

# CASTELLO ESTENSE

Provincia di Ferrara

DIAGNOSI ENERGETICA  
*ANALISI EFFICIENTAMENTO*



**neWatt** s.r.l.

NEWATT s.r.l.  
Via Padova 11 - 25125 Brescia  
C.F. e P.IVA 03594140984 - Tel. e Fax +39 030 2010990  
[www.newattsr.it](http://www.newattsr.it)



Provincia di Ferrara

# DIAGNOSI ENERGETICA e PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

*nel museo del Castello Estense di Ferrara*

nell'ambito del progetto EX.PO AUS  
finanziato dal programma di cooperazione transfrontaliera  
IPA Adriatico 2007-2013



## gruppo di lavoro



**Coordinamento progetto ed estensori:**  
**greenLab** - [www.greenlabnet.it](http://www.greenlabnet.it)

ing. Isaac Scaramella  
ing. Alessandro Fracassi  
ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**  
Tecnologia&Progetto - Milano

**Gli estensori:**  
**TEP s.r.l.** - [www.tecnologiaeprogetto.it](http://www.tecnologiaeprogetto.it)

ing. Alessandro Panzeri  
ing. Stefano Benedetti



**Gli estensori:**  
**Studio Tecnico d'Ingegneria Bianchini**

ing. Daniele Bianchini

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. INQUADRAMENTO CLIMATICO E TERRITORIALE.....</b>	<b>6</b>
3.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	6
3.2. CONTESTO CLIMATICO .....	7
<b>4. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>10</b>
4.1. CENNI STORICI .....	10
4.2. IL CASTELLO .....	11
4.3. IL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE .....	12
<b>5. RILIEVI IN OPERA.....</b>	<b>16</b>
5.1. MISURE DELLA TRASMITTANZA TERMICA IN OPERA.....	19
5.2. MONITORAGGIO IGROTERMICO.....	25
5.3. MISURA IN CONTINUO DELLA TEMPERATURA INTERNA E DELL'UMIDITÀ RELATIVA.....	33
5.4. REPORT TERMOGRAFICO .....	36
<b>6. CONSUMI REALI .....</b>	<b>44</b>
6.1. ANDAMENTO STORICO DEI CONSUMI TERMICI ED ELETTRICI.....	44
6.2. ATTRIBUZIONE DEI CONSUMI TERMICI ED ELETTRICI ALLA SOLA PARTE ADIBITA A MUSEO.....	46
<b>7. MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>48</b>
7.1. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA UTILIZZATO PER LA MODELLAZIONE .....	48
7.2. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI.....	48
<b>8. PROPOSTE PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>51</b>
8.1. AZIONI PER IL CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI.....	51
8.2. SCHEDE DI DETTAGLIO DELLE AZIONI .....	52
<b>9. STRUMENTI FINANZIARI E SCELTA DEI SERVIZI ENERGETICI .....</b>	<b>63</b>
9.1. STRUMENTI FINANZIARI PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO.....	63
9.2. SCELTA DEI FORNITORI DEI SERVIZI ENERGETICI .....	64
<b>10. CONCLUSIONI.....</b>	<b>65</b>
<b>11. ALLEGATI .....</b>	<b>66</b>
ABACO SERRAMENTI .....	67
REPORT TERMOGRAFICO.....	69

## 1. PREMESSA

Il presente documento è stato redatto nel contesto del progetto EX.PO.AUS (*EXtension of POTentiality of Adriatic UNESCO Sites*), un progetto transfrontaliero, co-finanziato dall'Unione Europea all'interno del Programma di Cooperazione Transfrontaliera IPA Adriatico 2007-2013.

EX.PO.AUS vede il coinvolgimento di 12 partner provenienti da 7 differenti Stati che si affacciano sul mare Adriatico.

All'interno dell'incarico è prevista l'elaborazione di:

- » **linee guida** sull'uso di tecnologie basate su energie rinnovabili e volte al risparmio energetico all'interno di edifici storici tutelati ed adibiti a fruizione pubblica dei beni culturali;
- » il **report dello stato di fatto impiantistico** sia per la componente termica che per quella elettrica;
- » la **diagnosi energetica** con delle proposte di interventi per il miglioramento dell'efficienza energetica del museo del Castello Estense.

In questo documento sono riportati i risultati salienti della diagnosi energetica, che è definita dalla norma UNI CEI/TR 11428 come una "*procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico<sup>1</sup> di un edificio o gruppo di edifici di una attività (o impianto) industriale o di servizi pubblici o privati e ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi/benefici.*"

Obiettivi della diagnosi energetica sono:

- » il miglioramento dell'efficienza energetica;
- » la riduzione dei costi per gli approvvigionamenti energetici;
- » il miglioramento della sostenibilità ambientale nella scelta e nell'utilizzo di tali fonti;
- » l'eventuale riqualificazione del sistema energetico.

---

<sup>1</sup> per profilo di consumo energetico si intende il consumo reale

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il presente audit è stato redatto seguendo l'impostazione della norma UNI CEI/TR 11428 "Diagnosi energetiche – Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica" dell'ottobre 2011.

Le principali normative di riferimento riguardanti le performance energetiche degli edifici e la certificazione energetica sono:

- » Direttive comunitarie: 2002/91/CE; 2010/31/UE; 2012/27/UE;
- » Leggi nazionali: D.Lgs 192/05; D.Lgs 311/06; D.P.R. 59/09; D.M. 26/06/09; D.Lgs 28/11; D.L. 04/06/2013;
- » Leggi Regionali: DGR 1730 del 16.11.2007; DGR 156 del 04.03.2008; DGR 1390 del 21.09.2009; DGR 1362 del 30.09.2010; DAL 255 del 06.10.2009; DGR 1366 del 26.09.2011;

### 3. INQUADRAMENTO CLIMATICO E TERRITORIALE

#### 3.1. Inquadramento territoriale

L'edificio oggetto di studio sorge nel centro storico del Comune di Ferrara, in Largo Castello. Ferrara è una città con una superficie di circa 404 km<sup>2</sup> ed una popolazione di circa 132'545 abitanti (fonte: ISTAT - censimento 2011).



**Figura 1** - vista aerea della città e dei territori circostanti

La città è collocata nella Pianura Padana, nei pressi del fiume Po, che dista circa 6 km verso nord in linea d'aria dal centro storico, la cui foce si trova a circa 70 km verso est.

Ad ovest di Ferrara si distendono i comprensori di Burana e della Valle di Santa Martina, caratterizzati dalla presenza di paludi, e a levante i due grandi "polesini" di San Giovanni e di San Giorgio.

Il territorio del Comune di Ferrara è pianeggiante e si trova, in parte, a quota altimetrica inferiore rispetto a quella dei fiumi circostanti.

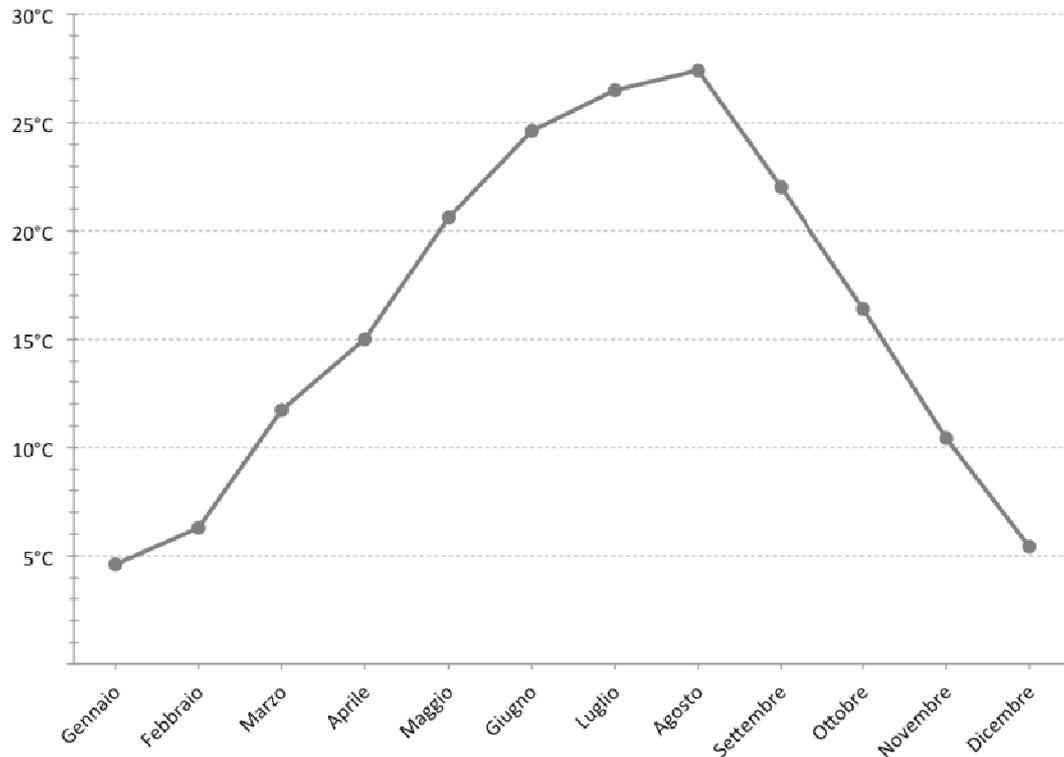


**Figura 2** - vista aerea del Castello Estense e dell'intorno urbano

### 3.2. Contesto climatico

Il territorio del Comune di Ferrara è caratterizzato da inverni rigidi, poco piovosi con possibilità di precipitazioni nevose di media entità ed estati calde e afose. L'afa è spesso interrotta da temporali che rimescolano le masse d'aria portando ad un deciso abbassamento della temperatura.

Nel grafico seguente (Figura 3) è riportato l'andamento delle temperature esterne medie mensili, basato sulla media del periodo 1991-2005, per la centralina più prossima al Castello Estense, situata a meno di un chilometro di distanza in linea d'aria. Il mese più freddo è gennaio con una temperatura media di 4.6° C mentre il più caldo è agosto con una media di 27.4° C.

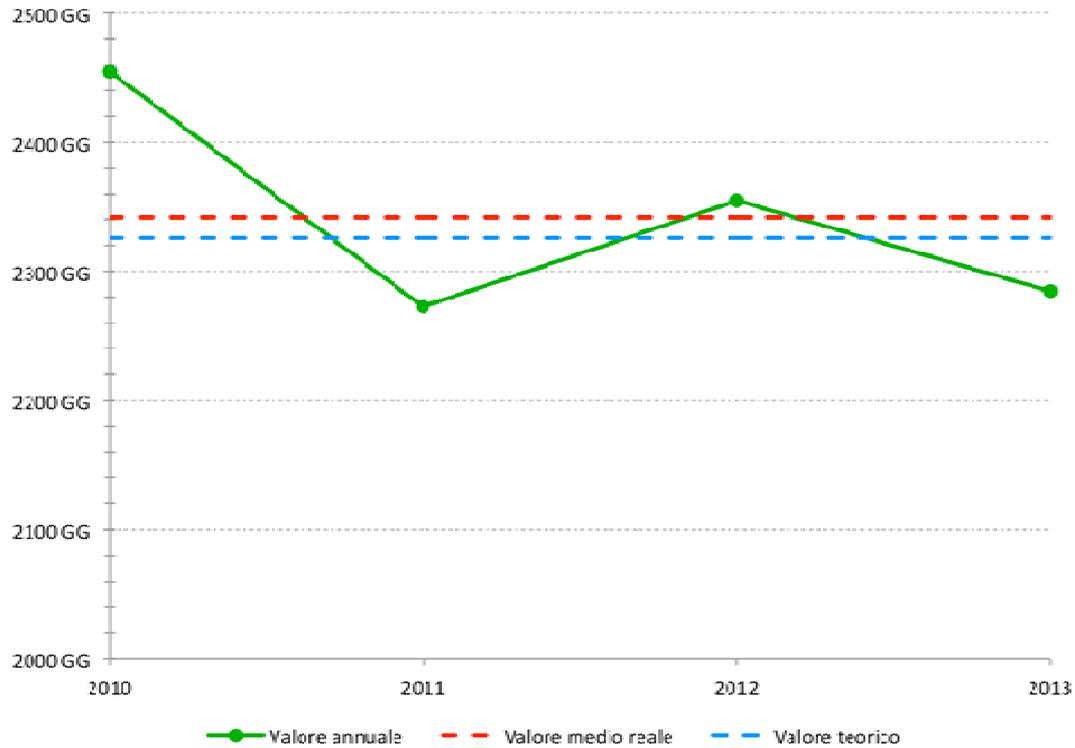


**Figura 3** - andamento delle temperature medie mensili stazione meteo ARPA di Ferrara anni 1991-2005  
(fonte: ARPA Emilia Romagna - *nostra elaborazione*)

Il Comune di Ferrara è caratterizzato da 2'326 Gradi Giorno<sup>2</sup> ed è quindi collocato in zona climatica E con stagione di riscaldamento dal 15 ottobre al 15 aprile.

Nel seguente grafico (Figura 4) è riportato l'andamento reale dei Gradi Giorno degli ultimi quattro anni, si può notare come il valore medio reale (2'342 GG) sia sostanzialmente in linea con quello teorico, presentando un aumento di soli 16 punti.

<sup>2</sup> Per gradi giorno di una località s'intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il grado giorno [GG]



**Figura 4** - andamento reale dei Gradi Giorno, (fonte dati ARPA Emilia-Romagna - nostra elaborazione)

La temperatura di progetto per gli impianti termici da normativa è pari a  $-5^{\circ}\text{C}$ . Nel prospetto seguente sono riportati i parametri climatici salienti della località.

DATI CLIMATICI – COMUNE DI FERRARA	
Gradi Giorno	2326
Zona Climatica	E
Latitudine	$44^{\circ} 50'$
Longitudine	$11^{\circ} 37'$
Altitudine s.l.m.	9 m
Temperatura di progetto	$-5,0^{\circ}\text{C}$
Temperatura media annuale	$13,1^{\circ}\text{C}$
Temperatura media stagione di riscaldamento	$6,3^{\circ}\text{C}$
Durata stagione di riscaldamento	183 giorni
Irradianza media del mese di massima insolazione	$277 \text{ W/m}^2$

**Tabella 1** - principali parametri climatici per il Comune di Ferrara (fonte: norma UNI 10349)

## 4. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

### 4.1. Cenni storici

Il Castello di Ferrara ha visto nei vari tempi storici diversi momenti di trasformazione. Negli anni l'edificio è stato modificato da torre originaria in fortezza per poi diventare palazzo rinascimentale e palazzo di stato, confermandosi sempre monumento simbolo della città.

Il **primo nucleo** architettonico attorno al quale il castello fu costruito è la Torre dei Leoni posizionata a nord-est nell'attuale configurazione. Si trattava di una semplice e massiccia costruzione in mattoni a pianta quadrata (già esistente nel XIII secolo) con funzioni strategiche di avvistamento lungo la linea difensiva della cinta muraria della città.

Quando gli Estensi nel **1264** pervennero alla signoria della città si preoccuparono di trasformare questa torre in rocca. Attraverso un incamiciamento murario che dalle fondamenta salì sino al solaio del primo piano, si costituì attorno alla torre un anello di spalti adatti ad accogliere pezzi d'artiglieria. Nell'intercapedine tra il nuovo paramento esterno e la vecchia torre vennero ricavati i corridoi di collegamento orizzontale e una rampa di servizio che univa il piano terra con il primo piano. Attorno alla rocca vi era stato scavato un fossato a maggior difesa. Le tracce di questa rocca sono ben visibili, oltre che all'esterno, all'interno delle sale del primo piano e nel pontile dell'imbarcadero, costruito nell'antico fossato della torre.

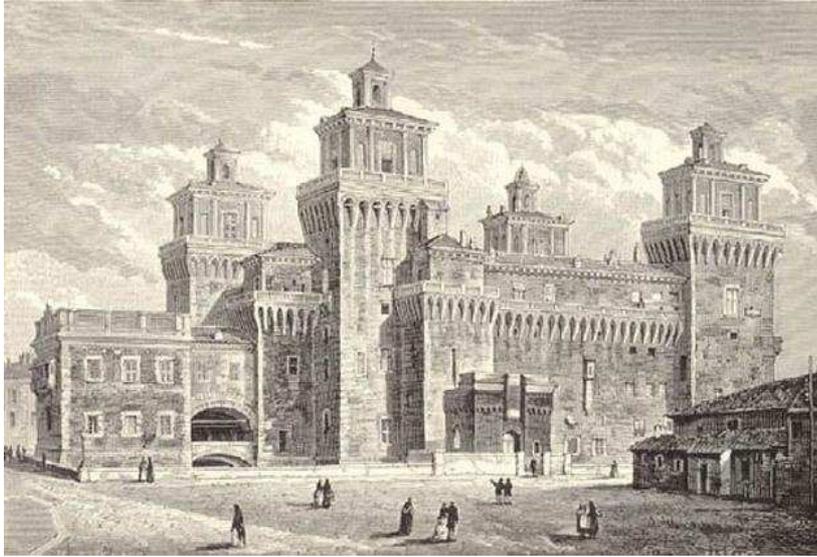
Dopo gli episodi della rivolta del **1385** si pose mano alla costruzione rendendola una grande fortificazione a controllo della città. Il progetto prevedeva la realizzazione di altre tre torri, accanto alla Torre dei Leoni, disposte a quadrilatero con la prima (*Marchesana a sud-est, di S. Paolo a sud-ovest, di S. Caterina a nord-ovest*).

Tutte di uguale altezza le torri vennero riunite da corpi di fabbrica, più bassi, a unico cassero longitudinale che racchiudevano il cortile. In corrispondenza degli accessi al castello, accostati alle torri, si prolungavano tozzi avancorpi, due verso sud, uno per ogni altro lato, alti quanto i corpi di fabbrica laterali, in appoggio ai meccanismi dei ponti levatoi e a loro difesa. Un ampio fossato venne scavato per maggiore difesa. La fortezza era collegata al Palazzo dei Signori mediante un camminamento sopraelevato a ponte, quasi subito coperto con opere in muratura.



Negli **ultimi anni del '400** la famiglia estense si trasferì definitivamente nel castello. Risalgono a questo periodo la sopraelevazione del ponte di collegamento con il Palazzo di piazza e la costruzione di nuove

stanze come nuova ala del palazzo, il raddoppio verso il cortile dell'ala est con la formazione del loggiato, della sala degli Stemmi e lo scalone elicoidale di accesso dal cortile al piano nobile.



Nei **primi anni del '500** continuarono i lavori con l'aggiunta delle cucine ducali al piano terra, in ampliamento dell'avancorpo a est, coperte dal terrazzo pensile della loggia degli Aranci, il giardino delle duchesse.

Nel corso del **XVI secolo** il castello (che subì nel frattempo i danni dell'incendio del 1554 e del terremoto del 1570) divenne un fastoso palazzo di corte.

Una grande opera di trasformazione del fabbricato

introdusse nel castello nuovi elementi architettonici, d'ispirazione classica, modificò completamente l'immagine del fortilizio, togliendogli ogni forma di architettura militare. Elementi fondamentali della trasformazione furono le altane che sostituirono, con ricchi e ariosi belvedere, i camminamenti militari. Con questa tecnica il castello venne sopraelevato di un piano.

I Cardinali Legati, che occuparono l'edificio per tutto il periodo di dominio papale (dal **1598** al **1859**) non ne mutarono sostanzialmente l'aspetto, pur dedicandolo a funzioni più prettamente tipiche del governo.

Dall'800 ad oggi si è assistito a un'opera continua di manutenzione e restauro. Nel 1860 Ferrara venne annessa al Regno d'Italia. Il Castello, divenuto proprietà dello Stato, venne acquistato nel 1874 dall'Amministrazione Provinciale di Ferrara che prese ad impiegarne gli spazi come sede dei propri uffici e della Prefettura.

Recentemente, sotto un nuovo impulso verso il recupero del monumento si è assistito a interventi inquadrati nel rispetto del suo valore architettonico complessivo e sono state recuperate, restaurate e valorizzate zone di grande valore storico ed interesse artistico.

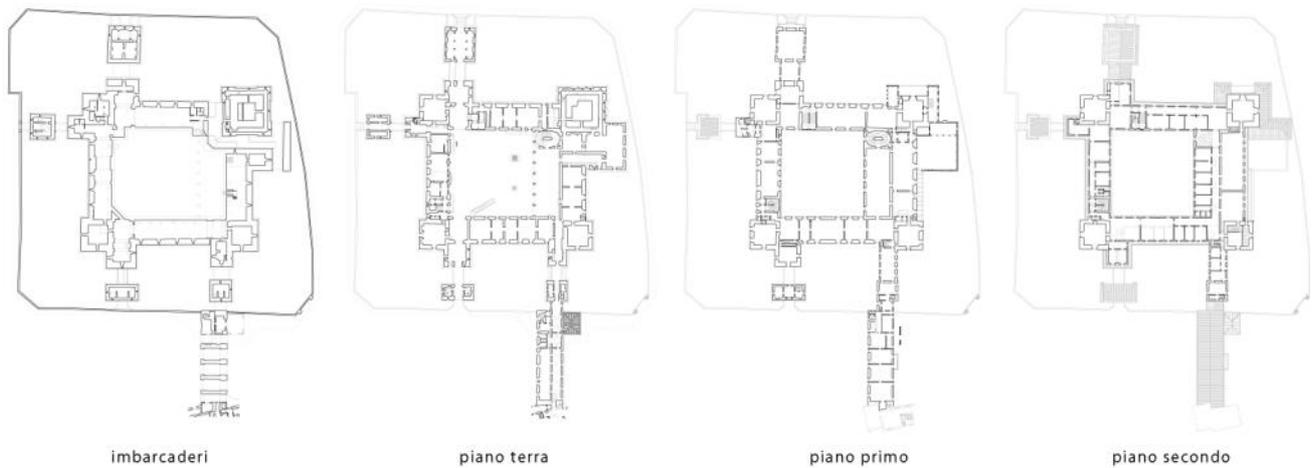
È a partire dagli **anni '80** del secolo scorso che prende forma l'idea di trasformare il castello in un museo e dal 1999 è stata avviata la grande opera di restauro. Il primo allestimento museale verrà ampliato tra il 2001 ed il 2003 all'intero piano nobile del Castello.

Nel **2006** l'inaugurazione del nuovo allestimento museale progettato dall' architetto Gae Aulenti.

## 4.2. Il Castello

Ad oggi il Castello si presenta come un edificio a pianta quadrata costituito da quattro torri disposte ai vertici e collegate da corpi di fabbrica che definiscono la corte interna. Il fossato circonda totalmente l'edificio a cui è possibile accedere attraverso i ponti posti in lato Nord, Sud ed Ovest. Dal corpo centrale si dirama verso Sud l'ala che collega il Castello al Palazzo Municipale. Il complesso si sviluppa su tre piani

principali fuori terra ai quali si aggiungono due livelli ammezzati ed il livello seminterrato degli imbarcaderi.



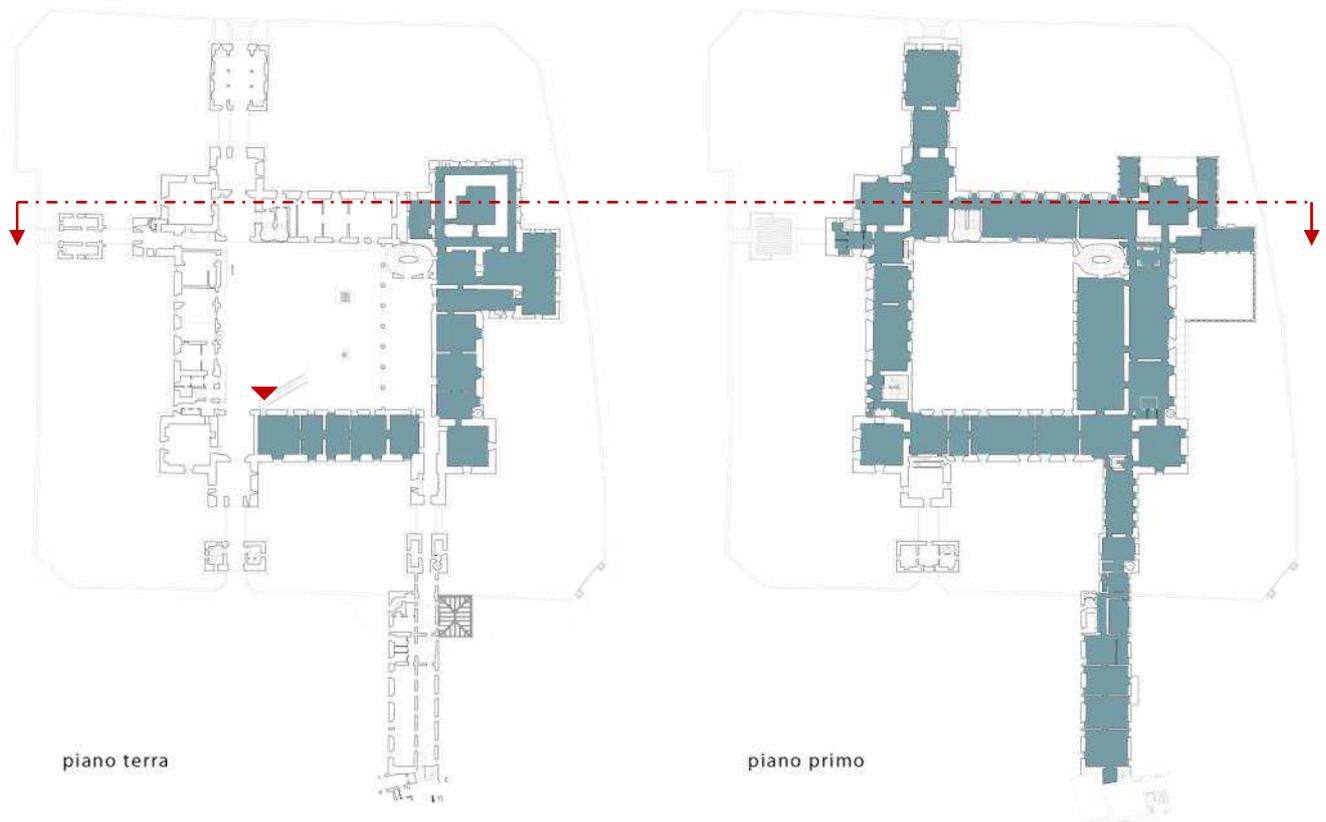
**Figura 5** - i tre livelli principali e gli imbarcaderi

Le sale del castello ospitano gli uffici amministrativi della Provincia di Ferrara ed il museo del Castello Estense. Gli uffici dei vari organi di competenza ed i locali amministrativi (tra cui la sala consiliare) si sviluppano principalmente al piano Terra e al piano Secondo. Il percorso museale, inizia a piano terra con ingresso dal cortile interno, prosegue verso la Torre dei Leoni e si sviluppa nelle grandi sale del primo piano con gli annessi locali dei Camerini.

### 4.3. Il museo del Castello Estense

#### 4.3.1. Descrizione geometrica

La presente Diagnosi Energetica analizza i locali relativi al percorso museale che si snoda attraverso il piano terra e il piano primo. Tutte le successive considerazioni sui consumi energetici e sulle proposte di interventi migliorativi fanno riferimento alla porzione di edificio evidenziata in Figura 6.



**Figura 6** - individuazione dell'area museale oggetto della diagnosi energetica (piano terra e piano primo)

#### piano terra

Le sale al piano terra si presentano come ampi locali voltati con un'altezza interna media di circa 6 metri. Entrando nel museo e superati i locali adibiti a biglietteria si entra nella torre Marchesana. Continuando il percorso attraverso le sale Gotiche e la sala del Rivellino est si raggiungono le cucine Ducali, ampio locale voltato. Da qui l'accesso alle prigioni all'interno della Torre dei Leoni, risalendo la quale si accede ai locali del piano primo. La superficie calpestabile è di circa 900 m<sup>2</sup>.



**Figura 7** - sezione dalla la Torre dei Leoni alla Torre di S. Caterina\_piano terra

### piano primo

Approdando al piano primo nell'Altana si può subito entrare nella Loggia degli Aranci (serra) e nell'esterno giardino delle Duchesse. Al piano nobile i locali presentano diverse tipologie di volte e gli ambienti hanno un'altezza media che varia dai 5 metri circa dei locali più piccoli agli 8 metri circa delle sale principali come ad esempio la Sala dei Giochi ed il Salone degli Stemmi. L'ampia zona dei "Camerini" (al momento del rilievo non aperta al pubblico ma considerata all'interno del percorso museale) ha controsoffitti a cassettoni ed un'altezza interna di circa 5 metri. La superficie calpestabile è di circa 2400 m<sup>2</sup>.



**Figura 8** - sezione dalla Torre dei Leoni alla Torre di S. Caterina\_piano primo

#### **4.3.2. Involucro**

L'involucro della porzione adibita a museo del Castello Estense è composto da pareti opache verticali in laterizio pieno di spessore variabile, da circa 25 cm nelle porzioni dei sottofinestra fino a circa 2 metri nelle porzioni portanti della Torre dei Leoni. Il laterizio è a vista sulla faccia esterna e talvolta intonacato sul lato verso l'interno.

Nel corso delle fasi propedeutiche alla stesura della presente relazione sono state svolte indagini termoflussimetriche per individuare la conducibilità termica equivalente delle pareti, che si attesta attorno ad un valore di circa 0,49 W/mK. Si rimanda al capitolo 5 per ulteriori approfondimenti.

Le componenti trasparenti presenti sono individuabili in due tipologie di serramento (vedi **ABACO SERRAMENTI** allegato):

- » con telaio in legno e vetro camera (3/6/3) senza trattamenti basso emissivi;
- » con telaio metallico e vetro singolo.

Entrambe le tipologie di serramento hanno caratteristiche termiche scadenti se confrontate con gli standard prestazionali e normativi attuali.

I solai sono di varia tipologia e tecniche costruttive e principalmente sono costituiti da volte in laterizio e solai in legno. Per una più dettagliata descrizione delle stratigrafie si rimanda all'**ALLEGATO DI CALCOLO**.

### 4.3.3. Impianto

L'edificio oggetto di indagine è servito da una sottostazione di scambio termico collegata alla rete del teleriscaldamento cittadino all'interno della quale è installato uno scambiatore a piastre. Nel locale Centrale Termica si trovano le principali apparecchiature termiche per la climatizzazione degli ambienti del castello. In fase di sopralluogo sono stati individuati cinque circuiti asserviti a differenti terminali. Sono stati infatti rilevati:

- » fancoil al piano imbarcadero, piano terra e primo;
- » pannelli a pavimento nella zona museale del piano terreno;
- » radiatori e termoarredi nelle restanti parti del museo e nei locali di servizio.

Data la complessità geometrica e l'eterogeneità delle componenti tecnologiche installate, in fase di studio e modellazione, l'edificio è stato suddiviso in differenti zone termiche sulla base del semplice posizionamento dei locali. In particolare è stato fatto riferimento alla sola porzione museale del castello determinando quindi quattro zone termiche e rispettivamente Imbarcadero, Piano terra, Piano ammezzato primo e Piano primo.

La produzione dell'acqua calda sanitaria è invece demandata a bollitori elettrici installati in corrispondenza dei bagni e dei locali di servizio del castello.

Sono state inoltre indagate tutte le apparecchiature visionabili in fase di sopralluogo.

È stata individuata un'UTA (Unità Trattamento Aria) in corrispondenza del sottotetto della zona dei Camerini per la ventilazione dei locali sottostanti. Sempre in questa zona è stata rilevata la presenza di due gruppi frigoriferi per il raffrescamento estivo e cinque gruppi frigoriferi per la climatizzazione della Caffetteria a piano primo.

Sono stati individuati e censiti tutti i quadri elettrici ed i corpi illuminanti che è stato possibile raggiungere in fase di rilievo.

Per la localizzazione, il censimento delle principali apparecchiature e per tutti i dettagli tecnici si rimanda all'elaborato "**REPORT STATO DI FATTO IMPIANTISTICO**" ed ai relativi allegati.

## 5. RILIEVI IN OPERA

I rilievi in opera con strumentazione di misura sono stati:

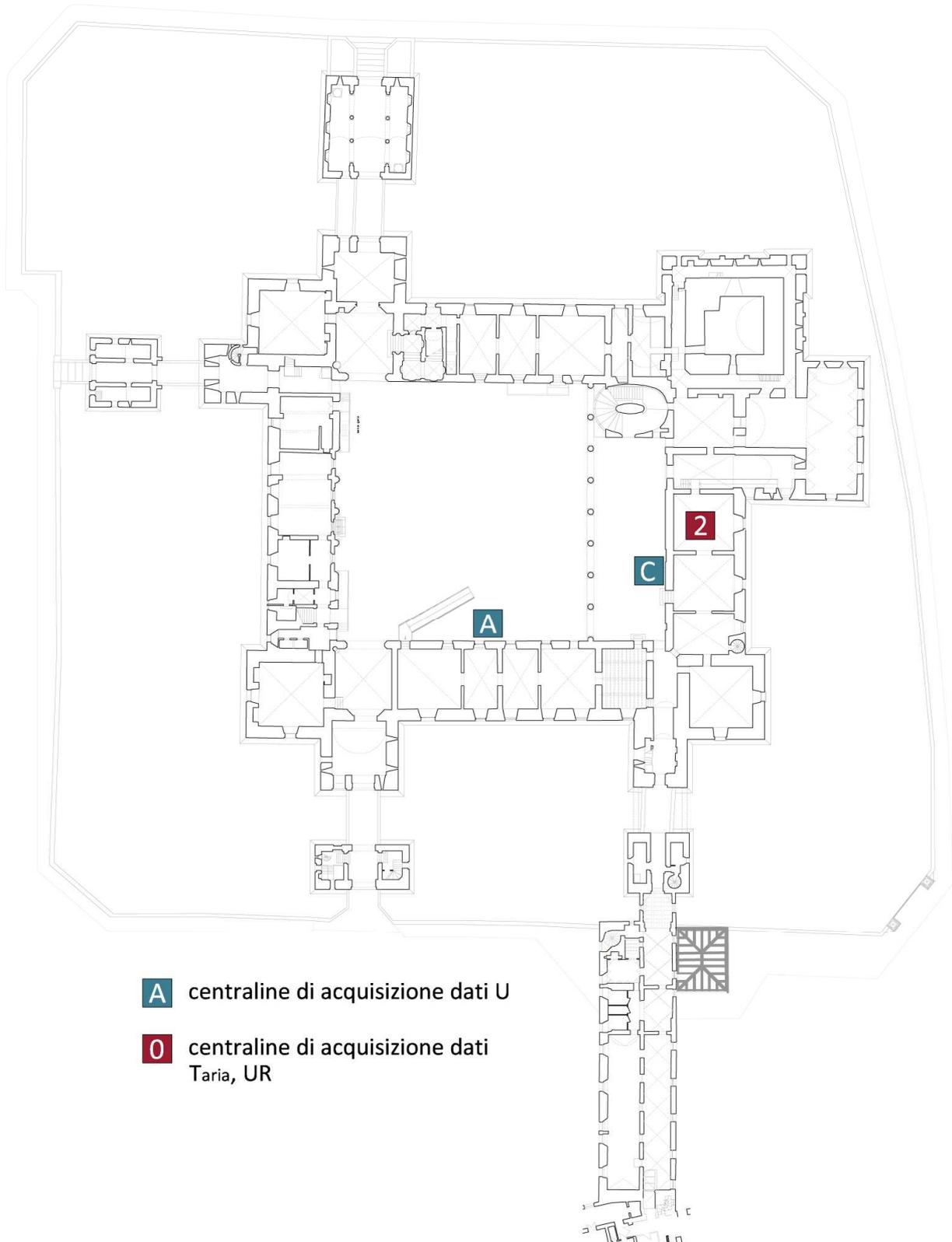
TIPO DI INDAGINI	NORMA DI RIFERIMENTO
indagini termografiche dei prospetti esterni	UNI EN 13187 - ISO 9712
indagini termoflussimetriche per la misura della trasmittanza in opera	ISO 8969
monitoraggio igrotermico	UNI EN 15251 - UNI EN ISO 7726
mappatura del microclima	UNI EN 15251

Lo scopo delle indagini è stato reperire una serie di informazioni utili per la corretta modellazione teorica del comportamento energetico dell'area museale e la scelta degli interventi di efficientamento. I dati rilevati e rielaborati sono inoltre un prezioso strumento per valutare la bontà dell'attuale situazione di comfort e di omogeneità di gestione.

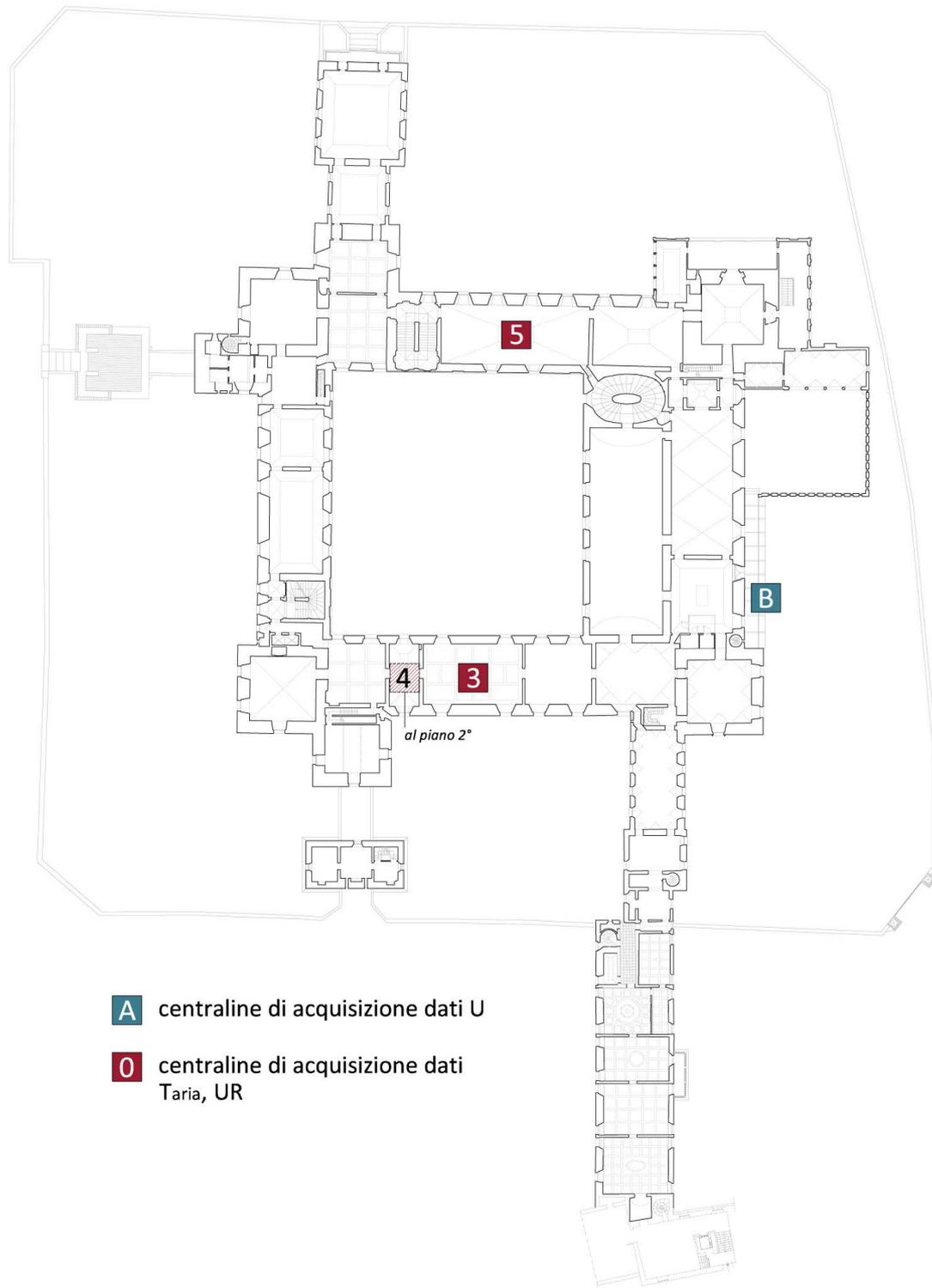
In particolare sono state eseguite le seguenti indagini con i relativi scopi:

INDAGINE	SCOPO
<b>Indagini termoflussimetriche</b> 3 punti misura, due pareti del cortile interno al piano terra e una sul prospetto sud al piano primo	La modellazione dell'involucro è stata realizzata con una stima della trasmittanza delle pareti. Le indagini termoflussimetriche consentono di stimare la conduttività termica media equivalente in opera. Se le pareti, come in questo caso, sono costituite da materiale "omogeneo" è un dato rappresentativo delle diverse strutture presenti, non solo di quelle indagate.
<b>Mappatura del clima interno</b> Termo igrometri, anemometro e termocamera (temperature medie radianti)	Sono stati monitorati in ogni stanza in modo puntuale la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e assoluta, la velocità dell'aria e la distribuzione di temperatura superficiale delle superfici degli ambienti. La mappatura consente di realizzare valutazioni relative al comfort ambientale interno e all' omogeneità di gestione.
<b>Monitoraggio igrotermico</b> 4 termo igrometri registratori in 4 stanze	Sono stati monitorati nel tempo di dati di temperatura dell'aria di 4 stanze caratterizzate da sistemi di emissione differenti per evidenziare i diversi comportamenti. Il monitoraggio fornisce indicazioni sulla temperatura media dell'aria e sulla banda di oscillazione della regolazione.
<b>Indagine termografica</b>	Valutazione dell'omogeneità di distribuzione di temperatura esterna per confermare le ipotesi di maggiorazione percentuale di dispersione energetica dovuta all'eventuale presenza dei ponti termici. Individuazione di possibili fenomeni di infiltrazione di aria esterna.

Seguono le immagini che mostrano dove è stata posata la strumentazione per il monitoraggio:



**Figura 9** - piano terra: punti di misura



- A** centraline di acquisizione dati U
- O** centraline di acquisizione dati Taria, UR

**Figura 10** - piano primo: punti di misura

## 5.1. Misure della trasmittanza termica in opera

Per la valutazione delle caratteristiche termiche delle strutture opache sono stati impiegati tre punti misura posizionati secondo le indicazioni precedenti (al piano terra e al piano primo) per mezzo del metodo non invasivo della misura della trasmittanza in opera in accordo con la norma ISO 8969.

Un punto misura è costituito da una piastra flussimetrica per la misura del flusso e da più termocoppie per la misura della temperatura superficiale interna ed esterna. Le misure restituiscono per ogni punto il valore di conduttanza della struttura analizzata e quindi della sua resistenza termica. Ai fini della diagnostica, per mezzo del valore di resistenza termica misurato e dello spessore della struttura rilevato, è possibile stimare il valore di conduttività termica equivalente nell'ipotesi che la struttura sia composta da materiale omogeneo (in questo caso mattoni pieni). Il risultato dell'indagine sarà quindi un valore di conduttività termica misurata equivalente  $\lambda'_{eq}$  espressa [W/mK].



**Figura 11** - Punto misura A posizionato all'interno:  
n° 1 sonda di temperatura interna e n° 1 piastra  
termoflussimetrica



**Figura 12** - Punto misura A posizionato all'esterno:  
n° 2 sonde di temperatura esterna



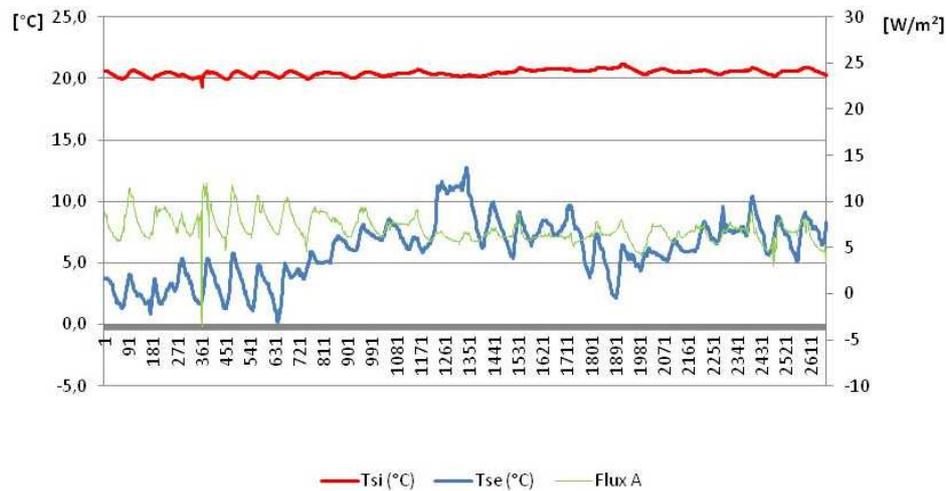
**Figura 13** - Punto misura C posizionato all'interno:  
n° 1 sonda di temperatura interna e n° 1 piastra  
termoflussimetrica e centralina acquisizione dati O



**Figura 14** - Punto misura C posizionato all'esterno:  
n° 2 sonde di temperatura esterna

### 5.1.1. Dati misura A

Seguono i grafici relativi a tutti i dati di temperatura superficiale interna, esterna e di flusso termico che permettono una valutazione complessivamente coerente di trasmittanza in opera. I dati sono stati registrati tra il **12 dicembre 2013 e il 9 gennaio 2014** ogni 15 min per un totale di più di 2600 misurazioni. L'elevato numero di misure è necessario per limitare l'influenza dell'inerzia della struttura.

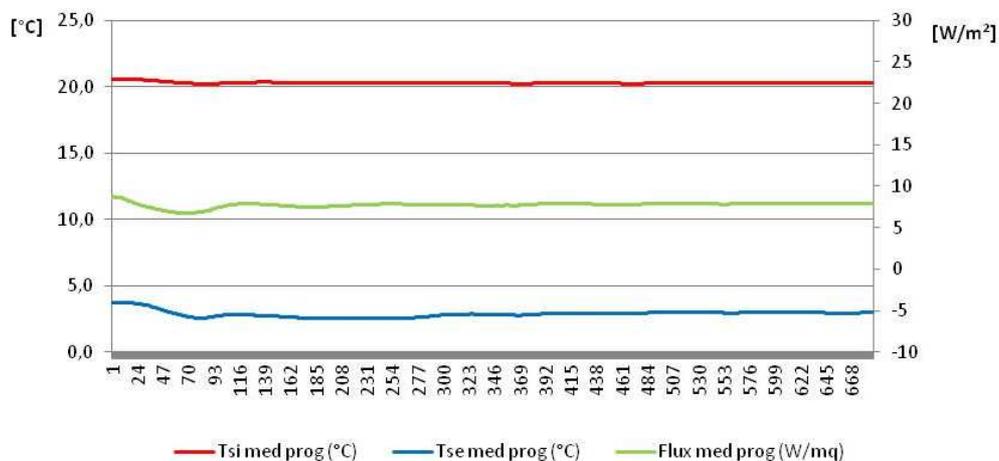


**Figura 15** - Dati istantanei punto misura A intervallo temporale 12 dicembre 2013 - 09 gennaio 2014

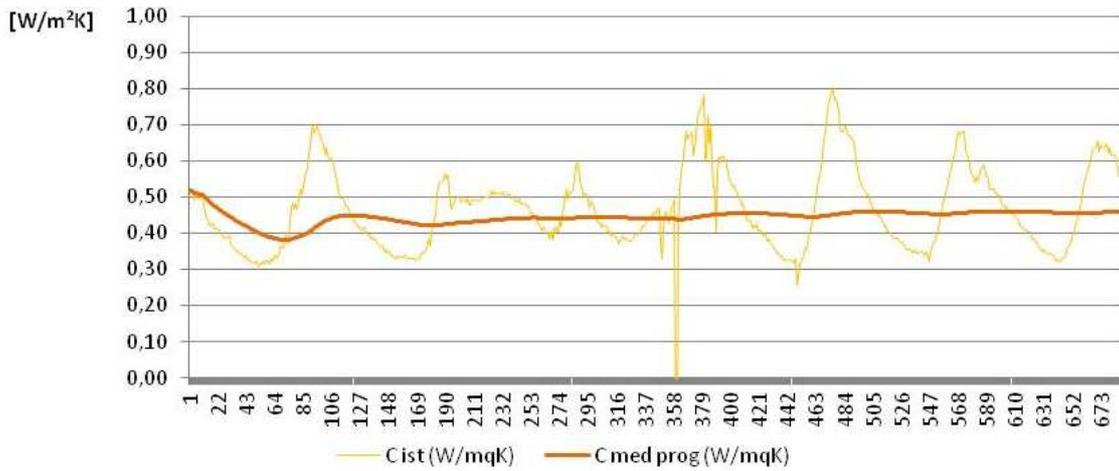
Il periodo di misura risulta idoneo grazie al consistente valore di flusso e alla sua contenuta oscillazione. Oltre alle adeguate misure di flusso anche la differenza di temperatura superficiale è adeguata, ovvero mediamente superiore a 10 °C.

### 5.1.2. Valutazione della conduttanza termica stazionaria misura A

I dati istantanei sono stati prima resi medi istantanei sulla base delle diverse strumentazioni disponibili (le sonde impiegate all'esterno nei due punti misura sono più di una) e quindi sono stati rielaborati per mezzo del metodo delle medie progressive ottenendo i seguenti grafici. Il metodo delle medie progressive è tanto più adeguato tanto maggiore è la diminuzione dell'ampiezza di oscillazione delle curve.



**Figura 16** - Rielaborazione dati con metodo delle medie progressive A 12 dic 2013 - 09 gen 2014  
Temperature superficiali [°C] e flusso termico [W/m<sup>2</sup>]



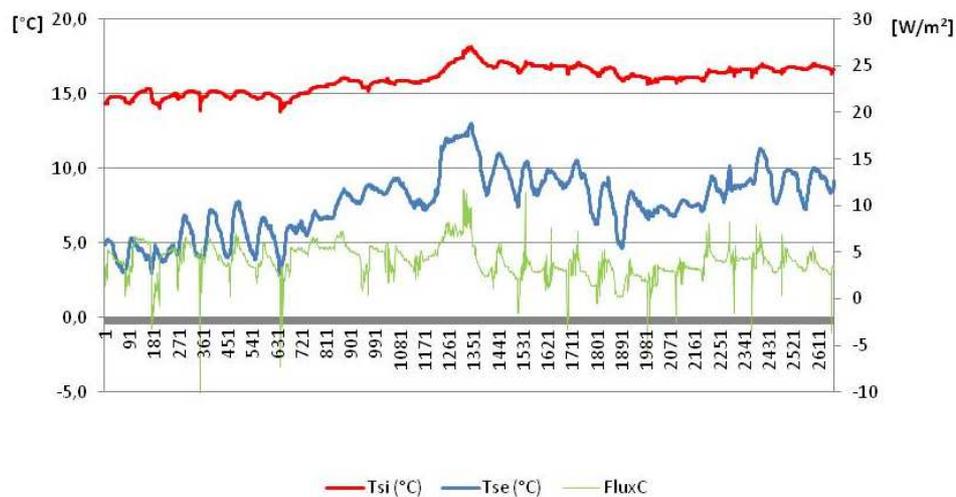
**Figura 17-** Rielaborazione dati con metodo delle medie progressive A 12 dic 2013 - 09 gen 2014  
 Conduttanza istantanea e media progressiva [W/m<sup>2</sup>K]

### Risultati sui valori medi progressivi misura A

PUNTO A	FLUSSO [W/m <sup>2</sup> ]	Tsi [°C]	Tse [°C]	C mis [W/m <sup>2</sup> K]	ERRORE [%]	SPESSORE [m]	R <sub>t</sub> mis [m <sup>2</sup> K/W]	CONDUTTIVITÀ TERMICA EQUIVALENTE λ' [W/mK]
Misurato	7.0	20.5	6.0	0.48	6%	1.0	2.08	<b>0.48</b>

#### 5.1.3. Dati misura C

Seguono i grafici relativi a tutti i dati di temperatura superficiale interna, esterna e di flusso termico che permettono una valutazione complessivamente coerente di trasmittanza in opera. I dati sono stati registrati tra **il 12 dicembre 2013 e il 9 gennaio 2014** ogni 15 min per un totale di più di 2600 misurazioni.

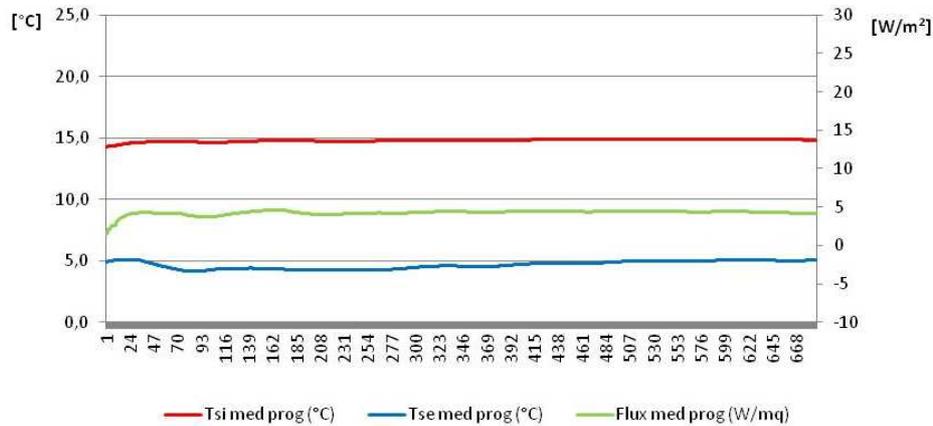


**Figura 18 -** Dati istantanei punto misura C 12 dic 2013 - 09 gen 2014

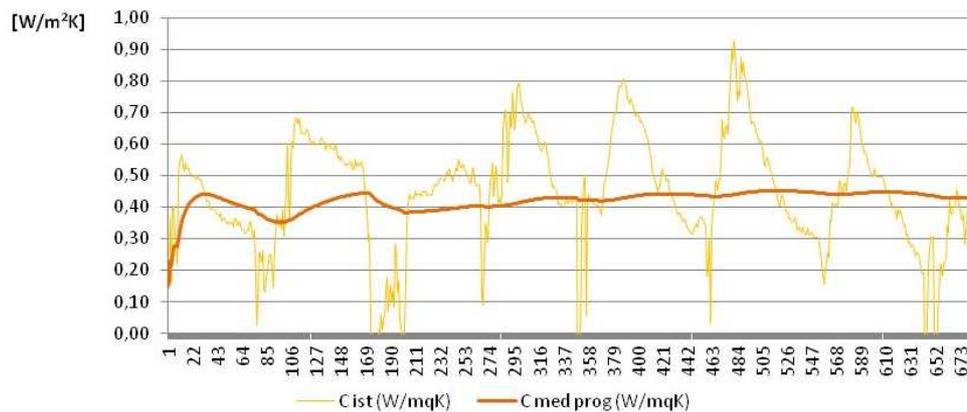
Il periodo di misura risultata idoneo grazie al consistente valore di flusso. Oltre alle adeguate misure di flusso anche la differenza di temperatura superficiale è adeguata, ovvero mediamente superiore a 10 °C.

### 5.1.4. Valutazione della conduttanza termica stazionaria misura C

I dati istantanei sono stati prima resi medi istantanei sulla base delle diverse strumentazioni disponibili (le sonde impiegate all'esterno nei due punti misura sono più di una) e quindi sono stati rielaborati per mezzo del metodo delle medie progressive ottenendo i grafici seguenti. Il metodo delle medie progressive è tanto più adeguato tanto maggiore è la diminuzione dell'ampiezza di oscillazione delle curve.



**Figura 19** - Rielaborazione dati con metodo delle medie progressive C 12 dic 2013 - 09 gen 2014  
Temperature superficiali [C°]e flusso termico [W/m²]



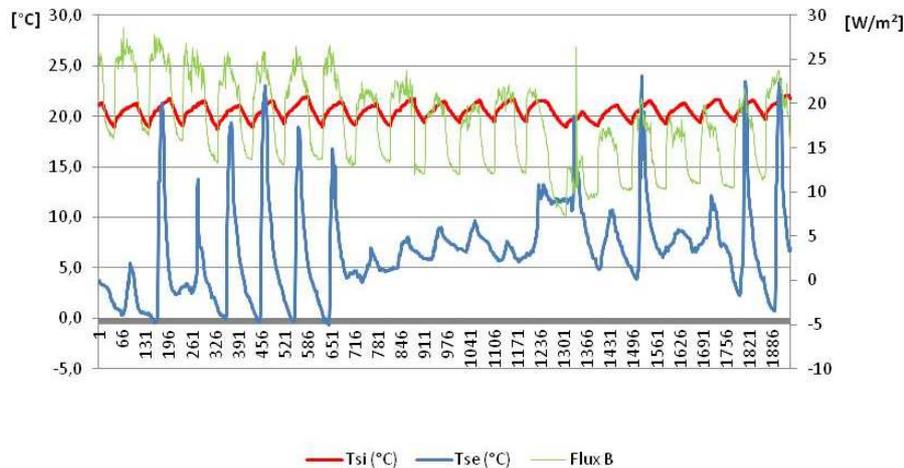
**Figura 20** - Rielaborazione dati con metodo delle medie progressive C 12 dic 2013 - 09 gen 2014  
Conduttanza istantanea e media progressiva [W/m²K]

### Risultati sui valori medi progressivi misura C

PUNTO C	FLUSSO [W/m²]	Tsi [°C]	Tse [°C]	C mis [W/m²K]	ERRORE [%]	SPESSORE [m]	R <sub>t</sub> mis [m²K/W]	CONDUTTIVITÀ TERMICA EQUIVALENTE λ' [W/mK]
Misurato	4.03	15.98	7.69	0.49	6%	1.0	2.04	<b>0.49</b>

### 5.1.5. Dati misura B

Seguono i grafici relativi a tutti i dati di temperatura superficiale interna, esterna e di flusso termico che permettono una valutazione complessivamente coerente di trasmittanza in opera. I dati sono stati registrati tra il **12 dicembre 2013 e il 1 gennaio 2014** ogni 15 min per un totale di più di 1900 misurazioni.

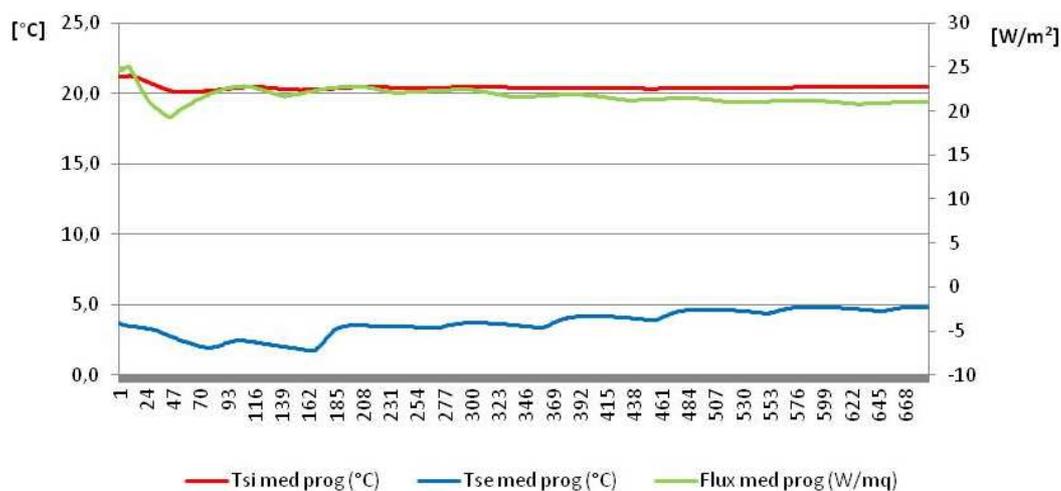


**Figura 21** - Dati istantanei punto misura B 12 dic 2013 - 01 gen 2014

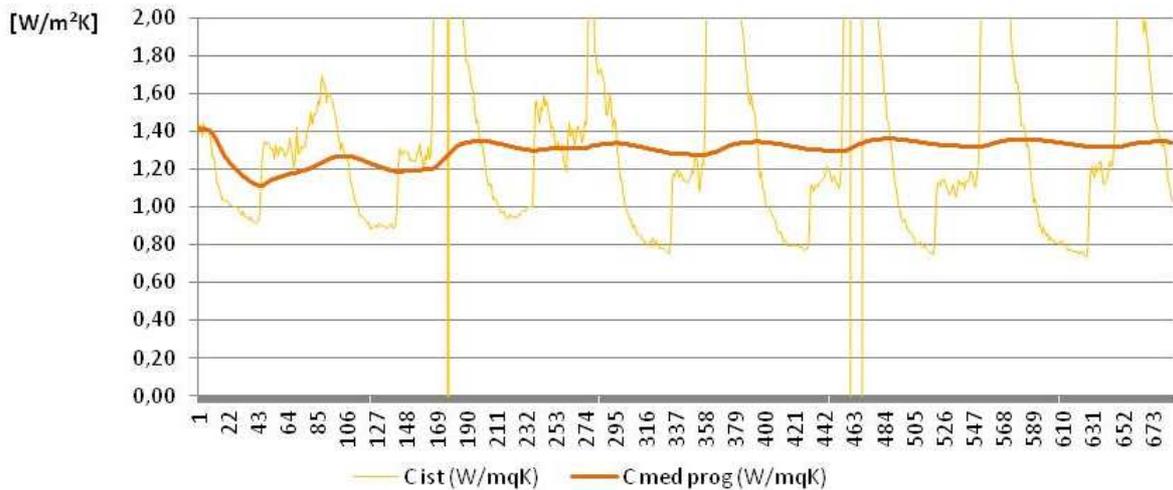
Il periodo di misura risultata idoneo grazie al consistente valore di flusso. Oltre alle adeguate misure di flusso anche la differenza di temperatura superficiale è adeguata, ovvero mediamente superiore a 10 °C.

### 5.1.6. Valutazione della conduttanza termica stazionaria misura B

I dati istantanei sono stati prima resi medi istantanei sulla base delle diverse strumentazioni disponibili (le sonde impiegate all'esterno nei due punti misura sono più di una) e quindi sono stati rielaborati per mezzo del metodo delle medie progressive ottenendo i grafici seguenti. Il metodo delle medie progressive è tanto più adeguato tanto maggiore è la diminuzione dell'ampiezza di oscillazione delle curve.



**Figura 22** - Rielaborazione dati con metodo delle medie progressive B 12 dic 2013 - 01 gen 2014  
Temperature superficiali [C°]e flusso termico [W/m²]



**Figura 23** - Rielaborazione dati con metodo delle medie progressive B 21 dic 2013 - 01 gen 2014  
Conduzzanza istantanea e media progressiva [W/m<sup>2</sup>K]

### Risultati sui valori medi progressivi misura B

PUNTO B	FLUSSO [W/m <sup>2</sup> ]	T <sub>si</sub> [°C]	T <sub>se</sub> [°C]	C mis [W/m <sup>2</sup> K]	ERRORE [%]	SPESSORE [m]	R <sub>t</sub> mis [m <sup>2</sup> K/W]	CONDUTTIVITÀ TERMICA EQUIVALENTE λ' [W/mK]
Misurato	17.7	20.5	6.69	1.28	6%	1.4	0.63	<b>2.22</b>

#### 5.1.7. Conclusioni sulla conduttività termica equivalente

In merito alle misure condotte:

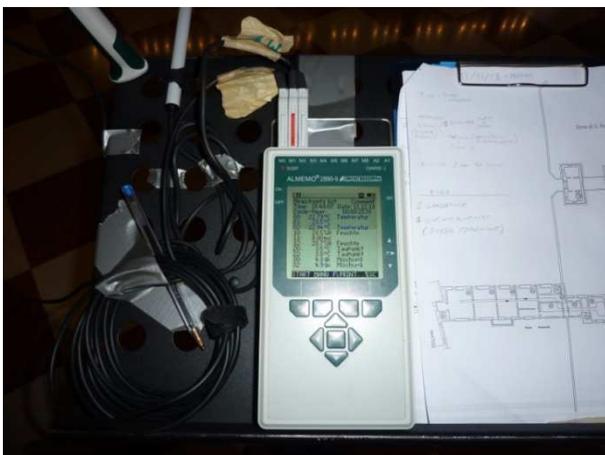
- » le condizioni ambientali verificatesi per la misura in opera della trasmittanza sono considerabili adeguate: la differenza di temperatura tra interno ed esterno è mediamente superiore ai 10°C e i risultati sono prossimi al regime stazionario;
- » le misure della le pareti del piano terra (punto A e C) risultano più rappresentative poiché le sonde di temperatura superficiale esterna non sono influenzate dall'irraggiamento solare e le sonde interne, in particolare la sonda termoflussimetrica, non subiscono fuorvianti influenze ambientali; il punto B è invece caratterizzato dall'influenza esterna dell'irraggiamento solare e dall'influenza interna dell'impianto di riscaldamento e di illuminazione. Si ritiene pertanto che la conduttività termica equivalente dei mattoni pieni possa essere stimata intorno a **λ' = 0.49 [W/mK]**.
- » Il dato valutato è anche in accordo con valori di letteratura descritti in tabella e che propongono dei valori di trasmittanza termica di strutture realizzate in mattoni pieni e intonacate.

