



Ricerca di Sistema elettrico

## Diagnosi energetica di alcuni edifici pubblici storici costituenti l'area della Grande Miniera di Serbariu Allegato 2 – Museo del Carbone

S. Pili, F. Poggi, E. Loria, P. Miraglia, A. Porcu, C. Frau

## Contenuto e struttura dell'allegato

Il presente allegato riporta il dettaglio delle attività di diagnosi energetica svolte nel *Museo del Carbone* articolate in accordo con la metodologia illustrata nel report *“Diagnosi energetica di alcuni edifici pubblici storici costituenti l'area della Grande Miniera di Serbariu”* ossia nelle due parti: *Diagnosi Preliminare e Diagnosi Dstandard*.

La *“Diagnosi Energetica Preliminare”* o *“Diagnosi di primo livello”* è uno strumento speditivo per identificare le principali caratteristiche dell'edificio nei suoi elementi costruttivi e nel suo utilizzo abituale. Generalmente riporta la sintesi di tutte le informazioni sull'edificio già disponibili (documenti ufficiali, documentazione bibliografica, ...) oppure ricavabili tramite sopralluoghi speditivi. In questa fase si cercano di individuare i punti di forza e di debolezza del sistema edificio - impianto in relazione all'uso attuale o ad ipotesi di utilizzo, essa si articola nelle seguenti sezioni:

1. descrizione generale dell'edificio;
2. Profilo di utilizzo dell'Edificio;
3. Stato attuale del sistema edificio-impianto;
4. Strategie ed ipotesi preliminari di intervento.

La *“Diagnosi Energetica Standard”* o di *“Secondo livello”* è uno strumento per valutare le ipotesi di efficientamento energetico e/o di riqualificazione dell'edificio sulla base di parametri analitici come il retrofit energetico ed il tempo di ritorno dell'investimento. Si tratta di una procedura più approfondita rispetto alla preliminare in quanto prevede di impostare un modello energetico il più possibile adattato alle attuali condizioni d'uso dell'edificio che spesso richiede l'effettuazione di misurazioni sul campo. I contenuti del rapporto sono perciò:

5. il report analitico delle attività di misura effettuate,
6. i risultati salienti della modellazione energetica;
7. la valutazione tra diverse azioni di retrofit energetico.

### Report delle misure

Le attività di indagine e misura vengono individuate nella prima fase della diagnosi nel rispetto delle risorse disponibili. Nella seconda parte si presentano i risultati delle attività di misurazione esplicitando brevemente per ognuna: gli strumenti e le metodologie utilizzate per la misura; una sintesi dei dati grezzi recuperati con la misura; i risultati sintetici e gli input per la modellazione energetica. In linea generale le misurazioni possono riguardare:

- l'analisi del microclima interno, volto ad identificare l'andamento settimanale stagionale tipo;
- la misura dei consumi, volta a definire il profilo settimanale stagionale tipo;
- indagini sulle strutture dell'involucro e sugli impianti, volto a definire lo stato di conservazione e verificare le caratteristiche termo-fisiche del sistema.

### Modellazione energetica

Questa parte rappresenta il centro della diagnosi di secondo livello, dove si imposta un modello energetico personalizzato (*Tailored Rating*) (UNI 11300 TS: 2008, parti 1-2-3-4 e norme collegate) del sistema edificio-impianto finalizzato alla valutazione di diverse ipotesi di riqualificazione dell'immobile. Il report riporta solo i riferimenti alle normative ed ai protocolli utilizzati per la modellazione, ma si sofferma sui dati di input utilizzati ed i risultati ottenuti.

### Valutazione degli Scenari di riqualificazione

Seguendo la metodologia proposta, i possibili interventi sul sistema edificio-impianto sono valutati prima singolarmente (scenari singoli) e poi in maniera combinata (scenari multipli). I risultati ottenuti per ogni intervento saranno preceduti da una breve parte metodologica che riassume l'approccio utilizzato per la stima degli impatti sulla prestazione energetica del sistema.

## Indice

CONTENUTO E STRUTTURA DELL'ALLEGATO .....	2
1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'EDIFICIO .....	6
1.1 EDIFICIO ED INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	6
1.2 MATERIALI, TECNOLOGIE E INTERVENTI SULL'EDIFICIO.....	8
1.3 VINCOLI STORICO - PAESAGGISTICI ED INDICAZIONI PROGETTUALI .....	9
2. PROFILO DI UTILIZZO NELL'EDIFICIO.....	10
2.1 DESTINAZIONE D'USO DEGLI AMBIENTI .....	10
2.2 PROFILO D'USO DEGLI AMBIENTI .....	10
2.2.1 <i>Profilo di Presenza</i> .....	10
2.2.2 <i>Tipologia di utenti</i> .....	11
2.2.3 <i>I reperti esposti</i> .....	12
3. STATO ATTUALE .....	15
3.1 INVOLUCRO OPACO .....	15
3.1.1 <i>Chiusure verticali opache</i> .....	15
3.1.2 <i>Chiusure di copertura orizzontale</i> .....	16
3.1.3 <i>Copertura a volta</i> .....	17
3.1.4 <i>Chiusure orizzontali di base</i> .....	19
3.2 INVOLUCRO TRASPARENTE.....	20
3.2.1 <i>Infisso utilizzato nelle vetrate (fin_1)</i> .....	20
3.2.2 <i>Finestre degli uffici (fin_2)</i> .....	22
3.2.3 <i>Finestre a vasistas (fin_3)</i> .....	22
3.2.4 <i>Le coperture vetrate</i> .....	23
3.2.5 <i>Porte finestre (Pfin_1, Pfin_2, Pfin_3)</i> .....	24
3.2.6 <i>Porta finestra vetrata interna (Pfin_4, Pfin_5)</i> .....	25
3.2.7 <i>Finestre verticali (fin_4)</i> .....	25
3.3 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE .....	26
3.4 VENTILAZIONE.....	31
3.5 IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA (ACS) .....	32
3.6 QUADRI ELETTRICI, ILLUMINAZIONE ED ALTRI APPARECCHI ELETTRICI .....	33
3.7 ILLUMINAZIONE ED ALTRI APPARECCHI ELETTRICI .....	35
3.8 INDICAZIONI SULLE IMPOSTAZIONI DEL MODELLO ENERGETICO .....	42
3.9 INDICAZIONI SU INDAGINI E MISURE DI STRUTTURE ED IMPIANTI .....	42
4. STRATEGIE ED IPOTESI PRELIMINARI DI INTERVENTO.....	44
4.1 STRATEGIE PROGETTUALI NELLE ZONE TERMICHE .....	44
4.2 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: INVOLUCRO .....	45
4.3 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE/ESTIVA .....	48
4.4 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: IMPIANTI PER ACQUA CALDA SANITARIA .....	49
4.5 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: VENTILAZIONE.....	49
4.6 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: INTEGRAZIONE CON FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI (FER).....	49
4.7 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: ILLUMINAZIONE .....	50
5. REPORT DELLE ATTIVITÀ DI MISURA .....	51
5.1 MISURE DEI CONSUMI .....	51
5.1.1 <i>Strumento e metodologia di misura</i> .....	52
5.1.2 <i>Risultati delle misure monitoraggio estivo e della UTA</i> .....	52
5.1.3 <i>Risultati del monitoraggio della ventilazione della sala espositiva e degli altri carichi</i> .....	54
5.1.4 <i>Discussione dei risultati</i> .....	54
5.1.5 <i>Valutazione delle ipotesi di intervento sulla illuminazione</i> .....	55
5.2 MISURE DI COMFORT INTERNO .....	56

5.3	MISURE ED INDAGINI SU ELEMENTI EDILIZI .....	57
5.3.1	<i>Umidità di risalita</i> .....	57
5.3.2	<i>Sintesi e input per il modello</i> .....	58
6.	REPORT DELLA MODELLAZIONE ENERGETICA.....	59
6.1	DATI DI INGRESSO E PARAMETRI DEL MODELLO ENERGETICO.....	59
6.1.1	<i>Impostazione delle zone termiche</i> .....	59
6.1.2	<i>Profilo delle Temperature interne e di presenza</i> .....	60
6.1.3	<i>Settaggio della Ventilazione</i> .....	62
6.1.4	<i>Impostazione del clima di riferimento</i> .....	66
6.2	RISULTATI: INVOLUCRO .....	67
6.3	RISULTATI: FABBISOGNO DI ENERGIA UTILE (UNI EN ISO 13790 E UNI TS 11300-1) .....	71
6.3.1	<i>Calcolo standard: Energia invernale (dettaglio mensile)</i> .....	71
6.3.2	<i>Calcolo standard: Energia Estiva (dettaglio mensile)</i> .....	73
6.3.3	<i>Riassunto del fabbisogno termico di involucro</i> .....	75
6.3.4	<i>Confronto Calcolo Standard e Tailored</i> .....	78
6.4	FABBISOGNO DI POTENZA TERMICA INVERNALE (UNI EN 12831).....	79
6.5	POTENZA ESTIVA (SECONDO - CARRIER PIZZETTI) .....	80
6.6	RISULTATI: FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA .....	82
	SERVIZIO CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (UNI/TS 11300-2 E UNI/TS 11300-4).....	82
	SERVIZIO CLIMATIZZAZIONE ESTIVA (UNI/TS 11300-3) .....	82
6.6.1	<i>Dati di ingresso</i> .....	82
6.6.2	<i>Sintesi dei Risultati principali</i> .....	87
6.6.3	<i>Confronto tra calcolo con profili standard e profili personalizzati</i> .....	94
6.7	RISULTATI: FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA .....	95
6.8	RISULTATI: PRESTAZIONE ENERGETICA E VERIFICHE DEI REQUISITI MINIMI .....	95
6.9	DISCUSSIONE DEI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE.....	97
6.9.1	<i>Involucro</i> .....	97
6.9.2	<i>Fabbisogno di energia utile e potenze</i> .....	98
6.9.3	<i>Fabbisogno di energia primaria e rendimenti</i> .....	99
7.	VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI RIQUALIFICAZIONE.....	102
7.1	DEFINIZIONE DELLO SCENARIO DI NON PROGETTO.....	102
7.2	DEFINIZIONE DELLE IPOTESI DI INTERVENTO .....	103
7.3	SINTESI DELLA VALUTAZIONE DELLE IPOTESI DI INTERVENTO.....	127
7.4	SCENARI DI INTERVENTO MULTIPLI.....	130

TAVOLE:

TAVOLA 1 – INQUADRAMENTO,

TAVOLA 2 – CORPI DI FABBRICA

TAVOLA 3 – ZONE TERMICHE ED IMPIANTI

TAVOLA 4 – INVOLUCRO

TAVOLA 5 – SEZIONI E PARTICOLARI

TAVOLA 6 – SEZIONI E PARTICOLARI

TAVOLA 7 – SEZIONI E PARTICOLARI

## I PARTE: DIAGNOSI PRELIMINARE

### 1. Descrizione generale dell'edificio

#### 1.1 Edificio ed inquadramento territoriale

Il "Museo del Carbone" oggetto di questa diagnosi occupa un edificio che appartiene al complesso della "Grande Miniera di Serbariu" situata nella periferia sud occidentale dell'abitato di Carbonia (Figura 1). Carbonia è una delle maggiori città del sud ovest della Sardegna che si caratterizza per essere stato un centro collegato alle attività minerarie realizzato quasi totalmente nei primi anni trenta.

L'edificio si compone di tre corpi di fabbrica adiacenti di pianta rettangolare orientati con asse maggiore orientato NE-SO ed un elemento aggiunto a pianta circolare posto a sud-est (vedi tavole). Il corpo principale (CF\_A), posto al centro dell'edificio, è caratterizzato da una volta ad arco acuto realizzata con una imponente struttura latero – cementizia ed è utilizzato come sala espositiva. Esso è adiacente alla sala congressi (verso nord - est), ed alla Zona Libreria ed uffici (verso sud-ovest); nei lati maggiori degrada in due aree espositive di minore altezza e larghezza che si estendono longitudinalmente per tutta la lunghezza del corpo di fabbrica. Gli altri corpi di fabbrica (CF\_B, CF\_C, CF\_A1/A2) sono tutti caratterizzati da coperture piane latero – cementizie originali.

L'edificio ha tutti e quattro i lati esposti verso l'esterno (nord-ovest, nord-est e sud ovest, sud-est), i locali adibiti a BAR ed uffici hanno superfici finestrate prevalentemente esposte a Sud-Ovest, la sala conferenze si affaccia verso Nord-Est, mentre l'area museale presenta superfici finestrate su tutti i lati. Nello specifico i corpi centrali (CF\_A, CF\_A1, CF\_A2) sono caratterizzati da avere una fila longitudinale di chiusure trasparenti realizzate nella copertura, il corpo principale (CF\_A) è anche provvisto di estese chiusure vetrate verticali localizzate nei frontoni dell'edificio orientati nord-est e sud – ovest.

Le chiusure verticali opache dell'edificio sono interamente realizzate in muratura lapidea storica tipica della zona di Carbonia, ossia in una roccia effusiva altamente porosa di colore rossastro localmente denominata "trachite rossa". Le coperture sono realizzate con strutture intelaiate in Cemento armato e mantengono gli originali solai latero cementizi.



Figura 1. Edificio in oggetto e complesso della Grande miniera di Serbariu (Ortofoto 2013 RAS)



**Figura 2. Vista 1, Complesso del Museo, prospetto sud-est**



**Figura 3. Vista 2 angolo sud-est (bar, uffici)**



**Figura 4. Vista 3, angolo sud – ovest (BAR ed ingresso ai locali seminterrati )**



**Figura 5. Vista 4, prospetto nord – est (sala conferenza e frontone della Lampisteria)**



Figura 6. Vista 5, lato nord-ovest



Figura 7. Vista 6, ingresso del locale biglietteria del museo (EX : sala Caldaie)

## 1.2 Materiali, tecnologie e interventi sull'edificio

L'edificio del Museo del Carbone è realizzato in muratura portante lapidea di provenienza locale denominata "Trachite rossa" e con un imponente struttura intelaiata in CA per il sostegno delle coperture latero cementizie.

Da punto di vista mineralogico la "trachite rossa", è una roccia effusiva piroclastica proveniente da una delle cave locali utilizzate storicamente, che sfruttano alcuni affioramenti di Rioliti nella serie del monte Sirai<sup>1</sup>: Rioliti di Seruci, Rioliti di Monte Crobu, Rioliti di Nuraxi. Si tratta di materiale lapideo che è stato largamente utilizzato come elemento da costruzione nei tempi antichi ed anche in tempi relativamente recenti, in quanto presenta un buon compromesso tra caratteristiche meccanica e lavorabilità (leggerezza, accessibilità della cava, ..). In generale si configura come una roccia con un alto grado di porosità, avente una massa vetrosa fine rossastra caratterizzata dalla presenza di cristalli di piccola dimensione. Comunque il materiale può presentare una forte variabilità fisico – meccanica in funzione della cava di provenienza e del blocco da cui il materiale è stato estratto. Nel museo del carbone la roccia è utilizzata per realizzare la muratura perimetrale ed alcuni setti portanti. La muratura è sempre intonacata su entrambi i lati e presenta uno spessore di circa 35 cm. Per corpi di fabbrica più bassi (CF\_2 e CF\_3) si può considerare una muratura portante in quanto si conclude con un robusto cordolo di ripartizione in CA che costituisce il vincolo strutturale del solaio latero-cementizio. Nel CF più alto, provvisto di copertura a volta (CF\_1), la muratura collabora con i portali in CA che sostengono la Copertura.

L'edificio è stato oggetto di un restauro completo nel 2004-2006 che ne ha risanato e rinnovato l'involucro edilizio e ne ha adeguato la dotazione tecnologico impiantistica alle esigenze di un'area museale. L'intervento ha avuto un approccio conservativo, non è stato inserito isolamento termico nelle chiusure verticali mentre le coperture sono state coibentate con un sottile strato di EPS accoppiato a guaina bituminosa.

<sup>1</sup> S. Pasci, L. Carmigiani, G. Pisanu, V. Sale, e altri; *Note illustrative della Carta geologica di Italia 1:50000 - foglio 564 Carbonia*; ISPRA Servizio Geologico di Italia – Regione Autonoma Sardegna; pp 109-114; <http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/sardegna.html>

Nello specifico il restauro ha compreso le seguenti lavorazioni:

- Ripristino della muratura in elevazione e delle chiusure orizzontali esistenti;
- Restauro e parziale modifica delle chiusure finestrate;
- Realizzazione di alcune nuove coperture trasparenti in luogo di originali elementi opachi delle prese di aria;
- Installazione degli impianti di climatizzazione e produzione di ACS;
- Realizzazione dell'impianto di ventilazione della sala espositiva tramite il recupero e potenziamento di quello storico esistente;
- Realizzazione ed adeguamento di impianti tecnici (elettrico, idrico, fognario, antincendio, sorveglianza, ..);
- Adeguamento degli ambienti e delle finiture interne alla destinazione d'uso museale.

### **1.3 Vincoli storico - paesaggistici ed indicazioni progettuali**

L'edificio è uno dei più caratterizzati dal punto di vista paesaggistico del complesso della Grande Miniera di Serbariu, esso è visibile da tutto il complesso e ne rappresenta uno dei landmark più importanti. L'edificio è inoltre uno dei più significativi del contesto in quanto era adibito a *lampisteria*, ossia era il luogo da dove gli operai scendevano in miniera: qui registravano la presenza e prendevano in consegna la propria attrezzatura (la lampada appunto) per poi recarsi al sottosuolo, finito il turno la riconsegnavano. Si configura perciò come l'edificio ideale per ospitare una mostra sull'attività mineraria e per essere l'ingresso delle visite in sotterraneo della miniera.

L'edificio, come tutti quelli del complesso della miniera, è sottoposto a tutela dei beni culturali (bene Architettonico) e si inserisce in un ambito di tutela paesaggistica (Piano Paesaggistico Regione Sardegna).

L'edificio è stato recentemente restaurato per ospitare il Museo del Carbone, l'intervento è stato fortemente rispettoso delle tecnologie costruttive originarie, perciò si ritiene opportuno prevedere uno scenario di intervento fortemente conservativo.

L'edificio si inserisce in un paesaggio di archeologia industriale caratterizzato da forte presenza di elementi tecnologici, perciò si può anche ipotizzare l'inserimento di elementi tecnologici importanti che però rispettino le caratteristiche di reversibilità e riconoscibilità dell'intervento. Nel caso specifico tutti i prospetti sono visibili dal contesto della Grande Miniera perciò l'intervento necessita di un progetto architettonico di integrazione della nuova tecnologia nell'involucro esistente. In ogni caso il progetto dovrà essere concertato con la Sovrintendenza dei BC che potrebbe richiedere forti modifiche o porre vincoli non superabili.

## 2. Profilo di utilizzo nell'edificio

### 2.1 Destinazione d'uso degli ambienti

La maggior parte dell'edificio è destinato a spazio espositivo articolato in diversi ambienti comunicanti tra loro (Museo 1-EX lampisteria, sala espositiva principale; Museo 2, sala esposizioni temporanea; Museo 3, Sala Esposizione permanente); vi sono due ampi locali destinati ad attività commerciale (libreria e BAR) ed alcuni ambienti di minore dimensione con destinazione d'uso a supporto alle attività museali (ufficio e deposito). A questi si aggiunge la sala conferenze con una capienza di progetto di circa 140 posti a sedere che viene aperta al pubblico solo per occasioni specifiche (vedi le tavole).

### 2.2 Profilo d'uso degli ambienti

Nel complesso sono presenti i servizi di climatizzazione, ventilazione e produzione di ACS articolati maniera specifica per ogni ambiente.

L'area espositiva non è provvista di sistemi di climatizzazione, ma è presente un sistema di ventilazione per il ricambio dell'aria interna pensato per un utilizzo estivo per favorire lo smaltimento del calore in eccesso, ma attualmente poco utilizzato. Il sistema presenta diversi aspiratori per il movimento dell'aria, nello specifico: l'ambiente espositivo principale (Museo\_1) è servito da alcune grandi ventole aspiratrici poste nella sommità della volta (vent\_1), gli spazi espositivi laterali (Museo 1, Museo\_2, video, caschi, docce) sono provviste di due serie di aspiratori realizzati in sostituzione di quelli storici (vent\_2) che possono essere gestiti in maniera indipendente in quanto provvisti di quadri elettrici autonomi.

La biglietteria svolge il ruolo di accesso al museo è realizzato in un corpo di fabbrica separato, collegato all'area espositiva principale da un passaggio coperto di nuova realizzazione che è completamente sprovvisto di impianti per la climatizzazione e la ventilazione. Tale locale è per la maggior parte del tempo tenuto in diretto contatto con l'ambiente esterno perché la grande porta di ingresso viene tenuta sempre aperta.

Gli Spazi destinati ad attività commerciali (BAR, Libreria) sono serviti da un impianto di climatizzazione (estiva ed invernale) costituito da un sistema a tutt'aria alimentato da una pompa di calore Aria -Acqua (HP\_1) integrata con una Unità Trattamento Aria (UTA) con ripresa di aria canalizzata, mantenuto sempre acceso durante le ore di apertura del museo.

Gli ambienti dedicati ad ufficio e quello attualmente utilizzato come deposito sono serviti dalla stessa pompa di calore della zona commerciale ma utilizzano terminali idronici (ventilconvettore). Durante il periodo che ha riguardato l'attività di diagnosi, il terminale idronico non era funzionante, la climatizzazione invernale dell'ambiente ufficio è stata effettuata tramite l'utilizzo di stufette elettriche. A fine settembre 2018, il terminale degli uffici è stato riparato e reso operativo, mentre il terminale del deposito è stato inibito perché il locale è utilizzato di rado.

La sala conferenza è servita da un impianto di climatizzazione (estiva ed invernale) costituito da un sistema tutt'aria alimentato da pompa di calore Aria -Acqua indipendente integrata con un circuito aerulico (UTA). Il sistema è utilizzato di rado solo in concomitanza degli eventi, ma allo stato attuale non è operativo per problemi tecnici.

#### 2.2.1 Profilo di Presenza

Il profilo di presenza negli ambienti (Tabella 2.) è molto variabile in funzione del flusso di visitatori e degli eventi, nella zona espositiva essa può essere considerata saltuaria soprattutto nel periodo invernale quando il numero di visitatori è molto limitato e discontinuo. Il flusso turistico cresce gradualmente durante la stagione primaverile per avere il culmine in quella estiva, rimanendo comunque prevalentemente localizzato durante i fine settimana e nei giorni di festa. Il museo registra circa 20.000 presenze annue con punte di 300-400 persone giornaliere prevalentemente localizzate in periodo estivo o durante i giorni di festa primaverili; in inverno la presenza dei visitatori è quasi nulla. La grande dimensione degli spazi espositivi (soprattutto quello principale) rende poco influente la presenza dei visitatori rispetto al carico termico generato dalle condizioni ambientali esterne.

La zona commerciale (Bar, libreria), pur essendo sempre climatizzata durante le ore di apertura del museo, ha un profilo di presenza saltuario legato alla presenza di visitatori. Anche i lavoratori si recano negli ambienti

solo quando sono presenti visitatori, perciò normalmente durante la stagione invernale tali ambienti non sono occupati ed anche durante la stagione estiva la presenza può essere considerata saltuaria o periodicamente (nei fine settimana) concentrata. La sala conferenza è caratterizzata da una presenza discontinua durante tutto l'anno, ma abitualmente non è utilizzata.

L'unico ambiente caratterizzato da un profilo di utilizzo continuo durante le ore di apertura del museo per tutta la durata dell'anno è l'ufficio, dove abitualmente sono presenti 2-4 persone occupate in lavoro sedentario.

**Tabella 1. Profilo d'uso attuale degli ambienti**

Destinazione D'uso delle zone termiche		
Commerciale	Esposizione Museale	Area Conferenze
Uffici	Deposito	Ingresso

n°	Destinazione D'Uso Ambiente	Presenza		Zone termiche		
		Durata	N° presenze	Clima inv	Clima inv	Ventilazione
1	BAR	Saltuaria	variabile	Zona_1	Zona_1	UTA_1
2	Libreria	Saltuaria	variabile	Zona_1	Zona_1	UTA_1
3	Ufficio	Continua	2-4 persone	Zona_3	Zona_3	
4	Bagni_uff	Saltuaria	1 persona	non climatizz.	non climatizz.	
5	Biglietteria (ex Caldaie)	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	
6	Museo_1 (ex Lampisteria)	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	Vent_01
7	Museo_2	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	Vent_02
8	Museo_3	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	Vent_02
9	Video	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	Vent_02
10	Caschi	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	Vent_02
11	Docce	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	Vent_02
12	Dis_1	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	
13	Dis_2	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	
14	Bagni_1	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	
15	Bagni_2	Saltuaria	variabile	non climatizz.	non climatizz.	
16	Deposito	Saltuaria	1 persona	zona_4	zona_4	
17	Bagni_dep	Saltuaria	1 persona	non climatizz.	non climatizz.	
18	Sala_conf	eventi specifici	variabile	Zona_2	Zona_2	UTA_2
19	Sala_controllo	eventi specifici	variabile	Zona_2	Zona_2	UTA_2
20	Sala_conf_ingres	eventi specifici	variabile	Zona_2	Zona_2	UTA_2

**Tabella 2. Orari di apertura**

Periodo	orario	N° gg settimana	N° ore settimana	N° gg periodo	N° ore periodo
21 giugno – 30 settembre	aperto tutti i giorni orario: 10.00-19.00	7	63	101	909
1 ottobre – 20 giugno	aperto dal martedì alla domenica orario: 10.00-18.00 chiuso il lunedì (se non festivo)	6	48	227	1816

### 2.2.2 Tipologia di utenti

In funzione delle destinazioni d'uso individuate negli ambienti del museo si possono riconoscere diverse tipologie di utenti (tabella 3.). L'unica categoria di utenti caratterizzata da una presenza continua che può essere considerata coincidente con gli orari di apertura della struttura (tabella 2) sono i lavoratori del Museo del Carbone che utilizzano quasi esclusivamente gli ambienti degli uffici. Si tratta di 2-4 dipendenti addetti ad attività di ufficio, manutenzione della zona espositiva e di servizio alle zone commerciali (qualora necessario). Vista l'attività sedentaria di ufficio ed i requisiti dei locali di lavoro (d.lgs 81/2008 all. IV)

deve essere garantito un buon livello di comfort interno negli ambienti e in quelli direttamente connessi (servizi igienici).

L'addetto alla manutenzione visita periodicamente tutti gli ambienti dall'edificio, ma vista la natura della sua attività e la temporaneità della stessa sono accettabili livelli di comfort interno inferiori.

**Tabella 3. Tipologia di utenti e profilo di uso**

Utente	Ambienti utilizzati	Tipo attività	Presenza	Fonte dei dati
Lavoratori Museo	biglietteria, zona uffici, zona commerciale	Attività sedentaria	Continua	Orario ufficiale di apertura
Addetto manutenzione	Tutto l'edificio	Attività fisica lieve	Periodica	Giornaliera
Visitatori del Museo	Zona espositiva, zona commerciale	Cammino	Saltuaria	Registro delle presenze
Partecipanti a conferenze	Sala conferenza, zona espositiva, zona commerciale	Attività sedentaria	Saltuaria	Registro delle conferenze

### 2.2.3 I reperti esposti

I reperti esposti nelle sale museali consistono in documenti cartacei (originali e riproduzioni), reperti originali delle attrezzature dei minatori (lampade, scarpe, elmetti, ..) e diversi pannelli espositivi stampati. Alcuni di questi sono all'interno di teche in plexiglas di grandi dimensioni provviste di fori per l'aerazione altri sono direttamente esposti nell'area espositiva. Gli unici materiali vulnerabili al degrado causato dalle caratteristiche termo-igrometriche dell'ambiente e dall'illuminazione sono i reperti cartacei (UNI – 10829: 1999, *Condizioni ambientali di conservazione– misurazione ed analisi*).

## 2.3 Profilo dei Consumi

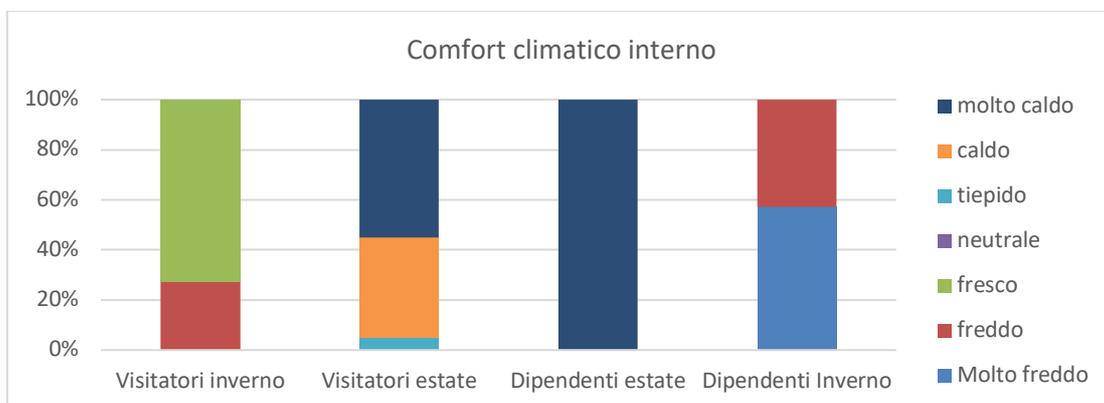
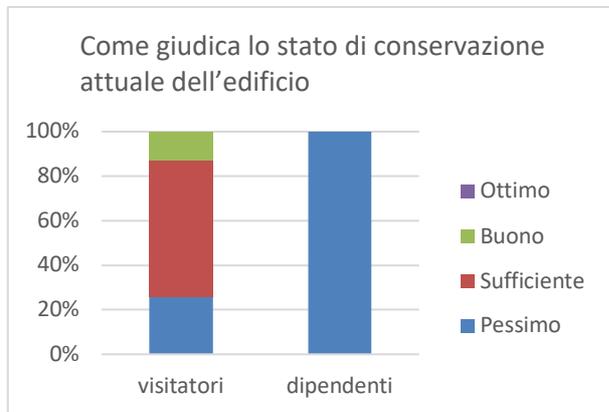
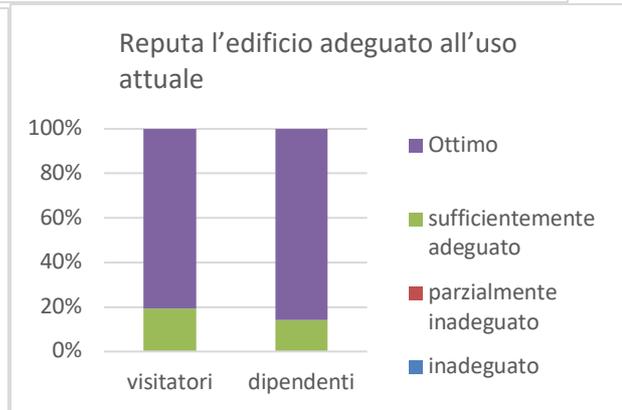
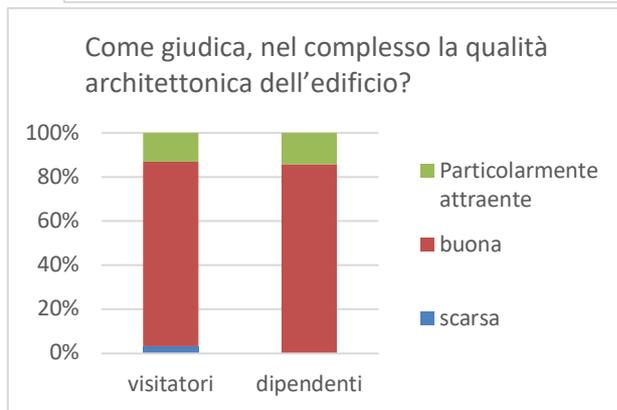
L'edificio consuma solo energia elettrica, che alimenta i sistemi di climatizzazione e ventilazione e tutti gli altri apparecchi elettrici presenti. A momento sono disponibili solo i dati di fatturazione della fornitura elettrica di un gruppo di edifici del complesso delle Miniere di Serbariu al quale il Museo Appartiene. Perciò i dati di base disponibili non permettono di separare i consumi dell'edificio da quello di altri corpi di fabbrica, né tanto meno di separarli nei diversi servizi energetici. Saranno perciò necessarie delle misure sui consumi al fine di individuare quelli dell'edificio e separare le quote relative ai diversi servizi: illuminazione, climatizzazione, ACS e ventilazione. Il sopralluogo nell'edificio ha evidenziato la presenza di diversi quadri elettrici che potrebbero essere utilizzati per effettuare le misure di consumo elettrico partizionando opportunamente gli ambienti.

## 2.4 Qualità percepita degli ambienti interni

Al fine di definire la qualità percepita degli ambienti interni si è proceduto come illustrato nella metodologia realizzando un questionario per lavoratori e visitatori. Il primo è costituito da 20 semplici domande è divise in tre parti: la qualità generale percepita dell'edificio, la qualità percepita dell'ambiente interno, dati di profilo dell'intervistato.

Abbiamo sottoposto n°7 questionari ai lavoratori e n°31 ai visitatori (20 estate, 11 inverno) riguardanti la percezione della qualità architettonica ed ambientale dell'edificio, il comfort interno e le loro aspettative rispetto a delle opere di recupero ed efficientamento. Maggiore dettaglio riguardo alle condizioni microclimatiche (monitoraggio, percezione dei dipendenti) si trovano nel report *"Analisi del comfort microclimatico degli edifici pubblici storici costituenti l'area Grande Miniera di Serbariu. (PAR-2017)"*

In sintesi si può affermare che i lavoratori del museo dichiarano un diffuso apprezzamento della qualità architettonica dell'edificio, ma sottolineano le precarie condizioni di comfort invernali ed estive del complesso edilizio. I visitatori invece sono meno sensibili alle basse condizioni di comfort ambientale probabilmente perché fanno un utilizzo temporaneo dei locali e sono generalmente in movimento.



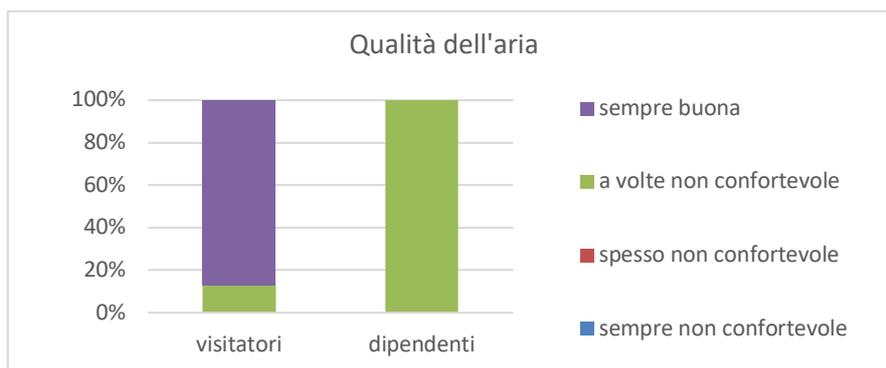


Figura 8. Grafici riassuntivi dei questionari

## 2.5 Indicazioni sulla misurazione del comfort interno

Sulla base dei dati raccolti (uso dei locali, categorie di utenti) sembra essere necessario valutare la severità delle condizioni di qualità dell'ambiente interno nello stato attuale in estate e inverno. Potrebbe essere di interesse monitorare le condizioni di comfort interne di alcuni ambienti in modo da definire per quanto tempo si presentano le condizioni di comfort durante l'utilizzo ordinario degli ambienti.

Al fine di valutare l'efficacia del sistema di climatizzazione attualmente funzionante, in seconda battuta quando l'impianto sarà riparato, può essere di interesse misurare il comfort durante un evento nella sala conferenza.

Si suggerisce di procedere con la misurazione del comfort tramite stazione microclimatica e/o data logger negli ambienti attualmente riscaldati e degli spazi espositivi principali al fine misurare le condizioni durante l'utilizzo ordinario dell'ambiente. Al fine di definire il comfort si prevede anche la misura dell'illuminamento nei locali di lavoro tramite Luxometro (zona uffici).

Riepilogando si suggeriscono le seguenti misurazioni:

- i. Misure microclimatiche negli ambienti attualmente riscaldati (Ufficio, libreria, Bar);
- ii. Misure microclimatiche nelle zone espositive non riscaldate (Museo\_1);
- iii. Misure semplici di temperatura in altri ambienti utilizzati (Bagni, altre sale espositive,..)
- iv. Analisi di comfort durante gli eventi;
- v. Misure di illuminazione nei locali utilizzati per attività di ufficio (Ufficio)

## 2.6 Indicazioni sulla misurazione dei consumi

L'edificio utilizza esclusivamente il vettore elettrico del quale però non abbiamo nessuna quantificazione. Considerando la tipologia di uso, si prevede di effettuare alcune misure con l'obiettivo di determinare il consumo elettrico durante i giorni di apertura ordinari del museo largamente preponderanti rispetto a quelli in cui sono presenti eventi o attività particolari. Tale misura, da effettuarsi sfruttando la configurazione dei quadri elettrici, permetterà di isolare i consumi della zona espositiva da quelli delle aree uffici per i diversi servizi energetici (illuminazione, riscaldamento, ...). Se fosse possibile, potrebbe essere di interesse determinare il consumo dell'edificio durante gli eventi come le mostre temporanee ed i convegni. Nello specifico si potrebbero effettuare le seguenti misure di potenza accedendo alla sala quadri:

- misura del consumo dell'impianto di climatizzazione (risc/raffr) HP\_1 durante l'esercizio;
- misura del consumo della ventilazione della zona espositiva durante esercizio;
- Misura del consumo generale durante l'esercizio (con le luci abitualmente accese).

### 3. Stato attuale

In questa parte si riportano le informazioni riguardo le strutture edilizie e gli impianti utili per la modellazione energetica e allo studio di possibili interventi di efficientamento energetico e recupero dell'edificio. Le informazioni di base ricavate dalla documentazione progettuale depositata presso gli uffici competenti della Amministrazione Locale (comune di Carbonia) sono state verificate ed integrate tramite sopralluoghi e misurazioni speditive.

La documentazione di base resa disponibile dall'amministrazione è abbastanza frammentaria: planimetrie, prospetti e sezioni dell'edificio relativi ai progetti di allestimento interno delle zone espositive; documentazione progettuale abbastanza dettagliata sui lavori recupero per la realizzazione della sala conferenza; breve documentazione fotografica relativa ai lavori di ristrutturazione generale dell'edificio del 2006 (tabella 4).

La definizione della tipologia degli elementi fabbrica è perciò basata sulle informazioni dirette ed indirette desumibili dalla documentazione in possesso, dal confronto con gli altri edifici del complesso della Grande Miniera di Serbariu e tramite osservazione diretta ed analisi strumentali svolte sul posto.

**Tabella 4. Elaborati documentali di base**

Documento	Contenuto	Fonte
Progetto Esecutivo degli allestimenti interni dell'area espositiva	Planimetria ante e post opera Sezioni e particolari architettonici di progetto	Ufficio tecnico comunale
Progetto esecutivo della zona espositiva	Planimetria ante e post opera Sezioni e particolari architettonici di progetto	Ufficio tecnico comunale
Ristrutturazione dei lavori	Documentazione fotografica lavori	Ufficio tecnico comunale/ Gestore del Museo
Monitoraggio delle teche	Misure microclimatiche delle teche (temperatura, umidità, ..)	Gestore del Museo
Elenco dei reperti esposti	Elenco dei reperti esposti, con tipologia di materiale e requisiti di conservazione	Gestore del Museo
Registro delle presenze	Presenze giornaliere de alcuni anni passati, elenco delle attività della sala conferenze e delle mostre svolte temporanee	Gestore del Museo

#### 3.1 Involucro opaco

L'edificio ha subito una recente ristrutturazione che ha recuperato la maggior parte delle strutture esistenti. L'intervento di recupero nel suo complesso è stato particolarmente attento al rispetto delle strutture originarie, inserendo pochi elementi di innovazione principalmente relativi agli impianti di climatizzazione ed alle finiture interne ed alla realizzazione dei servizi necessari a rendere l'edificio fruibile come Museo.

##### 3.1.1 Chiusure verticali opache

La chiusura verticale originaria è costituita da una muratura portante in pietra vulcanica effusiva denominata "trachite rossa" di origine locale ampiamente utilizzata come materiale da costruzione negli edifici storici in questa zona della Sardegna. La muratura è stata recuperata tramite la ripresa degli intonaci (Ch\_vert\_01) e l'eventuale inserimento di pannelli di finitura (Ch\_vert\_02) utili all'allestimento interno degli spazi.

La zona conferenze è stata rifinita internamente con pannelli di cartongesso fono assorbente (ERACLIT - PV) nelle pareti e per la realizzazione di controsoffitti, funzionali anche alla installazione integrata dei sistemi impiantistici (illuminazione, bocchette per la climatizzazione,..). Nella intercapedine così realizzata si è inserito anche uno strato di lana di roccia (5 cm).

Il telaio in CA che sostiene la copertura è costituito da cinque portali e da un robusto cordolo di collegamento posto sopra la muratura perimetrale. I pilastri passanti attraverso la muratura conferiscono il caratteristico aspetto strutturale a vista dell'edificio. Le altre partizioni interne non portanti sono prevalentemente state realizzate con laterizio forato da 10cm spessore intonacato su due lati.

**Tabella 5. Giudizi chiusure verticali opache**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Ch_vert_01, 02,</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale opaca	
<b>Descrizione</b>	Muratura portante originale restaurata realizzata in trachite rossa (spessore 35cm) con o senza pannelli fonoassorbenti (eraclit)	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	Buono	Sufficiente (Ch Vert 01) Buona (Ch_vert_02)
<b>Vantaggi</b>	Buona inerzia termica Capacità fono assorbenti ed isolanti (Ch_vert_02) Mantiene visibili le nervature strutturali originali dell'edificio	
<b>Svantaggi</b>	Muratura vulnerabile all'umidità di risalita Chiusura verticale distante dagli standard prestazionali attuali	

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Ch_vert_03</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale opaca	
<b>Descrizione</b>	Muratura per partizioni intere realizzata con laterizio forato da 10cm	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Buona inerzia termica	
<b>Svantaggi</b>		



**Figura 9. - Nodo pilastro/cordolo/muratura e esempi di fenomeni di risalita capillare**

### 3.1.2 Chiusure di copertura orizzontale

I corpi di fabbrica più bassi (CF\_2, CF\_3) hanno mantenuto la copertura originaria costituita da un solaio latero cementizio realizzato in opera (Cop\_01). La ristrutturazione del 2004-6 ha provveduto a posizionare uno stato termo isolante da 2cm di polistirene espanso (EPS) accoppiato con l'impermeabilizzazione realizzata con guaina bitumata per il CF\_2 e in guaina ardesiata per il CF\_3 che ospita la sala conferenza.

Lo strato di coibentazione in EPS è un elemento di forte criticità per la copertura, esso non è sufficiente a raggiungere standard attuali di prestazioni termiche e per contro crea diversi problemi di natura tecnico costruttiva. Esso non è realizzato con una pannellatura continua, ma con listarelle di circa 5cm larghezza incollate direttamente alla guaina per file parallele alternate con uno spazio vuoto. Tale soluzione rende la copertura particolarmente vulnerabile al calpestio ed agli agenti atmosferici che possono facilmente infiltrarsi e scorrere all'interno del pacchetto anche da piccole discontinuità. La guaina di colore scuro irraggiata dal sole può facilmente raggiungere temperature di 70-80c° che provocano deformazioni e distacchi del materiale plastico sottostante e rendono più fragile lo strato impermeabile.

