmetria della struttura, al fine di minimizzare il numero di prove da realizzare, ma al contempo, avere tutte le informazioni utili per stabilire lo stato di salute del fabbricato.

Nello specifico, dalle video-ispezioni eseguite nell'orizzontamento presente tra secondo e terzo piano si sono riscontrate travi IPE180 nei solai con luce compresa tra i 5,5m e 6m (ES1-II), mentre nei solai con luce inferiori (3,2m presenti nei corridoi, ES3-II) le travi in acciaio risultano essere IPE120. Il sistema di alleggerimento è il doppio tavellone presente sia all'estradosso del solaio che all'intradosso. Il tavellone superiore non risulta appoggiato direttamente sulla putrella ma bensì sono interposti mattoni pieni in numero differente a



seconda della tipologia di IPE utilizzata. Al di sopra del tavellone superiore è presente un massetto con spessore variabile e di qualità piuttosto scadente e pavimento. Lo spessore complessivo dei solai è risultato essere di circa 50cm (senza tener conto dell'eventuale presenza dei controsoffittature).

La video-ispezione eseguita negli orizzontamenti tra primo e secondo livello, ha mostrato solai aventi sempre due tipologie di travi in acciaio a seconda della luce più o meno elevata della trave stessa ma con spessori molto più bassi e di circa 30cm (ES1-I; ES2-I).

Questo è dovuto essenzialmente al fatto che originariamente i solai analizzati prima erano solai di copertura e quindi più spessi.

Dalle indagini a questo livello è emersa la presenza di alcuni solai ove il materiale di alleggerimento non sono i tavelloni ma bensì le volterrane con conseguenti spessori più piccoli del solaio (18cm) come si evince dalla prova ES6-I.

- **Indagine termografica**

Mediante un'indagine termografica è possibile riscontrare molte rilevante importanti che riguardano gli orizzontamenti. In particolare, è possibile rilevare l'orditura dei solai, nonché la presenza di eventuali fenomeni di umidità e infiltrazioni.

Inoltre, ci consente di individuare i casi in cui ci troviamo in presenza di controsoffittature.

Il piano rialzato risulta essere controsoffittato solo nella zona degli uffici, mentre nel piano seminterrato non si riscontra alcun controsoffitto. Per questi due orizzontamenti infatti è stato possibile determinare, ove possibile per motivi di accessibilità, quasi tutte le orditure attraverso l'indagine con termocamera. Nel corridoio del piano rialzato ove presenti le travi IPE con volterrane si è riscontrata ancora una volta un'infiltrazione.

Allo stesso modo, al piano primo solo il corridoio e il WC risulta essere controsoffittato mentre in tutte le altre aule è stato possibile rilevare l'orditura dei solai grazie a questo tipo di indagine. Una particolarità riscontrata è stata un'infiltrazione presente nel solaio del corridoio non controsoffittato e composto da travi in acciaio e volterrane.

Al piano secondo, l'indagine ci ha permesso di determinare l'orditura di tutti i solai delle stanze dove non era presente la controsoffittatura ad eccezione dell'aula 207, del corridoio e del WC ove era presente il controsoffitto.

Nel piano terzo l'indagine conduce essenzialmente ad una presenza di controsoffittatura con conseguente impossibilità di determinare, solo mediante questo tipo di prova, l'orditura dei



solai. Nella sola stanza 309 non è presente la controsoffittatura e l'indagine ha permesso di individuare l'orditura del solaio che risulta essere ortogonale al lato lungo della stanza.

Altresì, è stata esaminata ed individuata la conformazione della scala e la struttura portante della stessa (pianerottoli e rampe), riscontrando una differenza di tipologia tra le rampe di collegamento tra il secondo ed il terzo piano e le restanti rampe fino al secondo piano.

In particolare, nel primo caso ricorrono tre putrelle parallele allo sviluppo della rampa distanziate equamente tra loro; ovvero, la prima risulta interna alla muratura (molto prossima al filo esterno del paramento murario confinante con il vano scala), l'ultima risulta posizionata alla fine della rampa e la terza si trova in posizione centrale tra le restanti (dunque, corre al centro della rampa). Tra le putrelle, ovviamente, sono state individuati tavelloni, analogamente ai solai di piano. Si evidenzia che la struttura della scala vede, in senso ascendente, un primo tratto con elementi metallici che partono dal solaio di calpestio del piano di partenza e giungono fino al muro opposto; ovvero, c'è una parte obliqua ed una successiva parte orizzontale in corrispondenza del pianerottolo. Il secondo tratto, in maniera analoga, parte dal pianerottolo e giunge fino al muro opposto, sempre considerando una parte iniziale obliqua ed una successiva parte orizzontale in corrispondenza del pianerottolo. Infine, l'ultima rampa parte dal pianerottolo e giunge fino al solaio di calpestio del piano superiore di arrivo.