Raccomandazioni UNI CTI - nov. 2002 - Prospetto A.3				
spessore [m]	U [W/m <sup>2</sup> K]	R <sub>t</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	R <sub>t</sub> -lim [m <sup>2</sup> K/W]	λ <sub>eq</sub> [W/mK]
0,15	1,91	0,52	0,35	0,42
0,2	1,67	0,60	0,43	0,47
0,25	1,43	0,70	0,53	0,47
0,3	1,19	0,84	0,67	0,45

## 5.2. Monitoraggio igrotermico

In data 12 dicembre 2013 è stata condotta una mappatura istantanea di micro clima interno del percorso museale all'interno del castello Estense di Ferrara. Lo scopo è stato quello di indagare le condizioni di comfort percepito dai visitatori dell'area museale in relazione alle temperature dell'aria e delle superfici, all'umidità relativa e alla velocità del flusso dell'aria.

Le misure sono state condotte con una stazione di monitoraggio mobile dotata di 3 sonde di temperatura (posizionate per ogni ambiente in posizioni diverse), 1 anemometro per misurare la velocità dell'aria, 2 termoigrometri (in 2 posizioni diverse) per la misura dell'umidità assoluta e relativa. Inoltre per ogni ambiente sono state studiate le temperature radianti delle superfici con l'ausilio di una termocamera a infrarossi.

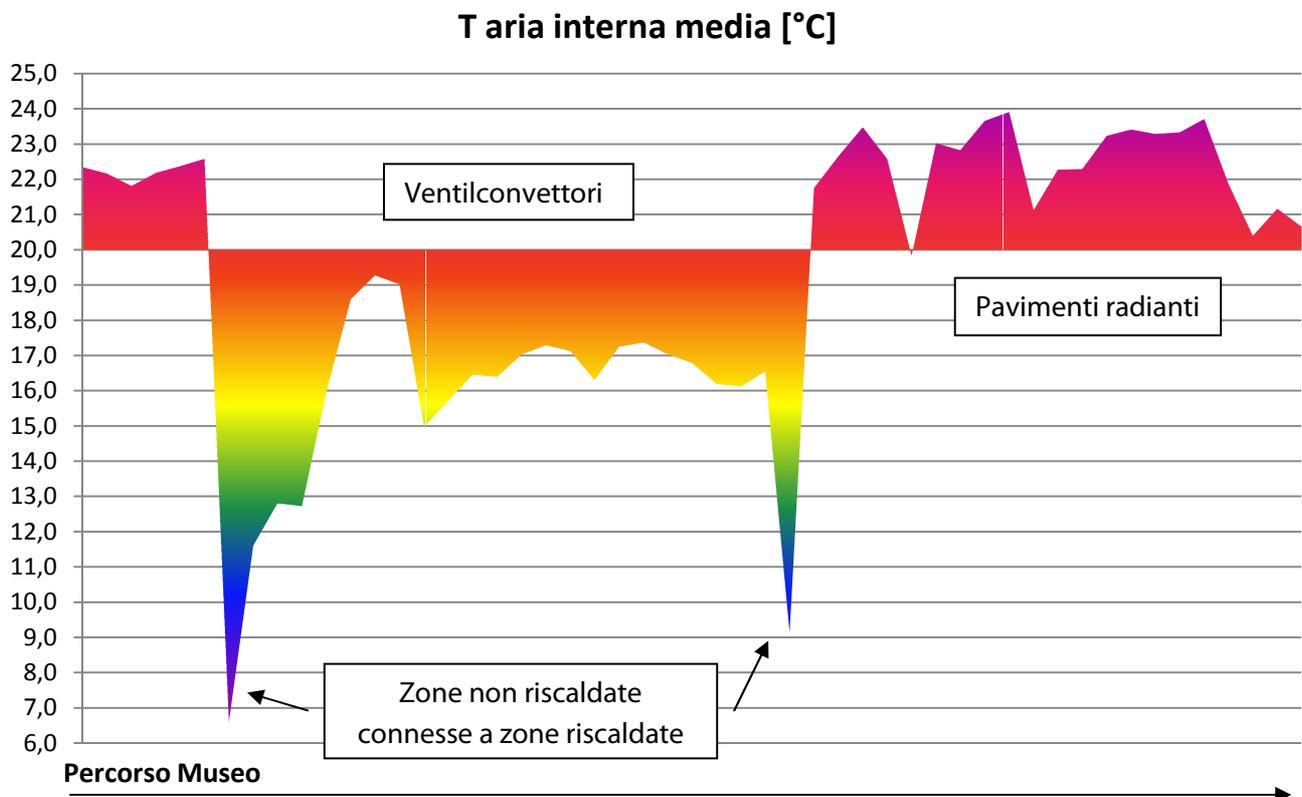


La mappatura è avvenuta in giorno feriale, a partire dalle ore 11.00 e si è protratta fino alle 16.00 circa. L'affluenza al museo risultava scarsa, gli impianti di riscaldamento erano regolarmente in funzione. Le condizioni climatiche esterne risultavano sufficientemente costanti nell'arco della giornata, con cielo coperto e foschia (influenza dell'irraggiamento limitata) e temperatura intorno ai 2°C.

Le misure sono state condotte in accordo con le norme tecniche UNI EN 15251 e UNI EN ISO 7726.

### 5.2.1. Analisi micro clima interno: temperatura dell'aria

Di seguito il grafico della temperatura media dell'aria lungo il percorso museale, misurata in tre punti diversi per ogni ambiente.



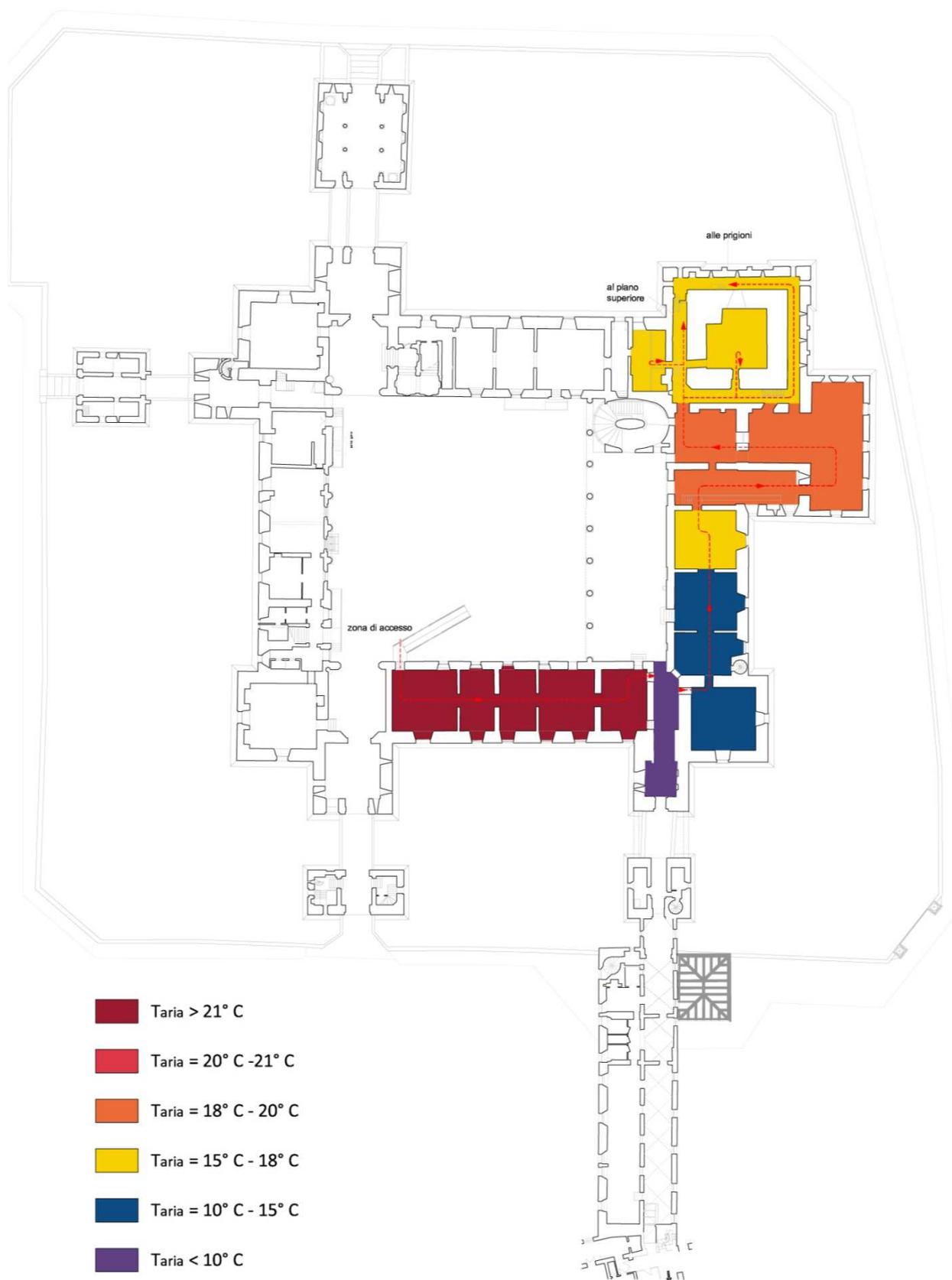
Rispetto ad una situazione di comfort, individuabile in una temperatura dell'aria ottimale compresa tra 20°C - 21°C, il percorso all'interno del museo presenta grande variabilità di temperature. Le oscillazioni tra i diversi ambienti riscaldati arrivano a 12°C ovvero temperature che oscillano dai 12°C ai 24°C. Tendenzialmente è possibile ricondurre le zone a temperatura più alta agli impianti a pavimento radiante e le zone a temperatura più bassa agli impianti a ventilconvettori.

Di seguito le piante del piano terra e del piano primo del castello su cui si sviluppa il percorso del museo, e sulle quali è evidenziato l'intervallo di temperatura dell'aria nei vari ambienti.

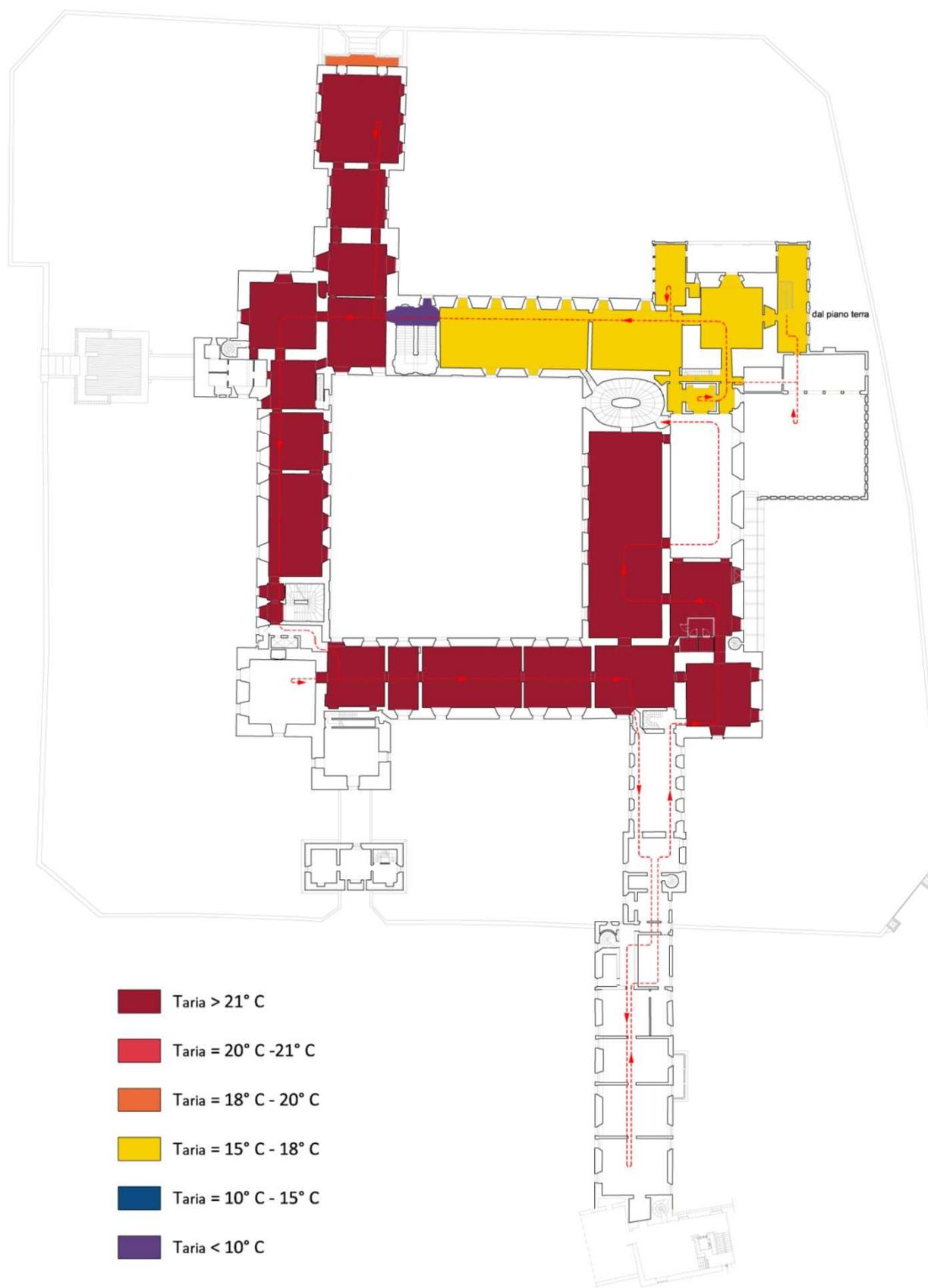
Dalle immagini è immediatamente visibile come in nessuna zona del museo si raggiungano le condizioni di temperatura ottimali, ovvero  $T_{\text{aria media}} = 20^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}$ .

È evidenziata dalle immagini seguenti elevata disomogeneità con zone non riscaldate che insistono su zone riscaldate. Le differenti tipologie di impianto impiegate per il riscaldamento del museo instaurano differenze di temperatura significative tra i diversi ambienti, con valori massimi intorno ai 24°C e valori minimi intorno ai 15°C.

I dati seguenti coadiuvati dall'analisi degli impianti, fornisce uno scenario rappresentativo dell'efficacia dei sistemi di riscaldamento impiegati e uno strumento importante per ottimizzarne il funzionamento.



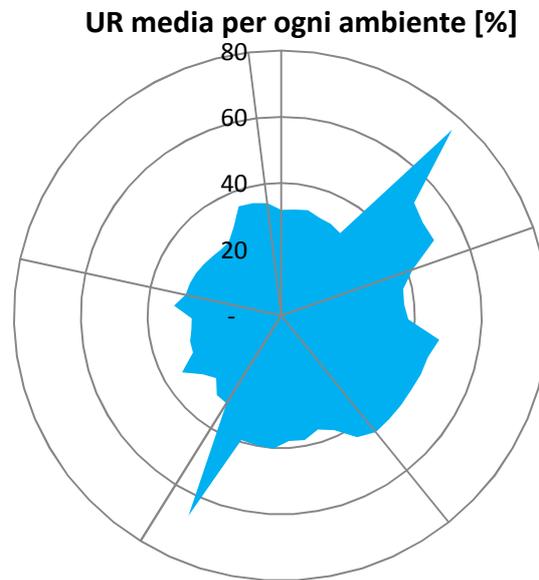
**Figura 24** - pianta piano terra: temperature interne per aree omogenee



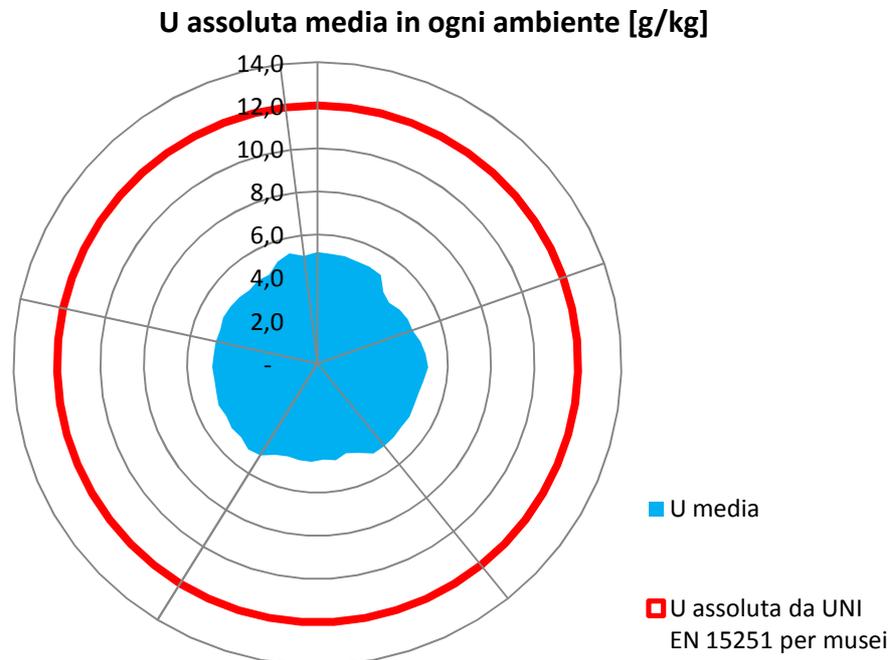
**Figura 25** - pianta piano primo: temperature interne per aree omogenee

### 5.2.2. Analisi microclima interno: umidità relativa e assoluta

Il grafico seguente mostra la distribuzione dell'umidità relativa all'interno del museo.



Le misure hanno evidenziato una variabilità dell'umidità relativa contenuta tra 25% e 50% con picchi di oltre il 65% in corrispondenza delle zone non riscaldate. Il grafico seguente riporta la variabilità dell'umidità assoluta.

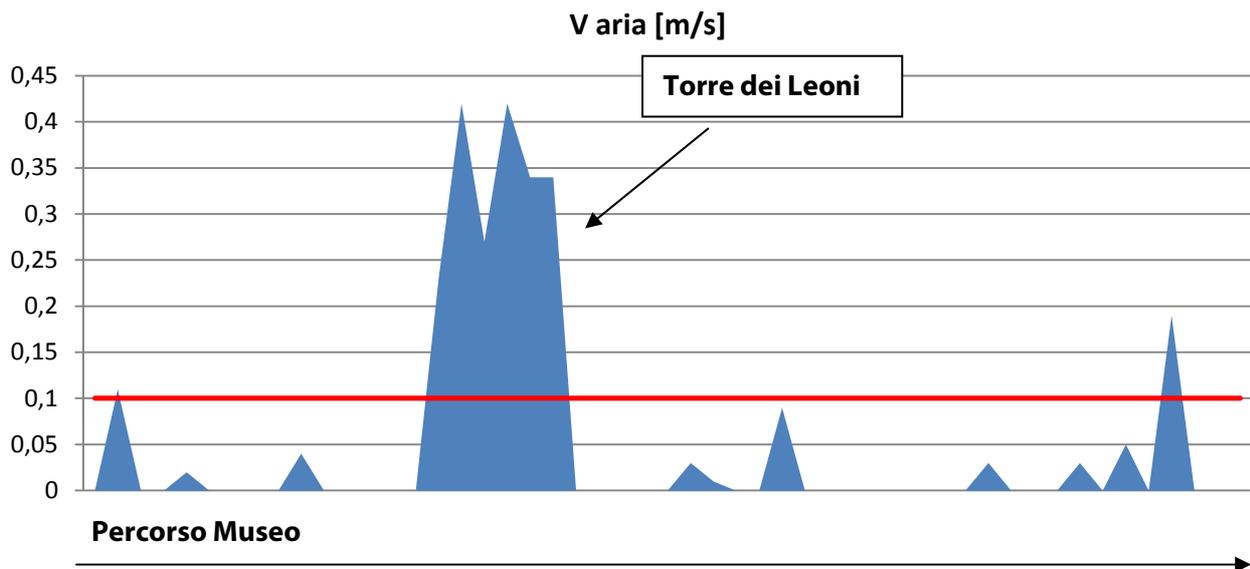


La norma UNI EN 15251 suggerisce, per quanto riguarda gli edifici destinati a museo, un limite massimo di umidità assoluta pari a 12 g/kg. Nel grafico sopra è evidenziato in rosso questo valore limite. Gli ambienti del museo sono tutti abbondantemente sotto il limite e presentano un valore costante di umidità assoluta.

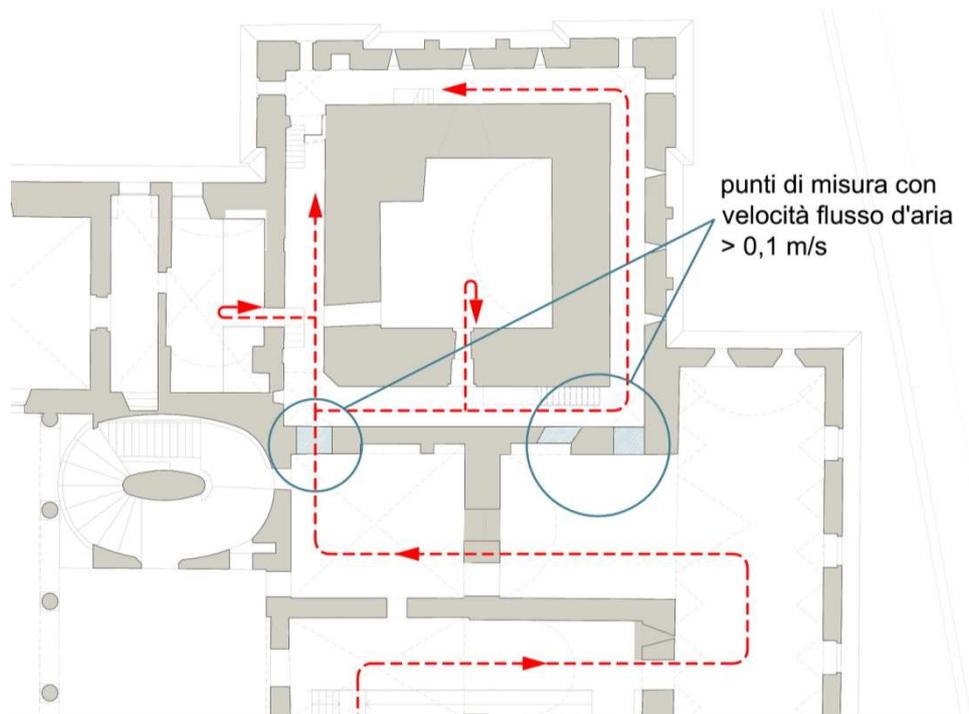
### 5.2.3. Analisi microclima interno: velocità dell'aria

Come mostrato nel grafico seguente, il percorso del museo presenta mediamente una situazione di comfort rispetto al flusso dell'aria, fatta eccezione per la zona di accesso alla Torre dei Leoni, dove si instaurano attraverso i varchi di accesso flussi d'aria intorno ai 0,4 m/s.

Si consideri che per limitare lo scambio convettivo e quindi la trasmissione di calore dal corpo umano all'aria circostante, viene considerato un valore massimo ammissibile di velocità dell'aria  $V=0.1\text{ m/s}$ . Questo limite è evidenziato nel grafico seguente con una linea rossa.



L'immagine seguente evidenzia i punti di misura ovvero in corrispondenza della Torre dei Leoni.

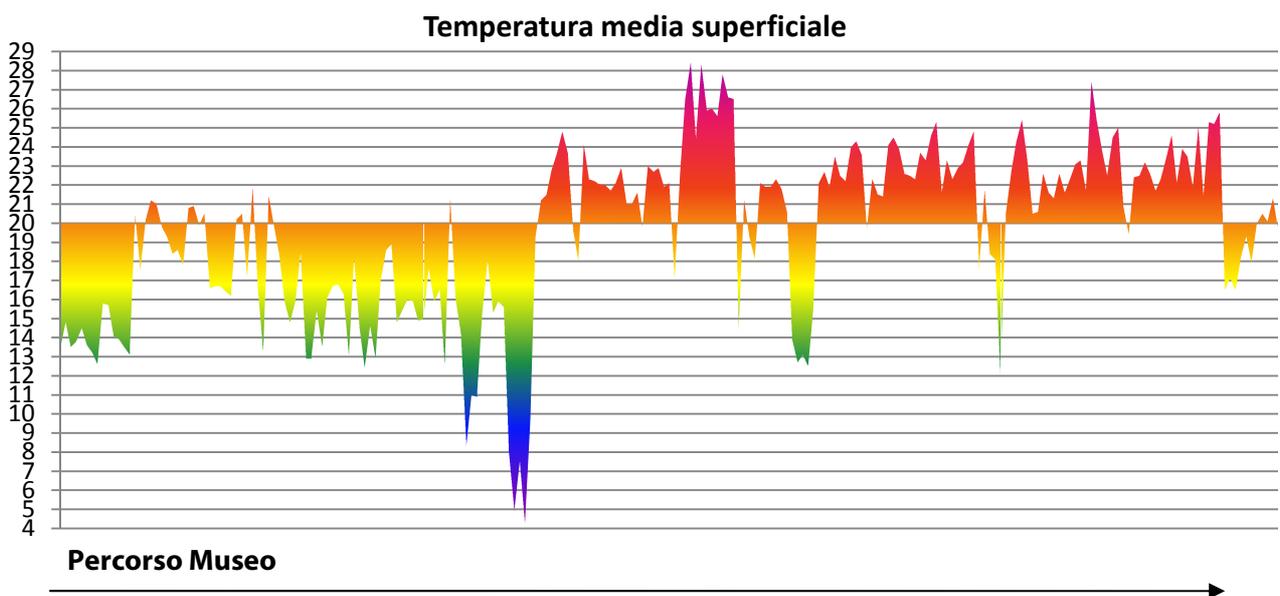


**Figura 26** - misura velocità dell'aria in corrispondenza della Torre dei Leoni

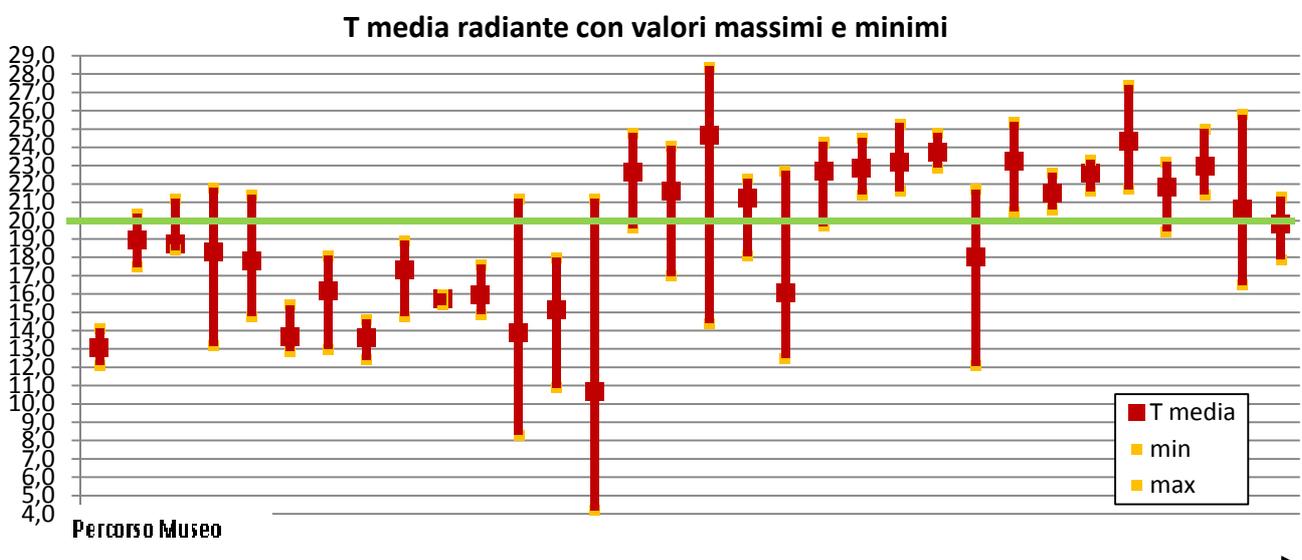
### 5.2.4. Analisi micro clima interno: temperature radianti

Il comfort legato al micro clima interno è influenzato anche dagli scambi radiativi tra corpo umano e superfici circostanti (pavimento, soffitto e pareti). Le temperature di tali superfici sono misurabili efficacemente con una termo camera a infrarossi. Oltre al valore medio radiante, di seguito si valuterà l'asimmetria radiante ovvero la differenza di temperatura tra le diverse superfici che confinano/circondano l'ambiente.

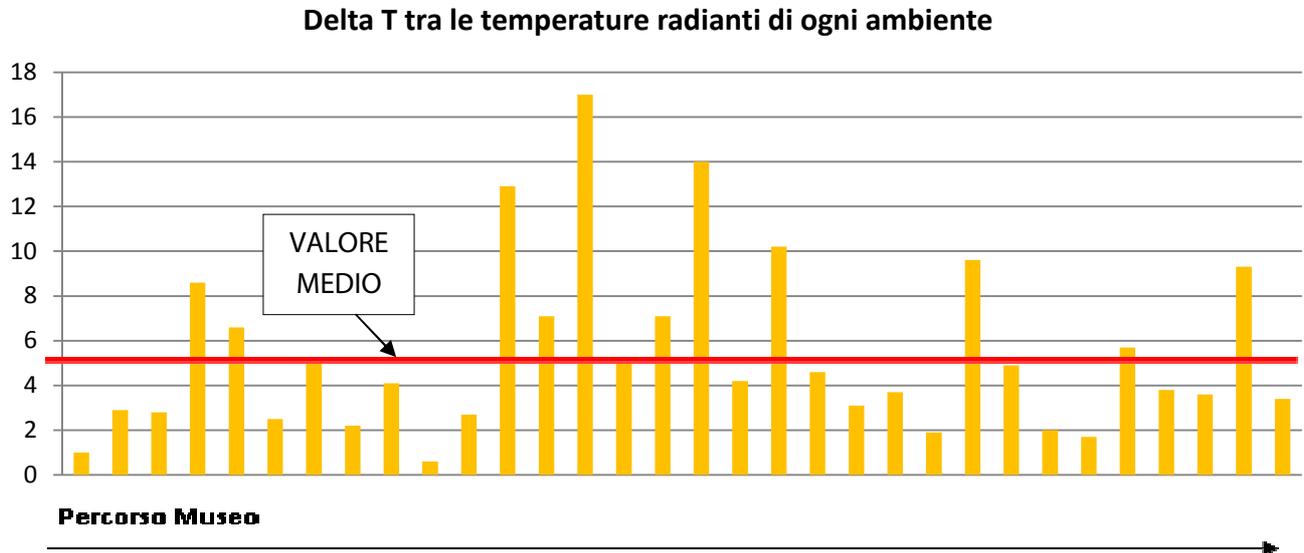
Il grafico seguente riporta le temperature medie superficiali delle superfici che irradiano energia verso i visitatori lungo il percorso museale.



I dati sopra mostrano tutte le superfici analizzate, offrono quindi una valutazione complessiva e qualitativa sulla disomogeneità della temperatura delle diverse pareti e solai lungo il percorso del museo. Per avere una valutazione più specifica dell'asimmetria radiante di ogni singolo ambiente, nel grafico seguente vengono mostrate le temperature medie radianti in ogni locale e relativi valori massimi e minimi.



La linea verde rappresenta il valore ottimale,  $T_{\text{media radiante}}=20^{\circ}\text{C}$ , dal quale si discostano le temperature medie radianti dei diversi locali. I valori massimi e minimi danno indicazioni sull'asimmetria radiante di pareti e solai. Per rendere più chiara la lettura di questa asimmetria, sono mostrati nel grafico seguente i Delta T tra le varie superfici, ovvero le differenze massime di temperatura tra le superfici che insistono in ogni locale e che irradiano contemporaneamente sul visitatore che lo occupa.



I grafici precedenti mostrano disomogeneità tra le temperature superficiali di alcuni locali, tuttavia il valore medio si attesta intorno ai  $5,5^{\circ}\text{C}$ , valore da considerarsi accettabile.

Le immagini seguenti, piano terra e piano primo, evidenziano quali ambienti risultano critici dal punto di vista delle asimmetrie radianti in quanto presentano valori di Delta T radiante superiore alla media ( $T_{\text{media}}=5,5^{\circ}\text{C}$ ).



**Figura 27** - piano terra e piano primo: locali critici per asimmetrie radianti

### 5.3. Misura in continuo della temperatura interna e dell'umidità relativa

Oltre alla valutazione delle caratteristiche termiche delle strutture sono state monitorate nel tempo anche le temperature dell'aria interna di quattro stanze caratterizzate da differenti sistemi di emissione:

- pannelli radianti
- ventilconvettori
- radiatore + ventilconvettori
- radiatori

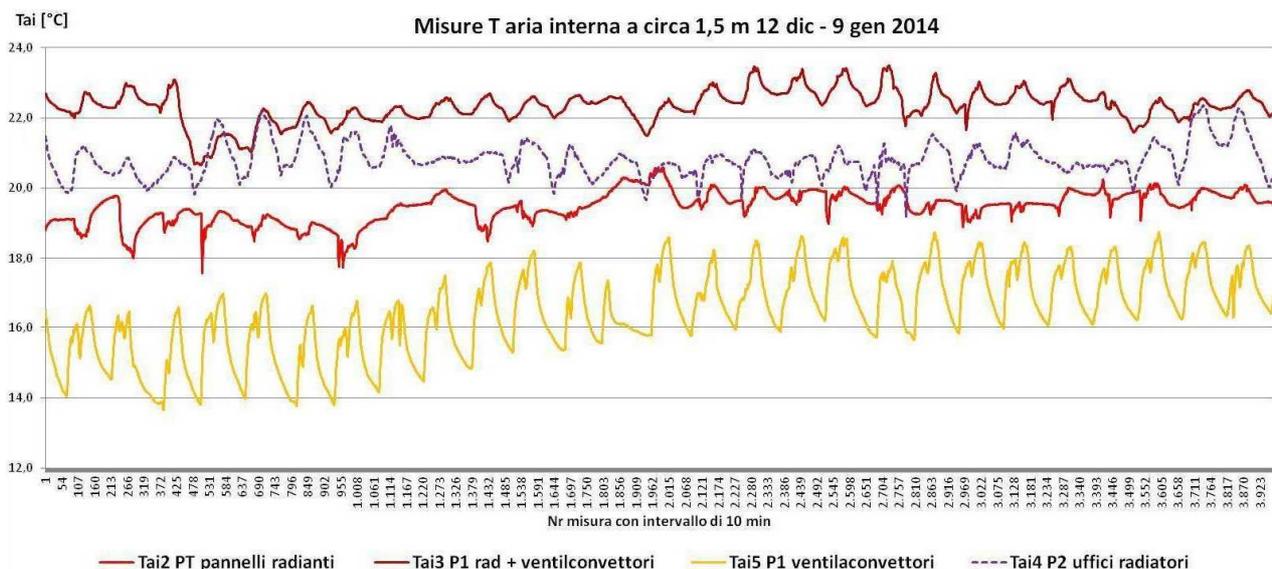


**Figura 28** - Punto misura posizionato all'interno: nr 1 sonda igrotermica



**Figura 29** - Punto misura posizionato all'interno: nr 1 sonda igrotermica

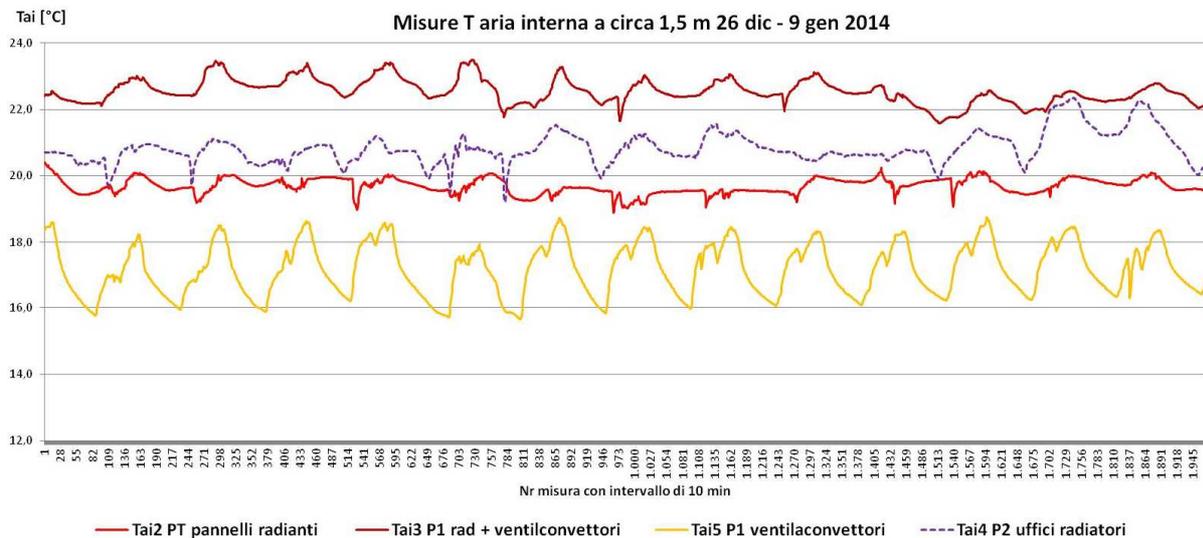
Il monitoraggio è stato realizzato per un periodo che va dal 12 dicembre al 9 gennaio ai fini di monitorare la temperatura media dell'aria nei vari ambienti, le bande di oscillazione dei vari sistemi di emissione collegati al tipo di regolazione e il comportamento degli ambienti in funzione del tipo di corpo scaldante. Tutte le valutazioni che seguono sono state eseguite sulla base dei dati misurati nel periodo e campionati ogni 15 minuti. Il seguente grafico riassume i dati nel complesso.



**Figura 30** - Temperatura dell'aria interna di quattro stanze tipo

### 5.3.1. Temperatura media registrata

L'oscillazione dei valori di temperatura mostra come al variare del sistema di emissione scelto (unitamente all'inerzia dell'edificio e al sistema di regolazione) vari il comportamento che è da considerarsi eterogeneo all'interno dell'edificio. La temperatura dell'aria è stata misurata ad altezze rappresentative del comfort da garantire agli utenti (tra 1,5 m e 2m). Segue il grafico di un periodo più limitato, ma più omogeneo sulla base del quale sono state effettuate le successive valutazioni (dal 26 dicembre 2013 al 9 gennaio 2014).



**Figura 31** - Temperatura dell'aria interna di tre stanze tipo in due giorni

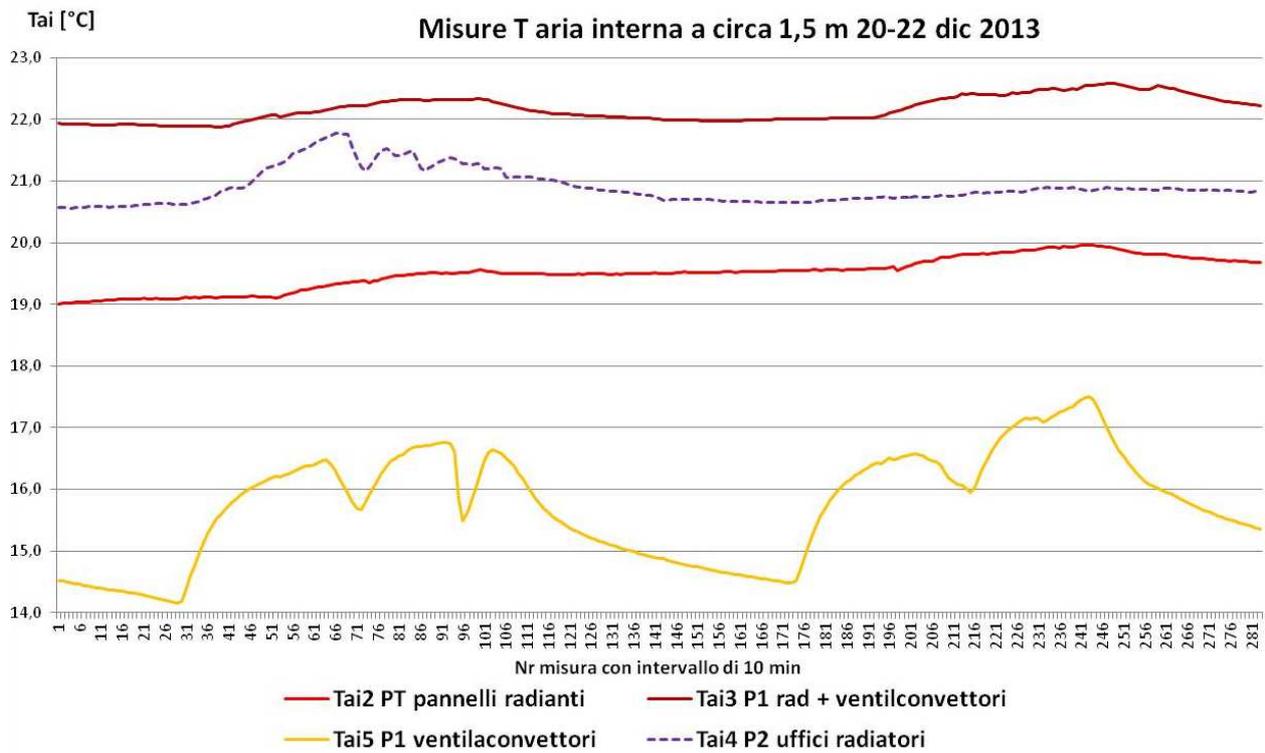
La seguente tabella riassume alcuni dati rappresentativi. La temperatura media dell'aria nei locali correttamente riscaldati è compresa tra valori di 19.7 e 22.5 °C. Il locale analizzato al piano primo non è correttamente riscaldato poiché uno dei corpi scaldanti non era funzionante. Si è proceduto quindi alla valutazione delle deviazioni standard per ogni istante e quindi alla indicazione di qual è la banda di oscillazione media.

PIANO	TIPOLOGIA CORPO SCALDANTE	TEMPERATURA DELL'ARIA MEDIA	BANDA DI OSCILLAZIONE
piano terra	pannelli radianti	19.7 [°C]	0.46 [°C]
piano terra	pannelli radianti e ventilconvettori	22.5 [°C]	0.73 [°C]
piano secondo	radiatori	20.08 [°C]	0.95 [°C]
<b>valore medio</b>		<b>21.0 [°C]</b>	<b>0.71 [°C]</b>
piano primo	ventilconvettore	17.2 [°C]	1.57 [°C]

La tipologia con la minore oscillazione di temperatura è quella con corpo emittente a maggiore inerzia inserito in edificio di elevata inerzia (banda oscillazione 0.46 °C). Le altre tipologie sono comunque con una banda al di sotto di 1°C.

La banda del ventilconvettore è invece particolarmente elevata nonostante l'inerzia dell'edificio. Realizzando una media del comportamento (escludendo il caso non adeguatamente riscaldato) il valore di temperatura dell'aria è di 21.0 °C e il valore di banda di oscillazione è pari a 0.71 °C.

Il grafico seguente mostra solo due giorni di valutazione per meglio evidenziare i dati in tabella.



**Figura 32** - Temperatura dell'aria interna di tre stanze tipo in due giorni

## 5.4. Report termografico

Lo scopo dell'indagine termografica dei prospetti esterni è verificare la distribuzione di temperatura superficiale esterna per stabilire la correttezza dei valori di maggiorazione percentuale dovuta alla presenza di ponti termici. Per approfondimenti si rimanda al report termografico completo in allegato.

### 5.4.1. Condizioni al contorno

#### Irraggiamento solare e temperatura dell'aria esterna

L'esame termografico è da effettuarsi preferibilmente in condizioni di differenza di temperatura costante e pressione costante (ovvero in condizioni in opera il più possibili vicine alle condizioni stazionarie). La misura è stata condotta di sera (ore 23:00 – 01:00) del 12 dicembre 2013 con adeguati valori di differenza di temperatura tra l'aria esterna ( $T_{ae}$  = da  $-3^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$ ) e l'aria interna del castello ( $T_{ai}$  =  $19-22^{\circ}\text{C}$ ) e assenza di vento forte; la misura è stata condotta con condizioni temporali favorevoli. L'assenza di irraggiamento solare nel periodo precedente all'ora del sopralluogo (8 ore) assicura la marginalità di fenomeni di rilascio ed accumulo di energia, la condizione è stata rispettata poiché era una giornata nebbiosa.

#### Dati generali di acquisizione e della strumentazione

UR = 80 % -  $T_{\text{aria}}$  = circa  $-1^{\circ}\text{C}$

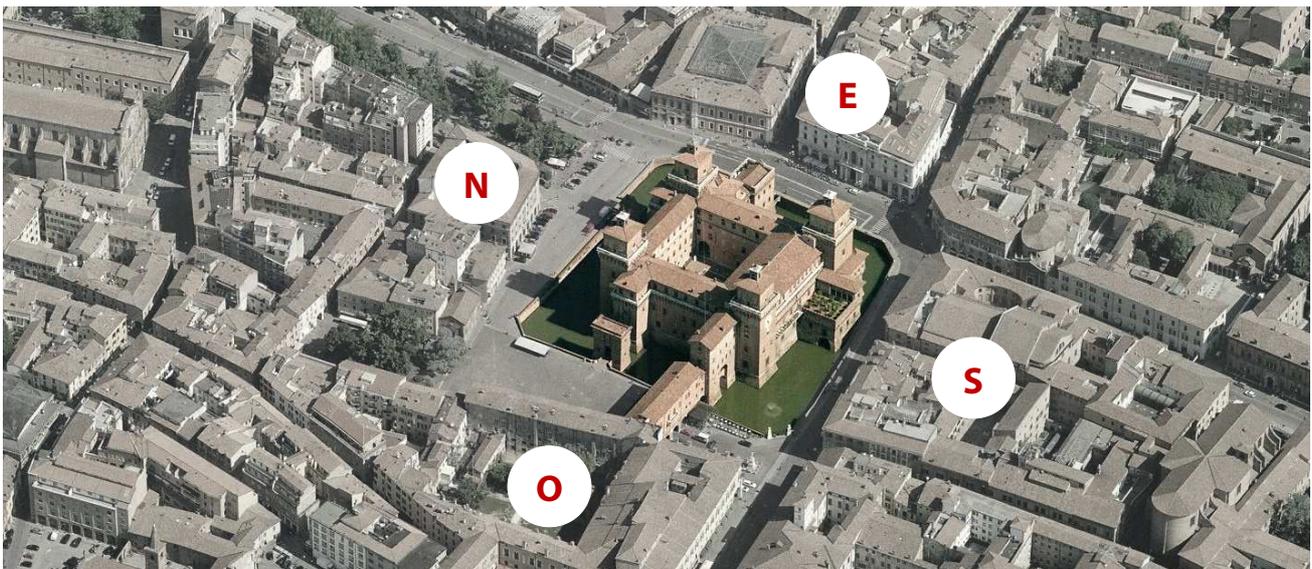
Dati della termocamera: Flir Systems T640

Temperatura riflessa =  $5^{\circ}\text{C}$  (superfici edifici nelle vicinanze)

Temperatura dell'aria =  $0^{\circ}\text{C}$

Distanza = 10-25 m

### 5.4.2. Localizzazione edificio oggetto di indagine



**Figura 33** - Foto aerea edificio – le immagini termografiche riguardano i prospetti

### 5.4.3. Risultati per i prospetti esterni

I prospetti ovest, est, nord e sud sono stati oggetto di analisi. Le immagini che seguono sono un estratto dell'intera campagna d'indagine (raccolta in un report a parte) che confermano la sostanziale omogeneità di distribuzione di temperatura superficiale esterna. La maggiorazione percentuale da applicare al modello di dispersione dovuta alla presenza di ponti termici è imputabile quindi ad un **5%** in accordo con la normativa di calcolo UNI TS 11300-1.

Descrizione della parete	$F_{PT}$
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e con ponti termici corretti	0,05
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti-balconi	0,15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	0,05
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	0,10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	0,10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	0,20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	0,30

**Prospetto IV– Maggiorazioni percentuali relative alla presenza di ponti termici in edifici esistenti**

**Figura 34** - Prospetto IV – UNI TS 113300-1 sul calcolo del fabbisogno energetico utile

Seguono due esempi estratti dal report termografico dei prospetti esterni.



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-1.1 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.8 °C
Ar2 Average Temperature	-1.1 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar3 Average Temperature	-0.9 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.5 °C
Ar4 Average Temperature	-0.8 °C
Ar4 Max - Min Temperature	0.5 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.0 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.7 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar2 Average Temperature	-0.6 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.8 °C
Ar3 Average Temperature	-0.1 °C
Ar3 Max - Min Temperature	2.4 °C
Ar4 Average Temperature	-0.3 °C
Ar4 Max - Min Temperature	9.9 °C
Temperatura media aree	-0
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.2 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Il marcatore azzurro evidenzia una consistente anomalia termica probabilmente dovuta ad un passaggio impiantistico posizionato sul paramento esterno.

Il marcatore rosso evidenzia la presenza di corpi scaldanti che scaldano maggiormente e localmente la parete.

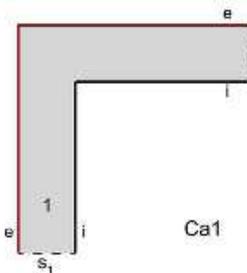
Il valore di maggiorazione del 5% è confermato da una valutazione predittiva su una porzione di parete portata ad esempio dove i valori dei coefficienti lineici sono stati valutati agli elementi finiti nel rapporto che segue. La valutazione predittiva porta ad una maggiorazione del 3%.

Valutazione dell'incidenza dei ponti termici semplificata su parete 10X10						
Area disperdente	L	Altezza	Area	U	H	%
	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/K]	
	10	10	100	0,48	48	
Ponti termici				Psi		
				[W/mK]		
Serramento	12			0,5	6	
Angolo esterno	10			-0,67	-6,7	
Solaio	20			-0,03	-0,6	
Angolo interno	10			0,26	2,6	
					1,3	3%

### Rapporto creato con Iris versione 2.1 in data 10/01/2014

Il calcolo numerico applicato ai ponti termici comporta un errore stimato dei risultati pari al 5% in accordo con le indicazioni di riferimento della norma UNI EN 14683.

### Ponte Angolo esterno



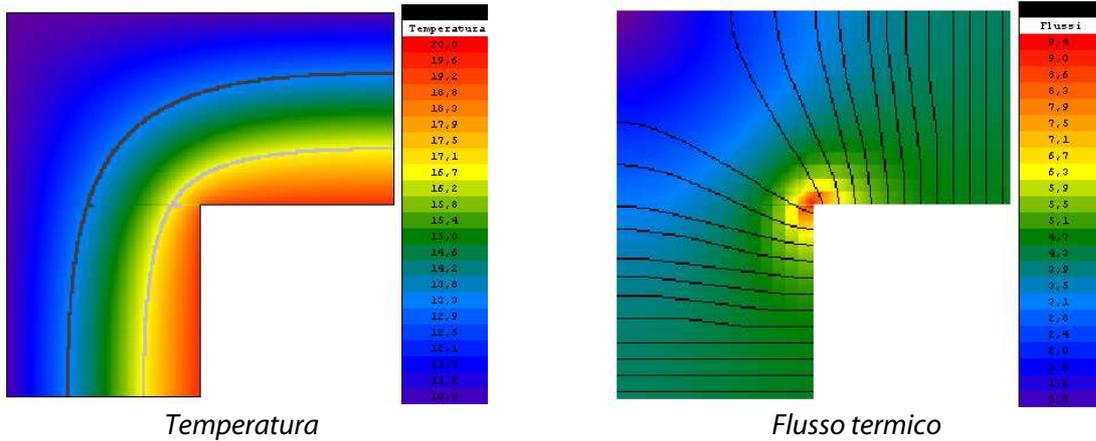
DESCRIZIONE MATERIALI:

ELEMENTO	MATERIALE	CONDUTTIVITÀ [W/mK]	SPESSORE [cm]
1	Mattone pieno	0,49	100

CONDIZIONI AL CONTORNO

Località	FERRARA
Temperatura esterna	10.4 °C
Temperatura interna	20.0 °C
Umidità relativa interna	65.0 %

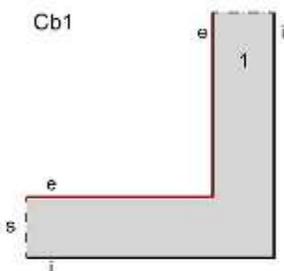
## RISULTATI DI CALCOLO



Calcolo del coefficiente lineico (trasmittanza lineica) del ponte termico

<b>Coefficiente lineico <math>\Psi_e</math> per misure esterne</b>	<b>-0,6732 W/mK</b>
--	---------------------

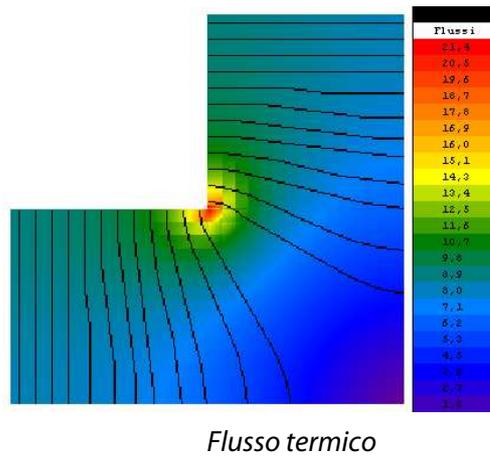
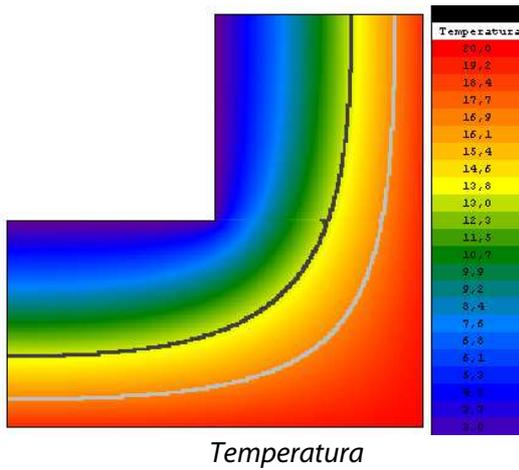
### Ponte Angolo interno



DESCRIZIONE MATERIALI:

ELEMENTO	MATERIALE	CONDUTTIVITÀ [W/mK]	SPESSORE [cm]
1	Mattone pieno	0,5	100

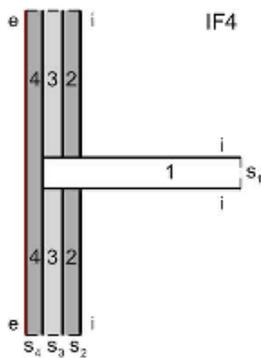
## RISULTATI DI CALCOLO



Calcolo del coefficiente lineico (trasmissione lineica) del ponte termico

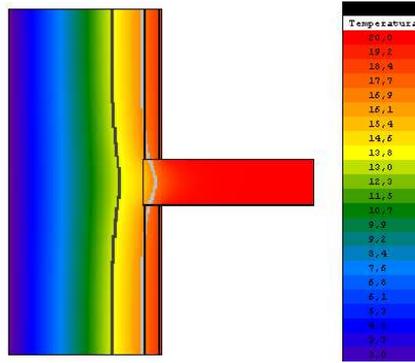
<b>Coefficiente lineico <math>\Psi_e</math> per misure esterne</b>	<b>0,2646 W/mK</b>
--	--------------------

### Ponte Solaio

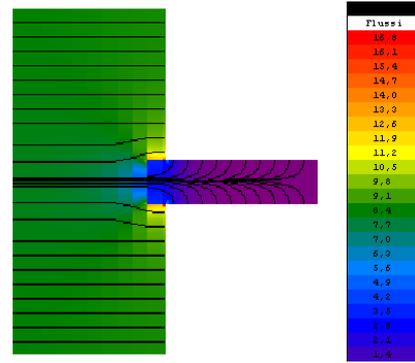


DESCRIZIONE MATERIALI:

ELEMENTO	MATERIALE	CONDUTTIVITÀ [W/mK]	SPESSORE [cm]
1	Legno	0,13	30
2	Intonaco	0,9	2
3	Mattone pieno	0,5	10
4	Mattone pieno	0,5	90



Temperatura



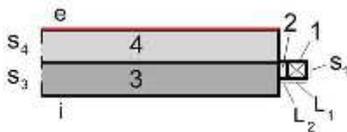
Flusso termico

Calcolo del coefficiente lineico (trasmissione lineica) del ponte termico

<b>Coefficiente lineico <math>\Psi_e</math> per misure esterne</b>	<b>-0,0267 W/mK</b>
--	---------------------

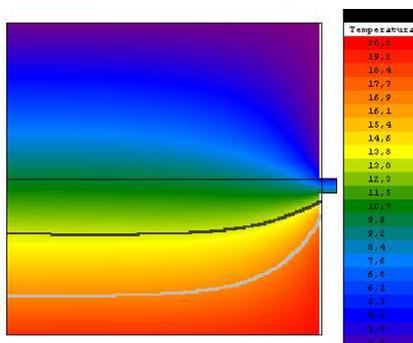
### Ponte Serramento

W5

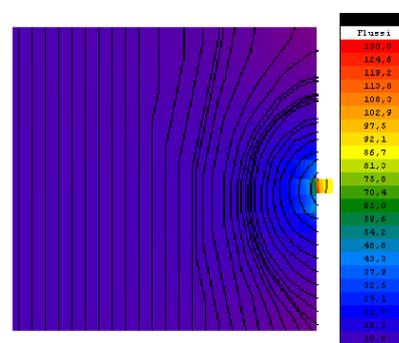


DESCRIZIONE MATERIALI:

ELEMENTO	MATERIALE	CONDUTTIVITÀ [W/mK]	SPESSORE [cm]
1	Telaio	0,9	5
2	Contro telaio	2	0
3	Mattoni pieni	0,5	50
4	Mattoni pieni	0,5	50



Temperatura



Flusso termico

Calcolo del coefficiente lineico (trasmissione lineica) del ponte termico

<b>Coefficiente lineico <math>\Psi_e</math> per misure esterne</b>	<b>0,4948 W/mK</b>
--	--------------------

## 6. CONSUMI REALI

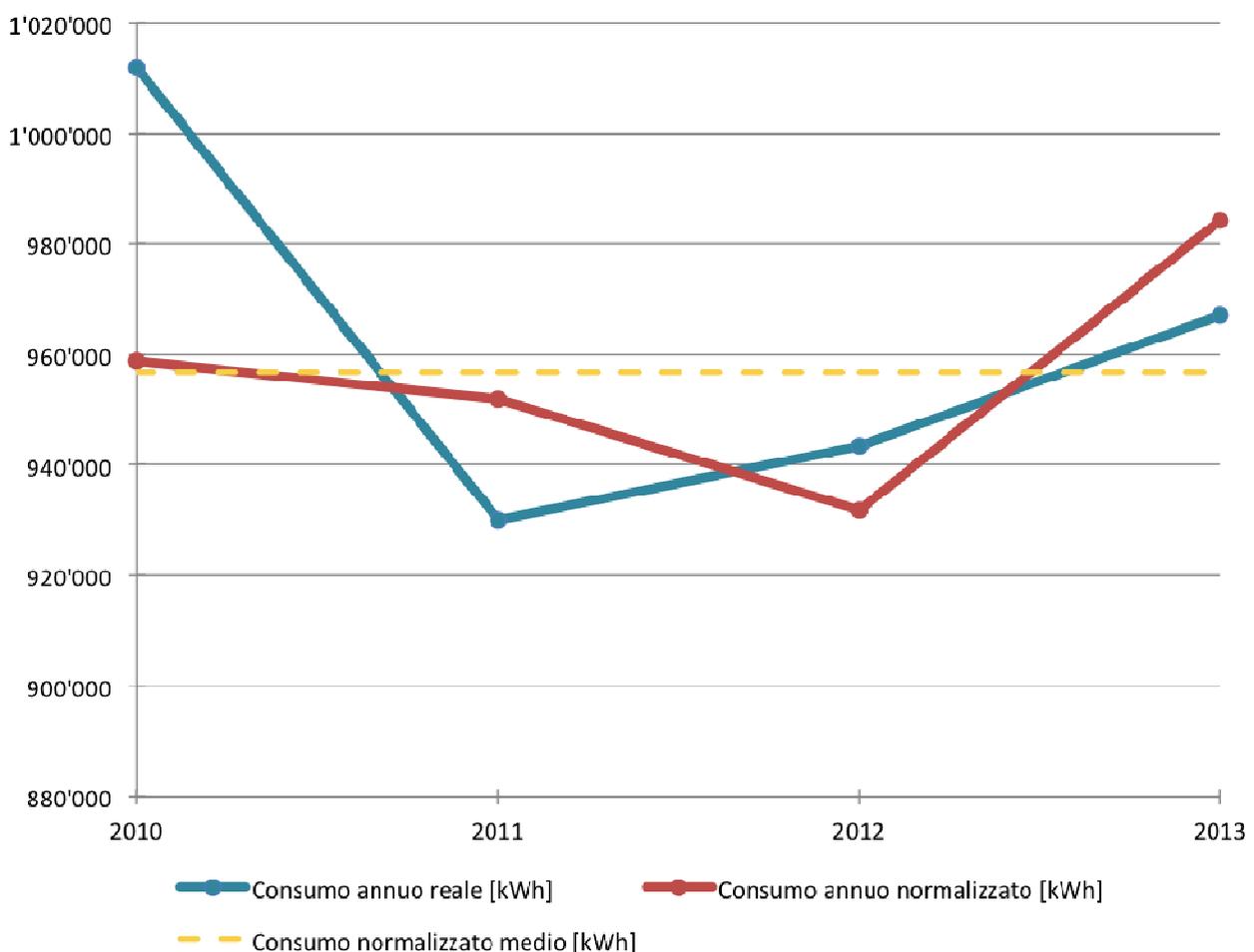
### 6.1. Andamento storico dei consumi termici ed elettrici

#### 6.1.1. Consumi termici

Per determinare i consumi termici per il riscaldamento sono state richieste alla Provincia di Ferrara le bollette del teleriscaldamento degli ultimi quattro anni. I dati di consumo si riferiscono all'intero Castello Estense, che è servito da una sola utenza senza contabilizzazione di calore separata.

I dati "grezzi" di consumo sono stati rielaborati normalizzandoli rispetto al rapporto tra gradi giorno reali e gradi giorno da normativa. In questo modo è possibile tener conto dell'influenza delle condizioni climatiche esterne sui consumi.

La tabella ed il grafico seguenti riportano una sintesi dei dati così ottenuti.



**Figura 35** - consumi reali, normalizzati e medi del quadriennio 2010-2013.

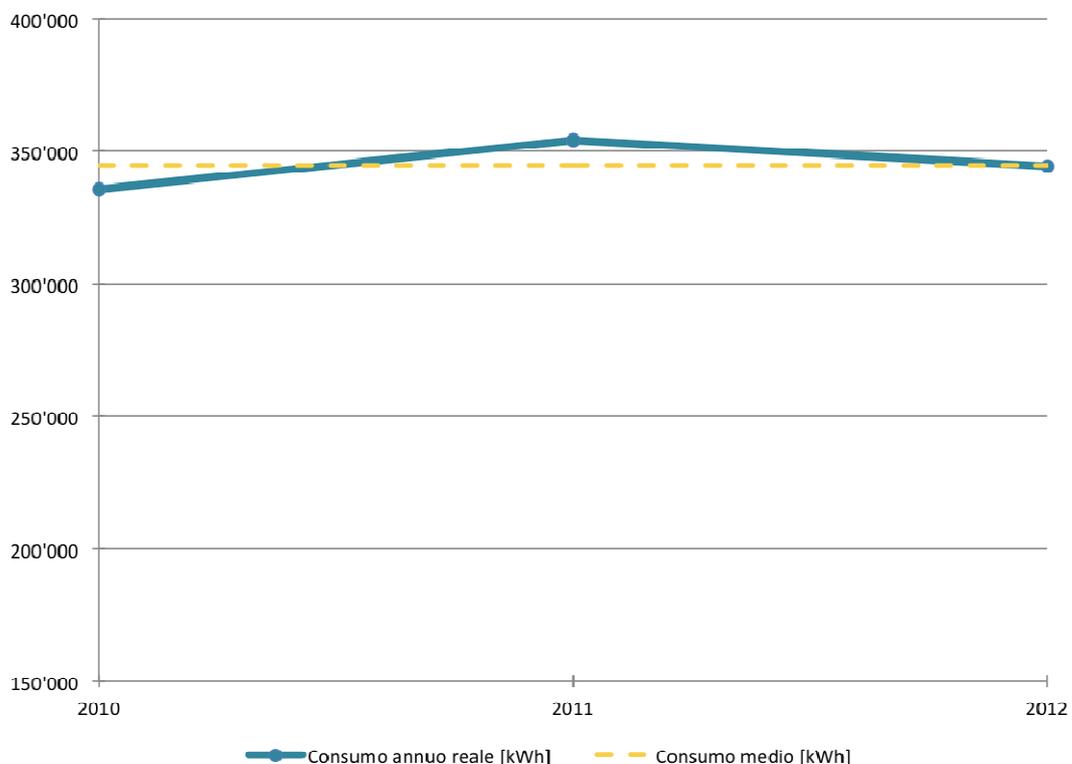
CONSUMI TERMICI CASTELLO ESTENSE			
Anno	Consumi reali [kWh]	Fattore di correzione	Consumi corretti [kWh]
2010	1'012'000	0.95	958'941
2011	929'970	1.02	951'914
2012	943'460	0.99	931'787
2013	967'050	1.02	984'393
<b>media</b>	<b>963'120</b>	-	<b>956'759</b>

Si può notare come il consumo si attesti attorno ai 950'00 kWh annui, che corrispondono ad una media di spesa di circa 92'000€.