Lo strato di impermeabilizzazione presenta di diversi punti di discontinuità per il degrado causato dagli agenti meteorici. Le strutture di copertura presentano, perciò, fenomeni di infiltrazione di acqua meteorica diffusi e localmente severi, soprattutto per quanto riguarda il CF\_2 in concomitanza degli uffici. Nella zona ufficio le infiltrazioni hanno danneggiato il terminale idronico della pompa di calore e stanno dando luogo a severi

fenomeni di muffe e ossidazione del metallo dei solai. In particolare i bagni adiacenti all'ufficio sono attualmente inservibili a causa del pericolo di caduta di calcinacci e cocci di laterizio per lo sfondellamento delle pignatte e per una precaria condizione di salubrità causata dalla massiccia presenza di muffe nelle murature.

**Tabella 6. Giudizi Copertura orizzontale**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Cop_01</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura orizzontale di copertura	
<b>Descrizione</b>	Solaio latero cementizio con stato impermeabilizzazione accoppiata a strato coibente in EPS (2cm).	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	Mediocre	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Copertura dotata di una buona massa superficiale	
<b>Svantaggi</b>	Isolamento termico insufficiente Isolamento termico di materiale non adatto Impermeabilizzazione danneggiata in più punti Impermeabilizzazione di colore scuro	



**Figura 10. Copertura piane del CF\_3 in guaina ardesiata, e del CF\_2 in guaina bitumata**



**Figura 11. Degrado associato alle infiltrazioni di acqua meteorica nelle coperture piane**

### 3.1.3 Copertura a volta

La copertura a volta originale (Cop\_02) è stata restaurata e protetta con uno strato impermeabilizzante di guaina ardesiata grigia accoppiata con listelli di Polistirene Espanso (EPS 2cm). Sono state anche realizzate coperture in vetro in sostituzione degli originali pannelli opachi di chiusura dei lucernai per l'aerazione presenti nel colmo della volta del CF\_A e nelle coperture orizzontali dei corpi di fabbrica laterali (CF\_A1, CF\_A2). Lo strato isolante di EPS è il punto critico della copertura in quanto gli agenti atmosferici ne hanno minato la stabilità generando vistosi distacchi del pacchetto.

Lo stato attuale delle coperture presenta la diffusa presenza infiltrazioni meteoriche localmente severe, che stanno generando alcuni punti di distacco del coprifermo degli elementi strutturali, e l'abbondante caduta di

acqua nello spazio espositivo durante l'evento meteorico. Tale degrado è legato al pessimo stato di conservazione dello strato impermeabile.

**Tabella 7. Giudizi Copertura a volta**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Cop_02</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura di copertura a volta	
<b>Descrizione</b>	Solaio latero cementizio con stato impermeabilizzazione accoppiata a strato coibente in EPS (2cm).	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	Mediocre	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Copertura dotata di una buona massa superficiale Elemento architettonico di pregio	
<b>Svantaggi</b>	Isolamento termico insufficiente Isolamento termico di materiale non adatto Impermeabilizzazione danneggiata in più punti Impermeabilizzazione di colore scuro	



**Figura 12. Copertura a volta, e particolari del degrado della impermeabilizzazione e dello stato isolante.**

### 3.1.4 Chiusure orizzontali di base

Le chiusure orizzontali di base dell'edificio hanno per lo più mantenuto la loro configurazione originale, salvo che per la zona conferenza dove sono state completamente rinnovate e modificate.

Il CF\_A, utilizzato come sala espositiva principale (Lampisteria), conserva prevalentemente il pavimento originale contro terra con pavimentazione in marmettoni (Base\_01).

Le sale espositive laterali (CF\_A1, CF\_A2) sono realizzate al di sopra di un vano tecnico che ospita i canali per lo smaltimento delle acque meteoriche che originariamente smaltivano anche le acque delle docce e dei bagni. La chiusura di base (base\_02) è perciò realizzata con un solaio latero cementizio con la pavimentazione originale in mattonelle 10x10.

Il CF\_B che ospita la zona commerciale e gli uffici è realizzato al di sopra di un vano interrato che aveva la funzione di deposito delle biciclette. La chiusura di base (Base\_03) è perciò costituita da un solaio latero cementizio che conserva per lo più la pavimentazione originale in marmettoni.

Il CF\_C, quello adibito a sala conferenza, è stato fortemente modificato durante i lavori di ristrutturazione del 2005-6, originariamente era costituito da un corpo di fabbrica con due livelli adibito a deposito delle lampade, attualmente si articola su un solo livello. La nuova chiusura di base (base\_04) è perciò stata realizzata modificando profondamente l'originale pavimento contro terra e presenta una pavimentazione rifinita in parquet.



Figure 13. Ingressi del locale seminterrato al di sotto della zona commerciale del CF\_B



Figura 14. Pavimentazioni originali: a) pavimentazione del BAR con punti luce del locale seminterrati; b) pavimento delle zone espositive laterali (Museo 2, Museo 3) utilizzate originariamente come docce; c) sala Caschi; d) marmettoni della ex lampisteria



Figura 15. Pavimentazione della zona conferenza

Tabella 8. Giudizi chiusure di base

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Base_01, 02, 03</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura orizzontale di base	
<b>Descrizione</b>	Pavimentazioni storiche originali in marmettoni	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Si tratta della struttura originale Buona inerzia termica Presenta un generale buono stato di conservazione	
<b>Svantaggi</b>	La struttura è piuttosto distante dagli standard prestazionali attuali	

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Base_04</b>	
Funzione	Chiusura orizzontale di base	
Descrizione	Nuova chiusura di base della sala conferenza con pavimentazione in parquet	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Nuovo compatibile	Buono	Buono
<b>Vantaggi</b>	Buona inerzia termica Presenta un generale buono stato di conservazione Struttura dotata anche di buone prestazioni termiche	
<b>Svantaggi</b>		

### 3.2 Involucro trasparente

In generale gli infissi originari sono stati restaurati e parzialmente modificati o sostituiti con elementi di simile fattura che ne preservano l'aspetto originario.

#### 3.2.1 Infisso utilizzato nelle vetrate (fin\_1)

L'elemento vetrato quadrato (fin\_1) è un infisso che costituisce la base modulare adottata nelle vetrate a nastro (locale Bar e della zona conferenze) e nelle vetrate dei frontoni della lampisteria. Si tratta di elementi quadrati (70x70cm) a telaio fisso metallico. Il vetro è di spessore maggiorato (4-6 mm) ed è assicurato con una guarnizione plastica al telaio, non sono presenti schermature o oscuranti.

Tabella 9. Giudizi infisso per vetrate

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Fin_1</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale trasparente	
<b>Descrizione</b>	Finestra a doppia anta, in telaio ligneo e vetro singolo di (65x45cm) utilizzata prevalentemente nei locali dei servizi igienici	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>

Storico parzialmente modificato	sufficiente	sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Infisso adatto ai locali nei quali è utilizzato	
<b>Svantaggi</b>	Vetro e telaio lontani dagli standard di isolamento termico attuali L'infisso non garantisce una buona tenuta all'aria perché il telaio ligneo presenta segni di vetustà.	

Le vetrate sono state modificate rispetto alle originali, diminuendone l'estensione e sostituendone gli infissi. La vetrata che chiude i fronti della sala espositiva principale è costituita da una griglia portante in conglomerato cementizio su cui sono stati apposti infissi quadrati) a telaio fisso (fin\_1). Alcuni elementi finestrati sono apribili perciò i loro telai sono realizzati in alluminio ed hanno uno spessore maggiore.



**Figura 16. Le vetrate dei frontoni della sala lampisteria (museo\_1)**



**Figura 17. Telaio apribile a vasistas della vetrata della lampisteria**

L'elemento vetrato quadrato (fin\_1) è utilizzato anche nella vetrata a nastro del locale Bar e della zona conferenze, gli infissi non sono apribili e solo quelli dell'auditorium sono provvisti di schermature interne costituite da tende in tessuto plastico.



Figura 18. Tipologia di infisso presente nel bar, della zona conferenza(fin\_1) e finestra a nastro del Bar



Figura 19. Finestre dell’auditorium (fin\_1) con schermatura interna e nell’ingresso della sala conferenza

### 3.2.2 Finestre degli uffici (fin\_2)

I locali dedicati ad ufficio sono provvisti di finestre quadrate (120x120cm) a doppia anta costituite da un telaio ligneo con vetro singolo e veneziane interne. Il telaio mostra evidenti segni di vetust , con degrado del legno e limitata tenuta all’aria.

Tabella 10. Giudizi infisso degli uffici

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Fin_2</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale trasparente	
<b>Descrizione</b>	Finestra a doppia anta, in telaio ligneo e vetro singolo di (65x45cm) utilizzata prevalentemente nei locali dei servizi igienici	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	sufficiente	sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Infisso adatto ai locali nei quali � utilizzato	
<b>Svantaggi</b>	Vetro e telaio lontani dagli standard di isolamento termico attuali L’infisso non garantisce una buona tenuta all’aria perch� il telaio ligneo presenta segni di vetust�.	



Figura 20. Infisso presente negli uffici e nel deposito

### 3.2.3 Finestre a vasistas (fin\_3)

Finestre a vasistas di piccola dimensione (65Lx45H cm) presente nei bagni ed in alcune sale espositive realizzate con telaio ligneo e vetro singolo, generalmente in buono stato di conservazione.

**Tabella 11. Giudizi infisso dei bagni**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Fin_3</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale trasparente	
<b>Descrizione</b>	Finestra con apertura a vasistas, in telaio ligneo e vetro singolo di (65x45cm) utilizzata prevalentemente nei locali dei servizi igienici	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	buono	sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Infisso adatto ai locali nei quali è utilizzato Buono stato di conservazione	
<b>Svantaggi</b>	Vetro e telaio lontani dagli standard di isolamento termico attuali	



**Figura 21. Finestre a vasistas**

### 3.2.4 Le coperture vetrate

I lavori di recupero del 2004-6 hanno sostituito le coperture opache del lucernaio della lampisteria e delle sale espositive laterali con delle vetrate realizzata tramite infissi a telaio metallico e vetro singolo (fin\_4), sostenute dalla griglia di conglomerato cementizio. Le vetrate presentano segni di degrado del telaio metallico per la corrosione causata dal ristagno dell'umidità, e sono causa di infiltrazioni di acqua meteorica.

**Tabella 12. Giudizi coperture vetrate**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Fin_4</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura orizzontale trasparente	
<b>Descrizione</b>	Copertura trasparente realizzata su telaio metallico a vetro singolo	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico parzialmente modificato	Mediocre	mediocre
<b>Vantaggi</b>	Garantisce una buona illuminazione naturale delle aree espositive Crea pregevoli gli effetti scenici nelle aree espositive	
<b>Svantaggi</b>	Nessuna superficie apribile Presenza di infiltrazioni di acqua meteorica Mancanza di schermature esterne o interne, surriscaldamento estivo Vetro e telaio lontani dagli standard di isolamento termico attuali	



Figura 22. Copertura vetrata della lampisteria vista interna



Figura 23. Le coperture vetrate delle altre sale espositive vista interna ed esterna

### 3.2.5 Porte finestre (Pfin\_1, Pfin\_2, Pfin\_3)

Le uscite di emergenza delle diverse zone dell’edificio sono realizzate con robuste porte finestre metalliche verniciate a vetro singolo, provviste di ampia superficie finestrata.

Tabella 13. Giudizi porte finestre moderne

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Pfin_1, Pfin_2, Pfin_3</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale trasparente	
<b>Descrizione</b>	Porte finestre vetrate	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Garantisce una buona illuminazione naturale delle aree espositive	
<b>Svantaggi</b>	Mancanza di schermature esterne o interne che può generare fenomeni di surriscaldamento estivo degli ambienti Vetro e telaio lontani dagli standard di isolamento termico attuali	



Figura 24. Pfin\_1 (lati del bar), Pfin\_2 ( sala conferenza, sala caschetti ..), Pfin\_3 (sala espositiva)

### 3.2.6 Porta finestra vetrata interna (Pfin\_4, Pfin\_5)

Porta finestra interamente realizzata in vetro strutturale, ad una o due ante, utilizzata per partizionare alcuni ambienti (Pfin\_4). Porta finestra a doppia anta motorizzata in vetro strutturale, utilizzata nell'accesso alla biglietteria dall'esterno e per l'accesso alla sala espositiva (Pfin\_5).

**Tabella 14. Giudizi porte interne di vetro**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Pfin_4, Pfin_5</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale trasparente	
<b>Descrizione</b>	Porte finestre vetrate	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Garantisce una buona illuminazione naturale delle aree espositive Adatta alla destinazione d'uso degli ambienti	
<b>Svantaggi</b>	Vetro e telaio lontani dagli standard di isolamento termico attuali	



**Figura 25. Pfin\_4 (Libreria, Ufficio)**



**Figura 26. Pfin\_5 (Biglietteria)**

### 3.2.7 Finestre verticali (fin\_4)

Finestra storica presente nella sala biglietteria del museo, costituita da telaio metallico e vetro singolo e strutturata in tre moduli quadrati di cui solo l'ultimo in alto apribile a vasistas.

**Tabella 15. Giudizi finestre verticali**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Pfin_4, Pfin_5</b>	
<b>Funzione</b>	Chiusura verticale trasparente	
<b>Descrizione</b>	Porte finestre vetrate	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Storico	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Garantisce una buona scenica naturale dell'ingresso al museo Adatta alla destinazione d'uso degli ambienti	
<b>Svantaggi</b>	Vetro e telaio lontani dagli standard di isolamento termico attuali	

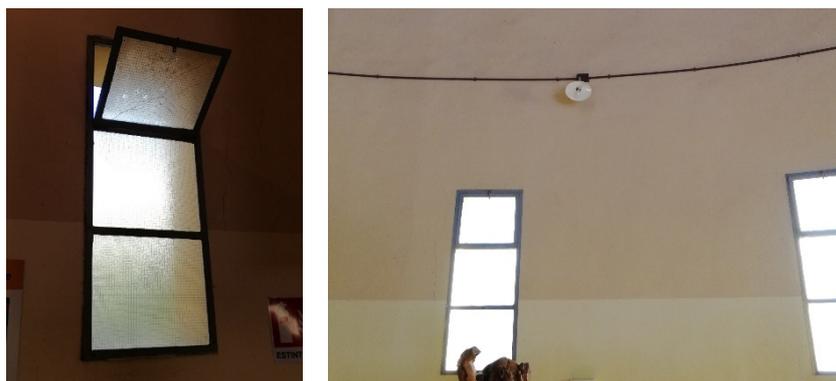


Figura 27. Finestra verticale della locale biglietteria

### 3.3 Impianto di climatizzazione

Il museo è dotato di un impianto di climatizzazione misto (tutt'aria e idronico) per il riscaldamento ed il raffrescamento suddivisibile in due sistemi indipendenti:

- HP\_1 – Sistema a Pompa di Calore aria – acqua, Systemair CLH202-LN accoppiato ad una UTA per servire la zona commerciale (UTA\_1) ed a terminali idronici (fancoil) per l'ufficio ed il deposito.
- HP\_2 - Sistema a Pompa di Calore aria – acqua, Systemair VLH604-LN, accoppiata ad una UTA per la zona conferenza (UTA\_2);

I generatori delle pompe di calore sono localizzati all'esterno dell'edificio in uno spazio apposito, la distribuzione primaria del fluido termovettore avviene tramite una rete di tubazioni di diversa sezione, in parte realizzata sotto traccia generalmente provvista di spessori di isolamento coerenti con la normativa. I generatori sono provvisti di gruppo idronico che scambia calore con acqua, il fluido così termo condizionato (refrigerato o riscaldato) viene poi pompato verso le due Unità di Trattamento d'Aria (UTA) con ricircolo parziale d'aria interna e verso due ventilconvettori: uno posizionato nell'ufficio e l'altro nei locali utilizzati come deposito. E presente un gruppo pompe per la distribuzione primaria alla UTA\_2 che è posto dall'altro lato dell'edificio.



Figura 28. Generatori a pompa di calore e "gruppo pompe" (al centro)

I terminali idronici (N° 2 ventilconvettori da 90w) sono a servizio dell'ufficio e dei locali utilizzati come deposito e sono alimentati dalla HP\_1. Il ventilconvettore dell'ufficio è stato recentemente riparato e spostato da una installazione a soffitto al pavimento. Il deposito non necessita di climatizzazione perciò il terminale è attualmente scollegato dal circuito di distribuzione per limitare le perdite di calore dalla tubazione direttamente a contatto con l'ambiente esterno e con lo strato isolante ammalorato. La distribuzione verso l'ufficio invece è prevalentemente realizzata sotto traccia nella muratura.

Le due Unità di Trattamento d’Aria (UTA\_1, UTA\_2) sono alimentate indipendentemente dai due generatori, quella a servizio della zona commerciale (alimentata dalla HP\_1) è posta sopra la copertura del CF\_2 in corrispondenza del locale ufficio, mentre quella a servizio della sala conferenza (alimentata dalla HP\_2) è posizionata in un locale tecnico non visibile dall’esterno. La distribuzione principale del fluido termovettore verso la UTA\_2 è garantita da una pompa aggiuntiva ed avviene all’interno di tubazioni esterne opportunamente isolate. La UTA\_1 è direttamente alimentata dalla HP\_1 e la tubazione è prevalentemente sotto traccia.



**Figura 29. UTA\_1 a servizio della zona commerciale alimentata dalla HP\_1**



**Figura 30. Canalizzazioni esterne e interne di distribuzione dell’aria nella zona commerciale (UTA\_1)**



Figura 31. Canalizzazioni interne di distribuzione dell'aria nella zona conferenza (UTA\_2)



Figura 32. Ripresa dell'aria nella libreria e nell'ingresso, sistema di regolazione (UTA\_2)



Figura 33. Distribuzione del fluido termovettore verso la UTA\_2 e Pompa per la distribuzione primaria (HP\_2).



Figura 34. Distribuzione secondaria verso il VC del deposito, con isolamento fortemente compromesso

**Tabella 16. Giudizi sistemi di generazione**

Elemento costruttivo	HP_1/HP_2	N° 1
Funzione	Generatore Sistema Risc/Raffr	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Pompa di calore	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	buona	Buona
Vantaggi	Generatore con una buona efficienza, sistema molto robusto	
Svantaggi	I generatori attuali potrebbero caratterizzati da efficienze maggiori principalmente legata alla capacità modulante.	

SPECIFICHE TECNICHE DEL SISTEMA DI GENERAZIONE HP\_1

Zona	<u>Zona commerciale (Bar, Libreria), uffici</u>	Quantità	<u>1</u>
Servizio	<u>Riscaldamento</u>	Fluido termovettore	<u>Acqua</u>
Tipo di generatore	<u>Pompa di calore</u>	Combustibile	<u>Energia elettrica</u>
Marca – modello	<u>Systemair - modello CLH202-LN</u>		
Tipo sorgente fredda	<u>Aria esterna</u>		
Potenza termica utile in riscaldamento	<u>58,0</u>	kW	
Potenza assorbita	<u>17,2</u>	kW	
COP	<u>3.37</u>	@Acqua in 40°C @Acqua out 45°C @temperatura ambiente da riscaldare 7°C	

**NOTA termostato ZONA 1 posizionato nel locale libreria  
POMPA COLLEGATA A 2 Ventilconvettori e alla UTA\_1**

Zona	<u>Zona commerciale (Bar, Libreria), uffici</u>	Quantità	<u>1</u>
Servizio	<u>Raffrescamento</u>	Fluido termovettore	<u>acqua</u>
Tipo di generatore	<u>Pompa di calore</u>	Combustibile	<u>Energia elettrica</u>
Marca – modello	<u>Systemair - modello CLH202-LN</u>		
Tipo sorgente fredda	<u>Aria interna</u>		
Potenza termica utile in raffrescamento	<u>54,8</u>	kW	
Potenza assorbita	<u>17,5</u>	kcal/h	
EER	<u>3.1</u>	@Acqua in 12°C @Acqua out 7°C @temperatura ambiente da raffrescare 35 °C	

**NOTA termostato ZONA 1 posizionato locale libreria  
POMPA COLLEGATA A 2 Ventilconvettori e alla UTA\_1**

SPECIFICHE TECNICHE DEL SISTEMA DI GENERAZIONE HP\_2

Zona	<u>Zona Conferenze</u>	Quantità	<u>1</u>
Servizio	<u>Riscaldamento</u>	Fluido termovettore	<u>Acqua</u>
Tipo di generatore	<u>Pompa di calore</u>	Combustibile	<u>Energia elettrica</u>
Marca – modello	<u>Systemair – VLH604-LN</u>		
Tipo sorgente fredda	<u>Aria esterna</u>		
Potenza termica utile in riscaldamento	<u>164,5</u>	kW	

Potenza assorbita	<b>51,4</b>	kW	
<b>COP</b>	<b>3,20</b>	@Acqua in 40°C	
		@Acqua out 45°C	
		@temperatura ambiente	da
		riscaldare 7°C	

**NOTA termostato ZONA 2, posizionato nell'ingresso della sala conferenza  
POMPA COLLEGATA alla UTA\_2**

Zona	<u>Zona conferenze</u>	Quantità	<u>1</u>
Servizio	<u>Raffrescamento</u>	Fluido termovettore	<u>Acqua</u>
Tipo di generatore	<u>Pompa di calore</u>	Combustibile	<u>Energia elettrica</u>
Marca – modello	<u>Systemair – VLH604-LN</u>		
Tipo sorgente fredda	<u>Aria interna</u>		
Potenza termica utile in raffrescamento	<u>145,9</u>	kW	
Potenza assorbita (solo compressore)	<u>52,5</u>	kcal/h	
EER (complessivo)	<u>2,60</u>	@Acqua in 12°C	
		@Acqua out 7°C	
		@temperatura ambiente	da
		raffrescare 35 °C	

**NOTA termostato ZONA 2, posizionato nell'ingresso della sala conferenza  
POMPA COLLEGATA alla UTA\_2**

**Tabella 17. Giudizi sistema di emissione**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>VC_TIPO_1</b>	<b>N° 30</b>
<b>Funzione</b>	Sistema di Emissione della climatizzazione (Risc/Raffr)	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Ventil convettore idronico	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Sufficiente	Buona
<b>Vantaggi</b>	Sistema semplice	
<b>Svantaggi</b>	Poca regolazione della velocità delle ventole e nessuna regolazione basata sulla temperatura del locale	

LISTA VENTILCONVETTORI				
Ambiente	TIPO	Q.TA'	ZONA/IMPIANTO	Potenza assorbita
Ufficio	TIPO 1	1	HP_1	90W
Deposito	TIPO 1	1	HP_1	90W



**Figura 35. Ventilconvettore dell'ufficio e del deposito (VC\_tipo\_1)**

### 3.4 Ventilazione

Sono presenti due tipologie di sistemi di ventilazione, uno integrato nelle UTA al servizio della zona commerciale e della sala conferenza e l'altro costituito da un sistema di ventole aspiratrici dedicato alla zona espositiva. Le UTA utilizzano parte dell'aria interna che miscelano con l'aria primaria presa dall'esterno garantendo il rinnovo dell'aria interna e recuperando parte del calore.

Il sistema di ventole aspiratrici serve principalmente la zona espositiva ed altri ambienti direttamente connessi: tutta la zona espositiva ad eccezione della biglietteria è da considerare una sola zona termica in quanto gli ambienti sono comunicanti e privi di porte divisorie. Sono presenti due sistemi di ventole al servizio di diversi ambienti:

- quattro grandi ventole aspiratrici (vent\_01) poste nella sommità della volta della sala espositiva principale (museo\_1);
- due serie di quattro ventole aspiratrici (vent\_02) poste nelle zone espositive affiancate alla principale (Museo\_2, Museo\_3)

**Tabella 18. Giudizi sistema di ventilazione lampisteria**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>vent_01</b>	<b>N° 4</b>
<b>Funzione</b>	Ventilazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Ventilatori aspiranti sul colmo della copertura a volta a servizio della lampisteria	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Il sistema utilizza la canalizzazione della ventilazione storica	
<b>Svantaggi</b>	Potrebbe non garantire un adeguato comfort termico durante i periodi di surriscaldamento estivo	
SPECIFICHE TECNICHE Marca: XXXX Capacità: Potenza:		

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Vent_02</b>	<b>N° 8</b>
<b>Funzione</b>	Ventilazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Ventilatori aspiranti delle zone espositive minore (Museo_2, Museo_3)	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Il sistema utilizza la canalizzazione della ventilazione storica	
<b>Svantaggi</b>	Il sistema sembra non favorire il comfort termico durante i periodi di surriscaldamento estivo Il sistema è molto rumoroso	

SPECIFICHE TECNICHE Marca: Capacità: Potenza:		
--	---	--

**Tabella 19. Giudizi sistema UTA\_1**

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>UTA_1</b>	<b>N° 4</b>
<b>Funzione</b>	Ventilazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Unità Trattamento di Aria con ripresa dall'ambiente interno e miscelazione con aria primaria	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	buona
<b>Vantaggi</b>	Il sistema garantisce il ricambio dell'aria con parziale recupero del calore grazie alla miscelazione con l'aria primaria	
<b>Svantaggi</b>	Il sistema non presenta metodi per il controllo della velocità dell'aria e dell'umidità.	
SPECIFICHE TECNICHE Marca: nr Capacità: nr Potenza: nr		

### 3.5 Impianto per la produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS)

Il servizio di Acqua Calda Sanitaria (ACS) è attualmente non operativo, sono presenti alcuni scaldacqua elettrici di diverso tipo (taglia dell'accumulo e marca) installati nei locali dei servizi igienici ma sono tutti attualmente non connessi alla rete elettrica.

**Tabella 20. Sistemi ACS**

Servizi igienici	Ambienti serviti	Presenza ACS
WC_uff	Zona Uffici (non agibile), servizi per il personale	No
WC_rip	Zona deposito e Zona uffici (in sostituzione)	Si (non operativo)
WC_1	Zona Esposizione, Zona commerciale	SI (non operativo)
WC_2	Zona Esposizione, area conferenze	No

Il fabbisogno da soddisfare non è elevato visto lo scarso numero di lavoratori e di visitatori abitualmente presenti; perciò i boiler con una capacità di accumulo di 50 litri sono da considerarsi anche sovradimensionati rispetto all'utilizzo quotidiano. Tuttavia in alcuni periodi dell'anno in concomitanza di giorni festivi il numero di visitatori può essere elevato e la domanda di ACS potrebbe superare facilmente la scarsa capacità dei boiler elettrici presenti.

**Tabella 21. Giudizi sistema ACS**

Elemento costruttivo	Scaldabagno_01	N°
<b>Funzione</b>	Produzione di Acqua Calda Sanitaria	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Boiler elettrico ad accumulo	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Non operativo	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura	
<b>Svantaggi</b>	Alto costo di esercizio rispetto al fabbisogno abituale Breve vita utile, rispetto a soluzioni più complesse A volte inadeguato all'uso, a causa del limitato accumulo Soluzione tecnologica a bassa efficienza Attualmente non operativo	
SPECIFICHE TECNICHE: Marca: varie Modello: varie Capacità: varia Potenza: varia Rendimento medio stagionale:		

### 3.6 Quadri elettrici, Illuminazione ed altri Apparecchi elettrici

L'impianto elettrico provvisto di numerosi quadri elettrici che permettono di gestire in maniera efficiente le apparecchiature elettriche presenti nelle diverse zone ed ambienti. È presente un quadro generale, posizionato in un locale quadri elettrici accessibile dall'esterno, che possiede quasi tutti i controlli delle partizioni dell'impianto, tuttavia la maggior parte dei controlli è doppiato anche all'interno degli ambienti per facilitarne l'accesso. (tabella 22)

**Tabella 22. Quadri elettrici**

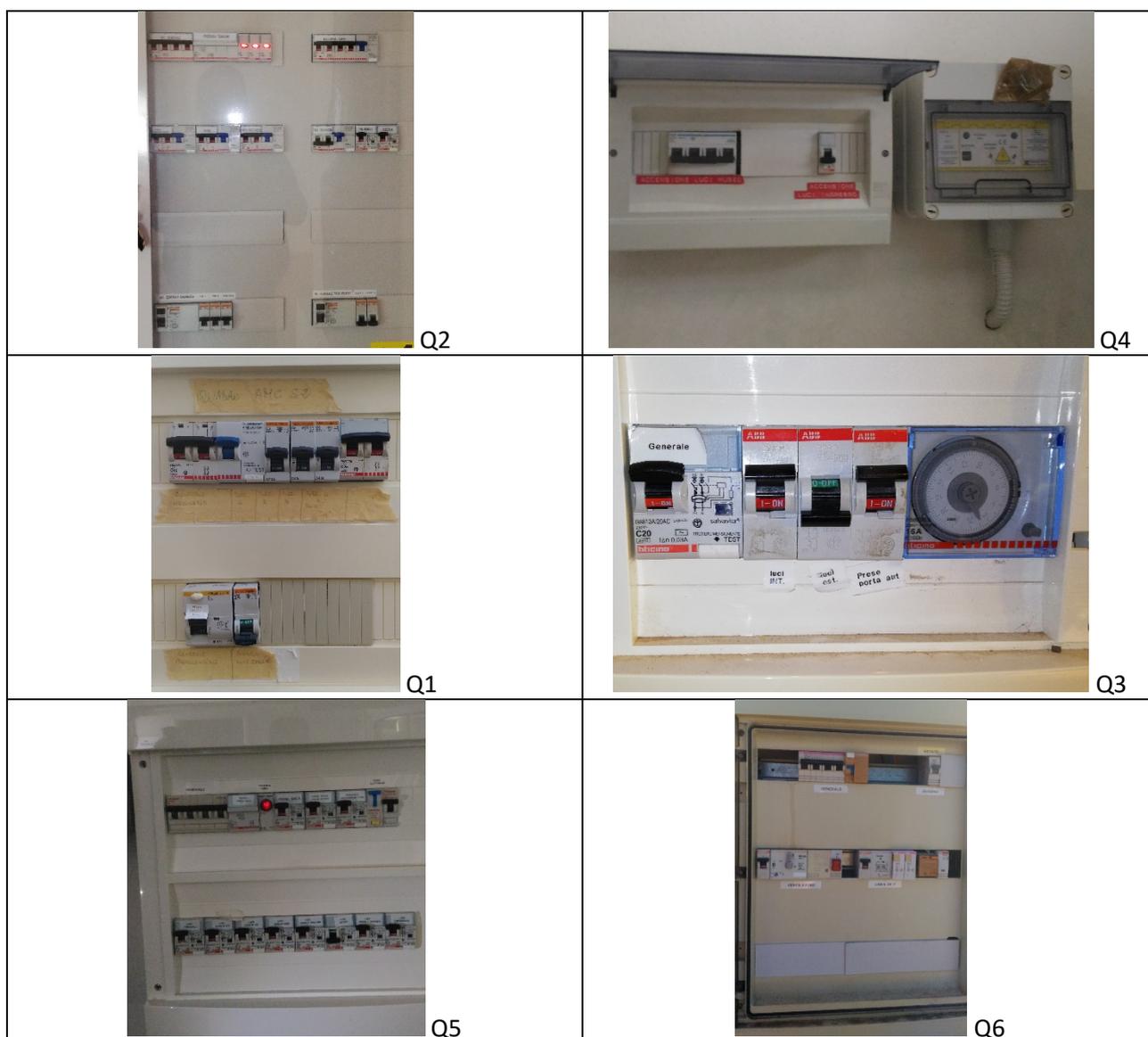
Quadro	Denominazione	Ambienti e servizi gestiti	Localizzazione
QG	Generale	Tutti tranne la climatizzazione	Locale quadri
QG_HP	QClimatizzazione	Alimentazione HP e UTA	Locale quadri esterno
Q1	Zona Espositiva	Illuminazione e ventilazione area espositiva	Museo_2
Q2	Bar	Apparecchiature elettriche del BAR	BAR
Q3	Biglietteria	Apparecchiature elettriche Biglietteria	Biglietteria
Q4	Luci	Luci della zona espositiva principale	Museo_1
Q5	Sala Conferenze	Luci, e altri sistemi della sala conferenza	Museo_1
Q6	UTA_01	Quadro di controllo della UTA	Tetto del BAR



Figura 36. Elementi del Quadro generale ed ingresso della sala quadri



Figura 37. Quadro aspiratori, quadro pompe calore (sala quadri)



**Figura 38. Altri quadri elettrici**

### 3.7 Illuminazione ed altri apparecchi elettrici

In generale i sistemi di illuminazione presenti rispondono bene alle esigenze specifiche degli ambienti in base alle loro destinazioni d'uso. Nell'area espositiva la grande presenza di superfici finestrate poste in copertura rende l'illuminazione naturale quasi sempre sufficiente durante gli orari di apertura del Museo. La sala espositiva principale (Lampisteria) è servita da grandi lampade (Lampada\_2) appese all'intradosso della volta, da lampade a soffitto di minore dimensione nelle locali di minore altezza e dall'illuminazione delle installazioni espositive (teche, pannelli, monitor, sistemi audio,..). Le lampade sono quasi tutte equipaggiate da corpi illuminanti ad alta efficienza o a LED, e nelle installazioni espositive tutti i corpi illuminanti sono già stati sostituiti con sistemi LED. Le zone espositive poste ai lati della sala principale (Museo\_2, Museo\_3,..) invece sono servite da numerosi proiettori agli alogenuri (proiettore\_1) montati su binari sospesi al soffitto. L'illuminazione principale della zona espositiva (lampade\_1, lampade\_2, lampade\_3, proiettori\_1) viene accesa di rado in quanto le visite sono fatte di giorno e la luce naturale è quasi sempre sufficiente, mentre le luci ed i monitor degli espositori sono accesi in presenza di pubblico.

Nel locale BAR sono presenti diverse linee di proiettori (proiettore\_1) per l'illuminazione degli ambienti, mentre la libreria e l'area uffici sono servite da plafoniere a soffitto equipaggiate con tubi a fluorescenza. I locali dei servizi igienici invece sono serviti da plafoniere a soffitto ed a parete equipaggiate con frutti ad alta

efficienza. La biglietteria è un locale con limitato apporto di illuminazione naturale ed è servito da lampade metalliche (lampada\_1) poste a soffitto ed a parete.

Il sopralluogo ha rilevato diversi tipi di corpi illuminanti ed alcuni apparecchi elettrici, si riporta l'elenco diviso per locale e per zona di appartenenza (tabella 23). La potenza dei corpi illuminanti è stata definita dai dati di targa, ma si sono avute difficoltà a reperire informazioni precise su alcuni apparecchi elettrici presenti, quali computer e monitor, in quanto non sempre i dati di targa erano presenti e/o accessibili.



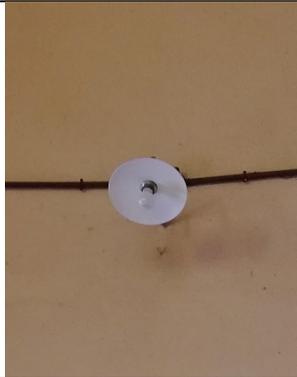
Figura 38. Illuminazione espositori

Tabella 23. Riassunto corpi illuminanti

Tipo	nome	descrizione	Obsolescenza funzionale	Pot [W]	numero
Luce_1	Lampada_1	Lampade a soffitto della biglietteria	buono	8,5	10
Luce_2	Lampada_2	Lampade a soffitto della lampisteria	buono	42	16
Luce_3	Lampada_3	Lampade a soffitto proiettore piccola	buono	42	14
Luce_4	Proiettori_1	Proiettore alogeno da binario	Sufficiente	70	88
Luce_5	Plafoniera_1	plafoniere dell'ufficio (2 corpi illuminanti)	Buono	36	14
Luce_6	Applique_1	Applique bagni	Buono	23	32
Luce_7	Incasso_1	Luce a parete incassata nel cartongesso dell'auditorium	Buono	24	64
Luce_8	Incasso_2	Plafoniera tonda da controsoffitto (2 corpi illuminanti)	Buono	23	12
Luce_9	Incasso_3	Punti led blu dell'auditorium	Ottimo	8	26
				<b>totale</b>	<b>276</b>

Tabella 24. Giudizi sistemi di illuminazione

Elemento costruttivo	Lampada_01	N° 10
Funzione	Illuminazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Lampada proiettore metallico appeso al soffitto, presente nella biglietteria equipaggiati con un corpo illuminante LED ad alta efficienza.	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Buono
Vantaggi	Facile ed economica sostituzione del corpo illuminante	
Svantaggi		

<p>DATI TECNICI Philips LED Classic E27, 8.5W Lumen 1055</p> <p>Costo sostituzione : 6 euro a corpo illuminante</p>		
---	--	---

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Lampada_02</b>	<b>N° 16</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Lampada proiettore metallico di grandi dimensioni appese al soffitto della lampisteria (Museo_1) equipaggiata XXXX	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Buono
<b>Vantaggi</b>	Facile ed economica sostituzione del corpo illuminante	
<b>Svantaggi</b>		
DATI TECNICI		
Lumen		
Costo sostituzione:		

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Lampada_03</b>	<b>N° 14</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Lampada proiettore metallico di taglia minore appese al soffitto presenti in diversi locali del museo: equipaggiati con un corpo illuminante a fluorescenza ad alta efficienza.	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Buono
<b>Vantaggi</b>	Facile ed economica sostituzione del corpo illuminante	
<b>Svantaggi</b>	La soluzione a LED può avere un costo operativo minore, ma non riesce a garantire le stesse prestazioni.	

<p>DATI TECNICI Lampada a fluorescenza Philips PL-T 42W 830 4P (MASTER) - 4-Pin</p> <p>Lumen 3200 Costo sostituzione: 5 euro a corpo illuminante</p>		
--	---	---

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Proiettore_1</b>	<b>N° 88</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Proiettore agli alogenuri da binario montato in alcuni ambienti della zona espositiva (museo_2, Museo_3, ...) e nel BAR	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Forte luce direzionale calda, adatta ad ambienti per esposizione	
<b>Svantaggi</b>	Alto costo di esercizio rispetto a soluzioni al LED, tuttavia il led non ha la stessa resa cromatica e non garantisce gli stessi lumen (30w – 2500 lumen)	
<p>DATI TECNICI Proiettore binario Marca: IGuzzini Parallel Lampada: Alogenuri metallici HIT-DE Rx7s 70W Lumen 3300</p> <p>Costo sostituzione con soluzione LED: 40 euro a proiettore, lumen 2500 potenza 30W</p>		

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Plafoniera_1</b>	<b>N° 14</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Plafoniera con due tubi a fluorescenza montati nelle zone di servizio (uffici, deposito, ..) e nella libreria.	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura	
<b>Svantaggi</b>	Maggiore costo di esercizio rispetto a soluzioni al LED (circa 30% in più). La soluzione LED non garantisce la stessa resa in termini di lumen e richiederebbe la sostituzione della intera plafoniera.	

<p>DATI TECNICI tubo a fluorescenza Osram 36W/865 Lumen 3250</p> <p>Costo sostituzione : -4 euro a tubo</p>	
---	--

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Applique_01</b>	<b>N° 32</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Applique da parete o soffitto, installata prevalentemente nei bagni, equipaggiata con	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
<b>Vantaggi</b>	Semplice installazione e manutenzione, compatibile con frutti a led	
<b>Svantaggi</b>	La sostituzione dei corpi illuminanti con soluzioni a LED è ancora da completare	
DATI TECNICI nr		

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Incasso_01</b>	<b>N° 64</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Luce a parete incassata nel cartongesso, utilizzata nell'auditorium	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	Buono
<b>Vantaggi</b>	Buona efficienza, facilità di sostituzione del corpo illuminante	
<b>Svantaggi</b>	Lampada non sostituibile	

DATI TECNICI Luce da incasso Marca: Nordlight Window FC Lampada G5 24W x1 Lumen: 1500		
---	--	--

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Incasso_02</b>	<b>N° 12</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Faretto da incasso per cartongesso, utilizzato nell'auditorium e nella zona conferenze	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	
<b>Vantaggi</b>	Facilità di sostituzione delle lampade Sostituibile con sistemi LED	
<b>Svantaggi</b>		
DATI TECNICI Plafoniere da incasso provvista di due corpi illuminati  Lampade ad alta efficienza Circa 23W		

<b>Elemento costruttivo</b>	<b>Incasso_03</b>	<b>N° 26</b>
<b>Funzione</b>	Illuminazione	
<b>Vettore energetico</b>	Elettricità	
<b>Descrizione</b>	Faretto LED blu da incasso per cartongesso, utilizzato nell'auditorium come segna passo	
<b>Valore storico Paesaggistico</b>	<b>Stato di conservazione</b>	<b>Obsolescenza funzionale</b>
Moderno compatibile	Buono	
<b>Vantaggi</b>	Adatto all'uso per cui è preposto	
<b>Svantaggi</b>		

DATI TECNICI nr		
--------------------	--	--

**Tabella 25. Carichi elettrici rilevati**

Zona	ambiente	Apparecchio illuminante	n°	Potenza Apparecchio [W]	Potenza ambiente [W]
<i>Ingresso</i> (ex zona caldaie per usi sanitari)	<i>ingresso</i>	Lampada_1	10	8,5	385
		porte_elett	2		
		computer	6	50	
<i>Zona commerciale</i>	<i>BAR</i>	Proiettori_1	26	70	1820
	<i>Bshop</i>	Plafoniera_1	10	36	720
<i>Area espositiva</i> (lampisteria)	<i>Dis_1</i>	Lampada_3	4	42	168
	<i>Dis_2</i>	Lampada_3	4	42	168
	<i>Museo_1</i>	Lampada_2	16	42	672
		espositori			
	<i>Museo_2</i>	Proiettori_1	28	70	1960
	<i>Museo_3</i>	Proiettori_1	28	70	1960
	<i>Sala Video</i>	Proiettori_1	3	70	210
	<i>Sala Caschi</i>	Lampada_3	2	42	84
	<i>Sala docce</i>	Proiettori_1	3	70	210
	<i>Bagni_1</i>	Applique_1	10	23	230
<i>Bagni_2</i>	Applique_1	9	23	207	
<i>Zone di servizio</i>	<i>Ufficio</i>	Plafoniera_1	4	36	2238
		Computer	3	50	
		Stufa_elettrica	1	1800	
	<i>Bagni_uff</i>	Applique_1	6	23	138
	<i>Deposito</i>	Plafoniera_1	3	36	216
<i>Bagni_Rip</i>	Applique_1	3	23	69	
<i>zona conferenze</i>	<i>Auditorium</i>	Incasso_1	64	24	2280
		Incasso_2	8	23	
		Lampada_3	4	42	
		Led_punti	26	8	
	<i>Sala_controllo</i>	Applique_1	1	23	23
<i>Conf_ingresso</i>	Incasso_2	4	23	184	
	<b>totale</b>		<b>288</b>		<b>13942</b>

### 3.8 Indicazioni sulle impostazioni del modello energetico

Le condizioni di utilizzo, e lo stato degli impianti porterebbero i risultati di un *modello standard* a discostarsi fortemente dal profilo dei consumi reali, inficiando fortemente la valutazione delle possibili azioni di retrofit energetico. Si rende quindi necessario sviluppare un calcolo personalizzato basato sulla modellazione delle reali condizioni di utilizzo ed il raffronto con i consumi, fine di valutare con più rispondenza alla realtà gli effetti di alcuni scenari di intervento.

Si possono individuare alcune zone termiche (tabella 26) utili alla modellazione energetica adattata all'uso identificate secondo i seguenti principi:

- Riduzione della zona termica ai soli ambienti climatizzati di continuo: Uffici, Libreria e BAR
- Considerare tra le zone riscaldate anche il deposito ma con temperatura di set point minore
- Effettuare un bilancio di fabbisogno di energia utile anche per la zona espositiva interessata alla sola ventilazione.
- Considerare le ore giornaliere ed i giorni di utilizzo invernali ed estivi
- Considerare il numero verosimile di persone presenti negli ambienti ad uso continuo e simulare un caso di uso peggiore per quelli ad uso discontinuo.

Le ipotesi di retrofit energetico saranno prevalentemente sviluppate per le zone dell'edificio dove è presente la climatizzazione con un profilo di utilizzo continuo (zona\_1, Zona\_3) che potrebbero essere utili per realizzare economie di gestione e la diminuzione delle emissioni.