Nel secondo caso (ovvero tra il piano seminterrato ed il piano secondo), lo schema vede due elementi principali in acciaio (di sezione maggiore rispetto alla scala descritta innanzi) paralleli allo sviluppo delle rampe e putrelle secondarie di sezione minore ortogonali alle prime e poggianti su di esse, con interasse di circa 1m coperto mediante tavelloni. Come per la scala tra secondo e terzo piano, anche in questo caso la putrella principale che costeggia le pareti è quasi inglobata in esse. Altra differenza consiste nella struttura dei pianerottoli, i quali sono caratterizzati da putrelle principali su tutti e quattro i lati (a formare una "gabbia perimetrale), con putrella secondaria unica in mezzeria nella direzione parallela alla parete di arrivo della rampa. Quindi, in questo caso, la struttura vede una partenza dal solaio di calpestio del piano di partenza, una parte obliqua fino al primo pianerottolo, la struttura del pianerottolo che funge da sostegno sia per la rampa che arriva che per quella che parte, una nuova parte obliqua per la seconda rampa, un secondo pianerottolo e, infine, un'ultima parte obliqua con arrivo in corrispondenza del solaio di calpestio del piano di arrivo.



Altresì, è stato possibile individuare la presenza di un simil-cordolo al di sotto della zona di appoggio del solaio di copertura (quindi, solo in corrispondenza dell'ultimo livello dell'edificio), esclusivamente in corrispondenza delle pareti perimetrali. Tale elemento in calcestruzzo, in realtà, trovandosi ad una quota inferiore rispetto alla quota del solaio, è stato realizzato in fase di edificazione con il solo fine di consentire un appoggio uniforme e ripartito a tutta la muratura sottostante del carico del solaio. Anzi, si evidenzia come tra l'intradosso del solaio di copertura e l'estradosso di tale "cordolo" ci siano circa 20cm, costituiti da paramento murario. Pertanto, in ogni caso le putrelle costituenti i solai poggiano inizialmente su elementi lapidei e solo successivamente il carico (lo scarico) della putrella del solaio viene ridistribuito in maniera più efficace nei paramenti murari sottostanti all'elemento in calcestruzzo. anzi, si segnala che, in ogni caso, è stato rilevato un quadro fessurativo esteso sulle pareti perimetrali del terzo piano, oltre che su quelle interne, a dimostrazione che tale elemento in calcestruzzo non ha avuto effetti particolarmente benefici. Tuttavia, si fa presente anche che tale risultanza deriva anche dalla conformazione dei paramenti murari dell'ultimo livello (mattoni forati semplici a partire dalla quota di circa 1m dall'estradosso del solaio di calpestio del secondo piano.

In ogni caso non è stata riscontrata la presenza di cordoli di piano in corrispondenza dei solai di piano.

- **Prove di carico, durometro e pacometro**

Attraverso queste prove è possibile determinare le caratteristiche meccaniche degli orizzontamenti. In particolare, con le prove di carico abbiamo determinato oltre alla freccia massima (dell'ordine di 2,5 mm per i solai con luce compresa tra 5,5-6,5m e di 5mm per i solai con luce 3,2m) anche la percentuale di energia dissipata nel processo di carico e scarico della struttura. In particolare questo valore deve essere inferiore al 16% e risulta essere in media 8,27%. Inoltre, sono stati determinati i parametri di ripetibilità media, linearità media e di permanenza con riferimento al primo ciclo. Mediando i valori ottenuti tra le diverse prove di carico si sono ottenuti i seguenti valori:



Ripetibilità media %	Linearità media %	Permanenza %
99	93	1,086

Le prove con durometro hanno portato a determinare una resistenza media a rottura pari a 360 MPa (indice medio vickers HV = 109,16) per quanto riguarda i profilati dei solai del terzo piano mentre si è ricavata una resistenza media a rottura pari a 300 MPa (indice medio vickers HV = 87,95) per quanto riguarda i profilati dei solai di tutti gli altri piani.