### 6.1.2. Consumi elettrici

Analogamente a quanto fatto per il consumo termico, anche per determinare i consumi elettrici sono state richieste alla Provincia di Ferrara le bollette del fornitore dell'energia degli ultimi quattro anni. Anche in questo caso dati di consumo si riferiscono all'intero Castello Estense, che è servito da una sola utenza senza contabilizzazione di calore separata.

La tabella ed il grafico seguenti riportano una sintesi dei dati così ottenuti.



**Figura 36** - consumi elettrici del Castello Estense, ( fonte: Provincia di Ferrara - nostra elaborazione)

CONSUMI ELETTRICI CASTELLO ESTENSE	
Anno	Consumi reali [kWh]
2010	335'623
2011	354'221
2012	344'448
2013*	280'958
<b>media (incluso)</b>	<b>328'812</b>
<b>media (escluso)</b>	<b>344'764</b>

Bisogna sottolineare che i dati del 2013 risultano parziali, mancano infatti le bollette dell'ultimo bimestre. Per questo motivo si è scelto di fare le valutazioni escludendo tale anno. Il consumo si attesta attorno ai 345'000 kWh annui, che corrispondono ad una media di spesa di circa 64'000€.

## 6.2. Attribuzione dei consumi termici ed elettrici alla sola parte adibita a museo

Allo stato attuale non è in essere alcuna contabilizzazione separata dai consumi tra la porzione di castello adibita a museo ed il resto dell'edificio. Ai fini della validazione del modello di calcolo e della stima dei tempi di ritorno degli interventi migliorativi è fondamentale stimare la quota parte di consumo termico ed elettrico da attribuirsi alla sola zona oggetto di studio.

Si è proceduto in prima battuta a ripartire i consumi in base ai volumi delle due zone, come mostrato nella tabella riassuntiva:

RIPARTIZIONE CONSUMI CASTELLO ESTENSE			
Zona	Volume [m <sup>3</sup> ]	Consumo termico ponderato [kWh]	Consumo elettrico ponderato [kWh]
Museo	20'042	564'526	202'081
Uffici	14'151	398'594	142'683
<b>TOTALE</b>	<b>34'193</b>	<b>963'120</b>	<b>344'764</b>

Sono stati quindi applicati dei fattori correttivi in funzione di particolari condizioni al contorno. I fattori correttivi sono dei coefficienti per cui viene moltiplicato volume delle zone per ottenere un volume "virtuale" in base al quale effettuare le ripartizioni.

In particolare sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

- **FC1 - Profilo d'uso degli ambienti e di accensione dell'impianto:** dalle informazioni in nostro possesso si può stabilire che l'impianto di riscaldamento degli uffici è attivo sei giorni alla settimana, mentre quello del museo sette. Si è quindi in questo caso optato per un fattore correttivo per l'area museo pari a **1.15**.
- **FC2 - Esposizione:** si è considerato che la porzione degli uffici ha una vasta superficie disperdente verso sottotetto. È anche vero anche che il museo ha significative porzioni esposte verso portici e ambienti non riscaldati, pertanto in questo caso si è optato per un fattore correttivo pari a **1**.

- **FC3 - Apparecchiature presenti:** per la ripartizione degli usi elettrici è necessario considerare il tipo ed il numero di apparecchiature presenti nelle due zone. Dal rilievo effettuato risulta che nella zona adibita a museo gli usi elettrici sono quasi totalmente riconducibili all'illuminazione, mentre nella parte adibita ad uffici sono stati individuate altre apparecchiature quali condizionatori, computer, stampanti, etc. Per questo motivo si è ipotizzato un coefficiente **1.1** da applicare agli uffici. Tale fattore correttivo è stato chiaramente applicato solo ai consumi elettrici.

I consumi ripartiti considerati nelle analisi sono quindi quelli riportati nelle tabelle seguenti:

RIPARTIZIONE CONSUMI TERMICI CASTELLO ESTENSE					
Zona	Volume [m <sup>3</sup> ]	FC1	FC2	Volume virtuale [m <sup>3</sup> ]	Consumo termico corretto [kWh]
Museo	20'042	1.15	1.00	23'048	596'739
Uffici	14'151	1.00	1.00	14'151	366'381
<b>TOTALE</b>	<b>34'193</b>	-	-	<b>37'199</b>	<b>963'120</b>

RIPARTIZIONE CONSUMI ELETTRICI CASTELLO ESTENSE					
Zona	Volume [m <sup>3</sup> ]	FC1	FC3	Volume virtuale [m <sup>3</sup> ]	Consumo elettrico corretto [kWh]
Museo	20'042	1.15	1.00	23'048	205'784
Uffici	14'151	1.00	1.10	15'566	138'980
<b>TOTALE</b>	<b>34'193</b>	-	-	<b>38'614</b>	<b>344'764</b>

## 7. MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO

### 7.1. Descrizione del programma utilizzato per la modellazione

Partendo dall'accurato rilievo del sistema edificio-impianto è stato possibile realizzare un modello mediante uno specifico software di calcolo termotecnico prodotto da Edilclima s.r.l.; in particolare, si tratta del software EC700 che, nella sua ultima versione, risulta essere conforme alle normative UNI TS 11300 parti 1-2-3-4.

Punto di partenza è stata la modellazione della struttura in modo tale da individuare gli effettivi carichi termici di dispersione e ventilazione naturale richiesti per il soddisfacimento delle condizioni ambientali interne richieste. In seguito, mediante l'inserimento delle caratteristiche impiantistiche in termini di sistema di produzione e vettoriamento del calore, unito alle caratteristiche del sistema di ventilazione meccanica controllata è stato possibile individuare le potenze termiche effettivamente richieste dal sistema. Il software ha poi consentito di calcolare l'energia primaria richiesta per l'esercizio della struttura, intesa sia come energia sotto forma di combustibile di riscaldamento sia come energia elettrica necessaria al funzionamento degli ausiliari.

I calcoli e i relativi risultati sono riportati all'interno del documento "**ALLEGATO DI CALCOLO**".

### 7.2. Principali risultati dei calcoli

Il modello di calcolo, realizzato come descritto nel paragrafo precedente ha permesso di stimare il consumo energetico annuo per il riscaldamento. Tale valore è stato confrontato con i dati di consumo reale ripartiti e ponderati secondo la metodologia precedentemente esposta.

Il modello ha le caratteristiche geometriche di seguito riportate:

DATI GEOMETRICI SALIENTI DEL MODELLO	
Superficie netta [m <sup>2</sup> ]	3'323.8
Superficie lorda [m <sup>2</sup> ]	9'557.6
Volume netto [m <sup>3</sup> ]	20'042.5
Volume lordo [m <sup>3</sup> ]	33'878.7
Rapporto S/V	0.28

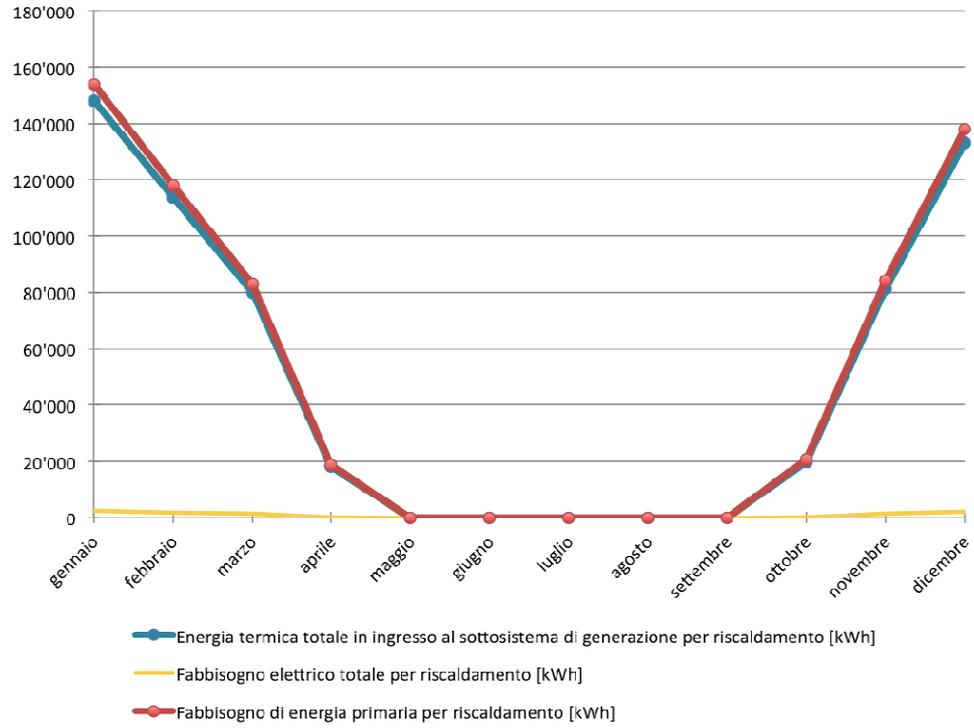
La potenza totale dispersa dall'edificio, considerando dispersioni per ventilazione, per trasmissione e per intermittenza è pari a 381'159 W.

Il rendimento globale medio stagionale del sistema edificio impianto è pari al 77.2% ed i singoli sottosistemi hanno i rendimenti riportati in tabella:

RENDIMENTI SOTTOSISTEMI IMPIANTISTICI	
Rendimento di emissione	94.3 %
Rendimento di regolazione	91.1 %
Rendimento di distribuzione	93.9 %
Rendimento di generazione	99.3 %

Al fine di verificare la congruenza del modello di calcolo con lo stato di fatto dell'edificio è stato necessario calcolare l'energia termica totale in ingresso al sottosistema di generazione, dato confrontabile con i valori di consumo reale ripartiti come indicato nei capitoli precedenti. A fronte di un consumo reale ripartito e corretto di 596'739 kWh il modello restituisce un valore di calcolo di 593'260 kWh, con uno scarto inferiore all'1%. Il modello si può quindi considerare validato e rappresentativo dello stato di fatto dei luoghi.

FABBISOGNO TERMICO ED ELETTRICO PER IL RISCALDAMENTO			
Mese	Energia termica totale in ingresso al sottosistema di generazione per riscaldamento [kWh]	Fabbisogno elettrico totale per riscaldamento [kWh]	Fabbisogno di energia primaria per riscaldamento [kWh]
gennaio	148050	2565	153626
febbraio	113463	1964	117732
marzo	79823	1377	82817
aprile	17927	306	18592
maggio	-	-	-
giugno	-	-	-
luglio	-	-	-
agosto	-	-	-
settembre	-	-	-
ottobre	19805	338	20539
novembre	81191	1401	84237
dicembre	133001	2303	138007
<b>TOTALE</b>	<b>593260</b>	<b>10253</b>	<b>615550</b>



**Figura 37** - fabbisogno termico ed elettrico mensile per il riscaldamento, nostra simulazione

Ulteriori dettagli circa i risultati dei calcoli sono riportati nell'**ALLEGATO DI CALCOLO**.

## 8. PROPOSTE PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

### 8.1. Azioni per il contenimento dei consumi energetici

Alla luce di quanto emerso dai sopralluoghi, dalle misure sperimentali e dalla modellazione sono state individuate alcune criticità all'interno del sistema edificio-impianto sia per quanto riguarda gli usi termici che dal punto di vista elettrico.

Per quanto riguarda gli **aspetti termici** le principali problematiche individuate sono:

- » mediocri prestazioni delle pareti in termini di trasmittanza termica;
- » scarse prestazioni dei serramenti e delle chiusure orizzontale;
- » presenza di zone circoscritte configurate come "punti deboli" nell'involucro;
- » sistema di regolazione delle temperature con bassi rendimenti;
- » mancanza di una netta separazione tra zone a temperatura controllata e zone non climatizzate in alcune porzioni del museo;
- » mancanza delle condizioni di benessere degli utenti a causa di temperatura non ottimali in alcune sale;
- » escursione termica lungo il percorso museale che causa sensazioni sgradevoli agli occupanti;
- » scarsa conoscenza dei consumi reali e dei profili di utilizzo;
- » vetustà dei sistemi di emissione ad aria (ventilconvettori) con conseguenti scarse prestazioni;
- » mancanza di suddivisione idraulica in zone termiche con differenti condizioni di utilizzo.

Dal punto di vista degli **usi elettrici** emergono le seguenti criticità:

- » utilizzo di sistemi di illuminazione a bassa efficienza energetica;
- » difficoltà nel raggiungimento di livelli di illuminazione ottimale degli ambienti;
- » presenza di ausiliari elettrici obsoleti nell'impianto di riscaldamento (pompe di circolazione).

Sono state individuate delle azioni di efficientamento energetico in grado di risolvere o almeno mitigare le criticità emerse. Nella valutazione delle azioni da proporre si è tenuto conto, oltre che della fattibilità tecnica in senso stretto e della sostenibilità in termini economici, anche della possibilità di implementare le singole azioni su un bene storico vincolato come il Castello Estense limitando l'invasività dell'intervento.

Ulteriori considerazioni sull'approccio all'efficientamento energetico in edifici di questo tipo sono riportate nelle **"LINEE GUIDA SULL'USO DI TECNOLOGIE BASATE SU ENERGIE RINNOVABILI E VOLTE AL RISPARMIO ENERGETICO ALL'INTERNO DI EDIFICI STORICI TUTELATI ED ADIBITI A FRUIZIONE PUBBLICA DEI BENI CULTURALI"** allegate.

Gli interventi sono stati analizzati con diversi livelli di dettaglio:

- » **Livello 1:** sono interventi il cui effetto è stato valutato puntualmente in termini di costo e di risparmio energetico ottenibile, tramite l'utilizzo del modello di calcolo elaborato. Le principali azioni individuate sono:
  - installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti;
  - compartimentazione dell'edificio;
  - sostituzione delle pompe di circolazione dell'impianto;

- sostituzione dei ventilconvettori obsoleti con elementi più efficienti;
  - telecontrollo e monitoraggio dell'impianto di riscaldamento;
- » **Livello 2:** sono interventi il cui effetto può variare significativamente così come possono oscillare i costi di implementazione. Sono riportate delle stime basate su dati di letteratura e sull'esperienza dei progettisti. Le azioni consigliate sono:
- sostituzione di corpi illuminanti;
  - suddivisione del volume riscaldato in zone termiche distinte;
- » **Livello 3:** rientrano in questa categoria gli interventi la cui quantificazione richiederebbe uno studio specialistico approfondito e che quindi non sono stimabili a priori in termini numerici:
- azioni volte al miglioramento delle condizioni di benessere degli ambienti del museo;
  - risoluzione di difetti puntuali nel sistema edificio-impianto;
  - revisione completa del sistema di illuminazione interno ed esterno.

## 8.2. Schede di dettaglio delle azioni

A seguire sono riportate le schede specifiche in cui si approfondiscono le azioni proposte per gli interventi di efficientamento energetico del museo del Castello Estense. Le schede si suddividono per livello; a ciascun livello è associato un colore grafico per facilitarne la lettura:

	<b>Livello 1</b>
	<b>Livello 2</b>
	<b>Livello 3</b>

Ogni scheda è articolata nei seguenti contenuti:

- » **costo intervento:** è una stima di massima dei costi legati alla concretizzazione dell'azione.
- » **risparmio economico:** è la stima del potenziale risparmio in termini economici ottenibile dalla singola azione.
- » **risparmio energetico:** è valutato, quando possibile, attraverso il modello sviluppato con il software di calcolo ed è indicato in termini di energia primaria (kWh) e in percentuale di risparmio rispetto ai consumi iniziali.
- » **riduzione emissioni CO<sub>2</sub>:** conversione del dato di risparmio energetico in funzione del fattore di emissione del combustibile utilizzato (riduzione annua in tonnellate di CO<sub>2</sub>). È stato assunto un dato di conversione pari a 69 kg di CO<sub>2</sub> equivalente per ogni MWh termico (*fonte: bilancio di sostenibilità 2012 gruppo HERA*).
- » **tempo di ritorno dell'investimento:** è una stima semplificata del tempo di ritorno dell'investimento in funzione dei risparmi ottenibili implementando l'azione senza considerare eventuali finanziamenti o incentivi economici e non considerando le variazioni del costo dell'energia, l'inflazione e gli eventuali interessi dovuti a forme di finanziamento.
- » **descrizione dell'intervento:** fornisce maggiori dettagli sull'azione, anche in termini di metodologia adottata per effettuare la stima del risparmio energetico, oltre a dare indicazione sulle possibilità di implementazione e su eventuali criticità.

## INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE SU RADIATORI ESISTENTI

COSTO INTERVENTO	8'500 €
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	2'200 €
RISPARMIO ENERGETICO (kWh energia primaria)	23'802 kWh
(riduzione consumi iniziali)	4.01 %
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> ( t di CO <sub>2</sub> all'anno)	1.64 t
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	4 anni



### DESCRIZIONE INTERVENTO

I radiatori esistenti non sono dotati di sistemi di regolazione sul singolo corpo scaldante.

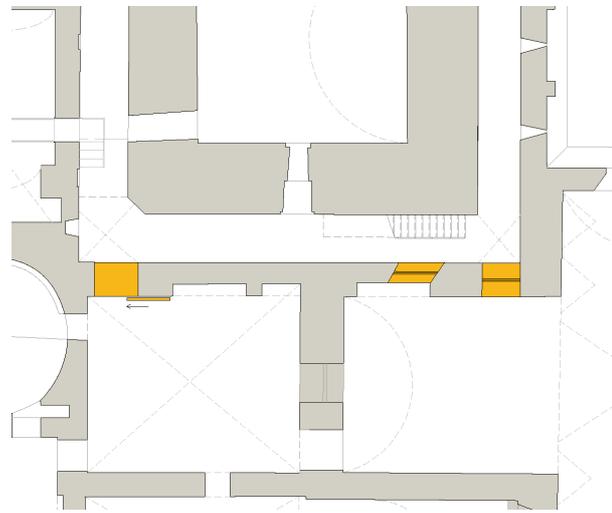
Dal punto di vista della fattibilità, l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti è un'azione dal costo contenuto e dalla semplice e rapida implementazione. Le valvole termostatiche consentono una migliore regolazione della temperatura degli ambienti e permettono di limitare possibili effetti di surriscaldamento o temperature troppo basse negli ambienti aventi differenti caratteristiche (esposizione, prestazioni dell'involucro etc.). Con questi sistemi viene garantita la regolazione delle temperature ambiente per ambiente. Le valvole termostatiche consentono quindi di ottenere un risparmio energetico ed un miglioramento del benessere negli ambienti. In questa azione è stata ipotizzata l'installazione di valvole termostatiche su 57 corpi scaldanti, per una potenza totale regolata di 118 kW.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

È fortemente raccomandato procedere alla contestuale sostituzione delle pompe di circolazione dell'impianto come riportato con pompe a velocità variabile, come indicato nella specifica scheda d'intervento.

## COMPARTIMENTAZIONE DELLA TORRE DEI LEONI

COSTO INTERVENTO	10'000 €
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	1'500 €
RISPARMIO ENERGETICO (kWh di energia primaria)	15'590 kWh
(riduzione consumi iniziali)	2.63 %
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> (t di CO <sub>2</sub> all'anno)	1.08 t
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	7 anni



### DESCRIZIONE INTERVENTO

Dalle misure di temperatura effettuate, ed esposte nel capitolo 5.2, si nota un significativo calo della temperatura dell'aria nelle Cucine Ducali, spazi museali adiacenti alla Torre dei Leoni.

Questo fenomeno è dovuto all'assenza di terminali di emissione del riscaldamento nella torre, che si configura quindi come uno spazio "freddo" in diretta connessione con il resto degli ambienti riscaldati. La connessione è dovuta alla presenza di tre aperture al piano terra non dotate di serramenti. Un flusso di aria calda ascendente è stato verificato misurando la velocità dell'aria in prossimità delle aperture, come indicato nel paragrafo 5.2.3. Questo fenomeno comporta elevate dispersioni termiche e condizioni di scarso confort per gli occupanti.

Per risolvere il problema si propone di compartimentare l'edificio, chiudendo le aperture al piano terreno attraverso l'installazione di serramenti vetrati. In questo modo è possibile interrompere il flusso di aria calda ascendente. Si consiglia l'utilizzo di serramenti apribili, anche dove non strettamente necessario per il passaggio delle persone, in modo tale da poter sfruttare gli effetti positivi del flusso d'aria ascendente nelle stagioni calde tramite il cosiddetto "effetto camino". L'effetto camino è quel fenomeno che sfruttando il naturale gradiente termico consente l'evacuazione dell'aria calda nel periodo estivo. Si consiglia di collocare una porta automatica con sensore in corrispondenza dell'apertura individuata per il passaggio dei visitatori in modo da evitare problemi dovuti alla mancata chiusura della stessa.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

L'intervento proposto è di semplice, rapida ed economica esecuzione e non presenta particolari controindicazioni.

## SOSTITUZIONE DELLE POMPE DI CIRCOLAZIONE DELL'IMPIANTO

COSTO INTERVENTO	16'000 €
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	500 €
RISPARMIO ENERGETICO (kWh di energia elettrica)	2'541 kWh
(riduzione consumi elettrici iniziali)	25 %
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> (t di CO <sub>2</sub> all'anno)	1.09 t
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	-



### DESCRIZIONE INTERVENTO

In centrale termica sono presenti 10 pompe di circolazione del fluido termovettore.

Le pompe installate sono ormai vetuste e si ritiene necessario procedere ad una loro sostituzione. In un'ottica di ottimizzazione dei costi si propone quindi di sostituire le pompe esistenti al termine della loro vita utile con nuove pompe a velocità variabile.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

La sostituzione comporta minime riduzioni in termini di consumo energetico, infatti influisce solo sui consumi degli ausiliari elettrici del riscaldamento, ma si prefigura come azione propedeutica e complementare all'installazione delle valvole termostatiche ed alla sostituzione dei ventilconvettori.

## SOSTITUZIONE VENTILCONVETTORI OBSOLETI CON SISTEMI PIÙ EFFICIENTI

COSTO INTERVENTO	12'000 €
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	800 €
RISPARMIO ENERGETICO (kWh di energia primaria)	8'482 kWh
(% sui consumi iniziali)	1.43 %
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> ( t di CO <sub>2</sub> all'anno)	0.59 t
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	15 anni



### DESCRIZIONE INTERVENTO

Dal rilievo effettuato emerge che parte dei terminali di emissione dell'impianto di riscaldamento sono ventilconvettori di varie tipologie e periodi di installazione.

Una consistente porzione è vetusta ed avendo scarse performance necessita di essere sostituita. Dal rilievo impiantistico dello stato di fatto è emerso che molti apparecchi sono privi di valvole di intercettazione e termostati di blocco per minima temperatura.

La sostituzione dei ventilconvettori comporta una migliore regolazione della temperatura ambiente, con conseguente aumento di confort termico nei diversi locali. L'obiettivo principale di questo intervento è migliorare le condizioni ambientali per avvicinarsi a quelle di confort.

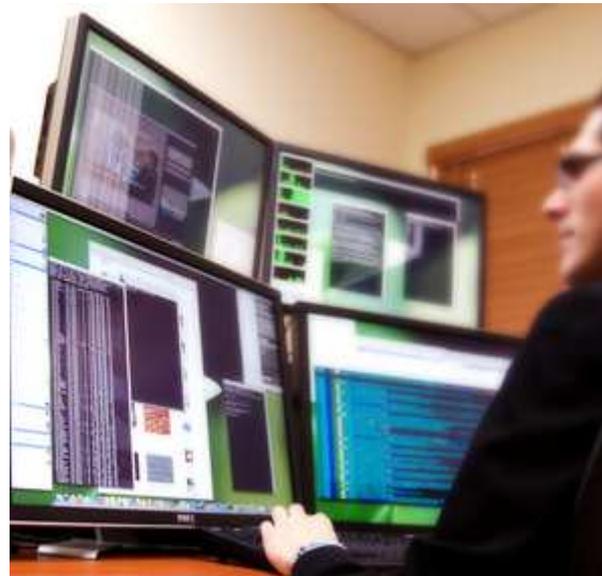
La stima si riferisce alla sostituzione dei 39 elementi presenti.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

È fortemente raccomandato procedere alla contestuale sostituzione delle pompe di circolazione dell'impianto come riportato con pompe a velocità variabile, come indicato nella specifica scheda d'intervento.

## TELECONTROLLO E MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI RISCALDAMENTO

COSTO INTERVENTO	20'000 €
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	2'800 €
RISPARMIO ENERGETICO (kWh di energia primaria)	29'663 kWh
(% sui consumi iniziali)	5 %
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> ( t di CO <sub>2</sub> all'anno)	2.05 t
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	7 anni



### DESCRIZIONE INTERVENTO

Nel corso della raccolta dati propedeutica alla diagnosi energetica è emerso che il livello di conoscenza dei dati di reale consumo termico ed elettrico e dei profili di utilizzo da parte dell'Amministrazione Provinciale è ad oggi molto limitato. È inoltre risultato chiaro che vi sono delle carenze dal punto di vista del controllo e della gestione dell'impianto riscaldamento.

Si propone di implementare un sistema di monitoraggio e controllo dell'impianto termico. Tale sistema permette di misurare diverse variabili (ad esempio temperatura interna, umidità relativa, portata del fluido termovettore) all'interno di ambienti o di sezioni di impianto e di regolare il funzionamento dell'impianto per garantire le condizioni di comfort minimizzando i consumi. Il monitoraggio ed il controllo possono essere effettuati mediante apparecchiature dislocate nei singoli ambienti, oppure tramite la trasmissione in remoto ad una centrale di raccolta dati (telecontrollo). Si propone inoltre di misurare i consumi termici ed elettrici per le diverse porzioni dell'edificio (museo, area adibita ad uffici, spazi accessori, etc.) in modo da avere un chiaro quadro dei consumi riferito ad aree funzionali omogenee. I costi di implementazione del sistema sono molto variabili in funzione delle tecnologie adottate e delle grandezze che si vogliono monitorare. In funzione del tipo di sistema adottato variano di conseguenza i benefici ottenibili in termini di confort e di risparmio energetico. Si può ipotizzare un risparmio in bolletta, sulla base di dati di letteratura e di esperienze analoghe dell'ordine del 5-15%.

Si rimanda ad uno studio di fattibilità più approfondito per la stima dei costi dell'intervento.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

In caso di implementazione di un sistema di telecontrollo è opportuno procedere alla suddivisione in zone termiche dell'impianto, come indicato nell'apposita scheda

## SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI CON SISTEMI AD ALTA EFFICIENZA

COSTO INTERVENTO	175'000 €
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	9'800 €
RISPARMIO ENERGETICO (kWh di energia elettrica)	49'266 kWh
(riduzione consumi elettrici iniziali)	70 %
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> ( t di CO <sub>2</sub> all'anno)	21.18 t
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	18 anni



### DESCRIZIONE INTERVENTO

Nel museo sono presenti varie tipologie di corpi lampada: LED, alogene e a fluorescenza compatte. In prima battuta si propone una mera sostituzione delle lampade alogene e a fluorescenza danneggiate o alla fine della loro vita utile con lampadine ad alta efficienza. Le lampade a LED, a parità di lumen, hanno un consumo ridotto del 90% circa rispetto alle lampadine ad incandescenza e del 60% circa rispetto alle lampadine fluorescenti. Per questa azione si valuta il solo risparmio energetico ottenibile dalla sostituzione dei corpi illuminanti mantenendo la configurazione esistente dell'impianto luci. Si rimanda alle azioni successive per alcune considerazioni di carattere illuminotecnico.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

Si consiglia lo studio illuminotecnico complessivo, interno ed esterno, come indicato nell'apposita scheda di intervento, prima di procedere alla sostituzione dei corpi illuminanti.

## SUDDIVISIONE IN ZONE TERMICHE

COSTO INTERVENTO	50'000 €
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	5'500-8'500 €
RISPARMIO ENERGETICO (kWh di energia primaria)	59'326/89'989 kWh
(% sui consumi iniziali)	10/15 %
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> ( t di CO <sub>2</sub> all'anno)	4.09/6.14 t
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	6-9 anni



### DESCRIZIONE INTERVENTO

Dal rilievo effettuato emerge che la volumetria complessiva è riscaldata mediante pochi circuiti che servono zone differenti tanto per esposizione che per condizioni di utilizzo: derivano quindi pesanti inefficienze legate alla necessità di riscaldare elevate volumetrie anche a seguito di occupazione di pochi locali da parte degli utenti e/o del personale.

L'intervento consiste nell'installazione di elementi puntuali di regolazione della temperatura ambiente sui singoli corpi scaldanti, siano essi radiatori o fancoil, in grado di essere controllati a distanza da una centralina di supervisione sulla quale poter impostare zone distinte con condizioni di funzionamento in orari e temperature differenti.

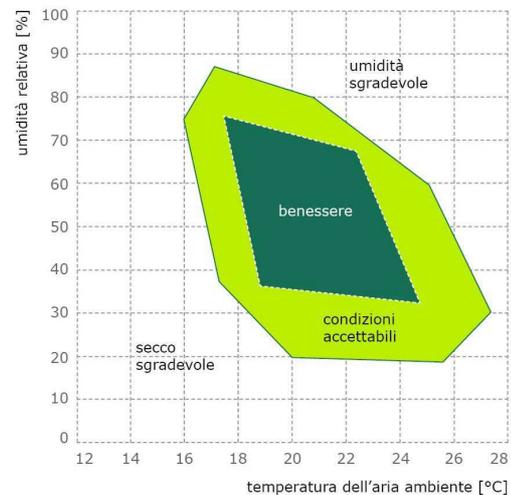
La quantificazione economica dell'intervento comporta un'attenta analisi delle effettive esigenze dell'utenza e delle conseguenti condizioni di utilizzo della struttura al fine di valutare puntualmente la configurazione termica da porre in atto. Si precisa che l'intervento va valutato in dettaglio in funzione delle reali esigenze dell'utenza anche alla luce di possibili future riorganizzazioni interne. Da notare che l'intervento consente elevata flessibilità in funzione della possibilità di definire varie zone termiche mediante assegnazione di differenti valori di set ai singoli corpi scaldanti attraverso il sistema centrale di supervisione.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

L'intervento presenta una forte interazione con le azioni precedentemente illustrate (installazione di valvole termostatiche e telecontrollo). La loro implementazione all'interno di un progetto unitario è fortemente consigliata per ottimizzare costi e massimizzare i benefici.

## AZIONI VOLTE AL MIGLIORAMENTO DEL BENESSERE INTERNO

COSTO INTERVENTO	-
RISPARMIO ECONOMICO (stima)	-
RISPARMIO ENERGETICO (kWh di energia primaria)	-
(% sui consumi iniziali)	-
RIDUZIONE EMISSIONI CO <sub>2</sub> (t di CO <sub>2</sub> all'anno)	-
TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	-



### DESCRIZIONE INTERVENTO

Dalle indagini strumentali è emerso che in alcuni ambienti il raggiungimento delle condizioni di benessere è pregiudicato dall'asimmetria radiante, ovvero dalla differenza tra le temperature superficiali delle pareti costituenti l'involucro. Sono considerati ambienti critici quelli in cui la differenza tra le temperature radianti è superiore alla media, ovvero a 5.5°C. Non esiste una soluzione univoca e generale per questo tipo di problema, in linea di massima è fondamentale omogeneizzare la temperatura superficiale delle varie pareti, innalzando quella dei componenti più freddi.

Di seguito si riportano alcuni suggerimenti di intervento per gli ambienti più significativi, si consiglia di sviluppare un progetto dettagliato di recupero prima di procedere all'intervento.

**Cucine ducali:** l'asimmetria potrebbe essere dovuta al collegamento diretto con la Torre dei Leoni; si può presumere che agendo come indicato nella scheda relativa alla compartimentazione si possa mitigare il problema.

**Altana sala dei veleni:** l'ambiente è caratterizzato da una notevole superficie vetrata, esposta a nord, costituita da infissi con telaio in metallo e vetro singolo. Agire su questa apertura migliorandone le performance energetiche contribuirà a migliorare il comfort dell'ambiente.

**Sala dei giochi:** questo ambiente è caratterizzato dalla presenza di serramenti rivolti a nord-est e confina con un ambiente non riscaldato (vano scala). Sono da valutare miglioramenti delle performance energetiche dei serramenti, della porta di separazione tra la sala e il corpo scale (oggi costituita da un semplice vetro) ed eventualmente della parete divisoria tra i due locali.

**Caffetteria:** probabilmente le differenze di temperatura superficiale sono dovute alla presenza del passaggio aperto a livello del piano terreno che si configura come un ambiente freddo. La soluzione potrebbe essere un isolamento al di sotto del pavimento. L'operazione è delicata e può essere onerosa. Si suggeriscono approfondimenti ed ulteriori indagini.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

L'intervento di miglioramento del confort può essere intrapreso contestualmente alla risoluzione dei difetti puntuali descritta nella scheda successiva.

## RISOLUZIONE DEI DIFETTI PUNTUALI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

COSTO INTERVENTO -

RISPARMIO ECONOMICO  
(stima) -

RISPARMIO ENERGETICO  
(energia primaria)  
(% sui consumi iniziali) -

RIDUZIONE EMISSIONI CO<sub>2</sub>  
( t di CO<sub>2</sub> all'anno) -

TEMPO DI RITORNO  
DELL'INVESTIMENTO -



### DESCRIZIONE INTERVENTO

Le indagini termografiche hanno evidenziato alcuni punti deboli nell'involucro edilizio, in corrispondenza dei quali si hanno dispersioni termiche superiori al resto dell'edificio. Le cause di tali discontinuità sono talvolta facilmente individuabili e risolvibili, ad esempio è evidente che in molti casi la presenza di radiatori nei sottofinestra comporta notevoli dispersioni termiche.

In queste situazioni la collocazione di un pannello di isolante termoriflettente tra il corpo scaldante e la parete riduce significativamente il flusso di calore verso l'ambiente esterno indirizzandolo invece nel locale da riscaldare. Altre situazioni invece sono meno chiare e richiedono ulteriori approfondimenti. Le dispersioni evidenziate dalle termografie, infatti, potrebbero essere dovute ad esempio a discontinuità dell'involucro, a difetti impiantistici o a fenomeni legati all'umidità di risalita o alla condensa. Si consiglia di approfondire la conoscenza dei difetti evidenziati con ulteriori studi mirati.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

Agire su elementi puntuali può contribuire a ridurre le condizioni di mancato confort e migliorare l'efficienza del sistema di distribuzione dell'impianto termico.

## REVISIONE DEL SISTEMA DI ILLUMINAZIONE INTERNO ED ESTERNO

COSTO INTERVENTO -

RISPARMIO ECONOMICO  
(stima) -

RISPARMIO ENERGETICO  
(kWh di energia primaria) -  
(% sui consumi iniziali) -

RIDUZIONE EMISSIONI CO<sub>2</sub>  
( t di CO<sub>2</sub> all'anno) -

TEMPO DI RITORNO  
DELL'INVESTIMENTO -



### DESCRIZIONE INTERVENTO

La semplice sostituzione delle lampade, suggerita precedentemente, potrebbe non garantire la minimizzazione dei consumi energetici ed il contestuale miglioramento delle condizioni di illuminazione degli spazi. Si suggerisce quindi di procedere a due diversi studi illuminotecnici specialistici:

**Studio illuminotecnico interno:** volto ad individuare una revisione, anche profonda e radicale, del sistema di illuminazione degli spazi. Il nuovo sistema dovrà garantire, oltre alla massima efficienza energetica e al corretto livello di illuminazione, una buona flessibilità, in modo da permettere l'adattabilità alle future esigenze. La nuova illuminazione dovrà valorizzare gli aspetti architettonici salienti.

**Studio del sistema di illuminazione esterno:** l'illuminazione esterna del fossato e delle facciate del Castello ha la funzione di sottolineare le caratteristiche architettoniche dell'edificio. Un nuovo progetto dell'illuminazione esterna potrebbe valorizzare maggiormente e, attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti, ridurre significativamente il consumo elettrico.

### POSSIBILI INTERAZIONI E CRITICITÀ

Lo studio dovrebbe essere propedeutico alla sostituzione dei corpi lampada.

## 9. STRUMENTI FINANZIARI E SCELTA DEI SERVIZI ENERGETICI

### 9.1. Strumenti finanziari per l'efficientamento energetico

Gli interventi di efficientamento energetico hanno il pregio, rispetto ad altre azioni di manutenzione sugli edifici, di portare ad una riduzione dei costi di gestione. Per questo motivo è possibile inquadrare le azioni indagando gli aspetti finanziari, ovvero studiando i tempi di ritorno ed individuando idonee forme di finanziamento. In questo paragrafo sono riportati alcuni spunti in merito a fondi, finanziamenti e programmi di investimento:

**Conto energia termico:** è un finanziamento statale che prevede il rimborso alle pubbliche amministrazioni di una quota fino al 40% del costo dell'investimento. Sono incentivati con questo programma due principali filoni di intervento:

- » interventi di incremento dell'efficienza energetica. Appartengono a questa categoria:
  - l'isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato;
  - la sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato;
  - la sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzando generatori di calore a condensazione;
  - l'installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da Est-Sud-Est a Ovest, fissi o mobili, non trasportabili.
  
- » interventi di piccole dimensioni relativi a impianti per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e sistemi ad alta efficienza. Appartengono a questa categoria:
  - la sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale dotati di pompe di calore, elettriche o a gas, utilizzando energia aerotermica, geotermica o idrotermica;
  - la sostituzione di impianti di climatizzazione invernale o di riscaldamento delle serre esistenti e dei fabbricati rurali esistenti con impianti di climatizzazione invernale dotati di generatore di calore alimentato da biomassa;
  - l'installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di *solar cooling*;
  - la sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a pompa di calore.

Maggiori approfondimenti si possono trovare sul sito internet [www.gse.it](http://www.gse.it).

**Programmi di finanziamento europeo:** le strategie dell'Unione Europea sulle questioni energetiche pongono notevole attenzione all'efficientamento energetico degli edifici esistenti. Per questa ragione sono stati attivati diversi programmi europei di finanziamento, di seguito si riportano i più significativi per il caso specifico:

- » ELENA - European Local Energy Assistance: è uno strumento che fornisce sovvenzioni per l'assistenza tecnica. Tra le misure che possono ricevere tale sostegno finanziario rientrano: studi di fattibilità e di mercato, strutturazione di programmi d'investimento, piani aziendali, audit energetici, preparazione di procedure d'appalto e accordi contrattuali e assegnazione della

gestione dei programmi d'investimento a personale di nuova assunzione. Ulteriori informazioni su <http://ec.europa.eu/environment/ecoap/>

- » Horizon 2020: è lo strumento di pianificazione finanziaria per il prossimo settennato (2014-2020) per la ricerca e l'innovazione. È articolato su tre linee di intervento: *excellent science*, *industrial leadership*, *social challenges*. L'ultimo filone (*social challenges*) finanzia ricerca ed innovazione negli ambiti: efficienza energetica negli edifici, efficienza energetica e *smart cities*. Per approfondimenti: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>

**Project financing e PPP (Partenariato Pubblico Privato):** la caratteristica dei lavori di efficientamento energetico di portare la riduzione dei costi di gestione rende appetibile l'investimento da parte di un soggetto privato. In particolare sono da valutare come possibile *partner* le ESCO (*Energy Service Company*) ovvero società che effettuano interventi finalizzati a migliorare l'efficienza energetica, assumendo su di sé il rischio dell'iniziativa e liberando il cliente finale da ogni onere organizzativo e di investimento. I risparmi economici ottenuti sono condivisi fra la ESCO ed il cliente finale con diverse tipologie di accordo commerciale.

## 9.2. Scelta dei fornitori dei servizi energetici

Dall'analisi delle bollette effettuata ai fini della stima dei consumi annui per l'energia elettrica ed il riscaldamento è stato possibile definire un costo unitario (€/kW) per i vettori termici ed elettrici.

Per quanto riguarda la fornitura dell'energia termica (teleriscaldamento) il prezzo medio degli ultimi quattro anni è di circa 0.096 €/kWh. Non è possibile un cambio di fornitore, in quanto il teleriscaldamento è un servizio intrinsecamente monopolistico. Pertanto l'unico modo per abbattere il costo energetico è una concertazione con il fornitore.

Dal punto di vista dell'energia elettrica i prezzi hanno subito significative variazioni nel corso degli anni dovute al cambio annuale del fornitore di energia elettrica. Si consiglia pertanto di procedere con bandi annuali di fornitura scegliendo l'offerta più economicamente vantaggiosa e confrontare i prezzi con quelli dell'Autorità per l'energia elettrica il gas ed il sistema idrico.

## 10. CONCLUSIONI

La diagnosi energetica ha permesso di definire con chiarezza lo stato di fatto dal punto di vista energetico del Museo del Castello Estense di Ferrara, individuandone il layout impiantistico e le caratteristiche tecnologiche dell'involucro. Grazie alla raccolta dati è stato possibile da un lato stabilire la quota parte dei consumi termici ed elettrici da imputare alla sola parte adibita a museo, dall'altro realizzare un modello numerico rappresentativo dell'effettivo comportamento del museo.

Sono state quindi individuate le criticità principali legate alla corretta conservazione e manutenzione dell'opera, i punti deboli sotto il profilo energetico e le carenze nella gestione dell'impianto. A questo fine si è fatto ricorso anche a indagini strumentali quali termografie e misure con termoflussimetro.

Al termine del processo sopra esposto è stato possibile individuare alcune azioni di miglioramento dell'efficienza energetica. Alcune azioni sono immediatamente implementabili, altre saranno da porre in essere gradualmente nel corso dei prossimi anni sostituendo le apparecchiature che raggiungono la fine della loro vita utile, altre ancora infine richiedono ulteriori progetti di dettaglio o studi di fattibilità.

Il modello numerico realizzato potrà essere in futuro aggiornato per recepire le azioni intraprese e simularne di nuove, anche in funzione delle evoluzioni tecnologiche e normative.

Alla luce delle analisi e degli studi effettuati si consiglia di procedere secondo il seguente programma:

- » compartimentazione della Torre dei Leoni (vedi scheda specifica);
- » studio di fattibilità/progetto di un sistema di monitoraggio e controllo delle temperature con suddivisione in zone termiche e installazione di sistemi di regolazione locale;
- » studio illuminotecnico di dettaglio interno ed esterno;
- » analisi dei difetti puntuali del sistema edificio-impianto e studio delle soluzioni finalizzate anche al miglioramento del benessere interno.

Per le azioni proposte sono state inoltre individuate alcune forme di finanziamento a livello nazionale ed europeo.

La presente relazione, unitamente agli allegati, rappresenta quindi uno strumento per l'Amministrazione Provinciale per meglio conoscere l'edificio e per tracciare una strada verso il miglioramento delle sue performance energetiche.



## 11. ALLEGATI



## **ABACO SERRAMENTI**

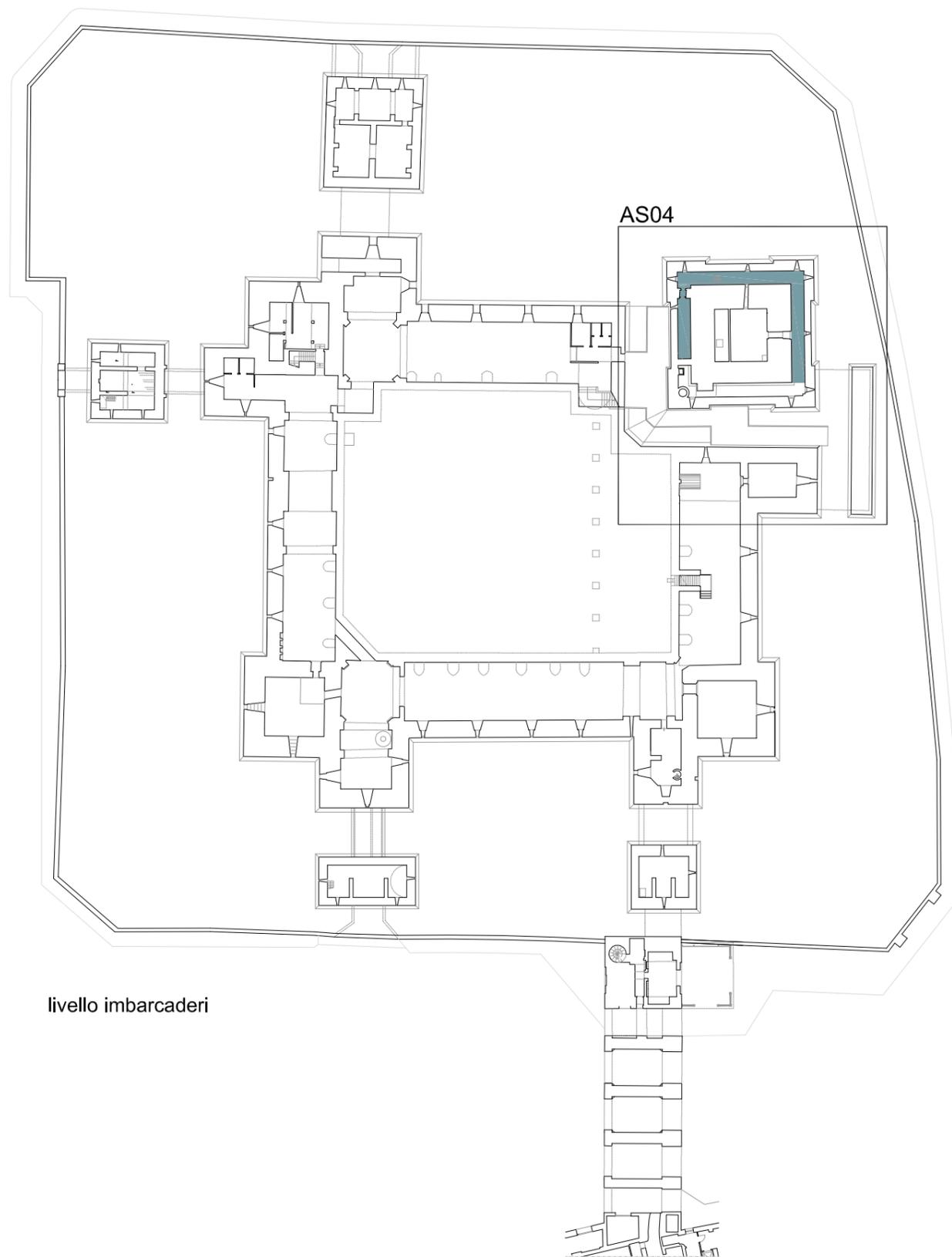
## **ABACO SERRAMENTI**

### ELENCO TAVOLE:

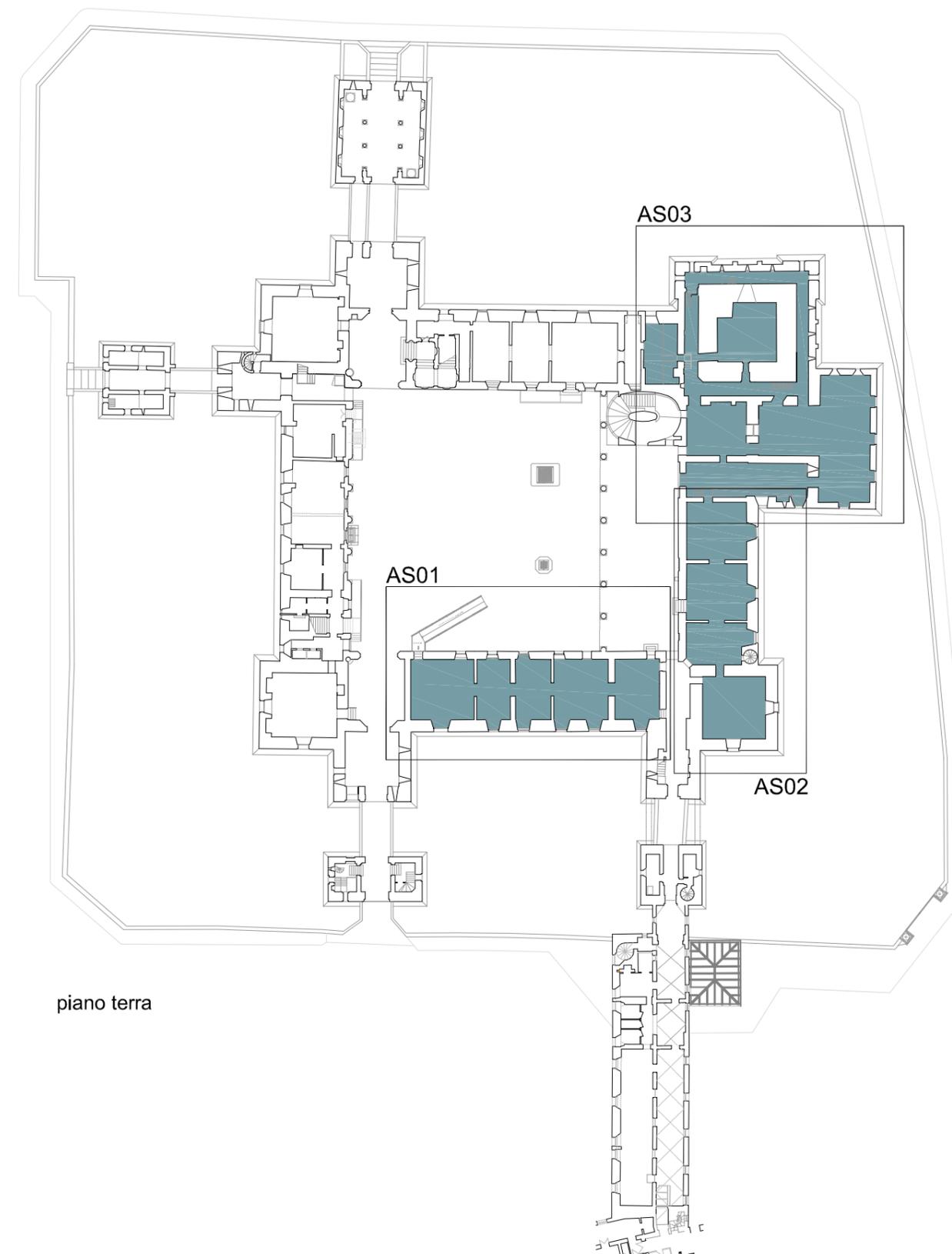
A-01	kmaps - livello imbarcaderi e piano terra
A-02	kmaps2- ammezzato primo e piano primo
A-03	AS01-piano terra
A-04	AS02-piano terra
A-05	AS03-piano terra
A-06	AS04-livello imbarcaderi
A-07	AS05-ammezzato primo
A-08	AS06-piano primo
A-09	AS07-piano primo
A-10	AS08-piano primo
A-11	AS09-piano primo
A-12	AS10-piano primo
A-13	AS11-piano primo

### ELENCO SCHEDE:

scheda n° 1	F01-F09
scheda n° 2	F10-F18
scheda n° 3	F19-F27
scheda n° 4	F28-F36
scheda n° 5	F37-F45
scheda n° 6	F46-F54
scheda n° 7	F55-F61



livello imbarcaderi



piano terra



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
 d'Ingegneria Bianchini

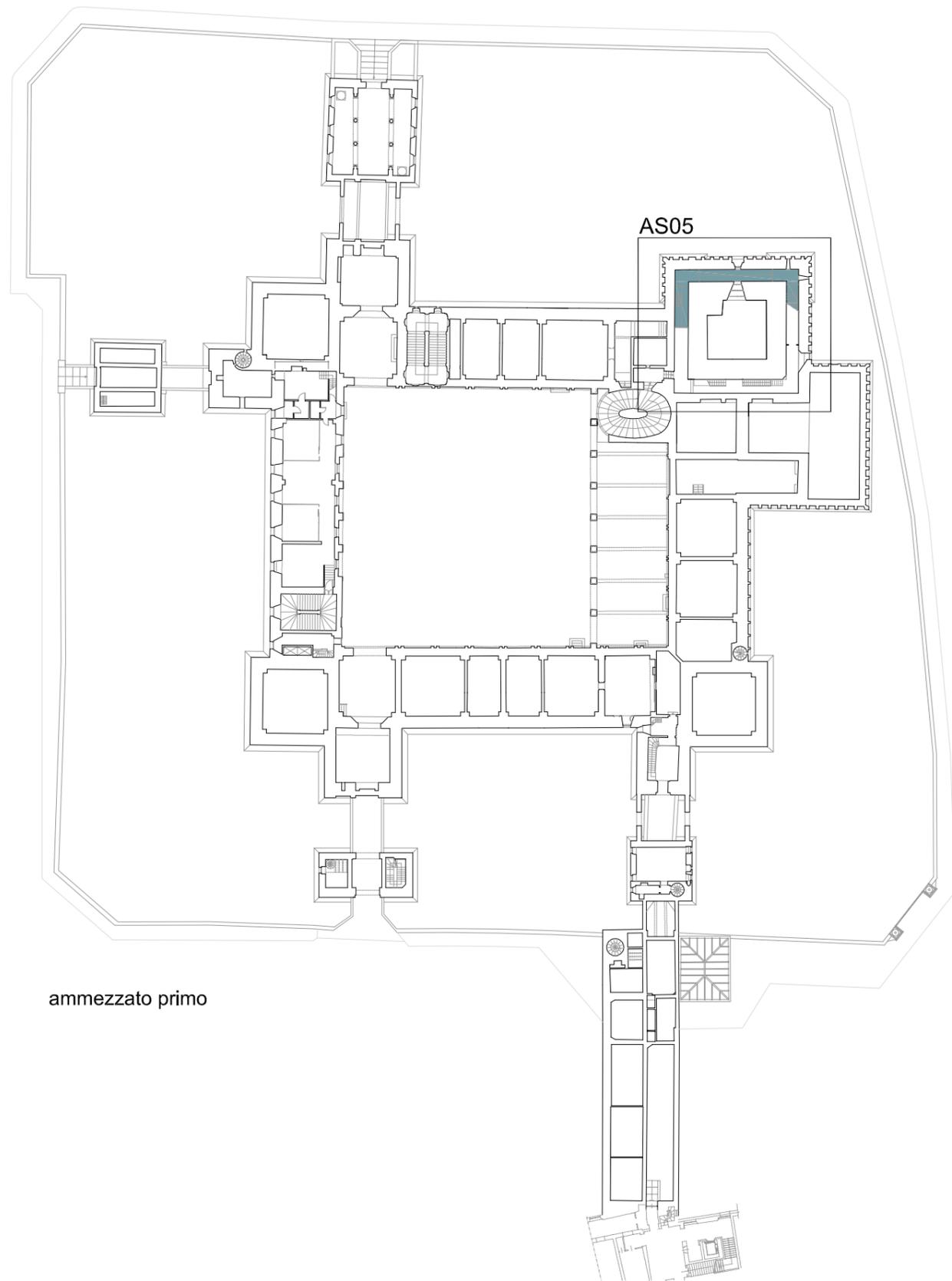
ing. Daniele Bianchini

**KMAPS**  
 piano terra  
 livello imbarcaderi

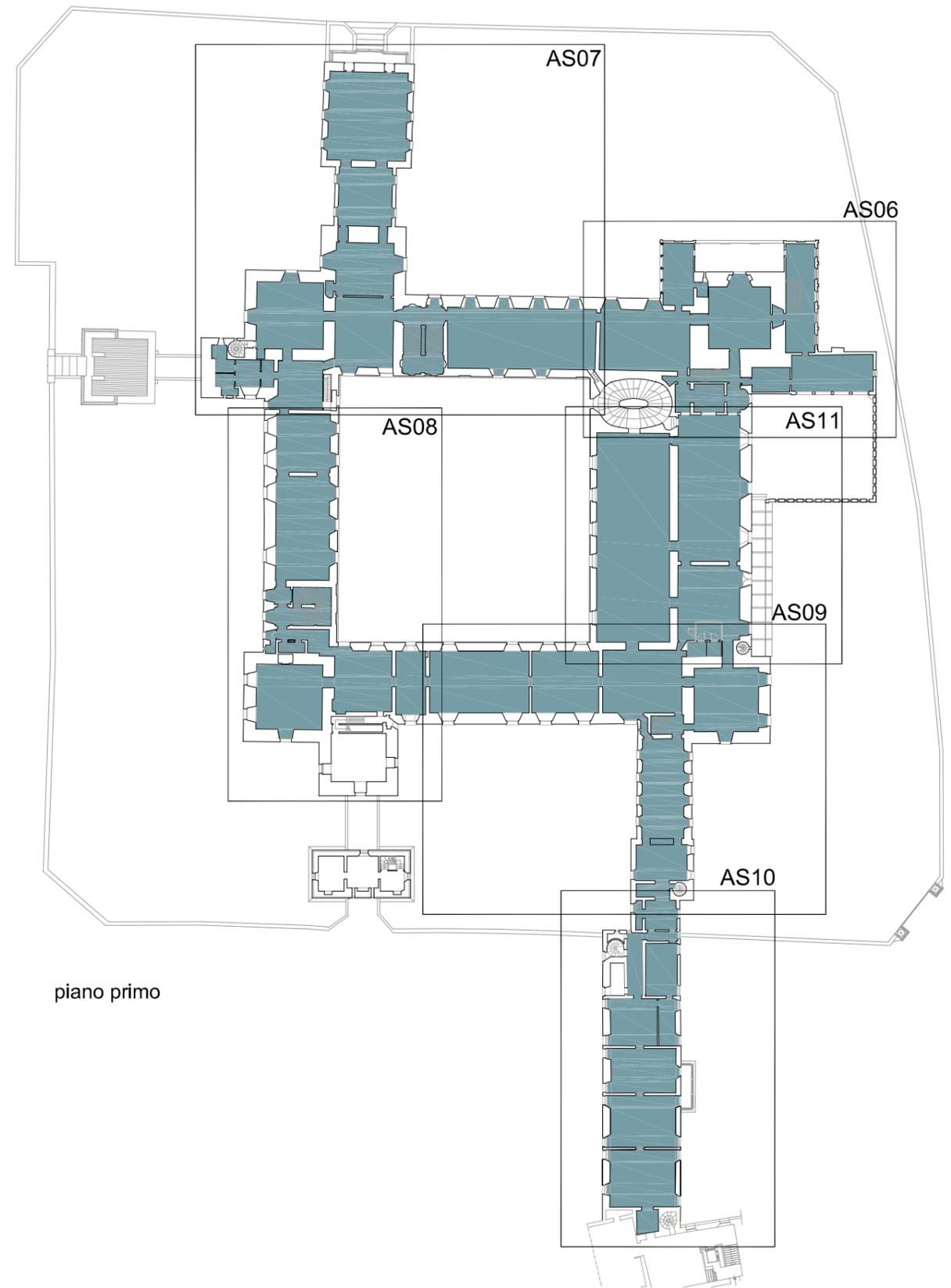
data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-01**



ammezzato primo



piano primo



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
 d'Ingegneria Bianchini

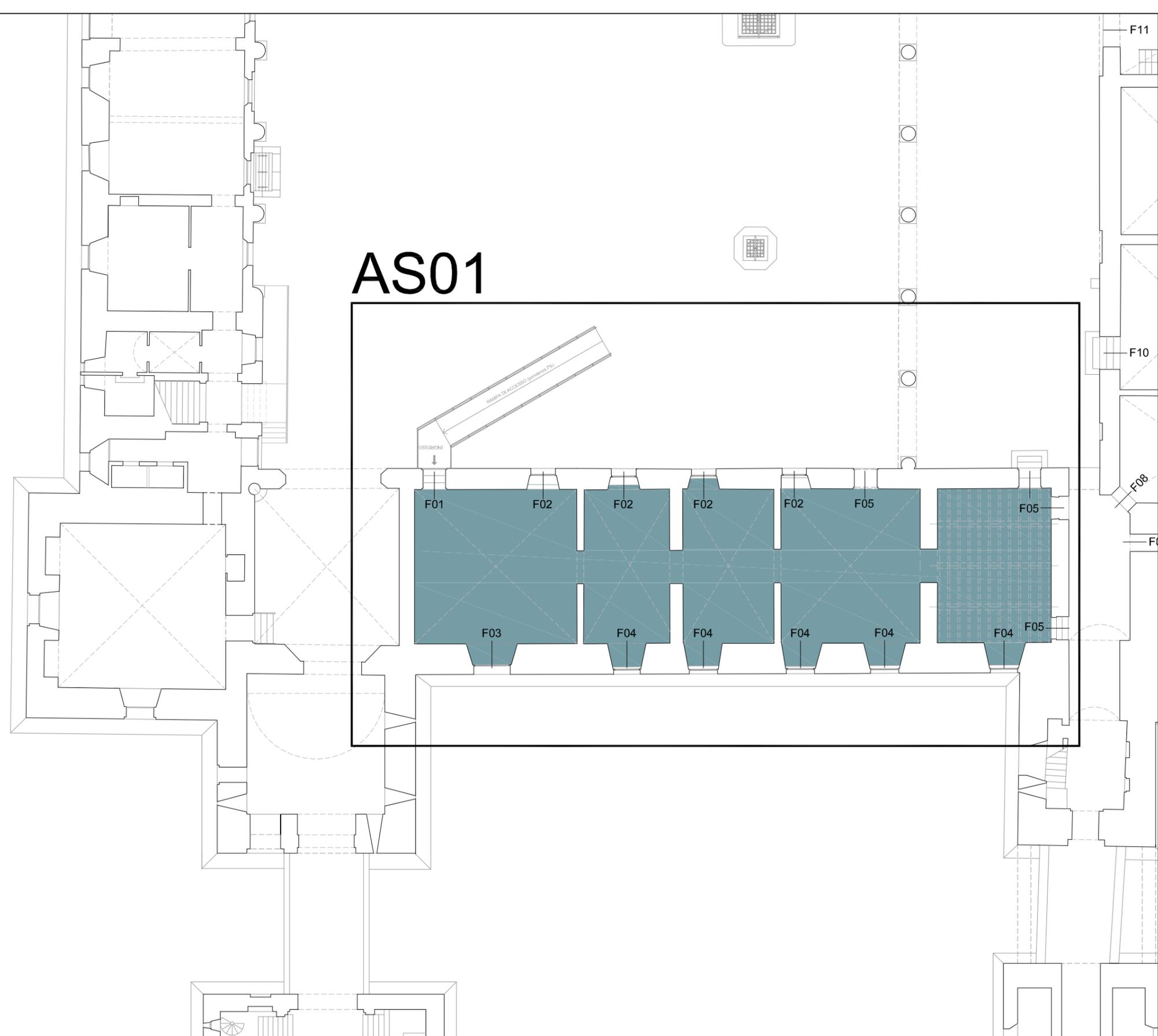
ing. Daniele Bianchini

**KMAPS**  
 ammezzato primo  
 piano primo

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-02**



# AS01



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
 d'Ingegneria Bianchini

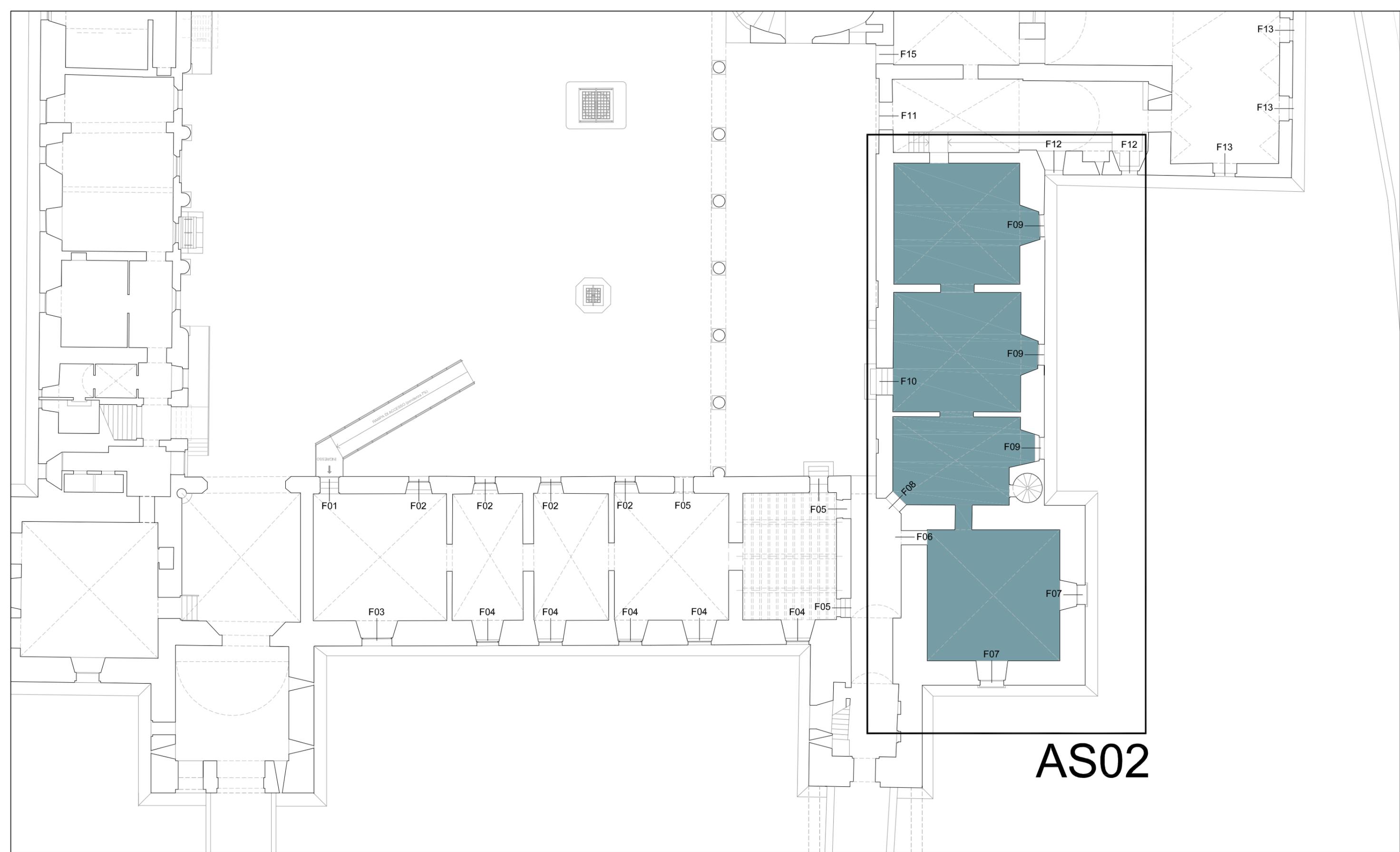
ing. Daniele Bianchini

**AS01**  
 abaco serramenti  
 piano terra

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-03**



**AS02**



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
 d'Ingegneria Bianchini

ing. Daniele Bianchini

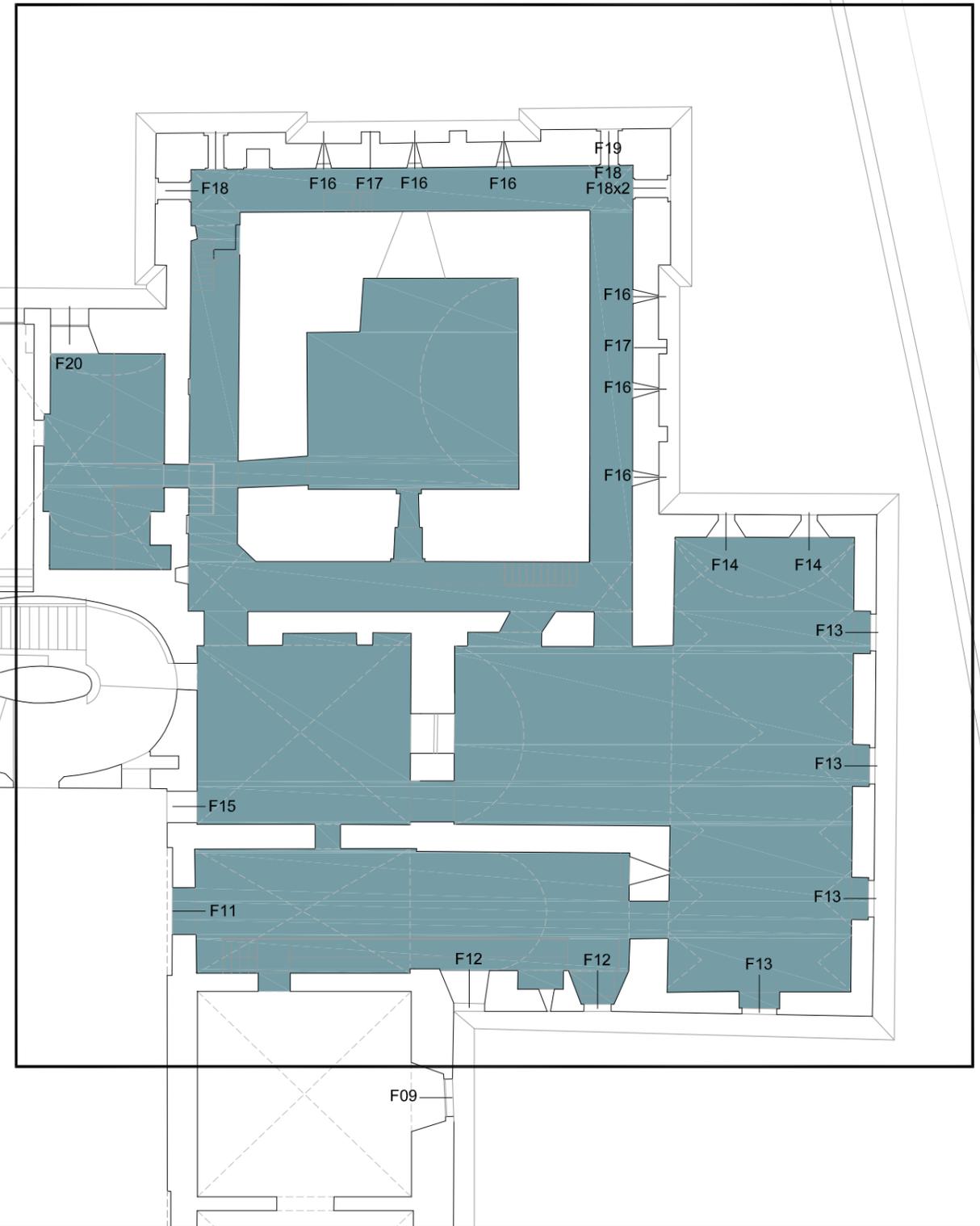
**AS02**  
 abaco serramenti  
 piano terra