**Tabella 26. Carichi elettrici rilevati**

Zone termiche		Impianti				Profilo d'uso			
		Climatizzazione		Ventilazione		N° utenti		Presenza	
zona	descrizione	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva
Zona_1	zona commerciale	HP_1	HP_1	no	no	2-4	20	continua	continua
Zona_2	Zona conferenza	HP_2	HP_2	no	no	50	50	saltuaria_2	saltuaria_2
Zona_3	Uffici	HP_1	HP_1	no	no	2-4	2-4	continua	continua
Zona_4	Deposito	HP_1	HP_1	no	no	1	1	saltuaria_1	saltuaria_1
Zona_5	Area espositiva	no	no	no	Vent_1/2	5 - 10	20 - 400	periodica	periodica

- continua presenza continua durante le ore di apertura del Museo
- saltuaria\_2 forte presenza ma legata ad eventi molto saltuari (conferenze)
- saltuaria\_1 presenza periodica di breve durata (manutenzioni, deposito materiali,..)
- periodica presenza ricorrente (es: nei fine settimana)

### 3.9 Indicazioni su indagini e misure di strutture ed impianti

La documentazione progettuale disponibile non dà informazioni esaustive sulla composizione degli elementi dell'involucro: la tipologia dei materiali e delle strutture è stata ipotizzata sulla base del materiale fotografico e della documentazione storica disponibile e per analogia con altri edifici del complesso della miniera. Gli spessori sono stati rilevati in loco così come l'eventuale presenza di contro pareti o altre finiture interne. Sarebbe tuttavia utile effettuare delle indagini con termocamera in modo da valutare l'attendibilità delle ipotesi fatte.

Le caratteristiche termofisiche dei materiali possono essere verosimilmente ricavate facendo riferimento a quelle di simili materiali certificati. L'elemento di caratteristiche termofisiche più incognite risulta essere la muratura storica in pietra effusiva per la quale non esistono allo stato attuale misurazioni e test fisici

certificati. Per una modellazione energetica preliminare si potrà fare riferimento a valori certificati di materiali lapidei simili, ma potrebbe essere di interesse effettuare delle misure su campioni in laboratorio.

Allo stato attuale non abbiamo disponibili elaborati progettuali inerenti gli impianti di climatizzazione presenti nell'edificio. I dati del sistema di generazione dell'impianto di climatizzazione sono stati desunti dalle schede tecniche dei generatori ricavate dalle targhe presenti nelle unità esterne. Tuttavia la configurazione impiantistica necessita di un'indagine più approfondita per definire le caratteristiche degli altri sotto sistemi (distribuzione, regolazione ed emissione).

La zona espositiva non è climatizzata ma è servita da un impianto di ventilazione costituito da diversi aspiratori accesi saltuariamente durante la stagione estiva. Risulta perciò necessario caratterizzare questi impianti di cui non abbiamo informazioni al fine di impostare correttamente la modellazione del fabbisogno di energia utile. A tal fine saranno necessarie misurazioni di potenza assorbita ed il reperimento di dati di targa in loco o tramite recupero di informazioni dalle aziende addette alla manutenzione.

## 4. Strategie ed ipotesi preliminari di intervento

Le analisi preliminari portano ad individuare alcune ipotesi di intervento basate sull'uso reale ed i valori storico paesaggistici dell'edificio, che saranno poi oggetto di una valutazione di fattibilità tecnico – economica tramite l'utilizzo del modello energetico.

L'edificio è caratterizzato da tipologie di uso molto differenti: le zone ad uso continuo utilizzati dai lavoratori del museo (zona\_3) ai quali si può accomunare anche la zona commerciale caratterizzata da un uso continuo della climatizzazione (zona\_1); le aree ad uso fortemente discontinuo come la zona espositiva (zona\_5), i depositi (zona\_4) e quella delle conferenze (zona\_2).

Le zone ad uso discontinuo in generale non giustificano interventi di efficientamento prettamente basati sul ritorno economico in quanto i costi di gestione sono già molto più bassi di quelli che si avrebbero con una gestione standard dell'immobile. In questi casi bisogna valutare anche gli effetti che i possibili interventi hanno nel recupero e la valorizzazione dell'edificio.

Sulla base delle interviste effettuate e dei risultati della indagine preliminare sullo stato del sistema edificio – impianti si possono evidenziare diverse priorità di intervento:

- migliorare il comfort invernale ed estivo dei lavoratori che attualmente utilizzano un ambiente mal climatizzato e con forti infiltrazioni di acqua meteorica (zona\_3);
- valutare possibili interventi per migliorare l'efficienza energetica delle zone termiche ad uso continuo, soprattutto la zona commerciale (zona\_1, Zona\_3);
- valutare l'efficacia della ventilazione nel mantenimento del comfort termico soprattutto in stagione estiva indicata più critica dagli utenti intervistati (zona\_5);
- valutare la possibilità di integrazione con fonti di energia rinnovabile a parziale copertura dei consumi.

### 4.1 Strategie progettuali nelle zone termiche

#### *Zona commerciale (Zona\_1)*

La zona comprende due ambienti la libreria ed il BAR dove attualmente la climatizzazione viene utilizzata di continuo durante gli orari di apertura del museo. I due ambienti sono climatizzati dallo stesso generatore e sono comunicanti perciò possono essere considerati termicamente una sola zona termica. La zona termica confina per tre lati su quattro con l'area espositiva attualmente non riscaldata (Zona\_5), l'unico lato esterno è rivolto verso sud-ovest ed è caratterizzato da alcune finestre prive di schermature che in periodo estivo potrebbero causare fenomeni di surriscaldamento dell'ambiente.

Se si considera che il comfort climatico sia in qualche modo raggiunto con gli impianti presenti, la priorità è aumentare l'efficienza del sistema edificio - impianto tramite interventi sulle sue diverse componenti. In inverno il numero di utilizzatori è molto limitato, in quanto il flusso di visitatori è quasi assente ma in estate vi possono essere dei picchi di presenza che potrebbero mettere in difficoltà l'impianto durante le ore più assolate.

#### *Zona conferenze (zona\_2)*

La zona comprende l'auditorium, l'ingresso e la sala dei controlli che sono interamente climatizzate da una pompa di calore aria-acqua (HP\_2) con circuito di distribuzione aeraulico col generatore posto all'esterno dell'edificio (UTA\_2). L'impianto è utilizzato solo in concomitanza degli eventi, dalle interviste con i dipendenti del museo si evince che esso viene acceso il giorno prima in modo da avere un ambiente in equilibrio termico durante l'evento. Gli intervistati riportano inoltre che la stagione estiva sembra essere quella più critica perché l'impianto, in caso di molti presenti, potrebbe non riuscire a garantire il comfort termico. L'impianto per quanto ormai gravato da una certa vetustà (15 anni) è caratterizzato da sufficienti prestazioni dei suoi sotto sistemi (generazione, distribuzione, emissione, regolazione) che, considerando il suo saltuario uso attuale, non rendono economicamente conveniente la sostituzione. Le priorità di questa zona sono prevalentemente la limitazione del carico termico estivo tramite la difesa dall'irraggiamento solare diretto sulle finestre dell'ingresso.

### *Zona uffici (zona\_3)*

La zona uffici è di piccola dimensione e comprende un ambiente dedicato ad uffici ed i servizi igienici di sua diretta pertinenza. Sono gli unici ambienti utilizzati realmente in maniera continua per tutto l'anno dai dipendenti del museo dove è necessario garantire la condizioni di comfort dei luoghi di lavoro. Il servizio di climatizzazione è garantito da un ventilconvettore collegato alla HP\_1 recentemente riparato.

L'ambiente è utilizzato da 2-4 lavoratori, data la sua piccola dimensione, potrebbe soffrire di surriscaldamento estivo. Potrebbe essere utile lo studio di strategie per la ventilazione e la diversione dei raggi solari tramite la modifica degli infissi o con schermature.

### *Zona deposito (zona\_4)*

La zona deposito comprende un ambiente originariamente concepito per essere un ufficio, ed i servizi igienici di pertinenza, che attualmente sono utilizzati dai dipendenti a causa della inagibilità di quelli vicini agli uffici. Il servizio di climatizzazione è garantito da un ventilconvettore collegato alla HP\_1 attualmente inibito, ma in buone condizioni di manutenzione. Considerando l'uso attuale non sembrano necessari interventi di efficientamento o di miglioramento del comfort interno. L'utilizzo del terminale di emissione presuppone il ripristino dell'isolamento del circuito di distribuzione posto sulla copertura.

### *Zona espositiva (zona 5)*

La zona comprende la sala espositiva principale (la lampisteria), diverse sale museali secondarie, i servizi igienici per i visitatori e l'area di consegna dei materiali per la visita guidata al sottosuolo. La zona non presenta servizi di climatizzazione, ma è presente un sistema di ventilazione. Dalle interviste fatte la criticità maggiore è durante il periodo estivo quando possono accadere fenomeni di surriscaldamento proprio in concomitanza del maggiore afflusso di visitatori. Escludendo la possibilità di climatizzare tutto il volume, La priorità risulta essere limitare l'apporto solare, soprattutto quello diretto dalle superfici finestrate in copertura, e definire delle strategie per il miglioramento della efficacia della ventilazione. Nella sala caschi però potrebbe essere utile installare uno split in quanto, durante la preparazione delle visite guidate, si possono radunare molte persone e i lavoratori sono occupati in attività fisiche di media entità come la distribuzione dell'attrezzatura ed il supporto ai visitatori.

## **4.2 Possibili azioni progettuali: involucro**

Gli interventi sull'involucro di cui valutare la fattibilità tecnico-economica possono riguardare la diminuzione delle dispersioni termiche tramite l'aumento della coibentazione, per limitare il carico termico invernale, e la schermatura dall'irraggiamento solare per diminuire quello estivo. Alcuni ambienti richiedono anche degli interventi per migliorare il confinamento delle aree riscaldate.

### *Az\_inv\_01\_(Z1-Z3-Z4): Capotto termico interno/esterno sulla muratura*

Al fine di calcolare il costo di costruzione si ipotizza la realizzazione di un cappotto termico interno/esterno nelle chiusure opache verticali confinati verso l'esterno e verso i locali non riscaldati. Per garantire la compatibilità materica con il resto della struttura e per supportare anche l'inerzia termica estiva si raccomanda di utilizzare sistemi provvisti di una buona massa superficiale. Sul mercato esistono diverse soluzioni tecnologico costruttive adatte all'edificio (tabella 27), i prezzi medi sono stati definiti sulla base di interviste ad alcuni fornitori locali e le prestazioni sono state desunte dalle schede tecniche. Si prenderà come ipotesi progettuale quella che ottimizza costo e prestazione ossia la parete interna di calcestruzzo areato.

Come evidenziato la copertura presenta diversi punti di infiltrazione di acqua meteorica, perciò sono necessari lavori di manutenzione dello strato impermeabile. Nel caso questi lavori prevedano onerose attività di cantiere (rimozione vecchia guaina, realizzazione di un nuovo massetto delle pendenze,..) può essere valutabile la revisione anche dell'isolamento termico con un aumento degli spessori e della massa termica al fine di migliorare le prestazioni invernali ed estive.

**Tabella 27. Tipologie di Cappotto termico**

<i>Capotto termico interno/esterno</i>				<i>Z1_Az_inv_01</i>
<b>Tecnologia</b>	<b>descrizione</b>	<b>UM</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Resistenza (m<sup>2</sup> K)/ W</b>
Parete interna	Fornitura e posa in opera di cappotto termico interno/esterno realizzato pannelli di calcestruzzo areato autoclavato (tipo: Ytong – Multipor) (spessore 10 cm ) posto in opera con opportuni rasanti; $\lambda=0,042$ W/mK;	mq	100	2,3
Termo intonaco	Fornitura e posa in opera di cappotto termico interno/esterno realizzato con 2-3 strati di termo intonaco a base di calce additivato con micro sfere di materiale isolante (vetro, EPS, ceramico,..) spessore 5cm, $\lambda=0,086$ W/mK;	mq	90	0,61
Intonaco nano tecnologie	Fornitura e posa in opera di cappotto termico interno/esterno realizzato con 2-3 strati di intonaco termo isolante additivato con nano tecnologie (tipo aerogel) (spessore minimo 3cm); $\lambda=0,028$ W/mK	mq	180	1,07

Gli ambienti che possono essere interessati da questo intervento sono quelli con una climatizzazione continua dove si può generare una diminuzione delle emissioni e di costi operativi. La realizzazione di un cappotto termico può aumentare l'efficienza del sistema, limitano il carico termico invernale. La zona 3, tuttavia, è un ambiente molto piccolo e facilmente climatizzabile perciò l'intervento potrebbe non essere accompagnato da buoni tempi di ritorno. La zona 4 (locale deposito) non ha la necessità di interventi sull'involucro, tuttavia per garantire buoni livelli di servizio è bene includere anche questa zona nell'isolamento dell'involucro.

*Z1\_Az\_inv\_02 (Z1-Z3-Z4): Capotto termico interno/esterno in copertura*

Come evidenziato durante il sopralluogo, la copertura presenta diversi punti di infiltrazione di acqua meteorica, perciò sono necessari lavori di manutenzione dello strato impermeabile. Nel caso questi lavori prevedano onerose attività di cantiere (rimozione vecchia guaina, realizzazione di un nuovo massetto delle pendenze,..) può essere valutabile la revisione anche dell'isolamento termico con un aumento degli spessori e della massa termica al fine di migliorare le prestazioni invernali ed estive.

Gli ambienti che possono essere interessati da questo intervento sono quelli con una climatizzazione continua dove si può generare una diminuzione delle emissioni e di costi operativi. L'intervento può avere un impatto positivo anche sul fabbisogno estivo grazie all'aumento dell'inerzia termica.

*Az\_inv\_03: Realizzazione di schermature esterne con pellicole selettive*

La schermatura esterna è un elemento particolarmente impattante sull'aspetto dell'edificio, inoltre nel caso in oggetto la schermatura è un tema progettuale di particolare importanza che interessa diverse zone termiche. Si possono adottare diversi approcci: la realizzazione di una struttura esterna fissa (pergola o tenda) opportunamente progettata per inserirsi in maniera architettonicamente compatibile; oppure interventi minimali come l'apposizione di pellicole solari sui vetri o la realizzazione di schermature esterne parziali tramite l'utilizzo di vegetazione.

Gli ambienti potenzialmente interessati da questo intervento sono quelli caratterizzati da presenza di superfici finestrate orientate verso sud-est o sud-ovest che possono essere sottoposti a fenomeni di surriscaldamento estivo. L'intervento può essere valutato per gli infissi presenti in diverse zone termiche (Zona\_1, Zona\_3, Zona\_2, Zona\_4) per supportare l'azione dell'impianto di climatizzazione estiva. Naturalmente negli ambiti più piccoli (zona3, Zona\_4) l'intervento potrebbe avere un impatto molto limitato. Nella zona espositiva centrale (zona\_5), dove non sono presenti impianti di climatizzazione, è più importante limitare il carico termico estivo dovuto all'irraggiamento solare proveniente dalla copertura vetrata delle aree

espositive (Museo\_1, Museo\_2, Museo\_3) e alla parete vetrata orientata verso sud-ovest che completa la facciata della lampisteria.

Si propone perciò di valutare l’inserimento di pellicole selettive nelle superfici vetrate degli infissi delle zone termiche riscaldate in continuo (Zona 1-3-4), il costo è di circa 80 euro a mq.

*Az\_inv\_04 (Z1-Z3-Z4): Sostituzione degli infissi*

Da punto di vista della limitazione delle dispersioni, la sostituzione degli infissi è da considerare in maniera congiunta con il cappotto termico, l’utilizzo di vetri selettivi può essere di aiuto nella limitazione del carico solare estivo qualora non siano presenti altre schermature. Si propone l’utilizzo di finestre in alluminio a taglio termico adeguate ai requisiti minimi di legge di opportuna colorazione in modo da limitare le differenze con lo stato attuale.

**Tabella 28. Tipologie di infisso**

Sostituzione infissi					Az_inv_03	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Infisso taglio termico con vetro selettivo	Fornitura e posa in opera di infisso in alluminio a taglio termico in sostituzione dell’esistente, con vetrocamera doppia 4/12/6 con pellicola selettiva.	mq	500	8	4000	
Infisso taglio termico con vetro basso emissivo	Fornitura e posa in opera di infisso in alluminio a taglio termico in sostituzione dell’esistente, con vetrocamera doppia 4/12/6 con vetro basso emissivo	mq	450	8	3600	

Gli ambienti che possono essere interessati da questo intervento sono quelli con una climatizzazione continua dove si può generare una diminuzione delle emissioni e di costi operativi. Il cambio degli infissi può aumentare l’efficienza del sistema, limitano il carico termico invernale. In alcuni ambienti caratterizzati da limitati volumi riscaldati (zona 3, zona\_4) l’impatto sulle dispersioni può essere molto basso. L’intervento può acquisire maggiore significato se indirizzato anche alla diminuzione del carico solare estivo.

*Az\_inv\_05 (Zone 1-3-4): Isolamento della chiusura di base*

La chiusura di base confina con un locale semiinterrato (l’ex locale deposito delle biciclette) da considerare come esterno in quanto completamente aperto su due lati. Vista la facilità di accesso si ritiene utile valutare l’impatto sulla prestazione termica dell’isolamento tramite cappotto esterno della soletta di base, molto al di sotto degli standard prestazionali di legge.

*Az\_inv\_06 (Z1): Installazione di porta automatica*

Attualmente la Zona 1 non è bene confinata rispetto al resto dell’edificio, con il risultato di disperdere in un ambiente non climatizzato molto più grande (zona\_5) la maggior parte del contributo dell’impianto. Se è richiesta la sua climatizzazione continua per garantire adeguate condizioni di comfort anche al visitatore saltuario, è necessario prevedere dei sistemi di confinamento della zona in modo da limitare le dispersioni. Nello specifico, la libreria ha già delle porte che spesso però sono tenute aperte mentre il BAR confina direttamente con la zona espositiva. In un’ottica di efficientamento dell’ufficio risulta perciò fondamentale ottenere il confinamento dell’ambiente del BAR tramite l’utilizzo di porte e vetrate (preferibilmente automatiche) eventualmente equipaggiate di lama d’aria.

Porta automatica					Z1_Az_inv_06	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Porta automatica	Fornitura e posa in opera di vetrata con porta scorrevole automatica (2,20 x 1,80)	corpo	3000	2	6000	

*Az\_inv\_07\_(Z3): parete vetrata*

Attualmente la Zona 3 non è bene confinata rispetto al resto dell'edificio con il risultato di disperdere in un ambiente non climatizzato molto più grande (zona\_5) una parte del contributo dell'impianto. Per garantire un adeguato comfort termico ai lavoratori e limitare gli sprechi è necessario prevedere dei sistemi di confinamento della zona in modo da limitare le dispersioni. Nello specifico, l'ufficio ha già una porta di ingresso (spesso però tenuta aperta) ma manca di un infisso adeguato che divida l'ufficio dalla zona termica confinante. Tuttavia l'ambiente è molto piccolo e facilmente mantenibile nel campo del comfort termico e la presenza di un infisso potrebbe non essere gradita dai lavoratori perciò il suo inserimento deve essere valutato con attenzione.

N°6	Parete vetrata				Z1_Az_inv_07	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Parete vetrata	Fornitura e posa in opera di vetrata apribile interna	corpo	1500	1	1500	

**4.3 Possibili azioni progettuali: impianto di climatizzazione invernale/estiva**

*AZ\_clima\_01\_(Z1-Z3-Z4): sostituzione del generatore HP\_1*

Attualmente la zona termica della area commerciale è servita da una sola pompa di Calore Aria-Acqua caratterizzata da rendimenti paragonabili agli standard attuali. Visto l'uso continuato dell'impianto è la sua vetustà (15 anni) un'ipotesi è la sostituzione del generatore esistente con uno attuale maggiormente efficiente e con una spiccata capacità modulante. Il modello energetico permetterà anche di valutare il corretto dimensionamento della potenza del generatore (risc/raffr) e di simulare alcune modifiche dei sotto sistemi di distribuzione, emissione e regolazione.

	Sostituzione del generatore dell'impianto esistente				Az_clima_01	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
	Sostituzione del generatore esistente con uno più efficiente, di maggiore capacità modulante	corpo	15000	1		
	Sostituzione del generatore esistente con uno più efficiente, di maggiore capacità modulante e di minore potenza valutata sul fabbisogno della zona termica.	corpo	10000	1		

*Az\_clima\_02\_(Z3): Stufe irraggiamento nei bagni*

Altro intervento giustificabile col miglioramento del comfort d'uso degli ambienti può essere l'installazione di un sistema di climatizzazione invernale nei bagni utilizzati dai dipendenti che raggiungono severe temperature. Si propone l'installazione di stufe ad irraggiamento collegate all'accensione della luce che garantiscono un comfort immediato, ed hanno limitato costo di installazione ed investimento.

	Installazione nei bagni di stufe ad irraggiamento collegate all'accensione della luce				Az_clima_03_Z3	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Stufe irraggiamento	Fornitura e posa in opera di un sistema di stufe ad irraggiamento ad alta efficienza da parete pot max 800W, collegato all'accensione della luce o con accensione indipendente.	n°	80	4	320	

#### 4.4 Possibili azioni progettuali: Impianti per Acqua Calda Sanitaria

Az\_ACS\_01\_(Z3): ripristino servizio ACS

Attualmente il servizio di ACS non è operativo per nessuna tipologia di utenza (visitatori, o dipendenti). Tutti i servizi igienici sono predisposti per l'installazione scaldabagni elettrici, ma attualmente solo alcuni ne sono provvisti e comunque non sono operativi. Si ritiene necessario garantire il servizio almeno per i dipendenti del Museo riattivando il servizio nei bagni adiacenti

Installazione scaldabagno elettrico					Az_ACS_01
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo
ACS	Fornitura e posa in opera di Scaldabagno elettrico ad accumulo con temporizzatore di accensione.	corpo	200	1	100

#### 4.5 Possibili azioni progettuali: Ventilazione

Il sistema di ventilazione è presente solo nella zona espositiva (zona\_5) che è invece priva di climatizzazione. La caratterizzazione dell'impianto tramite misurazioni strumentali permetterà di definire alcune strategie di aumento di efficacia del sistema, che durante il periodo estivo potrebbe non essere sufficiente a mantenere condizioni di comfort accettabili.

#### 4.6 Possibili azioni progettuali: Integrazione con Fonti energetiche rinnovabili (FER)

L'edificio utilizza esclusivamente il vettore energetico elettrico, perciò l'integrazione con fonti rinnovabili dovrebbe prevedere la produzione di elettricità da FER (sistemi fotovoltaici). La modifica degli elementi esterni dell'edificio non è generalmente ritenuta compatibile con un approccio fortemente conservativo, perciò l'installazione di pannelli fotovoltaici o altri elementi tecnologici per la produzione da FER è, in questo caso, da escludere. Tuttavia vi sono numerosi esempi in letteratura che adottano approcci più trasformativi per l'integrazione delle FER negli edifici storici. In sintesi l'intervento deve rispettare i seguenti criteri di integrazione:

- intervento facilmente reversibile, che non danneggi le strutture storiche;
- l'intervento deve essere significativo in termini di copertura dei consumi, ma non dovrebbe avere finalità produttive;
- preferibilmente l'intervento deve occupare parti dell'involucro non direttamente visibili dallo spazio pubblico, e non deve creare impatti in contesti di alto pregio paesaggistico;
- studio dell'integrazione architettonica dell'elemento, che può avere un approccio di tipo mimetico o di forte riconoscibilità dell'intervento.

In accordo con i criteri sopra menzionati si può definire un intervento di limitato impatto sul corpo di fabbrica che prevede l'installazione di un campo fotovoltaico dimensionato a parziale o totale copertura del fabbisogno elettrico reale, integrato nelle vetrate esistenti o come elemento di schermatura o in parziale sostituzione degli elementi trasparenti. Il pannello fotovoltaico oltre produrre energia elettrica potrebbe così contribuire alla diminuzione del carico termico estivo arrecando un danno limitato all'immagine dell'edificio anzi arricchendolo di significati relativi all'efficientamento energetico e l'uso delle energie rinnovabili.

N°10 Impianto fotovoltaico dimensionato sui consumi attuali					Az_FER_01
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo

Impianto PV	Fornitura e posa di impianto fotovoltaico in silicio mono – poli cristallino integrato in vetrate	kWp	2000	3	6000
-------------	---	-----	------	---	------

#### 4.7 Possibili azioni progettuali: Illuminazione

L'illuminazione è generalmente poco utilizzata, salvo che per eventi saltuari o condizioni metereologiche particolari. L'unico ambiente dove è sempre accesa è la zona uffici che però è già provvista di un efficiente sistema di illuminazione. Anche le installazioni espositive sono spesso accese, ma sono già prevalentemente equipaggiate con sistemi a LED ad alta efficienza. Solo i proiettori alogeni utilizzati nel Bar e per alcune aree espositive sono caratterizzati da una bassa efficienza, tuttavia visto il loro scarso utilizzo potrebbe non renderne conveniente la sostituzione.

#### AZ\_ill\_01: Sostituzione proiettori alogeni con sistemi a LED

N°11	Sostituzione proiettori alogeni con sistemi LED				Az_ill_01
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo
Corpo led per proiettore	Fornitura di faretti led, compatibili con la sistemazione esistente. corpo illuminante a LED, compatibile con i proiettori per l'illuminazione degli ambienti espositivi	N°	80	25	2000

## II PARTE: DIAGNOSI STANDARD

### 5. Report delle Attività di misura

Prendendo in considerazione le caratteristiche del sistema edificio-impianto e gli usi attuali osservati si sono definite tre attività di misura volte a definire le condizioni di comfort interno delle aree utilizzate in maniera continuativa, i consumi ordinari dell'edificio, e lo stato di conservazione delle murature.

#### 5.1 Misure dei consumi

L'edificio utilizza esclusivamente il vettore elettrico del quale però non disponiamo di misure dirette o informazioni qualitative, in quanto il museo del carbone fa capo alla cabina secondaria di media tensione del complesso della Grande Miniera di Serbariu gestito dall'amministrazione comunale che allo stato attuale non presenta sistemi di contabilizzazione separata delle varie utenze collegate ad essa. Il vettore elettrico alimenta i servizi di climatizzazione e ventilazione delle zone climatizzate, la ventilazione delle sale espositive, la produzione di ACS, l'illuminazione e tutti gli altri apparecchi elettrici presenti. In particolare l'edificio è alimentato da due linee trifase provenienti dalla medesima cabina: una, di maggiore potenza, dedicata ai sistemi di climatizzazione (HP\_1, HP\_2, UTA\_1, UTA\_2) e l'altra al servizio di tutti gli altri carichi dell'edificio (illuminazione, Ventilazione della zona espositiva, ...).

Il profilo d'uso dei servizi energetici mostra alcune specificità che possono portare a trascurare alcune componenti nella definizione dei consumi tipici dell'edificio.

L'illuminazione dei locali e quella delle installazioni espositive sono utilizzate di rado, molto meno di un'ora al giorno. L'orario di apertura permette di sfruttare al meglio l'illuminazione naturale grazie alle ampie vetrate della copertura delle aree espositive. In periodo invernale, quando l'illuminazione naturale è minore il flusso di visitatori è molto basso e prevalentemente si concentra nelle mattine dei fine settimana durante i quali il sole è alto e garantisce una buona illuminazione. La zona BAR è ben illuminata dalla luce naturale, i faretti sono accesi solo nel raro caso di eventi che prevedano l'utilizzo dopo il tramonto. Anche l'illuminazione della area conferenza è utilizzata solo in presenza di eventi che richiedano utilizzo dei locali. L'illuminazione del locale libreria è attivata in presenza di visitatori, perciò solo l'illuminazione del locale ufficio può essere considerata sempre attiva durante tutto l'orario di apertura.

Le installazioni espositive sono equipaggiate con faretti e proiettori a LED, che comunque di rado vengono accesi in quanto l'illuminazione naturale è generalmente largamente sufficiente. In presenza di visitatori vengono accesi solo alcuni monitor (4 monitor da 32 pollici) integrati nei pannelli espositivi.

La produzione di ACS è attualmente non operativa, perciò non incide sul profilo dei consumi.

La ventilazione delle zone espositive è per lo più tenuta spenta in quanto i dipendenti del museo non la considerano utile al mantenimento del comfort interno estivo e, per contro, si tratta di un sistema che genera inquinamento acustico in quanto molto rumoroso.

Il sistema di climatizzazione della zona conferenza è utilizzato solo quando necessario in presenza di eventi e conferenze, inoltre attualmente il generatore di calore (HP\_2) risulta non operativo.

Il sistema di climatizzazione a servizio della zona commerciale e degli uffici, invece è tenuto sempre attivo ed è alimentato dalla Pompa di Calore HP\_1. Il sistema è costituito da un circuito idronico (ventilconvettori) a servizio dei locali ufficio e deposito, e da un circuito aeraulico (UTA\_1) a servizio della zona commerciale (locali: BAR, Libreria). Durante le attività di diagnosi il circuito idronico non era operativo, mentre risultava funzionante quello aeraulico.

Il profilo di consumo elettrico tipico dell'edificio si può considerare principalmente determinato dai seguenti carichi: l'illuminazione uffici, la climatizzazione della zona commerciale ed ufficio, altri apparecchi elettrici (luci emergenza, computers, ..). Tra questi quelli largamente preponderanti sono quelli per il servizio di climatizzazione.

Le attività di misura saranno perciò volte a determinare il consumo di un giorno tipico invernale ed estivo tralasciando i picchi per le attività saltuarie o congressuali. Le misure sono anche volte a definire le potenze di alcuni sottosistemi del servizio di climatizzazione e ventilazione che non sono riportate nella

documentazione disponibile e non sono state desumibili dalle targhe. Nello specifico le misure analizzano le seguenti potenze assorbite:

- ventilatori della UTA\_1, sempre attiva in regime invernale e estivo;
- ventilatori (aspiratori) delle aree espositive, accesi saltuariamente;
- Potenza assorbita dal sistema di climatizzazione (UTA\_1 + HP\_1), sempre attivo in regime invernale e estivo;
- Potenza in ingresso abitualmente assorbita dall'edificio in regime estivo ed invernale.

### 5.1.1 Strumento e metodologia di misura

Per le misurazioni si è utilizzato un analizzatore di potenza e della qualità dell'energia della CHAVIN ARNOUX modello CA 8336. Lo strumento è dotato di un display TFT grafico a colori, che permette di ottenere in modo semplice e rapido la situazione delle principali caratteristiche della rete elettrica e di visualizzare in tempo reale le forme d'onda dei 5 ingressi in tensione e 4 ingressi in corrente (3 fasi, neutro e terra). Le misure vengono elaborate con l'ausilio di software Dataview® con il quale è possibile trasferire i risultati registrati su foglio elettronico, nel nostro caso le misure sono state registrate con una frequenza di campionamento di 20 secondi.

Le misure sono state effettuate accedendo alle alimentazioni del sistema di climatizzazione e del resto dell'edificio direttamente dai quadri generali (figura 39). Il quadro generale della climatizzazione permette di isolare l'alimentazione delle singole pompe di calore (HP\_1, HP\_2), delle singole UTA (UTA\_1, UTA\_2) e della unità pompe a servizio del circuito della HP\_2. Considerando la tipologia di uso descritto precedentemente e le esigenze organizzative delle attività del museo si sono effettuati i seguenti monitoraggi:

- a) climatizzazione estiva: monitoraggio (HP\_1 + UTA\_1) per 4 ore di esercizio durante le ore di massimo carico di una giornata estiva (ore 11,00 – 15,00, del 5 settembre 2018).
- b) Ventilatori UTA\_1: monitoraggio (UTA\_1) per 1 ora al fine di determinare le potenze dei ventilatori
- c) Ventilazione sala espositiva: si sono determinate le potenze dei ventilatori della zona espositiva accendendoli in maniera consecuzionale (10 min di osservazione per ogni step di accensione)
- d) Altri consumi: monitoraggio per 1 ora dei carichi abituali del museo (illuminazione ed altri carichi)



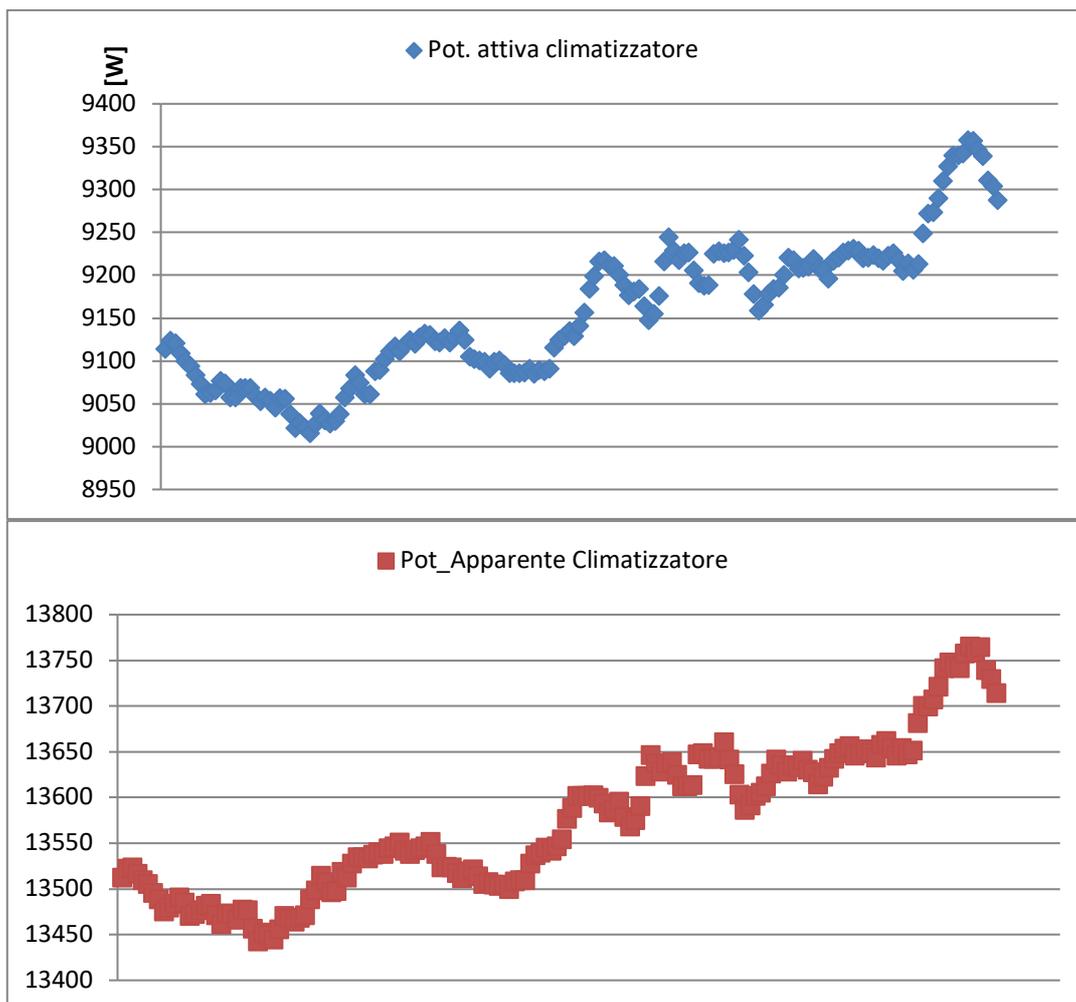
**Figura 39. quadri generali: a-b) quadro dell'alimentazione della climatizzazione e misuratore Chavin Arnoux CA8336; c) quadro di alimentazione degli aspiratori della zona espositiva**

### 5.1.2 Risultati delle misure monitoraggio estivo e della UTA

Al fine di valutare le condizioni di carico del sistema di climatizzazione si sono monitorate le temperature esterne e quelle interne della zona climatizzata (Libreria), ricavando delle condizioni di prova compatibili con

quelle di una giornata tipo estiva (Temp. esterna 29- 31C° ed UR 65% ; Temp. interna 27-28C° ed UR 50-60%). Il generatore HP\_1 ed il circuito aeraulico (UTA\_1) sono in funzione, mentre il circuito idronico è fuori servizio. Le misure degli assorbimenti di potenza del sistema di climatizzazione sono state registrate per circa quattro ore (dalle 11,15 alle 15,30); l'impianto era acceso da alcune ore prima (dalle ore 9,00) e la prova è avvenuta dopo alcuni giorni di apertura continua (mercoledì 5 sett), perciò l'effetto transitorio può essere considerato minimo.

Le misure hanno mantenuto variazioni molto limitate rispetto ai valori registrati (+/- 175W) con un trend lievemente crescente, hanno evidenziato un *cosfi* basso che porta ad una forte differenza tra potenza assorbita e potenza apparente. La potenza attiva media si assesta sul valore di 9150 W, quella apparente sul 13600 W.



**Figura 40. Andamento delle misure della climatizzazione (HP\_1 + UTA\_1)**

L'assorbimento della UTA\_1 è stato monitorato durante la prova estiva ottenendo valori che si assestano su un assorbimento medio di 1060 W di potenza attiva con un fattore di potenza *cosfi* di 0,57. Il basso valore di del *cosfi* genera un assorbimento medio di potenza apparente di 1850w all'ora.

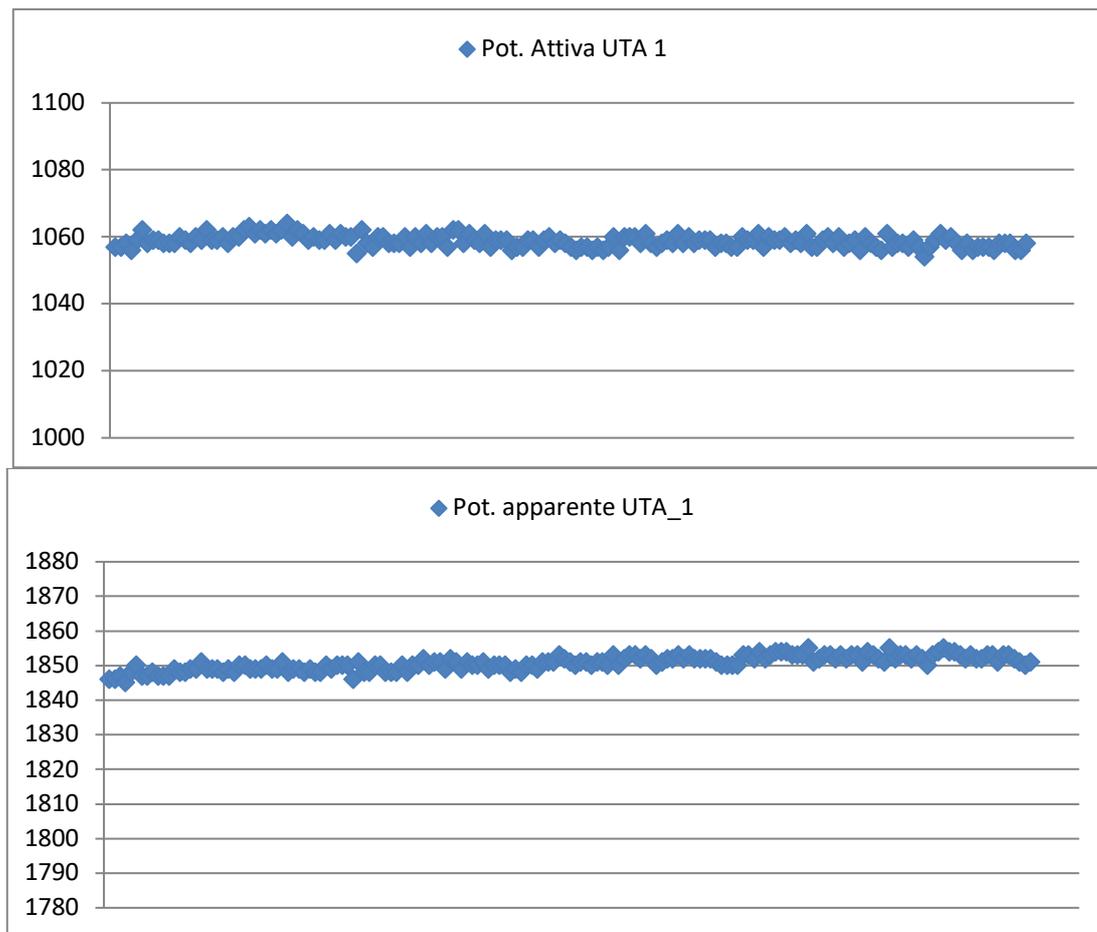


Figura 41. Andamento delle misure dei ventilatori della UTA\_1

### 5.1.3 Risultati del monitoraggio della ventilazione della sala espositiva e degli altri carichi

I ventilatori aspiratori della sala espositiva sono normalmente non utilizzati, nella documentazione di base raccolta non sono presenti i loro dati tecnici perciò si è provveduto ad effettuare una prova per stabilirne la potenza assorbita. I ventilatori sono stati attivati uno per uno attraverso il quadro presente nella sala controllo e se ne è misurato l'effetto sui consumi di base del museo relativi ad illuminazione ed altri carichi elettrici. Gli altri carichi elettrici sono rimasti costanti durante la prova e rappresentano la condizione di carico più probabile del museo: illuminazione ed apparecchiature elettriche (3 postazioni desktop, stampante, scanner,...) accese negli uffici, altra illuminazione ed installazioni espositive spente, BAR inattivo.

Le misure hanno permesso di determinare che l'assorbimento totale della ventilazione della sala espositiva sarebbe di circa 2200 W/h con un fattore di potenza medio di  $\cos\phi = 0,47$  generato dagli otto aspiratori laterali (circa 150W) e dai quattro posti nella sommità della volta (circa 250W). Il consumo di base del Museo si attesta su circa 920W, compatibile con i carichi elettrici rilevati in sede di sopralluogo.

### 5.1.4 Discussione dei risultati

I risultati della misurazione dei consumi mostrano una netta preponderanza di quelli per la climatizzazione che si assestano su una richiesta di Potenza Attiva di circa 10Kwh caratterizzata però da un  $\cos\phi$  molto basso. L'illuminazione e gli altri carichi elettrici incidono molto poco sui consumi (circa il 7%) tuttavia in caso di accensione delle installazioni espositive o in caso di utilizzo del BAR o degli altri spazi tale incidenza può aumentare notevolmente.

Durante la prova il sistema di climatizzazione può essere considerato operativo in condizioni di carico leggermente inferiori alle nominali (  $T_{\text{fluido}} = 7^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{esterna}} = 35^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{\text{ass}} = 17,5\text{kW}$ ,  $P_{\text{out.}} = 54,8\text{kW}$ ). La pompa di calore è fornita di due compressori di pari potenza con funzionamento on/off a gradini 50/50 perciò la potenza assorbita registrata durante la prova è compatibile con un funzionamento del sistema al 50% del

carico termico nominale. Nello specifico sono stati registrati gli assorbimenti dei seguenti elementi dell'impianto: compressore (Pot. Ass. di targa 8,75kw); della ventola ausiliaria (Pot. Ass. di targa = 0,7 kW); UTA\_1 (pot misurata circa 1060 W).

Dal punto di vista di consumi la prova può essere considerata solo indicativa del profilo di uso più probabile, perché le condizioni di prova dell'impianto di climatizzazione non sono completamente assimilabili al suo funzionamento abituale. Durante la prova il circuito idronico che, a detta dei dipendenti è normalmente utilizzato in continuo, era fuori servizio. La prova perciò non considera il carico elettrico ausiliare della quota dei ventilconvettori (2x 90W), ma soprattutto l'impianto risulta in funzione ad un carico termico inferiore a quello della condizione operativa più probabile. La presenza di un maggiore carico termico portato dai locali serviti dal circuito idronico potrebbe comportare l'entrata in funzione dell'altro compressore della Pompa di Calore con un raddoppio della potenza assorbita. Inoltre per definire un profilo annuo completo sarebbe necessario svolgere anche delle misurazioni in regime di riscaldamento, che purtroppo non sono state possibili per esigenze tecnico-organizzative del museo. Ulteriori considerazioni verranno effettuate a valle della modellazione energetica in sede di definizione dello scenario di non progetto. La prova ha dato la possibilità di confermare alcuni dati di targa del sistema di climatizzazione e di ricavare informazioni circa alcuni elementi impiantistici di cui non si ha documentazione. Tali informazioni sono utili per la per la modellazione energetica, e saranno di indirizzo per la definizione delle ipotesi di intervento.