- Caratteristiche della muratura

Per quanto riguarda la muratura, si è optato analogamente per indagini visive, video-endoscopiche e caratterizzazione delle proprietà meccaniche attraverso martinetti piatti, prove di compressione degli elementi, pacometro.

- **Indagini visive**

I saggi hanno permesso di conoscere la tipologia di parete presenti nel nell'edificio.

La struttura risulta essere a muratura portante dove attraverso questo tipo di indagine si è riscontrato la natura delle strutture verticali. In particolare, al piano terzo fino ad un'altezza di 135cm il parametro murario risulta costituito da elementi in tufo mentre la restante parte risulta essere in laterizio forato. Tale tipologia è dovuta alla sopraelevazione del suddetto piano avvenuta successivamente alla realizzazione dell'edificio. Allo stesso piano, alcuni parametri murari interni risultano essere interamente composti dai laterizi forati. Gli spessori sono pari a 10cm per le tramezzature e pari a 50cm per le pareti portanti esterne e 30-50cm per quelle interne.

Ai piani inferiori, la struttura portante risulta essere composta essenzialmente da materiale lapideo in tufo con la presenza di due file di mattoni pieni ad un'altezza di 65cm. Per quanto concerne la muratura interna, essa risulta essere composta in alcuni casi da mattoncini pieni nella sua interezza. Gli spessori della muratura portante esterna tenendo conto della rastrematura partono da 80cm al piano seminterrato per poi passare a 70cm per quello rialzato e 65cm per primo e secondo piano. Quelli relativi alla muratura portante interna sono allo stesso modo rastremati considerando spessori di 10-15cm più piccoli rispetto alla muratura portante esterna.



È stata riscontrata l'assenza di connessioni tra paramenti ortogonali in corrispondenza degli angoli.

Per la valutazione nello specifico di ogni tipologia di muratura presente si rimanda al capitolo "Saggi visivi".

- **Prova video-endoscopica**

Mediante la video-ispezione in foro è stato possibile conoscere la tipologia di pareti in muratura presenti e le dimensioni di pareti portanti e tramezzature. Le prove sono state eseguite ove possibile, tenendo conto sia dell'accessibilità ai vari ambienti nonché della simmetria della struttura, al fine di minimizzare il numero di prove da realizzare, ma al contempo, avere tutte le informazioni utili per stabilire lo stato di salute del fabbricato.

Nello specifico, dalle video-ispezioni è emerso che al primo piano terra le pareti portanti interne hanno uno spessore di 50cm e sono costituite da muratura realizzata con mattoncini (E1-I). In particolare, abbiamo uno spessore di 10cm di mattoni pieni, un'intercapedine di 30cm e mattoni pieni per altri 10cm. Altra tipologia di muratura portante interna è in tufo sempre con spessori di 50cm (E2-I).

Al secondo piano, le video ispezioni hanno portato a muratura di tufo o mattoni pieni per uno spessore di 50cm per le murature interne (E1-II; E3-II).

Al terzo piano, invece, la muratura portante interna è costituita da elementi in tufo fino ad una quota con i laterizi forati che completano il parametro murario. Questa tipologia riporta uno spessore di 50cm (E1-III). Le murature interne composte dal solo laterizio forato hanno uno spessore di 30cm (E3-III).

- **Martinetti piatti**

Le prove eseguite con i martinetti piatti, sia singoli che doppi, hanno restituito valori di resistenza della muratura accettabili. Tuttavia, tale assunzione non è estendibile all'ultimo livello, vista la presenza di elementi forati.

- **Indagine termografica**

Mediante un'indagine termografica è possibile riscontrare molte rilevanzze importanti che riguardano la muratura. In particolare, è possibile rilevare la presenza di materiali differenti nonché la presenza di fenomeni di umidità e infiltrazioni.

Tutte la campagna di indagine, estesa all'intero edificio ed a tutto le pareti accessibili, hanno confermato la presenza delle tipologie di muratura descritte innanzi (conci di tufo con



listature, con elementi lapidei artificiali forati per l'ultimo livello e per le tramezzature interne). Al piano seminterrato sono state riscontrate chiusure postume di alcune aperture (ad arco) mediante elementi lapidei, con il fine di separare gli ambienti in origine connessi tra loro.