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-04**

# AS03



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL  
 PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
 d'Ingegneria Bianchini

ing. Daniele Bianchini

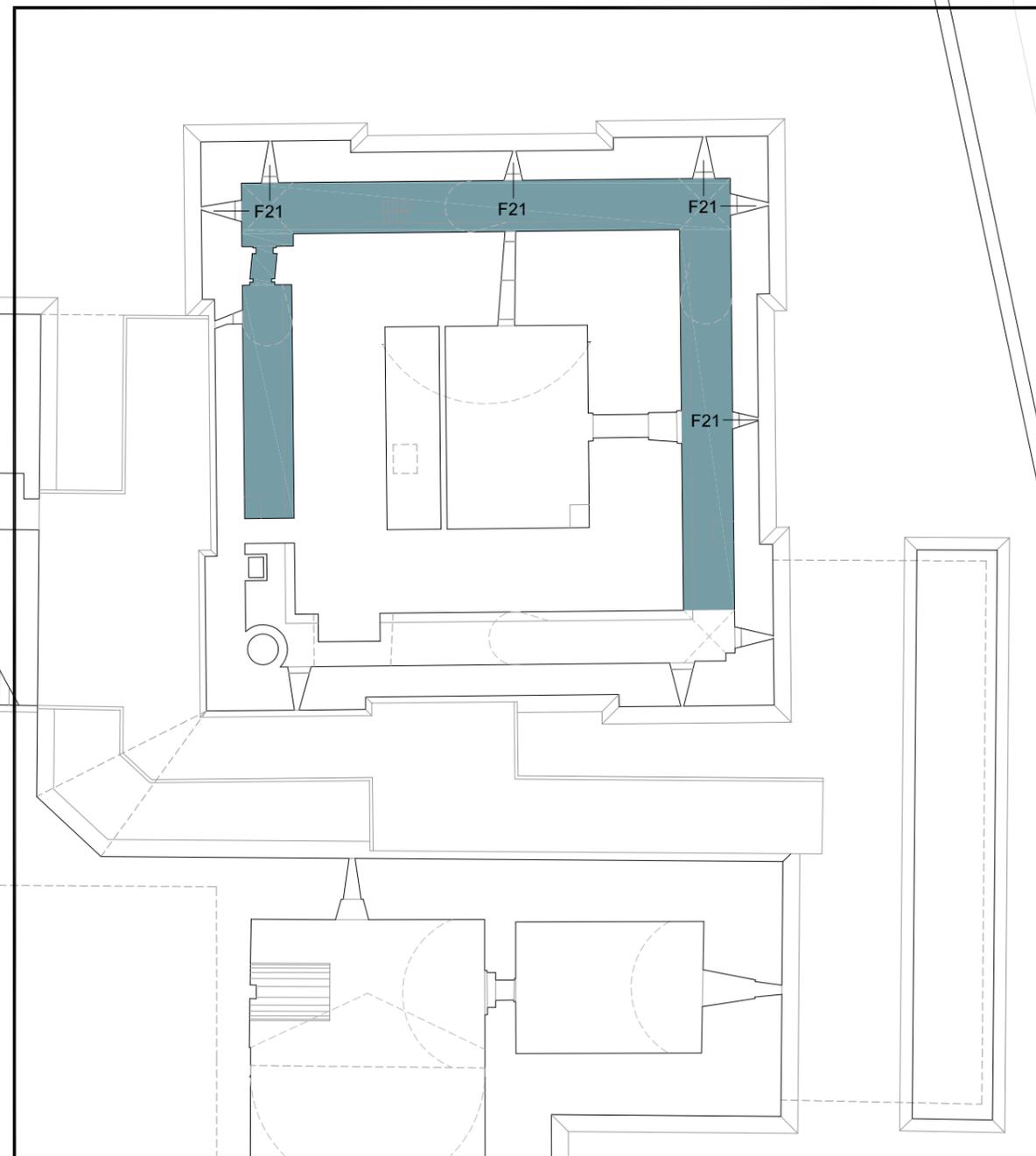
**AS03**  
 abaco serramenti  
 piano terra

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-05**

# AS04



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL  
PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
ing. Alessandro Fracassi  
ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
d'Ingegneria Bianchini

ing. Daniele Bianchini

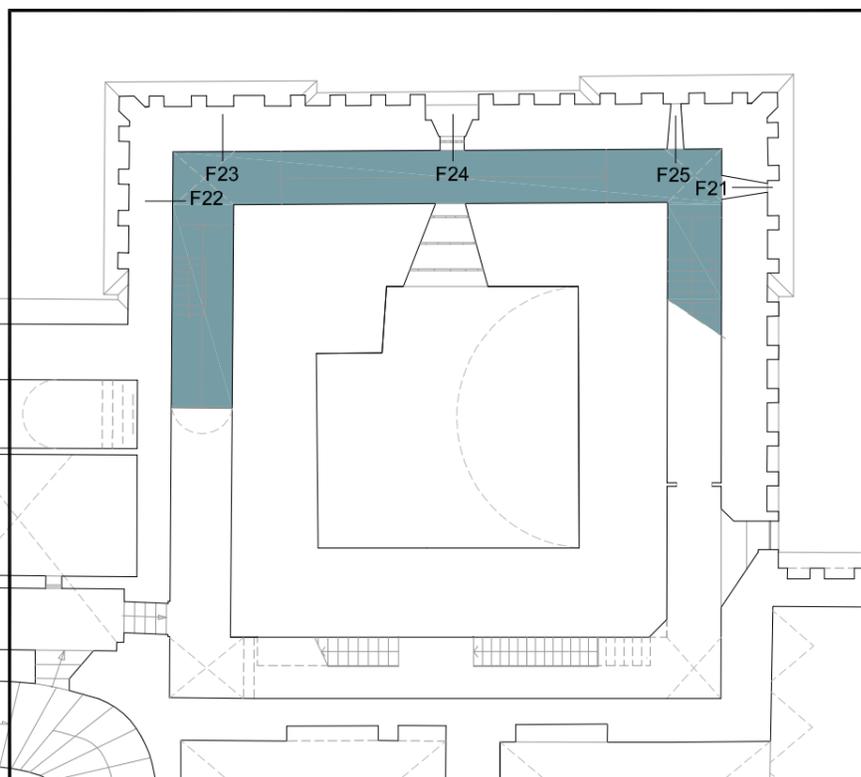
**AS04**  
abaco serramenti  
livello imbarcaderi

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-06**

# AS05



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
ing. Alessandro Fracassi  
ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
d'Ingegneria Bianchini

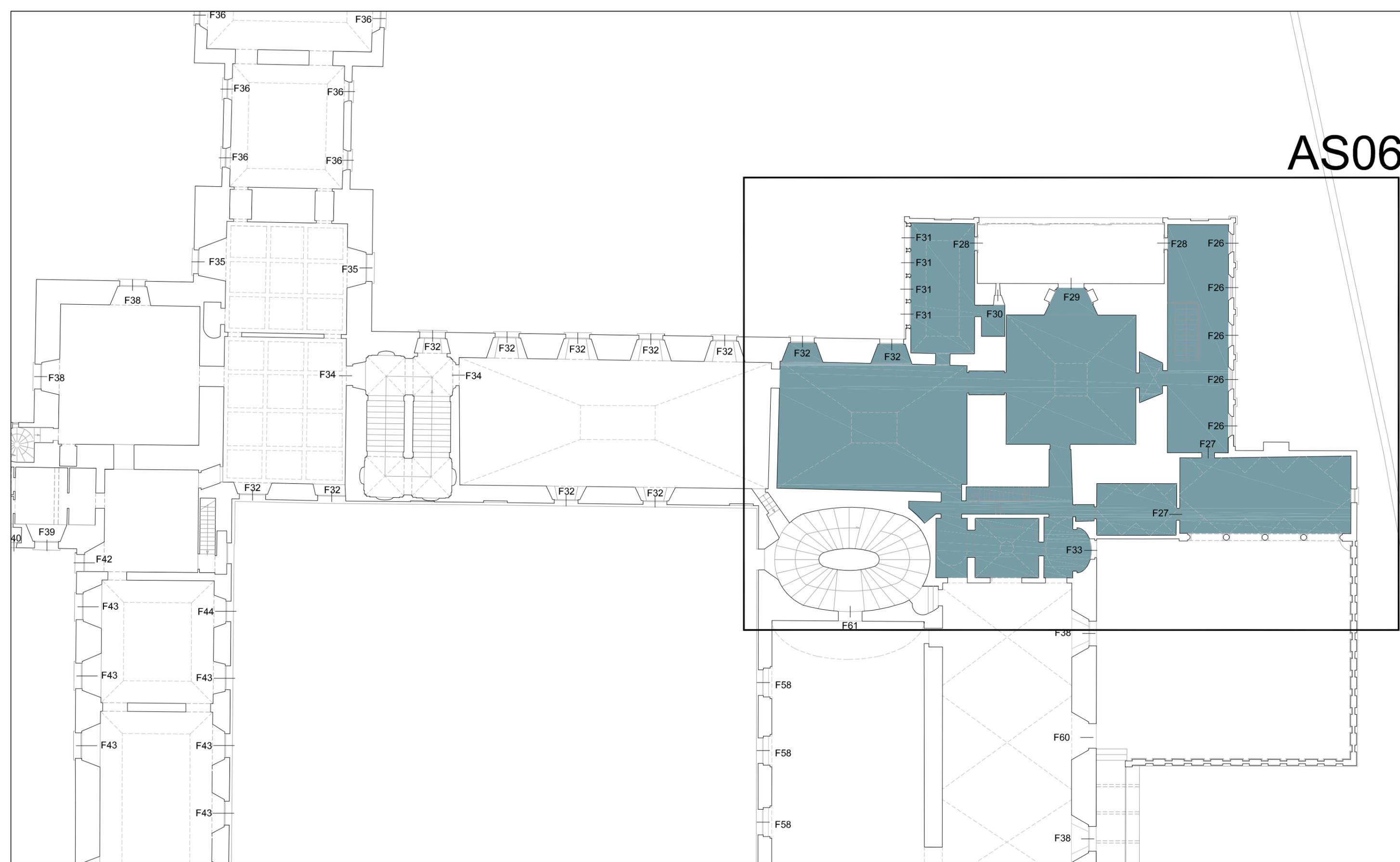
ing. Daniele Bianchini

**AS05**  
abaco serramenti  
ammezzato primo

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-07**



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
 d'Ingegneria Bianchini

ing. Daniele Bianchini

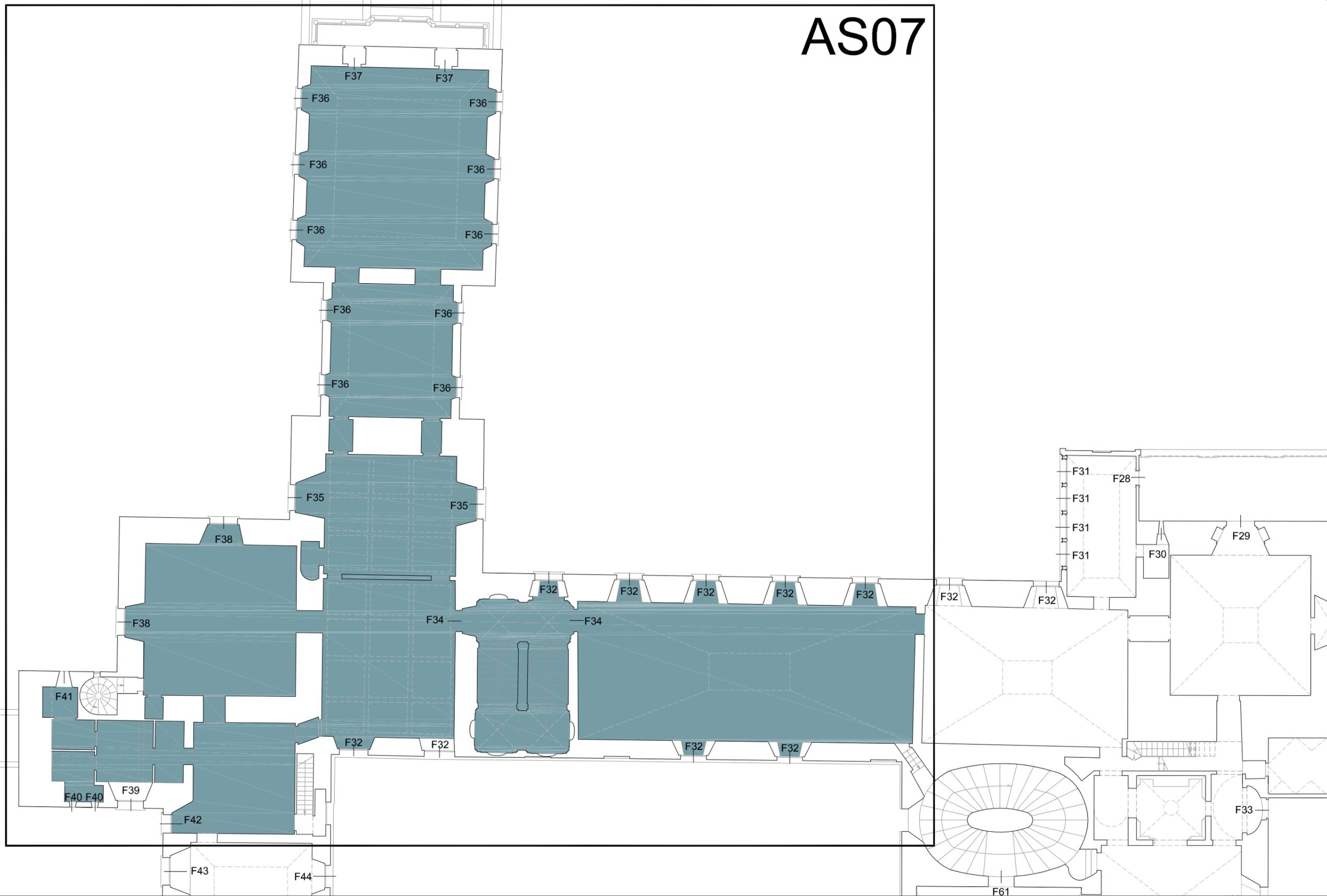
**AS06**  
 abaco serramenti  
 piano primo

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-08**

# AS07



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL  
PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
ing. Alessandro Fracassi  
ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
d'Ingegneria Bianchini

ing. Daniele Bianchini

**AS07**  
abaco serramenti  
piano primo

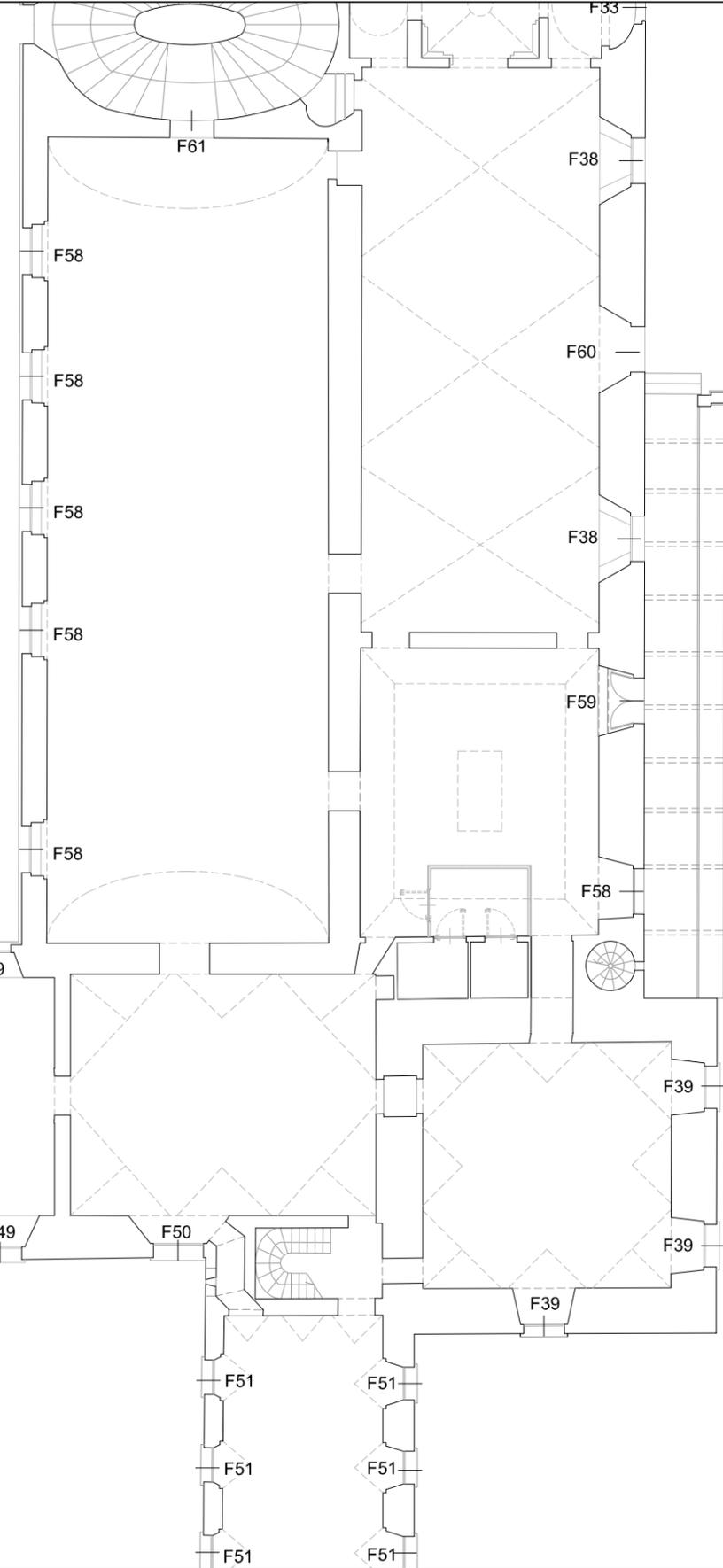
data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-09**



AS08



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

TEP S.R.L.

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
 d'Ingegneria Bianchini

ing. Daniele Bianchini

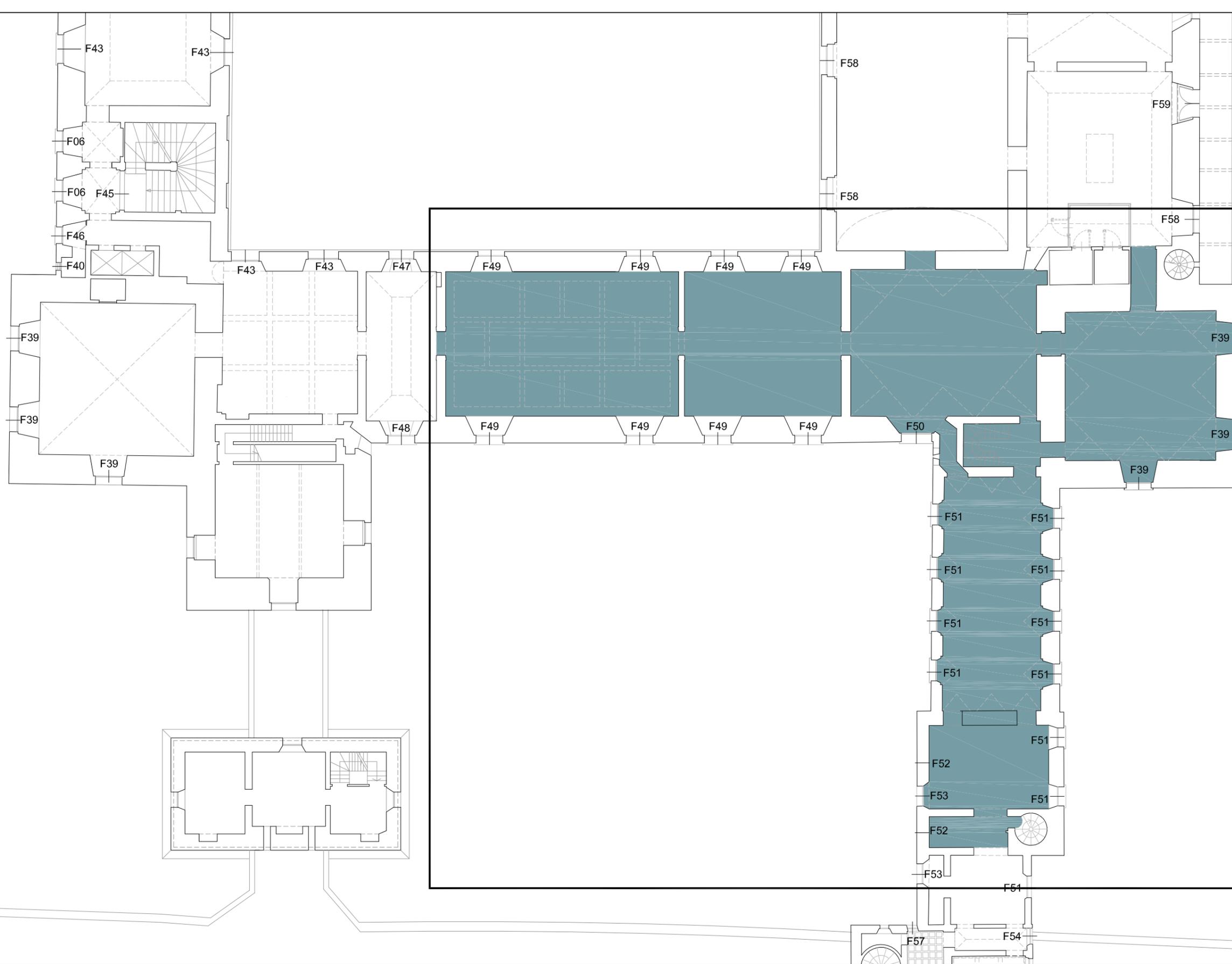
AS08  
 abaco serramenti  
 piano primo

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-10**

# AS09



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
ing. Alessandro Fracassi  
ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
d'Ingegneria Bianchini

ing. Daniele Bianchini

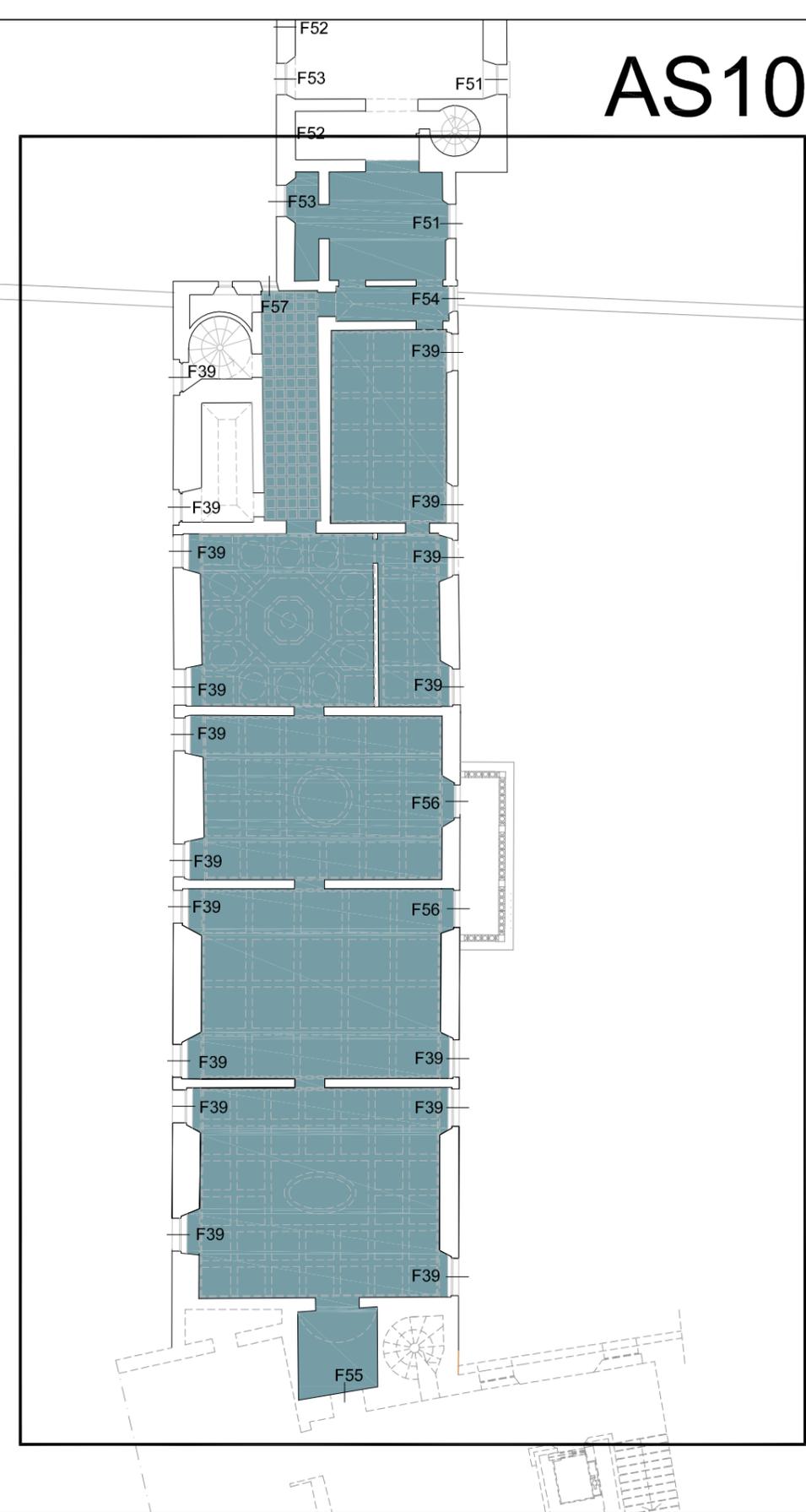
**AS09**  
abaco serramenti  
piano primo

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-11**

# AS10



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
ing. Alessandro Fracassi  
ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**

Tecnologia&Progetto - Milano



Studio Tecnico  
d'Ingegneria Bianchini

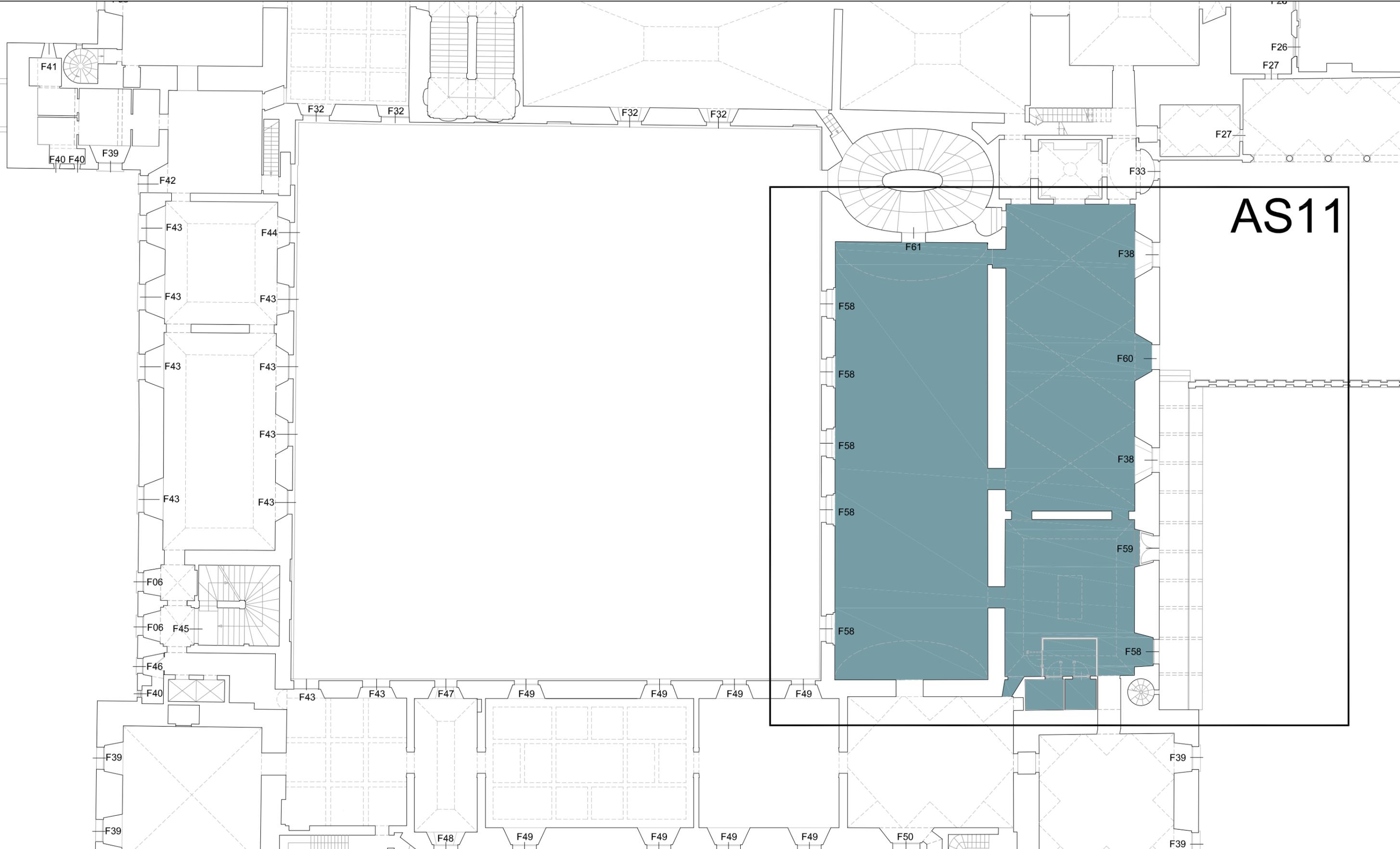
ing. Daniele Bianchini

**AS10**  
abaco serramenti  
piano primo

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-12**



**AS11**



**DIAGNOSI ENERGETICA E PROPOSTE RELATIVE ALL'INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL MUSEO DEL CASTELLO ESTENSE DI FERRARA**  
 NELL'AMBITO DEL PROGETTO EX.PO AUS FINANZIATO DAL PROGRAMMA DI COOPERAZIONE TRANSFRONTALIERA IPA ADRIATICO 2007-2013.

COMMITTENTE: Provincia di Ferrara



ing. Isaac Scaramella  
 ing. Alessandro Fracassi  
 ing. Alberto Massetti

**TEP S.R.L.**  
 Tecnologia&Progetto - Milano



ing. Daniele Bianchini

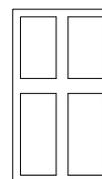
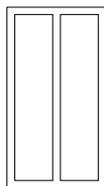
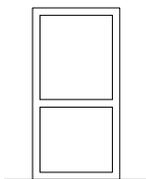
**AS11**  
 abaco serramenti  
 piano primo

data: 24/01/2014

scala: -

TAV.  
**A-13**

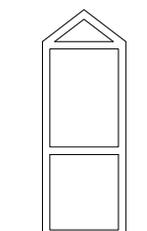
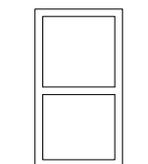
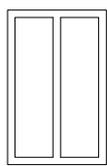
**scheda n°1**  
**ABACO SERRAMENTI**  
da **F01** a **F09**



<b>F01</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	115
altezza [cm]	228
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

<b>F04</b>	
n°elementi	<b>5</b>
base [cm]	130
altezza [cm]	240
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

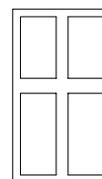
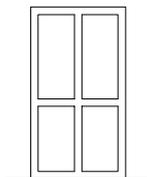
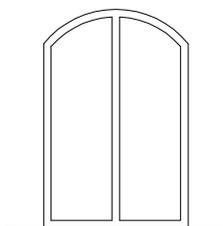
<b>F07</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	130
altezza [cm]	230
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F02</b>	
n°elementi	<b>4</b>
base [cm]	130
altezza [cm]	205
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

<b>F05</b>	
n°elementi	<b>3</b>
base [cm]	115
altezza [cm]	210
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

<b>F08</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	110
altezza [cm]	302-260
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	singolo

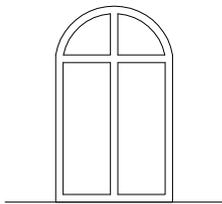


<b>F03</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	190
altezza [cm]	250-295
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

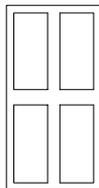
<b>F06</b>	
n°elementi	<b>3</b>
base [cm]	125
altezza [cm]	230
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

<b>F09</b>	
n°elementi	<b>3</b>
base [cm]	130
altezza [cm]	270
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

**scheda n°2**  
**ABACO SERRAMENTI**  
da **F10** a **F18**



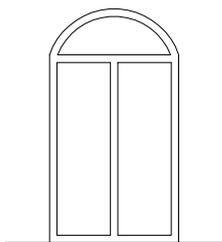
<b>F10</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	155
altezza [cm]	260-195
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



<b>F13</b>	
n°elementi	<b>4</b>
base [cm]	125
altezza [cm]	245
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F16</b>	
n°elementi	<b>6</b>
base [cm]	48
altezza [cm]	105-85
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



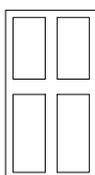
<b>F11</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	170
altezza [cm]	310-249
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	singolo



<b>F14</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	60
altezza [cm]	90
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



<b>F17</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	115
altezza [cm]	90-70
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



<b>F12</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	120
altezza [cm]	225
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F15</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	100
altezza [cm]	305
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



<b>F18</b>	
n°elementi	<b>5</b>
base [cm]	70
altezza [cm]	120
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

**scheda n°3**  
**ABACO SERRAMENTI**  
da **F19** a **F27**



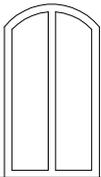
<b>F19</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	80
altezza [cm]	170
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



<b>F22</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	60
altezza [cm]	120-135
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



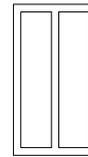
<b>F25</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	45
altezza [cm]	60
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



<b>F20</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	125
altezza [cm]	200-230
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F23</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	110
altezza [cm]	160
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



<b>F26</b>	
n°elementi	<b>5</b>
base [cm]	110
altezza [cm]	200
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F21</b>	
n°elementi	<b>5</b>
base [cm]	60
altezza [cm]	60-50
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

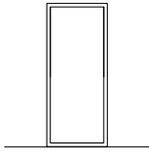


<b>F24</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	70
altezza [cm]	115
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

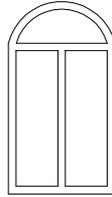


<b>F27</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	70
altezza [cm]	190
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

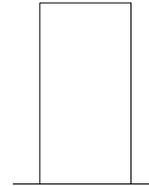
**scheda n°4**  
**ABACO SERRAMENTI**  
da **F28** a **F36**



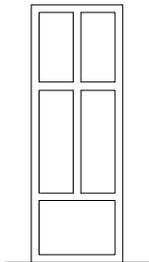
<b>F28</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	80
altezza [cm]	190
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



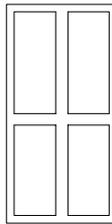
<b>F31</b>	
n°elementi	<b>4</b>
base [cm]	130
altezza [cm]	190-255
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.doppio (4+9+4) NO BE



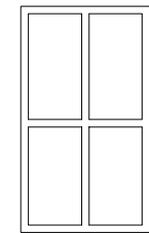
<b>F34</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	120
altezza [cm]	240
tipo telaio	-
tipo vetro	v.singolo



<b>F29</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	160
altezza [cm]	405
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



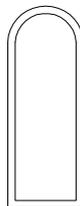
<b>F32</b>	
n°elementi	<b>9</b>
base [cm]	145
altezza [cm]	290
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



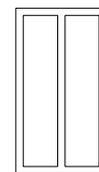
<b>F35</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	170
altezza [cm]	300
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F30</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	40
altezza [cm]	40
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

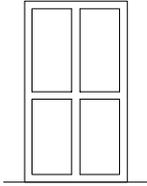


<b>F33</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	100
altezza [cm]	220-280
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F36</b>	
n°elementi	<b>10</b>
base [cm]	120
altezza [cm]	220
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

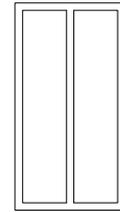
**scheda n°5**  
**ABACO SERRAMENTI**  
 da **F37** a **F45**



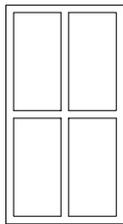
<b>F37</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	135
altezza [cm]	240
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F40</b>	
n°elementi	<b>3</b>
base [cm]	40
altezza [cm]	60
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



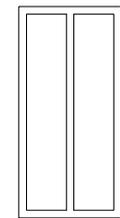
<b>F43</b>	
n°elementi	<b>10</b>
base [cm]	145
altezza [cm]	275
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



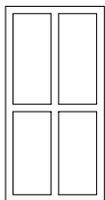
<b>F38</b>	
n°elementi	<b>4</b>
base [cm]	155
altezza [cm]	290
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



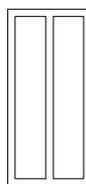
<b>F41</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	60
altezza [cm]	80
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo



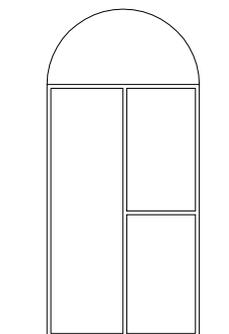
<b>F44</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	135
altezza [cm]	280
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F39</b>	
n°elementi	<b>19</b>
base [cm]	130
altezza [cm]	260
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F42</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	110
altezza [cm]	235
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

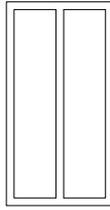


<b>F45</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	200
altezza [cm]	335-445
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	singolo

**scheda n°6**  
**ABACO SERRAMENTI**  
 da **F46** a **F54**



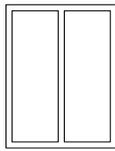
<b>F46</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	90
altezza [cm]	160
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



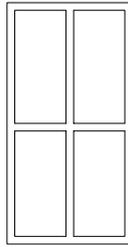
<b>F49</b>	
n°elementi	<b>8</b>
base [cm]	140
altezza [cm]	270
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



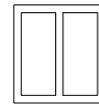
<b>F52</b>	
n°elementi	<b>3</b>
base [cm]	80
altezza [cm]	120
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.singolo



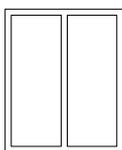
<b>F47</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	145
altezza [cm]	190
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.singolo



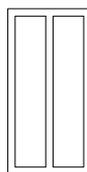
<b>F50</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	165
altezza [cm]	320
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



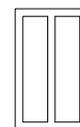
<b>F53</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	120
altezza [cm]	130
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (4+8+4) NO BE



<b>F48</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	150
altezza [cm]	190
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

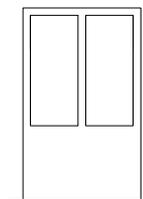
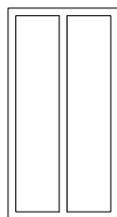
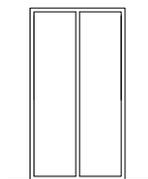


<b>F51</b>	
n°elementi	<b>11</b>
base [cm]	110
altezza [cm]	220
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (4+8+4) NO BE



<b>F54</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	85
altezza [cm]	120
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (4+8+4) NO BE

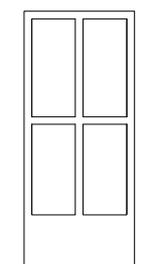
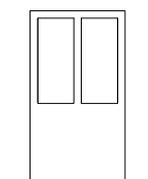
**scheda n°7**  
**ABACO SERRAMENTI**  
 da **F55** a **F61**



<b>F55</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	120
altezza [cm]	240
tipo telaio	ferro battuto
tipo vetro	v.singolo

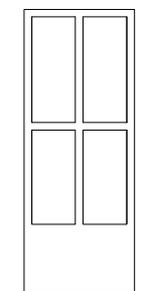
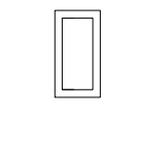
<b>F58</b>	
n°elementi	<b>6</b>
base [cm]	145
altezza [cm]	280
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

<b>F61</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	155
altezza [cm]	255
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.singolo



<b>F56</b>	
n°elementi	<b>2</b>
base [cm]	120
altezza [cm]	325
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

<b>F59</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	145
altezza [cm]	340
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



<b>F57</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	60
altezza [cm]	115
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE

<b>F60</b>	
n°elementi	<b>1</b>
base [cm]	150
altezza [cm]	375
tipo telaio	legno
tipo vetro	v.doppio (3+6+3) NO BE



## REPORT TERMOGRAFICO

## REPORT TERMOGRAFICO PROSPETTI ESTERNI

Il seguente report ha lo scopo di evidenziare come la distribuzione di temperatura superficiale dei prospetti delle aree museali del castello di Ferrara siano relativamente uniformi. Per poter valutare tale aspetto le immagini termografiche sono state analizzate sulla base di aree geometriche per le quali di valuta la temperatura media e la differenza tra valori massimi e minimi.

Le aree sono state scelte includendo ponti termici e serramenti per evidenziare eventuali differenze. In generale c'è una uniformità media molto elevata con una differenza media di temperatura contenuta in 1°C.

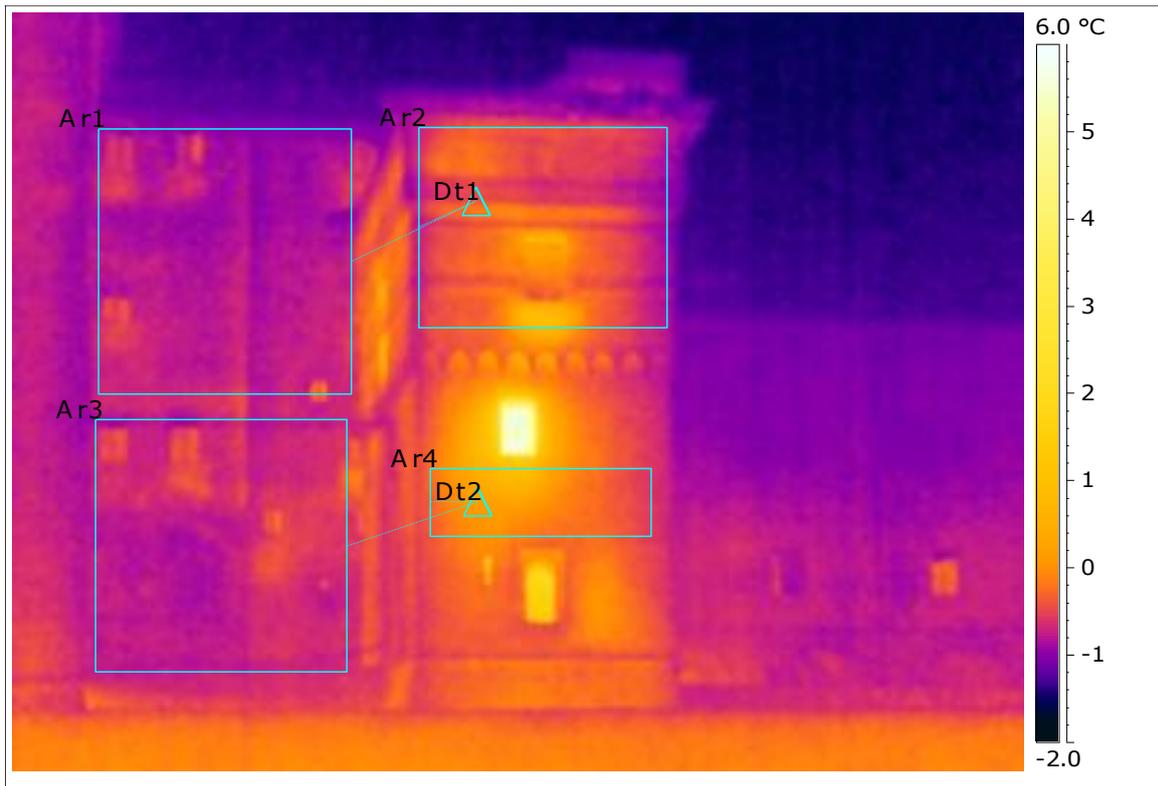
In alcune immagini sono stati evidenziati dei punti relazionati a giudizi che possono essere utili ai fini della diagnosi.

Dati dell'indagine termografica:

### Prospetto Nord:



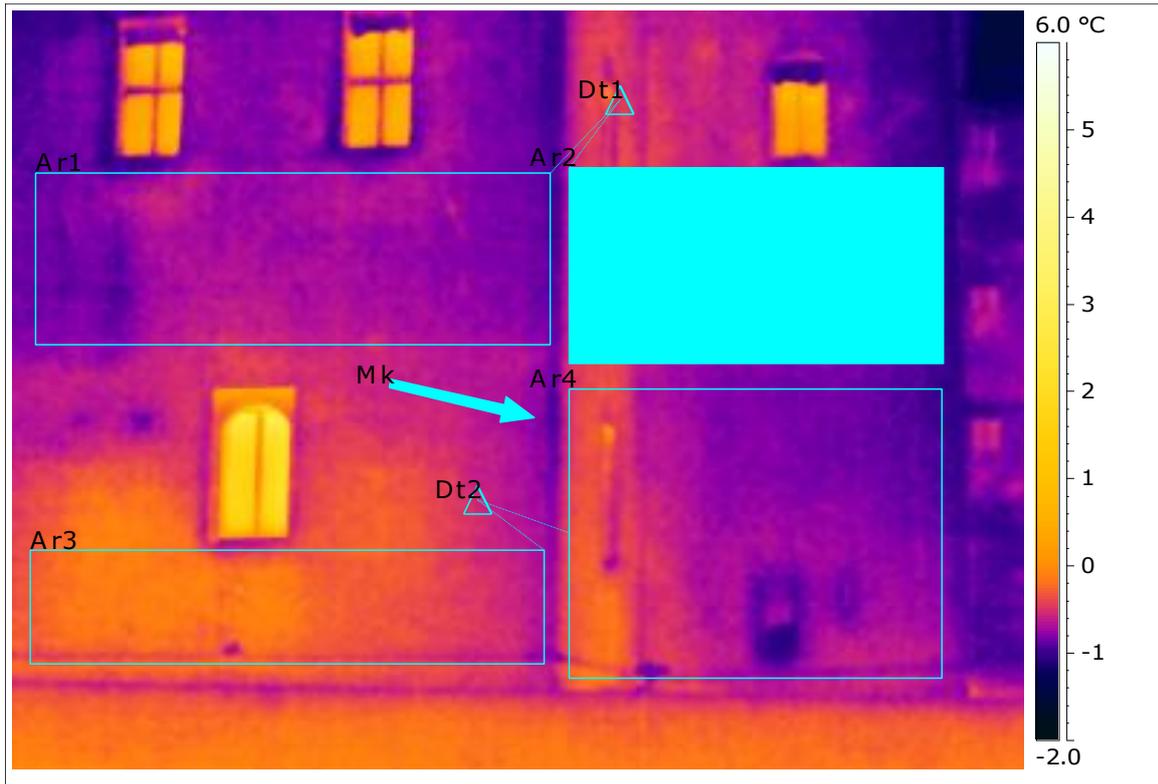
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2930.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.8 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.1 °C
Ar2 Average Temperature	-0.4 °C
Ar2 Max - Min Temperature	2.4 °C
Ar3 Average Temperature	-0.7 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.9 °C
Ar4 Average Temperature	-0.1 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.6 °C
Temperatura media aree	-0
Dt1	0.4 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.6 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2931.jpg

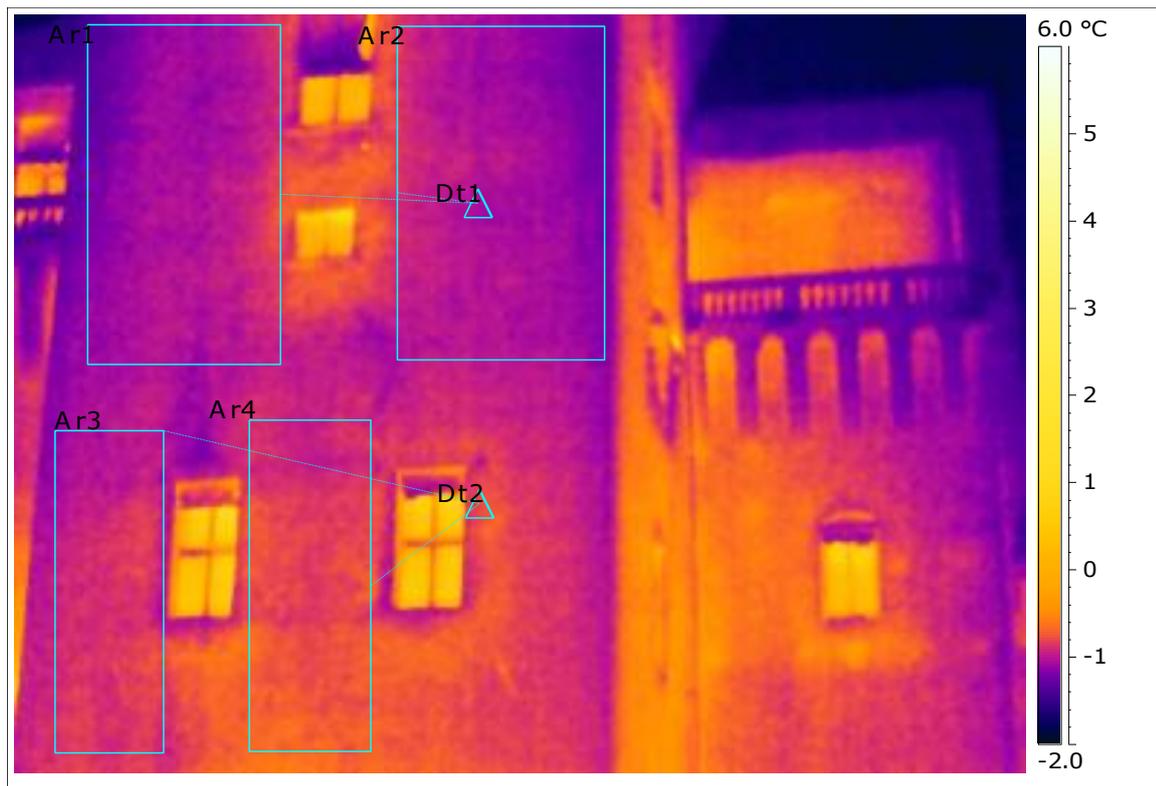


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.7 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar2 Average Temperature	-0.7 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.9 °C
Ar3 Average Temperature	-0.3 °C
Ar3 Max - Min Temperature	1.0 °C
Ar4 Average Temperature	-0.7 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.5 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.0 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.4 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Il marcatore azzurro evidenzia un comportamento valutato a livello predittivo. Gli angoli costituiti da materiale omogeneo sono ad una temperatura più bassa rispetto alla pareti (e il coefficiente lineico sarà negativo).

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2932.jpg

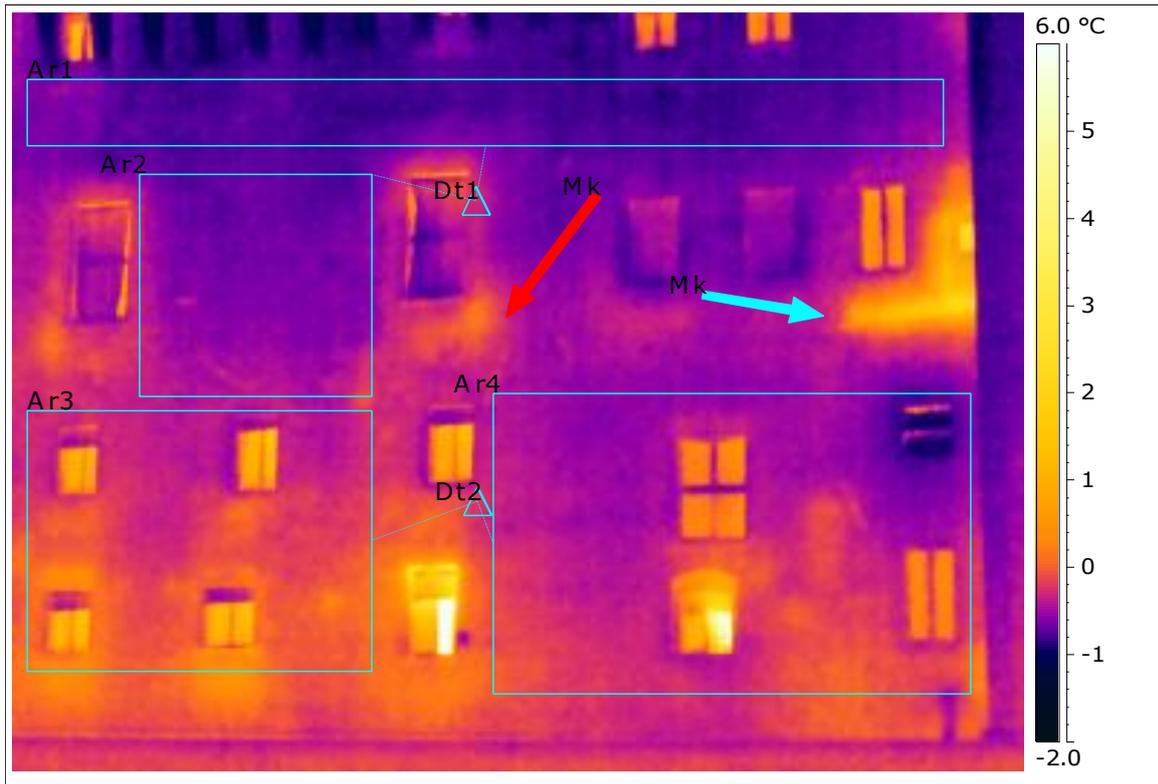


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-1.1 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.8 °C
Ar2 Average Temperature	-1.1 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar3 Average Temperature	-0.9 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.5 °C
Ar4 Average Temperature	-0.8 °C
Ar4 Max - Min Temperature	0.5 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.0 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Il marcatore azzurro evidenzia un comportamento valutato a livello predittivo. Gli angoli costituiti da materiale omogeneo sono ad una temperatura più bassa rispetto alla pareti (e il coefficiente lineico sarà negativo).

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2934.jpg



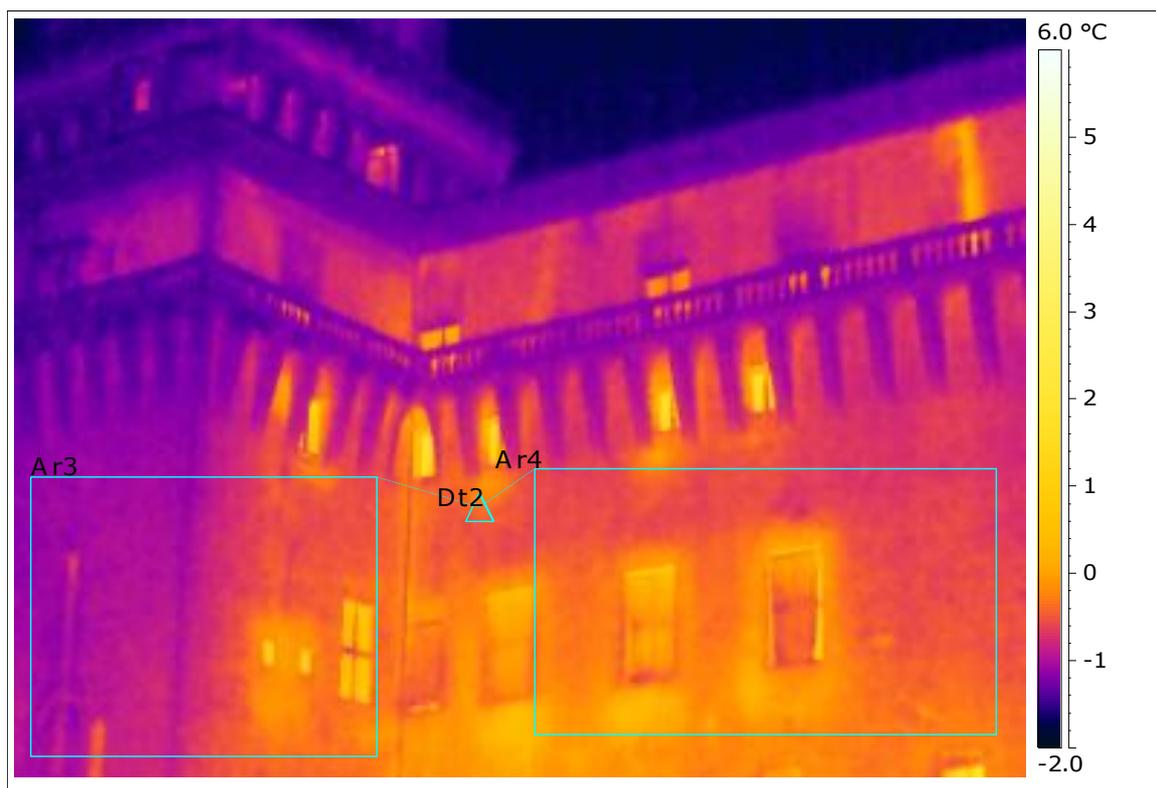
Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.7 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar2 Average Temperature	-0.6 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.8 °C
Ar3 Average Temperature	-0.1 °C
Ar3 Max - Min Temperature	2.4 °C
Ar4 Average Temperature	-0.3 °C
Ar4 Max - Min Temperature	9.9 °C
Temperatura media aree	-0
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.2 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Il marcatore azzurro evidenzia una consistente anomalia termica probabilmente dovuta ad un passaggio impiantistico posizionato sul paramento esterno. E' opportuno intervenire isolando oppure variando la via scelta.

Il marcatore rosso evidenzia la presenza di corpi scaldanti che scaldano maggiormente e localmente la parete. Tale aspetto può essere migliorato e si considera nella valutazione della parte impianti relativa al rendimento di emissione.

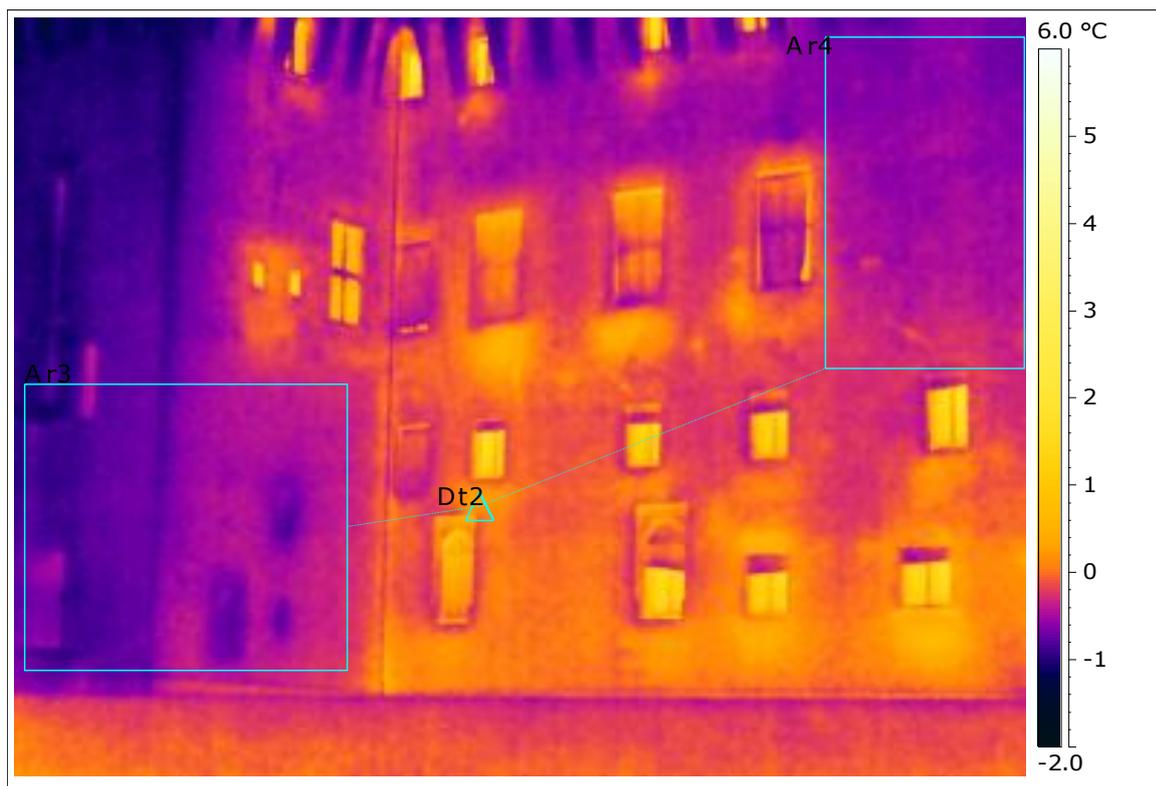
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2936.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-
Ar1 Max - Min Temperature	-
Ar2 Average Temperature	-
Ar2 Max - Min Temperature	-
Ar3 Average Temperature	-0.7 °C
Ar3 Max - Min Temperature	2.8 °C
Ar4 Average Temperature	-0.3 °C
Ar4 Max - Min Temperature	2.5 °C
Temperatura media aree	0
Dt1	-
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	0
Dt2	-0.3 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2937.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-
Ar1 Max - Min Temperature	-
Ar2 Average Temperature	-
Ar2 Max - Min Temperature	-
Ar3 Average Temperature	-0.6 °C
Ar3 Max - Min Temperature	1.0 °C
Ar4 Average Temperature	-0.5 °C
Ar4 Max - Min Temperature	0.8 °C
Temperatura media aree	0
Dt1	-
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	0
Dt2	-0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2946.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-
Ar1 Max - Min Temperature	-
Ar2 Average Temperature	-
Ar2 Max - Min Temperature	-
Ar3 Average Temperature	0.1 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.7 °C
Ar4 Average Temperature	0.1 °C
Ar4 Max - Min Temperature	0.9 °C
Temperatura media aree	0
Dt1	-
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	0
Dt2	0.0 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Il marcatore giallo evidenzia la presenza di corpi scaldanti che scaldano maggiormente e localmente la parete. Tale aspetto può essere migliorato e si considera nella valutazione della parte impianti relativa al rendimento di emissione.