L'aspetto più rilevante che è emerso è il forte assorbimento di potenza reattiva da parte dell'impianto di climatizzazione ed anche della ventilazione legato ai bassi valori di Cosfi. Tale caratteristiche dell'impianto generano degli extra costi in sede di fatturazione elettrica per una parte di energia di fatto non utilizzabile.

A fine settembre (anno 2018) il circuito idronico è stato riparato, perciò per ottenere un profilo dei consumi attendibili per la calibrazione della diagnosi sarebbe opportuno ripetere le misurazioni (invernali ed estive) o, meglio, impostare una campagna di monitoraggio di maggiore durata. Una campagna di monitoraggio di maggiore durata oltre che dare un valore più affidabile dei consumi, potrebbe valutare meglio l'adeguatezza dell'impianto circa le potenze erogate in rapporto al clima interno o durante il transitorio.

La documentazione disponibile sui sistemi impiantistici è risultata molto carente, le informazioni sono state ricavate sulla base dei dati di targa reperiti in sede di sopralluogo e dalle schede tecniche presenti in rete. Durante il sopralluogo non si sono trovate targhe ed altre informazioni riguardanti le UTA, la potenza dei ventilatori è stata ricavata dalle misurazioni di consumo, tuttavia la temperatura di immissione e la reale portata (immissione ed estrazione) sono difficilmente valutabili a priori. Inoltre dalle analisi microclimatiche emerge che il sistema appare fortemente mal regolato: la velocità dell'aria nei locali è troppo elevata e genera discomfort, i locali non raggiungono con difficoltà la temperatura di set point ed i controlli del termostato sembrano non influire sul comportamento dell'impianto. Sarebbe perciò opportuno approfondire lo studio del comportamento del sistema impiantistico indagando sulla temperatura e la portata d'aria effettiva del circuito aerulico nei locali oggetto di diagnosi.

**Tabella 29 – sintesi dei risultati delle misurazioni delle potenze**

	Pot. Att. [W]	Pot. App. [W]	Cos $\phi_T$ (DPF)
Climatizzazione Estate (HP_1 + UTA_1)	9156,41	13573,95	0,67
UTA_1	1058,71	1850,69	0,57
Illuminazione ed altri carichi elettrici abituali	920	934	0,98
Ventilazione sala espositiva	2200	4680	0,47

#### 5.1.5 Valutazione delle ipotesi di intervento sulla illuminazione

In base alle indagini effettuate sui consumi e sui profili d'uso si evince il sotto utilizzo della struttura durante il periodo invernale, dove le poche presenze dei visitatori sono concentrate nel fine settimana. Un flusso maggiore di presenze si registra in periodo primaverile – estivo, tuttavia rimane prevalentemente concentrato nei fine settimana e nei giorni festivi.

L'illuminazione è gestita in maniera molto accurata, il servizio di manutenzione del museo ha già iniziato una graduale sostituzione dei corpi illuminanti a risparmio energetico ed a fluorescenza con sistemi LED tuttavia, grazie alla abbondante illuminazione naturale la necessità di accensione è molto limitata. Il locale che presenta maggiori potenzialità di efficientamento è il BAR in quanto è servito da faretti agli alogenuri (26 faretti da 70W) sicuramente sovrabbondanti rispetto alle sue necessità di illuminazione. Tuttavia l'illuminazione è utilizzata molto di rado, in inverno il servizio BAR ed i suoi locali non sono nemmeno utilizzati, perciò qualunque intervento avrebbe alti tempi di ritorno causati dallo scarso consumo. Il servizio di illuminazione è perciò da considerare già piuttosto efficiente ed il consumo ad esso legato può essere trascurabile e rispetto a quello della climatizzazione. Non si ritiene necessario prevedere interventi di efficientamento sul servizio di illuminazione, ciò però dovrà essere rivalutato nel caso si adottino interventi di efficientamento volti a limitare il carico termico estivo tramite la schermatura dall'irraggiamento solare. Tali interventi potrebbero diminuire il livello di illuminazione naturale creando perfino un aumento dei consumi per il ricorso alla illuminazione artificiale anche negli orari diurni.

Il sistema di climatizzazione rappresenta oltre il 90% dei consumi energetici dell'edificio (energia elettrica) ed al contrario della illuminazione è gestito in maniera meno efficiente. La climatizzazione dei locali BAR ed Libreria alimentata dal circuito aeraulico è tenuta attiva anche in assenza di visitatori, inoltre le porte dei locali sono tenute spesso aperte rendendo difficile la regolazione dell'impianto e disperdendo molto calore nell'adiacente zona espositiva.

Gli interventi sulle componenti impiantistiche saranno trattati a valle della modellazione energetica, le misurazioni sui consumi effettuate hanno evidenziato la necessità di effettuare un intervento di rifasamento dell'impianto elettrico in modo da limitare la sua componente resistiva e diminuire i costi di fornitura elettrica. Dal sopralluogo effettuato si è potuto inoltre confermare che il sistema per inserire i condensatori necessari al rifasamento del sistema è già presente nel locale quadri dedicato alla fornitura energetica delle pompe di calore, ma attualmente è bypassato probabilmente per qualche inconveniente di natura tecnica. La fornitura elettrica l'altronde supera i 15kW in bassa tensione perciò è soggetta all'obbligo di rifasamento e paga una penale aggiuntiva sulla fornitura elettrica (delibera L'Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas ed il Sistema Idrico (AEEG) 778/16/R/EEL del 22 dicembre 2016).

## 5.2 Misure di comfort interno

Lo studio è stato condotto sia nelle zone caratterizzate da un uso continuativo da parte dei dipendenti (ufficio), nei locali adibiti ad attività commerciale (Libreria e BAR) e nella sala espositiva principale (museo 1). Lasciando al report inerente lo studio del microclima interno (report: *Analisi del comfort microclimatico degli edifici pubblici storici costituenti l'area Grande Miniera di Serbariu. (PAR-2017)*) il dettaglio sugli strumenti utilizzati, le metodologie adottate ed i risultati ottenuti; si riporta qui solo una sintesi dei risultati ottenuti.

### Stagione invernale

Il monitoraggio microclimatico effettuato durante alcune settimane rappresentative della stagione invernale hanno evidenziato i seguenti aspetti:

- I valori di Umidità Relativa sono molto alti in tutti gli ambienti, e non rientrano in quelli dettati assunti come comfort interno, ciò è probabilmente dovuto dalla mancanza di un sistema di controllo di questo parametro e dalle diffuse infiltrazioni meteoriche;
- Le temperature si set point sono generalmente raggiunte (19-20°) dal sistema impiantistico, la temperatura minima durante le ore di non utilizzo dell'impianto sono di circa 12 gradi per una media di 14 gradi.
- Il locali BAR e Libreria hanno un riscaldamento non uniforme al loro interno, il BAR è il locale più caldo e presenta il  $\Delta T$  giorno/notte più elevato;
- La velocità media dell'aria mostra spesso valori non adeguati, soprattutto nel locale Libreria

### Stagione estiva

Il monitoraggio microclimatico effettuato durante alcune settimane rappresentative della stagione invernale hanno evidenziato i seguenti aspetti:

- l'inadeguatezza del sistema di raffrescamento con il raggiungimento, all'interno dei locali, di temperature non omogenee e superiori ai 26 °C, soprattutto durante le ore pomeridiane del locale BAR.
- I valori di umidità relativa sono generalmente all'interno dei limiti della norma
- La velocità dell'aria è spesso molto elevata, soprattutto nel locale libreria

### Comfort interno

In accordo con i risultati dei questionari dal calcolo degli indici di benessere termico globale la stagione più critica è quella estiva, evidenziando uno scarso livello di comfort termico anche per l'ambiente ufficio. I risultati degli indici di benessere termico per la stagione invernale non sono molto negativi e perciò non sembrano rispecchiare le condizioni di disagio termico lamentate dagli occupanti. Questo può essere stato causato dal fatto che il monitoraggio è stato effettuato nei pressi della postazione di lavoro dove erano attive delle stufette termiche che localmente mitigano la temperatura.

I livelli di illuminamento sono risultati adeguati così come la qualità dell'aria all'interno degli ambienti, registrando valori di concentrazione di CO<sub>2</sub> sempre al di sotto dei 1000 ppm.

## 5.3 Misure ed indagini su elementi edilizi

L'involucro edilizio è principalmente realizzato tramite elementi lapidei di "Trachite rossa" una roccia effusiva locale particolarmente porosa di colore rossastro molto utilizzata nella zona. La particolarità di questa roccia sta nella struttura abbastanza disomogenea per la presenza più meno spiccata di vuoti, che gli conferisce un relativamente basso peso specifico ed una forte vulnerabilità alla risalita per capillarità. L'umidità delle murature fa crollare drasticamente le caratteristiche di resistenza termica dei materiali (soprattutto degli isolanti) e genera fenomeni di degrado degli intonaci e delle finiture che minano la qualità del comfort interno (odori sgradevoli, muffe, polvere, efflorescenze saline, ..) e, col tempo, possono compromettere anche l'integrità strutturale dell'edificio. Si ritiene, perciò, utile effettuare una indagine strumentale speditiva (tramite termocamera) sullo stato del degrado per risalita capillare nelle murature.

L'involucro edilizio è inoltre interessato da diffuse infiltrazioni di acqua meteorica, causate da evidenti lacune dello strato impermeabile della copertura che non necessitano di una ulteriore investigazione strumentale, in quanto particolarmente evidenti.

Un'altra criticità riferibile a questo tipo di muratura è la definizione di un valore attendibile di conducibilità termica del materiale e di trasmittanza della muratura messa in opera che siano attendibili o per lo meno inquadrabili in un range noto di variabilità. A tal fine, nell'ambito della ricerca, si è realizzato un prototipo di strumento per la misurazione dei parametri termofisici dei materiali da costruzione, che è stato utilizzato per indagare le caratteristiche del materiale lapideo utilizzato negli edifici della Grande Miniera di Serbariu e particolarmente diffuso in tutto il contesto territoriale di Carbonia.

### 5.3.1 Umidità di risalita

Per lo studio dell'umidità nella muratura si è proceduto con una indagine preliminare basata sulla osservazione in loco seguita da alcune indagini strumentali tramite analisi termografiche

L'indagine termografica è stata effettuata nei locali riscaldati dell'edificio con l'ausilio della termocamera professionale FLUKE TiS40 (Figura 42), ispezionando dall'interno tutte le pareti perimetrali alla base e nel raccordo con il soffitto. La prova è stata effettuata in un periodo rappresentativo delle condizioni invernali rigide e si è svolta nell'arco di poche ore del primo mattino che hanno mantengono un profilo termico abbastanza costante. Le temperature tipiche di questo periodo sono sui 5-7 gradi notturni e 9-12 pomeridiani (tabella 30).

**Tabella 30. Condizioni di prove con la termocamera**

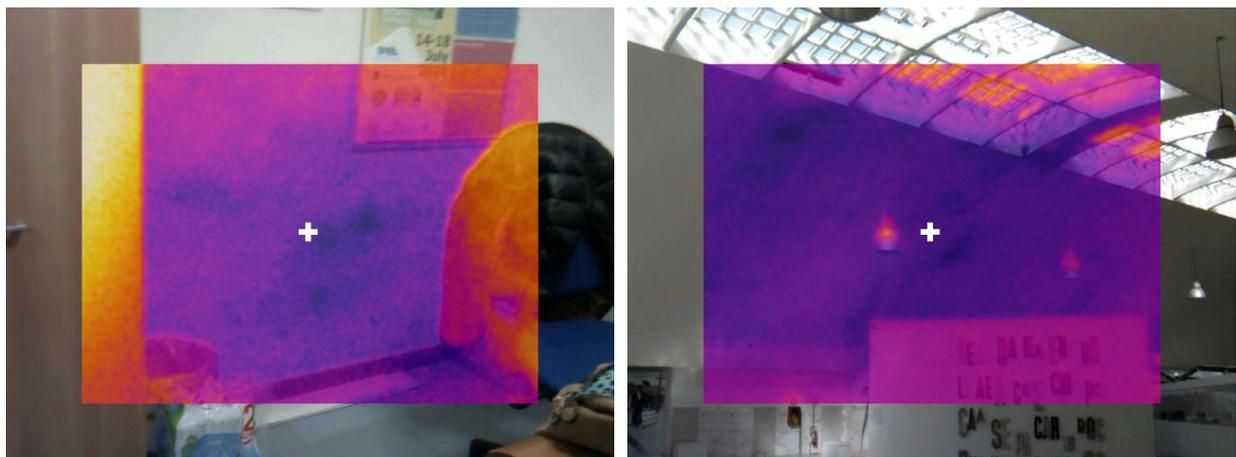
Requisito di misura	Condizioni di misura	Soddisfatto
Per almeno 24 h prima dell’inizio della prova, la Temp. Est. deve essere contenuta tra $\pm 10^{\circ}\text{C}$ la Temp. Est dell’inizio della prova	La variazione invernale di temperatura è limitata. Tnott $9^{\circ}$ / Tprova $15^{\circ}$	SI
Per almeno 24 h prima dell’inizio della prova, e durante la prova la differenza di temperatura dell’aria (interno-esterno) non deve essere minore del valore numerico di 3/U oppure mai minore di $5^{\circ}\text{C}$ .	$3U = 6^{\circ}$ T. interna $12-19^{\circ}$ Locali non riscaldati	NO
Per almeno 12 h prima dell’inizio della prova e durante la prova, le superfici dell’involucro in esame, non dovrebbero essere esposte alla radiazione solare diretta	Si sono analizzate delle murature non direttamente esposte al sole	SI
Durante la prova, le temperature dell’aria esterna ed interna non devono variare, rispetto ai valori rilevati all’inizio della prova, di oltre $\pm 5^{\circ}\text{C}$ e $\pm 2^{\circ}\text{C}$ rispettivamente.	Le temperature esterne sono variate durante la prova tra $14^{\circ} - 15^{\circ}$	SI

FLUKE TiS40		
Resolution	160x120	
Focus	Fixed	
Distance to spot	252:1	
Thermal sensitivity (NETD)	90 mK	
Temperature range	$-20^{\circ}\text{C}$ to $+350^{\circ}\text{C}$	

**Figura 42. Caratteristiche della termocamera**

**Risultati: umidità di risalita**

L’indagine visiva mostra evidenti segni di degrado dovuto all’umidità di risalita soprattutto nel paramento esterno della muratura, ma anche in alcuni setti portanti interni direttamente a contatto con il suolo. L’immagine termografica conferma la presenza di fenomeni di risalita superficiale diffusi e la forte presenza di infiltrazioni meteoriche.



**Figura 42. Immagini termografiche**

**5.3.2 Sintesi e input per il modello**

L’involucro è caratterizzato da basse prestazioni termiche, si ritiene perciò che i fenomeni di degrado presenti non siano tali da inficiarne le caratteristiche termiche in maniera rilevante per il calcolo, ma possono essere un fenomeno di degrado da non sottovalutare nell’ottica del miglioramento del comfort interno e nella valutazione delle spese di manutenzione della struttura.

## 6. Report della Modellazione energetica

Il report riporta una sintesi dei risultati della analisi energetica: per i dettagli delle formule utilizzate e dei calcoli effettuati si rimanda all'ampia letteratura tecnica esistente ed alle normative citate. Il documento si articola con i seguenti punti:

1. Sintesi dei dati di partenza utilizzati per la modellazione del sistema edificio- impianto ed i settaggi adottati per simulare la condizione d'uso attuale;
2. Sintesi dei risultati ottenuti con la modellazione semi stazionaria (UNI TS 11300) dello stato attuale in regime invernale, estivo e per ACS;
3. Discussione sui risultati

La modellazione semi stazionaria del sistema edilizio-impianto è stata realizzata utilizzando la procedura di *tailored rating* contenuta nella normativa vigente (UNI TS 11300 parti 1-2-3-4 e altre norme collegate). La normativa tecnica prevede il calcolo del *fabbisogno energetico utile invernale ed estivo* tramite un metodo semi stazionario su base mensile (UNI TS 11300 parte 1) e la stima dei rendimenti di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo e generazione dei diversi servizi del sistema edificio-impianto (Riscaldamento, Raffrescamento, Acqua Calda Sanitaria – ACS) tramite approcci tabellari (UNI 11300 – parti 2-3-4). Per effettuare il calcolo della potenza estiva invece si è fatto riferimento al metodo Carrier – Pizzetti ritenuto affidabile per il dimensionamento degli impianti nelle condizioni di picco.

Per effettuare i calcoli del modello semi stazionario si è utilizzato il software certificato "CTI Termolog Epix 9" che oltre ad eseguire i calcoli e le verifiche previste dalla normativa italiana, permette di determinare i carichi e le potenze invernali (UNI EN 12831) ed estive (Carrier- Pizzetti)..

### 6.1 Dati di ingresso e parametri del modello energetico

#### 6.1.1 Impostazione delle zone termiche

Il calcolo standard o di progetto così come definito dalle normative nazionali prevede alcune condizioni d'uso molto distanti dai profili d'uso correnti circa: il volume riscaldato, il tempo di utilizzo degli impianti e degli ambienti, le condizioni di comfort interne, il numero di utilizzatori degli spazi. Perciò nel nostro caso si adotteranno delle impostazioni specifiche per rendere il modello energetico più verosimile alle sue reali condizioni d'uso (*tailored rating*). Tuttavia i risultati verranno confrontati con quelli ottenibili con un calcolo standard (asset rating) al fine di enfatizzare le differenze.

Il volume climatizzato coincide in larga parte con quello previsto dal progetto di recupero. Esso prevedeva due zone termiche principali: una costantemente riscaldata che comprende la parte commerciale (libreria e BAR) e gli uffici (generatore HP\_1) e l'altra da riscaldare all'occorrenza coincidente con la zona conferenze (generatore HP\_2).

L'indagine svolta sui profili d'uso attuali (microclima, presenza, destinazioni d'uso) ha potuto specificare meglio le zone termiche sulla base del profilo d'uso ed il tipo di sistemi di emissione. Nello specifico i locali serviti dalla pompa di calore HP\_1 si articolano in tre zone:

- *Zona commerciale (Zona\_1)*, provvista di sistema di climatizzazione a tutt'aria (invernale, estivo) e caratterizzata da un profilo d'uso dell'impianto continuo e da un limitato numero di presenti soprattutto in inverno;
- *Uffici (Zona\_3)*, provvista di ventilconvettori (invernale, estivo) e caratterizzata da un profilo d'uso dell'impianto continuo ed un alto numero di presenti rispetto alla superficie disponibile;
- *Deposito (Zona\_3)*, provvista di ventilconvettori (invernale, estivo) e caratterizzata da un uso dell'impianto saltuario accoppiato a breve permanenza e un limitato numero di presenti.

L'area conferenza si articola su due locali (Zona\_2: ingresso, auditorium) serviti da un impianto di climatizzazione a tutt'aria ad essa dedicata (generatore HP\_2).

L'edificio si caratterizza inoltre per un ampio spazio espositivo articolato su diversi ambienti comunicanti provvisto di sola ventilazione per il ricambio d'aria (Zona 5).

Durante l'indagine l'impianto di climatizzazione della zona conferenza (HP\_2) risultava fuori servizio così come il circuito idronico (ventilconvettori fuori servizio a causa di infiltrazioni di acqua meteorica) dedicato all'ufficio ed al deposito. Tuttavia a fine della stagione estiva i ventilconvettori sono stati resi operativi e spostati dal soffitto al pavimento.

Gli le zona termiche ad uso continuo (Zona\_3: Ufficio, Zona\_1: Zona Commerciale), verranno simulati con il supporto del modello energetico, per le zone 2-5 è difficile tracciare un profilo d'uso verosimile. Il deposito verrà analizzato con un profilo d'uso di permanenza breve ma quotidiana che può fare riferimento a minori condizioni di comfort. Verranno anche proposte alcune azioni negli altri locali dell'edificio volte al miglioramento del comfort interno ed al recupero delle situazioni di degrado.

**Tabella 31. Sintesi del profilo personalizzato**

Zone termiche		Impianti				Profilo d'uso			
		Climatizzazione		Ventilazione		N° utenti		Presenza	
zona	descrizione	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva	Invernale	Estiva
Zona_1	zona commerciale	HP_1	HP_1	no	no	2-4	20	continua	continua
Zona_2	Zona conferenza	HP_2	HP_2	no	no	50	50	saltuaria_2	saltuaria_2
Zona_3	Uffici	HP_1	HP_1	no	no	2-4	2-4	continua	continua
Zona_4	Deposito	HP_1	HP_1	no	no	1	1	saltuaria_1	saltuaria_1
Zona_5	Area espositiva	no	no	no	Vent_1/2	5 - 10	20 - 400	periodica	periodica

- continua      presenza continua durante le ore di apertura del Museo
- saltuaria\_2    forte presenza ma legata ad eventi molto saltuari (conferenze)
- saltuaria\_1    presenza quotidiana di breve durata (manutenzioni, deposito materiali,..)  
presenza ricorrente (es: si concentra nei fine settimana)
- periodica      settimanale

**6.1.2 Profilo delle Temperature interne e di presenza**

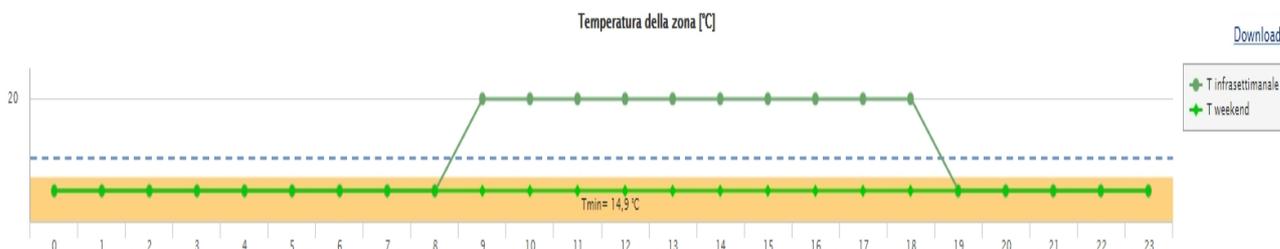
Il profilo d'uso dei sistemi di climatizzazione adottato per il tailored rating è di tipo intermittente, il sistema è acceso solo durante la presenza degli utilizzatori, ossia durante gli orari di apertura: dalle 9,00 alle 18,00 per 6/7 alla settimana in inverno, e 7/7 in estate. Le temperature in assenza di controllo climatico sono state definite sulla base delle misurazioni microclimatiche effettuate che sono servite come base per definire un valore medio per tutto il periodo di spegnimento.

**Zona riscaldata: BAR**

**Temperatura interna**

Ora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0

Temperatura media pesata: 16,1 °C

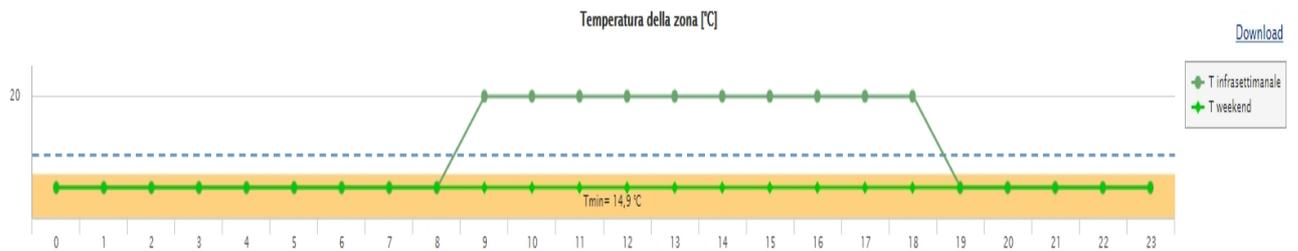


**Zona riscaldata: Libreria**

**Temperatura interna**

Ora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0

Temperatura media pesata: 16,1 °C

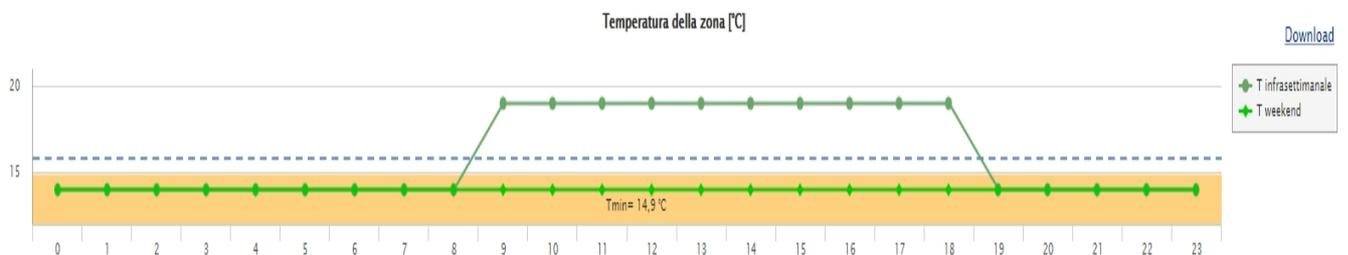


**Zona riscaldata: Ufficio**

**Temperatura interna**

Ora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	20	20	20	20	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0

Temperatura media pesata: 15,8 °C

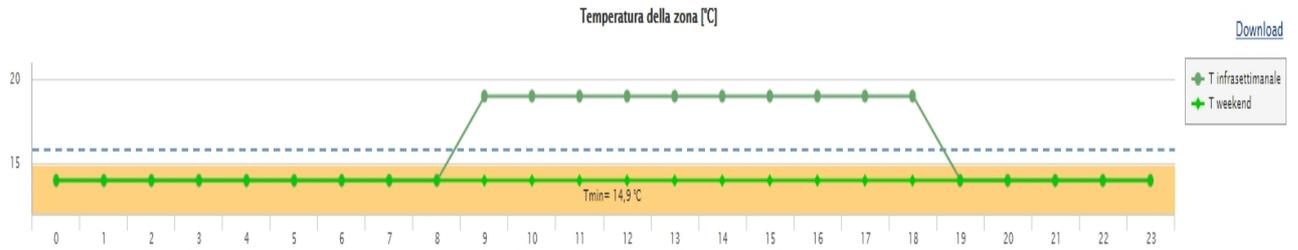


**Zona riscaldata: Deposito**

**Temperatura interna**

Ora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
T	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0

Temperatura media pesata: 15,8 °C



### 6.1.3 Settaggio della Ventilazione

Le zone termiche analizzate nella diagnosi si articolano in quattro locali: BAR e Libreria (Zona\_1), ufficio (Zona\_3), Deposito (zona 4). I locali della Zona 1 sono serviti da un impianto a tutt'aria (UTA\_1) che provvede alla ventilazione durante i periodi di climatizzazione (estate e inverno). Al di fuori di tali periodi l'impianto è usualmente spento e la ventilazione è garantita tramite lo scambio di aria naturale con il grande spazio espositivo adiacente (zona\_5). I consumi legati alla ventilazione sono quindi stati valutati negli ausiliari della UTA\_1, che grazie alle misurazioni effettuate mostrano un assorbimento di potenza di circa 1000 W/h. Si è adottato per il calcolo il volume di ricambio d'aria previsto dalla normativa per locali serviti dalla UTA (Libreria, BAR), in quanto non sono a disposizione dati progettuali sui ventilatori e sulle portate del circuito aeraulico.

I locali della zona\_1 hanno diverse porte che li mettono in comunicazione con la zona 5 che spesso vengono tenute aperte per favorire l'ingresso dei visitatori, l'apporto dei ricambi aria è stato valutato sulla base delle dimensioni delle aperture ed un profilo d'uso delle stesse (UNI EN 15242:2008). Nello specifico per calcolare il ricambio per ventilazione ( $n_{air}$ ) dato dall'aperture delle porte, si è seguita UNI EN 15242:2008, che propone:

$$n_{air} = (3.6 * 500 * A_{ow} * \mathbf{V} * 0.5) / V_n \quad [1/h]$$

con:

$A_{ow}$  = superficie apribile

$V_n$  = volume netto ambiente

Dove

$$\mathbf{V} = 0.01 + 0.001 * V_{met}^2 + 0.0035 * H_{ow} * (T_i - T_e)$$

con:

$V_{met}$  = velocità del vento

$H_{ow}$  = altezza dell'area apribile e del volume netto della zona

$T_i$  e  $T_e$  = temperatura esterna ed interna

Gli uffici (zona\_3) ed il deposito (zona\_4) sono privi di ventilazione meccanica perciò abbiamo considerato i ricambi di ventilazione naturale prescritti dalla normativa (10394). I ricambi naturali previsti per l'ufficio sono stati incrementati utilizzando le (1, 2) in quanto la porta è tenuta spesso aperta per facilitare il controllo sull'ingresso di visitatori. Il deposito invece è costantemente tenuto chiuso ed al di sotto dei ricambi d'aria prescritti.

## Zona 1

### Locale: Libreria

#### ► Dati generali e geometria del locale

Nome del locale

Superficie utile [m<sup>2</sup>]  Altezza media netta [m]  Volume netto [m<sup>3</sup>]  ?

 **Periodo riscaldamento**

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno Potenza el. ventilatori [W]  ?

Tipo di funzionamento

Tipologia di diffusore

Impianto misto aria e acqua

Funzionamento dei ventilatori

Portata di immissione  $q_{ve,sup}$   m<sup>3</sup>/h  ? (max: 2.220,7 m<sup>3</sup>/h) ?

Portata di estrazione  $q_{ve,ext}$   m<sup>3</sup>/h  ? (max: 2.220,7 m<sup>3</sup>/h) ?

Rendimento del recuperatore  $\eta_{hr,eff}$   (valore tra zero e uno)

Presente sistema di controllo di portata

Ventilatore premente con trattamento di pre-riscaldamento o pre-raffreddamento dell'aria

Temperatura immissione del flusso d'aria  °C

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Area totale delle aperture finestrate  m<sup>2</sup>

Specifica portate minime di progetto personalizzate ?

 **Periodo raffrescamento**

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno Potenza el. ventilatori [W]  ?

Tipo di funzionamento

Tipologia di diffusore

Impianto misto aria e acqua

Funzionamento dei ventilatori

Portata di immissione  $q_{ve,sup}$   m<sup>3</sup>/h  ? (max: 2.220,7 m<sup>3</sup>/h) ?

Portata di estrazione  $q_{ve,ext}$   m<sup>3</sup>/h  ? (max: 2.220,7 m<sup>3</sup>/h) ?

Rendimento del recuperatore  $\eta_{hr,eff}$   (valore tra zero e uno)

Presente sistema di controllo di portata

Ventilatore premente con trattamento di pre-riscaldamento o pre-raffreddamento dell'aria

Temperatura immissione del flusso d'aria  °C

Impianto utilizzato anche per ventilazione notturna nel periodo estivo ?

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Area totale delle aperture finestrate  m<sup>2</sup>

**Zona 1**

**Locale: BAR**

▷ **Dati generali e geometria del locale**

Nome del locale

Superficie utile [m<sup>2</sup>]  Altezza media netta [m]  Volume netto [m<sup>3</sup>]  ?

**Periodo riscaldamento**

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno Potenza el. ventilatori [W]  ?

Tipo di funzionamento

Tipologia di diffusore

Impianto misto aria e acqua

Funzionamento dei ventilatori

Portata di immissione  $q_{ve,sup}$   m<sup>3</sup>/h  [Consiglia un valore](#) ? (max: 1.876,1 m<sup>3</sup>/h) ?

Portata di estrazione  $q_{ve,ext}$   m<sup>3</sup>/h  [Consiglia un valore](#) ? (max: 1.876,1 m<sup>3</sup>/h) ?

Rendimento del recuperatore  $\eta_{hru,eff}$   (valore tra zero e uno)

Presente sistema di controllo di portata

Ventilatore premente con trattamento di pre-riscaldamento o pre-raffreddamento dell'aria

Temperatura immissione del flusso d'aria  °C

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Area totale delle aperture finestrate  m<sup>2</sup>

Specifica portate minime di progetto personalizzate ?

**Periodo raffrescamento**

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno Potenza el. ventilatori [W]  ?

Tipo di funzionamento

Tipologia di diffusore

Impianto misto aria e acqua

Funzionamento dei ventilatori

Portata di immissione  $q_{ve,sup}$   m<sup>3</sup>/h  [Consiglia un valore](#) ? (max: 1.876,1 m<sup>3</sup>/h) ?

Portata di estrazione  $q_{ve,ext}$   m<sup>3</sup>/h  [Consiglia un valore](#) ? (max: 1.876,1 m<sup>3</sup>/h) ?

Rendimento del recuperatore  $\eta_{hru,eff}$   (valore tra zero e uno)

Presente sistema di controllo di portata

Ventilatore premente con trattamento di pre-riscaldamento o pre-raffreddamento dell'aria

Temperatura immissione del flusso d'aria  °C

Impianto utilizzato anche per ventilazione notturna nel periodo estivo ?

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Area totale delle aperture finestrate  m<sup>2</sup>

### Zona 3

#### Locale: Ufficio

##### ▷ Dati generali e geometria del locale

Nome del locale  uffici singoli

Superficie utile [m<sup>2</sup>]  Altezza media netta [m]  Volume netto [m<sup>3</sup>]  ?

##### ▷ Ventilazione

Impostazioni avanzate

 H - C - V

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Area totale delle aperture finestrate  m<sup>2</sup>

Specifica portate minime di progetto personalizzate ?

### Zona 4

#### Locale Deposito

##### ▷ Dati generali e geometria del locale

Nome del locale  uffici singoli

Superficie utile [m<sup>2</sup>]  Altezza media netta [m]  Volume netto [m<sup>3</sup>]  ?

##### ▷ Ventilazione

Impostazioni avanzate

 H - C - V

E' presente un flusso d'aria prelevato dall'esterno

Sono presenti flussi d'aria provenienti da ambienti confinanti

Specifica portate minime di progetto personalizzate ?

#### 6.1.4 Impostazione del clima di riferimento

Coerentemente con l'approccio della normativa per la valutazione della performance dell'edificio si è utilizzato il profilo climatico adottato dalla normativa (UNI 10349:2016) per il comune di Carbonia.

#### Caratteristiche geografiche

Località	<b>Carbonia</b>		
Provincia	<b>Sud Sardegna</b>		
Altitudine s.l.m.			<b>111</b> m
Latitudine nord	<b>39° 9'</b>	Longitudine est	<b>8° 31'</b>
Gradi giorno			<b>922</b>
Zona climatica			<b>C</b>

#### Località di riferimento

per dati invernali	<b>Cagliari</b>
per dati estivi	<b>Cagliari</b>

#### Stazioni di rilevazione

per la temperatura	<b>Iglesias</b>
per l'irradiazione	<b>Iglesias</b>
per il vento	<b>Iglesias</b>

#### Caratteristiche del vento

Regione di vento:	<b>D</b>
Direzione prevalente	<b>Non definito</b>
Distanza dal mare	<b>&lt; 20</b> km
Velocità media del vento	<b>2,4</b> m/s
Velocità massima del vento	<b>4,7</b> m/s

#### Dati invernali

Temperatura esterna di progetto	<b>2,4</b> °C
Stagione di riscaldamento convenzionale	dal <b>15 novembre</b> al <b>31 marzo</b>

#### Dati estivi

Temperatura esterna bulbo asciutto	<b>32,1</b> °C
Temperatura esterna bulbo umido	<b>24,0</b> °C
Umidità relativa	<b>52,0</b> %
Irradianza orizzontale nel mese di massima insolazione:	<b>269</b> W/m <sup>2</sup>
Escursione termica giornaliera	<b>9</b> °C

#### Temperature esterne medie mensili

Descrizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura	°C	9,8	10,0	11,3	13,4	18,5	22,0	24,3	25,1	21,7	18,6	12,7	9,8

#### Irradianza solare media mensile

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Orizzontale	MJ/m <sup>2</sup>	6,5	8,8	13,8	17,3	19,7	23,2	22,5	20,8	16,1	9,5	5,2	5,4

## 6.2 Risultati: involucro

L'involucro delle zone termiche analizzate è principalmente costituito dalla muratura originale in trachite rossa (spessore 35cm) intonaca su due lati.

La copertura delle zone termiche è orizzontale ed è costituita dal solaio latero-cementizio che è stato recuperato con uno strato di isolamento termico (2cm EPS) e guaina bituminosa. Lo strato impermeabile e quello coibente versano attualmente in avanzato stato di degrado, non proteggendo adeguatamente la struttura.

La chiusura di base di tutte le zone termiche è costruita da una soletta latero-cementizia (originale) e confina con un locale seminterrato aperto su due lati originariamente utilizzato per il ricovero delle biciclette dei lavoratori della miniera.

Le finestre del BAR sono orientate verso sud-ovest nell'unico lato esposto all'ambiente esterno del locale; esse sono costituite da un telaio metallico e vetro singolo.

I locali dell'Ufficio e del Deposito hanno doppia esposizione (SE-SW) entrambe con apertura finestrata realizzata con telaio ligneo e vetro singolo.

Per approfondimenti sullo stato di conservazione si rimanda alle altre parti ed esse dedicate del documento (Parte I, Stato attuale) e per quanto riguarda le verifiche termo-igrometriche (paragrafo 6.8) si rimanda alla verifica dei requisiti minimi. Qui si riporta una sintesi delle caratteristiche termo-igrometriche e delle dispersioni degli elementi di fabbrica (tabella 32)

**Tabella 32. Elementi costruttivi che delimitano le zone termiche analizzate**

Codice	Descrizione	Ambiente disperdente confinante
Ch_Vert_01	Muratura portante originale in "trachite rossa" (Spessore 35 cm) con intonaci a base di calce originali restaurati.	Esterno Area espositiva (NR) Interno alla zona
Ch_Vert_02	Nuovo Tramezzo interno in laterizio forato (8cm spessore) intonacato su due lati.	Area espositiva (NR) Interno alla zona
Cop_01	Copertura orizzontale storica in solaio latero cementizio, recuperata con cappotto esterno in EPS (2cm spessore) accoppiata a guaina ardesiata.	Esterno
Base_01	Solaio latero cementizio storico con pavimentazione in marmettoni	Locale seminterrato ampiamente ventilato (esterno)
fin-01	Finestre del BAR, telaio metallico (70x70cm), vetro singolo senza schermatura.	Esterno
fin-02	Finestre dell'Ufficio e del Deposito, telaio ligneo (120x120cm), vetro singolo e veneziane interne.	Esterno
Por_01	Porte interne in vetro spessore 6 mm	Area espositiva (NR) Interno alla zona

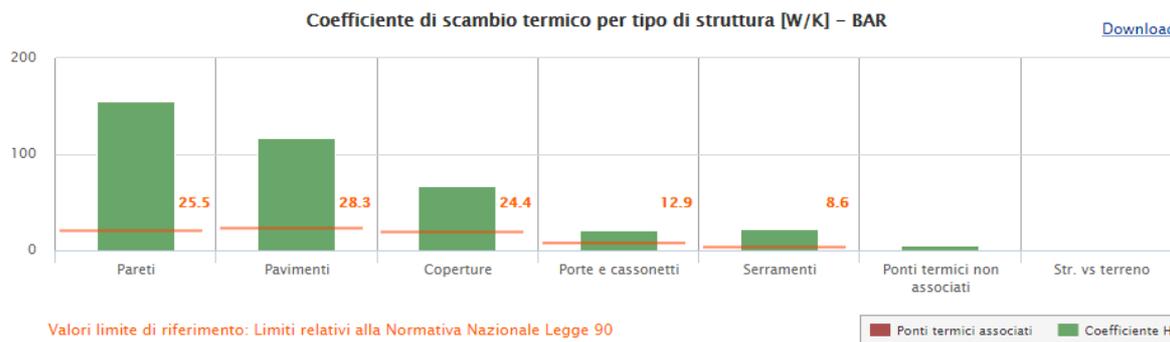
### COEFFICIENTI DI DISPERSIONE (UNI EN 12381 – 2006)

Di seguito si riportano gli elementi che costituiscono l'involucro del sistema edificio/impianto analizzato con i rispettivi valori di trasmittanza termica U. U' rappresenta la trasmittanza di un elemento opaco valutata comprendendo l'influenza degli eventuali ponti termici associati. A ciascuna voce viene associato il limite da normativa e l'esito della relativa verifica.

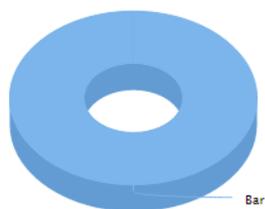
Strutture verticali opache	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite U <sub>limite</sub> W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Muro_museo_carbo - Parete 1384 (pa0011)	2,281	2,332	0,340	NO
Muro_museo_carbo - Parete 1384_int_in (pa0027)	1,892	1,892	0,340	NO
Muro_museo_carbo - Parete 1384-interno (pa0026)	1,892	1,952	0,340	NO
Tramezzo_interno (pa0030)	1,276	1,314	0,340	NO
Tramezzo_interno_INT (pa0040)	1,276	1,276	0,340	NO

Strutture orizzontali opache di pavimento	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> k)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> k)	Trasmittanza limite Ulimite W/(m <sup>2</sup> k)	Verifica
Base_01 - (Pavimento dei locali: Bar, Libreria, Uffici, Deposito)	1,573	1,573	0,380	NO
Strutture orizzontali opache di copertura	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> k)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> k)	Trasmittanza limite Ulimite W/(m <sup>2</sup> k)	Verifica
Copertura_orizz_carbo - E (co0004)	0,904	0,904	0,330	NO
Serramenti	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> k)	Trasmittanza limite Ulimite W/(m <sup>2</sup> k)	Verifica	
Fin_01 – (finestre su esterno dei locali: BAR)	5,8	2,2	NO	
Fin_02 – (finestre su esterno dei locali: Ufficio, Deposito)	4,8	2,2	NO	
Por_01 – (porte su ZnR dei locali: Libreria, BAR, Ufficio, Deposito)	3,76	2,2	NO	

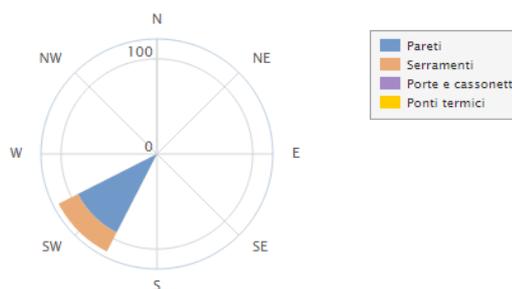
I grafici riportano per ogni locale la distribuzione del coefficiente di scambio termico [W/K] dell’involucro nel diverso tipo di struttura e per orientamento. È presente anche un confronto dello scambio termico della zona analizzata con la zona riscaldata di progetto dell’intero edificio.