Altresì, è stata verificata uno grado di ammorsamento parziale tra le pareti nei punti di interconnessione tra paramenti murari, come riscontrato anche dalle indagini visive, soprattutto per l'ultimo piano; ovvero, sono presenti connessioni non propriamente complete tra le medesime pareti, con particolare ricorrenza per i paramenti dell'ultimo livello dell'edificio.

- Rilievo quadro fessurativo e/o ammaloramenti

Dal sopralluogo si evidenzino lesioni di tipo strutturale soprattutto al piano terzo. Si è riscontrato solo l'ammaloramento degli intonaci esterni, soprattutto in corrispondenza del cornicione dell'edificio e fenomeni incipienti anche lungo le pareti.

Esternamente, l'indagine mediante la termocamera ha portato alla luce un quadro di danneggiamento avanzato delle facciate, sia in termini di fenomeni fessurativi (connessi e collegati alle lesioni interne (ovvero, lesioni passanti sugli elementi murari perimetrali, analogamente a quanto rilevato in corrispondenza anche dei paramenti murari interni) che in termini di distacco di intonaci e di umidità. Nello specifico, tali fenomeni sono in uno stato avanzato (dunque visibili anche senza l'ausilio della strumentazione in questione) ma, anche nelle zone in cui non è evidente ad occhio nudo, sono stati riscontrati fenomeni incipienti (presenza di "sacche d'aria" al di sotto dell'intonaco, presenza di interstizi con aria in corrispondenza delle lesioni, presenza di zone umide anche se alla vista non appaiono bagnate). Ovviamente, soprattutto con riferimento ai fenomeni di ammaloramento degli intonaci, si ritiene che esso sia imputabile anche alla vestustà delle finiture (ovvero dell'intonaco realizzato).



CONCLUSIONI

A seguito della campagna di indagini svolte è possibile definire un quadro complessivo dello stato di salute della struttura oggetto delle indagini.

In merito ai materiali, il fabbricato risulta costruito in muratura portante con spessori variabili da 80cm a 50cm delle pareti esterne e spessori delle pareti interne che variano da 65 cm a 50cm. La muratura, che risulta, dalle indagini video-endoscopiche, di discreta/scarsa fattura, è stata realizzata prevalentemente con mattoni di tufo e solo in parte con mattoni pieni (listature ed elementi simil-pilastro interni), ad eccezione del terzo piano dove la struttura portante è costituita in parte da laterizi forati con caratteristiche meccaniche scadenti visti i numerosi vuoti presenti. Le prove realizzate hanno portato a ritenere la muratura dei piani inferiori di buona resistenza, in linea con le indicazioni normative specifiche (valori prossimi ai valori massimi previsti per le murature di tufo). Tuttavia, si evidenzia l'assenza di particolari costruttivi idonei, come indicato per le nuove costruzioni dai riferimenti normativi vigenti (cordoli di piano; ammorsamenti completi tra pareti, soprattutto all'ultimo piano; piattabande, ad eccezione di alcuni punti episodici). I valori delle tensioni in condizioni di esercizio sono risultate in linea con le previsioni.

Dalle indagini condotte, i solai sono risultati del tipo con travi in acciaio a doppio T e tavelloni o volterrane; la loro condizione risulta essere scadente vista la mancanza di cordolo con travi semplicemente appoggiate alle strutture verticali portanti e vista l'assenza di un'idonea caldana di ripartizione dei carichi, nonostante le prove di carico abbiano mostrato deformazioni limitate che rientrano nei limiti teorici ricavati per ciascuna tipologia di solaio. Tuttavia, nonostante valori di abbassamenti non eccessivi e di larghezze collaboranti non propriamente ridotte, i valori dei coefficienti derivati dall'elaborazione dei vari cicli delle prove di carico hanno restituito una situazione non propriamente ottimale, con rispetto parziale dei limiti convenzionali previsti.

Sono state riscontrate lesioni sulla muratura; è stato rilevato l'ammaloramento degli intonaci esterni in corrispondenza del cornicione dell'edificio e lungo le pareti (lesioni, umidità, distacchi di intonaco).

Le prove eseguite e le risultanze sia geometriche/strutturali che in termini di caratteristiche dei materiali sono state utilizzate per le verifiche che seguono negli elaborati corrispondenti.



Anzi, tali dati di calcolo hanno confermato le risultanze riscontrate in situ (vedi lesioni diffuse sui vari paramenti murari).

Infine, si segnala la presunta presenza di serbatoi di amianto in corrispondenza del torrino che conduce al terrazzo di copertura.