Prospetto Est:



Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2958.jpg

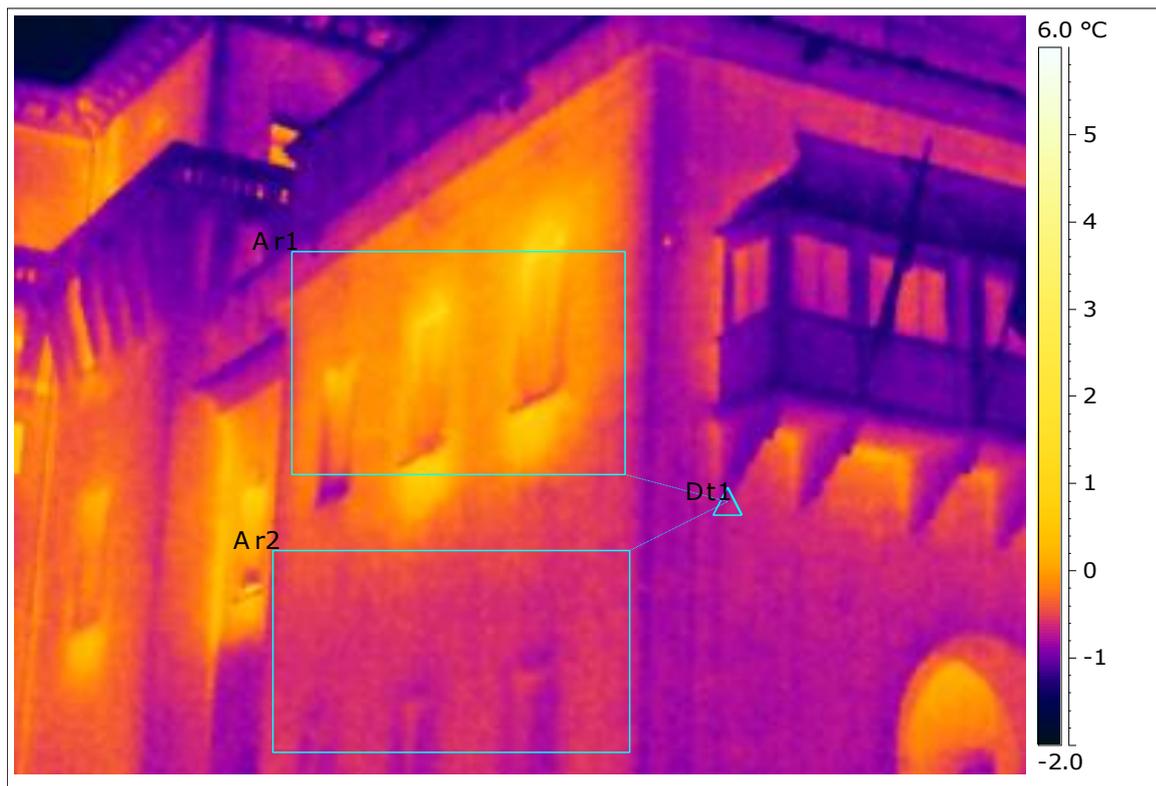


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.6 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.0 °C
Ar2 Average Temperature	-0.3 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.2 °C
Ar3 Average Temperature	-
Ar3 Max - Min Temperature	-
Ar4 Average Temperature	-
Ar4 Max - Min Temperature	-
Temperatura media aree	0
Dt1	0.4 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	0

Il marcatore azzurro evidenzia un comportamento valutato a livello predittivo. Gli angoli costituiti da materiale omogeneo sono ad una temperatura più bassa rispetto alla pareti (e il coefficiente lineico sarà negativo).

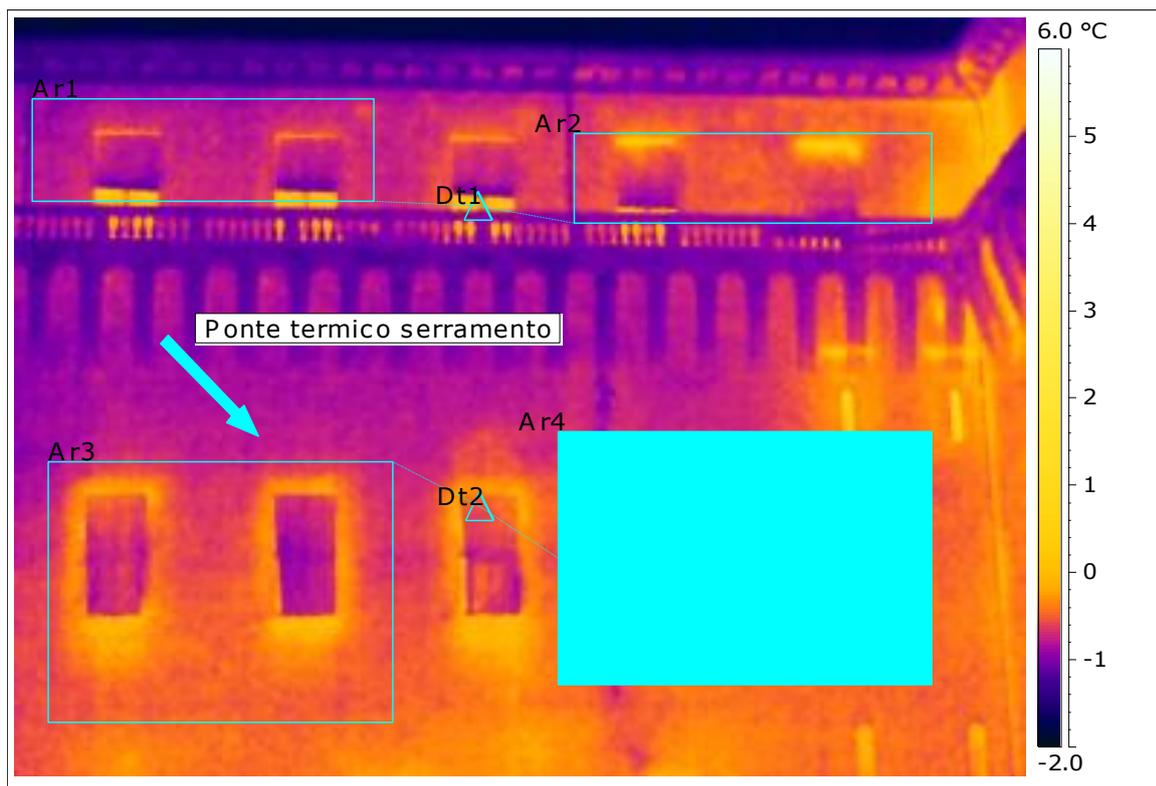
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2982.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.1 °C
Ar1 Max - Min Temperature	2.9 °C
Ar2 Average Temperature	-0.6 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar3 Average Temperature	-
Ar3 Max - Min Temperature	-
Ar4 Average Temperature	-
Ar4 Max - Min Temperature	-
Temperatura media aree	0
Dt1	0.5 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	0

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2983.jpg

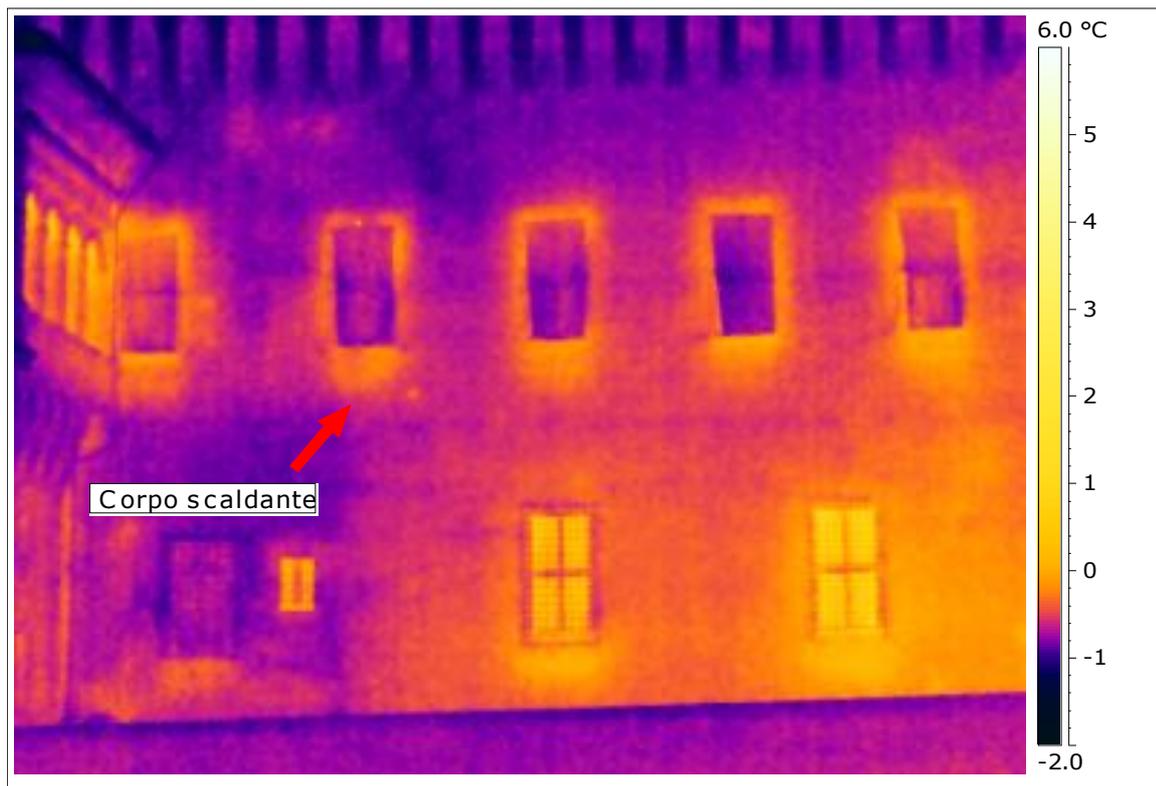


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.7 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.7 °C
Ar2 Average Temperature	-0.5 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.8 °C
Ar3 Average Temperature	-0.5 °C
Ar3 Max - Min Temperature	1.2 °C
Ar4 Average Temperature	-0.5 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.6 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.0 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

La presenza di ponti termici di serramenti è stata computata nella maggioranza %.

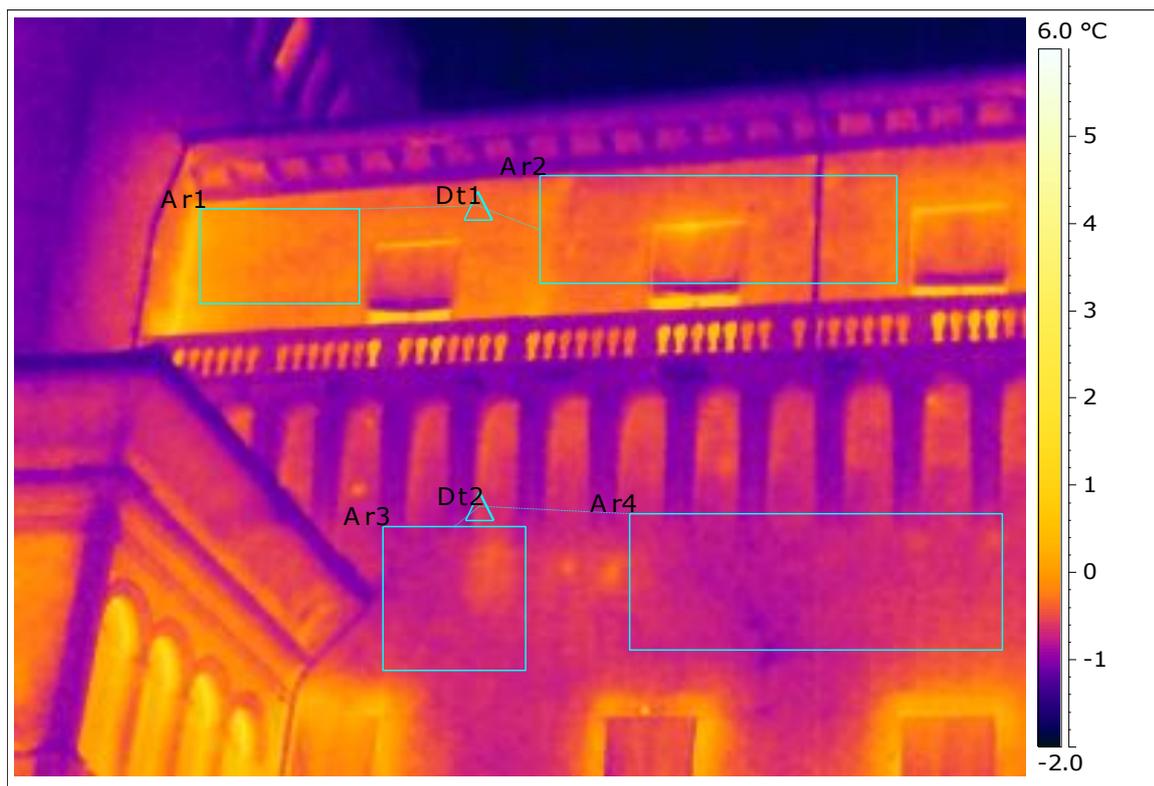
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2985.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-
Ar1 Max - Min Temperature	-
Ar2 Average Temperature	-
Ar2 Max - Min Temperature	-
Ar3 Average Temperature	-
Ar3 Max - Min Temperature	-
Ar4 Average Temperature	-
Ar4 Max - Min Temperature	-
Temperatura media aree	0
Dt1	-
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	0
Dt2	-
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	0

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_3003.jpg

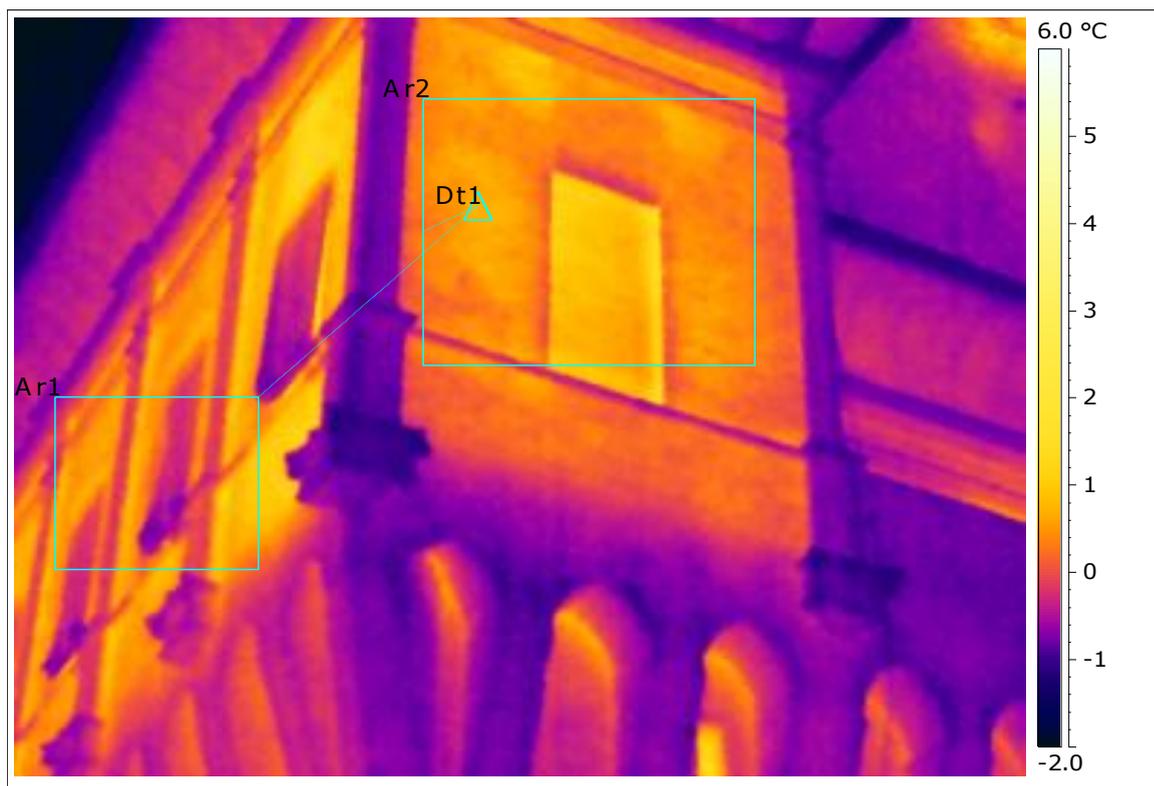


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.2 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.7 °C
Ar2 Average Temperature	-0.4 °C
Ar2 Max - Min Temperature	2.4 °C
Ar3 Average Temperature	-0.7 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar4 Average Temperature	-0.7 °C
Ar4 Max - Min Temperature	0.6 °C
Temperatura media aree	-0
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.0 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

In questa immagine è evidente il differente comportamento dispersivo della superficie del piano secondo e di quella del piano sottostante. Tale differenza può essere dovuta al differente spessore dei muri a parità di materiale. La differenza di temperatura esterna è pari infatti a quasi 1 °C.

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_3008.jpg

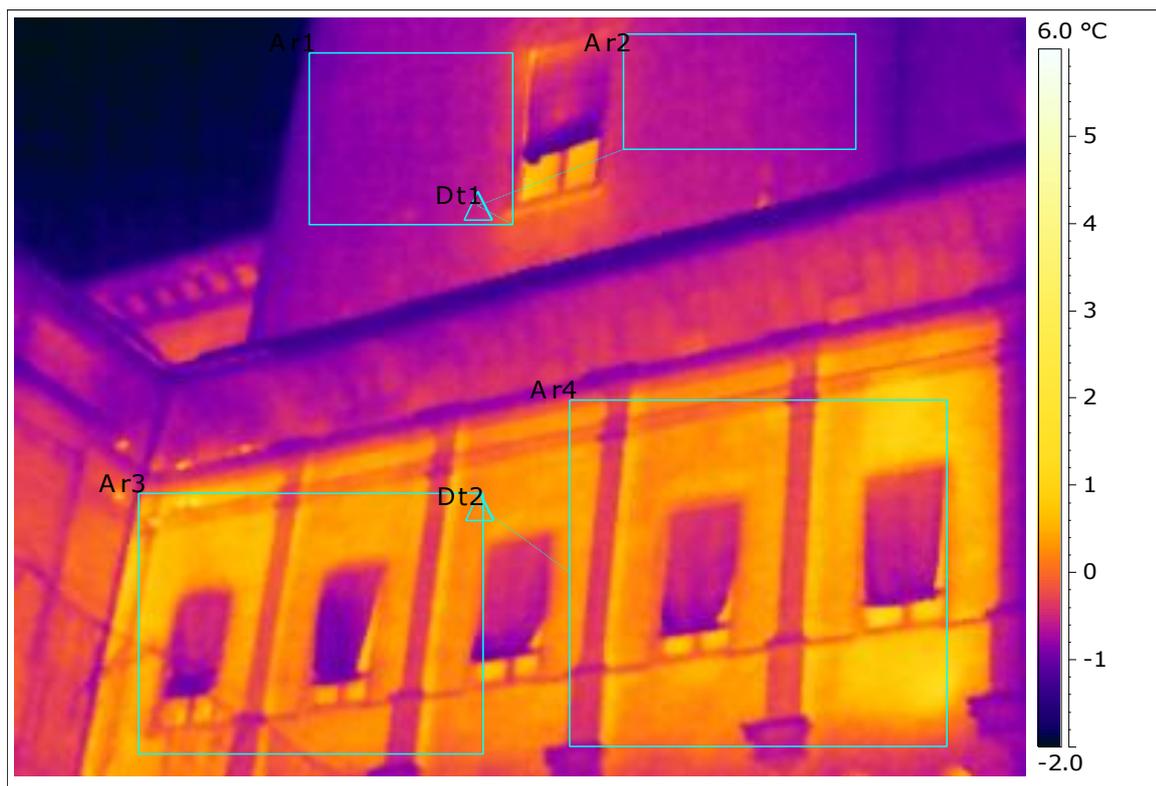


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	0.2 °C
Ar1 Max - Min Temperature	2.2 °C
Ar2 Average Temperature	0.5 °C
Ar2 Max - Min Temperature	2.1 °C
Ar3 Average Temperature	-
Ar3 Max - Min Temperature	-
Ar4 Average Temperature	-
Ar4 Max - Min Temperature	-
Temperatura media aree	0
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	0

In questa immagine è evidente il differente comportamento dispersivo della superficie del piano secondo e di quella del piano sottostante. Tale differenza può essere dovuta al differente spessore dei muri a parità di materiale.

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_3011.jpg

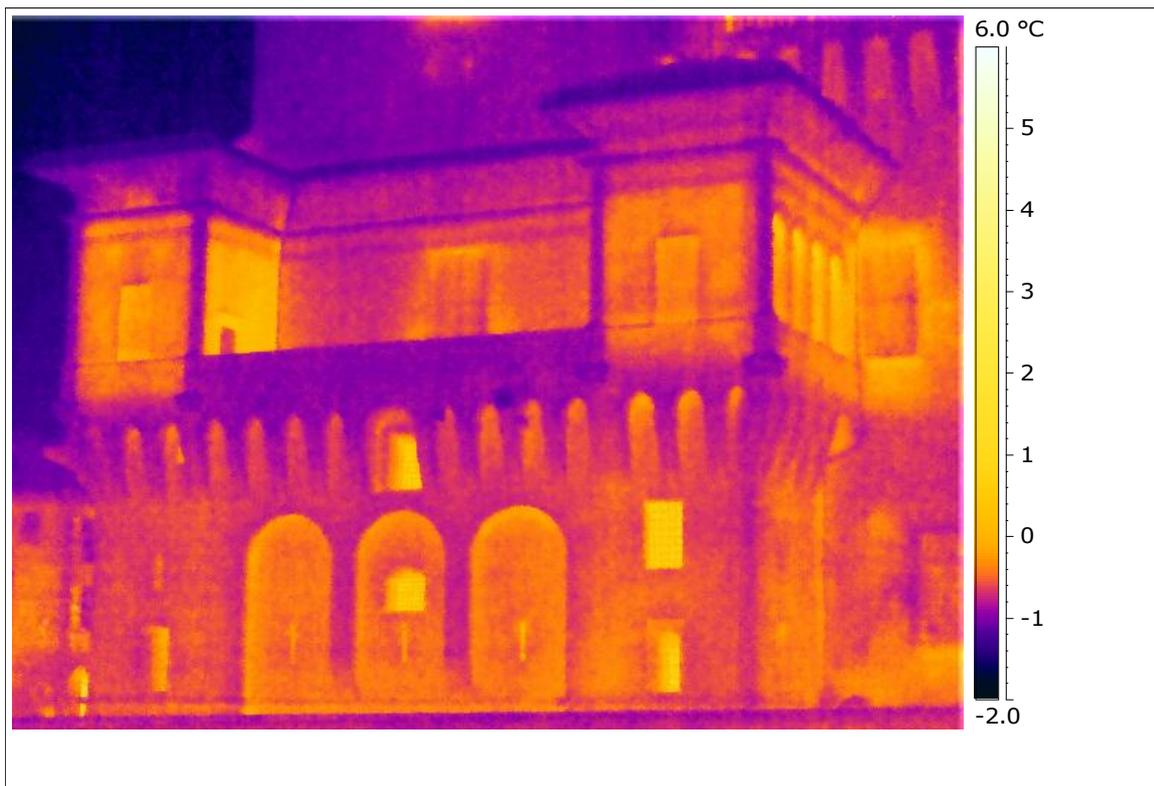


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.7 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.5 °C
Ar2 Average Temperature	-0.7 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar3 Average Temperature	0.1 °C
Ar3 Max - Min Temperature	3.1 °C
Ar4 Average Temperature	0.1 °C
Ar4 Max - Min Temperature	2.3 °C
Temperatura media aree	-0
Dt1	0.0 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

In questa immagine è evidente il differente comportamento dispersivo della superficie del piano secondo e di quella della torre. Tale differenza può essere dovuta al differente spessore dei muri a parità di materiale.

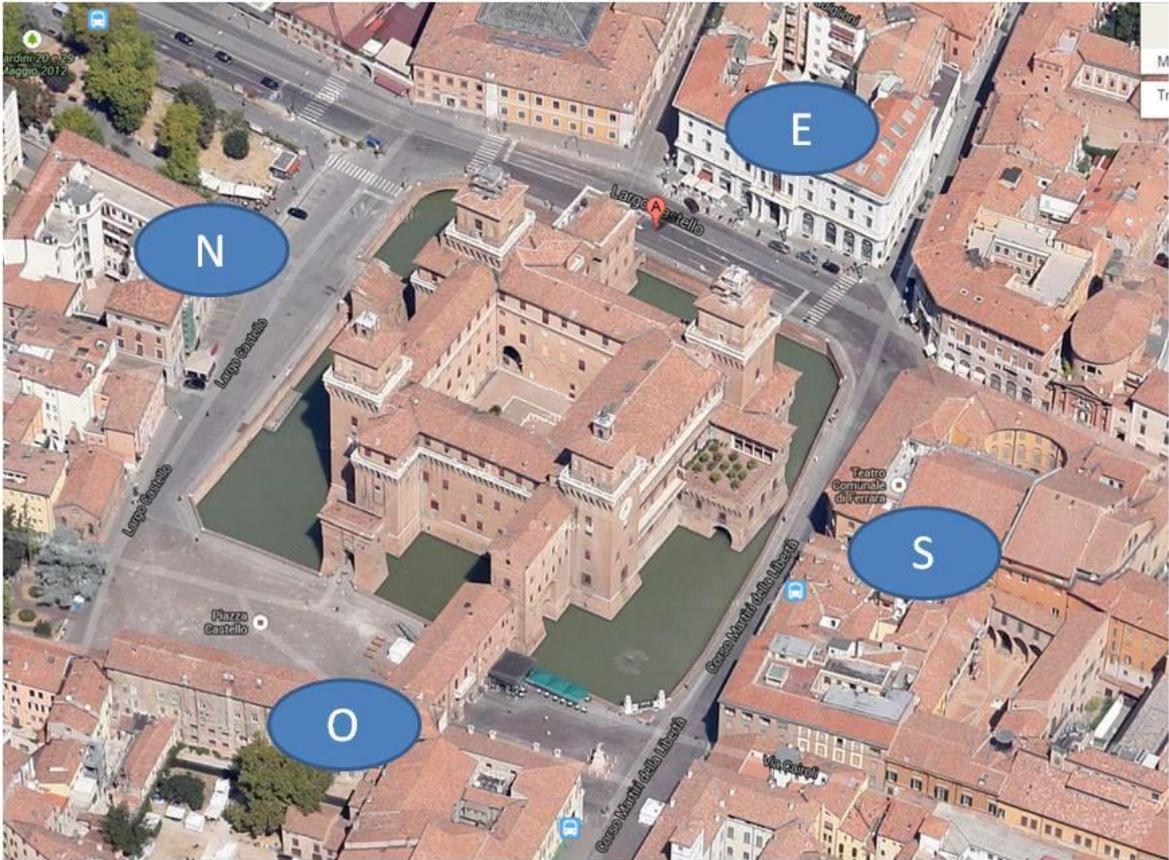
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2989.jpg



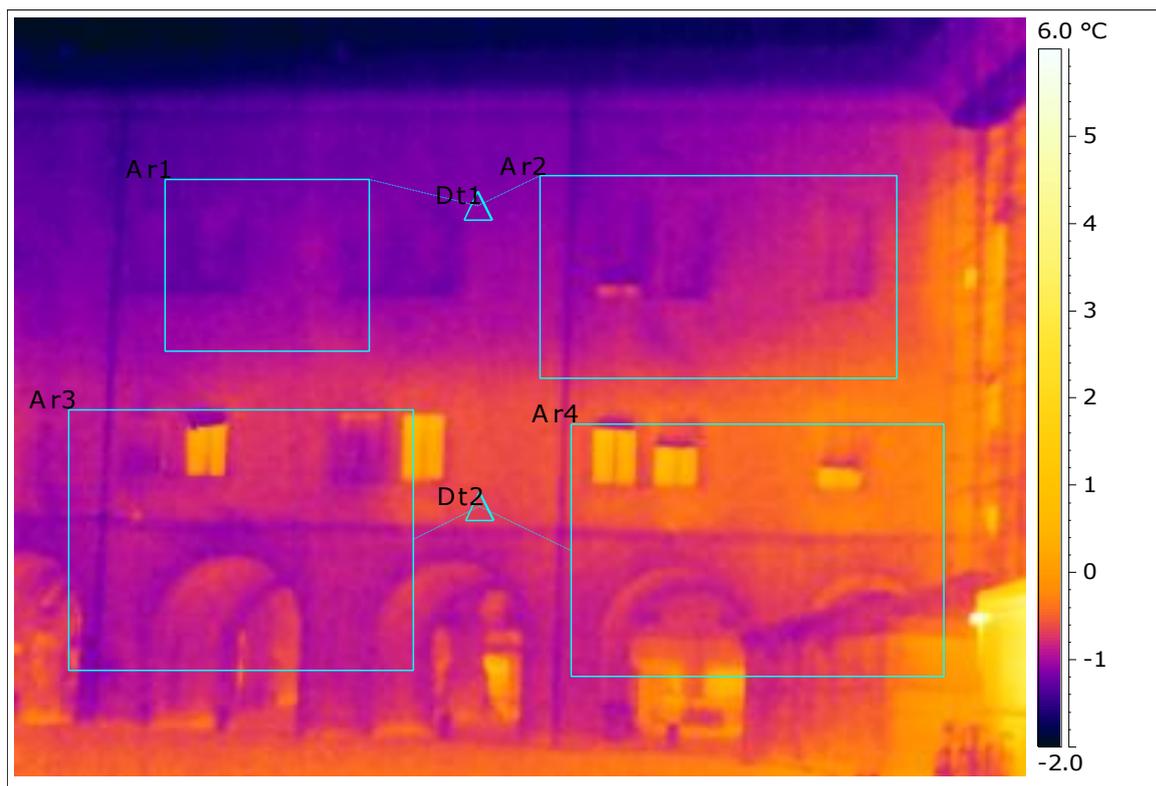
Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-
Ar1 Max - Min Temperature	-
Ar2 Average Temperature	-
Ar2 Max - Min Temperature	-
Ar3 Average Temperature	-
Ar3 Max - Min Temperature	-
Ar4 Average Temperature	-
Ar4 Max - Min Temperature	-
Temperatura media aree	0
Dt1	-
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	0
Dt2	-
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	0

Prospetto OVEST:



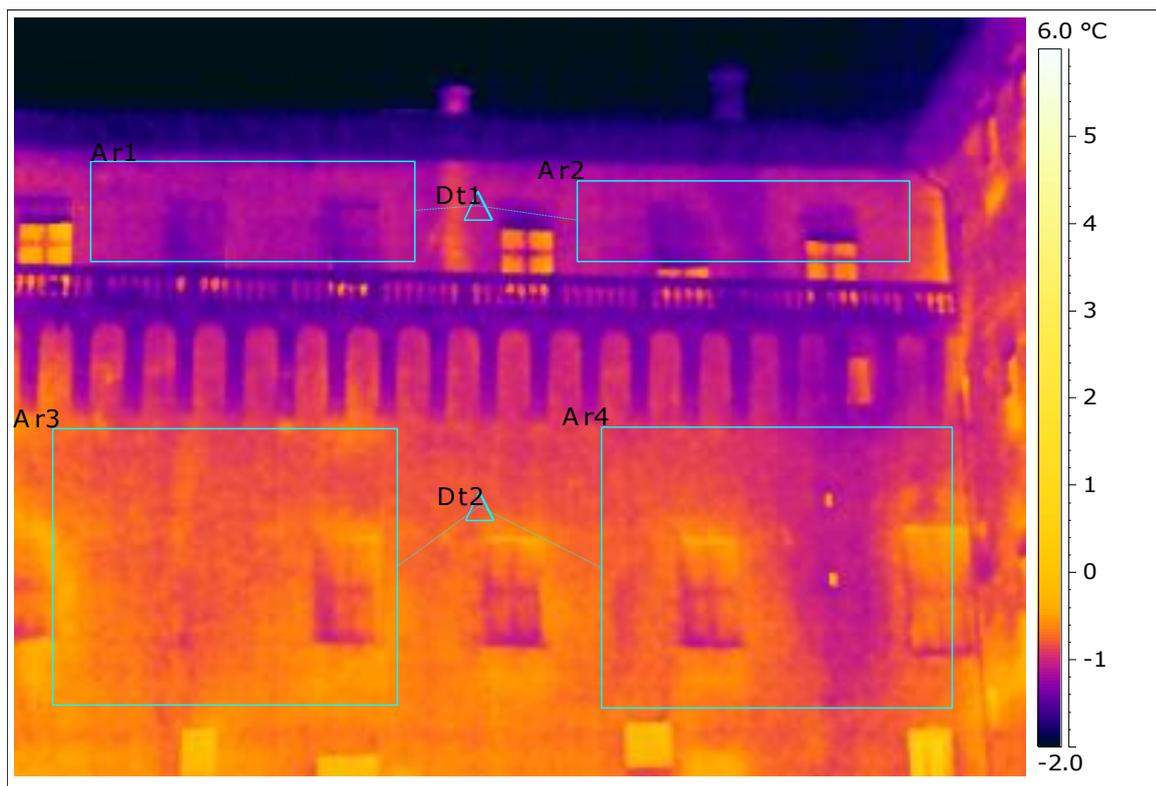
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2877.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-1.1 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar2 Average Temperature	-0.9 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.0 °C
Ar3 Average Temperature	-0.8 °C
Ar3 Max - Min Temperature	2.2 °C
Ar4 Average Temperature	-0.5 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.9 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.3 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

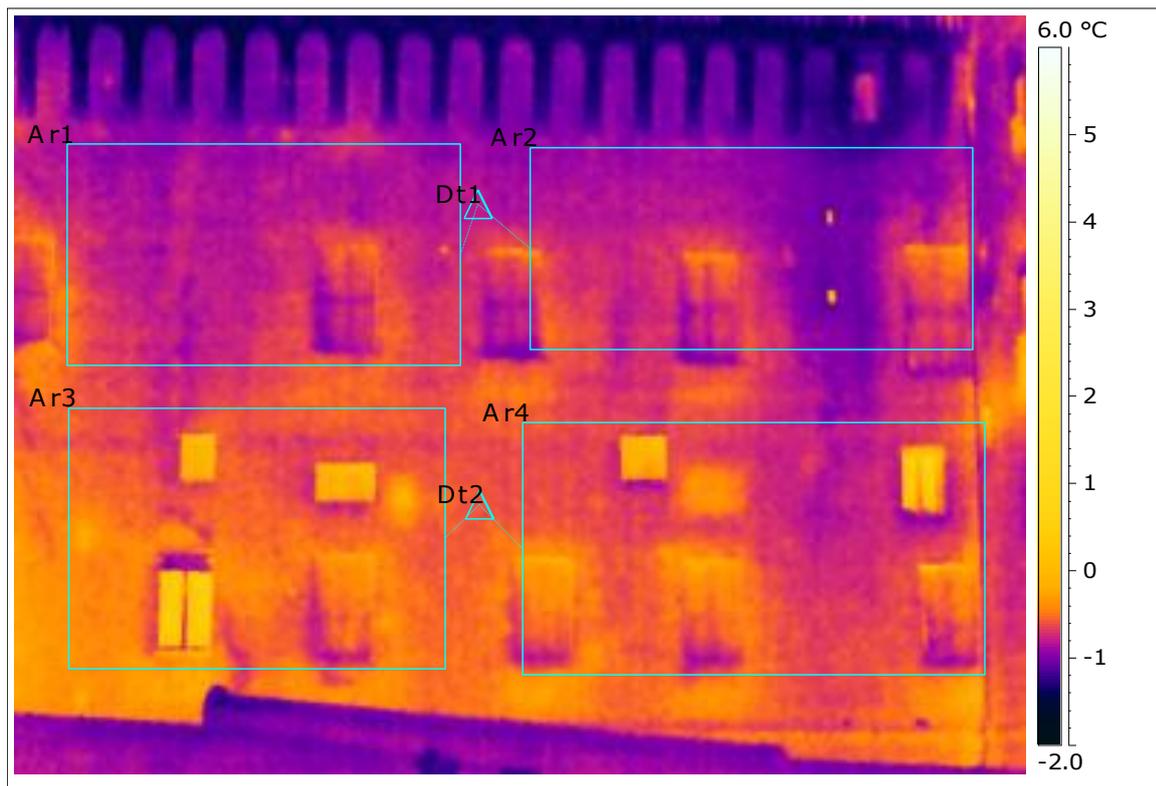
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2889.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-1.2 °C
Ar1 Max - Min Temperature	0.7 °C
Ar2 Average Temperature	-1.2 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.1 °C
Ar3 Average Temperature	-0.7 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.9 °C
Ar4 Average Temperature	-0.8 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.5 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.0 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

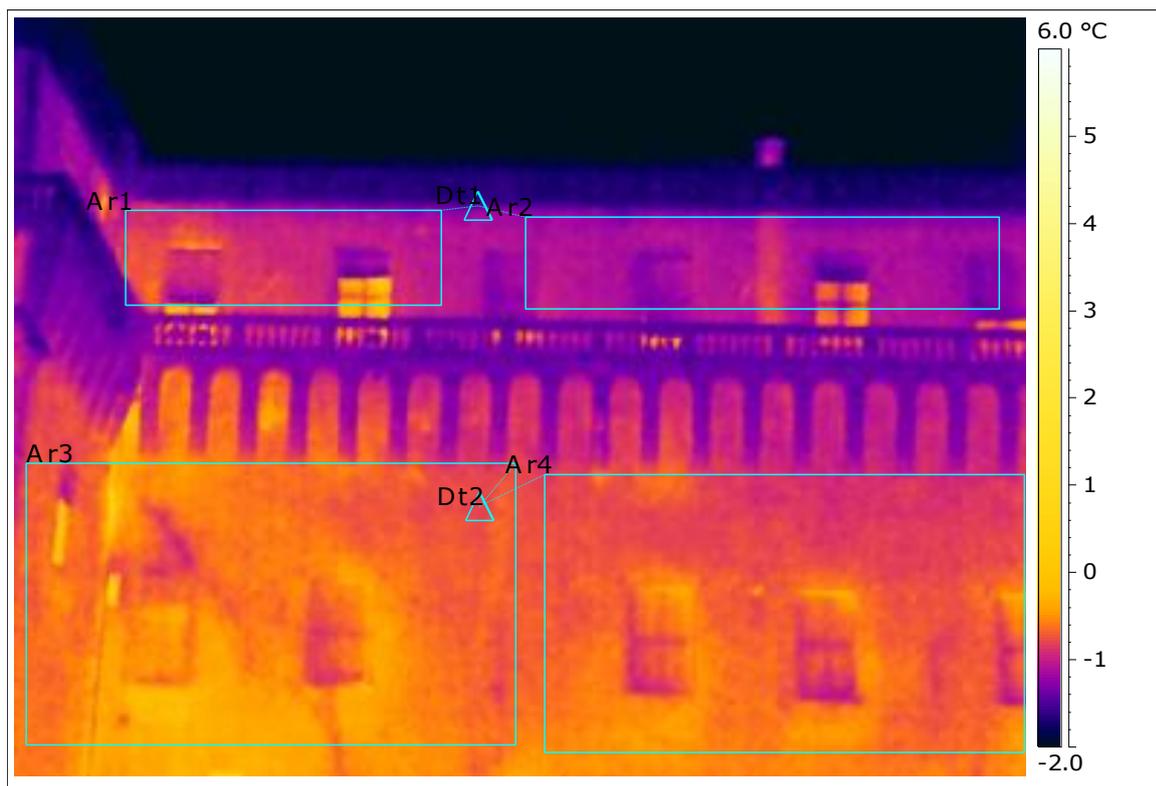
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2890.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.8 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.0 °C
Ar2 Average Temperature	-0.8 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.5 °C
Ar3 Average Temperature	-0.5 °C
Ar3 Max - Min Temperature	1.9 °C
Ar4 Average Temperature	-0.6 °C
Ar4 Max - Min Temperature	2.1 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.1 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

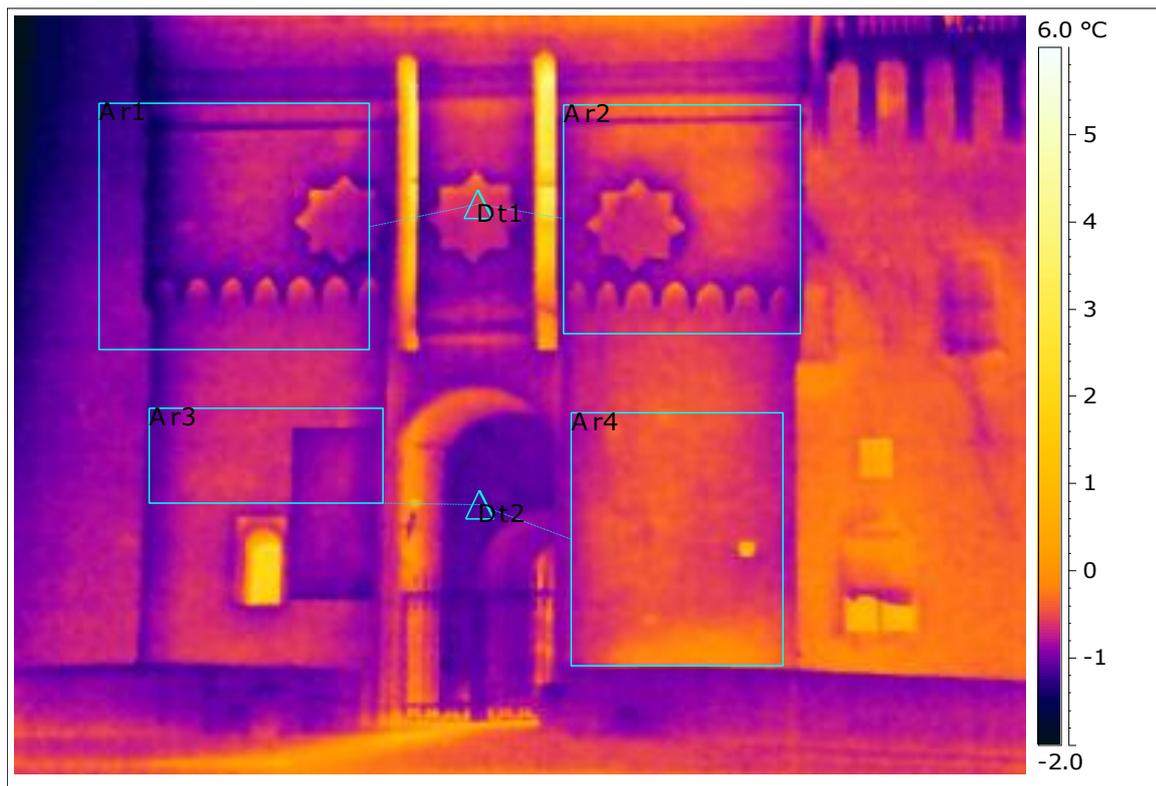
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2892.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.9 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.7 °C
Ar2 Average Temperature	-1.1 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.2 °C
Ar3 Average Temperature	-0.6 °C
Ar3 Max - Min Temperature	2.7 °C
Ar4 Average Temperature	-0.7 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.6 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

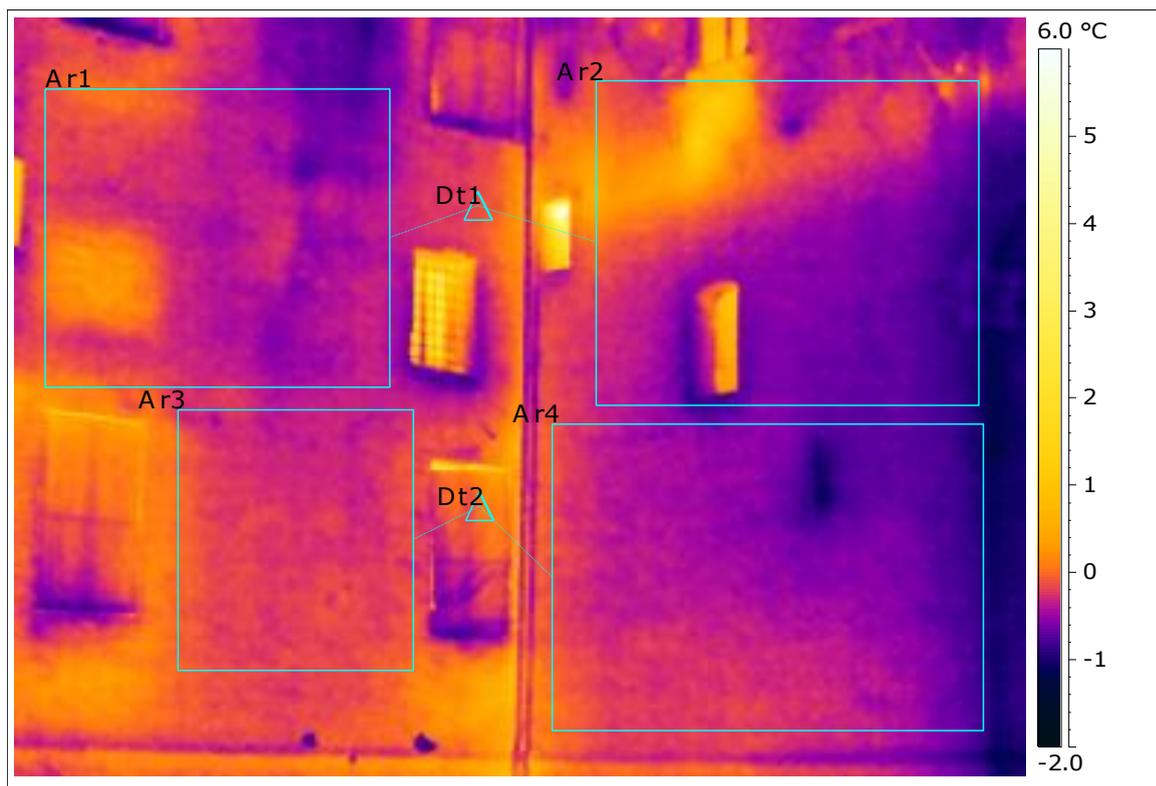
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2893.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.9 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.5 °C
Ar2 Average Temperature	-0.7 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.2 °C
Ar3 Average Temperature	-0.8 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.8 °C
Ar4 Average Temperature	-0.5 °C
Ar4 Max - Min Temperature	2.3 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.3 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

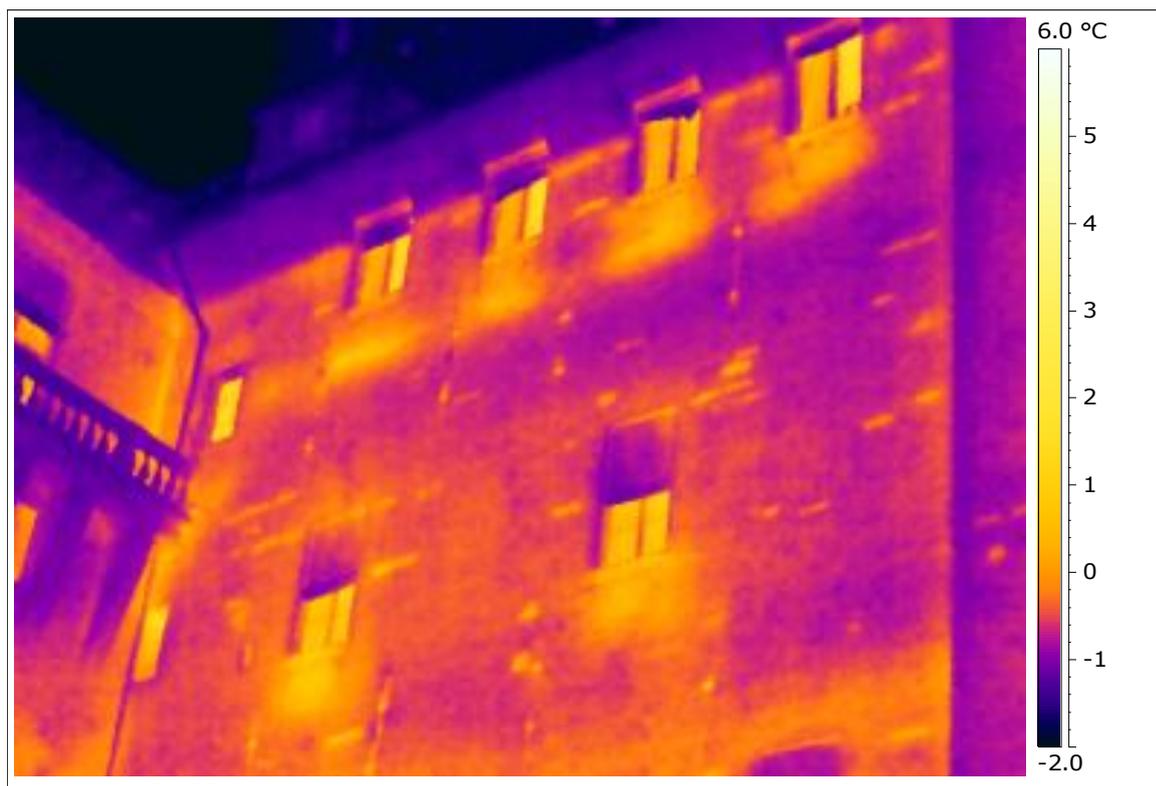
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2900.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.3 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.3 °C
Ar2 Average Temperature	-0.4 °C
Ar2 Max - Min Temperature	2.5 °C
Ar3 Average Temperature	-0.2 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.6 °C
Ar4 Average Temperature	-0.5 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.3 °C
Temperatura media aree	-0
Dt1	0.1 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.3 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

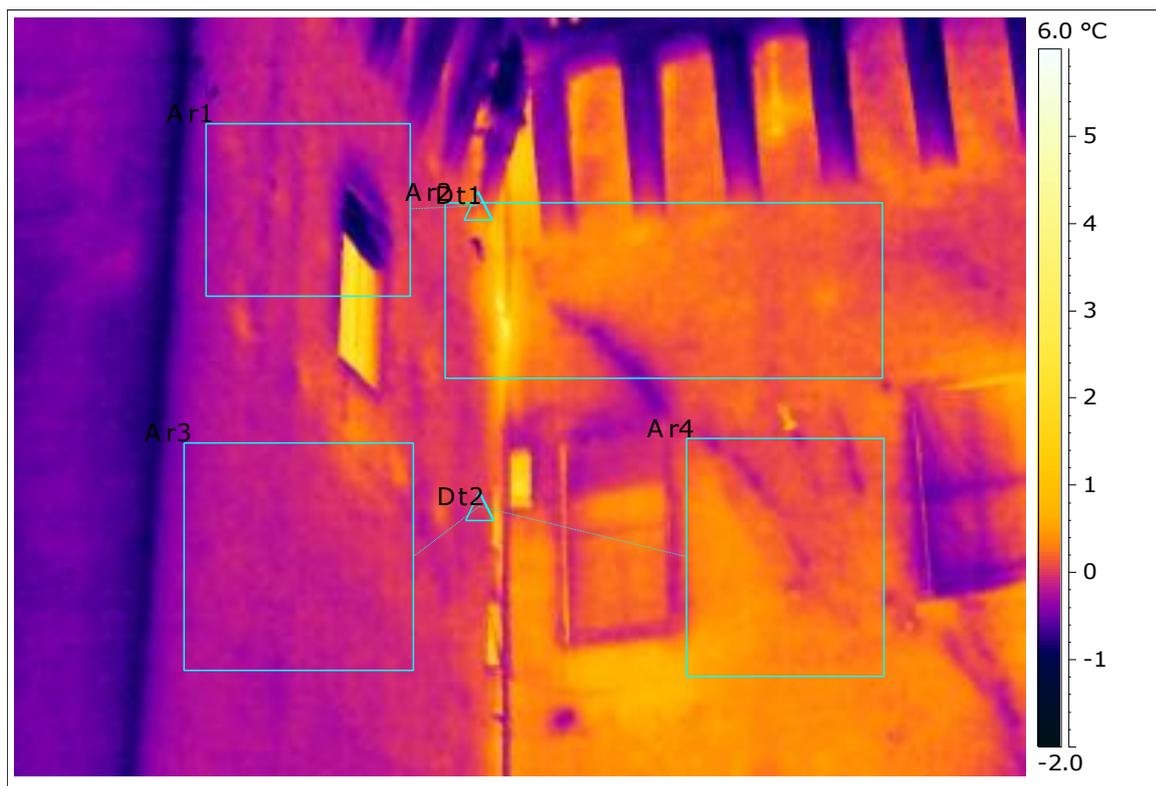
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2902.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-
Ar1 Max - Min Temperature	-
Ar2 Average Temperature	-
Ar2 Max - Min Temperature	-
Ar3 Average Temperature	-
Ar3 Max - Min Temperature	-
Ar4 Average Temperature	-
Ar4 Max - Min Temperature	-
Temperatura media aree	0
Dt1	-
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	0
Dt2	-
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	0

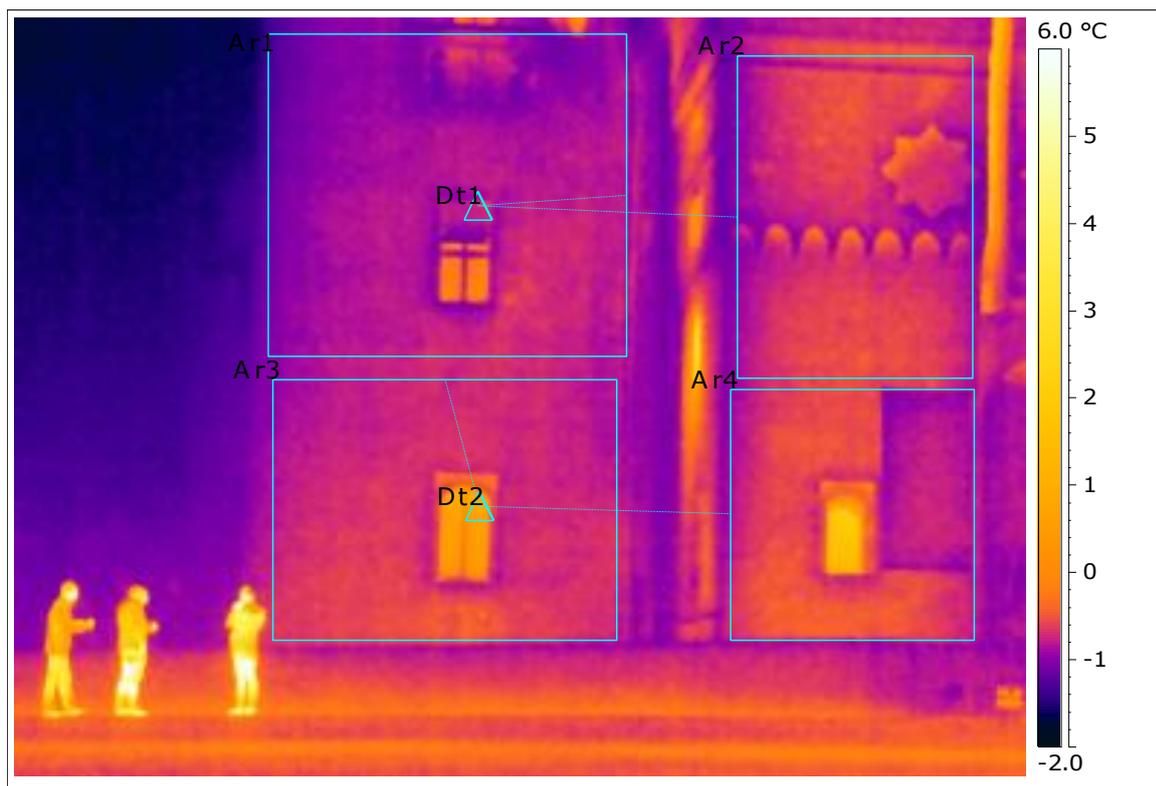
Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2903.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.1 °C
Ar1 Max - Min Temperature	3.8 °C
Ar2 Average Temperature	0.2 °C
Ar2 Max - Min Temperature	6.2 °C
Ar3 Average Temperature	-0.1 °C
Ar3 Max - Min Temperature	0.8 °C
Ar4 Average Temperature	0.2 °C
Ar4 Max - Min Temperature	1.0 °C
Temperatura media aree	0
Dt1	0.3 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.4 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_2924.jpg



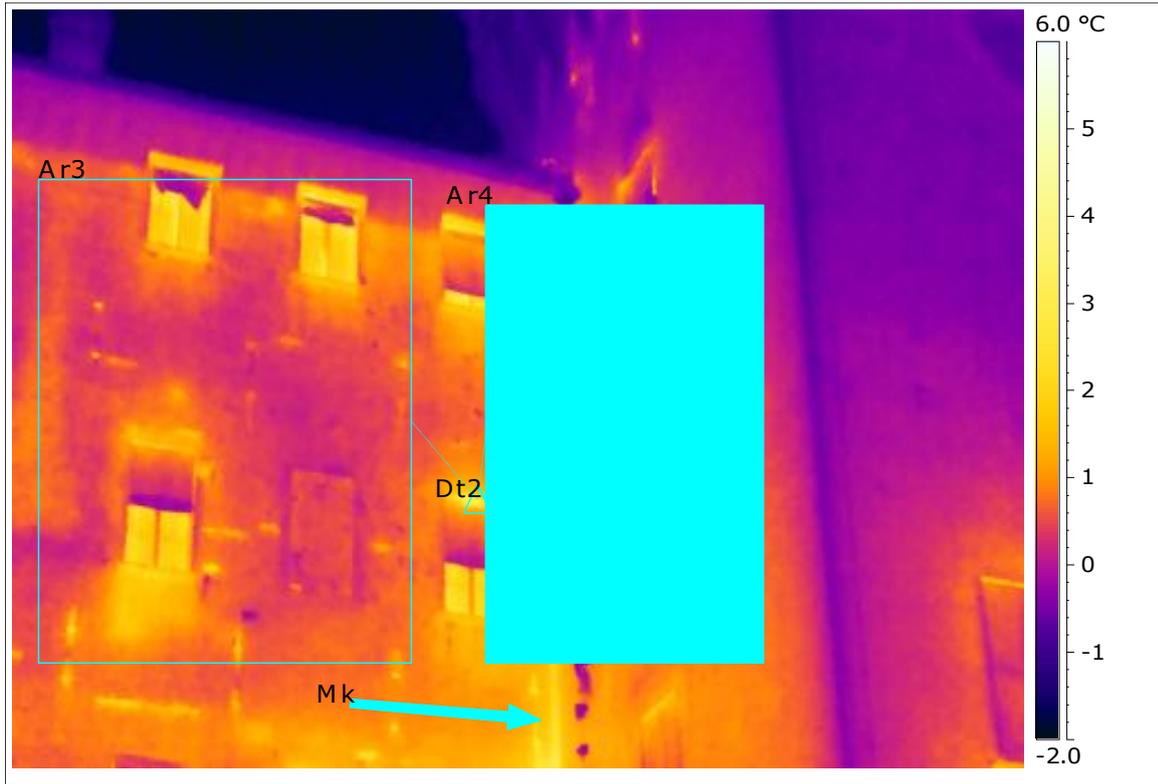
Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-0.9 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.4 °C
Ar2 Average Temperature	-0.7 °C
Ar2 Max - Min Temperature	1.2 °C
Ar3 Average Temperature	-0.6 °C
Ar3 Max - Min Temperature	2.3 °C
Ar4 Average Temperature	-0.6 °C
Ar4 Max - Min Temperature	3.3 °C
Temperatura media aree	-1
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

## Prospetto Sud:



Numero immagine termografica: Image.File name IR\_3050.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	-
Ar1 Max - Min Temperature	-
Ar2 Average Temperature	-
Ar2 Max - Min Temperature	-
Ar3 Average Temperature	0.7 °C
Ar3 Max - Min Temperature	4.1 °C
Ar4 Average Temperature	0.9 °C
Ar4 Max - Min Temperature	8.3 °C
Temperatura media aree	0
Dt1	-
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	0
Dt2	-0.2 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

Il marcatore azzurro evidenzia un comportamento valutato a livello predittivo. Gli angoli costituiti da materiale omogeneo sono ad una temperatura più alta a causa del ponte termico geometrico rispetto alla pareti (e il coefficiente lineico sarà positivo). Tale valutazione vale per gli angoli che hanno una superficie disperdente esterna minore di quella interna. Se la condizione non vale, l'angolo risulta meno disperdente.

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_3058.jpg

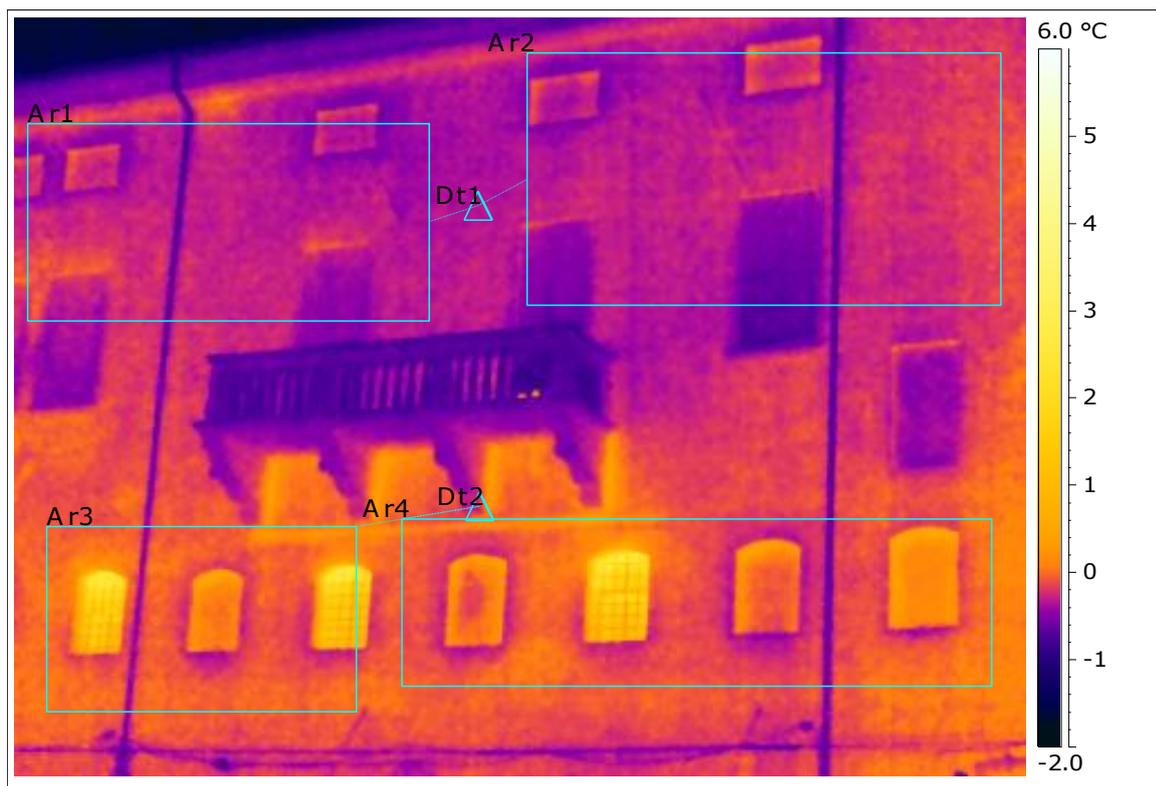


Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

Ar1 Average Temperature	1.1 °C
Ar1 Max - Min Temperature	4.7 °C
Ar2 Average Temperature	1.2 °C
Ar2 Max - Min Temperature	4.3 °C
Ar3 Average Temperature	-
Ar3 Max - Min Temperature	-
Ar4 Average Temperature	-
Ar4 Max - Min Temperature	-
Temperatura media aree	0
Dt1	0.2 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	-
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	0

Il marcatore azzurro evidenzia un comportamento valutato a livello predittivo. Gli angoli costituiti da materiale omogeneo sono ad una temperatura più alta a causa del ponte termico geometrico rispetto alla pareti (e il coefficiente lineico sarà positivo). Tale valutazione vale per gli angoli che hanno una superficie disperdente esterna minore di quella interna. Se la condizione non vale, l'angolo risulta meno disperdente.