**Coefficiente globale di scambio termico [W/K]** [Download](#)



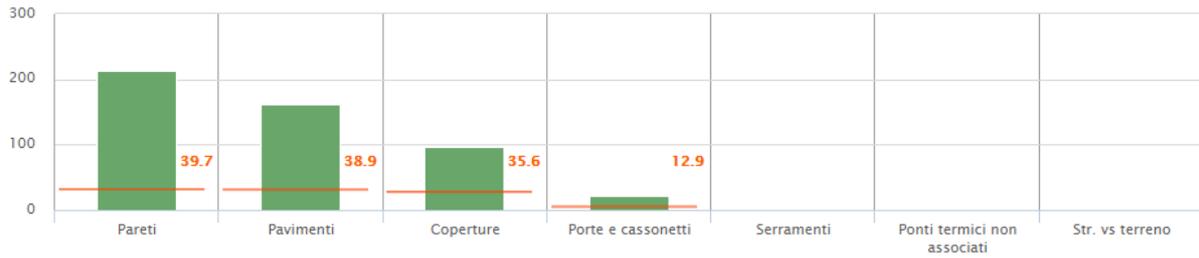
**Coefficiente di scambio termico per orientamento [W/K]** [Download](#)



**Figura 43. Grafici del Coefficiente di scambio termico**

**Coefficiente di scambio termico per tipo di struttura [W/K] – LIBRERIA**

[Download](#)

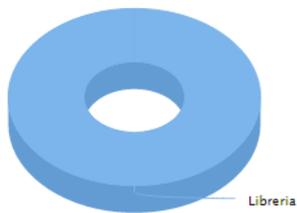


Valori limite di riferimento: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

■ Ponti termici associati ■ Coefficiente H

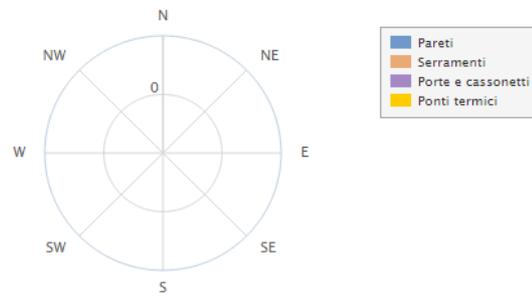
**Coefficiente globale di scambio termico [W/K]**

[Download](#)



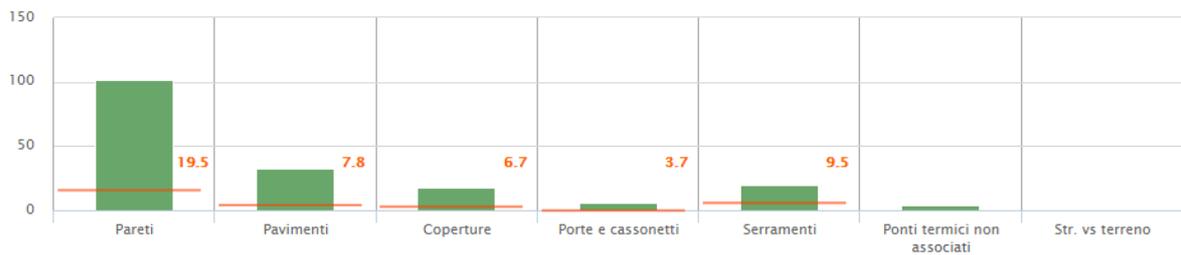
**Coefficiente di scambio termico per orientamento [W/K]**

[Download](#)



**Coefficiente di scambio termico per tipo di struttura [W/K] – UFFICIO**

[Download](#)

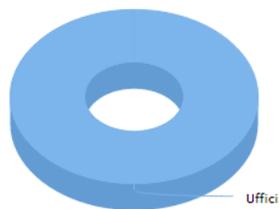


Valori limite di riferimento: Limiti relativi alla Normativa Nazionale Legge 90

■ Ponti termici associati ■ Coefficiente H

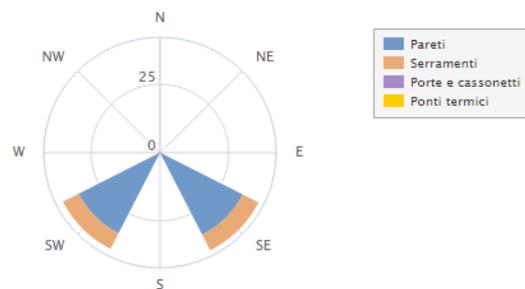
**Coefficiente globale di scambio termico [W/K]**

[Download](#)

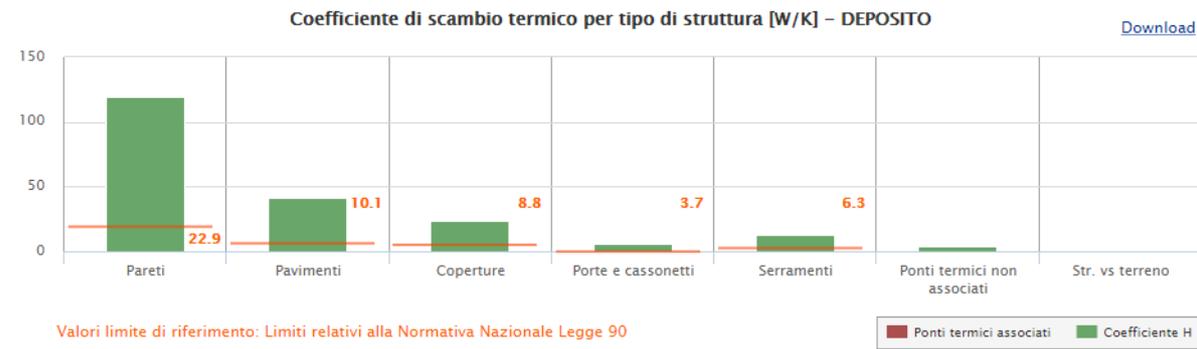


**Coefficiente di scambio termico per orientamento [W/K]**

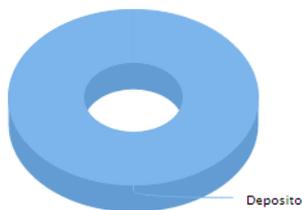
[Download](#)



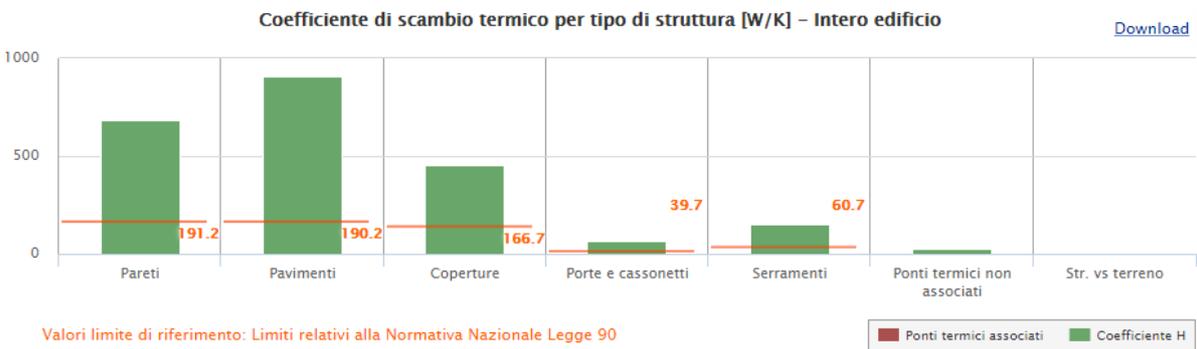
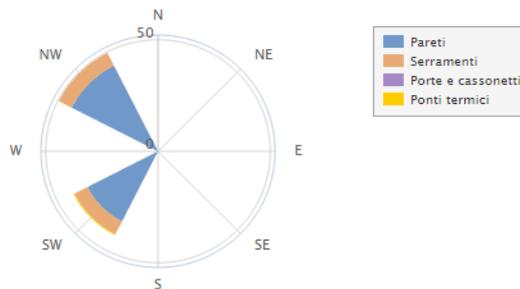
**Figura 44. Grafici del Coefficiente di scambio termico**



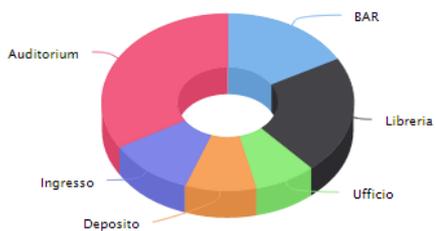
**Coefficiente globale di scambio termico [W/K]** [Download](#)



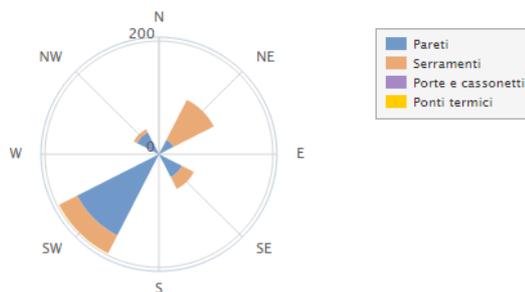
**Coefficiente di scambio termico per orientamento [W/K]** [Download](#)



**Coefficiente globale di scambio termico [W/K]** [Download](#)



**Coefficiente di scambio termico per orientamento [W/K]** [Download](#)



**Figura 45. Grafici del Coefficiente di scambio termico**

### 6.3 Risultati: fabbisogno di energia utile (UNI EN ISO 13790 e UNI TS 11300-1)

Il calcolo del *fabbisogno di energia utile* per la climatizzazione invernale ed estiva è stato effettuato secondo le normative vigenti (UNI EN ISO 13790 e UNI TS 11300-1). Si riportano i principali risultati ottenuti con il calcolo eseguito con i profili standard (Asset Rating), essi sono poi si confrontati sinteticamente con quelli ottenuti dal modello adattato all'utenza (Tailored Rating).

#### 6.3.1 Calcolo standard: Energia invernale (dettaglio mensile)

##### Zona\_1: BAR

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	31,00	137,00
Qint	kWh	465,45	420,40	465,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	240,23	465,45	2.056,97
Qsol,w	kWh	123,02	124,75	175,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,97	104,86	573,53
Qsol,op	kWh	452,66	508,71	824,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	174,99	382,52	2.343,81
Qgn	kWh	588,47	545,15	641,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	285,20	570,31	2.630,50
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	2.953,32	2.615,21	1.901,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.199,26	2.953,32	11.622,28
Qr	kWh	224,40	204,31	255,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,25	224,73	1.019,80
QH,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QH,ht	kWh	2.725,07	2.310,81	1.331,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.135,52	2.795,52	10.298,27
gamma H	-	0,22	0,24	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,20	-
etaH,gn	-	0,95	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,96	-
QH,nd	kWh	2.164,45	1.795,36	789,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	867,46	2.249,85	7.866,27

##### Zona 1: Libreria

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	31,00	137,00
Qint	kWh	550,50	497,23	550,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	284,13	550,50	2.432,86
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qsol,op	kWh	704,59	820,84	1.349,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	276,11	592,01	3.743,32
Qgn	kWh	550,50	497,23	550,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	284,13	550,50	2.432,86
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	3.750,91	3.321,49	2.414,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.523,14	3.750,91	14.761,05
Qr	kWh	282,45	257,16	321,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140,02	282,86	1.283,62
QH,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QH,ht	kWh	3.328,77	2.757,81	1.385,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.387,05	3.441,77	12.301,35
gamma H	-	0,17	0,18	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,16	-
etaH,gn	-	0,97	0,97	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,98	-
QH,nd	kWh	2.792,52	2.275,55	895,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.113,57	2.904,71	9.981,48

##### Zona 3: Ufficio

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	31,00	137,00
Qint	kWh	69,68	62,94	69,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,97	69,68	307,95
Qsol,w	kWh	68,10	69,64	92,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,56	58,45	313,46
Qsol,op	kWh	286,79	316,99	491,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	107,83	245,53	1.448,31
Qgn	kWh	137,78	132,58	162,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,52	128,13	621,41
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	1.434,26	1.270,06	923,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	582,41	1.434,26	5.644,29
Qr	kWh	118,28	107,69	134,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,64	118,45	537,54
QH,ve	kWh	55,40	49,05	35,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,49	55,40	218,00
QH,ht	kWh	1.321,15	1.109,82	602,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	555,72	1.362,58	4.951,53
gamma H	-	0,10	0,12	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,09	-
etaH,gn	-	0,98	0,97	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,98	-
QH,nd	kWh	1.186,64	981,09	454,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	496,72	1.237,05	4.356,28

**Zona 4: Deposito**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	31,00	28,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	31,00	137,00
Qint	kWh	90,40	81,65	90,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,66	90,40	399,49
Qsol,w	kWh	45,50	47,71	74,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,34	37,84	224,05
Qsol,op	kWh	251,17	283,39	461,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	97,93	212,29	1.306,77
Qgn	kWh	135,90	129,36	165,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	128,24	623,54
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	1.588,56	1.406,70	1.022,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	645,07	1.588,56	6.251,52
Qr	kWh	128,52	117,01	146,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,71	128,70	584,05
QH,ve	kWh	74,22	65,72	47,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,14	74,22	292,08
QH,ht	kWh	1.540,13	1.306,05	754,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	640,99	1.579,19	5.820,88
gamma H	-	0,09	0,10	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,08	-
etaH,gn	-	0,99	0,99	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,99	-
QH,nd	kWh	1.405,87	1.178,59	598,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	576,99	1.452,30	5.211,95

	Um	LEGENDA
nn	giorni	numero giorni di riscaldamento
Qint	kWh	apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne
Qsol,w	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetriati
Qsol,op	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi
Qgn	kWh	apporti totali di energia termica
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	scambi di energia termica totali verso esterno, terreno, ambienti non riscaldati, ambienti riscaldati adiacenti
Qr	kWh	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
QH,ve	kWh	scambio di energia termica per ventilazione nel caso di riscaldamento
QH,ht	kWh	scambio di energia termica totale nel caso di riscaldamento
gamma H	-	rapporto apporti - dispersioni
etaH,gn	-	fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica
QH,nd	kWh	fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento degli ambienti

**Ambienti confinanti**

**ZONA NON RISCALDATA: Bagni\_1**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
btr,x	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Teta U	°C	9,80	10,00	11,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,70	9,80	-
Qr	kWh	34,75	35,03	39,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,38	34,80	177,48
Qsol,i	kWh	15,05	19,52	36,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,94	12,37	90,64
Qsol,e	kWh	106,62	132,60	236,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,75	88,21	610,11

**ZONA NON RISCALDATA: Bagni\_2**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
btr,x	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Teta U	°C	9,80	10,00	11,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,70	9,80	-
Qr	kWh	38,81	39,12	44,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,27	38,86	198,18
Qsol,i	kWh	45,99	47,89	67,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,56	40,29	218,42
Qsol,e	kWh	163,33	183,22	289,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	62,58	139,59	838,45

**ZONA NON RISCALDATA: Area\_espositiva**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
btr,x	-	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	-
Teta U	°C	10,12	10,32	11,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,93	10,12	-
Qr	kWh	3.229,08	3.254,97	3.671,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.101,53	3.233,75	16.490,43
Qsol,i	kWh	25.400,32	29.187,05	47.105,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.742,43	21.350,73	132.786,47
Qsol,e	kWh	7.706,47	8.640,24	13.657,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.961,70	6.586,88	39.552,50

	Um	LEGENDA
btr,x	-	fattore di correzione dello scambio termico verso ambienti non climatizzati
Teta U	°C	temperatura dell'ambiente confinante non climatizzato
Qr	kWh	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
Qsol,i	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetriati
Qsol,e	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi

**6.3.2 Calcolo standard: Energia Estiva (dettaglio mensile)**
**Zona 1: BAR**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,00	31,00	31,00	16,00	0,00	0,00	0,00	102,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	360,35	465,45	465,45	240,23	0,00	0,00	0,00	1.531,47
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	121,15	154,62	173,70	90,98	0,00	0,00	0,00	540,45
Qsol,op	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	909,47	1.152,33	1.115,34	474,68	0,00	0,00	0,00	3.651,83
Qgn	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	481,50	620,07	639,15	331,21	0,00	0,00	0,00	2.071,92
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	836,49	492,22	260,59	527,86	0,00	0,00	0,00	2.117,16
Qr	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	283,70	363,35	367,84	164,01	0,00	0,00	0,00	1.178,89
QC,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QC,ht	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	210,72	-296,76	-486,91	217,19	0,00	0,00	0,00	-355,77
gamma C	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,29	-2,09	-1,31	1,53	0,00	0,00	0,00	-
etaC,gn	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,00	0,00	0,00	-
QC,nd	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	270,93	916,83	1.126,06	116,61	0,00	0,00	0,00	2.430,43

**Zona 1: Libreria**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,00	31,00	31,00	18,00	0,00	0,00	0,00	109,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	514,98	550,50	550,50	319,65	0,00	0,00	0,00	1.935,63
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qsol,op	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.896,40	1.981,55	1.885,84	888,63	0,00	0,00	0,00	6.652,43
Qgn	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	514,98	550,50	550,50	319,65	0,00	0,00	0,00	1.935,63
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.349,67	625,15	330,96	777,64	0,00	0,00	0,00	3.083,43
Qr	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	431,48	457,34	463,00	232,24	0,00	0,00	0,00	1.584,07
QC,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QC,ht	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-115,25	-899,06	-	121,25	0,00	0,00	0,00	-
gamma C	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,47	-0,61	-0,50	2,64	0,00	0,00	0,00	-
etaC,gn	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-
QC,nd	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	630,23	1.449,56	1.642,38	198,41	0,00	0,00	0,00	3.920,58

**Zona 3: Ufficio**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	31,00	31,00	11,00	0,00	0,00	0,00	92,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,71	69,68	69,68	24,73	0,00	0,00	0,00	206,80
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	59,58	95,13	97,66	33,85	0,00	0,00	0,00	286,22
Qsol,op	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	401,09	645,25	634,21	192,02	0,00	0,00	0,00	1.872,58
Qgn	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	102,29	164,82	167,35	58,57	0,00	0,00	0,00	493,02
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	305,09	239,04	126,55	162,56	0,00	0,00	0,00	833,25
Qr	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,38	191,52	193,89	59,43	0,00	0,00	0,00	563,23
QC,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,78	9,23	4,89	6,28	0,00	0,00	0,00	32,18
QC,ht	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,16	-205,45	-308,88	36,25	0,00	0,00	0,00	-443,92
gamma C	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99	-0,80	-0,54	1,62	0,00	0,00	0,00	-
etaC,gn	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	-
QC,nd	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,22	370,27	476,22	23,62	0,00	0,00	0,00	938,33

**Zona 4: Deposito**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
nn	giorni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	31,00	31,00	6,00	0,00	0,00	0,00	84,00
Qint	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,66	90,40	90,40	17,50	0,00	0,00	0,00	244,94
Qsol,w	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,19	102,79	97,58	15,96	0,00	0,00	0,00	271,52
Qsol,op	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	349,83	663,73	635,46	100,46	0,00	0,00	0,00	1.749,49
Qgn	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	101,85	193,19	187,97	33,45	0,00	0,00	0,00	516,46
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	275,31	264,76	140,17	89,94	0,00	0,00	0,00	770,18
Qr	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	108,32	208,09	210,67	35,22	0,00	0,00	0,00	562,30
QC,ve	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,86	12,37	6,55	4,20	0,00	0,00	0,00	35,98
QC,ht	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,66	-178,51	-278,08	28,91	0,00	0,00	0,00	-381,02
gamma C	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18	-1,08	-0,68	1,16	0,00	0,00	0,00	-
etaC,gn	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,93	0,00	0,00	0,00	-
QC,nd	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,30	371,70	466,05	6,62	0,00	0,00	0,00	899,67

	Um	LEGENDA
nn	giorni	numero giorni di raffrescamento
Qint	kWh	apporti di energia termica dovuti a sorgenti interne
Qsol,w	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetriati
Qsol,op	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi
Qgn	kWh	apporti totali di energia termica
Qd + Qg + Qu + Qa	kWh	scambi di energia termica totali verso esterno, terreno, ambienti non riscaldati, ambienti riscaldati adiacenti
Qr	kWh	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
QC,ve	kWh	scambio di energia termica per ventilazione nel caso di raffrescamento
QC,ht	kWh	scambio di energia termica totale nel caso di raffrescamento
gamma C	-	rapporto apporti - dispersioni
etaC,gn	-	fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica
QC,nd	kWh	fabbisogno ideale di energia termica per il raffrescamento degli ambienti

**Ambienti confinanti**

**ZONA NON RISCALDATA: Bagni\_1**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
btr,x	-	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	-
Teta U	°C	9,80	10,00	11,30	13,40	18,50	22,00	24,30	25,10	21,70	18,60	12,70	9,80	-
Qr	kWh	34,75	35,03	39,51	40,46	42,05	56,75	56,27	56,97	49,21	33,50	33,38	34,80	512,69
Qsol,i	kWh	15,05	19,52	36,76	49,69	62,08	71,68	71,19	62,68	44,12	25,62	13,01	12,37	483,77
Qsol,e	kWh	106,62	132,60	236,93	300,26	364,18	419,14	418,40	376,58	273,85	164,13	85,78	88,21	2.966,68

**ZONA NON RISCALDATA: Bagni\_2**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
btr,x	-	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	-
Teta U	°C	9,80	10,00	11,30	13,40	18,50	22,00	24,30	25,10	21,70	18,60	12,70	9,80	-
Qr	kWh	38,81	39,12	44,12	45,18	46,96	63,37	62,83	63,61	54,95	37,40	37,27	38,86	572,49
Qsol,i	kWh	45,99	47,89	67,69	64,90	64,86	68,43	70,75	74,70	68,52	50,15	31,05	40,29	695,22
Qsol,e	kWh	163,33	183,22	289,73	320,23	356,01	395,55	401,15	387,97	312,90	205,58	117,33	139,59	3.272,59

**ZONA NON RISCALDATA: Area\_espositiva**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
btr,x	-	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	-
Teta U	°C	10,12	10,32	11,58	13,61	18,55	21,94	24,16	24,94	21,65	18,64	12,93	10,12	-
Qr	kWh	3.229,08	3.254,97	3.671,11	3.759,56	3.907,14	5.273,04	5.228,46	5.293,18	4.572,50	3.112,36	3.101,53	3.233,75	47.636,67
Qsol,i	kWh	25.400,32	29.187,05	47.105,94	52.430,24	58.312,75	64.723,86	65.670,62	63.524,36	51.033,43	32.897,69	18.267,06	21.350,73	529.904,05
Qsol,e	kWh	7.706,47	8.640,24	13.657,21	15.147,08	16.938,17	18.869,11	19.114,61	18.375,02	14.774,77	9.723,67	5.553,19	6.586,88	155.086,43

	Um	LEGENDA
btr,x	-	fattore di correzione dello scambio termico verso ambienti non climatizzati
Teta U	°C	temperatura dell'ambiente confinante non climatizzato
Qr	kWh	extraflusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste
Qsol,i	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti vetriati
Qsol,e	kWh	apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare incidente su componenti opachi

**6.3.3 Riassunto del fabbisogno termico di involucro**

**Stagione di riscaldamento: scambi termici [kWh]**

Unità immobiliare/Zona	Qd	Qg	Qu	Qa	Qr	QH,tr	QH,ve	QH,ht
Area_commerciale/BAR	9099,8	0	2522,48	0	1019,8	10298,27	0	10298,27
Area_commerciale/Libreria	7740,52	0	7020,53	0	1283,62	12301,35	0	12301,35
Area_commerciale/Ufficio	4010,74	0	1633,56	0	537,54	4733,52	218	4951,53
Area_commerciale/Deposito	4848,63	0	1402,89	0	584,05	5528,8	292,08	5820,88
<b>Totale</b>	<b>25699,69</b>	<b>0</b>	<b>12579,46</b>	<b>0</b>	<b>3425,01</b>	<b>32861,94</b>	<b>510,08</b>	<b>33372,02</b>

**Stagione di riscaldamento: apporti gratuiti e fabbisogno ideale di energia termica [kWh]**

Unità immobiliare/Zona	Qsol,op	Qsol,w	Qi	Qgn	QH,nd
Area_commerciale/BAR	2343,81	573,53	2056,97	2630,5	7866,27
Area_commerciale/Libreria	3743,32	0	2432,86	2432,86	9981,48
Area_commerciale/Ufficio	1448,31	313,46	307,95	621,41	4356,28
Area_commerciale/Deposito	1306,77	224,05	399,49	623,54	5211,95
<b>Totale</b>	<b>8842,21</b>	<b>1111,04</b>	<b>5197,28</b>	<b>6308,31</b>	<b>27415,97</b>

**Stagione di raffrescamento: scambi termici [kWh]**

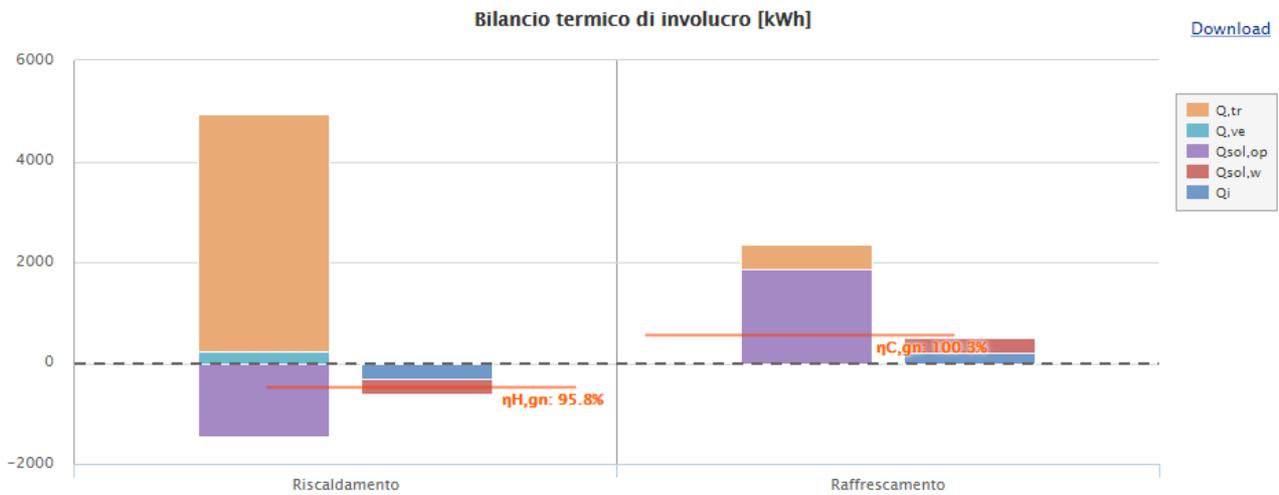
Unità immobiliare/Zona	Qd	Qg	Qu	Qa	Qr	QC,tr	QC,ve	QC,ht
Area_commerciale/BAR	1657,66	0	459,51	0	1178,89	-355,77	0	-355,77
Area_commerciale/Libreria	1616,91	0	1466,51	0	1584,07	-1984,93	0	-1984,93
Area_commerciale/Ufficio	592,09	0	241,16	0	563,23	-476,1	32,18	-443,92
Area_commerciale/Deposito	597,35	0	172,83	0	562,3	-417	35,98	-381,02
<b>Totale</b>	<b>4464,01</b>	<b>0</b>	<b>2340,01</b>	<b>0</b>	<b>3888,49</b>	<b>-3233,81</b>	<b>68,17</b>	<b>-3165,64</b>

**Stagione di raffrescamento: apporti gratuiti e fabbisogno ideale di energia termica [kWh]**

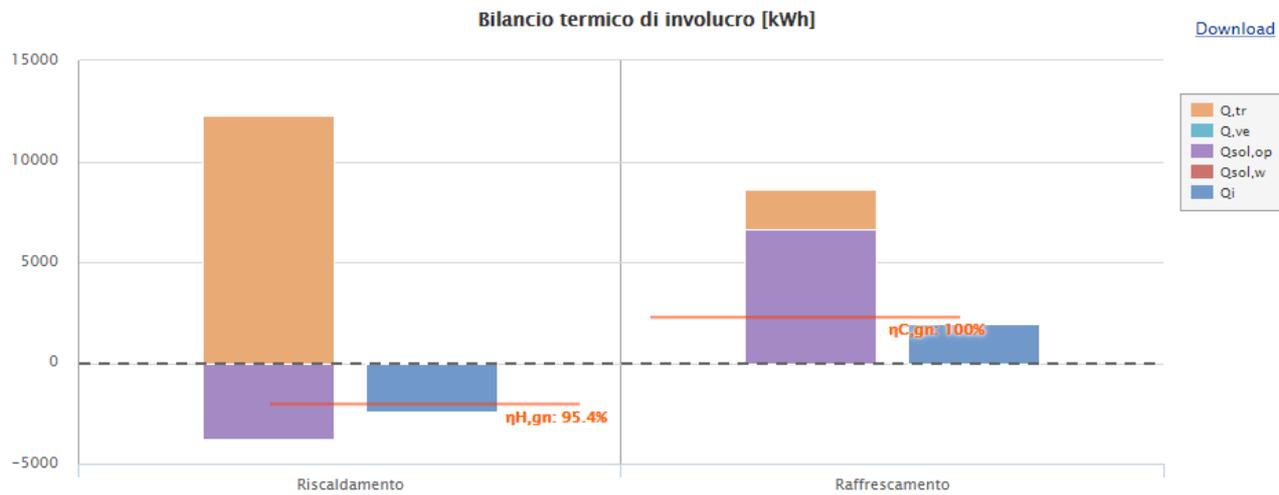
Unità immobiliare/Zona	Qsol,op	Qsol,w	Qi	Qgn	QC,nd
Area_commerciale/BAR	3651,83	540,45	1531,47	2071,92	2430,43
Area_commerciale/Libreria	6652,43	0	1935,63	1935,63	3920,58
Area_commerciale/Ufficio	1872,58	286,22	206,8	493,02	938,33
Area_commerciale/Deposito	1749,49	271,52	244,94	516,46	899,67
<b>Totale</b>	<b>13926,32</b>	<b>1098,19</b>	<b>3918,84</b>	<b>5017,03</b>	<b>8189,01</b>

**Legenda**

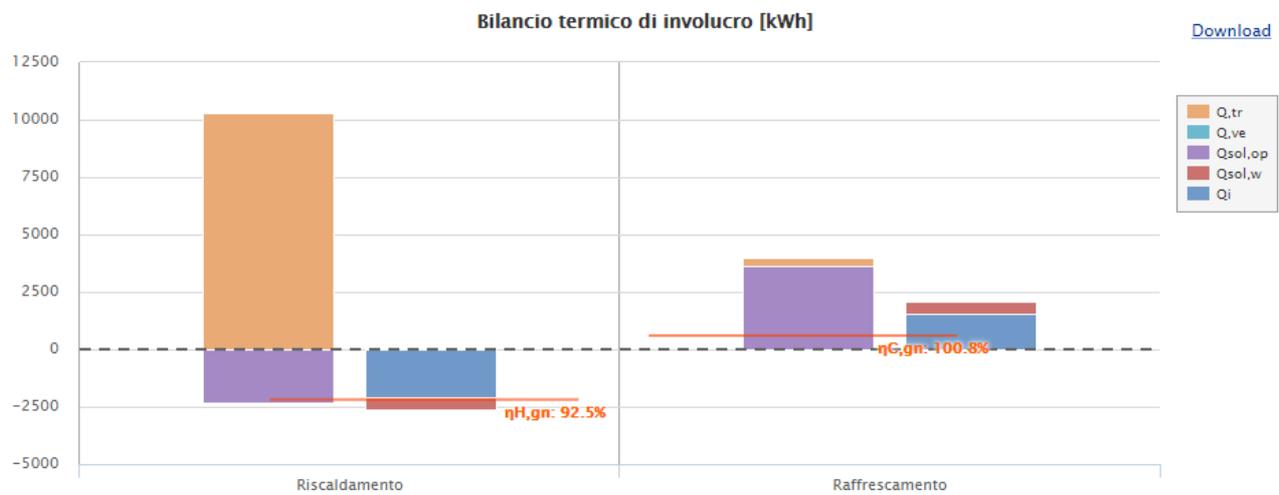
Qd	Energia scambiata per trasmissione con l'ambiente esterno
Qg	Energia scambiata per trasmissione con il terreno
Qu	Energia scambiata per trasmissione attraverso ambienti non climatizzati
Qa	Energia scambiata per trasmissione attraverso ambienti climatizzati a temperatura
Qr	Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste
QH, tr	Energia termica scambiata per trasmissione nel periodo di riscaldamento
QH,ve	Energia termica scambiata per ventilazione nel periodo di riscaldamento
QH,ht	Energia termica complessiva scambiata nel periodo di riscaldamento
Qsol,op	Energia dovuta agli apporti solari su superfici opache
Qsol,w	Energia dovuta agli apporti solari su superfici trasparenti
Qi	Energia dovuta agli apporti interni
Qgn	Energia dovuta agli apporti termici gratuiti totali
QH,nd	Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di riscaldamento
QC,tr	Energia termica scambiata per trasmissione nel periodo di raffrescamento
QC,ve	Energia termica scambiata per ventilazione nel periodo di raffrescamento
QC,ht	Energia termica complessiva scambiata nel periodo di raffrescamento
QC,nd	Fabbisogno ideale di energia termica utile per la stagione di raffrescamento



**Figura 46. Grafico dei bilanci termici dell'involucro nel locale Ufficio**



**Figura 47. Grafico dei bilanci termici dell'involucro nel locale Libreria**



**Figura 48. Grafico dei bilanci termici dell'involucro nel locale BAR**

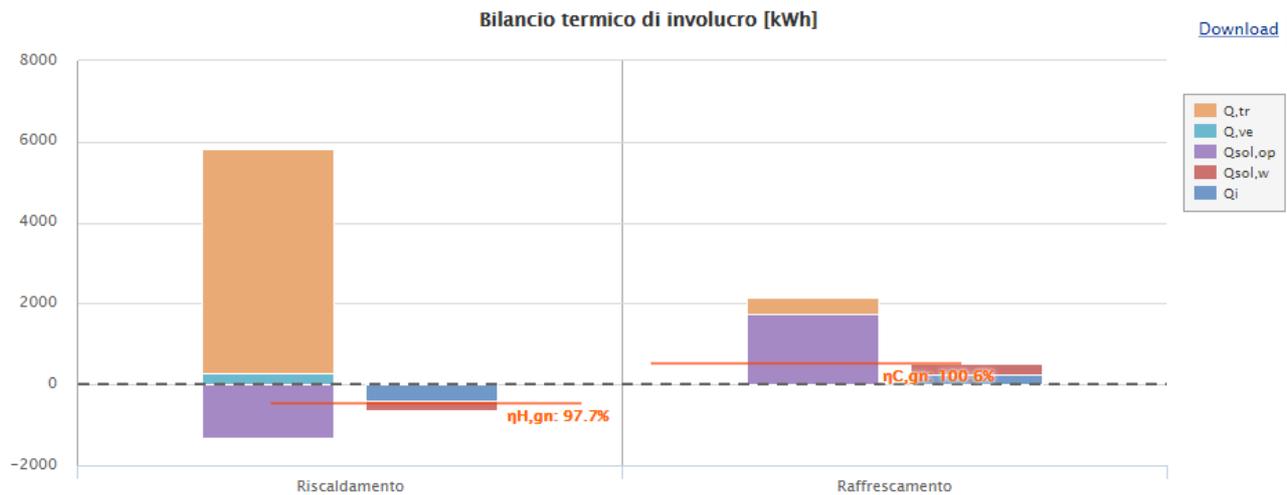


Figura 49. Grafico dei bilanci termici dell'involucro nel locale Deposito

6.3.4 Confronto Calcolo Standard e Tailored

Tabella 34. Confronto calcolo Standard e Tailored fabbisogni dell'involucro

STATO DI FATTO		Condizioni STANDARD	DIAGNOSI Condizioni TAILORED
Fabbisogni di energia termica per riscaldamento			
Durata	giorni	137,00	201
QH,tr	kWh	32.861,94	16.141,64
QH,ve	kWh	510,08	34,10
Qsol,e	kWh	8.842,21	8.772,29
Qsol,i	kWh	1.111,03	1.111,03
Qi	kWh	5.197,28	3.883,13
QH,nd	kWh	27.415,97	12.062,44
Fabbisogni di energia termica per raffrescamento			
Durata	giorni	109,00	79,00
QC,tr	kWh	-3.233,81	-263,64
QC,ve	kWh	68,17	6,86
Qsol,e	kWh	13.926,32	9.363,15
Qsol,i	kWh	1.098,20	703,74
Qi	kWh	3.918,84	2.037,34
QC,nd	kWh	8.189,02	3.028,86
Fabbisogni di energia termica per ACS			
Qh,W	kWh	3.248,48	3.248,48
EpV,nren	kWh/m <sup>2</sup>	72,37	61,19
EpV,tot	kWh/m <sup>2</sup>	89,81	75,94

#### 6.4 Fabbisogno di potenza termica invernale (UNI EN 12831)

Il calcolo delle potenze invernali è stato effettuato secondo la UNI EN 12832 ed adotta gli stessi dati di input sull'involucro della metodologia UNI 11300.

#### Dati generali

#### Dati climatici della località:

Località	<b>Carbonia</b>	
Provincia	<b>Sud Sardegna</b>	
Altitudine s.l.m.		<b>111</b> m
Gradi giorno		<b>922</b>
Zona climatica		<b>C</b>
Temperatura esterna di progetto		<b>2,4</b> °C

Locale	$S_{netta}$ m <sup>2</sup>	$V_{netto}$ m <sup>3</sup>	$\vartheta_{int,C}$ °C	$\Phi_{int,C}$ %
Bar	62,6	187,6	20	50
Libreria	92,5	222,1	20	50
Uffici	15,6	46,8	20	50
Deposito	20,3	60,8	19	50

#### Sintesi dei Risultati

##### AREA\_COMMERCIALE

Zona riscaldata	Locale	$\Delta\theta_p$	Hd	Hu	Ha	Hg	Htr	$\Phi_t$
BAR	Bar	17,6	310,466	29,739	0	0	340,205	5.987,604
Libreria	Libreria	17,6	259,189	82,77	0	0	341,959	6.018,474
Ufficio	Uffici	17,6	140,302	16,689	0	0	156,991	2.763,034
Deposito	Deposito	17,6	171,887	16,54	0	0	188,427	3.316,313

#### Dispersioni per ventilazione e potenza di ripresa

##### AREA\_COMMERCIALE

Zona riscaldata	Locale	$\Delta\theta_p$	$V_i$	Hv	$\Phi_v$	$\Phi_{rh}$
BAR	Bar	17,6	52,532	17,861	314,352	1.689,12
Libreria	Libreria	17,6	0	0	0	2.497,23
Ufficio	Uffici	17,6	23,409	7,959	140,078	421,47
Deposito	Deposito	17,6	30,421	10,343	182,039	546,75

#### Carichi termici totali

**AREA\_COMMERCIALE**

Zona riscaldata	Locale	$\Delta\theta_p$	$\Phi_t$	$\Phi_v$	$\Phi_{rh}$	$\Phi_{hl}$
BAR	Bar	17,6	5.987,604	314,352	1.689,12	7.991,076
Libreria	Libreria	17,6	6.018,474	0	2.497,23	8.515,704
Ufficio	Uffici	17,6	2.763,034	140,078	421,47	3.324,583
Deposito	Deposito	17,6	3.316,313	182,039	546,75	4.045,102
<b>Totale</b>			<b>5.154,57</b>	<b>636,47</b>	<b>5.154,57</b>	<b>23.876,47</b>

Legenda	
<b>e</b>	coefficiente di maggiorazione della dispersione in funzione dell'orientamento [%]
<b>A o lorde</b>	area delle strutture al lordo degli elementi in detrazione o lunghezza per i ponti termici [m <sup>2</sup> ] o [m]
<b>A netta</b>	area delle strutture al netto degli elementi in detrazione [m <sup>2</sup> ]
<b>U o <math>\Psi</math></b>	trasmittanza per le strutture [W/(m <sup>2</sup> k)] o trasmittanza lineica per i ponti termici [W/(mk)]
<b>Hix</b>	coefficiente di scambio termico della struttura verso l'ambiente x [W/K]
<b>btr,x</b>	fattore di riduzione equivalente dello scambio termico verso l'ambiente x [-]
<b>H</b>	coefficiente globale di scambio termico [W/K]
<b><math>\Phi_t</math></b>	potenza termica dispersa per trasmissione in condizioni di progetto [W]
<b><math>\Delta\theta_p</math></b>	salto termico di progetto verso l'esterno [°C]
<b>Hd</b>	coefficiente di scambio termico per trasmissione con l'esterno [W/K]
<b>Hu</b>	coefficiente di scambio termico per trasmissione con ambienti non climatizzati [W/K]
<b>Ha</b>	coefficiente di scambio termico con ambienti confinanti climatizzati da altro impianto [W/K]
<b>Hg</b>	coefficiente di scambio termico per trasmissione verso il terreno [W/K]
<b>Htr</b>	coefficiente di scambio termico per trasmissione [W/K]
<b>V'i</b>	portata d'aria effettiva di ventilazione per singolo locale [m <sup>3</sup> /h]
<b>Hv</b>	coefficiente di scambio termico per ventilazione [W/K]
<b><math>\Phi_v</math></b>	potenza termica dispersa per ventilazione in condizioni di progetto [W]
<b><math>\Phi_{rh}</math></b>	potenza termica di ripresa [W]
<b><math>\Phi_{hl}</math></b>	carico termico totale [W]

**6.5 Potenza estiva (secondo - Carrier Pizzetti)**

Il calcolo delle potenze estive è stato effettuato col metodo Carrier Pizzetti, ed adotta gli stessi dati di input sull'involucro della metodologia UNI 11300.

**Dati generali**

Comune: **Carbonia (SU)**  
 Zona climatica: **C**  
 Latitudine: **39°10'**  
 Stazione meteorologica di riferimento: **Iglesias (CI)**  
 Mese considerato nel calcolo: **luglio**  
 Durata di funzionamento dell'impianto di climatizzazione: **9 ore**  
 Riflettanza dell'ambiente circostante  $\rho$ : **0,2**

Locale	$S_{netta}$ m <sup>2</sup>	$V_{netto}$ m <sup>3</sup>	$\vartheta_{int,C}$ °C	$\phi_{int,C}$ %
Bar	62,6	187,6	26	50
Libreria	92,5	222,1	26	50
Uffici	15,6	46,8	26	50
Deposito	20,3	60,8	26	50

$S_{netta}$  superficie utile del locale  
 $V_{netto}$  volume netto del locale  
 $\vartheta_{int,C}$  temperatura interna a bulbo asciutto  
 $\phi_{int,C}$  umidità relativa interna

## Sintesi dei Risultati

### Area\_commerciale

Locale raffrescato	Locale	Giorno	Ora	$\Phi_{tr}$	$\Phi_{irr}$	$\Phi_{v,sen}$	$\Phi_{v,lat}$	$\Phi_{int,sen}$	$\Phi_{int,lat}$	$\Phi$
BAR	Bar	30	17:00	6.361,16	905,64	5.723,8	0	1.528,48	352	14.871,08
Libreria	Libreria	30	16:00	8.367,88	0	3.538,02	0	2.859,15	2.048,2	16.813,26
Ufficio	Uffici	30	17:00	2.573,11	184,64	132,53	0	750,8	294	3.935,08
Deposito	Deposito	30	16:00	2.582,22	363,86	71,56	0	371,8	226,25	3.615,7

Unità immobiliare	Giorno	Ora	$\Phi_{tr}$	$\Phi_{irr}$	$\Phi_{v,sen}$	$\Phi_{v,lat}$	$\Phi_{int,sen}$	$\Phi_{int,lat}$	$\Phi$
Area_commerciale	30	17:00	20.212,11	1.960,54	8.928,62	0	7.124,7	3.498,8	41.724,77

### Legenda

<b>Y</b>	Azimut solare
<b>A o l lordo</b>	Area delle strutture al lordo degli elementi in detrazione [m <sup>2</sup> ]
<b>A netta</b>	Area della struttura al netto degli elementi in detrazione [m <sup>2</sup> ]
<b>U</b>	Trasmittanza termica della struttura [W/(m <sup>2</sup> k)]
<b>btr,x</b>	Fattore di riduzione equivalente dello scambio termico verso l'ambiente x [-]
<b>H</b>	Coefficiente globale di scambio termico [W/K]
<b><math>\Delta T_e - \Delta \theta_p</math></b>	Differenza di temperatura equivalente per strutture verso esterno o salto termico di progetto per strutture verso ambienti non raffrescati [°C]
<b><math>\Phi_{tr}</math></b>	Rientrate di calore per trasmissione attraverso le strutture [W]
<b><math>\Delta \theta_p</math></b>	Salto termico di progetto verso l'esterno [°C]
<b>ggl</b>	Trasmittanza di energia solare del vetro
<b>Fshi</b>	Fattore di schermatura del serramento
<b>FF</b>	Fattore di telaio
<b>a</b>	Fattore di accumulo
<b>qv</b>	Portata d'aria esterna o di infiltrazione per singolo locale [m <sup>3</sup> /h]
<b><math>\Delta x</math></b>	Differenza tra umidità specifica esterna e umidità specifica interna al locale [g/kgaria secca]
<b>BF</b>	Fattore di by-pass dell'impianto di raffrescamento [-]
<b><math>\Phi_{v,sen}</math></b>	Carico termico sensibile derivante da aria esterna e infiltrazioni [W]
<b><math>\Phi_{v,lat}</math></b>	Carico termico latente derivante da aria esterna e infiltrazioni [W]
<b><math>\Phi_{int,sen}</math></b>	Carico termico interno (frazione sensibile) [W]
<b><math>\Phi_{int,lat}</math></b>	Carico termico interno (frazione di carico latente) [W]
<b><math>\Phi</math></b>	Carico termico di raffreddamento totale [W]

**6.6 Risultati: Fabbisogno di energia primaria**  
*Servizio climatizzazione invernale (UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4)*  
*Servizio climatizzazione estiva (UNI/TS 11300-3)*

**6.6.1 Dati di ingresso**

**Dati di ingresso: Sottosistemi di Emissione, Regolazione**  
**Stagione di riscaldamento e raffrescamento**

**Zona 1 – locali: Libreria; BAR**

Caratteristiche sottosistema di emissione: Zona 1 – locali: Libreria; BAR

Il sistema di emissione della zona 1 è costituito da semplici bocchette ad alette verticali, poste lateralmente al condotto di distribuzione dell’impianto a tutt’Aria alimentato dalla Pompa di Calore HP\_1. Il rendimento di emissione è ricavato dai prospetti forniti dalla normativa.