Numero immagine termografica: Image.File name IR\_3062.jpg



Descrizione dei valori di temperatura e giudizio di uniformità di distribuzione.

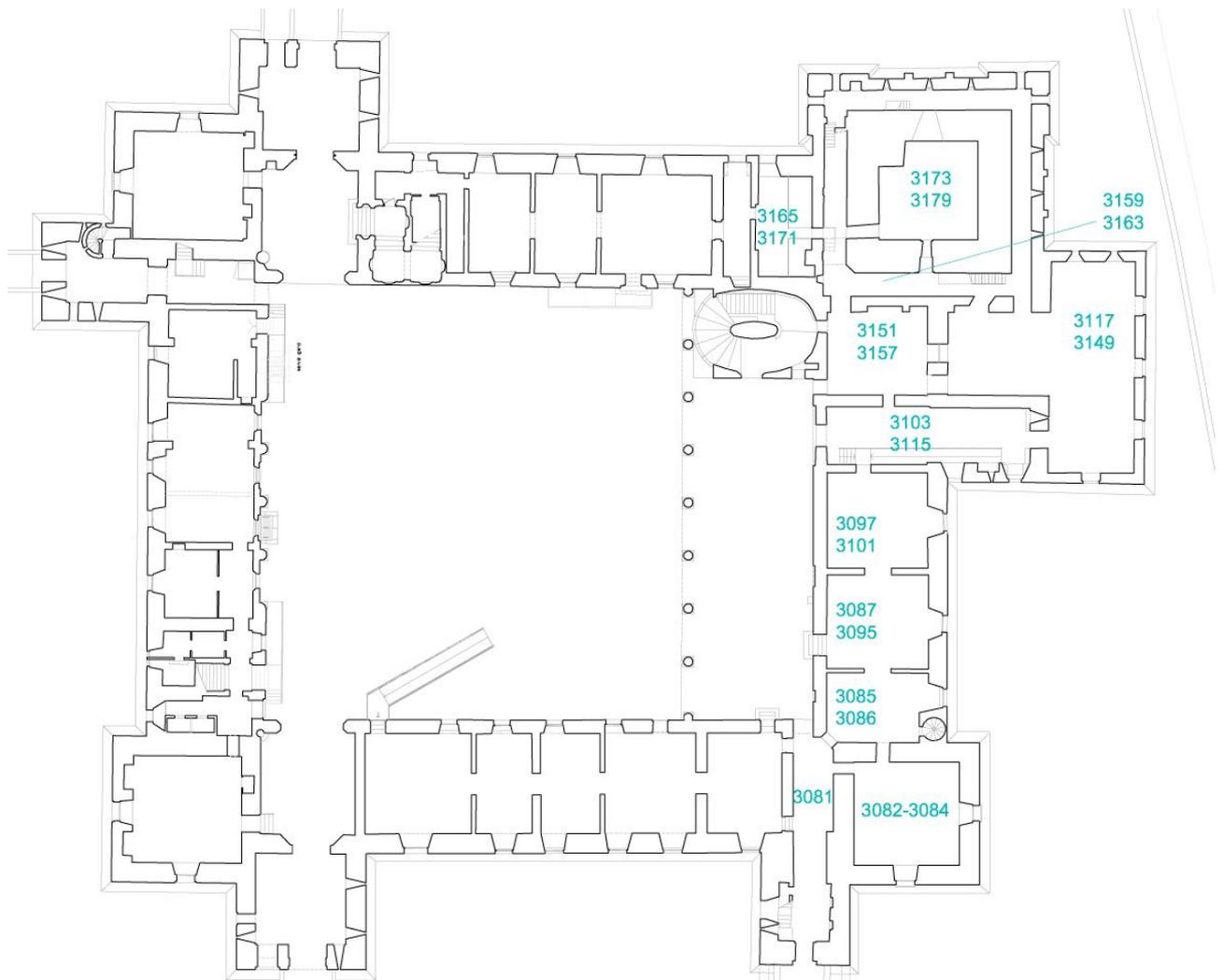
Ar1 Average Temperature	-0.3 °C
Ar1 Max - Min Temperature	1.0 °C
Ar2 Average Temperature	-0.3 °C
Ar2 Max - Min Temperature	0.9 °C
Ar3 Average Temperature	0.1 °C
Ar3 Max - Min Temperature	3.8 °C
Ar4 Average Temperature	0.0 °C
Ar4 Max - Min Temperature	3.8 °C
Temperatura media aree	-0
Dt1	0.0 °C
Giudizio differenza Ar1 e Ar2	Uniformità di distribuzione
Dt2	0.1 °C
Giudizio differenza Ar3 e Ar4	Uniformità di distribuzione

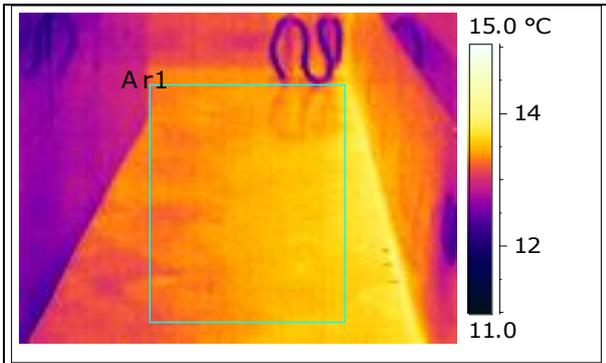
## REPORT INDAGINI TERMOGRAFICHE MICROCLIMA INTERNO

Di Seguito vengono riportare le indagini termografiche di pareti e solai visti dall'interno del percorso museale del castello. Le immagini mostrano la distribuzioni di temperatura delle superfici analizzate e le temperature medie radianti utilizzate per l'analisi del microclima interno.

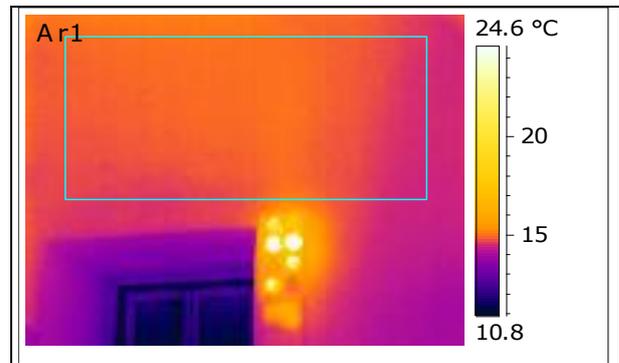
### *Piano Terra*

L'immagine seguente mostra per ogni ambiente il gruppo di termografie che ne descrive le temperature radianti.

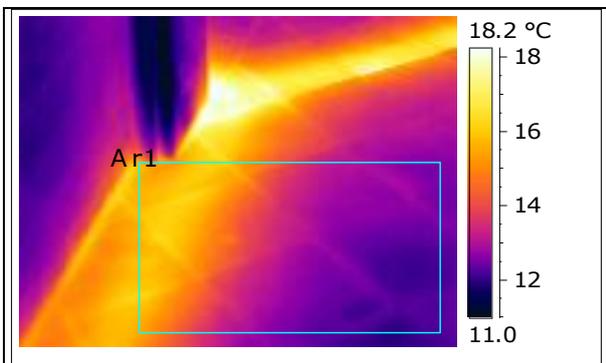




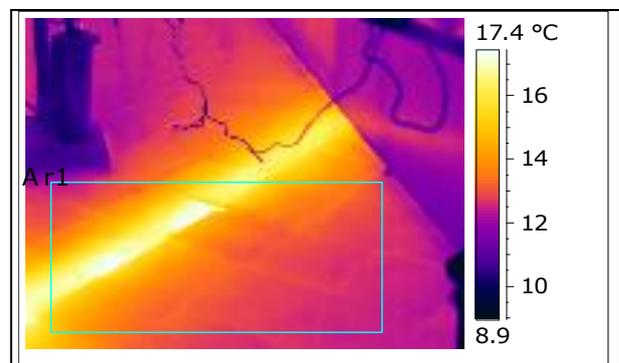
File name	IR_3081.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.20.51
Ar1 Average Temperature	13.4 °C



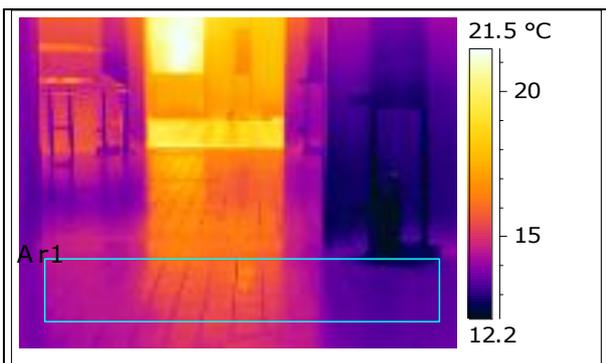
File name	IR_3082.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.21.00
Ar1 Average Temperature	14.8 °C



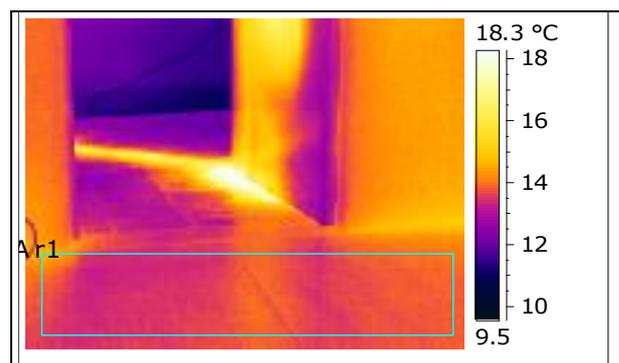
File name	IR_3083.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.21.15
Ar1 Average Temperature	13.5 °C



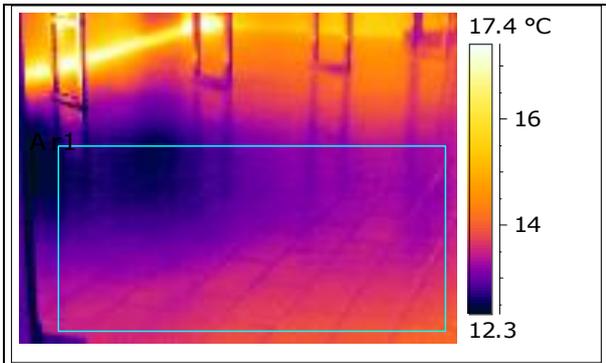
File name	IR_3084.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.21.20
Ar1 Average Temperature	13.8 °C



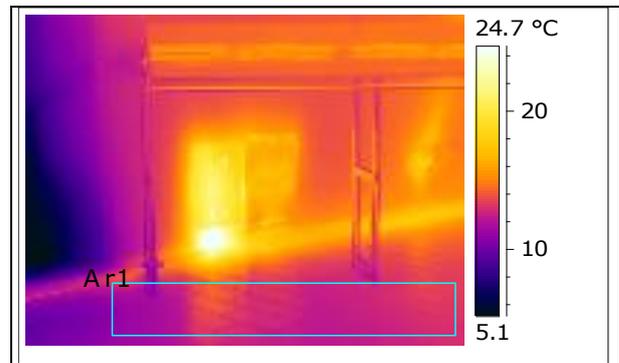
File name	IR_3085.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.21.53
Ar1 Average Temperature	14.5 °C



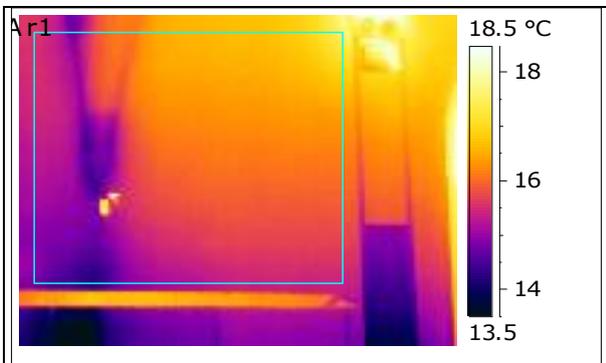
File name	IR_3086.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.22.42
Ar1 Average Temperature	13.6 °C



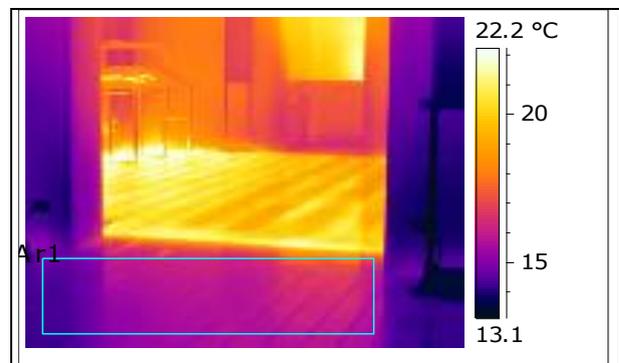
File name	IR_3087.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.23.03
Ar1 Average Temperature	13.2 °C



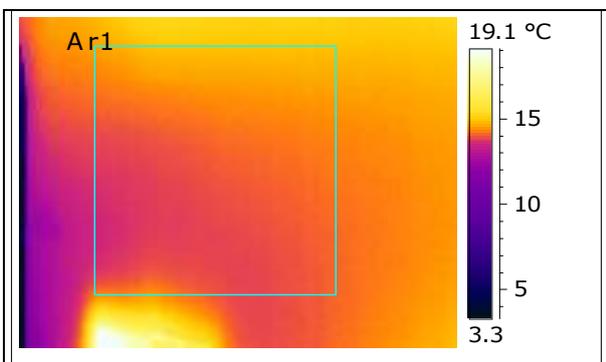
File name	IR_3088.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.23.20
Ar1 Average Temperature	12.6 °C



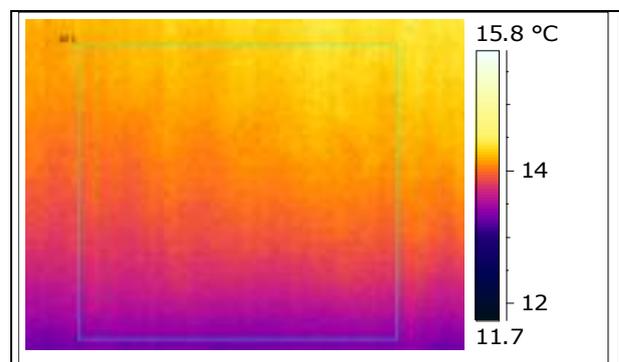
File name	IR_3089.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.23.34
Ar1 Average Temperature	15.8 °C



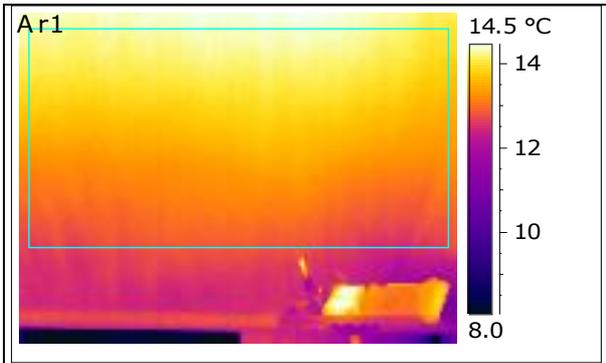
File name	IR_3090.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.23.57
Ar1 Average Temperature	15.7 °C



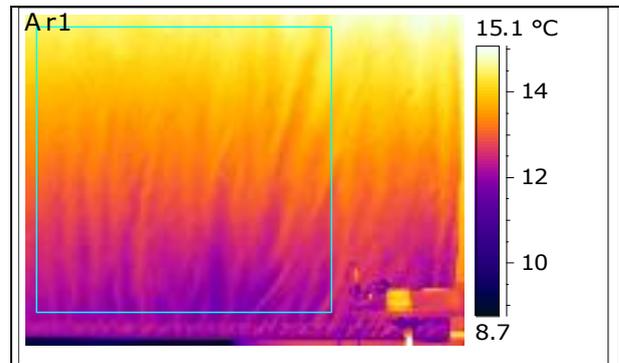
File name	IR_3091.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.28.37
Ar1 Average Temperature	14.1 °C



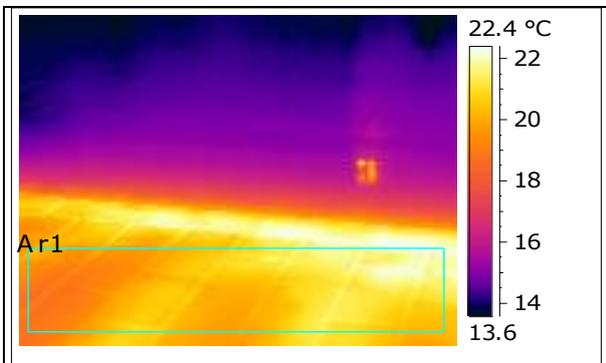
File name	IR_3092.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.32.40
Ar1 Average Temperature	13.9 °C



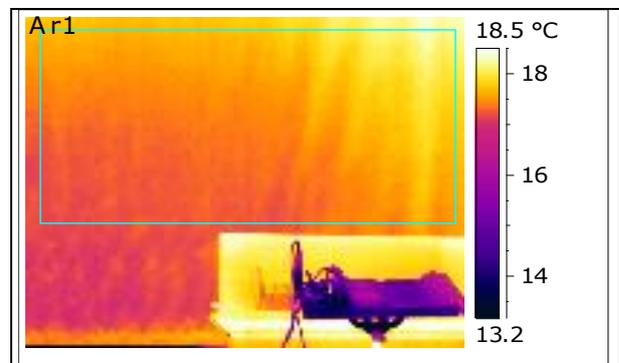
File name	IR_3093.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.36.00
Ar1 Average Temperature	13.5 °C



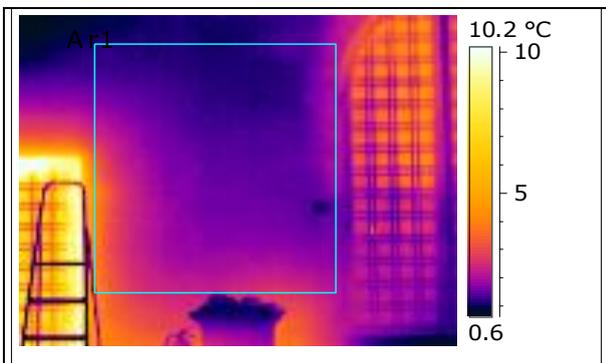
File name	IR_3095.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.37.44
Ar1 Average Temperature	13.1 °C



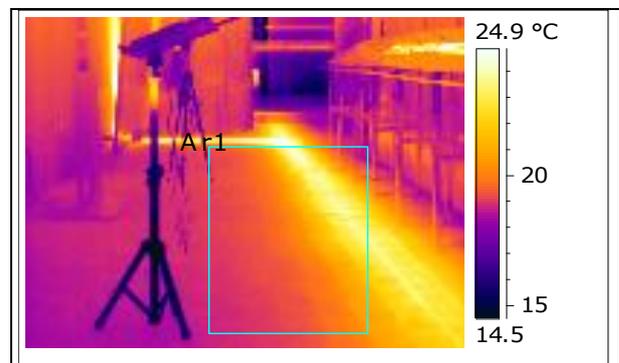
File name	IR_3097.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.39.23
Ar1 Average Temperature	20.4 °C



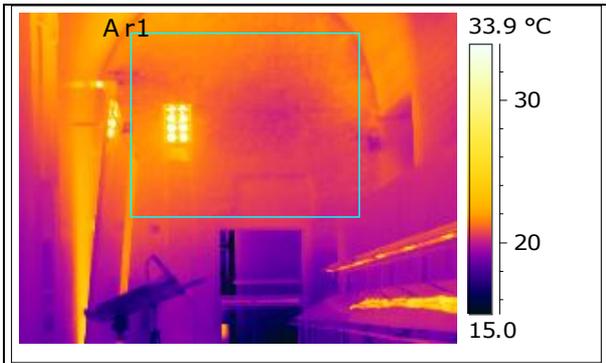
File name	IR_3099.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.39.37
Ar1 Average Temperature	17.5 °C



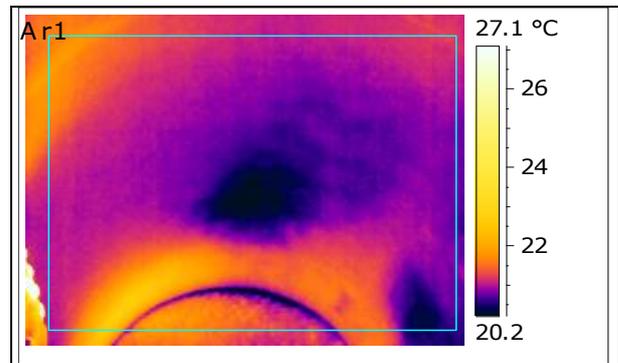
File name	IR_3101.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.43.28
Ar1 Average Temperature	1.7 °C



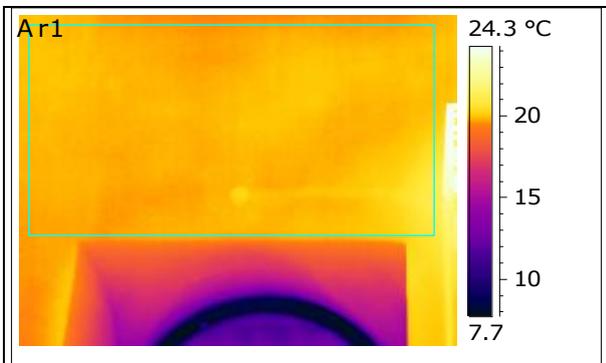
File name	IR_3103.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.47.48
Ar1 Average Temperature	20.2 °C



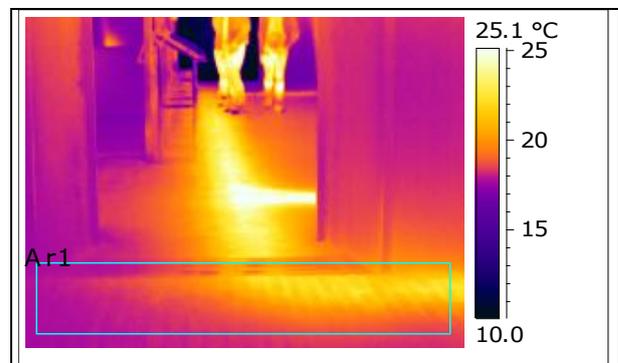
File name	IR_3105.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.47.55
Ar1 Average Temperature	21.2 °C



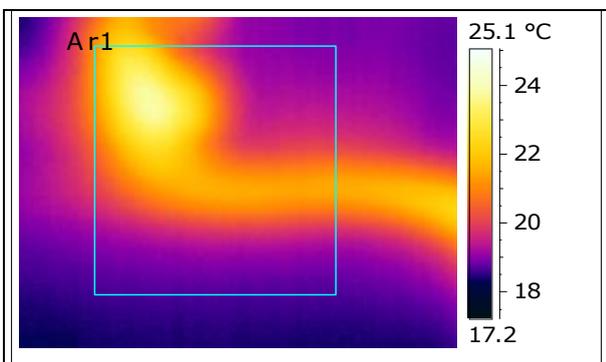
File name	IR_3107.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.48.04
Ar1 Average Temperature	21.0 °C



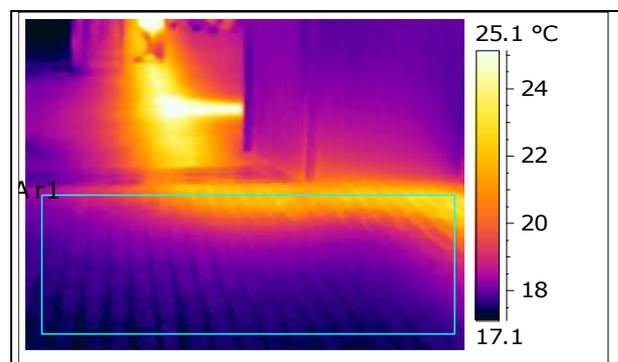
File name	IR_3109.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.51.48
Ar1 Average Temperature	19.8 °C



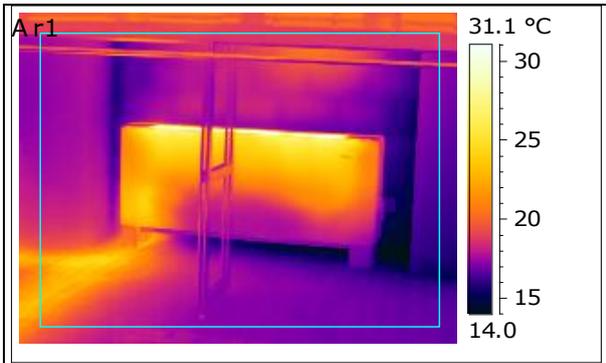
File name	IR_3111.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.56.06
Ar1 Average Temperature	19.3 °C



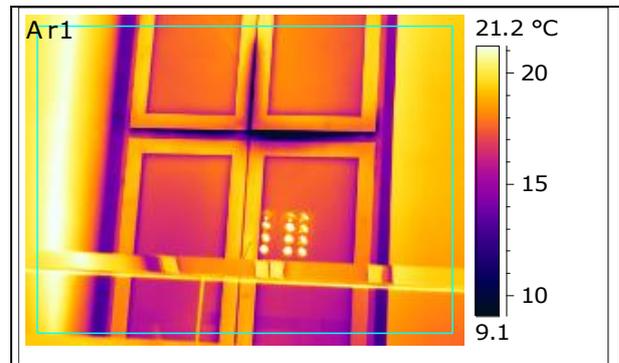
File name	IR_3113.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.56.12
Ar1 Average Temperature	20.4 °C



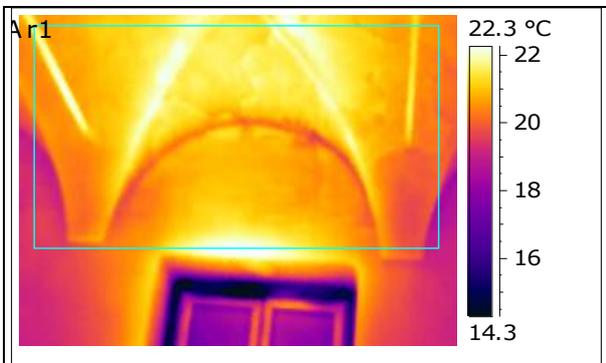
File name	IR_3115.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.56.18
Ar1 Average Temperature	18.4 °C



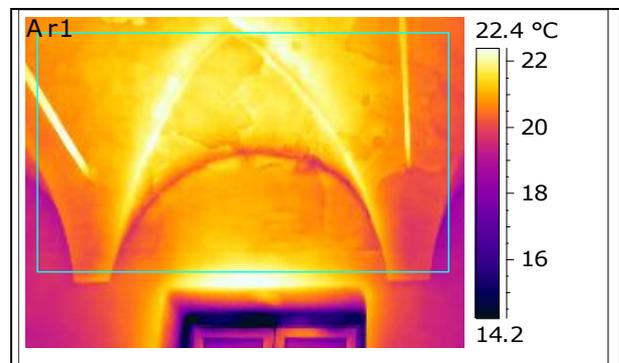
File name	IR_3117.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.56.46
Ar1 Average Temperature	18.6 °C



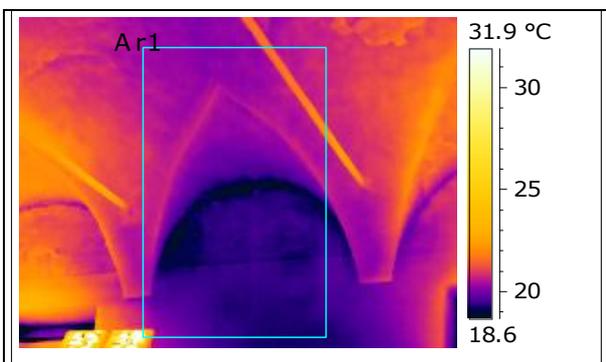
File name	IR_3119.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.56.57
Ar1 Average Temperature	17.8 °C



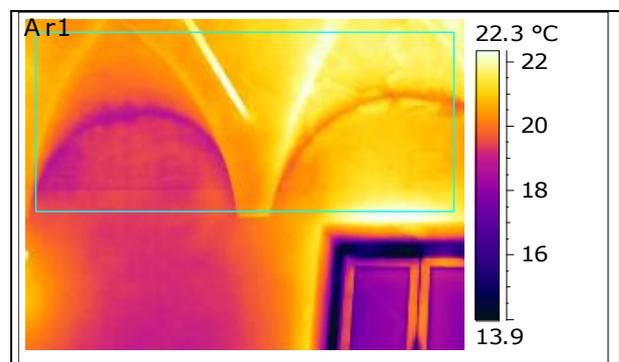
File name	IR_3121.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.57.13
Ar1 Average Temperature	20.8 °C



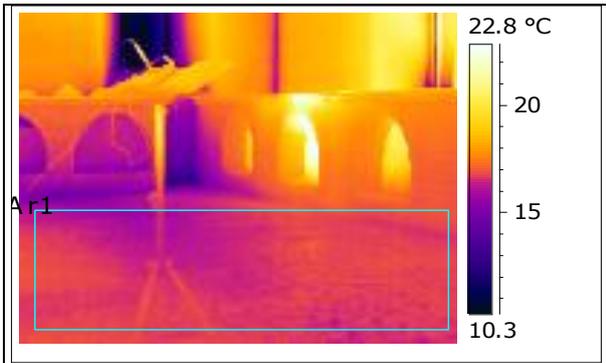
File name	IR_3123.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.57.24
Ar1 Average Temperature	20.9 °C



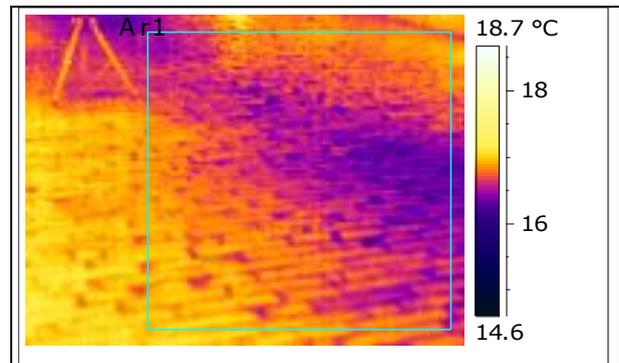
File name	IR_3125.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.57.45
Ar1 Average Temperature	19.9 °C



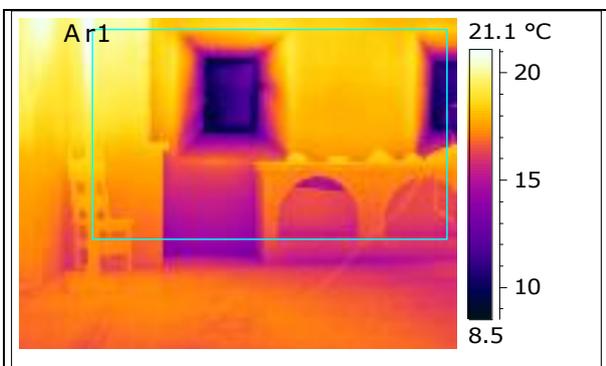
File name	IR_3127.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.57.51
Ar1 Average Temperature	20.5 °C



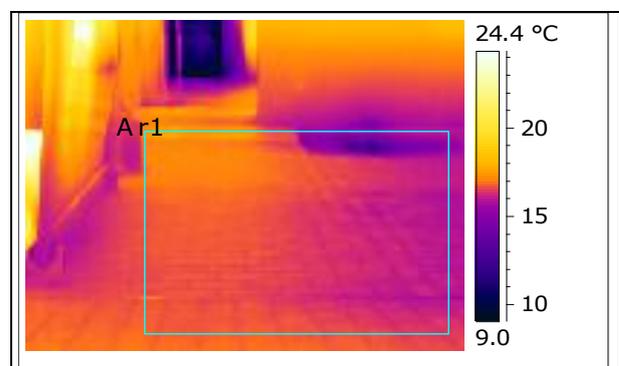
File name	IR_3129.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.58.17
Ar1 Average Temperature	16.6 °C



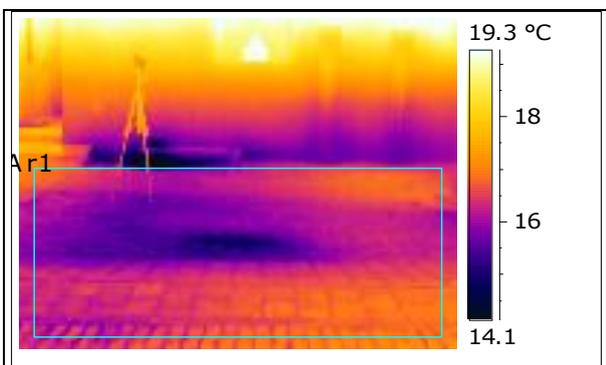
File name	IR_3131.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.58.22
Ar1 Average Temperature	16.7 °C



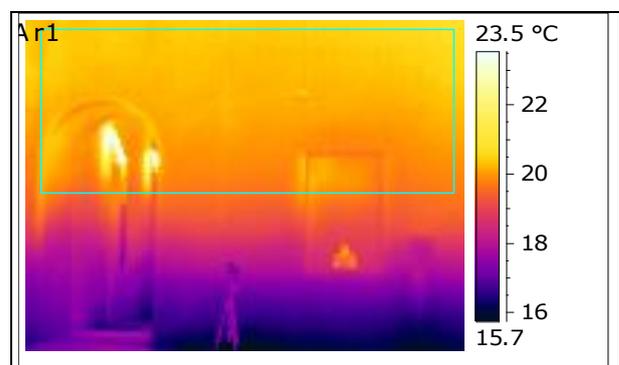
File name	IR_3133.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.58.36
Ar1 Average Temperature	16.7 °C



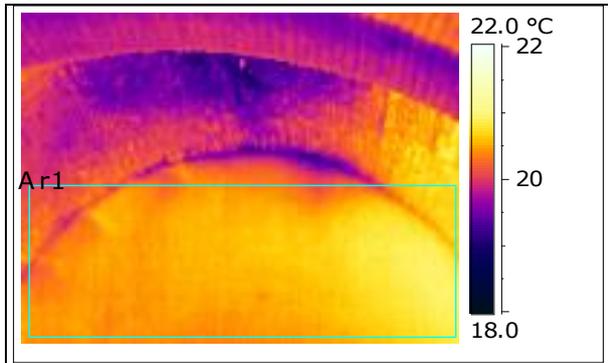
File name	IR_3135.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.59.02
Ar1 Average Temperature	16.4 °C



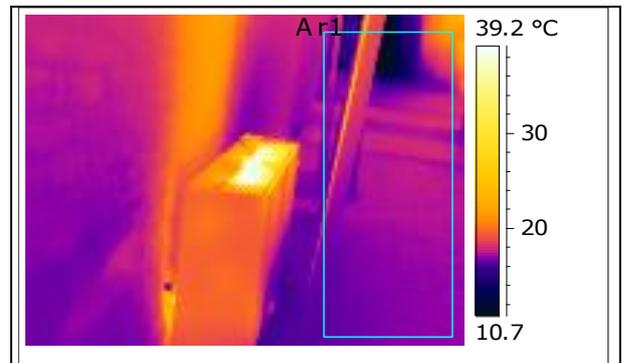
File name	IR_3137.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.59.25
Ar1 Average Temperature	16.2 °C



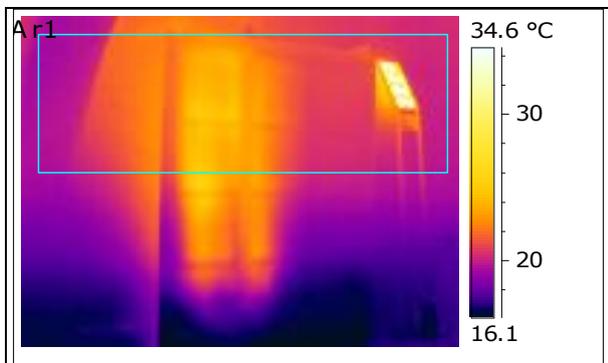
File name	IR_3139.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.59.32
Ar1 Average Temperature	20.2 °C



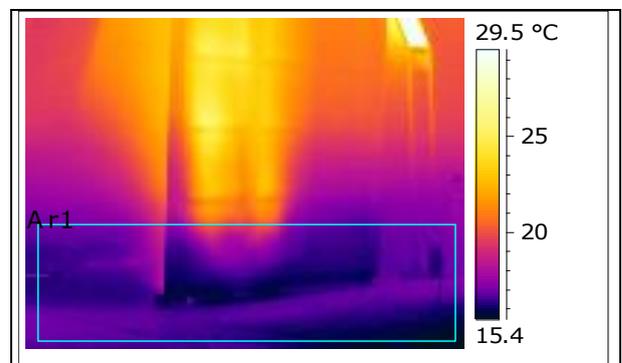
File name	IR_3141.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	11.59.39
Ar1 Average Temperature	20.5 °C



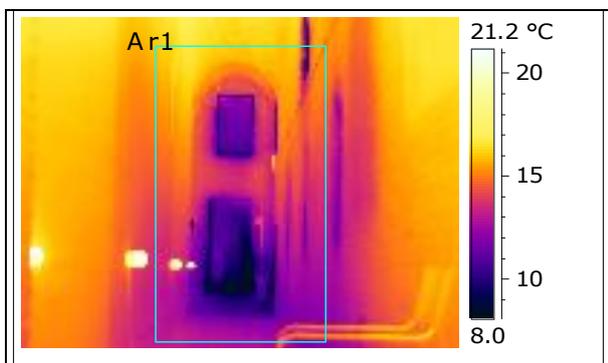
File name	IR_3143.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.00.22
Ar1 Average Temperature	17.1 °C



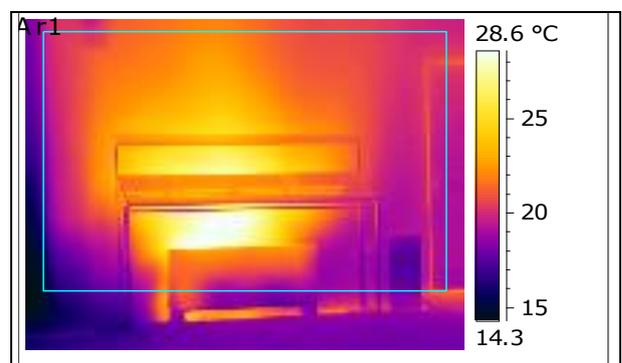
File name	IR_3145.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.00.49
Ar1 Average Temperature	21.8 °C



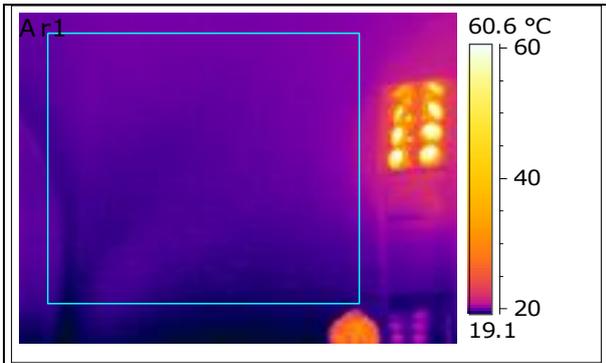
File name	IR_3147.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.01.12
Ar1 Average Temperature	16.6 °C



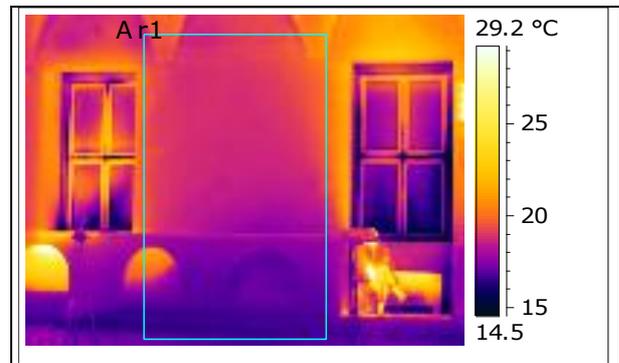
File name	IR_3149.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.01.33
Ar1 Average Temperature	13.2 °C



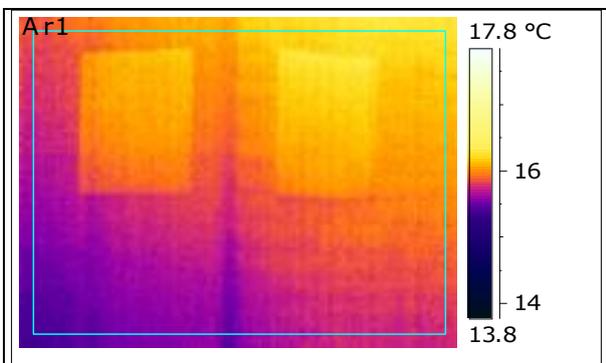
File name	IR_3151.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.01.58
Ar1 Average Temperature	21.4 °C



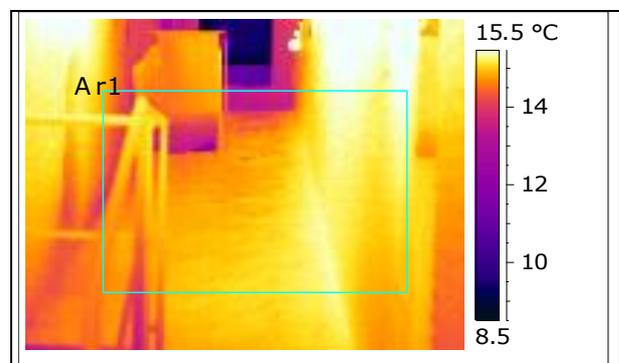
File name	IR_3153.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.02.16
Ar1 Average Temperature	19.9 °C



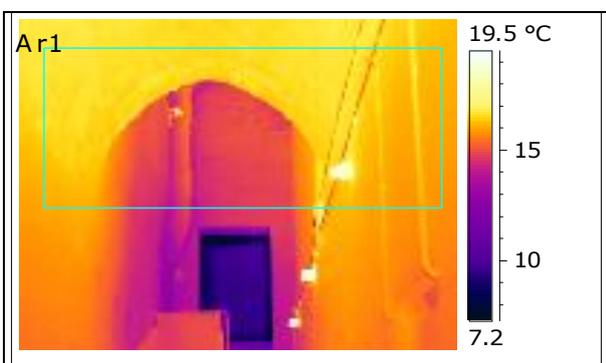
File name	IR_3155.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.02.44
Ar1 Average Temperature	18.3 °C



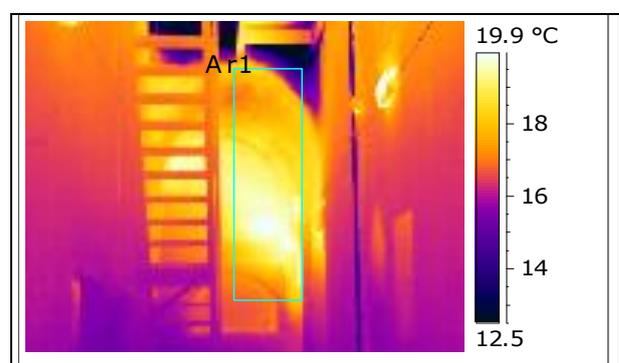
File name	IR_3157.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.05.23
Ar1 Average Temperature	15.9 °C



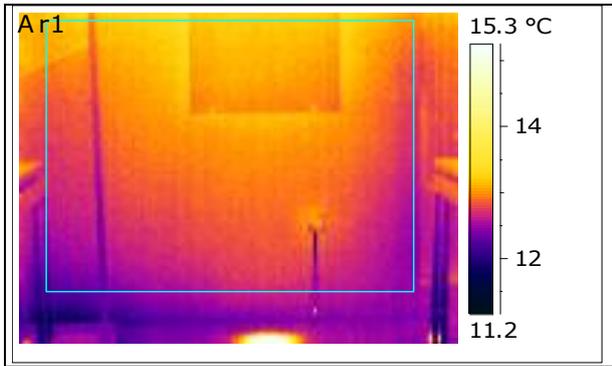
File name	IR_3159.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.05.51
Ar1 Average Temperature	14.8 °C



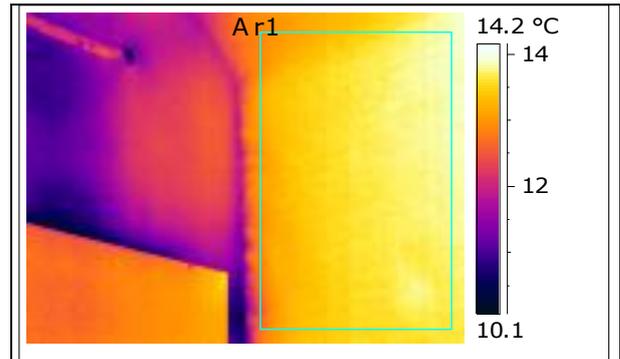
File name	IR_3161.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.05.55
Ar1 Average Temperature	15.9 °C



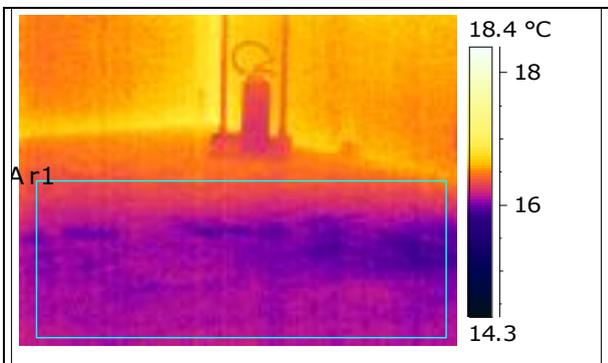
File name	IR_3163.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.06.04
Ar1 Average Temperature	18.4 °C



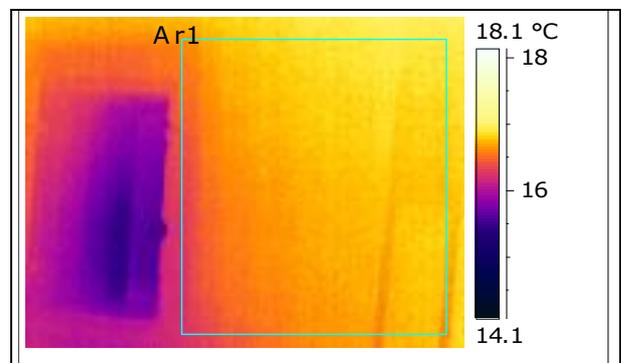
File name	IR_3167.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.08.41
Ar1 Average Temperature	12.9 °C



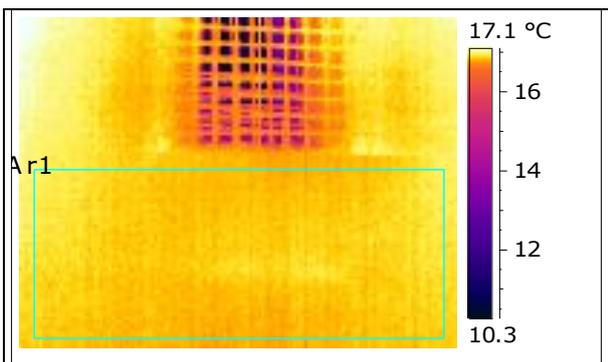
File name	IR_3171.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.09.35
Ar1 Average Temperature	13.5 °C



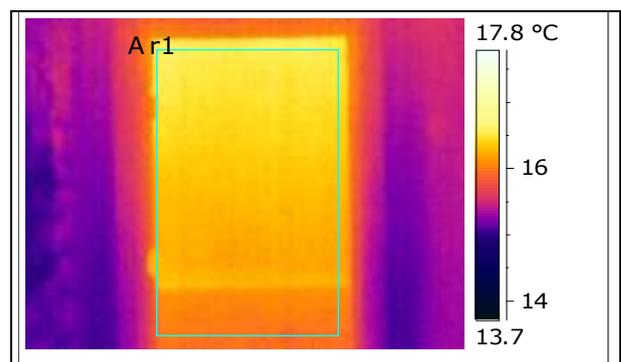
File name	IR_3173.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.13.18
Ar1 Average Temperature	16.1 °C



File name	IR_3175.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.13.42
Ar1 Average Temperature	16.7 °C

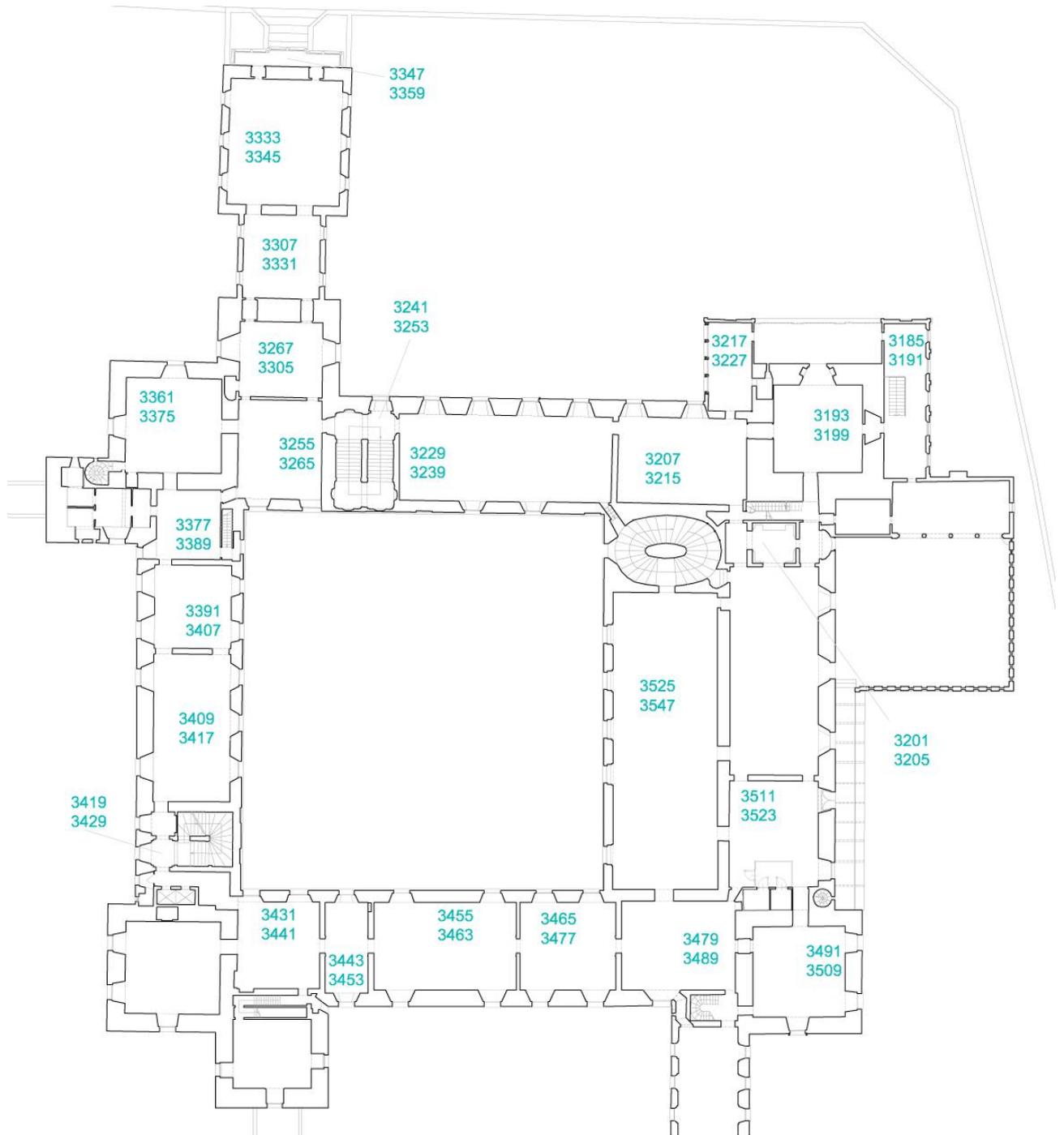


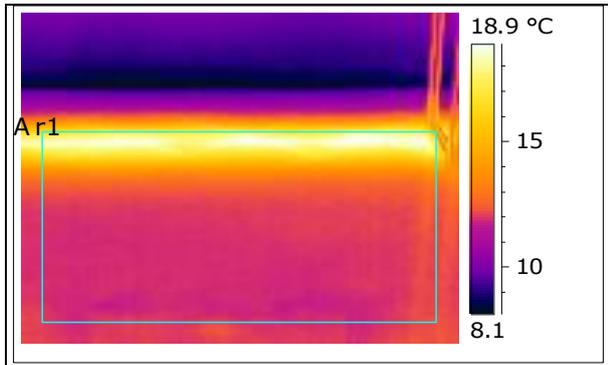
File name	IR_3177.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.14.08
Ar1 Average Temperature	16.8 °C



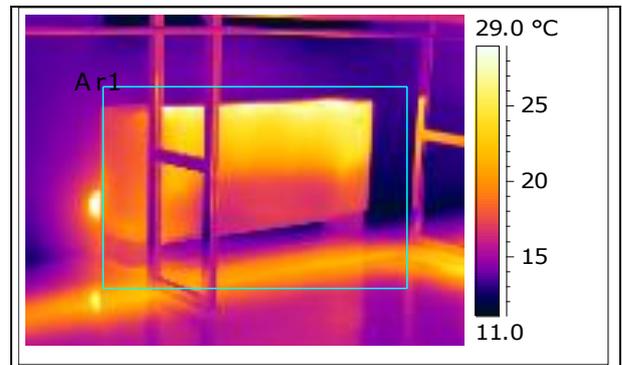
File name	IR_3179.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.23.48
Ar1 Average Temperature	16.3 °C

Piano Primo

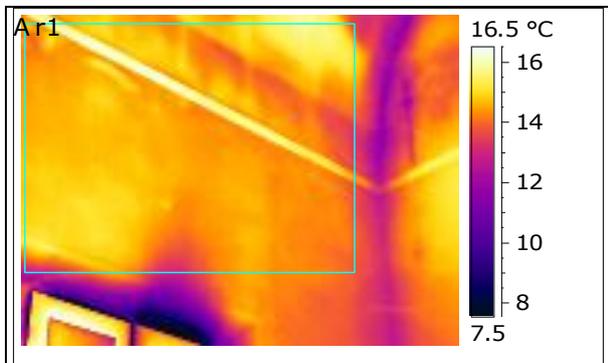




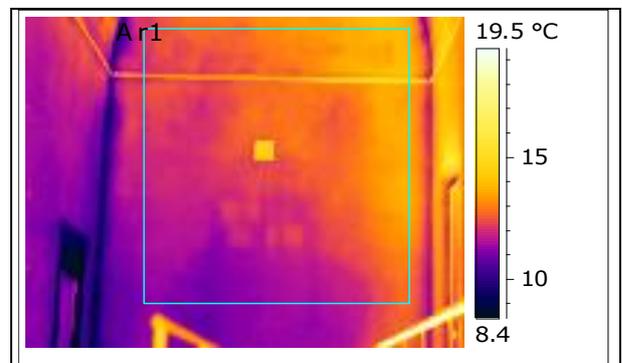
File name	IR_3181.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.37.43
Ar1 Average Temperature	13.0 °C



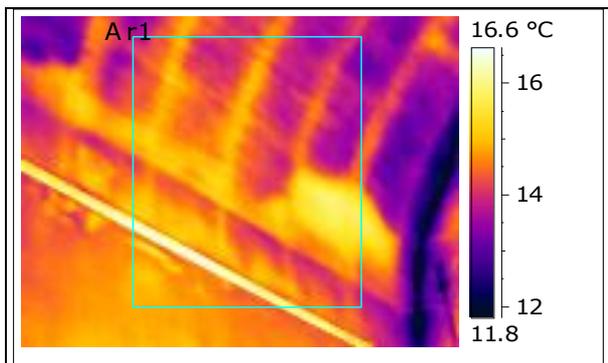
File name	IR_3183.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.37.50
Ar1 Average Temperature	18.1 °C



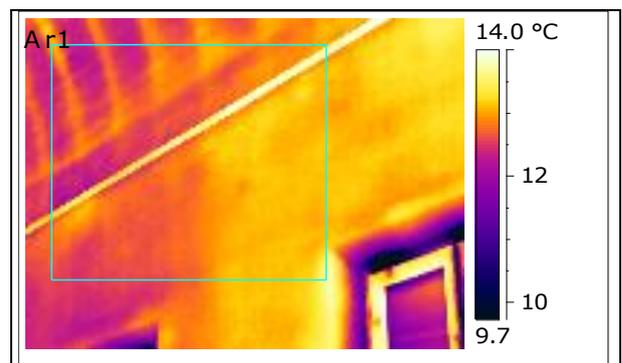
File name	IR_3185.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.37.58
Ar1 Average Temperature	14.5 °C



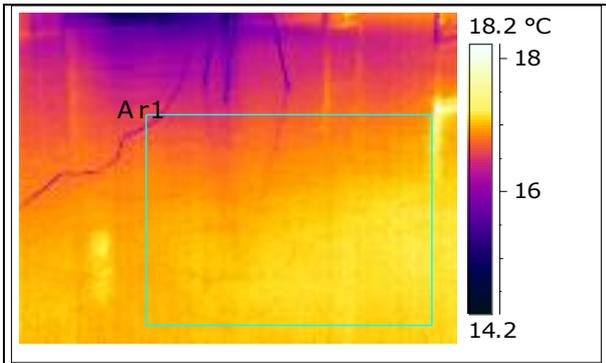
File name	IR_3187.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.38.08
Ar1 Average Temperature	12.4 °C



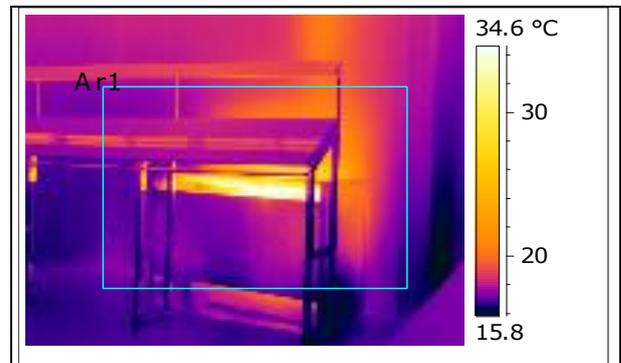
File name	IR_3189.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.38.17
Ar1 Average Temperature	14.6 °C



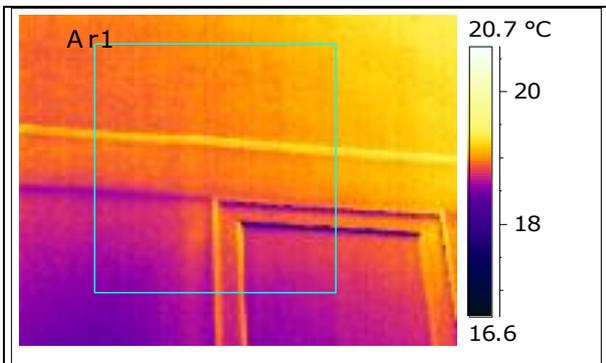
File name	IR_3191.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.38.24
Ar1 Average Temperature	12.9 °C



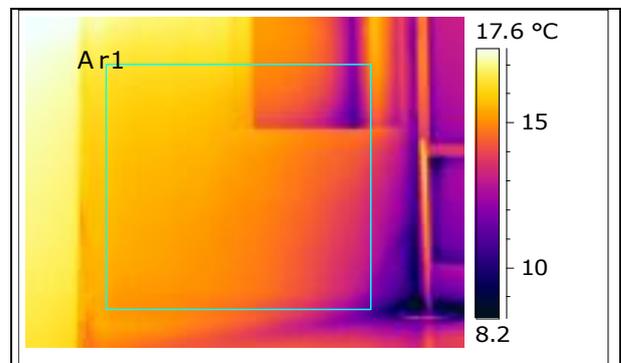
File name	IR_3193.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.39.38
Ar1 Average Temperature	17.0 °C



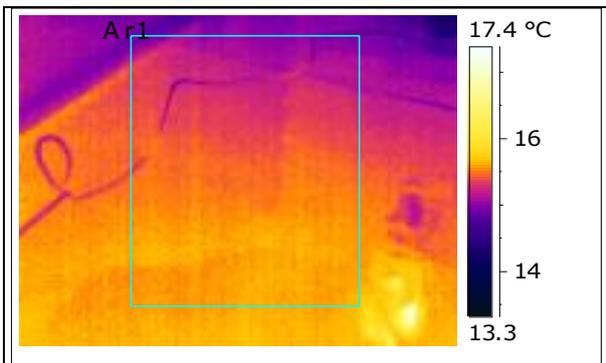
File name	IR_3195.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.39.45
Ar1 Average Temperature	18.6 °C



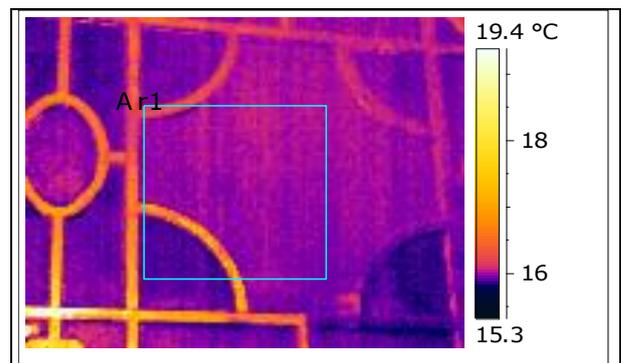
File name	IR_3197.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.40.02
Ar1 Average Temperature	18.9 °C



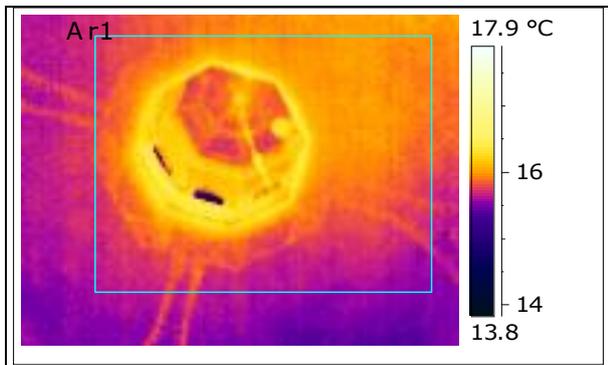
File name	IR_3199.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.40.27
Ar1 Average Temperature	14.8 °C



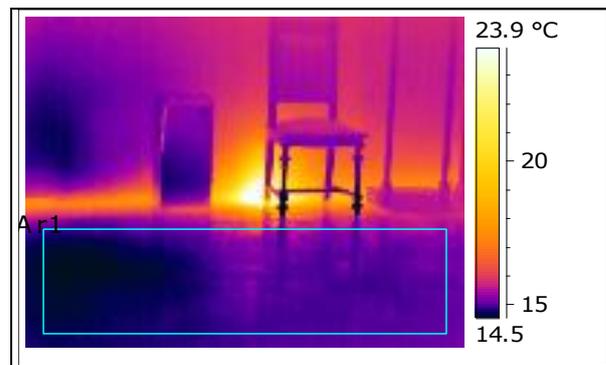
File name	IR_3201.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.43.45
Ar1 Average Temperature	15.4 °C



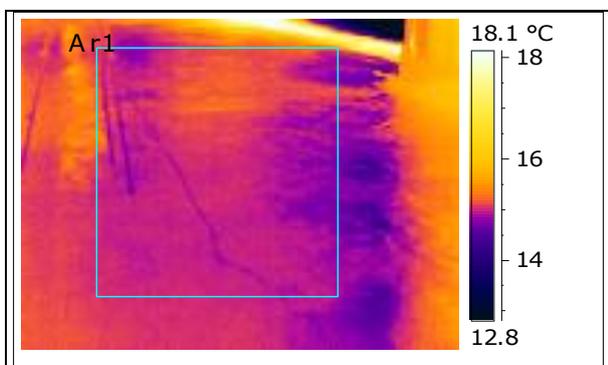
File name	IR_3203.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.43.53
Ar1 Average Temperature	16.0 °C



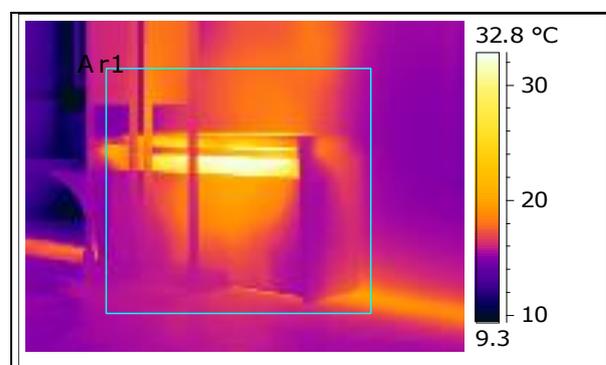
File name	IR_3205.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.44.06
Ar1 Average Temperature	15.9 °C