Tipo di terminale di erogazione	<b>Bocchette ad aria</b>	
Potenza nominale dei corpi scaldanti	<b>0</b>	W
Fabbisogni elettrici	<b>0</b>	W
Rendimento di emissione (inv/est)	<b>92,0 / 97,0</b>	%

Caratteristiche sottosistema di regolazione: Zona 1 – locali: Libreria; BAR

E’ presente un termostato di zona programmabile, situato nel locale libreria, che dovrebbe modulare la velocità di immissione d’aria e settare le temperature. Tuttavia attualmente esso non è operativo, l’unico sistema di regolazione è un pulsante on/off dell’impianto, non è possibile regolare le temperature di set point dell’impianto che a questo punto funziona a pieno regime. Le indagini microclimatiche hanno inoltre mostrato che sia nella stagione invernale che estiva l’impianto fatica a raggiungere le condizioni di comfort. Si è adottato un parametro peggiorativo rispetto al minimo della normativa per tenere conto delle condizioni dei locali.

Tipo	<b>Pulsante on/off</b>	
Caratteristiche	-	
Rendimento di regolazione (inv/est)	<b>75,0 / 75,0</b>	%

**Zona 3 – Ufficio; Zona 4- Deposito**

Caratteristiche sottosistema di emissione: Zona 3 – Ufficio; Zona 4- Deposito

Le due zone termiche sono servite da ventilconvettori (uno per zona) collegati dal circuito idronico alimentato dalla Pompa di Calore HP\_1. Il rendimento è stato determinato sulla base dei prospetti forniti dalla normativa.

Tipo di terminale di erogazione	<b>Ventilconvettori (tmedia acqua = 42,5°C)</b>	
Potenza nominale risc/raffr	<b>3500/2800</b>	W
Fabbisogni elettrici	<b>90</b>	W

Rendimento di emissione (inv/est) **95,0/98,0** %

Caratteristiche sottosistema di regolazione: Zona 3 – Ufficio; Zona 4- Deposito

La regolazione è manuale e permette solo di regolare le velocità della ventola dei fancoil e di accendere o spegnere il sistema. Considerando la sostanziale coincidenza tra zona termica e locale servito dal sistema, il rendimento si è ritenuto assimilabile a quello di una banda proporzionale poco precisa.

Tipo **Per singolo ambiente**

Caratteristiche **P banda proporzionale 2 °C**

Rendimento di regolazione (inv/est) **94,0** %

**Dati di ingresso: Sottosistema distribuzione  
Stagione di riscaldamento e raffrescamento**

**Zona 1 – locali: Libreria; BAR**

Caratteristiche sottosistema di distribuzione utenza: Zona 3 – Ufficio; Zona 4- Deposito

Le perdite del sistema di distribuzione sono state calcolate analiticamente tenendo conto dei tratti di immissione ed estrazione di aria che collegano la UTA\_01 e la zona termica. Si tratta di due canalizzazioni aerauliche a sezione rettangolare in elementi prefabbricati isolati che si trovano in larga parte a diretto contatto con l'ambiente esterno:

- immissione: lung. 10m, U = 2,58 [w/mk]
- emissione: lung. 20m, U = 2,58 [w/mk]

**Zona 3 – Ufficio; Zona 4- Deposito**

Caratteristiche sottosistema di distribuzione utenza: Zona 3 – Ufficio; Zona 4- Deposito

Le perdite del sistema di distribuzione sono state calcolate analiticamente tenendo conto dei tratti di mandata e ritorno che collegano le due zone termiche col collettore alimentato direttamente dalla Pompa di calore HP\_1. Il collettore si trova affianco alla UTA\_1 posto nella copertura direttamente sovrastante il locale Ufficio, perciò il tratto che alimenta l'ufficio è molto corto e quasi tutto sotto traccia. Al contrario le tubazioni di alimentazione del ventilconvettore del deposito sono molto più lunghe, completamente esposte agli agenti esterni ed ormai prive di isolamento termico:

- Distr. Ufficio: Tubo doppio (mand/rit), isolato e sotto traccia, lung. 3 m, U = 0,15 [w/mk]
- Distr. Deposito: Tubo doppio (mand/rit): lung. 30m, U = 1,39 [w/mk]

**Distribuzione primaria (Zona 1, Zona 2, Zona 4)**

La distribuzione primaria collega la pompa di calore HP\_1 alla UTA\_1 ed al collettore di alimentazione del circuito idronico dei ventilconvettori. Il circuito è collegato alla pompa del modulo idronico della Pompa di calore che è di potenza 800W. Le tubazioni di mandata e di ripresa sono per la maggior parte interrata e ben isolate. La parte in esterno è di circa 4m permette il salto dalla quota del terreno alla copertura dove è situata la batteria della UTA ed il circuito idronico:

- Parte interrata: Tubo doppio (mand/rit), isolato, lung. 26m, U = 0,098 [w/mk]
- Parte esterna: Tubo doppio (mand/rit): lung. 4m, U = 1,01 [w/mk]

**Dati di ingresso: Generazione riscaldamento**

Modalità di funzionamento dell'impianto:

**Funzionamento intermittente (con spegnimento)**

Giorni a settimana di funzionamento	<b>6</b> giorni
Ore giornaliere di spegnimento	<b>15,0</b> ore

**Caratteristiche sottosistema di Generazione:**

Si tratta di una pompa di calore Aria Acqua con modulo idronico, avente due compressori che gli permettono una regolazione on/off a gradini (50%).

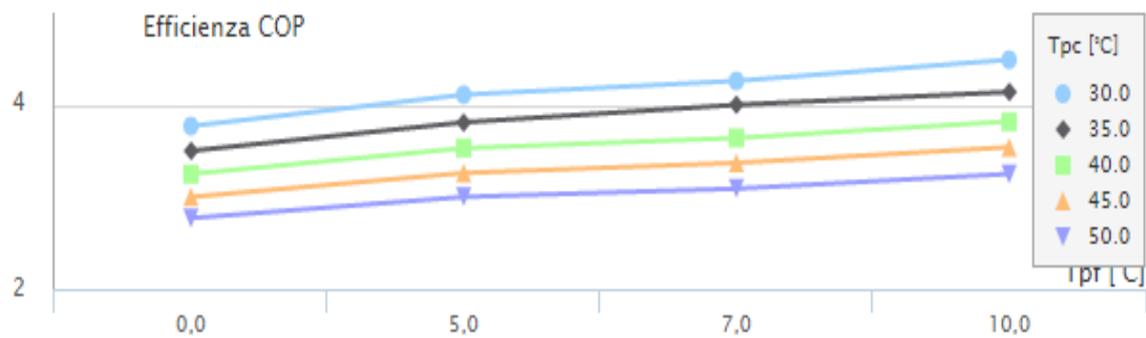
Dati generali:

Servizio	<b>Riscaldamento</b>		
Tipo di generatore	<b>Pompa di calore</b>		
Metodo di calcolo	<b>secondo UNI/TS 11300-4</b>		
Marca/Serie/Modello	<b>SystemAir - CLH S LN 202</b>		
Tipo di pompa di calore	<b>Elettrica</b>		
Temperatura di disattivazione	$\theta_{H,off}$	<b>20,0</b>	°C (per riscaldamento)
Sorgente fredda	<b>Aria esterna</b>		
Temperatura di funzionamento (cut-off)	minima	<b>-15,0</b>	°C
	massima	<b>25,0</b>	°C
Sorgente calda	<b>Acqua di impianto</b>		
Temperatura di funzionamento (cut-off)	minima	<b>10,0</b>	°C
	massima	<b>60,0</b>	°C

Prestazioni dichiarate: dati di targa da scheda tecnica

Coefficiente di prestazione	COPE	<b>3,37</b>	
Potenza utile	$P_u$	<b>58,00</b>	kW
Potenza elettrica assorbita	$P_{ass}$	<b>72,20</b>	kW
Temperatura della sorgente fredda	$\theta_f$	<b>10</b>	°C
Temperatura della sorgente calda	$\theta_c$	<b>45</b>	°C
Funzionamento	on/off a gradini	<b>50</b>	%

	0			5			7			10		
	PotE	PotA	COP									
30	51,7	13,7	3,77	60,8	14,8	4,11	64,7	15,2	4,26	71	15,8	4,49
35	49,7	14,2	3,50	58,7	15,4	3,81	63,6	15,9	4,00	68,8	16,6	4,14
40	47,5	14,6	3,25	56,5	16	3,53	60,4	16,6	3,64	66,5	17,4	3,82
45	45,3	15,1	3,00	54,1	16,6	3,26	58	17,2	3,37	64,1	18,1	3,54
50	42,9	15,5	2,77	51,6	17,2	3,00	55,4	17,9	3,09	61,5	18,9	3,25



Fattori correttivi della pompa di calore:

Fattore di correzione Cc **0,10** -

CR	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Fc	0,00	0,53	0,71	0,81	0,87	0,91	0,94	0,96	0,98	0,99	1,00

Legenda simboli

CR Fattore di carico macchina della pompa di calore  
Fc Fattore correttivo della pompa di calore

Fabbisogni elettrici:

Potenza elettrica degli ausiliari indipendenti **1000** W

Temperatura dell'acqua del generatore di calore:

Generatore a temperatura di mandata fissa **45,0** °C

Vettore energetico:

Tipo **Energia elettrica**

Fattore di conversione in energia primaria (rinnovabile)  $f_{p,ren}$  **0,470** -  
 Fattore di conversione in energia primaria (non rinnovabile)  $f_{p,nren}$  **1,950** -  
 Fattore di conversione in energia primaria  $f_p$  **2,420** -  
 Fattore di emissione di CO<sub>2</sub> **0,4600** kg<sub>CO2</sub>/kWh  
 Costo al kW euro **0,255**

**Dati di ingresso: Generazione raffrescamento**

Modalità di funzionamento dell'impianto:

**Funzionamento intermittente (con spegnimento)**

Giorni a settimana di funzionamento **7** giorni  
 Ore giornaliere di spegnimento **15,0** ore

Rendimento di Generazione:

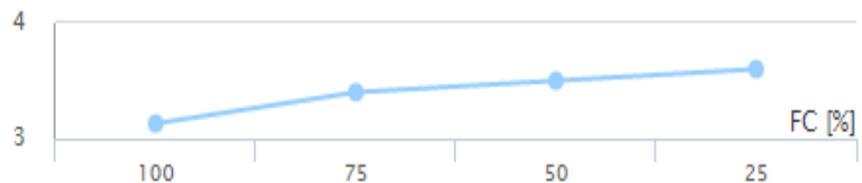
Servizio **Raffrescamento**  
 Tipo di generatore **Pompa di calore**  
 Metodo di calcolo **secondo UNI/TS 11300-3**  
  
 Marca/Serie/Modello **SystemAir - CLH S LN 202**  
 Tipo di pompa di calore **Elettrica**  
 Potenza frigorifera nominale  $\Phi_{gn,nom}$  **54,80** kW  
 Sorgente unità esterna **Aria**  
 Temperatura bulbo secco aria esterna **Medie mensili** °C  
 Sorgente unità interna **Acqua**  
 Temperatura acqua in uscita dal condensatore **7,0** °C

Prestazioni dichiarate\*:

	25			30			35			40		
	PotE	PotA	EER									
7	58,6	15	3,91	56,9	16,3	3,49	54,8	17,5	3,13	50,4	19,5	2,58
8	60	15,1	3,97	58	16,5	3,52	55,8	17,7	3,15	51,3	19,8	2,59
10	62,2	15,6	3,99	60,2	16,7	3,60	57,9	18,1	3,20	53,2	20,3	2,62
12	64,3	16	4,02	62,2	17,4	3,57	59,9	18,7	3,20	55,1	20,7	2,66

**Indici di prestazione della macchina frigorifera**

FC %	EER
100	3,130
75	3,400
50	3,500
25	3,600



Legenda simboli

Fk Fattore di carico della pompa di calore  
 EER Prestazione della pompa di calore

\*Le prestazioni dei diversi fattori di carico sono state desunte comparando i dati di targa con quelli forniti per un modello più recente della stessa marca di simile tecnologia e potenza.

Fabbisogni elettrici:

Potenza elettrica degli ausiliari **1000** W

Vettore energetico:

Tipo **Energia elettrica**

Fattore di conversione in energia primaria (rinnovabile)	$f_{p,ren}$	<b>0,470</b>	-
Fattore di conversione in energia primaria (non rinnovabile)	$f_{p,nren}$	<b>1,950</b>	-
Fattore di conversione in energia primaria	$f_p$	<b>2,420</b>	-
Fattore di emissione di CO <sub>2</sub>		<b>0,4600</b>	kgCO <sub>2</sub> /kWh

6.6.2 Sintesi dei Risultati principali

Riscaldamento EMISSIONE - REGOLAZIONE

Zona 1: BAR (sistema tutt'aria)

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MA G	GIU	LUG	AG O	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'H	kWh	2.164,4 5	1.795,3 6	789,14	0,0 0	0,00	0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	867,46	2.249,8 5	7.866,27
$\eta_e$	-	0,92	0,92	0,92	0,0 0	0,00	0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,92	0,92	-
Ql,e	kWh	188,21	156,12	68,62	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	75,43	195,64	684,02
Ql <sub>rh,aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,00
Ql,rg	kWh	784,22	650,49	285,92	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	314,30	815,16	2.850,10
$\eta_{rg}$	-	0,75	0,75	0,75	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,75	0,75	-
Q <sub>rg,in</sub>	kWh	3.136,8 8	2.601,9 8	1.143,6 9	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	1.257,1 9	3.260,6 6	11.400,3 9
FC	-	0,48	0,45	0,18	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,38	0,50	-
Q <sub>aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,00

Zona 1: Libreria (sistema tutt'aria)

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MA G	GIU	LUG	AG O	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'H	kWh	2.792,5 2	2.275,5 5	895,13	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	1.113,5 7	2.904,7 1	9.981,48
$\eta_e$	-	0,92	0,92	0,92	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,92	0,92	-
Ql,e	kWh	242,83	197,87	77,84	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	96,83	252,58	867,95
Ql <sub>rh,aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,00
Ql,rg	kWh	1.011,7 8	824,47	324,32	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	0,00	0,0 0	0,0 0	403,47	1.052,4 3	3.616,48

η,rg	-	0,75	0,75	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,75	-
Qrg,in	kWh	4.047,13	3.297,90	1.297,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.613,87	4.209,72	14.465,91
FC	-	0,45	0,41	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,47	-
Qaux,e	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Zona 3: Ufficio (sistema idronico – ventilconvettori)**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'H	kWh	1.186,64	981,09	454,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	496,72	1.237,05	4.356,28
η,e	-	0,94	0,94	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,94	-
Ql,e	kWh	75,74	62,62	29,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,71	78,96	278,06
QlRh,aux,e	kWh	66,96	60,48	66,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,56	66,96	295,92
Ql,rg	kWh	210,96	173,51	73,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	87,15	220,42	765,60
η,rg	-	0,85	0,85	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,85	-
Qrg,in	kWh	1.406,38	1.156,74	490,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	581,02	1.469,48	5.104,02
FC	-	0,46	0,42	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,48	-
Qaux,e	kWh	66,96	60,48	66,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,56	66,96	295,92

**Zona 4: Deposito (sistema idronico – ventilconvettori)**

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'H	kWh	1.405,87	1.178,59	598,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	576,99	1.452,30	5.211,95
η,e	-	0,94	0,94	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	0,94	-
Ql,e	kWh	89,74	75,23	38,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,83	92,70	332,68
QlRh,aux,e	kWh	66,96	60,48	66,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,56	66,96	295,92
Ql,rg	kWh	252,11	210,59	100,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	102,22	260,83	926,24
η,rg	-	0,85	0,85	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,85	-
Qrg,in	kWh	1.680,76	1.403,92	669,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	681,48	1.738,87	6.174,95
FC	-	0,54	0,50	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,56	-
Qaux,e	kWh	66,96	60,48	66,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,56	66,96	295,92

	Um	LEGENDA
Q'H	kWh	fabbisogno ideale netto di riscaldamento
η,e	-	rendimento del sottosistema di emissione
Ql,e	kWh	perdite del sottosistema di emissione
QlRh,aux,e	kWh	recuperi degli ausiliari elettrici del sottosistema di emissione
Ql,rg	kWh	perdite del sottosistema di regolazione

$\eta_{rg}$	-	rendimento del sottosistema di regolazione
Q <sub>rg,in</sub>	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di regolazione
FC	-	fattore di carico del sottosistema di emissione
Q <sub>aux,e</sub>	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione

### Raffrescamento EMISSIONE - REGOLAZIONE

#### Zona 1: BAR (sistema tutt'aria)

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'C	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	270,93	916,83	1.126,06	116,61	0,00	0,00	0,00	2.430,43
$\eta_e$	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>l,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,38	28,36	34,83	3,61	0,00	0,00	0,00	75,17
Q <sub>l,rh,aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q <sub>l,rg</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	93,10	315,06	386,96	40,07	0,00	0,00	0,00	835,20
$\eta_{rg}$	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>rg,in</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	372,41	1.260,24	1.547,85	160,29	0,00	0,00	0,00	3.340,80
FC	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,18	0,22	0,04	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### Zona 1: Libreria (sistema tutt'aria)

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'C	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	630,23	1.449,56	1.642,38	198,41	0,00	0,00	0,00	3.920,58
$\eta_e$	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>l,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,49	44,83	50,80	6,14	0,00	0,00	0,00	121,25
Q <sub>l,rh,aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q <sub>l,rg</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	216,57	498,13	564,39	68,18	0,00	0,00	0,00	1.347,28
$\eta_{rg}$	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>rg,in</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	866,30	1.992,52	2.257,56	272,73	0,00	0,00	0,00	5.389,11
FC	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,22	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

#### Zona 3: Ufficio (sistema idronico – ventilconvettori)

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'C	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,22	370,27	476,22	23,62	0,00	0,00	0,00	938,33
$\eta_e$	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>l,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	7,56	9,72	0,48	0,00	0,00	0,00	19,15
Q <sub>l,rh,aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q <sub>l,rg</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,28	66,68	85,75	4,25	0,00	0,00	0,00	168,97
$\eta_{rg}$	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,85	0,85	0,85	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>rg,in</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,89	444,50	571,70	28,36	0,00	0,00	0,00	1.126,45
FC	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,26	0,04	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,04	66,96	66,96	23,76	0,00	0,00	0,00	198,72

#### Zona 4: Deposito (sistema idronico – ventilconvettori)

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Q'C	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,30	371,70	466,05	6,62	0,00	0,00	0,00	899,67
$\eta_e$	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,00	0,00	0,00	-
Q <sub>l,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	7,59	9,51	0,14	0,00	0,00	0,00	18,36
Q <sub>l,rh,aux,e</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q <sub>l,rg</sub>	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,96	66,93	83,92	1,19	0,00	0,00	0,00	162,01

η,rg	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,85	0,85	0,85	0,00	0,00	0,00	-
Qrg,in	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,38	446,22	559,48	7,95	0,00	0,00	0,00	1.080,04
FC	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,25	0,02	0,00	0,00	0,00	-
Qaux,e	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,56	66,96	66,96	12,96	0,00	0,00	0,00	181,44

	Um	LEGENDA
Q'C	kWh	fabbisogno ideale netto di raffrescamento
η,e	-	rendimento del sottosistema di emissione
Ql,e	kWh	perdite del sottosistema di emissione
QlRh,aux,e	kWh	recuperi degli ausiliari elettrici del sottosistema di emissione
Ql,rg	kWh	perdite del sottosistema di regolazione
η,rg	-	rendimento del sottosistema di regolazione
Qrg,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di regolazione
FC	-	fattore di carico del sottosistema di emissione
Qaux,e	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione

**Riscaldamento - Distribuzione**

*Circuito Idronico secondario*

Ufficio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qrg,in	kWh	1.406,38	1.156,74	490,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	581,02	1.469,48	5.104,02
Ql,d	kWh	3,39	3,06	3,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	3,39	14,99
QlRh,d	kWh	3,06	2,76	3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	3,06	13,52
Qaux,lRh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd,in	kWh	1.406,71	1.157,04	490,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	581,19	1.469,81	5.105,48
Qaux,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Deposito	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qrg,in	kWh	1.680,76	1.403,92	669,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	681,48	1.738,87	6.174,95
Ql,d	kWh	283,46	261,25	326,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	189,60	283,46	1.344,62
QlRh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qaux,lRh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd,in	kWh	1.964,22	1.665,18	996,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	871,07	2.022,34	7.519,57
Qaux,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Um	LEGENDA
Qrg,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di regolazione
Ql,d	kWh	perdite del sottosistema di distribuzione
QlRh,d	kWh	perdite di distribuzione recuperate
Qaux,lRh,d	kWh	recuperi degli ausiliari elettrici del sottosistema di distribuzione
Qd,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di distribuzione
Qaux,d	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione

*Circuito Idronico primario*

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qd,out	kWh	2.804,01	2.299,71	833,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.073,08	2.925,22	9.935,80
Ql,d	kWh	5,99	5,39	5,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,87	5,99	26,01
QlRh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd,in	kWh	2.810,00	2.305,10	839,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.075,95	2.931,21	9.961,82
Qaux,d	kWh	595,20	537,60	595,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	307,20	595,20	2.630,40

	Um	LEGENDA
--	----	---------

Qd,out	kWh	fabbisogno in uscita al sottosistema di regolazione
Ql,d	kWh	perdite del sottosistema di distribuzione
Ql,rh,d	kWh	perdite di distribuzione recuperate
Qd,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di distribuzione
Qaux,d	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione

*Circuito ad Aria*

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qd,out	kWh	7.184,02	5.899,88	2.440,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.871,06	7.470,38	25.866,30
Ql,d	kWh	741,93	663,50	686,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	327,96	741,93	3.162,15
Qd,in	kWh	7.925,95	6.563,37	3.127,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.199,01	8.212,31	29.028,45
Qaux,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Um	LEGENDA
Qd,out	kWh	fabbisogno in uscita al sottosistema di regolazione
Ql,d	kWh	perdite del sottosistema di distribuzione
Qd,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di distribuzione
Qaux,d	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione

**Raffrescamento Distribuzione**

*Circuito Idronico secondario*

Ufficio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qrg,in	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,89	444,50	571,70	28,36	0,00	0,00	0,00	1.126,45
Ql,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,64	26,35	27,78	7,71	0,00	0,00	0,00	75,48
Ql,rh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qaux,lrh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd,in	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,53	470,85	599,48	36,07	0,00	0,00	0,00	1.201,93
Qaux,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

deposito	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qrg,in	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,38	446,22	559,48	7,95	0,00	0,00	0,00	1.080,04
Ql,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	443,20	856,17	902,45	250,43	0,00	0,00	0,00	2.452,25
Ql,rh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qaux,lrh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd,in	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	509,58	1.302,39	1.461,93	258,38	0,00	0,00	0,00	3.532,29
Qaux,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Um	LEGENDA
Qrg,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di regolazione
Ql,d	kWh	perdite del sottosistema di distribuzione
Ql,rh,d	kWh	perdite di distribuzione recuperate
Qaux,lrh,d	kWh	recuperi degli ausiliari elettrici del sottosistema di distribuzione
Qd,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di distribuzione
Qaux,d	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione

*Circuito Idronico primario*

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qd,out	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	605,12	1.773,25	2.061,41	294,45	0,00	0,00	0,00	4.734,22
Ql,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,87	148,50	156,52	43,44	0,00	0,00	0,00	425,32
Ql,rh,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Qd,in	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	681,99	1.921,74	2.217,93	337,88	0,00	0,00	0,00	5.159,55

Qaux,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	364,80	595,20	595,20	211,20	0,00	0,00	0,00	1.766,40
--------	-----	------	------	------	------	------	------	--------	--------	--------	--------	------	------	------	----------

	Um	LEGENDA											
Qd,out	kWh	fabbisogno in uscita al sottosistema di regolazione											
Ql,d	kWh	perdite del sottosistema di distribuzione											
QlRh,d	kWh	perdite di distribuzione recuperate											
Qd,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di distribuzione											
Qaux,d	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione											

Circuito ad Aria

	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qd,out	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.238,71	3.252,77	3.805,41	433,02	0,00	0,00	0,00	8.729,91
Ql,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	335,82	490,02	534,60	195,65	0,00	0,00	0,00	1.556,08
Qd,in	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.574,53	3.742,78	4.340,01	628,66	0,00	0,00	0,00	10.285,99
Qaux,d	kWh	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	Um	LEGENDA											
Qd,out	kWh	fabbisogno in uscita al sottosistema di regolazione											
Ql,d	kWh	perdite del sottosistema di distribuzione											
Qd,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di distribuzione											
Qaux,d	kWh	fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione											

GENERAZIONE: SystemAir - CLH LN S 202														
Riscaldamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qgn,out	kWh	19.084	16.329	11.658	0	0	0	0	0	0	0	7.928	19.491	74.490
FC,gn	-	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	-
Qgn,in	kWh	5.850	5.046	3.992	0	0	0	0	0	0	0	2.422	5.949	23.259
Qaux,gn	kWh	418	355	238	0	0	0	0	0	0	0	162	423	1.597
η,gn	-	3,26	3,24	2,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,27	3,28	3,20

Raffrescamento	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Qgn,out	kWh	0	0	0	0	0	2.509	12.743	15.773	2.710	0	0	0	33.735
FC,gn	-	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,14	0,33	0,42	0,13	0,00	0,00	0,00	-
Qgn,in	kWh	0	0	0	0	0	938	3.863	4.723	871	0	0	0	10.395
Qaux,gn	kWh	0	0	0	0	0	67	317	390	66	0	0	0	840
η,gn	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	3,30	3,34	3,11	0,00	0,00	0,00	3,25

Riscaldamento	Raffrescamento	Um	LEGENDA										
Qgn,out	Qgn,out	kWh	fabbisogno in uscita al sottosistema di generazione										
FC,gn	FC,gn	-	fattore di carico del generatore										
Qgn,in	Qgn,in	kWh	fabbisogno in ingresso al sottosistema di generazione										
Qaux,gn	Qaux,gn	kWh	fabbisogno di energia elettrica del sottosistema di generazione										
η,gn	η,gn	-	efficienza del sistema di generazione										

**BILANCIO ENERGETICO**

Fabbisogno in uscita dai generatori

Zona 1, locali: BAR Libreria														
Servizio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
H	kWh	16.780	14.481	11.324	0	0	0	0	0	0	0	7.113	17.066	66.764

Servizio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
C	kWh	0	0	0	0	0	1.827	10.821	13.555	2.372	0	0	0	28.575

Zona 3 - 4, locali: deposito e Ufficio

Servizio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
H	kWh	2.304	1.848	334	0	0	0	0	0	0	0	815	2.425	7.726

Servizio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
C	kWh	0	0	0	0	0	682	1.922	2.218	338	0	0	0	5.160

Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari

Servizio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
H	kWh	1.101	995	1.101	0	0	0	0	0	0	0	568	1.101	4.866
W	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	kWh	0	0	0	0	0	728	1.101	1.101	440	0	0	0	3.371
V	kWh	439	396	439	52	54	703	728	728	443	54	251	439	4.723

Fabbisogno in ingresso ai generatori

La separazione per locale è stata effettuata sulla del fabbisogno di energie utile

Riscaldamento	Zona 1, locali: BAR Libreria														TOTALI
Combustibile	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI	
Energia elettrica	kWh	5.032	4.365	3.668	0	0	0	0	0	0	0	2.111	5.099	20.276	

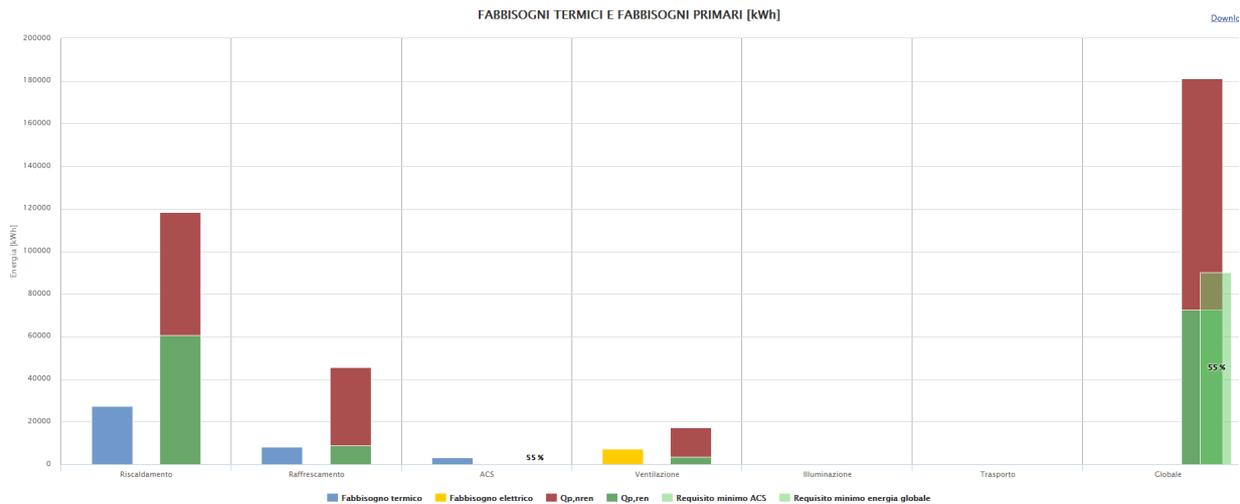
Raffrescamento

Combustibile	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Energia elettrica	kWh	0	0	0	0	0	721	3.253	4.021	761	0	0	0	8.756

Riscaldamento	Zona 3 - 4, locali: deposito e Ufficio														TOTALI
Combustibile	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI	
Energia elettrica	kWh	817	681	324	0	0	0	0	0	0	0	311	850	2.984	

Raffrescamento

Combustibile	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Energia elettrica	kWh	0	0	0	0	0	217	610	702	110	0	0	0	1.639



6.6.3 Confronto tra calcolo con profili standard e profili personalizzati

Tabella 35. Confronto calcolo Standard e Tailored

RISCALDAMENTO: fabbisogni di energia primaria ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
QpH,ren	kWh	60.476,76	42.271,07	-30,10
QpH,nren	kWh	58.037,46	45.042,26	-22,39
QpH,tot	kWh	118.514,21	87.313,33	-26,33
EpH,ren	kWh/m <sup>2</sup>	316,78	221,42	-30,10
EpH,nren	kWh/m <sup>2</sup>	304	235,93	-22,39
EpH,tot	kWh/m <sup>2</sup>	620,79	457,35	-26,33
ηH	-	0,47	0,27	-42,55
QR,H	%	51,03	48,41	-5,13
RAFFRESCAMENTO: fabbisogni di energia primaria ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
QpC,ren	kWh	8.843,28	6.157,81	-30,37
QpC,nren	kWh	36.690,21	25.548,37	-30,37
QpC,tot	kWh	45.533,49	31.706,18	-30,37
EpC,ren	kWh/m <sup>2</sup>	46,32	32,26	-30,35
EpC,nren	kWh/m <sup>2</sup>	192,19	133,82	-30,37
EpC,tot	kWh/m <sup>2</sup>	238,51	166,08	-30,37
ηC	-	0,22	0,12	-45,45
QR,C	%	19,42	19,42	0,00
VENTILAZIONE: fabbisogni di energia primaria ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
QpV,ren	kWh	2.219,90	1.913,09	-13,82
QpV,nren	kWh	9.210,24	7.937,28	-13,82

QpV,tot	kWh	11.430,14	9.850,37	-13,82
EpV,ren	kWh/m <sup>2</sup>	11,63	10,02	-13,84
EpV,nren	kWh/m <sup>2</sup>	48,24	41,58	-13,81
EpV,tot	kWh/m <sup>2</sup>	59,87	51,6	-13,81
Energia primaria globale ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
Qpgl,ren	kWh	71.539,94	50.341,97	-29,63
Qpgl,nren	kWh	103.937,91	78.527,91	-24,45
Qpgl,tot	kWh	175.477,85	128.869,88	-26,56
Epgl,ren	kWh/m <sup>2</sup>	374,73	263,69	-29,63
Epgl,nren	kWh/m <sup>2</sup>	544,43	411,33	-24,45
Epgl,tot	kWh/m <sup>2</sup>	919,17	675,03	-26,56
QR,HWC	%	42,26	40,69	-3,72
Emissioni di CO2	kg/m <sup>2</sup>	182,31	136,34	-25,22
Energia elettrica				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
Consumo teorico totale	kWh	53.301,49	40.270,72	-24,45
Consumo H	kWh	29.762,80	23.098,59	-22,39
Consumo C	kWh	18.815,49	13.101,73	-30,37
Consumo V	kWh	4.723,20	4.070,40	-13,82
Costo teorico	€	10.660,30	8.054,14	-24,45
Consumo effettivo	kWh	-	nr	-
Costo effettivo	€	-	nr	-

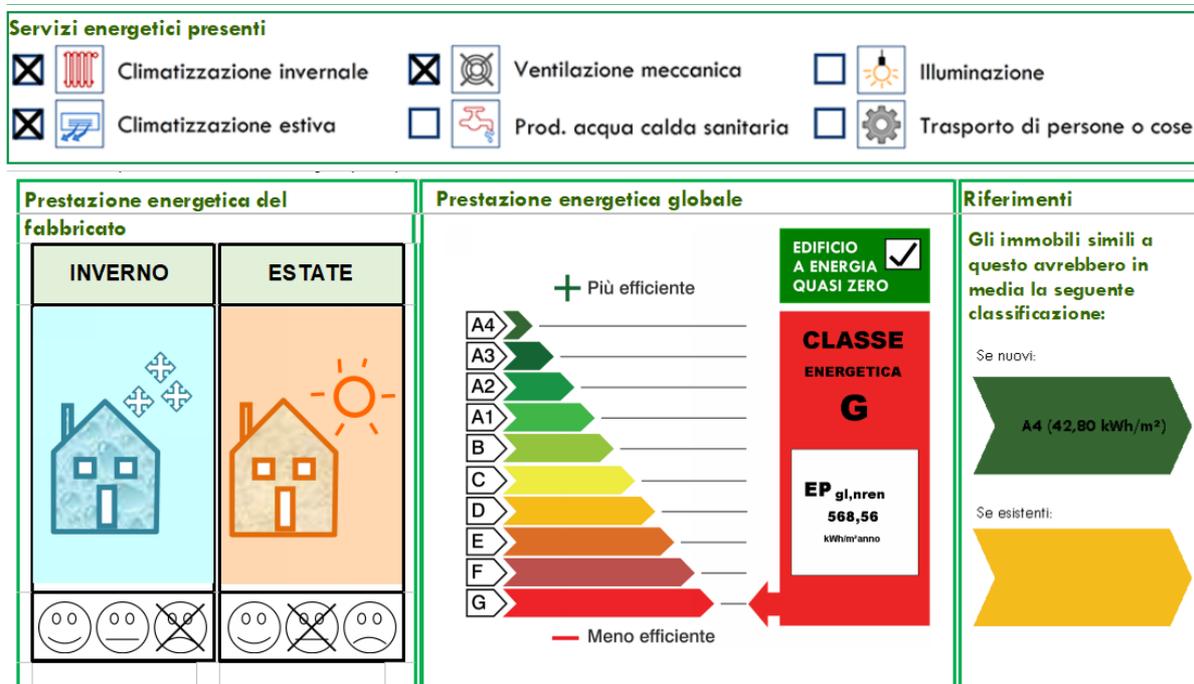
### 6.7 Risultati: Fabbisogno di energia primaria Servizio Acqua Calda Sanitaria (UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4)

L'edificio non è attualmente servito da impianti di produzione di Acqua Calda Sanitaria: sono installati due boiler elettrici ma non sono operativi. E' presente anche un riscaldatore istantaneo elettrico a servizio nel BAR, esso tuttavia è utilizzato molto di rado ed ha una incidenza trascurabile rispetto al resto dell'edificio.

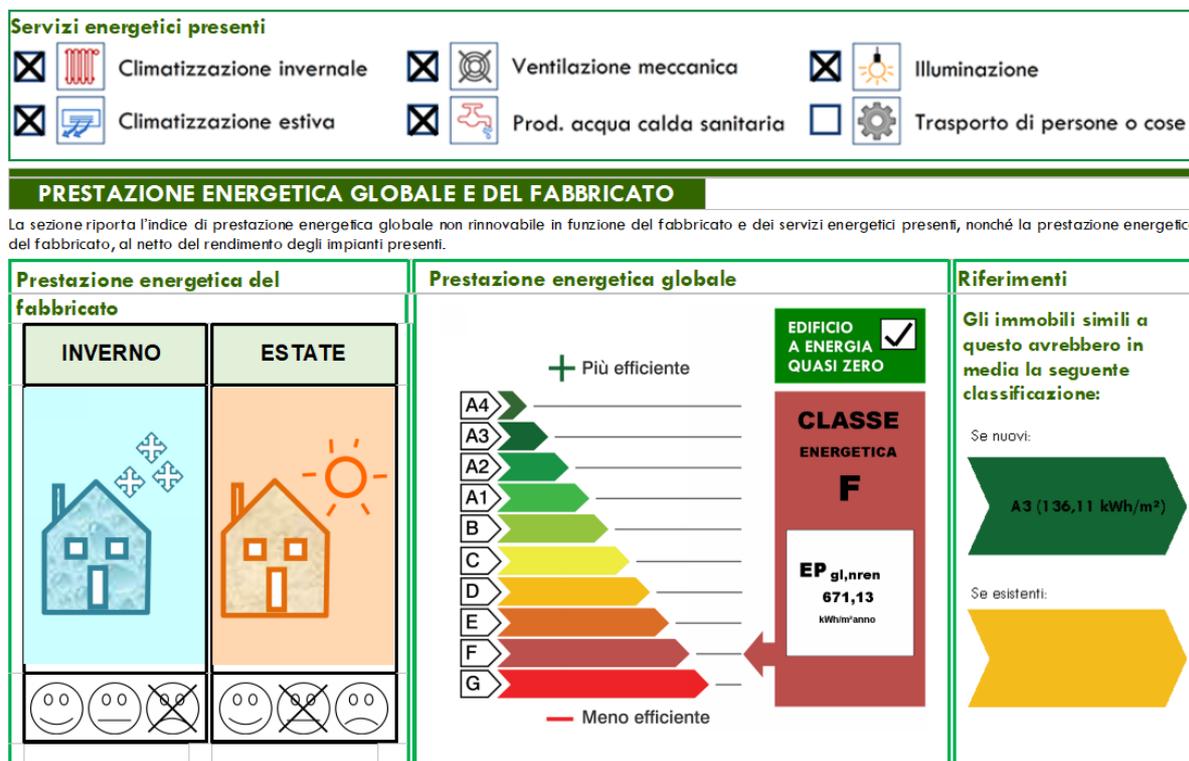
### 6.8 Risultati: Prestazione energetica e verifiche dei requisiti minimi Decreto Interm. 26 giugno 2015 – Dlgs 19 agosto 2005, n. 192 (e s.m.i.)

Al fine di indirizzare le azioni progettuali sull'edificio si sono eseguite le verifiche previste dalla normativa vigente (D.Interm. 26.06.15) per la costruzione di nuovi edifici e si è calcolata la prestazione energetica. Le verifiche non sono cogenti per l'edificio oggetto di diagnosi ma evidenziano eventuali elementi di obsolescenza prestazionale del sistema edificio – impianto rispetto agli standard attuali richiesti per la nuova edificazione. Il calcolo della prestazione energetica attuale individua in maniera sintetica l'efficienza del

sistema edificio-impianto rispetto all'edificio di riferimento adottato dalla normativa. La prima classificazione energetica tiene in considerazione solo i servizi di climatizzazione e ventilazione che nel nostro edificio sono strettamente legati per la presenza della UTA.



Si è effettuata anche una classificazione energetica dell'edificio considerando il servizio di illuminazione e di ACS almeno per i dipendenti del museo. La classificazione energetica rispetto all'edificio di riferimento risulta migliore in quanto l'illuminazione è caratterizzata da una buona efficienza.



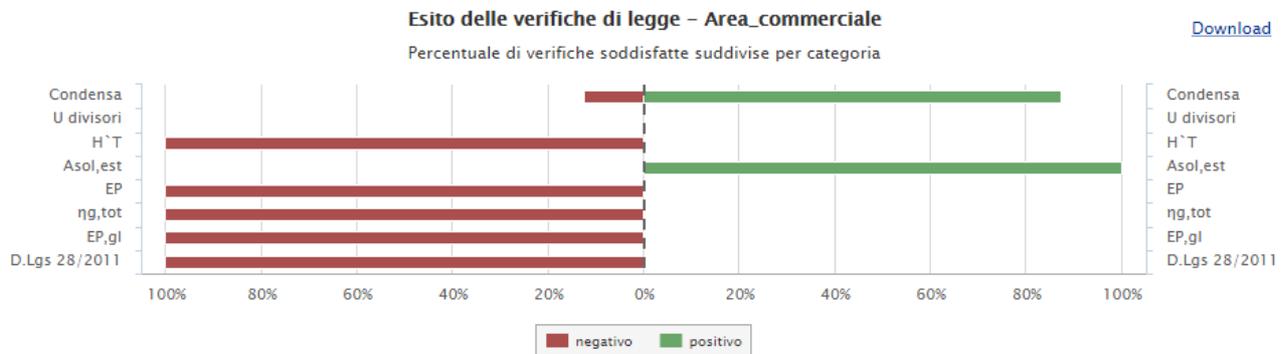
**Verifiche secondo: D.Interm. 26.06.15**

Fase

**Fase II – 1 Gennaio 2019 edifici pubblici e 1 Gennaio 2021 altri edifici**

Intervento

**Edifici di nuova costruzione**



### DETTAGLIO DELLE VERIFICHE DI LEGGE - Area\_commerciale

#### RIASSUNTO ED ESITO DELLE VERIFICHE

*Vengono mostrate solo le verifiche obbligatorie per il tipo di intervento selezionato.*

	Esito	Verificato
Condensa superficiale e interstiziale	35 / 40	<b>NO</b>
Trasmittanza partizioni interne	0 / 3	<b>NO</b>
Coefficiente medio globale di scambio termico H^T	0 / 2	<b>NO</b>
Area solare estiva equivalente per unita di superficie utile	2 / 2	<b>SI</b>
Indice di prestazione termica	0 / 2	<b>NO</b>
Efficienza media stagionale	0 / 2	<b>NO</b>
Indice di prestazione globale	0 / 1	<b>NO</b>
Prestazioni limite D.Lgs 28/2011 con fonti rinnovabili	0 / 3	<b>NO</b>
<b>NON VERIFICATO NZEB</b>		

## 6.9 Discussione dei Risultati della modellazione

In questa parte si riportano alcuni commenti sui principali risultati della modellazione energetica dello stato attuale che saranno di indirizzo per identificare le azioni progettuali. I risultati si articolano in maniera coerente con gli elementi del calcolo energetico presentati in precedenza: Involucro; Fabbisogno di energia utile potenze; Fabbisogno di energia primaria e rendimenti;

### 6.9.1 Involucro

L'involucro della zona termica (Tabella 36) è costituito prevalentemente dagli elementi di fabbrica originali recuperati fedelmente nella recente ristrutturazione dell'edificio (anno 2006). Tutti gli elementi di fabbrica si discostano notevolmente dalle prestazioni termiche richieste per l'involucro edilizio attuale. La copertura è l'unico elemento a cui è stato aggiunto uno strato di isolamento termico (2cm di EPS) che non basta limitare le perdite di calore invernali ed a raggiungere i limiti di legge, inoltre la finitura realizzata in guaina bitumata scura favorisce il surriscaldamento estivo. La copertura inoltre è anche l'elemento del corpo di fabbrica che mostra un peggiore stato di conservazione in quanto sono presenti diffusi fenomeni di infiltrazioni di acqua meteorica dovuti al distacco ed all'ammaloramento dello strato impermeabile.

Le superfici trasparenti, ad eccezione di quelle degli uffici, sono tutte prive di sistemi di oscuramento che sottopongono al locale BAR a un forte irraggiamento estivo soprattutto durante le ore pomeridiane

**Tabella 36. Involucro**

<b>Strutture verticali opache</b>	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite Ulimite W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Muro_museo_carbo - Parete 1384 (pa0011)	2,281	2,332	0,340	NO
Muro_museo_carbo - Parete 1384_int_in (pa0027)	1,892	1,892	0,340	NO
Muro_museo_carbo - Parete 1384-interno (pa0026)	1,892	1,952	0,340	NO
Tramezzo_interno (pa0030)	1,276	1,314	0,340	NO
Tramezzo_interno_INT (pa0040)	1,276	1,276	0,340	NO

<b>Strutture orizzontali opache di pavimento</b>	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite Ulimite W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Base_01 - (Pavimento dei locali: Bar, Libreria, Uffici, Deposito)	1,573	1,573	0,380	NO

<b>Strutture orizzontali opache di copertura</b>	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza corretta U' W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite Ulimite W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Copertura_orizz_carbo - E (co0004)	0,904	0,904	0,330	NO

<b>Serramenti</b>	Trasmittanza U W/(m <sup>2</sup> K)	Trasmittanza limite Ulimite W/(m <sup>2</sup> K)	Verifica
Fin_01 – (finestre su esterno dei locali: BAR)	5,8	2,2	NO
Fin_02 – (finestre su esterno dei locali: Ufficio, Deposito)	4,8	2,2	NO
Por_01 – (porte su ZnR dei locali: Libreria, BAR, Ufficio, Deposito)	3,76	2,2	NO

la verifica termo igrometrica evidenzia la possibile presenza di condensa interstiziale in tutti gli elementi di fabbrica, la temperatura critica nei ponti termici non è quasi mai verificata. Dal punto di vista del bilancio termico, l'unico pregio della struttura sembra essere la massa del materiale lapideo che garantisce una buona inerzia termica, tuttavia il metodo stazionario non è adatto a valutare con accuratezza l'impatto di tale proprietà sul fabbisogno termico.

### 6.9.2 Fabbisogno di energia utile e potenze

L'analisi del fabbisogno di energia utile mostra una zona termica fortemente sbilanciata sui carichi invernali che risultano circa tripli rispetto a quelli estivi (tabella 37).

Infatti la stagione invernale calcolata dai bilanci termici in condizione d'uso standard è molto lunga (201 gg, 16 ottobre - 4 maggio), supera quella definita dalla normativa per la Zona climatica C di riferimento (137 gg, 15 novembre- 30 marzo) fino a raggiungere aprile ed ottobre, in sostanziale accordo con le misure di microclima effettuate e con i risultati dei questionari degli utilizzatori abituali degli spazi. Il calcolo personalizzato mostra una notevole diminuzione del fabbisogno di energia termica (-55% circa di fabbisogno di energia utile) causato dall'influenza del profilo orario di apertura e di utilizzo.

La stagione estiva, calcolata secondo la normativa UNI 11300, sembra essere corta (109 gg) e caratterizzata da un basso fabbisogno termico. Il calcolo personalizzato determina un fabbisogno energetico ancora fortemente inferiore a quello Standard (-70% circa di fabbisogno di energia utile) causato dall'influenza degli orari di apertura e dall'accorciamento della stagione estiva calcolata (-30% dei giorni). Tale aspetto non trova riscontro con le condizioni registrate tramite le misurazioni e le interviste degli utenti abituali degli spazi che invece dichiarano la necessità di adoperare la climatizzazione estiva molto a lungo durante l'anno e lamentano forti fenomeni di surriscaldamento soprattutto nel BAR e nella Zona termica non climatizzata utilizzata come spazio espositivo (Museo 1, 2, 3).

La modellazione energetica ha anche messo in evidenza la forte incidenza delle dispersioni per ventilazione nell'Ambiente "Ingresso" causate dalla continua apertura delle grandi porte di alcuni locali (BAR, Libreria, Uffici) e dalle ingenti portate d'aria della Zona 1.

Le potenze di progetto invernali ed estive relative alla zona termica ammontano a circa 24 kWh per l'impianto di riscaldamento e 40kWh per quello di raffrescamento. I ventilconvettori sembrano essere leggermente sotto dimensionati per i locali che servono (deposito, ufficio) ed hanno una richiesta di potenza simile tra

inverno ed estate. Il generatore ha potenze nominali superiori al carico termico richiesto (Pot nom inv = 58,0 kWh; Pot nom est 54,8 kWh) è in grado di soddisfare le potenze di picco richieste ma risulta sovradimensionato rispetto al fabbisogno mensile, soprattutto quello estivo.

**Tabella 37. Confronto calcolo Standard e Tailored**

Locale	$\Phi_{hl}$	$\Delta\theta_p$	$\Phi_{cl}$	Ora	Giorno	Pot inv	Pot est
Bar	7.991	17,6	14.871	17:00	30-lug		
Libreria	8.516	17,6	16.813	16:00	30-lug		
Uffici	3.325	17,6	3.935	17:00	30-lug	3500	2800
Deposito	4.045	17,6	3.616	16:00	30-lug	3500	2800
<b>tot</b>	<b>23.876</b>		<b>39.235</b>				

- $\Phi_{hl}$  Carico termico riscaldamento
- $\Delta\theta_p$  salto termico
- $\Phi_{cl}$  carico termico raffrescamento
- Ora ora massimo carico termico
- Giorno giorno massimo carico termico
- Pot inv Potenza nominale del terminale invernale
- Pot est Potenza nominale del terminale estiva

### 6.9.3 Fabbisogno di energia primaria e rendimenti

La prestazione globale dell'edificio considerando solo i servizi di climatizzazione e ventilazione è molto bassa (468 kWh/mq annui) si assesta nella classe G. Considerando anche l'illuminazione la classe energetica (671 kWh/mq annui) migliora rispetto all'edificio di riferimento in quanto i corpi illuminanti sono tutti a fluorescenza e sono utilizzati molto poco durante l'orario di apertura, portando l'edificio in classe F.

Gli impianti sono caratterizzati dai bassi rendimenti stagionali (tabella 38) causati dalle perdite di efficienza dei suoi sottosistemi. Ciò è da imputare alla dispersione dei circuiti di distribuzione, soprattutto quello aerulico e le tubazioni a servizio del locale Deposito, ed alla mancanza di un efficace sistema di regolazione.

**Tabella 38. Rendimenti stagionali dei sottosistemi impiantistici**

<i>sottosistemi Impiantistici</i>	<i>Circuito Aerulico</i>	<i>Cicuito idronico</i>	
	<i>BAR/Libreria</i>	<i>Ufficio</i>	<i>Deposito</i>
rendimento emissione (inv/est)	0,92 / 0,97	0,94 / 0,98	0,94 / 0,98
rendimento regolazione (inv/est)	0,75 / 0,75	0,85 / 0,85	0,85 / 0,85
rendimento distribuzione (inv/est)	0,88 / 0,85	0,99 / 0,93	0,82 / 0,35
rendimento generazione (COP/EER)	3,20 / 3,25		

Il calcolo in regime personalizzato (Tabella 39) mostra una forte diminuzione dei fabbisogni di energia primaria dell'involucro rispetto alla condizione di asset rating (circa il 55%, per il riscaldamento, 63% per il raffrescamento). Il fabbisogno di energia primaria però diminuisce in maniera non proporzionale (diminuzione di circa il 25%) a causa del peggioramento delle efficienze stagionali legate al funzionamento a carico parziale delle pompe di calore. I risultati, tuttavia, sono da considerare rappresentativi solo di una situazione teorica in quanto non sono disponibili i dati di scheda tecnica per i funzionamenti a carico parziale della pompa, ed inoltre i valori di efficienza sono stati calcolati sul fabbisogno di potenza estiva che probabilmente è sottostimato rispetto alla situazione reale.

**Tabella 39. Confronto calcolo Standard e Tailored**

Fabbisogni di energia termica per riscaldamento				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
Durata	giorni	137	201	46,72
QH,tr	kWh	32.861,94	16.370,16	-50,19
QH,ve	kWh	510,08	97,67	-80,85
Qsol,e	kWh	8.842,21	8.812,10	-0,34
Qsol,i	kWh	1.111,03	1.111,03	0,00
Qi	kWh	5.197,28	4.471,68	-13,96
QH,nd	kWh	27.415,97	11.928,81	-56,49
Fabbisogni di energia termica per raffrescamento				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
Durata	giorni	109	75	-31,19
QC,tr	kWh	-3.233,81	-263,64	-91,85
QC,ve	kWh	68,17	6,86	-89,94
Qsol,e	kWh	13.926,32	9.363,15	-32,77
Qsol,i	kWh	1.098,20	703,74	-35,92
Qi	kWh	3.918,84	2.037,34	-48,01
QC,nd	kWh	8.189,02	3.028,86	-63,01
RISCALDAMENTO: fabbisogni di energia primaria ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
QpH,ren	kWh	60.476,76	42.271,07	-30,10
QpH,nren	kWh	58.037,46	45.042,26	-22,39
QpH,tot	kWh	118.514,21	87.313,33	-26,33
EpH,ren	kWh/m <sup>2</sup>	316,78	221,42	-30,10
EpH,nren	kWh/m <sup>2</sup>	304	235,93	-22,39
EpH,tot	kWh/m <sup>2</sup>	620,79	457,35	-26,33
ηH	-	0,47	0,27	-42,55
QR,H	%	51,03	48,41	-5,13
RAFFRESCAMENTO: fabbisogni di energia primaria ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
QpC,ren	kWh	8.843,28	6.157,81	-30,37
QpC,nren	kWh	36.690,21	25.548,37	-30,37
QpC,tot	kWh	45.533,49	31.706,18	-30,37
EpC,ren	kWh/m <sup>2</sup>	46,32	32,26	-30,35
EpC,nren	kWh/m <sup>2</sup>	192,19	133,82	-30,37
EpC,tot	kWh/m <sup>2</sup>	238,51	166,08	-30,37
ηC	-	0,22	0,12	-45,45

QR,C	%	19,42	19,42	0,00
VENTILAZIONE: fabbisogni di energia primaria ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
QpV,ren	kWh	2.219,90	1.913,09	-13,82
QpV,nren	kWh	9.210,24	7.937,28	-13,82
QpV,tot	kWh	11.430,14	9.850,37	-13,82
EpV,ren	kWh/m <sup>2</sup>	11,63	10,02	-13,84
EpV,nren	kWh/m <sup>2</sup>	48,24	41,58	-13,81
EpV,tot	kWh/m <sup>2</sup>	59,87	51,6	-13,81
Energia primaria globale ed efficienza				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
Qpgl,ren	kWh	71.539,94	50.341,97	-29,63
Qpgl,nren	kWh	103.937,91	78.527,91	-24,45
Qpgl,tot	kWh	175.477,85	128.869,88	-26,56
Epgl,ren	kWh/m <sup>2</sup>	374,73	263,69	-29,63
Epgl,nren	kWh/m <sup>2</sup>	544,43	411,33	-24,45
Epgl,tot	kWh/m <sup>2</sup>	919,17	675,03	-26,56
QR,HWC	%	42,26	40,69	-3,72
Emissioni di CO2	kg/m <sup>2</sup>	182,31	136,34	-25,22
Energia elettrica				
		Condizioni STD	Condizioni TAILORED	rapporto [%]
Consumo teorico totale	kWh	53.301,49	40.270,72	-24,45
Consumo H	kWh	29.762,80	23.098,59	-22,39
Consumo C	kWh	18.815,49	13.101,73	-30,37
Consumo V	kWh	4.723,20	4.070,40	-13,82
Costo teorico	€	10.660,30	8.054,14	-24,45
Consumo effettivo	kWh	-	nr	-
Costo effettivo	€	-	nr	-

Durata: Durata della stagione di riscaldamento o raffrescamento in giorni
Q,tr: Energia termica scambiata per trasmissione
Q,ve: Energia termica scambiata per ventilazione
Qsol,e: Energia dovuta agli apporti solari gratuiti sulle strutture opache
Qsol,i: Energia dovuta agli apporti solari gratuiti sulle strutture trasparenti
Qi: Energia dovuta agli apporti interni
Q,nd: Fabbisogno ideale di energia termica utile
Qp,ren: Energia primaria rinnovabile
Qp,nren: Energia primaria non rinnovabile
Qp,tot: Energia primaria totale
Ep,ren: Indice di prestazione rinnovabile
Ep,nren: Indice di prestazione non rinnovabile
Ep,tot: Indice di prestazione totale
η: rendimento medio globale stagionale
QR: Quota di energia rinnovabile

## 7. Valutazione degli scenari di riqualificazione

La diagnosi energetica prevede la valutazione della fattibilità economica ed energetica di alcune ipotesi di intervento sul sistema edificio impianti esistente. La valutazione è eseguita in conformità con quanto esposto nella parte metodologica e con l'aiuto del software certificato CTI utilizzato per questo lavoro.

La prima fase riguarda nel tracciare lo “scenario di non progetto” che consiste nel definire i consumi energetici e i costi operativi che si avrebbero mantenendo inalterato lo stato attuale del sistema edificio-impianti con il suo relativo profilo d'uso abituale. Tale scenario è definito sulla base delle serie dei consumi dei consumi reali opportunamente integrate e combinate con i risultati del modello energetico.

La valutazione delle ipotesi di intervento sarà effettuata rispetto allo scenario di non progetto utilizzando criteri di fattibilità tecnico- economica (tempo di ritorno, investimento iniziale, costo operativo, fabbisogno energetico) ed altri criteri di tipo più qualitativo (qualità architettonica interna ed esterna, comfort interno, livelli di fruizione. Ogni ipotesi di intervento sarà corredata da un giudizio qualitativo del suo impatto sui diversi criteri di valutazione e da uno sintetico che individua i gradi di desiderabilità dell'intervento (tabella 40).

Le ipotesi d'intervento verranno poi combinate tra loro per definire scenari di intervento orientati al perseguimento di specifici obiettivi. Questi si comporranno sulla base dei giudizi ottenuti dalle singole ipotesi di intervento in modo da massimizzare i diversi criteri di valutazione (risparmio energetico, comfort interno, ...).

**Tabella 40. Criteri e classi per la valutazione degli impatti delle ipotesi progettuali**

	Criteri	Cr_1 - Cr_2	Cr_3	Cr_4
<b>punti</b>	<b>giudizio</b>	<i>Cr_1 - Fabbisogno energetico Cr_2 - Costi operativi</i>	<i>Investimento iniziale</i>	<i>Tempo di Ritorno</i>
4	Molto positivo	Risparmio > 50%	<= 10% costo op. annuo (CA)	TR <= 3 anni
2	Positivo	20% < risparmio <= 50%	10% < investimento <= 40% CA	3 < TR <= 5 anni
1	Moderatamente positivo	5% < risparmio <= 20%	40% < investimento <= 70% CA	5 < TR <= 8 anni
0	Trascurabile (Cr_1, Cr_2) Moderato (Cr_3, Cr_4)	risparmio <= 5% aumento <= 5%	70% < investimento <= 100% CA	8 < TR <= 10 anni
-1	Moderatamente negativo	5% < Aumento <= 20%	100% < investimento <= 200% CA	10 < TR <= 15 anni
-2	Negativo	20% < Aumento <= 50%	200% < investimento <= 300% CA	15 < TR <= 20 anni
-5	Molto Negativo	Aumento > 50%	> 300% Costo op. annuo	> della vita utile

	Criteri	Cr_5	Cr_6	Cr_7	Cr_8
<b>punti</b>	<b>giudizio</b>	<i>Microclima interno</i>	<i>Fruibilità dell'edificio</i>	<i>Qualità arc. Interna</i>	<i>Qualità arc. Esterna e paesaggio</i>
4	Molto positivo	Valutazione qualitativa	Valutazione qualitativa	Valutazione qualitativa	Valutazione qualitativa
2	Positivo				
1	Moderatamente positivo				
0	Trascurabile (Cr_1, Cr_2)				
-1	Moderatamente negativo				
-2	Negativo				
-5	Molto Negativo				

### 7.1 Definizione dello scenario di non progetto

Nel caso studio non abbiamo disposizione le serie storiche dei consumi (bollette), e le attività di misura dei consumi non hanno permesso di definire un profilo annuo attendibile in quanto troppo limitate nel tempo e basate su una configurazione impiantistica temporanea che non rappresenta le condizioni d'uso abituali. Inoltre i consumi reali sono fortemente dipendenti dalle attività saltuarie e non prevedibili che si svolgono nella zona conferenze dell'immobile. Nello specifico durante il periodo di svolgimento dello studio il circuito idronico non era operativo di fatto diminuendo il carico termico al generatore ed abbassando il fabbisogno degli ausiliari. In base al modello energetico impostato tale condizione può portare a rendimenti e fabbisogni molto differenti. Le condizioni di misura sono compatibili con un funzionamento a carico parziale (50%) del generatore (attivazione di un solo compressore) compatibile con il carico termico dei locali libreria e BAR

(circa 30000 W di carico termico estivo di picco). L'attivazione del circuito idronico aumenta la potenza richiesta di circa 8000W e potrebbe portare l'attivazione del secondo compressore raddoppiando i consumi. Perciò si adottano come Scenario Base i consumi stimati dalla modellazione energetica personalizzata per riscaldamento, raffrescamento e ventilazione mentre si useranno i consumi misurati per l'illuminazione e gli altri carichi elettrici (tabella 42). Si considera la ventilazione dell'area espositiva generalmente non utilizzata, così come non si conteggiano i carichi elettrici dovuti alla saltuaria accensione dell'illuminazione del BAR e degli altri spazi espositivi. La zona conferenza non prende parte alla analisi in quanto utilizzata molto di rado e, allo stato attuale avente il servizio della climatizzazione e ventilazione non operativo.

Altra ipotesi di base riguarda il rifasamento dell'impianto elettrico: esso è obbligatorio ed può portare ad un immediato risparmio sui consumi reali misurati. Tutte le ipotesi di efficientamento su involucro ed impianti partono dal presupposto che il rifasamento sia già stato eseguito.

Tali ipotesi di base sopra illustrate rendono i risultati della diagnosi prettamente indicativi in quanto non confrontabili con una condizione attuale di utilizzo. Tuttavia possono essere utili per valutare preliminarmente le azioni di retrofit energetico.

**Tabella 41. Sintesi dei risultati delle misurazioni delle potenze**

	Pot. Att. [W]	Pot. App. [W]	Cos $\phi$ T (DPF)
Climatizzazione Estate (HP_1 + UTA_1)	9156,41	13573,95	0,67
UTA_1	1058,71	1850,69	0,57
Illuminazione ed altri carichi elettrici abituali	720	734	0,98
Ventilazione sala espositiva	2200	4680	0,47

**Tabella 42. Sintesi dello Scenario di non progetto**

Servizio		Consumo annuo	Costo Operativo annuo Tailored [euro]	Costo Operativo annuo Standard [euro]
Consumo teorico totale climatizzazione zona termica +	kWh	40271	8135	10660,3
Riscaldamento zona termica della diagnosi +	kWh	23099	4666	5952,56
Raffrescamento zona termica della diagnosi +	kWh	13102	2647	3763,098
Ventilazione zona termica della diagnosi +	kWh	4070	822	944,64
ACS, zona termica diagnosi	kWh	0	0	
Illuminazione ed altri apparecchi*	kWh	3000	600	600
+ consumi calcolati col modello energetico				
* consumo stimato da misure reali a campione				
** costo del kWh elettrico adottato = 0,20 euro				

## 7.2 Definizione delle Ipotesi di intervento

Segue un elenco di scenari singoli di intervento (tabella 43) basato sulle strategie e gli interventi individuati nella prima parte della diagnosi. Gli interventi che producono una variazione del fabbisogno verranno analizzati col supporto del modello energetico, gli altri che non producono un effetto diretto o apprezzabile

o che ne non saranno trattati col modello energetico ma verranno comunque valutati attraverso parametri qualitativi. Per maggiori dettagli sulla definizione degli interventi di efficientamento si rimanda alla prima parte della diagnosi. La valutazione delle azioni di efficientamento (scenari singoli) verrà effettuata sia col modello standard (Asset Rating) che con quello personalizzato (Tailored rating), qui si riporta una sintesi dei risultati ottenuti tramite il software di analisi. Oltre alla valutazione tecnico economica, ogni scenario singolo sarà corredato da un commento sintetico che ne esprime il grado di adeguatezza rispetto alle strategie di intervento definite insieme agli stakeholders coinvolti.

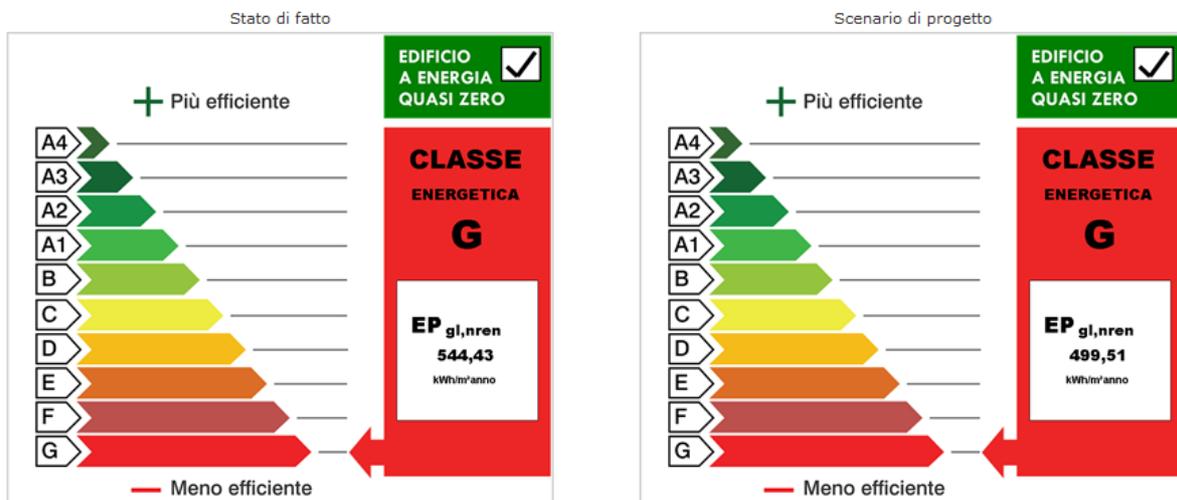
**Tabella 43. Scenario singoli di intervento**

N°	Codice	Descrizione	Impatto atteso sul fabbisogno	Costo stimato [euro]
1	AZ_Inv_01	<u>Isolamento muratura</u> : cappotto termico interno da 10cm in materiale compatibile	diminuzione	31650
2	AZ_inv_02	<u>Isolamento Copertura</u> : cappotto termico esterno da 14cm , considerato come lavorazione aggiuntiva di un intervento di manutenzione straordinario della impermeabilizzazione ormai necessario.	diminuzione	10300
3	AZ_Inv_03	<u>Pellicole selettiva</u> : intervento di schermatura dall'irraggiamento solare realizzato tramite pellicole trasparenti selettive	diminuzione	800
4	AZ_inv_04	<u>Sostituzione infissi</u> : con infissi a taglio termico di fattura simile agli originali e U di norma	diminuzione	4100
5	AZ_inv_05	<u>Isolamento solaio di base</u> : con cappotto termico esterno realizzato dal locale sottostante	diminuzione	10100
6	AZ_inv_06	<u>Porte automatiche</u> : automatizzazione delle porte per BAR e Libreria	diminuzione	6000
7	AZ_inv_07	<u>Parete vetrata</u> : realizzazione parate vetrata per il locale uffici	diminuzione	1500
8 7	AZ_Clima_01	Sostituzione HP: sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante	diminuzione	15000
9	AZ_clima_02	Sostituzione HP (meno): sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante e minore potenza	diminuzione	10000
10	AZ_clima_03	Regolazione: installazione di sistemi intelligenti di regolazione e modulazione per ogni locale	diminuzione	500
11	AZ_clima_04	<u>Stufe irraggiamento</u> : installazione stufe ad irraggiamento nei servizi dei dipendenti con sensore di presenza per l'accensione	Aumento	500
12	AZ_ACS_01	<u>Boiler elettrico</u> : installazione boiler elettrico nel servizio dei dipendenti con programmazione intelligente	Aumento	200
13	AZ_FER_01	<u>Impianto fotovoltaico</u> : installazione di impianto fotovoltaico orientato all'autoconsumo	diminuzione	

### Az inv 01: Isolamento muratura

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
1	Fornitura e posa in opera di cappotto termico interno realizzato pannelli di calcestruzzo areato autoclavato (tipo: Ytong – Multipor) (spessore 10 cm ) posto in opera con opportuni rasanti; $\lambda=0,042$ W/mK	mq	100,00
	Muratura lapidea verso esterno	105	
	Muratura lapidea verso la zona termica non riscaldata	150	
	Muratura in laterizio verso la zona termica non riscaldata	62	
<b>TOTALE</b>			<b>31650</b>

### Modello standard (asset rating)



### Costi e consumi

#### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	53.301,5	48.903,2	4.398,3	8,3 %

#### Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	10.660,3	9.780,6	879,7	8,3 %
Costo complessivo	€	10.660,3	9.780,6	879,7	8,3 %

#### Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	31.653,5
Risparmio annuo	€	879,7
Tempo di ritorno	anni	36,0
Risparmio CO2	Kg/m²	10,9

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario: AZ_Inv_01			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	48.903,19	-8,3	38.490,62	-4,4
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	9.780,64	-8,3	7.698,12	-4,4
Tempo di ritorno	anni			36,0		88,9	

**Consiglio**

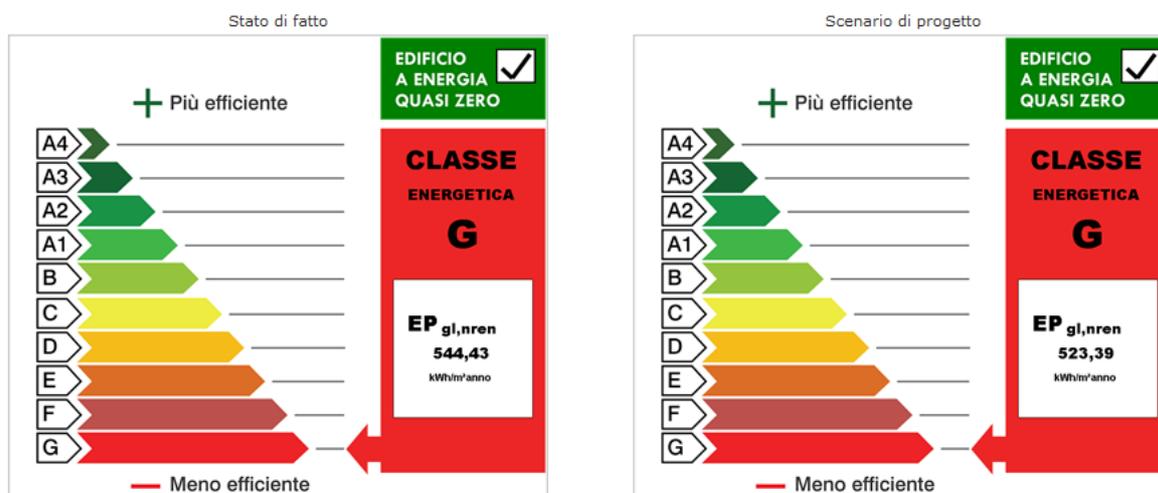
L'intervento pur dimezzando il fabbisogno di energia utile invernata e d'estate (- 41% riscaldamento, -39% raffrescamento) produce un limitato miglioramento dei consumi causato dalla diminuzione della efficienza degli impianti che si trovano a operare a bassi regimi di carico. L'elevato costo iniziale porta ad un alto tempo di ritorno, inoltre l'intervento può portare a situazioni di disagio ed inagibilità durante i lavori che possono inficiare l'utilizzo della struttura. Si consiglia perciò l'intervento solo in caso di evidenti segni di degrado delle murature che giustifichino un intervento di ripristino, ma allo stato attuale non è consigliabile.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
	<b>X</b>			

### Az INV 02: Isolamento Copertura

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
2	Fornitura e posa di isolamento termico ad alta densità in cantiere già predisposto per il rifacimento della impermeabilizzazione della copertura valore trasmittanza finale $U = 0,18$ [W/mq k]	mq	45,00
	Copertura (Ufficio, deposito, BAR, libreria, ..)	300	
<b>TOTALE</b>			<b>10300</b>

### Modello standard (asset rating)



### Costi e consumi

#### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	53.301,5	51.241,5	2.060,0	3,9 %

#### Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	10.660,3	10.248,3	412,0	3,9 %
Costo complessivo	€	10.660,3	10.248,3	412,0	3,9 %

#### Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	10.294,4
Risparmio annuo	€	412,0
Tempo di ritorno	anni	25,0
Risparmio CO2	Kg/m²	6,1

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Inv_02			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo teorico (energia elettrica)	kWh	53.301,49	40.270,72	51.241,47	-3,9	38.738,10	-3,8
Costo teorico (Energia elettrica)	€	10.660,30	8.054,14	10.248,29	-3,9	7.747,62	-3,8
Tempo di ritorno	anni			25,0		33,6	

**Consiglio**

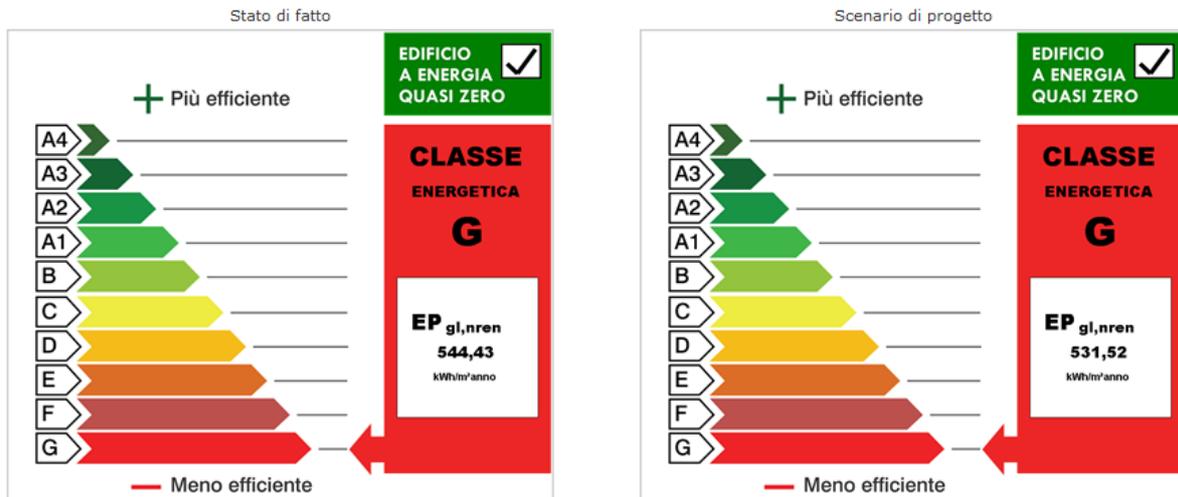
L'intervento produce una buona diminuzione del fabbisogno di energia utile (-15% riscaldamento; -22% raffrescamento) che però ha un limitato impatto sui fabbisogno di energia primaria degli impianti e sul costo annuo a causa di una perdita di efficacia della pompa di calore che lavora a bassi fattori di carico. Tuttavia tale intervento si integra con la necessità di ripristinare l'impermeabilizzazione della copertura e migliora fortemente il comfort interno abbassando la temperatura radiante soprattutto estiva. L'intervento permette anche di mettere sotto traccia la distribuzione del circuito idronico diminuendone le dispersioni. L'intervento ha un alto tempo di ritorno tuttavia compatibile con la sua vita utile e perciò consigliato.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
			<b>X</b>	

### Az Inv 03: Pellicole selettive

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
3	Fornitura e posa di pellicole selettive sui vetri delle finestre	mq	80
	Vetri Ufficio, deposito, BAR, libreria	10	
<b>TOTALE</b>			<b>800</b>

### Modello standard (asset rating)



#### Costi e consumi

##### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var.%
Energia elettrica	kWh	53.301,5	52.037,2	1.264,3	2,4 %

##### Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var.%
Energia elettrica	€	10.660,3	10.407,4	252,9	2,4 %
Costo complessivo	€	10.660,3	10.407,4	252,9	2,4 %

##### Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	778,4
Risparmio annuo	€	252,9
Tempo di ritorno	anni	3,1
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	6,9

##### Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Inv_03			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	52.037,20	-2,4	39.183,41	-2,7
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	10.407,40	-2,4	7.836,68	-2,7
Tempo di ritorno	anni			3,2		3,7	

**Consiglio**

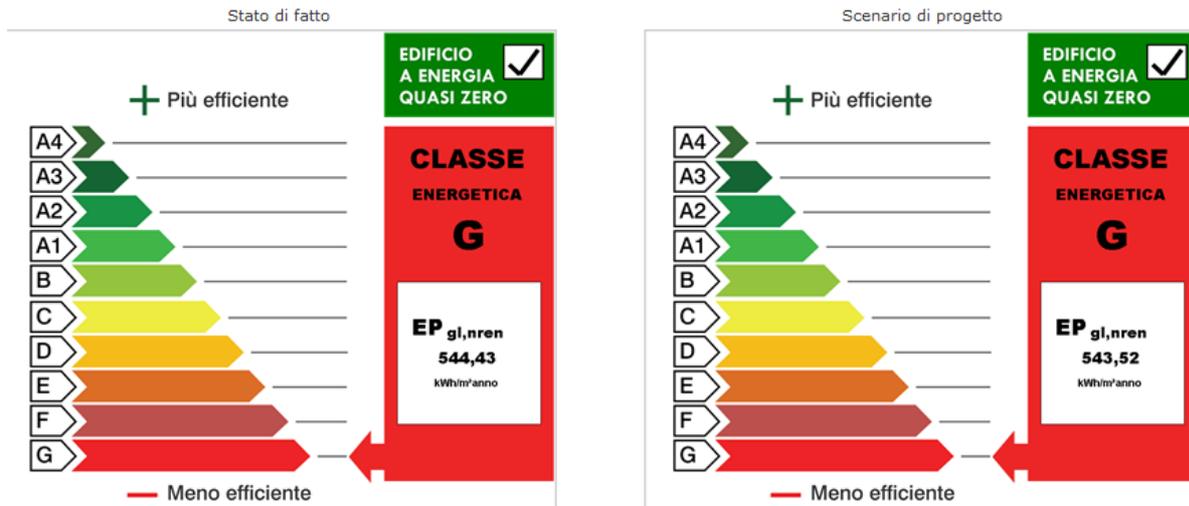
L'intervento produce un limitato un miglioramento del fabbisogno nella zona termica prettamente rivolto alla diminuzione del carico termico estivo, che in parte è controbilanciata dall'aumento dell'invernale. L'intervento ha bassi costi di realizzazione e perciò buoni tempi di ritorno e può migliorare il comfort estivo nel locale BAR, sarà tuttavia necessario valutare il suo utilizzo al fine di non diminuire troppo il livello di illuminamento naturale che richiederebbe l'accensione dell'illuminazione vanificando il risparmio energetico ottenuto

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				<b>X</b>

**Az Inv 04: Sostituzione Infissi**

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
4	Fornitura e posa di infissi a taglio termico di fattura simile a quelli esistenti	mq	80
	Finestre di Ufficio, deposito, BAR, libreria	10	4000
<b>TOTALE</b>			<b>4000</b>

**Modello standard (asset rating)**



**Costi e consumi**

**Consumi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var.%
Energia elettrica	kWh	53.301,5	53.211,6	89,9	0,2 %

**Costi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var.%
Energia elettrica	€	10.660,3	10.642,3	18,0	0,2 %
Costo complessivo	€	10.660,3	10.642,3	18,0	0,2 %

**Tempo di ritorno**

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>4.076,0</b>
Risparmio annuo	€	<b>18,0</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>226,7</b>
Risparmio CO2	Kg/m²	-0,3

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Inv_04			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo teorico (energia elettrica)	kWh	53.301,49	40.270,72	53.211,57	-0,2	40.052,11	-0,5
Costo teorico (Energia elettrica)	€	10.660,30	8.054,14	10.642,31	-0,2	8.010,42	-0,5
Tempo di ritorno	anni			222,4		91,5	

**Consiglio**

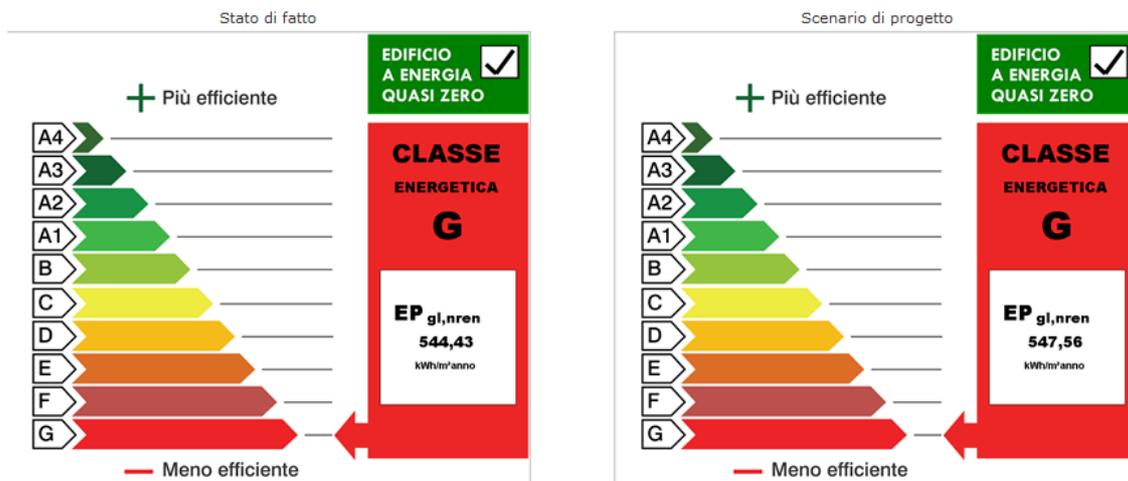
L'intervento non produce un sensibile miglioramento del fabbisogno nella zona termica ed è caratterizzato da alti costi di realizzazione. Attualmente può essere considerato solo per gli infissi del locale ufficio (finestre a telaio ligneo 120x120cm) in quanto sono abbastanza ammalorati e la sostituzione potrebbe migliorare molto il comfort interno, tuttavia l'impatto sul fabbisogno è trascurabile.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
	<b>X</b>			

### Az Inv 05: Isolamento Solaio di Base

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
4	Fornitura e posa di Cappotto termico esterno in poliuretano (10cm) posto su soffitto	mq	45
	Solaio di chiusura di base della zona commerciale	224	10078
<b>TOTALE</b>			<b>10078</b>

### Modello standard (asset rating)



### Costi e consumi

#### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	53.301,5	53.607,2	-305,7	-0,6 %

#### Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	10.660,3	10.721,4	-61,1	-0,6 %
Costo complessivo	€	10.660,3	10.721,4	-61,1	-0,6 %

#### Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	10.078,3
Risparmio annuo	€	-61,1
Tempo di ritorno	anni	0,0
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	-8,5

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Inv_05			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	53.607,20	0,6	41.576,80	3,2
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	10.721,44	0,6	8.315,36	3,2
Tempo di ritorno	anni						

**Consiglio**

Il modello energetico assegna a questo intervento un impatto negativo sulla prestazione energetica. Esso diminuisce il fabbisogno invernale dell’involucro (circa - 30%) ma produce un aumento di quello estivo (circa + 22%) causato dalla minore dispersione termica del calore in eccesso. La diminuzione dell’efficienza del sistema impiantistico determina una prestazione peggiore di quella iniziale.