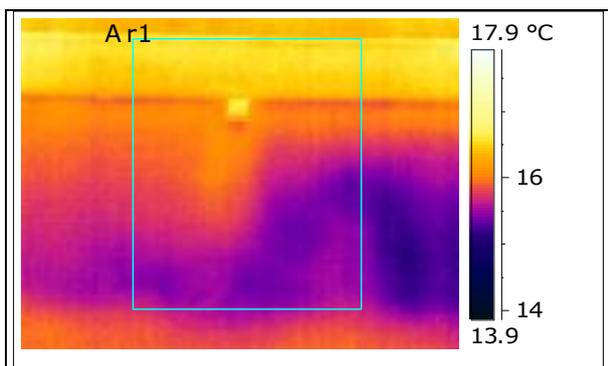
File name	IR_3207.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.47.33
Ar1 Average Temperature	14.9 °C



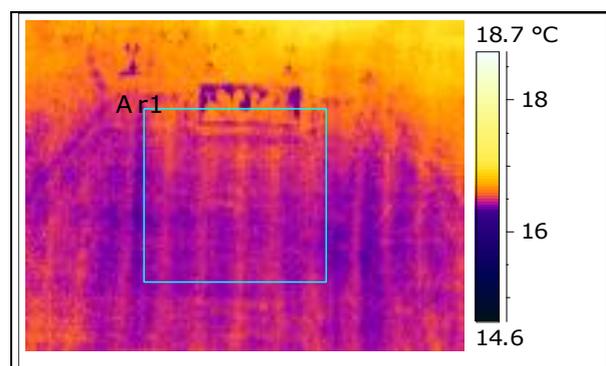
File name	IR_3209.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.47.51
Ar1 Average Temperature	15.0 °C



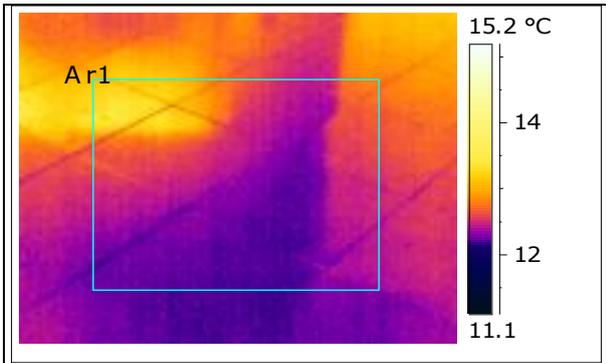
File name	IR_3211.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.47.57
Ar1 Average Temperature	17.6 °C



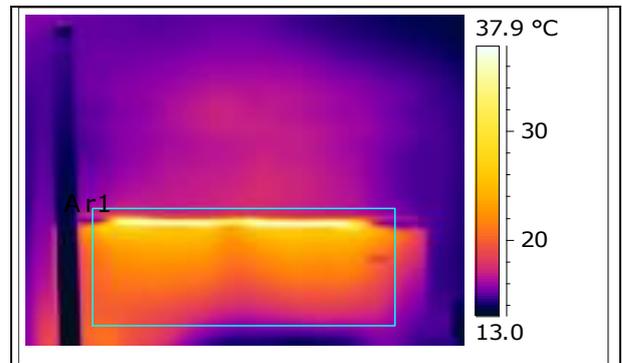
File name	IR_3213.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.48.20
Ar1 Average Temperature	15.9 °C



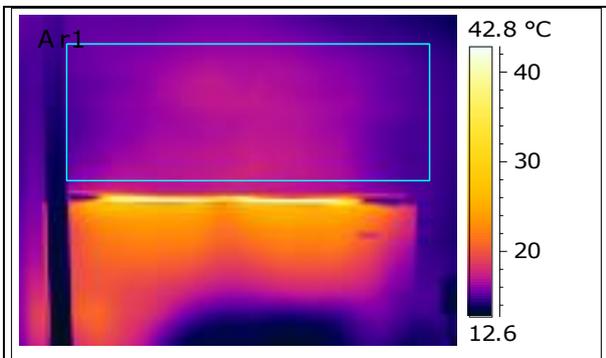
File name	IR_3215.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.48.27
Ar1 Average Temperature	16.5 °C



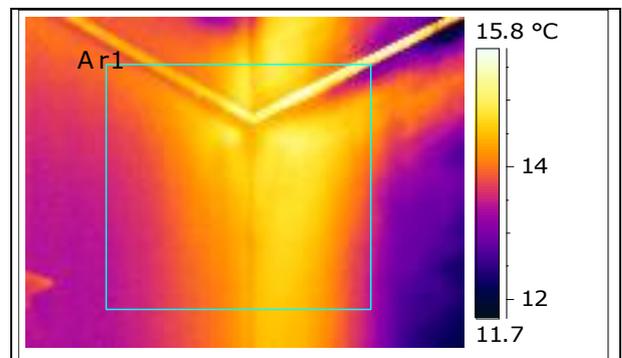
File name	IR_3217.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.50.13
Ar1 Average Temperature	12.5 °C



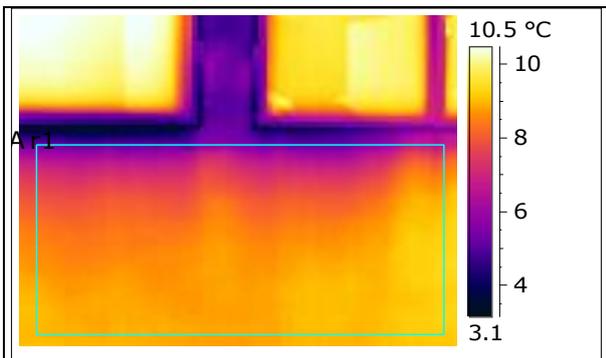
File name	IR_3219.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.50.19
Ar1 Average Temperature	21.2 °C



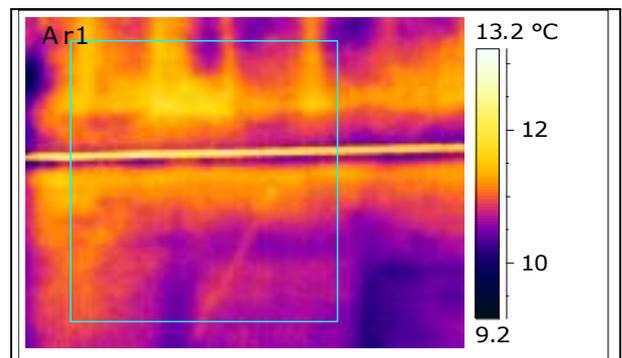
File name	IR_3221.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.50.27
Ar1 Average Temperature	16.1 °C



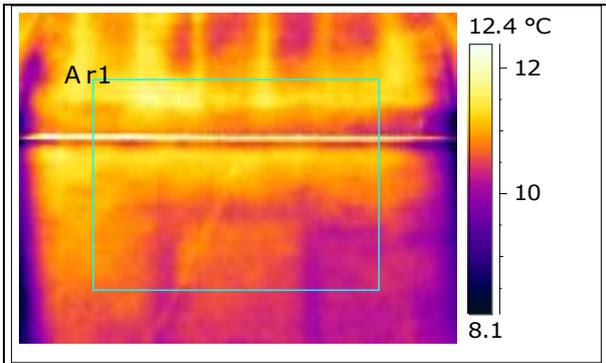
File name	IR_3223.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.50.45
Ar1 Average Temperature	14.2 °C



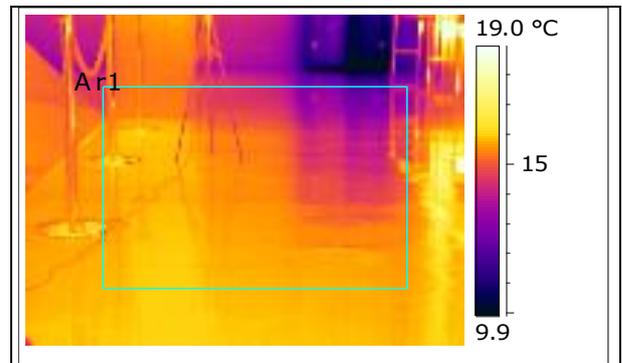
File name	IR_3225.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.51.11
Ar1 Average Temperature	8.3 °C



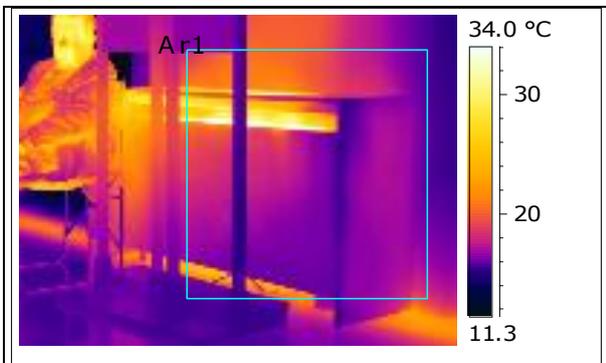
File name	IR_3227.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.51.26
Ar1 Average Temperature	11.0 °C



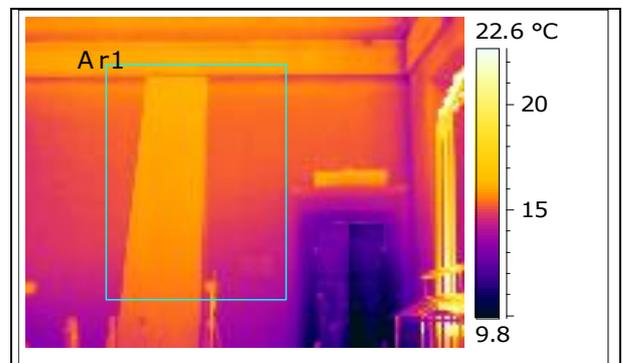
File name	IR_3229.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.51.48
Ar1 Average Temperature	10.9 °C



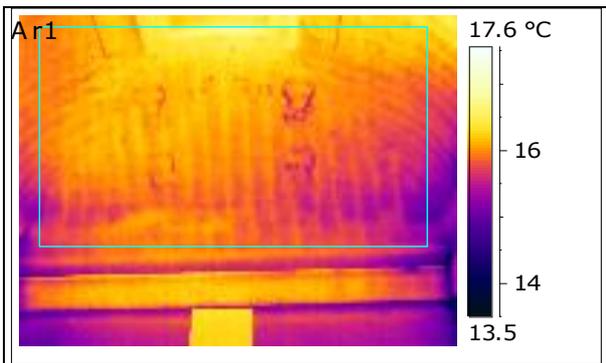
File name	IR_3231.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.55.19
Ar1 Average Temperature	15.2 °C



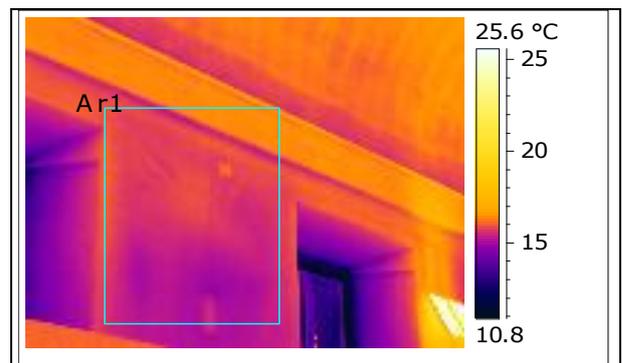
File name	IR_3233.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.55.29
Ar1 Average Temperature	18.0 °C



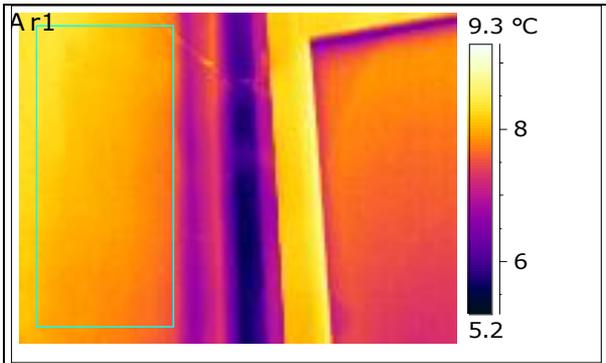
File name	IR_3235.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.55.42
Ar1 Average Temperature	15.3 °C



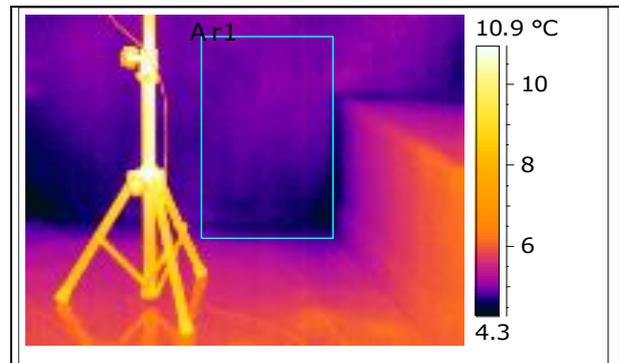
File name	IR_3237.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	12.55.56
Ar1 Average Temperature	15.9 °C



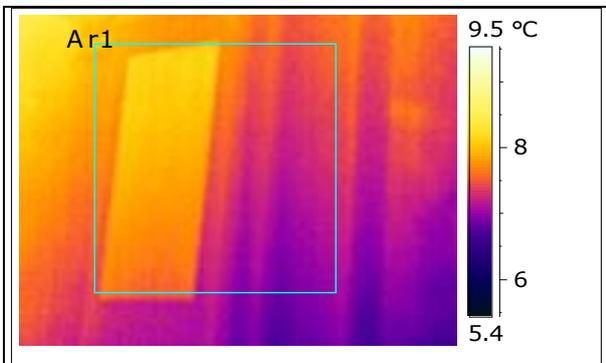
File name	IR_3239.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.00.03
Ar1 Average Temperature	15.6 °C



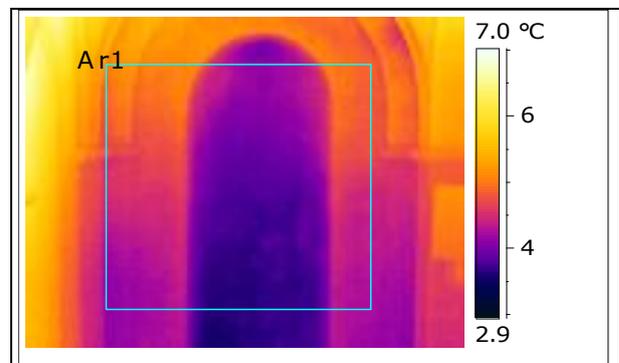
File name	IR_3241.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.04.46
Ar1 Average Temperature	8.0 °C



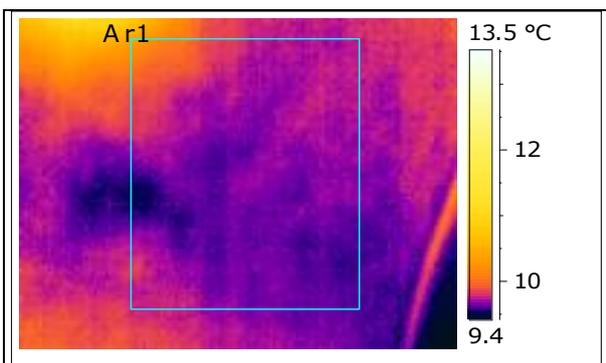
File name	IR_3243.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.09.24
Ar1 Average Temperature	4.9 °C



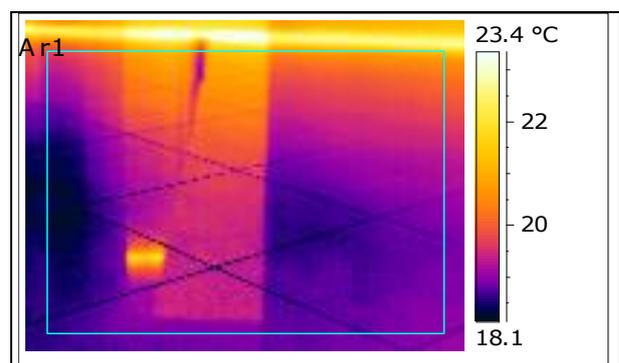
File name	IR_3245.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.09.50
Ar1 Average Temperature	7.5 °C



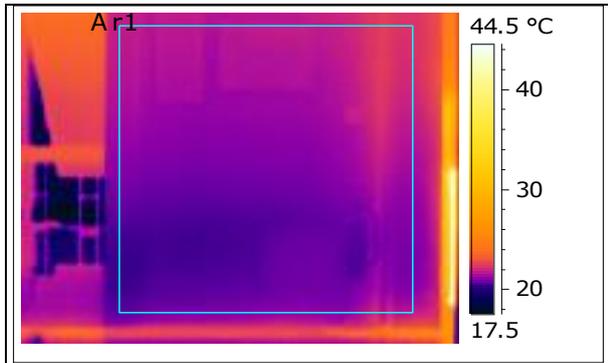
File name	IR_3247.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.10.02
Ar1 Average Temperature	4.2 °C



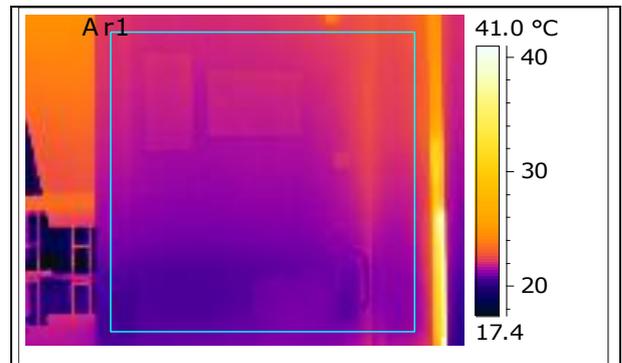
File name	IR_3249.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.10.13
Ar1 Average Temperature	9.7 °C



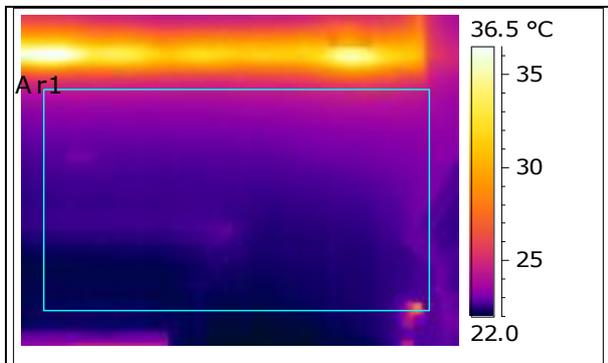
File name	IR_3251.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.16.22
Ar1 Average Temperature	19.3 °C



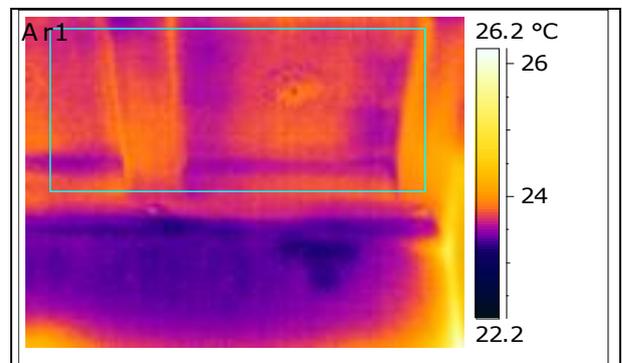
File name	IR_3253.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.16.36
Ar1 Average Temperature	21.2 °C



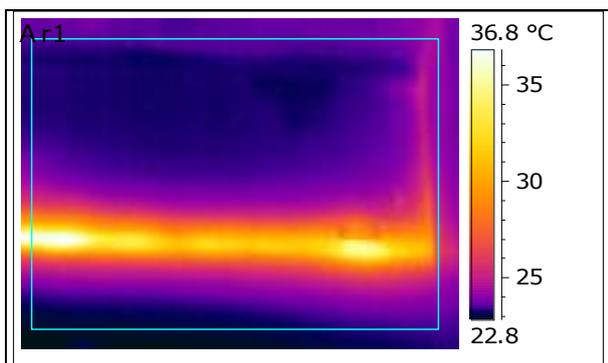
File name	IR_3255.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.16.55
Ar1 Average Temperature	21.5 °C



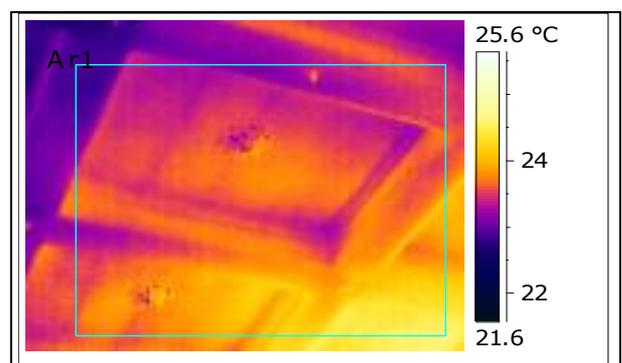
File name	IR_3257.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.17.13
Ar1 Average Temperature	22.8 °C



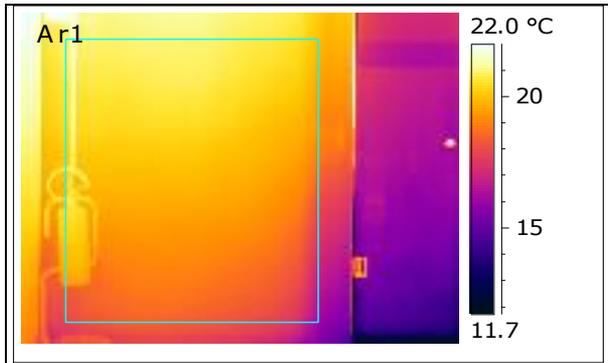
File name	IR_3259.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.17.21
Ar1 Average Temperature	23.7 °C



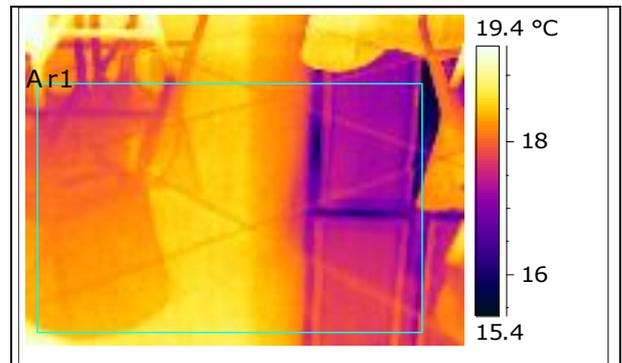
File name	IR_3261.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.17.33
Ar1 Average Temperature	24.8 °C



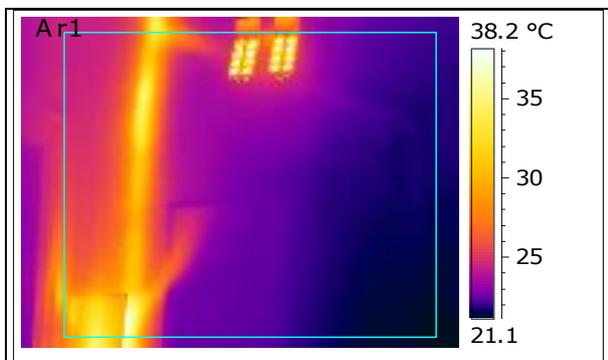
File name	IR_3263.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.17.49
Ar1 Average Temperature	23.7 °C



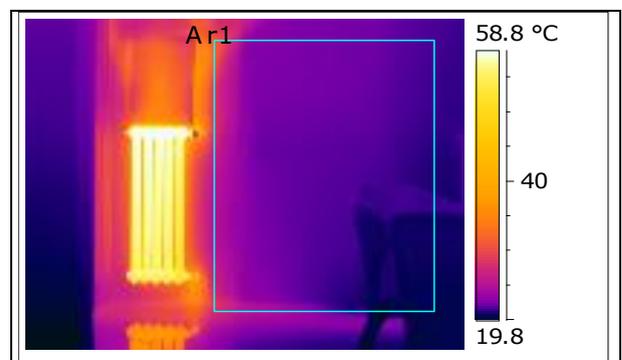
File name	IR_3265.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.18.10
Ar1 Average Temperature	19.6 °C



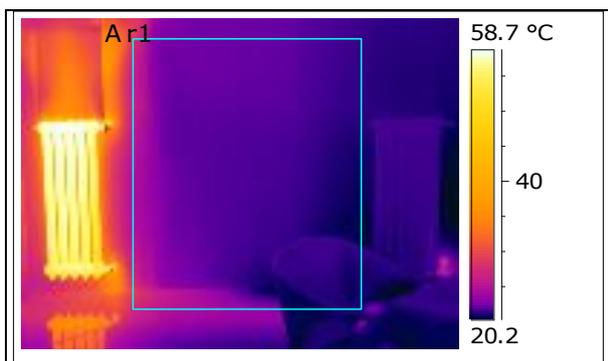
File name	IR_3267.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.20.53
Ar1 Average Temperature	18.0 °C



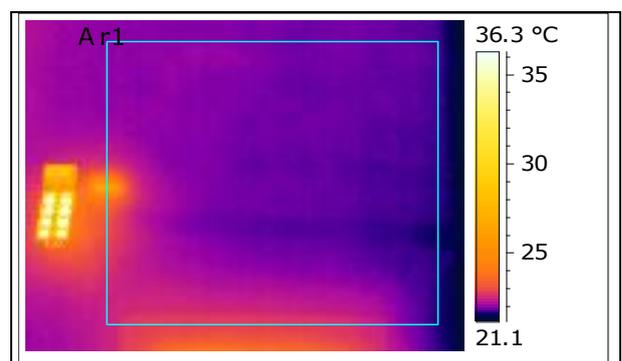
File name	IR_3269.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.21.05
Ar1 Average Temperature	24.1 °C



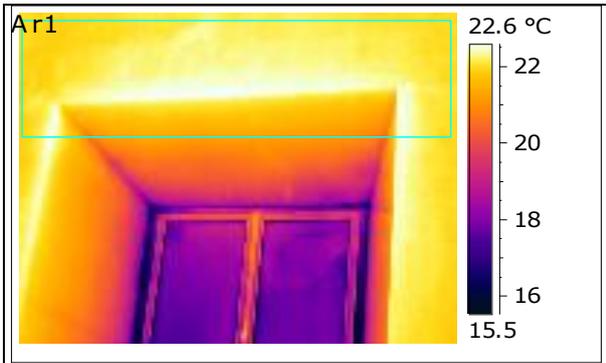
File name	IR_3271.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.21.23
Ar1 Average Temperature	22.3 °C



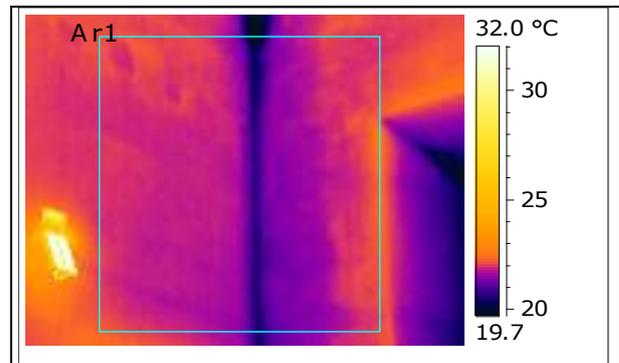
File name	IR_3273.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.21.58
Ar1 Average Temperature	22.2 °C



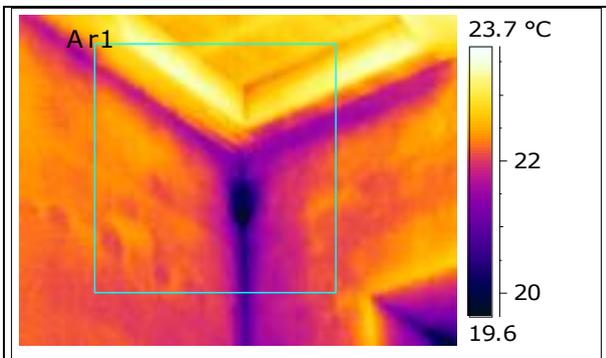
File name	IR_3275.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.22.19
Ar1 Average Temperature	22.0 °C



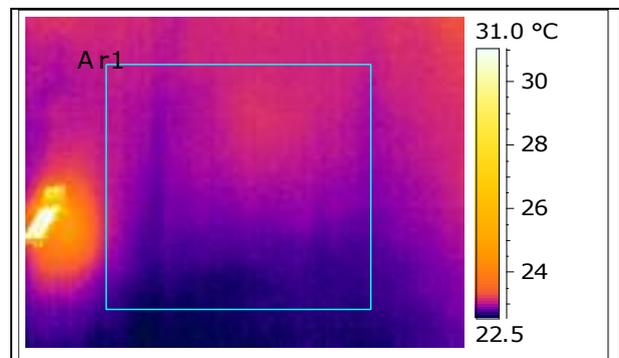
File name	IR_3277.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.22.35
Ar1 Average Temperature	22.0 °C



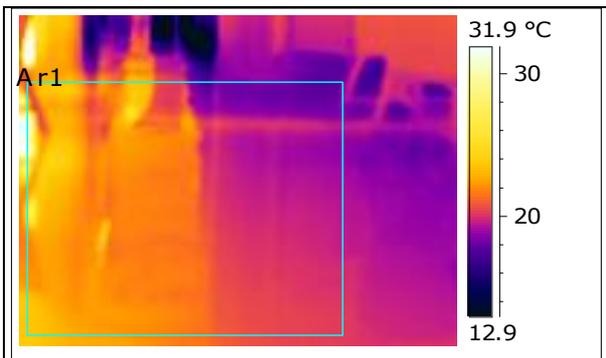
File name	IR_3279.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.22.42
Ar1 Average Temperature	21.7 °C



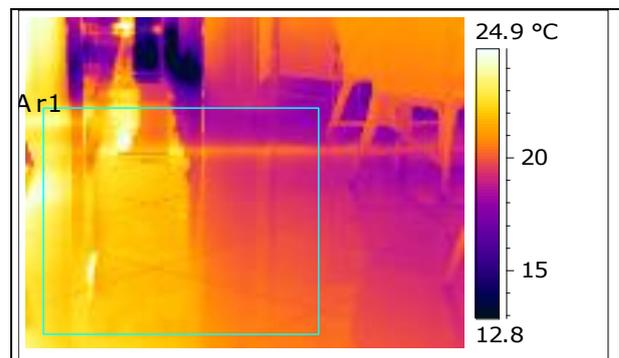
File name	IR_3281.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.22.51
Ar1 Average Temperature	22.1 °C



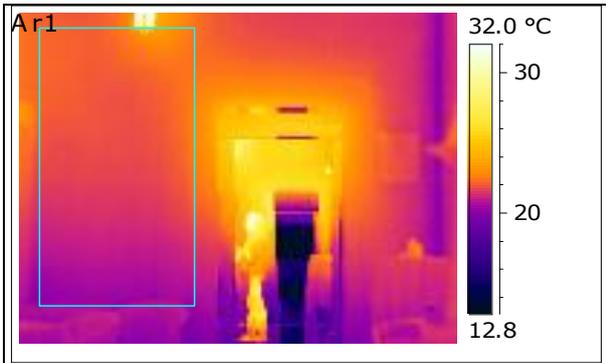
File name	IR_3283.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.23.17
Ar1 Average Temperature	22.9 °C



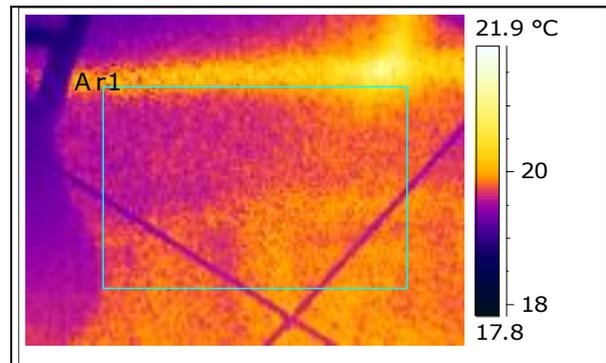
File name	IR_3285.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.23.32
Ar1 Average Temperature	21.0 °C



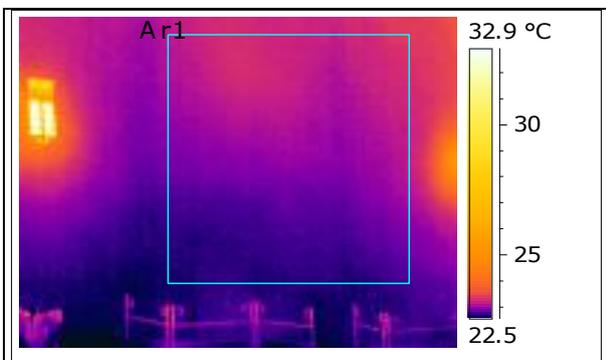
File name	IR_3287.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	13.23.40
Ar1 Average Temperature	21.0 °C



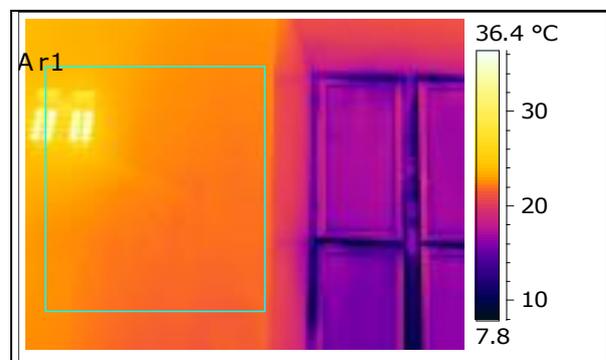
File name	IR_3289.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.37.01
Ar1 Average Temperature	21.6 °C



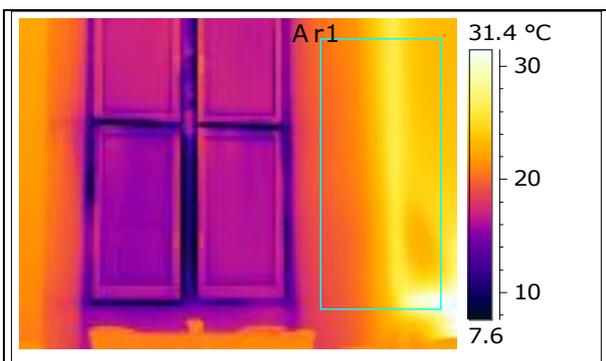
File name	IR_3291.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.41.00
Ar1 Average Temperature	19.8 °C



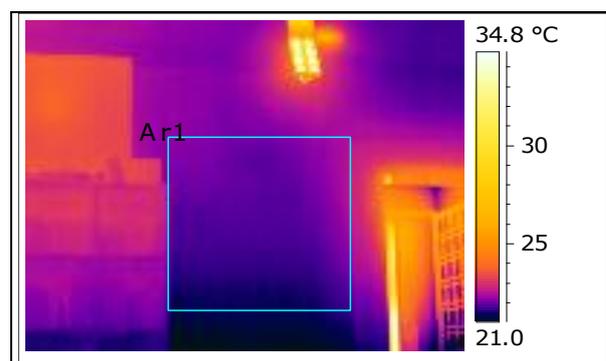
File name	IR_3293.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.41.32
Ar1 Average Temperature	23.0 °C



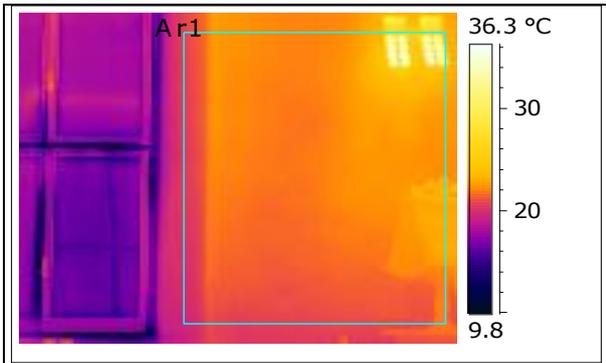
File name	IR_3295.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.41.44
Ar1 Average Temperature	22.7 °C



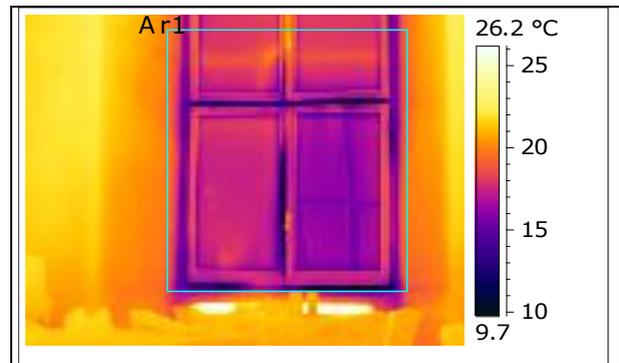
File name	IR_3297.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.41.53
Ar1 Average Temperature	22.9 °C



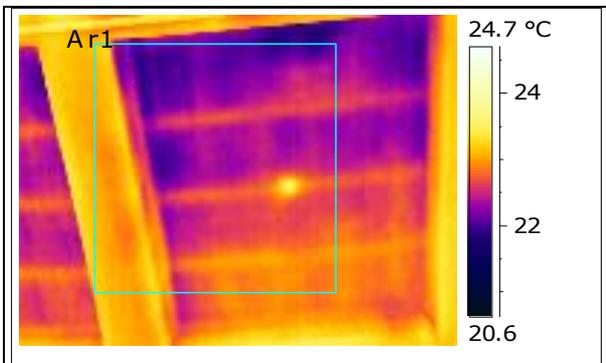
File name	IR_3299.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.42.07
Ar1 Average Temperature	21.9 °C



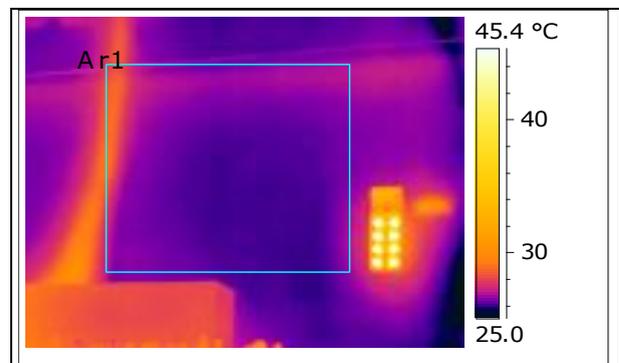
File name	IR_3301.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.42.16
Ar1 Average Temperature	22.1 °C



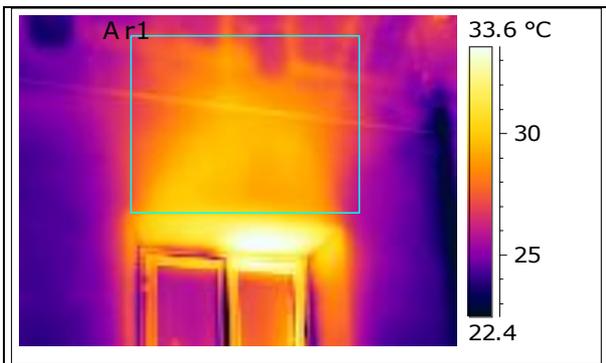
File name	IR_3303.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.42.22
Ar1 Average Temperature	17.0 °C



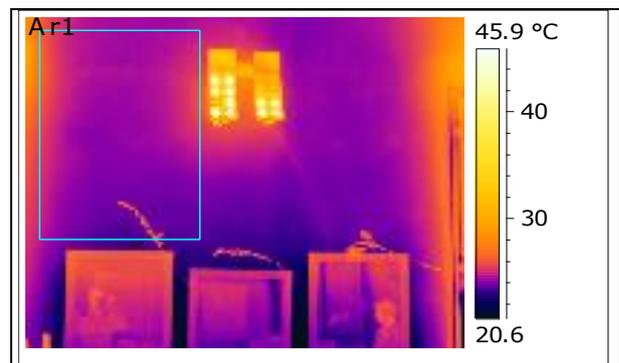
File name	IR_3305.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.42.29
Ar1 Average Temperature	22.6 °C



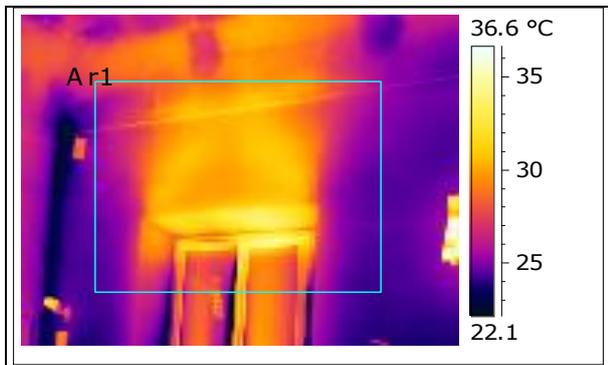
File name	IR_3307.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.46.14
Ar1 Average Temperature	26.5 °C



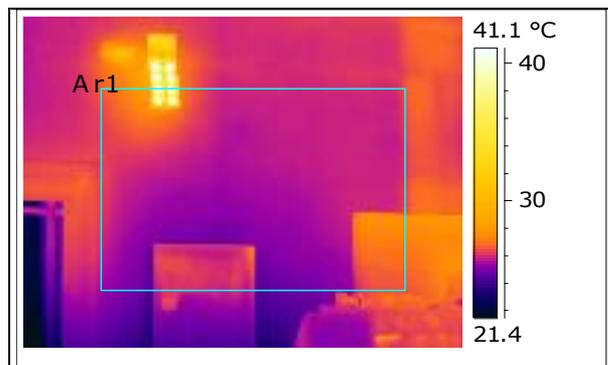
File name	IR_3309.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.46.29
Ar1 Average Temperature	28.4 °C



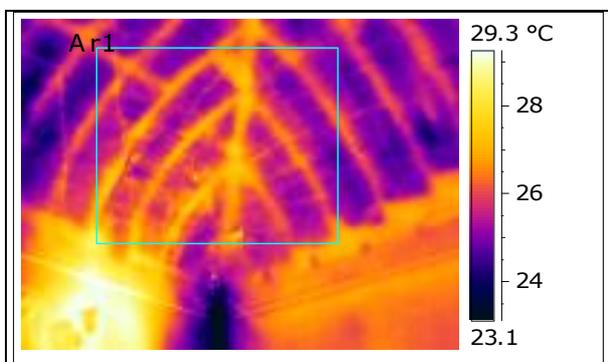
File name	IR_3311.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.46.36
Ar1 Average Temperature	24.4 °C



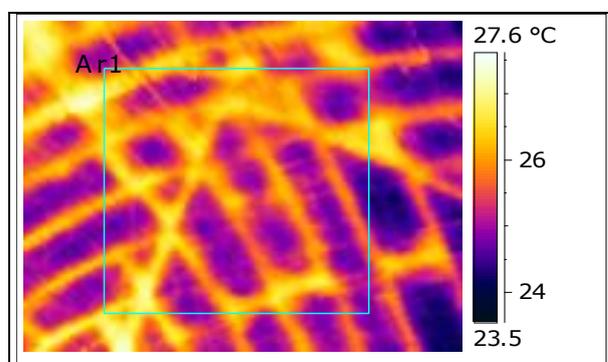
File name	IR_3313.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.46.53
Ar1 Average Temperature	28.3 °C



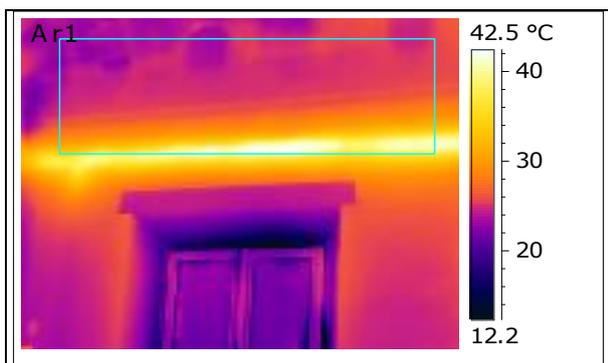
File name	IR_3315.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.47.06
Ar1 Average Temperature	25.9 °C



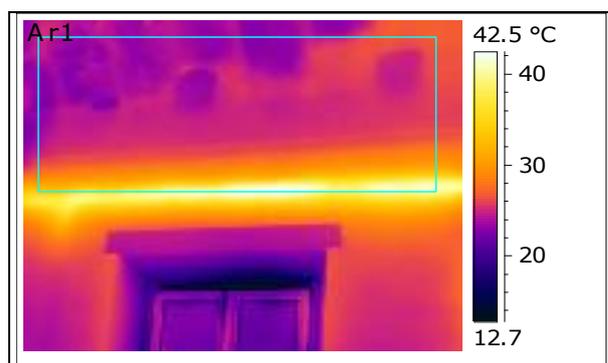
File name	IR_3317.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.47.45
Ar1 Average Temperature	26.0 °C



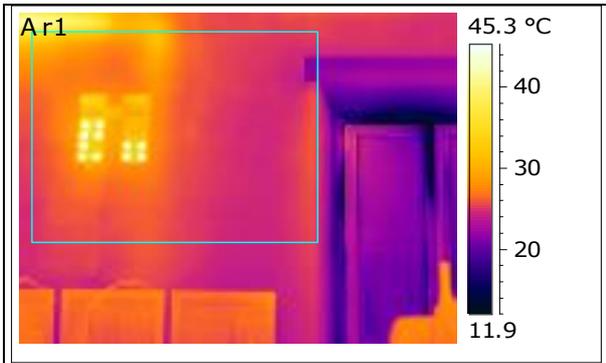
File name	IR_3319.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.47.55
Ar1 Average Temperature	25.6 °C



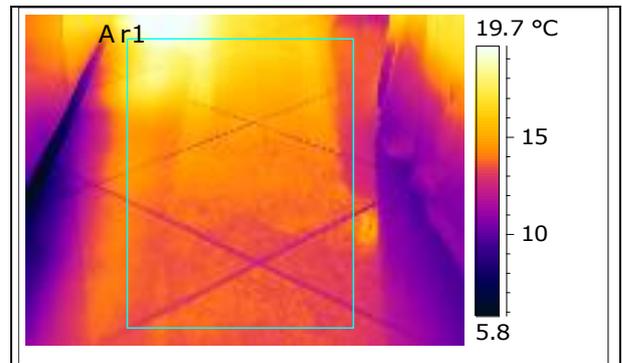
File name	IR_3321.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.48.25
Ar1 Average Temperature	27.8 °C



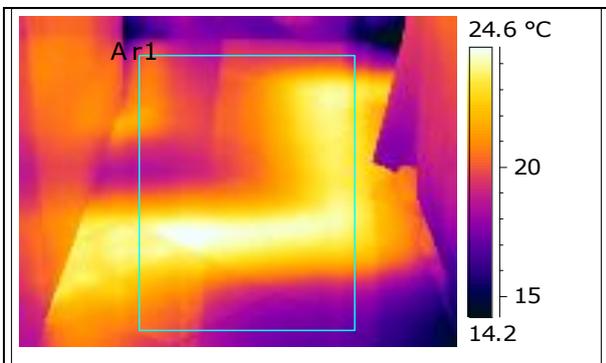
File name	IR_3323.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.48.30
Ar1 Average Temperature	26.6 °C



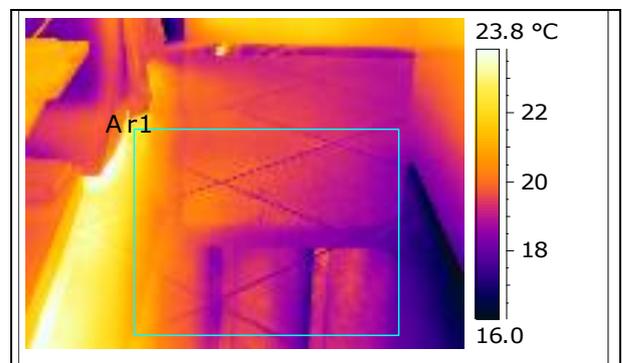
File name	IR_3325.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.48.37
Ar1 Average Temperature	26.5 °C



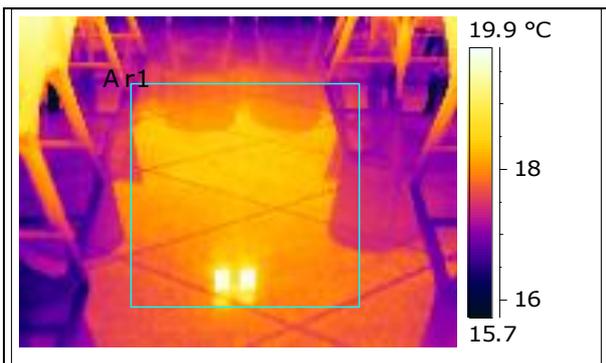
File name	IR_3327.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.51.03
Ar1 Average Temperature	14.4 °C



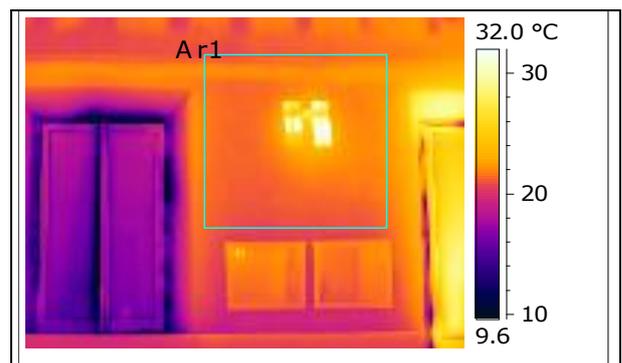
File name	IR_3329.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.51.17
Ar1 Average Temperature	21.2 °C



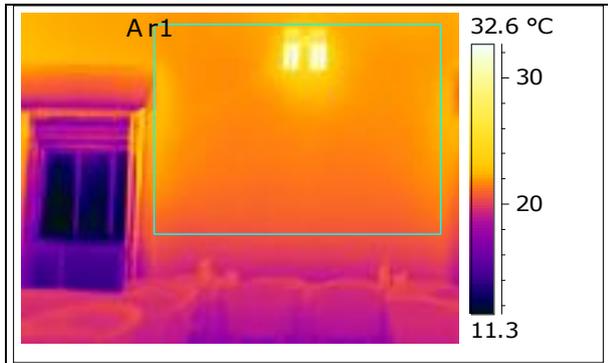
File name	IR_3331.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.51.27
Ar1 Average Temperature	19.3 °C



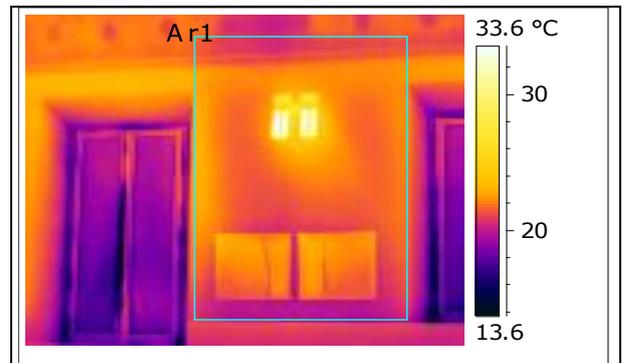
File name	IR_3333.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.51.38
Ar1 Average Temperature	18.1 °C



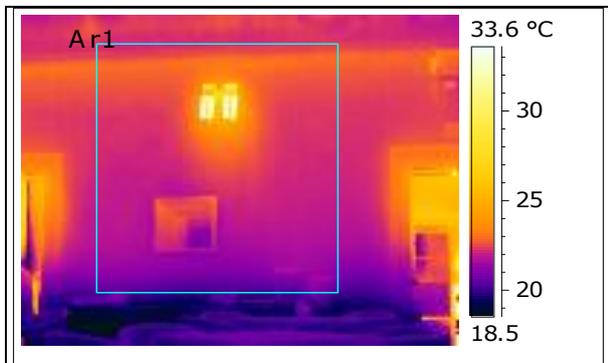
File name	IR_3335.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.51.58
Ar1 Average Temperature	22.1 °C



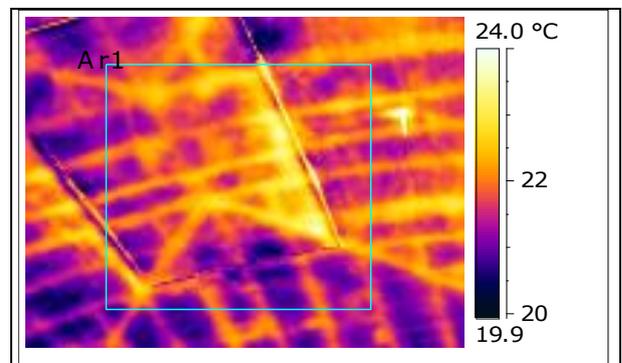
File name	IR_3337.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.52.20
Ar1 Average Temperature	21.9 °C



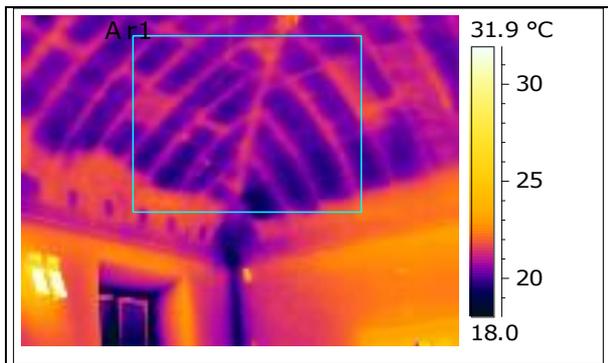
File name	IR_3339.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.52.31
Ar1 Average Temperature	21.9 °C



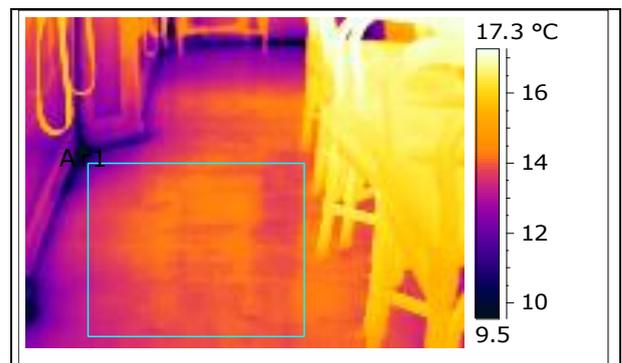
File name	IR_3341.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.52.49
Ar1 Average Temperature	22.3 °C



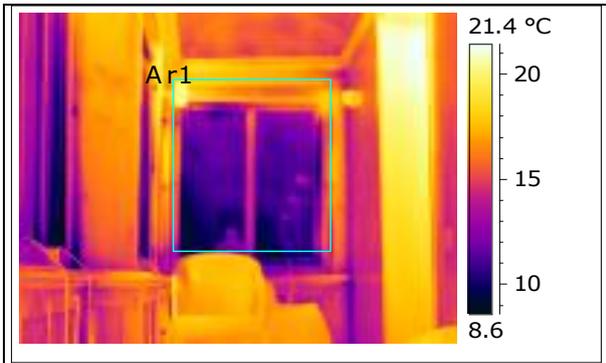
File name	IR_3343.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.52.56
Ar1 Average Temperature	21.8 °C



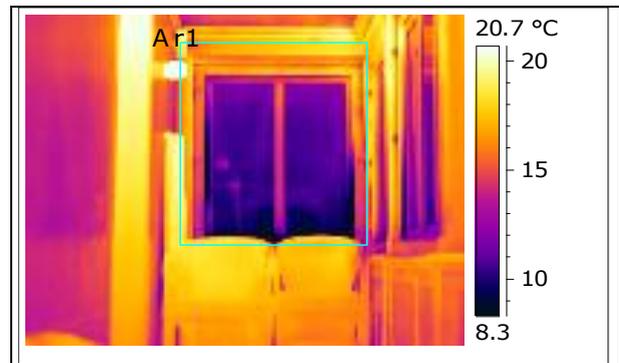
File name	IR_3345.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.53.04
Ar1 Average Temperature	20.6 °C



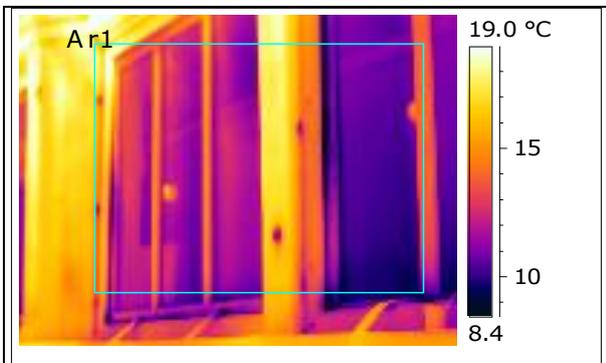
File name	IR_3347.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.53.28
Ar1 Average Temperature	13.9 °C



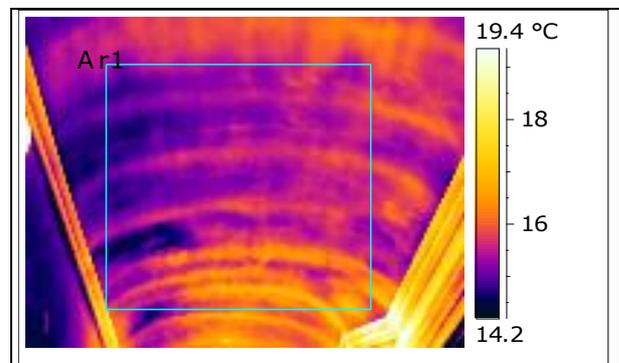
File name	IR_3349.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.53.36
Ar1 Average Temperature	12.7 °C



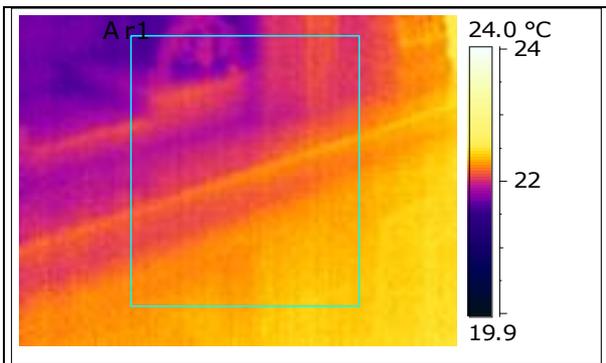
File name	IR_3351.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.53.48
Ar1 Average Temperature	13.1 °C



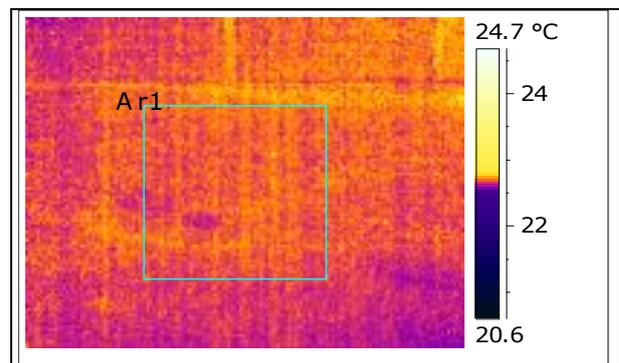
File name	IR_3353.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.54.03
Ar1 Average Temperature	12.5 °C



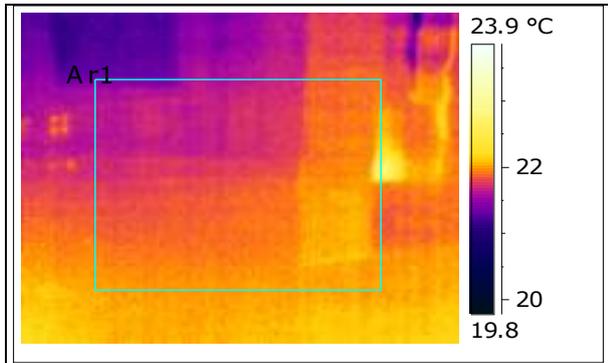
File name	IR_3355.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.54.16
Ar1 Average Temperature	15.5 °C



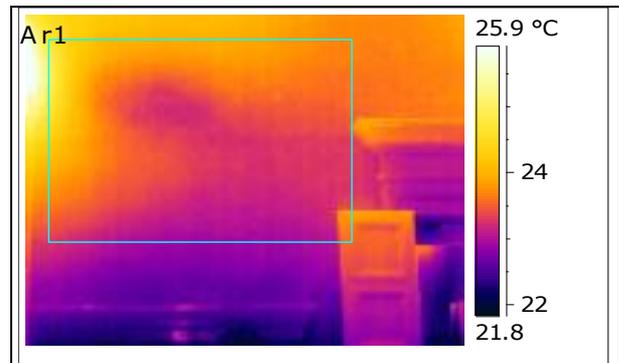
File name	IR_3357.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.56.31
Ar1 Average Temperature	22.1 °C



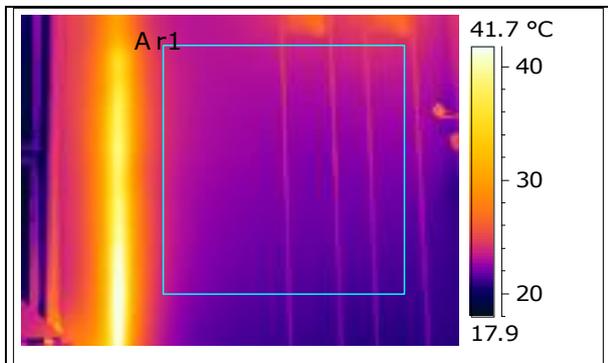
File name	IR_3359.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.56.44
Ar1 Average Temperature	22.7 °C



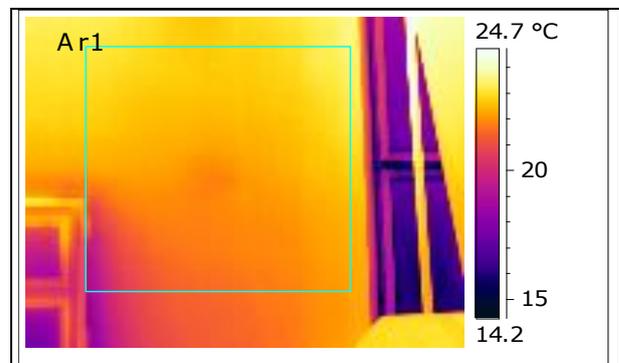
File name	IR_3361.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.58.12
Ar1 Average Temperature	21.9 °C



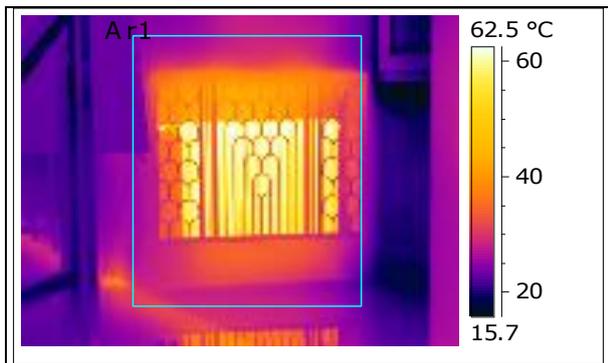
File name	IR_3363.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.58.30
Ar1 Average Temperature	23.5 °C



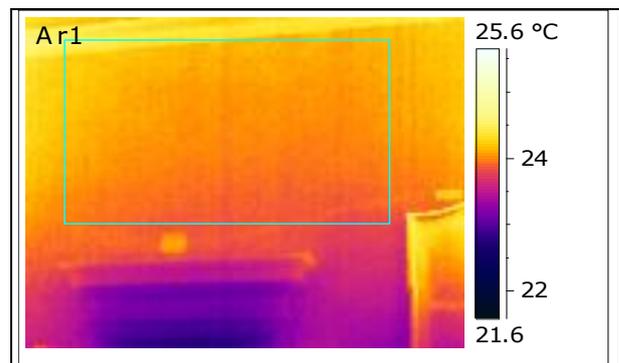
File name	IR_3365.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.58.59
Ar1 Average Temperature	22.5 °C



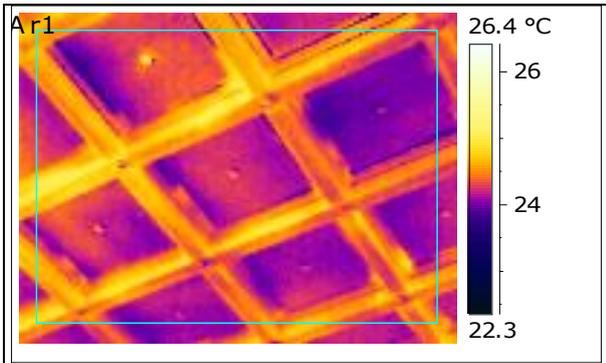
File name	IR_3367.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.59.16
Ar1 Average Temperature	22.2 °C



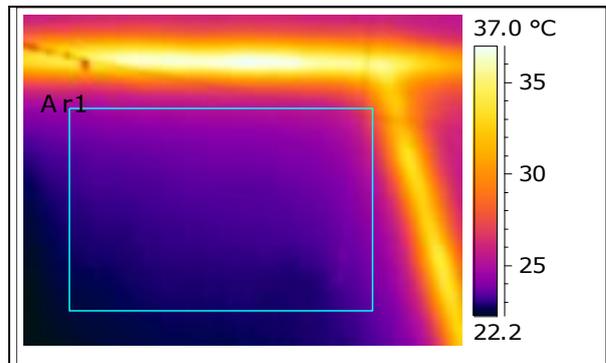
File name	IR_3369.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.59.27
Ar1 Average Temperature	36.8 °C



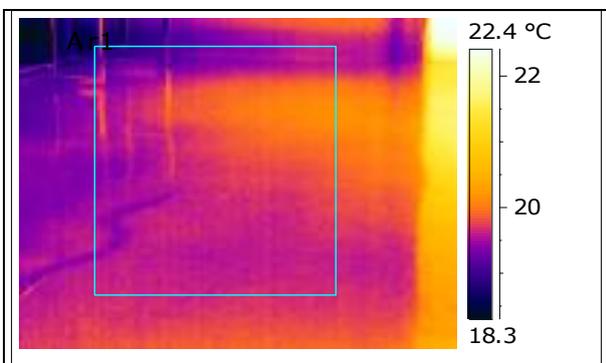
File name	IR_3371.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	14.59.53
Ar1 Average Temperature	24.0 °C



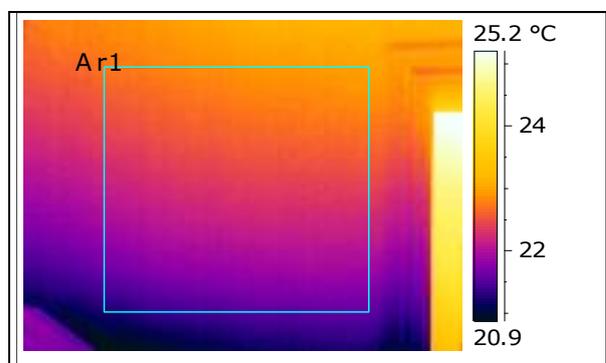
File name	IR_3373.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.00.01
Ar1 Average Temperature	24.3 °C



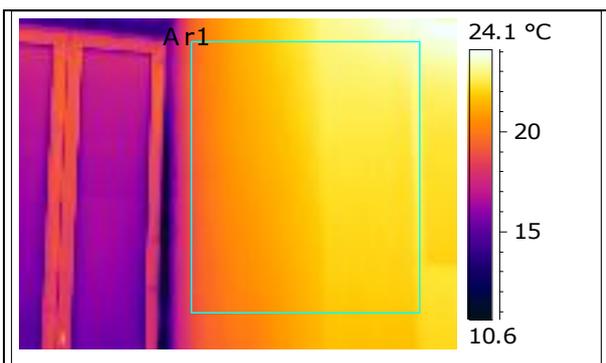
File name	IR_3375.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.00.38
Ar1 Average Temperature	23.6 °C



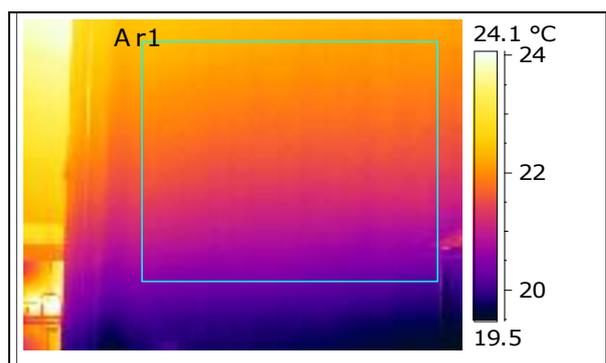
File name	IR_3377.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.02.56
Ar1 Average Temperature	19.7 °C



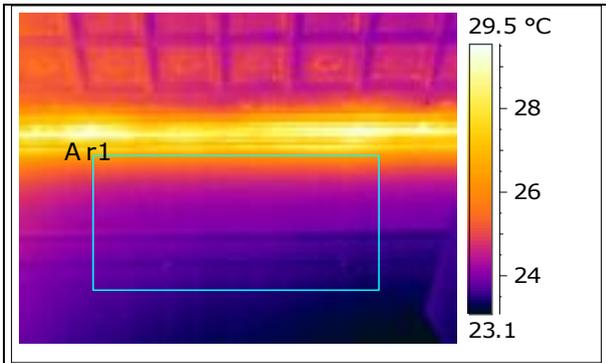
File name	IR_3379.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.03.14
Ar1 Average Temperature	22.3 °C



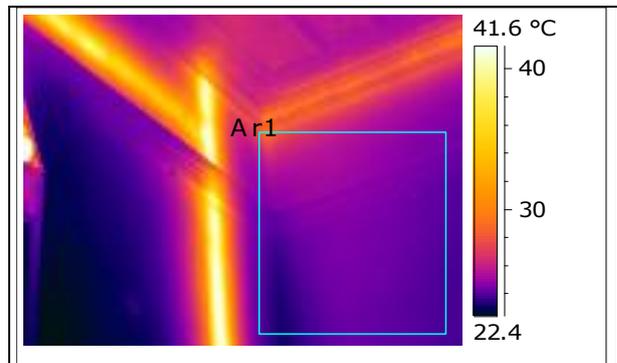
File name	IR_3381.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.03.31
Ar1 Average Temperature	21.5 °C



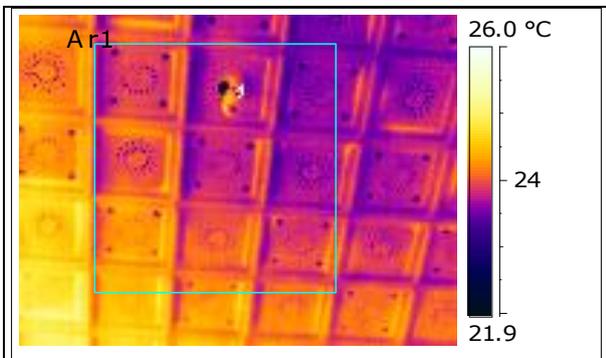
File name	IR_3383.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.03.40
Ar1 Average Temperature	21.4 °C



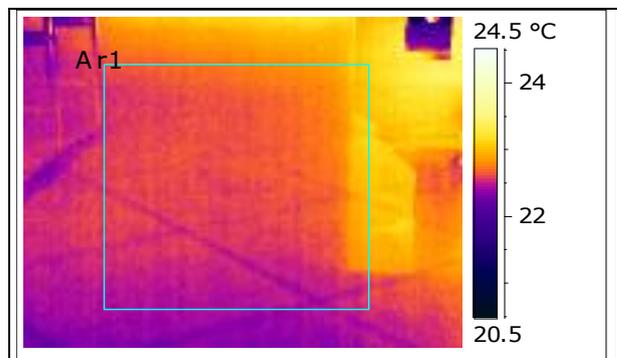
File name	IR_3385.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.04.01
Ar1 Average Temperature	24.1 °C



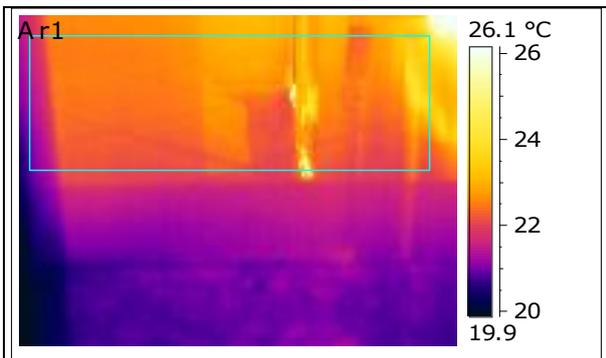
File name	IR_3387.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.04.11
Ar1 Average Temperature	24.5 °C



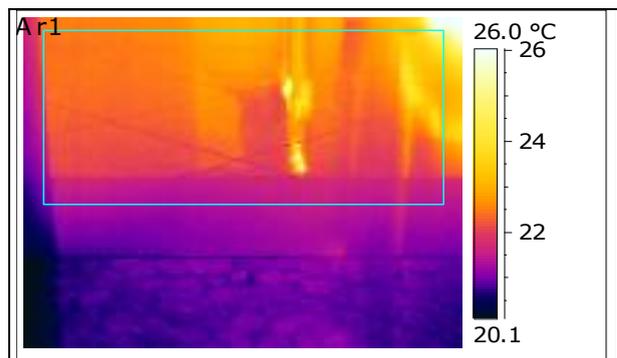
File name	IR_3389.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.04.29
Ar1 Average Temperature	23.9 °C



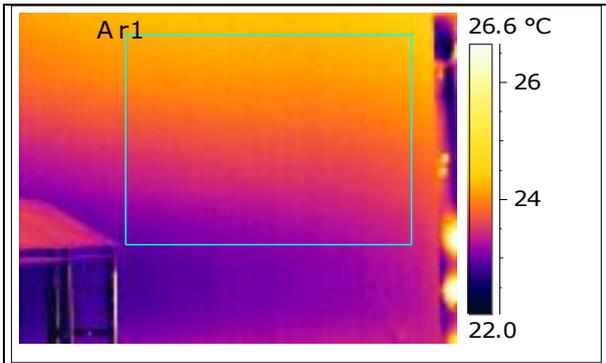
File name	IR_3391.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.06.22
Ar1 Average Temperature	22.6 °C



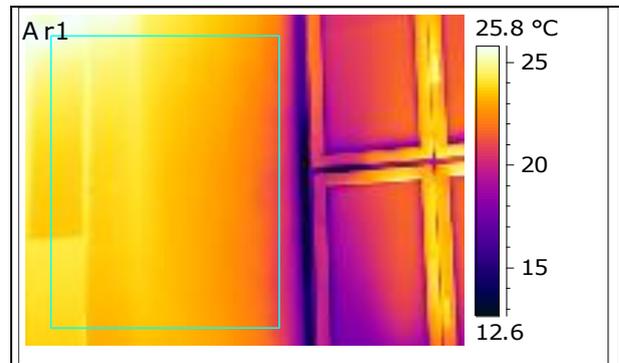
File name	IR_3393.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.06.34
Ar1 Average Temperature	22.5 °C



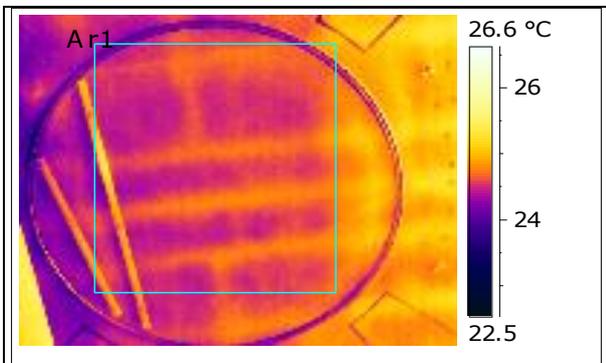
File name	IR_3395.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.06.41
Ar1 Average Temperature	22.3 °C



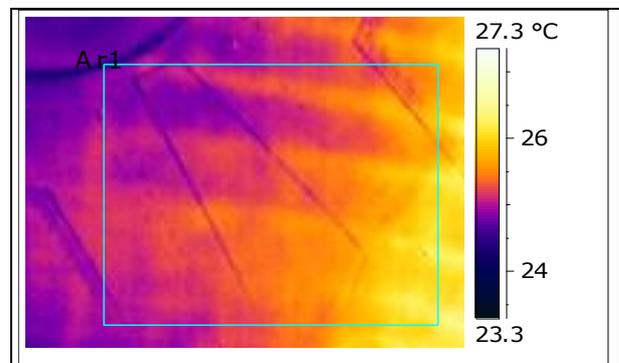
File name	IR_3397.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.07.03
Ar1 Average Temperature	23.7 °C



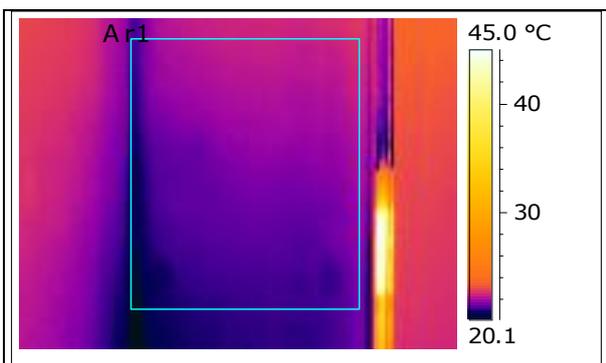
File name	IR_3399.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.07.32
Ar1 Average Temperature	23.3 °C



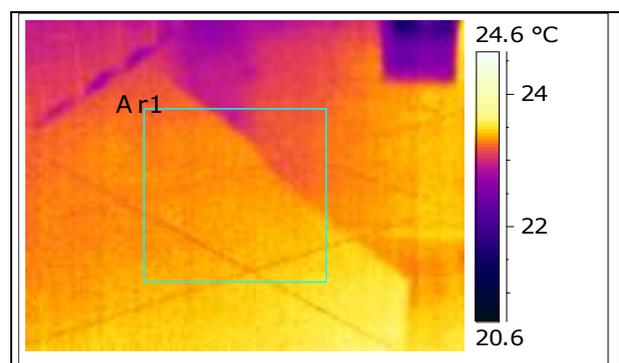
File name	IR_3401.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.07.44
Ar1 Average Temperature	24.6 °C



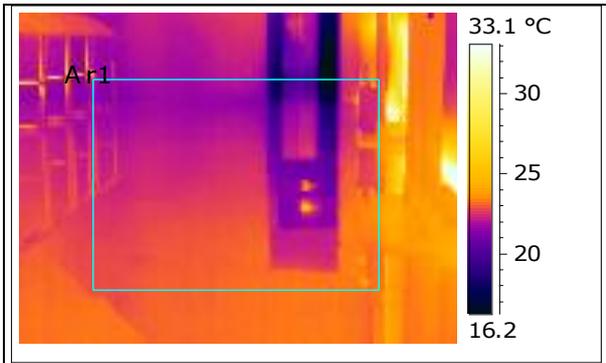
File name	IR_3403.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.07.52
Ar1 Average Temperature	25.3 °C



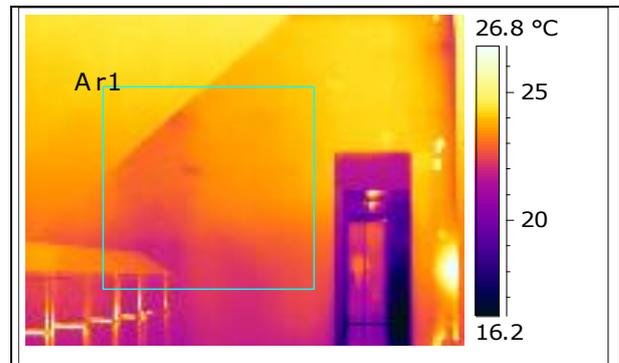
File name	IR_3405.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.08.45
Ar1 Average Temperature	21.6 °C



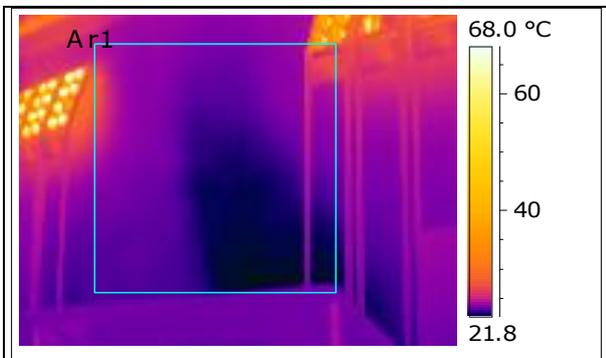
File name	IR_3407.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.18.12
Ar1 Average Temperature	23.3 °C



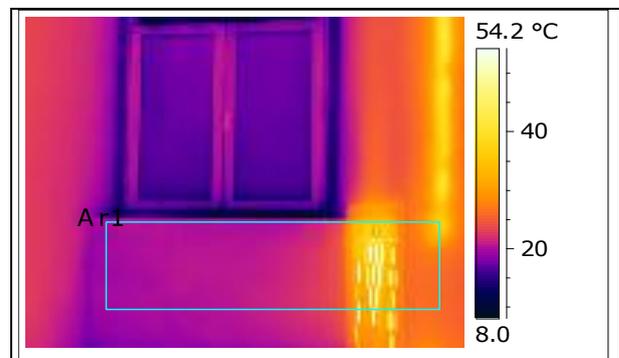
File name	IR_3409.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.18.21
Ar1 Average Temperature	22.3 °C



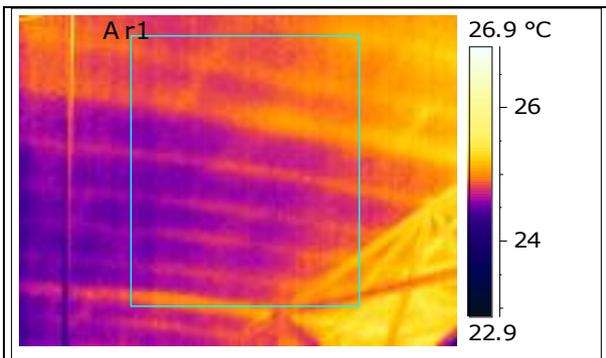
File name	IR_3411.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.18.50
Ar1 Average Temperature	23.1 °C



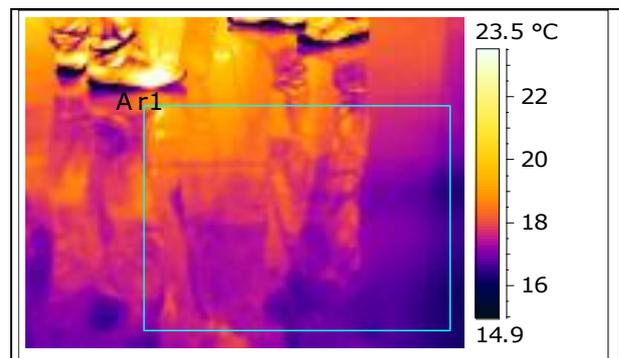
File name	IR_3413.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.19.08
Ar1 Average Temperature	23.2 °C



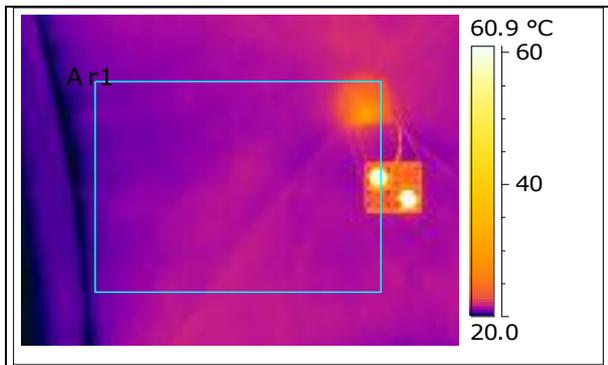
File name	IR_3415.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.19.16
Ar1 Average Temperature	24.1 °C



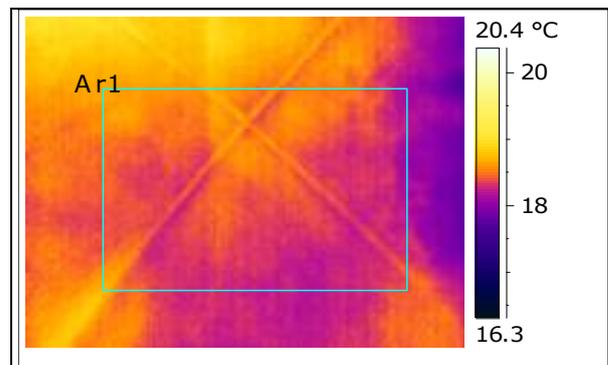
File name	IR_3417.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.19.45
Ar1 Average Temperature	24.8 °C



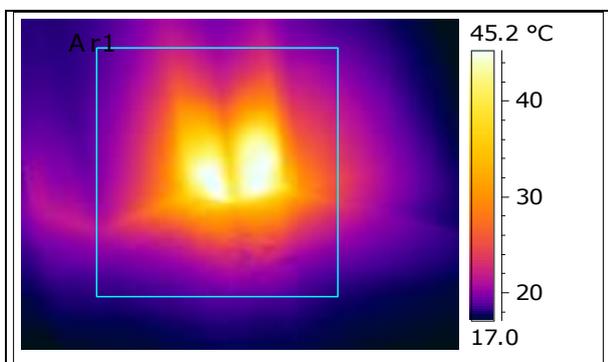
File name	IR_3419.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.23.47
Ar1 Average Temperature	17.5 °C



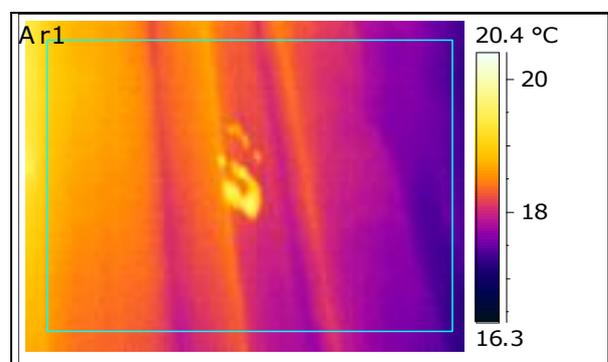
File name	IR_3421.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.24.13
Ar1 Average Temperature	21.7 °C



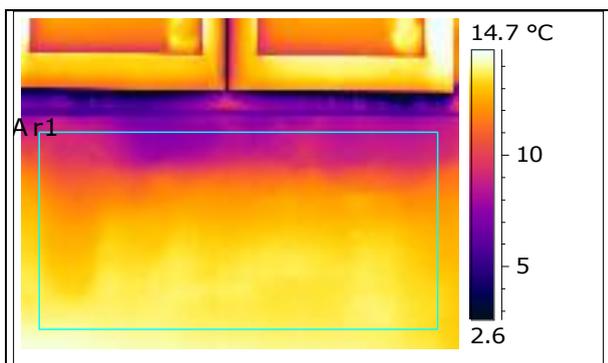
File name	IR_3423.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.24.36
Ar1 Average Temperature	18.4 °C



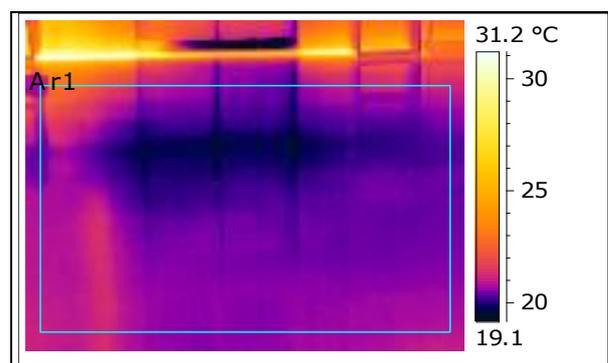
File name	IR_3425.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.24.54
Ar1 Average Temperature	25.7 °C



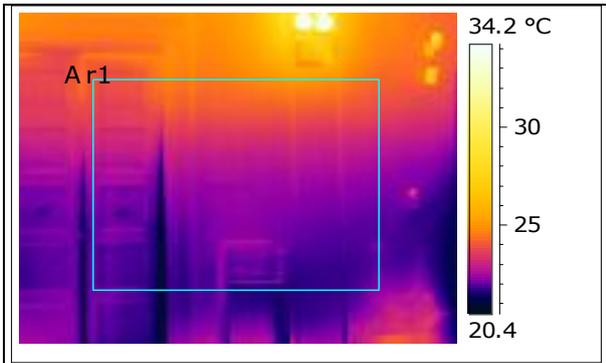
File name	IR_3427.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.25.51
Ar1 Average Temperature	18.1 °C



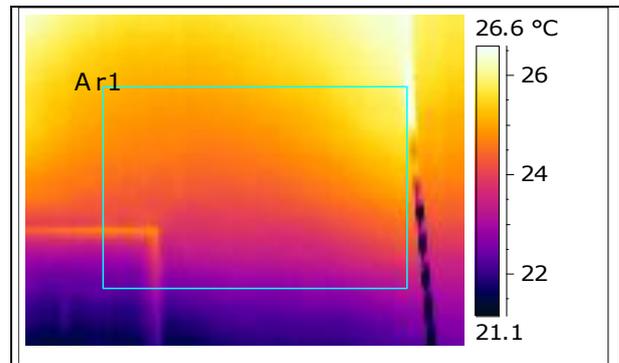
File name	IR_3429.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.26.34
Ar1 Average Temperature	12.1 °C



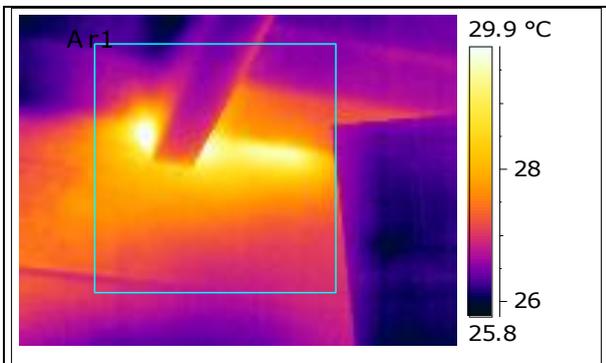
File name	IR_3431.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.28.23
Ar1 Average Temperature	20.5 °C



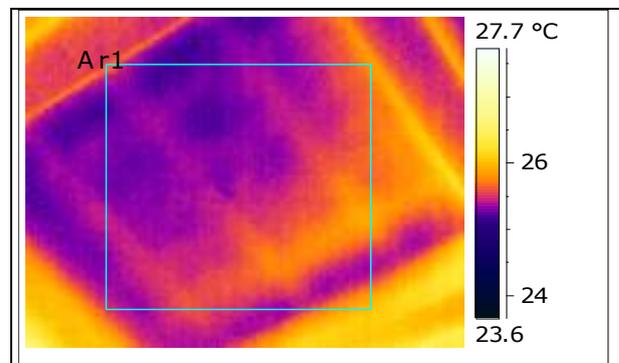
File name	IR_3433.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.28.34
Ar1 Average Temperature	22.7 °C



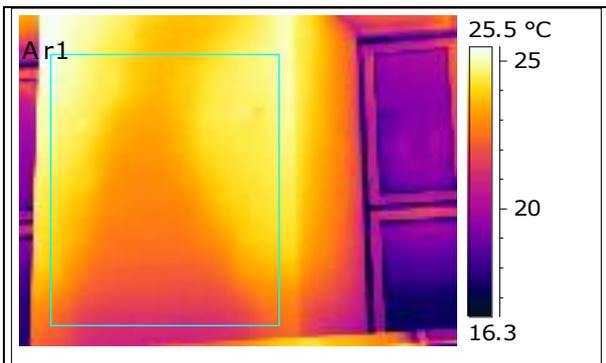
File name	IR_3435.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.29.00
Ar1 Average Temperature	24.3 °C



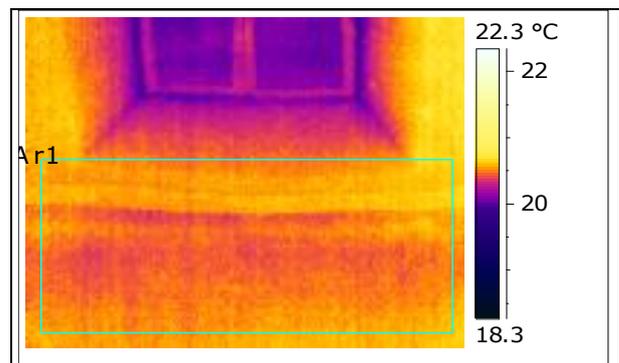
File name	IR_3437.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.29.13
Ar1 Average Temperature	27.4 °C



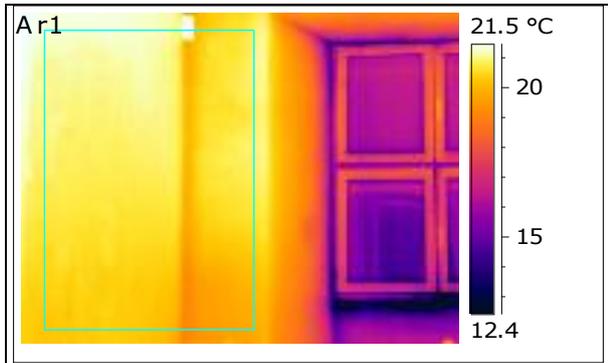
File name	IR_3439.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.29.29
Ar1 Average Temperature	25.4 °C



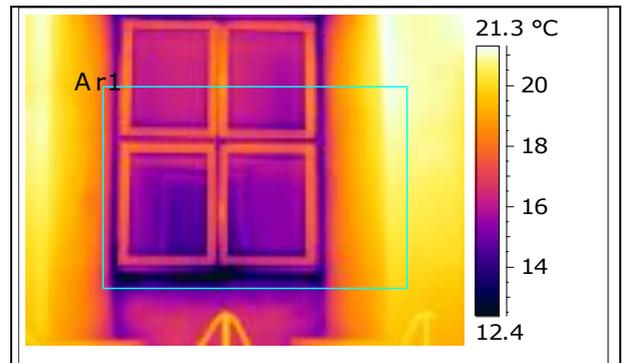
File name	IR_3441.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.29.39
Ar1 Average Temperature	23.4 °C



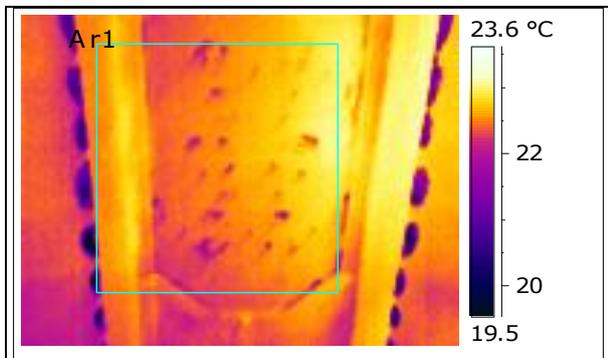
File name	IR_3443.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.32.34
Ar1 Average Temperature	20.5 °C



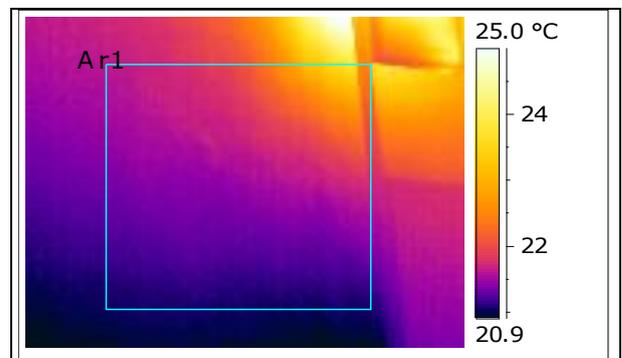
File name	IR_3445.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.33.36
Ar1 Average Temperature	20.6 °C



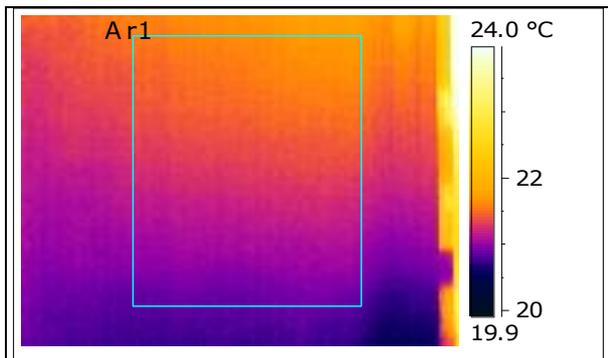
File name	IR_3447.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.33.40
Ar1 Average Temperature	16.7 °C



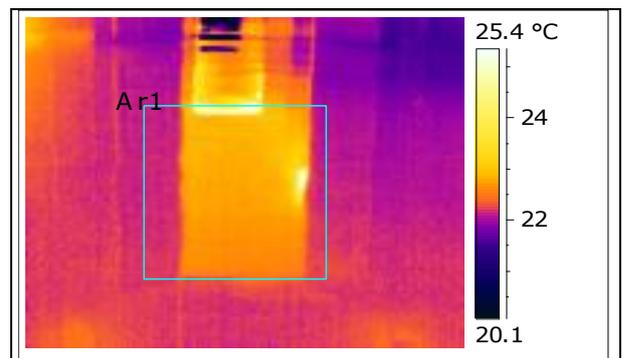
File name	IR_3449.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.33.51
Ar1 Average Temperature	22.6 °C



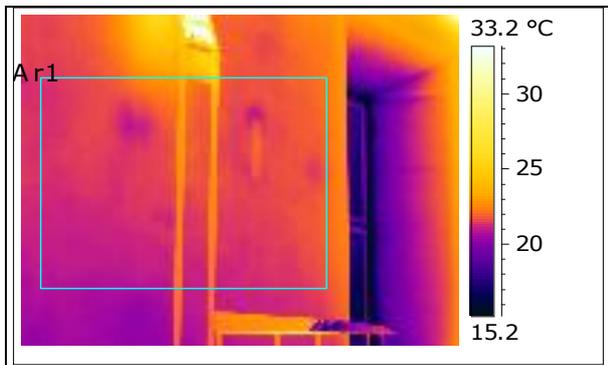
File name	IR_3451.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.34.23
Ar1 Average Temperature	21.6 °C



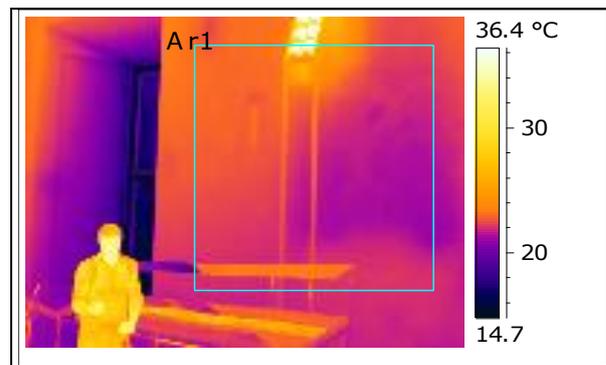
File name	IR_3453.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.34.34
Ar1 Average Temperature	21.3 °C



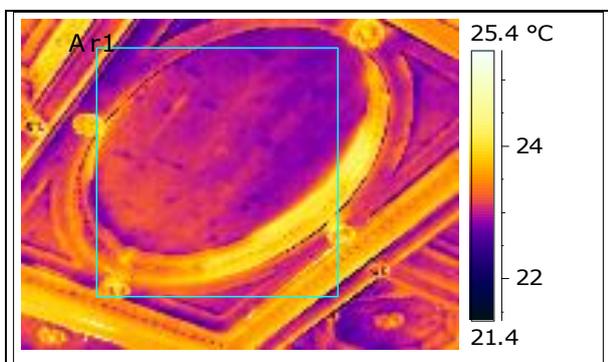
File name	IR_3455.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.35.30
Ar1 Average Temperature	22.6 °C



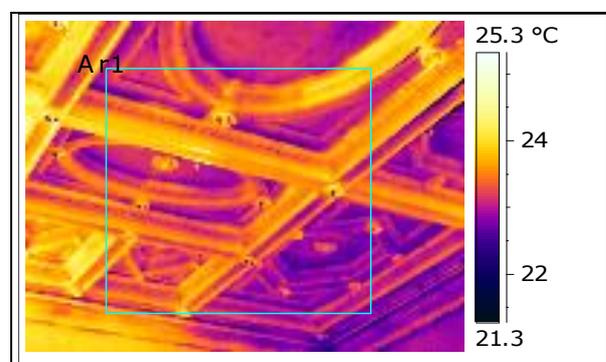
File name	IR_3457.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.36.02
Ar1 Average Temperature	21.6 °C



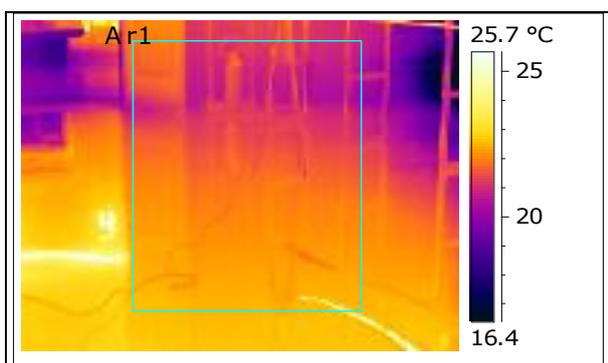
File name	IR_3459.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.36.27
Ar1 Average Temperature	22.3 °C



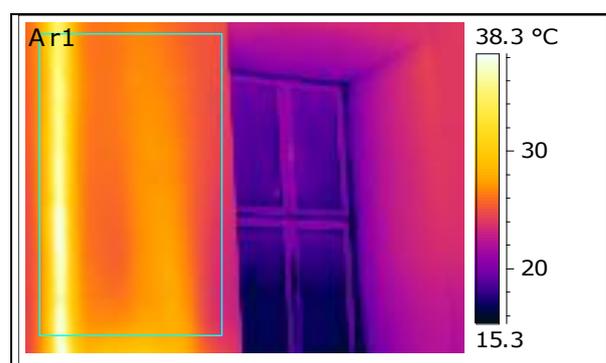
File name	IR_3461.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.36.35
Ar1 Average Temperature	23.1 °C



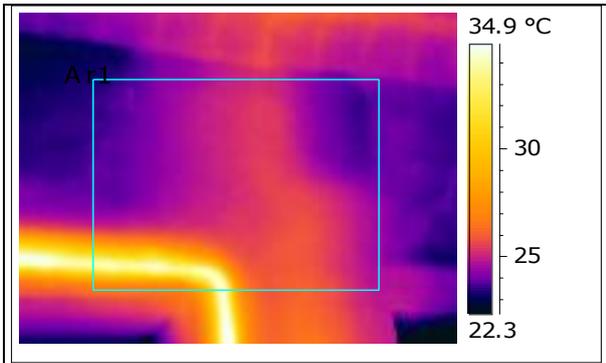
File name	IR_3463.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.36.45
Ar1 Average Temperature	23.3 °C



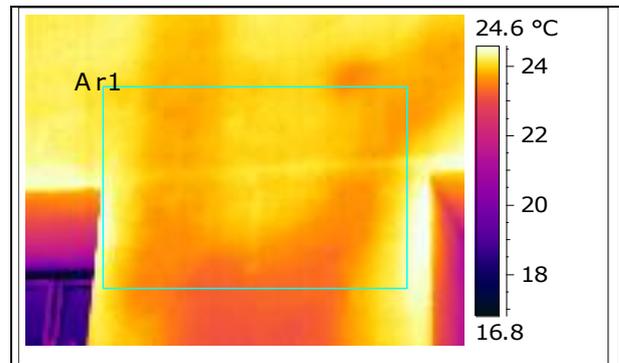
File name	IR_3465.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.37.11
Ar1 Average Temperature	21.7 °C



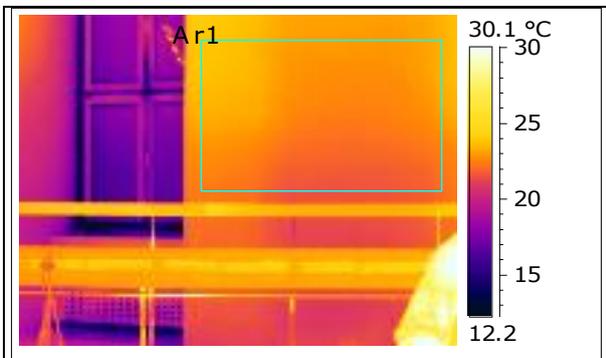
File name	IR_3467.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.37.39
Ar1 Average Temperature	27.4 °C



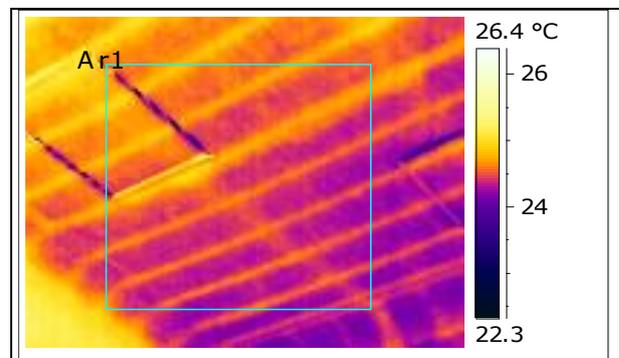
File name	IR_3469.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15:37:47
Ar1 Average Temperature	25.4 °C



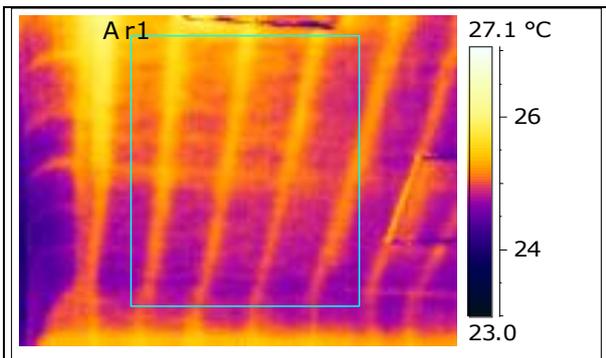
File name	IR_3471.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15:38:03
Ar1 Average Temperature	23.8 °C



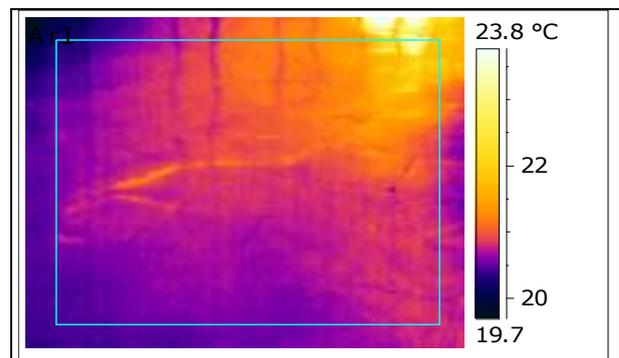
File name	IR_3473.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15:38:08
Ar1 Average Temperature	22.5 °C



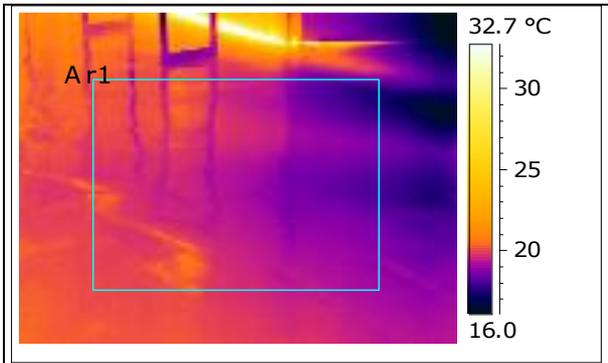
File name	IR_3475.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15:38:27
Ar1 Average Temperature	24.5 °C



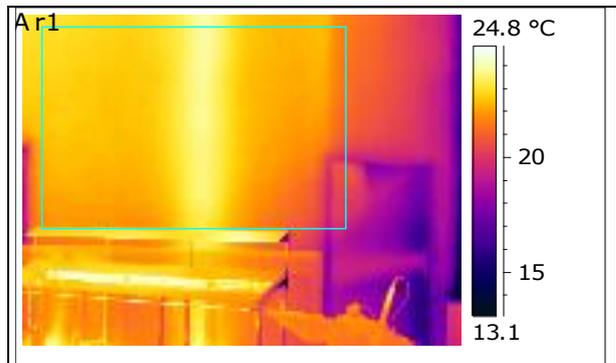
File name	IR_3477.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15:38:37
Ar1 Average Temperature	25.0 °C



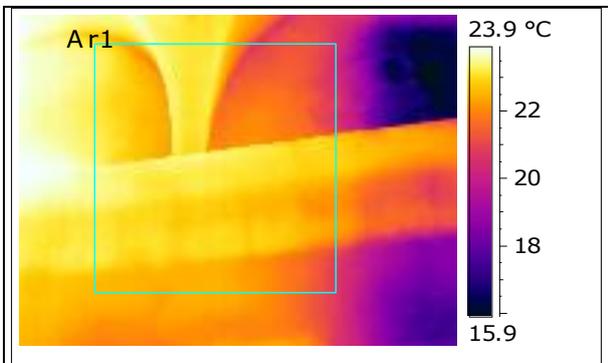
File name	IR_3479.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15:38:52
Ar1 Average Temperature	20.9 °C



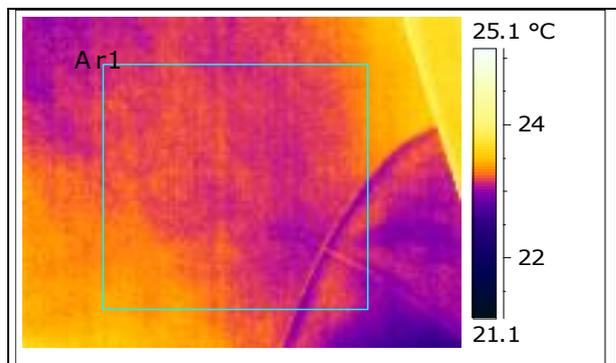
File name	IR_3481.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.38.58
Ar1 Average Temperature	19.4 °C



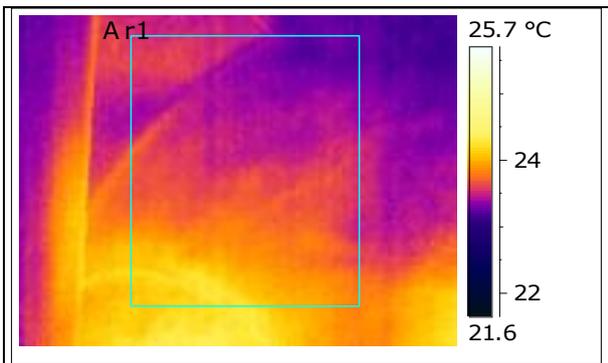
File name	IR_3483.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.39.20
Ar1 Average Temperature	22.4 °C



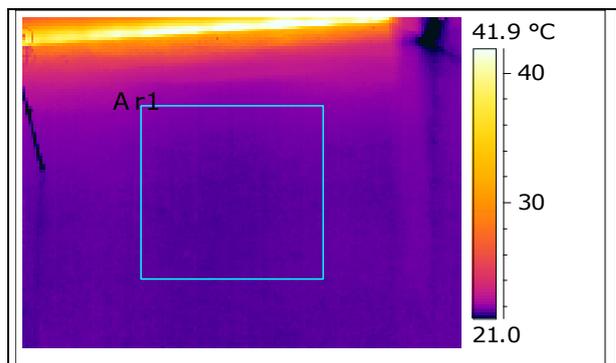
File name	IR_3485.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.39.28
Ar1 Average Temperature	22.5 °C



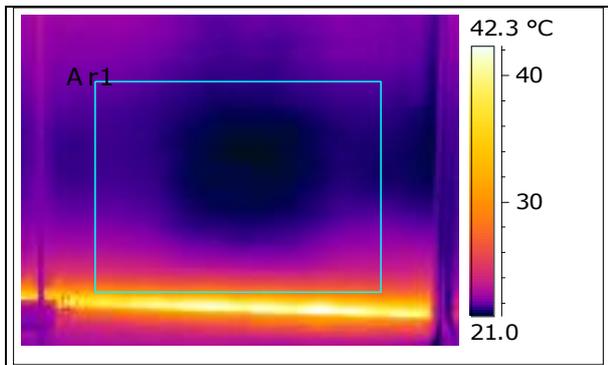
File name	IR_3487.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.39.49
Ar1 Average Temperature	23.2 °C



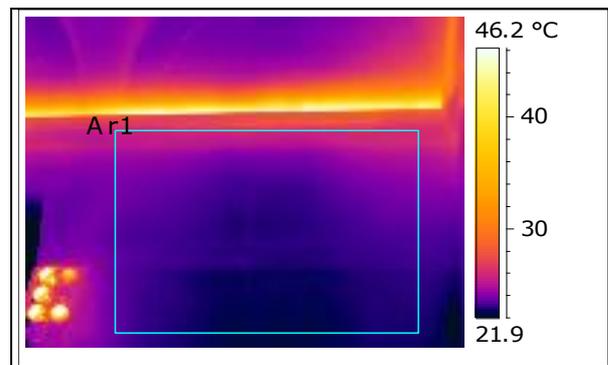
File name	IR_3489.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.39.56
Ar1 Average Temperature	23.6 °C



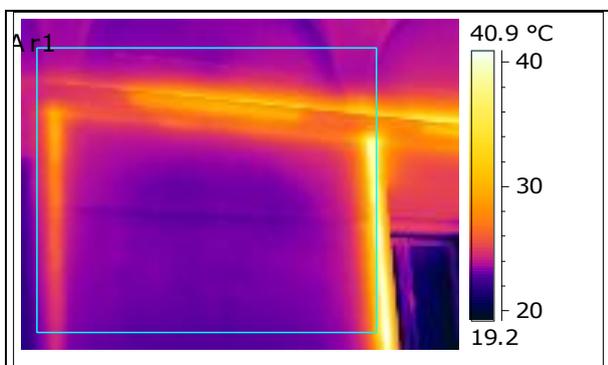
File name	IR_3491.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.41.37
Ar1 Average Temperature	21.7 °C



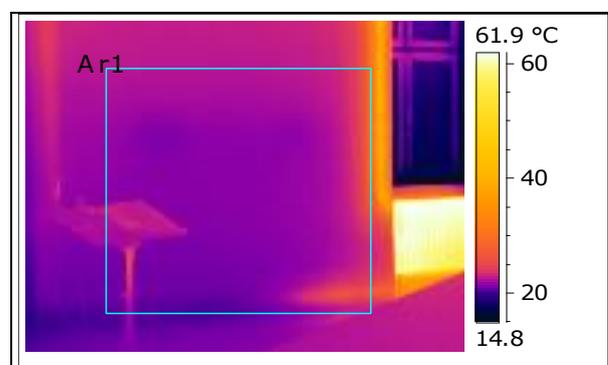
File name	IR_3493.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.41.48
Ar1 Average Temperature	22.3 °C



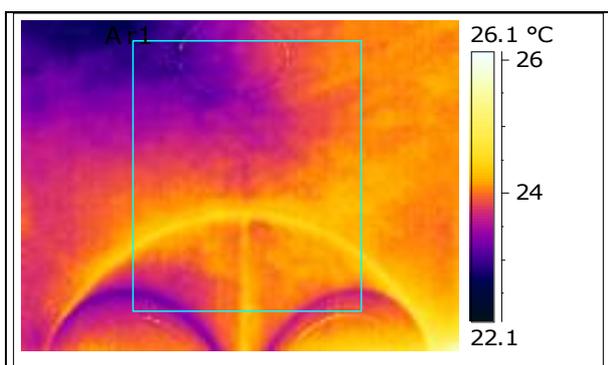
File name	IR_3495.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.41.54
Ar1 Average Temperature	23.4 °C



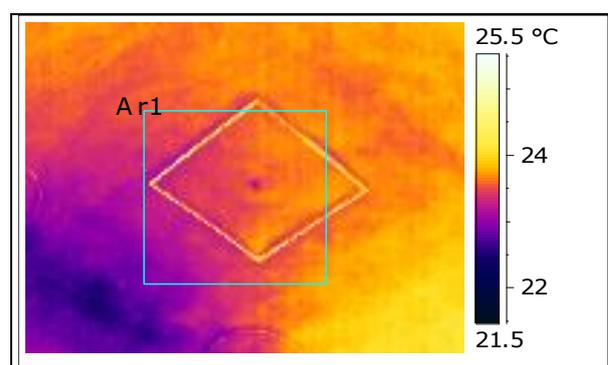
File name	IR_3497.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.42.03
Ar1 Average Temperature	24.6 °C



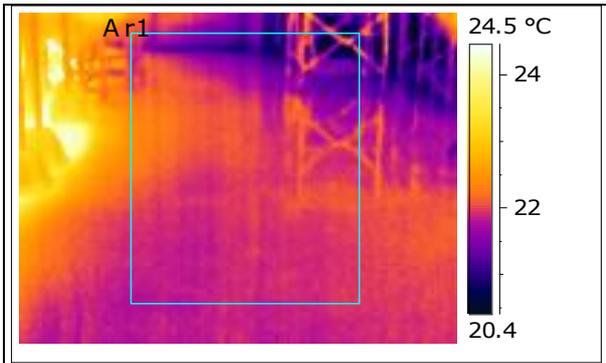
File name	IR_3499.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.42.09
Ar1 Average Temperature	22.1 °C



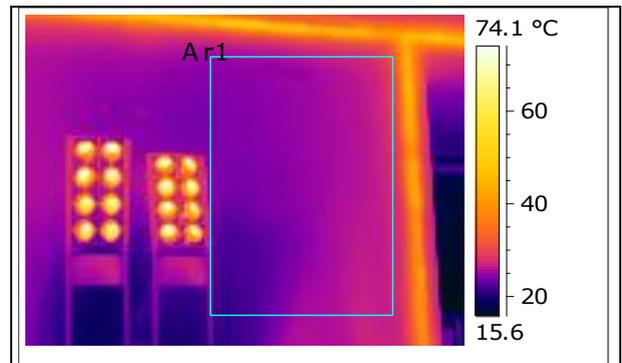
File name	IR_3501.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.42.22
Ar1 Average Temperature	23.9 °C



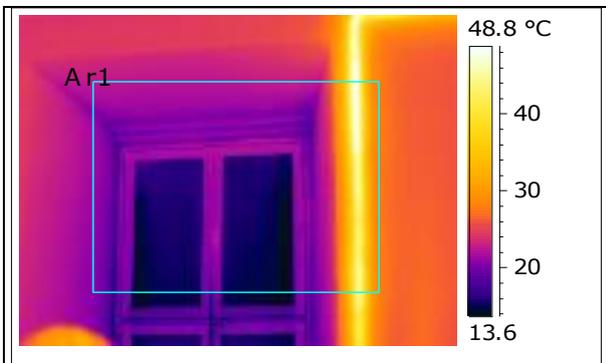
File name	IR_3503.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.42.34
Ar1 Average Temperature	23.5 °C



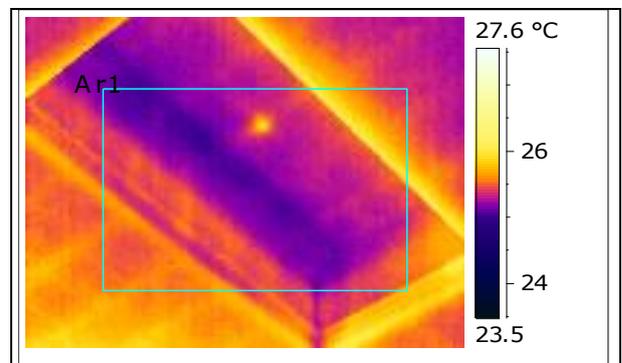
File name	IR_3513.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.44.48
Ar1 Average Temperature	21.9 °C



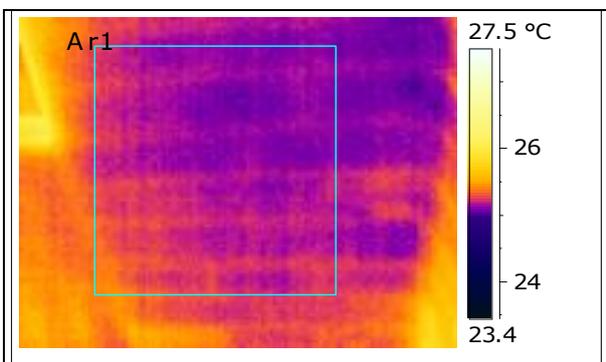
File name	IR_3515.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.45.18
Ar1 Average Temperature	25.0 °C



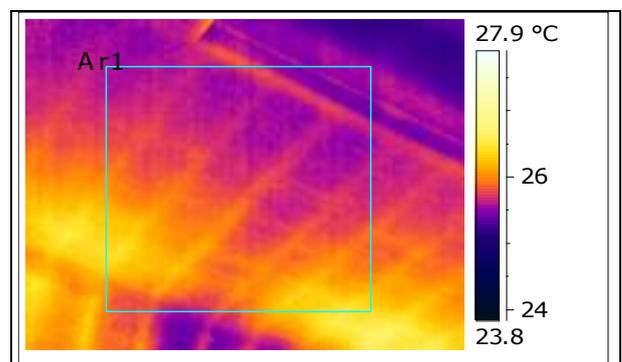
File name	IR_3517.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.45.24
Ar1 Average Temperature	21.4 °C



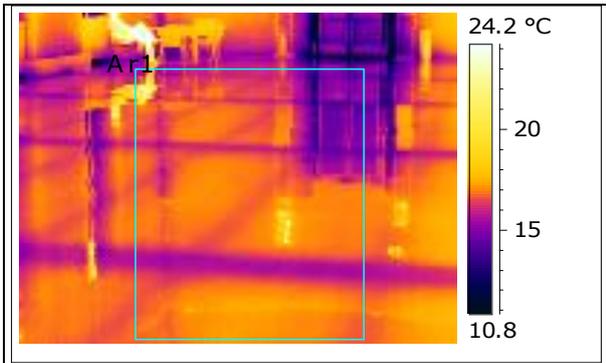
File name	IR_3519.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.45.35
Ar1 Average Temperature	25.3 °C



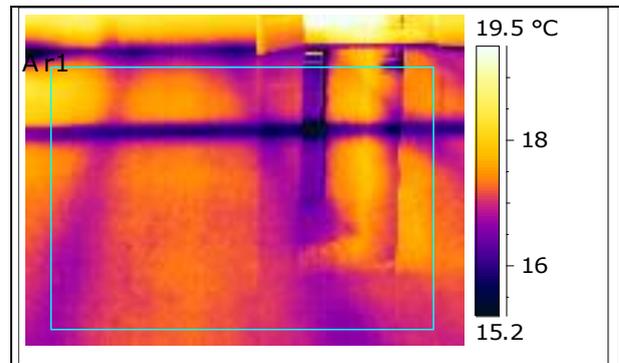
File name	IR_3521.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.45.58
Ar1 Average Temperature	25.2 °C



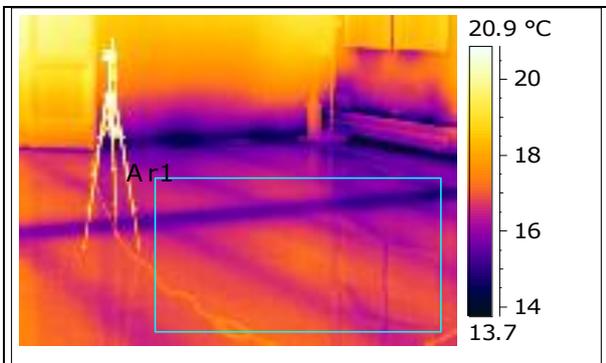
File name	IR_3523.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.46.04
Ar1 Average Temperature	25.8 °C



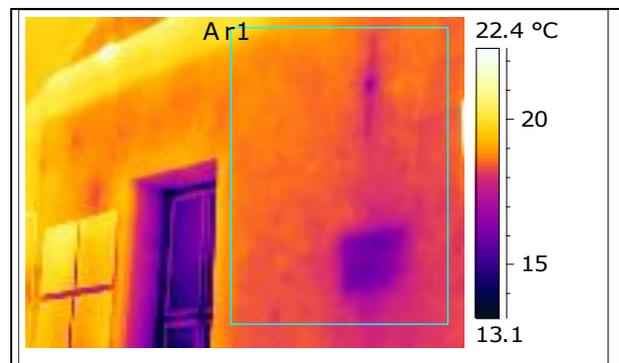
File name	IR_3525.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.46.21
Ar1 Average Temperature	16.5 °C



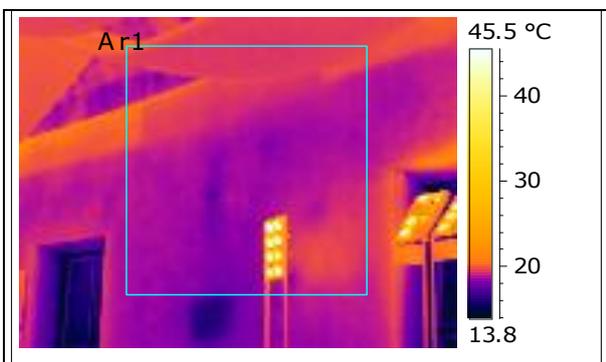
File name	IR_3527.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.46.42
Ar1 Average Temperature	17.1 °C



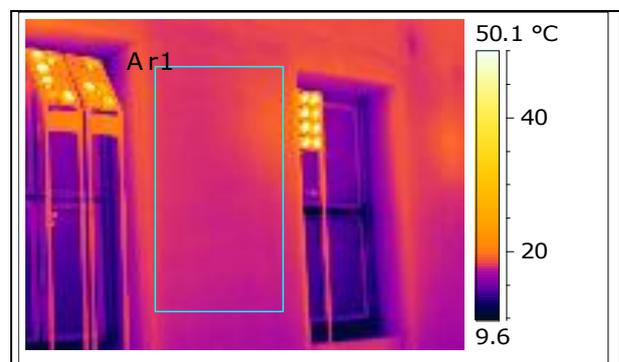
File name	IR_3529.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.46.50
Ar1 Average Temperature	16.5 °C



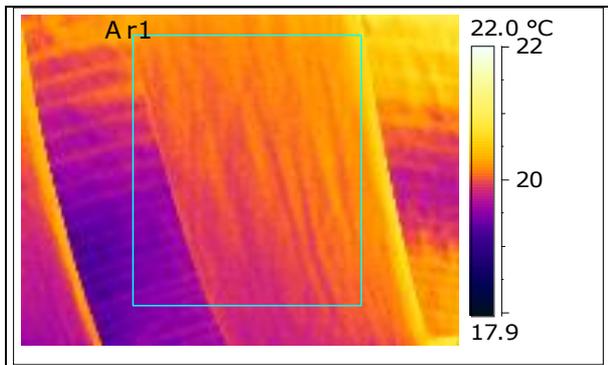
File name	IR_3531.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.47.10
Ar1 Average Temperature	18.2 °C



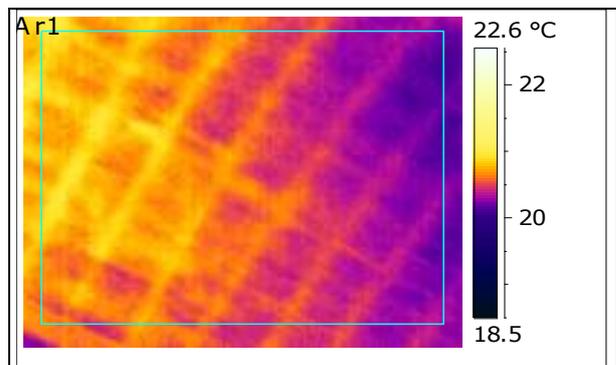
File name	IR_3533.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.47.21
Ar1 Average Temperature	19.3 °C



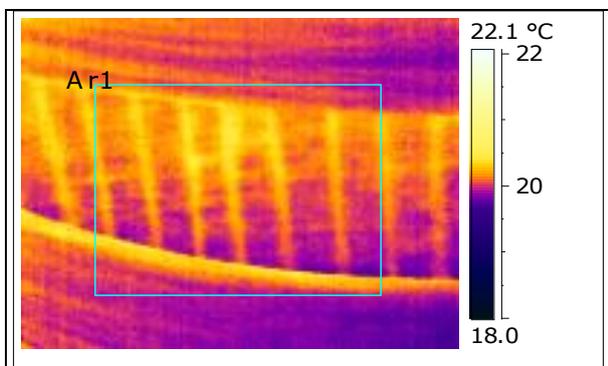
File name	IR_3535.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.47.37
Ar1 Average Temperature	17.9 °C



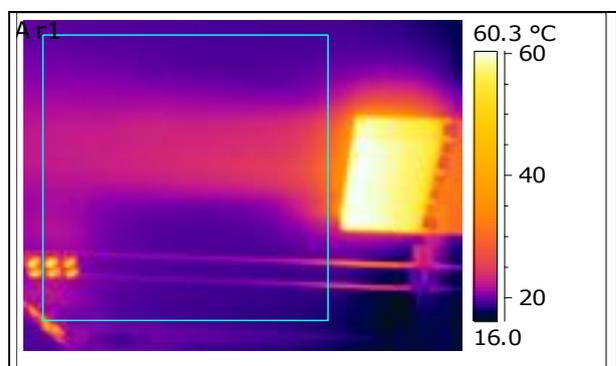
File name	IR_3537.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.47.44
Ar1 Average Temperature	20.0 °C



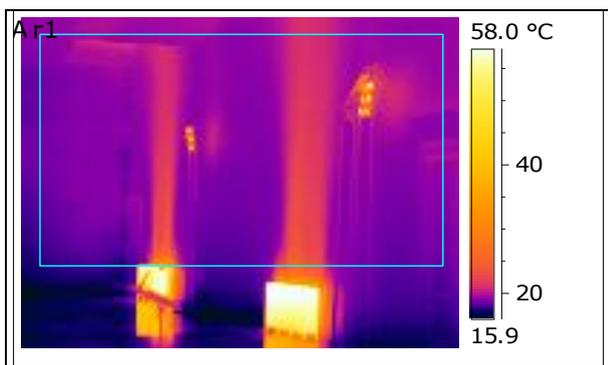
File name	IR_3539.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.47.50
Ar1 Average Temperature	20.5 °C



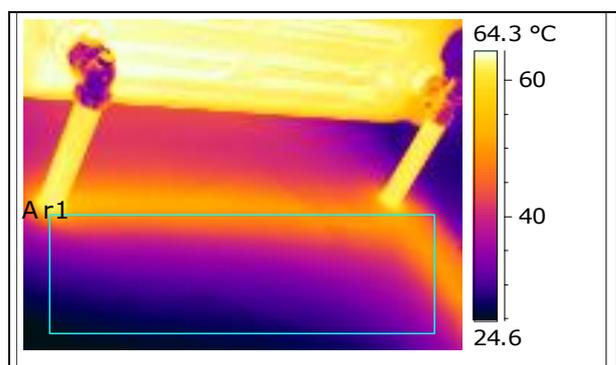
File name	IR_3541.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.47.55
Ar1 Average Temperature	20.1 °C



File name	IR_3543.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.53.08
Ar1 Average Temperature	21.3 °C



File name	IR_3545.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.53.38
Ar1 Average Temperature	19.7 °C



File name	IR_3547.jpg
Date	12/12/2013
Image Time	15.54.55
Ar1 Average Temperature	35.6 °C