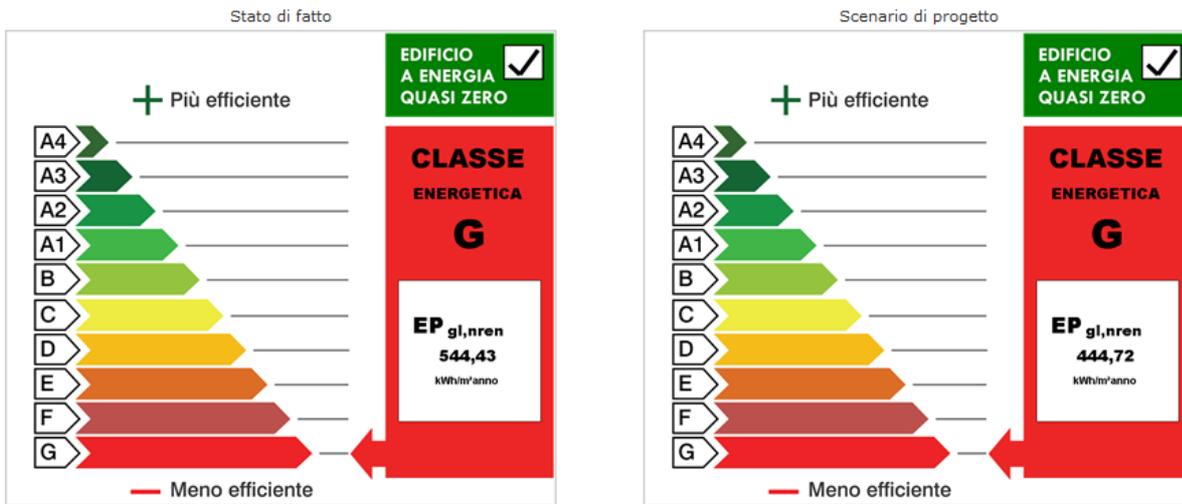
Il risultato va però analizzato in maniera più approfondita con modelli più adeguati a valutare l’effetto della inerzia termica e l’andamento delle temperature operanti interne.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		<b>X</b>		

**Az Clima 01: sostituzione HP**

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
9	Fornitura e posa in opera di Pompa di calore (aria-Acqua) di simile potenza all'esistente ma con maggiore capacità modulante	1	15000
<b>TOTALE</b>			<b>15000</b>

**Modello standard (asset rating)**



**Costi e consumi**

**Consumi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	kWh	53.301,5	43.539,1	9.762,4	18,3 %

**Costi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	€	10.660,3	8.707,8	1.952,5	18,3 %
Costo complessivo	€	10.660,3	8.707,8	1.952,5	18,3 %

**Tempo di ritorno**

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>15.001,0</b>
Risparmio annuo	€	<b>1.952,5</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>7,7</b>
Risparmio CO2	Kg/m²	<b>38,8</b>

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



**Modello e Personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Clima_01			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	43.539,00	-18,3	35.898,39	-10,9
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	8.707,80	-18,3	7.179,68	-10,9
Tempo di ritorno	anni			7,7		17,2	

**Consiglio**

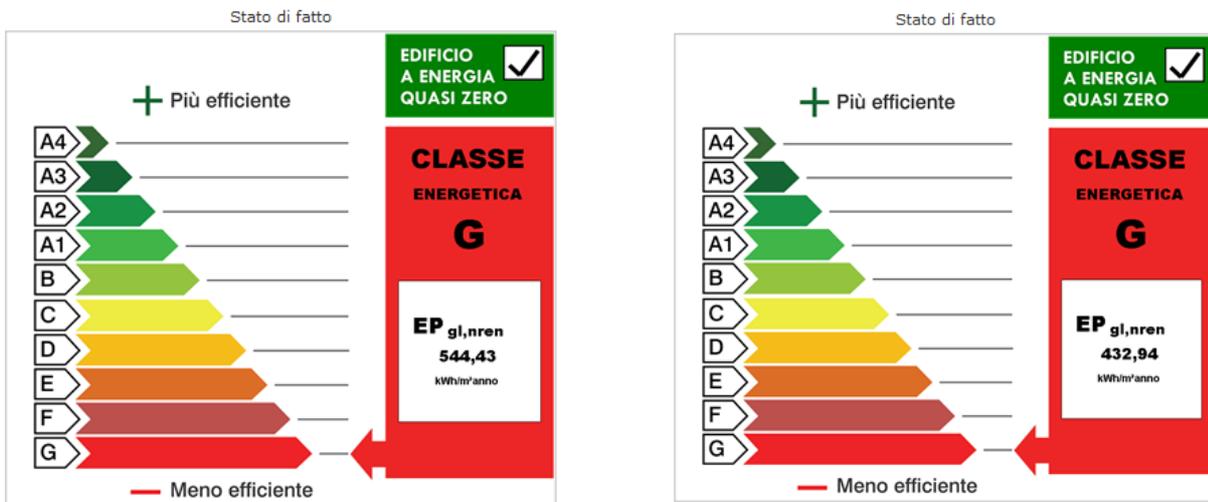
La sostituzione della pompa di calore con una macchina di simile potenza ma con maggiore capacità modulare produce un immediato miglioramento della efficienza del sistema impiantistico che porta a miglioramento del fabbisogno di circa il 20% con tempi di ritorno accettabili (minori di 8 anni). Tale miglioramento appare ridimensionato nei risultati del modello personalizzato portando il tempo di ritorno dell’investimento a valori superiori alla sua vita utile. Sarebbe perciò necessario ottenere più dati sui consumi reali dell’edificio al fine di valutare al meglio il tipo intervento sul sistema impiantistico.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		<b>X</b>		

### Az\_Clima\_02: sostituzione HP(meno potenza)

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
10	Fornitura e posa in opera di Pompa di calore (aria-Acqua) di minore potenza (riscaldamento - 38kW; raffrescamento - 42 kW )rispetto all'esistente (- circa 25%) ma con maggiore capacità modulante	1	10000
<b>TOTALE</b>			<b>10000</b>

### Modello standard (asset rating)



### Consumi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia Elettrica		53301,5	42.386,14	10915,36	20,48

### Costi per vettore energetico

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	euro	10660,3	8477,228	2183,072	20,48
Costo complessivo	euro	10660,3	8477,228	2183,072	20,48

### Tempo di ritorno

	UM	Valore
Costo intervento	euro	10000
Risparmio annuo	euro	2183,072
Tempo di ritorno	anni	4,6
risparmio CO2	Kg/m2	43,5

**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Clima_02			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	42.386,14	-20,5	31.916,29	-20,7
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	8.477,23	-20,5	6.383,26	-20,7
Tempo di ritorno	anni			4,6		6,0	

**Consiglio**

La sostituzione della pompa di calore con una macchina di potenza inferiore (circa il 25% in meno) ma con maggiore capacità modulane produce un immediato miglioramento della efficienza del sistema impiantistico che porta a miglioramento del fabbisogno di circa il 20% con tempi di ritorno accettabili (minori di 8 anni). Tale miglioramento migliora leggermente nei risultati del modello personalizzato rendendo questa opzione consigliabile rispetto alla sostituzione del generatore con uno di pari potenza. La scelta di una pompa di calore di minore potenza dovrà però essere attentamente valutata in quanto tale sistema non riesce a soddisfare il fabbisogno di potenza di picco invernale calcolato col metodo stazionario (UNI EN 12831). Una valutazione con un sistema dinamico è perciò auspicabile al fine di selezionare al meglio le capacità del sistema impiantistico.

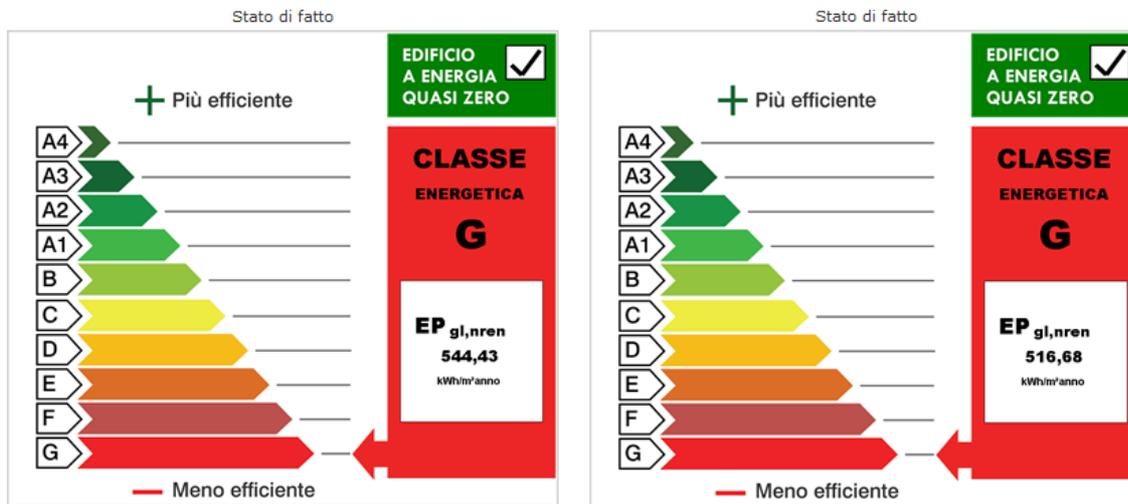
Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
			<b>X</b>	

**Az Clima 03: Regolazione; AZ Inv 06: Porte Automatiche; AZ Inv 07: Parete vetrata**

Questi interventi sono valutati complessivamente perché gli effetti positivi dell'installazione di un sistema di regolazione potrebbe essere inficiati dal non perfetto confinamento degli ambienti. Perciò il modello è stato utilizzato impostando un migliore sistema di regolazione e si sono eliminate le portate d'aria per dispersione negli ambienti confinanti.

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
11	<i>Intervento combinato di regolazione e confinamento degli ambienti</i>	1	
	Installazione (riparazione) di un sistema di regolazione e controllo climatico efficiente per ogni locale riscaldato		600
	Porte automatiche		6000
	Parte vetrata		1400
<b>TOTALE</b>			<b>8000</b>

**Modello standard (asset rating)**



**Consumi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia Elettrica		53301,5	49275,5	4026	7,55

**Costi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var. %
Energia elettrica	euro	10660,3	9855,1	805,2	7,55
Costo complessivo	euro	10660,3	9855,1	805,2	7,55

**Tempo di ritorno**

	UM	Valore
Costo intervento	euro	8000
Risparmio annuo	euro	805,2
Tempo di ritorno	anni	9,9
risparmio CO2	Kg/m2	8

**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Clima_03			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	49.275,50	-7,6	37.225,70	-7,6
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	9.855,10	-7,6	7.445,14	-7,6
Tempo di ritorno	anni			9,9		13,1	

**Consiglio**

L'intervento produce un buon miglioramento del fabbisogno nella zona termica limitando le dispersioni di aria climatizzata verso le aree non riscaldate e migliorando la regolazione dell'impianto attualmente molto mal gestito. Il tempo di ritorno è abbastanza alto ma inferiore alla vita utile dei sistemi, inoltre produce un sensibile miglioramento delle condizioni interne percepite dei dipendenti è perciò fortemente consigliato

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				<b>X</b>

### Az\_Clima\_04: Stufe irraggiamento

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
10	Stufe irraggiamento: installazione stufe ad irraggiamento nei servizi dei dipendenti con sensore di presenza per l'accensione	1	500

#### Consiglio

L'intervento produce un aumento del fabbisogno trascurabile rispetto al totale, ma garantisce un forte miglioramento del comfort dei dipendenti del museo a fronte di un limitato investimento iniziale.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				<b>X</b>

### Az\_ACS\_01: Boiler elettrici

N.	Descrizione intervento	UM	Costo intervento [€]
11	Boiler elettrico: installazione boiler elettrico nel servizio dei dipendenti con programmazione intelligente	1	200

#### Consiglio

L'intervento produce un aumento del fabbisogno trascurabile rispetto al totale, ma garantisce un forte miglioramento del comfort dei dipendenti del museo a fronte di un limitato investimento iniziale.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				<b>X</b>

**Az FER 01: Impianto Fotovoltaico 20kWp**

L’edificio non presenta superfici adatte all’installazione convenzionale di sistemi solari in quanto tutti i prospetti sono visibili dalle pertinenze della grande miniera, perciò qualunque tipo di installazione (se consentita) non sarà di tipo standard (strutture per l’integrazione nelle coperture vetrate, pannelli colorati, ..) con aggravio dei costi al momento non stimabili.

L’ipotesi di installazione di fotovoltaico è stata confrontata con i consumi reali per illuminazione misurati sul posto e con quelli calcolati per i servizi di climatizzazione nella ipotesi di non progetto, il fabbisogno energetico dell’edificio supera i limiti previsti per l’accesso al regime di scambio sul posto (20kWp). Si effettuerà comunque una simulazione in condizioni ottimali in rapporto ai costi beneficio, ossia: 20kWh di picco installati di pannelli solari policristallino, con orientamento ed inclinazione compatibile con la copertura vetrata della volta (sud-Est, 10° inclinazione).

I consumi sono tutti durante le ore diurne perciò la produzione ottimizza il regime di autoconsumo previsto dalla tariffa incentivante. La coperture vetrate esposte a sud-est della sala espositiva (lampisteria) misurano circa 220mq, sono perciò sufficienti per l’installazione di un campo fotovoltaico da 20kWp.

**Tabella 44. Consumi elettrici mensili stimati (regime Standard)**

		<i>Carico elettrico</i>		
		<i>Climatizzazione</i>	<i>Illuminazione ed altri carichi</i>	<i>Fabbisogno giornaliero medio</i>
<i>Mese</i>	<i>gg</i>	<i>[kWh/mese]</i>	<i>[kWh/mese]</i>	<i>[kWh/gg]</i>
Gennaio	31	7974,00	255,09	265,45
Febbraio	28	6942,00	230,40	256,16
Marzo	31	5935,20	255,09	265,45
Aprile	30	0,00	246,86	8,23
Maggio	31	0,00	255,09	8,23
Giugno	30	3408,10	246,86	265,45
Luglio	31	7074,30	255,09	236,43
Agosto	31	8009,20	255,09	266,59
Settembre	30	2416,70	246,86	88,79
Ottobre	31	0,00	255,09	8,23
Novembre	30	3464,00	246,86	123,70
Dicembre	31	8078,00	255,09	268,81
<b>TOTALE anno</b>	<b>365</b>	<b>53301,50</b>	<b>3003,43</b>	

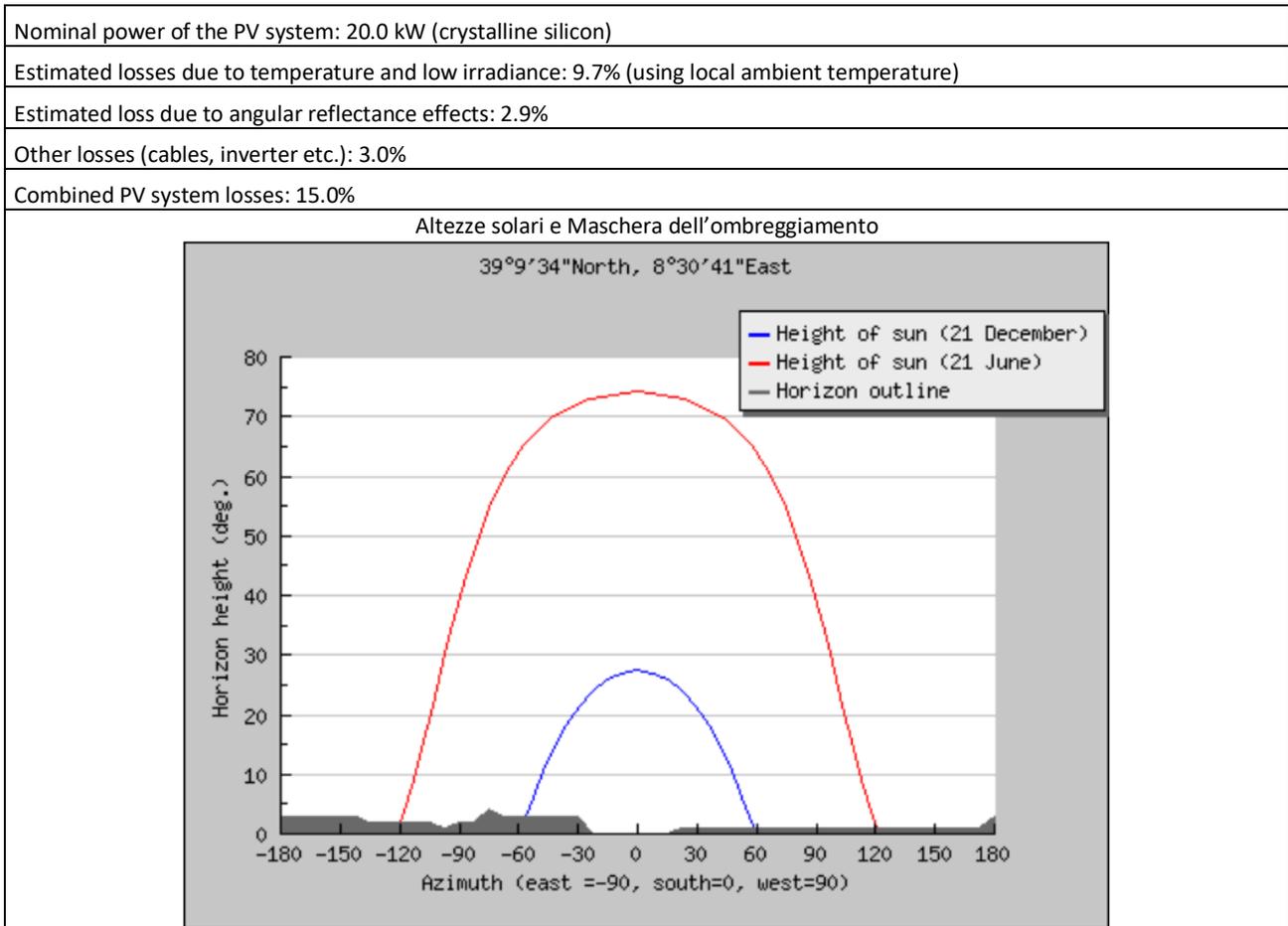
*Stima della produzione elettrica*

Per stimare la produttività dell’impianto si è utilizzato lo strumento PVGIS ampiamente verificato in letteratura e liberamente utilizzabile dal portale web dedicato<sup>2</sup> che permette di simulare la produzione solare di impianti fotovoltaici di diversa tipologia e dimensione valutandone: la posizione specifica, l’orientamento e l’inclinazione dei moduli e le schermature prodotte dalla morfologia locale del terreno.

**Tabella 45. Settaggi di PvGIS**

<b>PVGIS estimates of solar electricity generation settings</b>
Location: 39°9'33" North, 8°30'42" East, Elevation: 76 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-classic

<sup>2</sup> <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>



#### PANNELLO SOLARE FOTOVOLTAICO

Marca: **SUNPOWER**

Modello: **SPR SPR-205-BLK**

Tipo di pannello: **Silicio policristallino**

Descrizione: **Modulo ad alta efficienza (16%), con telaio in alluminio anodizzato e vetro temprato**

#### PARAMETRI GEOMETRICI DEL PANNELLO

Superficie assorbente: **1,1 m<sup>2</sup>**

Numero di pannelli: **96**

Superficie totale di captazione: **108,5 m<sup>2</sup>**

#### File di pannelli

Azimut (rispetto al sud) g [°]	Inclinazione sul piano orizzontale b [°]	Numero di pannelli	Superficie totale di captazione [m <sup>2</sup> ]
45,0	10,0	32	36,16
45,0	10,0	32	36,16
45,0	10,0	32	36,16

#### DETTAGLI TECNICI DEL CIRCUITO FOTOVOLTAICO

Fattore di potenza di picco  $K_{PV}$ : **0,181 kW/m<sup>2</sup>**

Potenza di picco in condizioni standard  $W_{PV}$ : **19,63 kW**

**Tabella 46. Stima produzione dell'impianto**

	<i>Carico elettrico mensile</i>	<i>Irradiazione solare mensile E sul piano inclinato orientato</i>	<i>Energia elettrica prodotta dal sistema fotovoltaico</i>	<i>Frazione di copertura del carico elettrico mediante fotovoltaico</i>	<i>Energia elettrica in sovrapproduzione reimmessa nella rete</i>
<i>Mese</i>	[kWh/mese]	[kWh]	[kWh]	[%]	[kWh]
Gennaio	8229,09	63,10	866,70	10,53	-
Febbraio	7172,40	74,80	1028,40	14,34	-
Marzo	6190,29	125,70	1727,90	27,91	-
Aprile	246,86	147,40	2025,50	100,00	1778,64
Maggio	255,09	169,80	2333,20	100,00	2078,11
Giugno	3654,96	191,80	2636,40	72,13	-
Luglio	7329,39	193,00	2652,30	36,19	-
Agosto	8264,29	181,50	2494,90	30,19	-
Settembre	2663,56	139,50	1918,00	72,01	-
Ottobre	255,09	87,20	1198,50	100,00	943,41
Novembre	3710,86	47,40	650,90	17,54	-
Dicembre	8333,09	52,90	727,20	8,73	-
<b>TOTALE</b>	<b>56304,93</b>	<b>1474,10</b>	<b>20260,10</b>	<b>35,98</b>	<b>4800,17</b>

*Stima del costo di installazione e valutazione economica preliminare*

Il costo di installazione dell'impianto è stato calcolato considerando un prezzo medio a kWp riportato in letteratura e considerando un impianto di capace di massimizzare l'autoconsumo. Nel caso specifico il profilo dei consumi (illuminazione e climatizzazione) è fortemente legato agli orari di apertura del museo (dalle 10 alle 18 per 6/7 gg alla settimana), ossia nelle ore di maggiore irraggiamento solare e di produzione (tabella 47). Nel nostro caso il grado di contemporaneità tra produzione e consumo è molto alto (circa 87%), perciò l'uso di batterie per l'accumulo energetico non è consigliato. Per la valutazione economica si è fatto riferimento all'attuale regime di "scambio sul posto" accessibile per impianti fino a 20kWp che premia prevalentemente l'autoconsumo dell'energia prodotta.

**Tabella 47. Produzione dell'impianto e scambio sul posto**

	<i>Fabbisogno elettrico mensile</i>	<i>Energia elettrica prodotta</i>	Conto termico			Flussi di cassa conto termico				
			<i>Coefficiente di contemporaneità</i>	<i>Autoconsumo</i>	<i>Immissione</i>	<i>Stato attuale</i>	<i>Autocon.</i>	<i>Immiss.</i>	<i>Costo residuo</i>	
<i>Mese</i>	[kWh/mese]	[kWh]	[%]	[kWh]	[kWh]	euro	euro	euro	euro	%
Gennaio	8229,09	866,70	94,55	819,49	47,21	1645,82	147,51	4,72	1498,31	-8,96
Febbraio	7172,40	1028,40	91,00	935,85	92,55	1434,48	168,45	9,26	1266,03	-11,74
Marzo	6190,29	1727,90	86,49	1494,49	233,41	1238,06	269,01	23,34	969,05	-21,73
Aprile	246,86	2025,50	82,84	246,86	1778,64	49,37	44,43	177,86	-172,93	0,00
Maggio	255,09	2333,20	79,21	255,09	2078,11	51,02	45,92	207,81	-202,71	0,00
Giugno	3654,96	2636,40	78,64	2073,32	563,08	730,99	373,20	56,31	301,49	-58,76
Luglio	7329,39	2652,30	79,70	2113,79	538,51	1465,88	380,48	53,85	1031,54	-29,63
Agosto	8264,29	2494,90	82,24	2051,84	1141,91	1652,86	369,33	114,19	1169,34	-29,25
Settembre	2663,56	1918,00	86,37	1656,60	261,40	532,71	298,19	26,14	208,38	-60,88
Ottobre	255,09	1198,50	90,01	255,09	943,41	51,02	45,92	94,34	-89,24	0,00

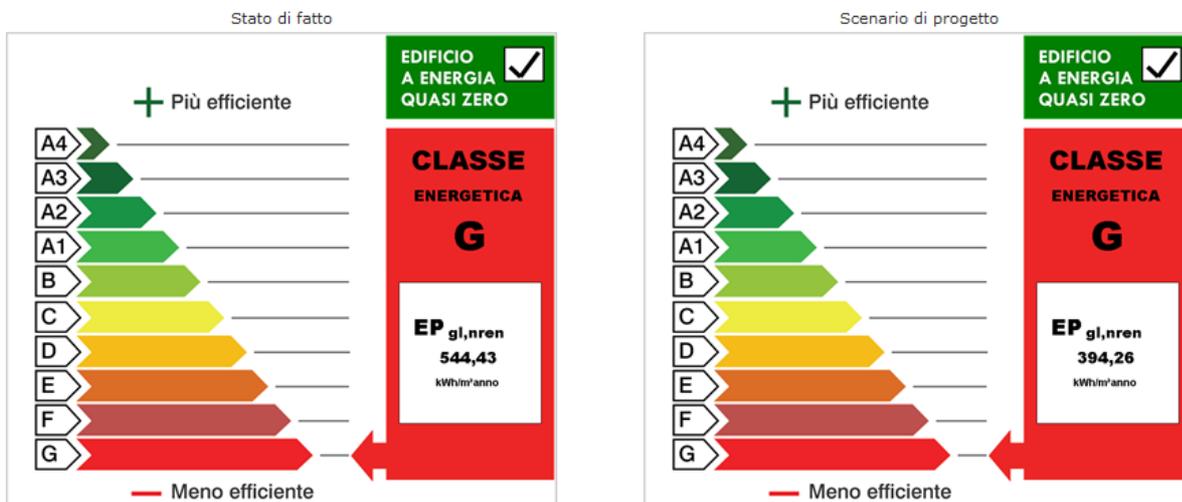
Novembre	3710,86	650,90	93,54	608,83	42,07	742,17	109,59	4,21	628,37	-15,33
Dicembre	8333,09	727,20	94,92	690,28	261,40	1666,62	124,25	26,14	1516,23	-9,02
<b>TOTALE</b>	<b>56304,93</b>	<b>20260,10</b>	<b>86,63</b>	<b>17550,50</b>	<b>2709,60</b>	<b>11260,99</b>	<b>2376,27</b>	<b>798,17</b>	<b>8123,86</b>	<b>-27,86</b>

**Tabella 47. Valutazione economica dell'impianto**

Valutazione economica		
costo unitario impianto	1600	euro/kWp
area richiesta a kWp	8	m <sup>2</sup>
kWp installati	20	n°
area totale richiesta	160	m <sup>2</sup>
<b>costo complessivo</b>	<b>32000</b>	<b>euro</b>
flusso di cassa scambio sul posto	3136	euro
flusso cassa detrazione		euro
<b>Tempo Ritorno semplice</b>	<b>10,2</b>	<b>anni</b>

### Modello standard (asset rating)

Considerando il solo fabbisogno per climatizzazione si ottengono i seguenti impatti sulla prestazione del sistema, senza considerare lo scambio sul posto.



**Costi e consumi**

**Consumi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var.%
Energia elettrica	kWh	53.301,5	38.598,7	14.702,8	27,6 %

**Costi per vettore energetico**

	UM	Stato di fatto	Scenario	Variazione	Var.%
Energia elettrica	€	10.660,3	7.719,7	2.940,6	27,6 %
Costo complessivo	€	10.660,3	7.719,7	2.940,6	27,6 %

**Tempo di ritorno**

	UM	Valore
Costo dell'intervento	€	<b>32.000,0</b>
Risparmio annuo	€	<b>2.940,6</b>
Tempo di ritorno	anni	<b>10,9</b>
Risparmio CO2	Kg/m <sup>2</sup>	<b>58,6</b>

Tempo di ritorno - da 0 a più di 30 anni



**Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)**

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Clima_03			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	30420,36	-42,9	22123,21	-45,0
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	6084,07	-42,9	4424,64	-45,0
Tempo di ritorno	anni			10,9		10,9	

**Consiglio**

L'installazione dell'impianto fotovoltaico da 20kWp riduce notevolmente il fabbisogno energetico dell'intero edificio (copre circa il 45% del fabbisogno) per una buona diminuzione dei costi operativi (diminuzione di circa il 30%). L'intervento ha un alto costo iniziale (32000) ma è caratterizzato da un buon tempo di ritorno (10,9 anni) rispetto alla vita media dell'impianto (20 anni). Le valutazioni svolte si basano su consumi elettrici stimati e non serie reali di consumi e su una condizione ottimale.

In caso si debba effettuare una installazione non standard per rispettare vincoli di natura paesaggistica i costi possono aumentare notevolmente e anche i rendimenti del sistema possono essere inferiori a quelli ipotizzati, facendo precipitare i tempi di ritorno dell'investimento.

L'intervento permette una rapida diminuzione dei fabbisogni ma viste le somme in gioco l'integrazione architettonica è da valutare attentamente con un progetto specifico.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		<b>X</b>		

### 7.3 Sintesi della valutazione delle Ipotesi di intervento

Si riportano in sintesi i risultati dell'attività di valutazione delle ipotesi di intervento divisi per elemento del sistema edificio- impianto: involucro, climatizzazione, ACS, ventilazione, fonti rinnovabili.

#### *Involucro*

Gli interventi sull'involucro sono caratterizzati da alti tempi di ritorno e forti investimenti iniziali, inoltre nel nostro caso sono anche caratterizzati da un limitato impatto sui fabbisogni. Tuttavia alcuni di essi possono avere ottimi impatti nel comfort termico degli ambienti (AZ\_inv\_06/07) e possono essere integrati nella manutenzione straordinaria di alcuni elementi edilizi (AZ\_Inv\_02\_Isolamento copertura). Considerando l'eventuale accesso a forme di incentivazione, gli interventi sull'involucro possono raggiungere tempi di ritorno ben inferiori alla loro vita utile, ad eccezione della sostituzione degli infissi che è da sconsigliare anche per motivi di rispetto degli elementi architettonici esistenti.

#### *Climatizzazione*

Gli interventi sul sistema di climatizzazione sono prioritari per garantire il comfort interno, la sostituzione del sistema esistente (AZ\_clima\_01) con uno di maggiore capacità modulante sembra essere una soluzione favorita. La diminuzione della potenza dell'impianto (AZ\_clima\_02) produce un miglioramento ulteriore dell'efficienza ma potrebbe non soddisfare i carichi termici di picco.

Il sistema attuale non è ben regolato e non riesce a garantire le condizioni di comfort nei locali BAR e libreria, è perciò consigliabile un intervento di regolazione e di migliore confinamento della zona termica (AZ\_clima\_03, AZ\_Inv\_06/07) per limitare le dispersioni e migliorare l'efficienza. Questo aspetto è da sviluppare con un attento ripensamento del circuito di distribuzione aeraulico attualmente poco efficiente

#### *Acqua Calda Sanitaria (ACS)*

Il fabbisogno di ACS è molto basso, ma per garantire i livelli di servizio minimi si rende necessaria l'installazione di un impianto. Visto il basso fabbisogno una soluzione semplice con boiler elettrico può essere preferibile (AZ\_ACS\_01).

#### *Ventilazione*

Il fabbisogno delle ventole della UTA abbassa drasticamente la prestazione dell'edificio, è consigliabile un ripensamento del Circuito aeraulico di distribuzione basato su ulteriori indagini e misurazioni sul sistema impiantistico.

Un aspetto critico è la ventilazione della zona espositiva, che attualmente non è utilizzata in quanto non efficace e rumorosa. Essa potrebbe contribuire a limitare il carico termico estivo ma sono necessari ulteriori studi ed approfondimenti non compatibili con gli strumenti utilizzati in questo lavoro (simulazioni dinamiche, CFD,..).

#### *Fonti Rinnovabili*

L'edificio utilizza solo la fonte energetica elettrica ed ha alti consumi per la climatizzazione, ma è vincolato da norme di tutela paesaggistica che potrebbero rendere poco conveniente l'utilizzo di sistemi fotovoltaici (AZ\_FER\_01). E necessario un progetto architettonico di integrazione dei pannelli solari per valutare concretamente il potenziale della FER.

**Tabella 48. Valutazione economica degli scenari singoli**

N°	Codice	Descrizione	invest. [Euro]	PBT [anni]	C. Oper. [euro]	Energia [%]	C. Oper. [%]
1	AZ_Inv_01	<u>Isolamento muratura</u> : cappotto termico interno da 10cm in materiale compatibile	31650	36	10660	-8,3	-8,3
2	AZ_inv_02	<u>Isolamento Copertura</u> : cappotto termico esterno da 14cm , considerato come lavorazione aggiuntiva di un intervento di manutenzione straordinario della impermeabilizzazione ormai necessario.	10300	25	10660	-3,9	-3,9
3	AZ_Inv_03	<u>Pellicole selettiva</u> : intervento di schermatura dall'irraggiamento solare realizzato tramite pellicole trasparenti selettive	800	3,1	10660	-2,4	-2,4
4	AZ_inv_04	<u>Sostituzione infissi</u> : con infissi a taglio termico di fattura simile agli originali e U di norma	4100	226	10660	-0,5	-0,5
5	AZ_inv_05	<u>Isolamento solaio di base</u> : con cappotto termico esterno realizzato dal locale sottostante	10100		10660	0,6	0,6
6	AZ_Clima_01	Sostituzione HP: sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante	15000	7,7	10660	-18,3	-18,3
7	AZ_clima_02	Sostituzione HP (meno): sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante e minore potenza	10000	4,6	10660	-20,5	-20,5
8	AZ_clima_03 AZ_Inv_06 AZ_Inv_07	Regolazione: installazione di sistemi intelligenti di regolazione e modulazione per ogni locale	8000	9,9	10660	-7,5	-7,5
9	AZ_clima_04	<u>Stufe irraggiamento</u> : installazione stufe ad irraggiamento nei servizi dei dipendenti con sensore di presenza per l'accensione	500	nessuno	10660	0,2	0,2
10	AZ_ACS_01	<u>Boiler elettrico</u> : installazione boiler elettrico nel servizio dei dipendenti con programmazione intelligente	200	nessuno	10660	0,3	0,3
11	AZ_FER_01	<u>Impianto fotovoltaico</u> : installazione di impianto fotovoltaico orientato all'autoconsumo	33200	10,9	10660	-45	-45

**Tabella 49. Valutazione qualitativa degli scenari singoli**

N°	Codice	Descrizione	Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4	Cr_5	Cr_6	Cr_7	Cr_8
1	AZ_Inv_01	<u>Isolamento muratura</u> : cappotto termico interno da 10cm in materiale compatibile	1	1	-2	-2	1	0	0	0
2	AZ_inv_02	<u>Isolamento Copertura</u> : cappotto termico esterno da 14cm , considerato come lavorazione aggiuntiva di un intervento di manutenzione straordinario della impermeabilizzazione ormai necessario.	0	0	0	-2	2	0	0	0
3	AZ_Inv_03	<u>Pellicole selettiva</u> : intervento di schermatura dall'irraggiamento solare realizzato tramite pellicole trasparenti selettive	0	0	4	4	2	1	1	0
4	AZ_inv_04	<u>Sostituzione infissi</u> : con infissi a taglio termico di fattura simile agli originali e U di norma	0	0	2	-5	1	0	0	0
	AZ_inv_05	<u>Isolamento solaio di base</u> : con cappotto termico esterno realizzato dal locale sottostante	0	0	0	-5	1	0	0	0
8	AZ_Clima_01	Sostituzione HP: sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante	1	1	-1	1	1	0	0	0
	AZ_clima_02	Sostituzione HP (meno): sostituzione del generatore con una Pompa di calore (aria-acqua) di maggiore capacità modulante e minore potenza	1	1	0	2	1	0	0	0
	AZ_clima_03 AZ_Inv_06 AZ_Inv_07	Regolazione: installazione di sistemi intelligenti di regolazione e modulazione per ogni locale	0	0	0	1	4	2	-1	0
	AZ_clima_04	<u>Stufe irraggiamento</u> : installazione stufe ad irraggiamento nei servizi dei dipendenti con sensore di presenza per l'accensione	0	0	4	-5	4	4	0	0
	AZ_ACS_01	<u>Boiler elettrico</u> : installazione boiler elettrico nel servizio dei dipendenti con programmazione intelligente	0	0	4	-5	0	4	0	0
13	AZ_FER_01	<u>Impianto fotovoltaico</u> : installazione di impianto fotovoltaico orientato all'autoconsumo	2	2	-5	0	0	0	0	-2

punteggio	Giudizio	Criteri di impatto	
		Cr_1	Cr_2
4	Molto positivo	Fabbisogno energetico	Costi operativi
2	Positivo	Investimento iniziale	Tempo ritorno
1	Moderatamente positivo	Microclima interno	Fruibilità dell'edificio
0	Trascurabile (moderato per Cr_3, Cr_4)	Qualità arc. Interna	Qualità arc. Esterna e paesaggio
-1	Moderatamente negativo		
-2	Negativo		
-5	Molto Negativo		

### 7.4 Scenari di intervento multipli

Gli scenari combinano gli interventi progettuali le azioni presentate in precedenza in maniera funzionale al raggiungimento di alcuni obiettivi di progettuali definiti in precedenza: massimizzazione del risparmio energetico, miglioramento del comfort interno, valorizzazione dell’edificio.

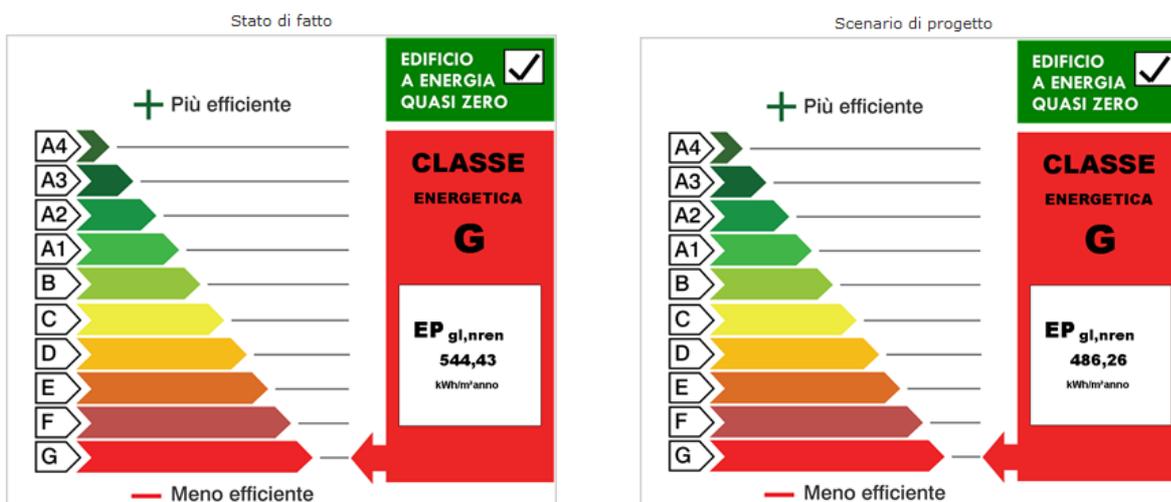
I fruitori degli ambienti coinvolti nel processo progettuale hanno selezionato alcuni scenari singoli individuando uno scenario condiviso molto prossimo ad un criterio di minimo intervento. Si propongono i seguenti scenari multipli, essi richiedono una nuova valutazione di fattibilità economica perché l’interazione tra i diversi interventi porta a variazioni rispetto allo scenario singolo:

1. Scenario condiviso, quello scelto dagli stakeholder
2. Scenario ottimo economico, unisce gli interventi con migliori performance economiche
3. Scenario ottimo economico con FER, unisce gli interventi con migliori performance economiche alla installazione del campo fotovoltaico;
4. Scenario massimo efficientamento (completo), combina tutti gli interventi per l’ottenimento della massima efficienza.
5. Scenario massimo efficientamento con FER (completo con FER), combina tutti gli interventi per l’ottenimento della massima efficienza compreso l’impianto fotovoltaico.

#### **Scenario condiviso**

Il processo di progettazione ha coinvolto 3 dipendenti non tecnici, un dipendente responsabile del museo che possiede gestisce anche gli impianti della struttura, un decisore appartenente alla amministrazione comunale di Carbonia. I bisogni maggiormente sentiti dai dipendenti sono la manutenzione della impermeabilizzazione della copertura e la difesa dal surriscaldamento estivo. Ritengono gli interventi sulla muratura troppo invasivi rispetto alle attività del museo, e non percepiscono disagio rispetto alle condizioni dell’impianto a tutt’aria probabilmente perché utilizzano solo quando sono presenti visitatori i locali BAR e Libreria. Ritengono invece prioritario l’aumento dei livelli del servizio circa ACS e il riscaldamento del bagno dei dipendenti. Lo scenario punta a massimizzare il comfort percepito dai dipendenti che utilizzano abitualmente l’edificio, essi però sono diffidenti sulla installazione di chiusure automatiche nelle porte della zona commerciale in quanto reputano che debbano stare aperte per invogliare l’ingresso dei visitatori. Perciò lo scenario considera solo l’effetto della installazione dei termostati in ogni locale riscaldato.

Scenario:	Scenario multiplo 1: Scenario condiviso	
Obiettivo:	Mette insieme le azioni scelte dalla maggioranza degli stakeholders	
Elemento	Azione	Costo intervento
involucro	Az_inv_02_isolamento copertura	10300
	Az_inv_03_Pellicole selettive (lo vorrebbero su tutto l’edificio)	800
Riscaldamento	Az_clima_03 (solo riparazione del termostato)	600
Raffrescamento	Az_clima_04_Stufe irraggiamento nei Bagni	500
ACS	AZ_ACS_01_Installaizone boiler elettrico	200
Ventilazione		
FER		
Illuminazione		
altro		
	<b>TOTALE INVESTIMENTO</b>	12000
	<b>TEMPO RITORNO semplice (modello standard)</b>	13,7 anni
<i>NOTE</i>		



### Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario multiplo_ condiviso			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	49.063,80	-8,0	37.817,44	-6,1
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	9.812,76	-8,0	7.563,49	-6,1
Tempo di ritorno	anni			13,8		23,8	

### Consiglio

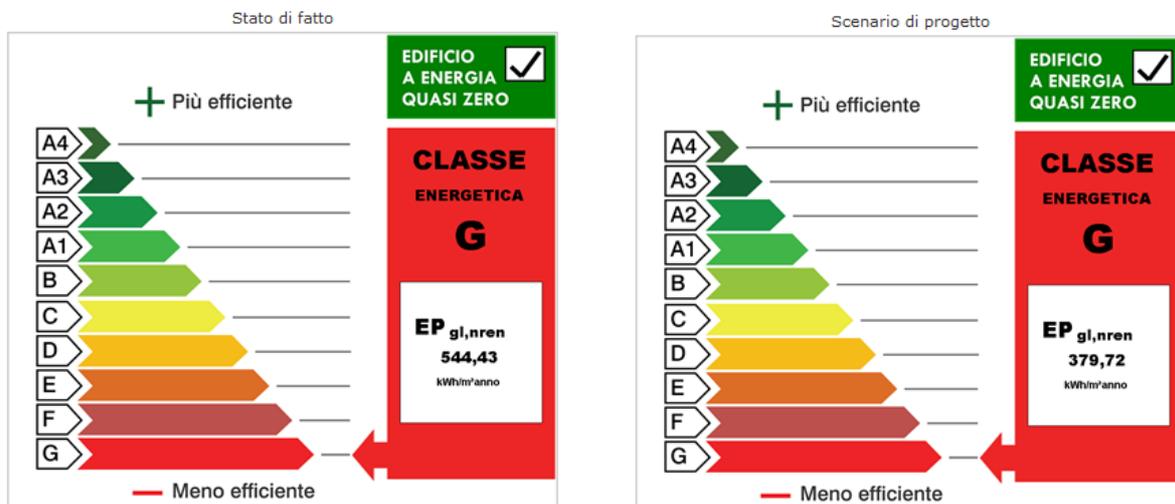
Lo scenario si inquadra in una soluzione di minimo intervento, esso è coerente con le aspettative minime di coloro che utilizzano gli spazi, combinando l'intervento di isolamento della copertura con la necessaria manutenzione del manto impermeabile si limitano i costi gli altri interventi hanno dei costi piuttosto limitati. Anche se lo scenario complessivamente non raggiunge un forte efficientamento, grazie alla presenza delle pellicole e dell'isolamento termico in copertura le condizioni di comfort estive dovrebbero migliorare notevolmente.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				<b>X</b>

**Scenario Ottimo**

Lo scenario ottimo combina gli scenari singoli di intervento che hanno un migliore tempo di ritorno, non è stato selezionato dagli stakeholders ma non viene considerato non desiderabile in quanto è in larga parte coincidente con lo scenario condiviso. Questo scenario si caratterizza per la sostituzione della pompa di calore con una attuale avente maggiore capacità modulante. Non si propone una diminuzione di potenza del generatore in quanto non sono previsti interventi sull’involucro che possano abbassare notevolmente il carico termico.

<b>Scenario:</b>	<b>Scenario multiplo 1: scenario ottimo economico</b>	
<b>Obiettivo:</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Azione</b>	<b>Costo intervento</b>
involucro	Az_inv_02_isolamento copertura	10300
	Az_inv_03_Pellicole selettive (lo vorrebbero su tutto l’edificio)	800
	AZ_inv_06_Porte automatiche locali BAR e Libreria	6000
	AZ_inv_07_Vetrata Uffici	1500
Riscaldamento Raffrescamento	AZ_clima_01_sostituzione HP	15000
	Az_clima_03_Regolazione	600
	Az_clima_04_Stufe irraggiamento nei Bagni	500
ACS	AZ_ACS_01_Installazione boiler elettrico	200
Ventilazione		
FER		
Illuminazione		
altro		
	<b>TOTALE INVESTIMENTO</b>	34200
	<b>TEMPO RITORNO semplice (modello standard)</b>	10,6 anni
<i>NOTE</i>		



### Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario multiplo: Ottimo			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	37.175,10	-30,3	32.507,00	-19,3
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	7.435,02	-30,3	6.501,40	-19,3
Tempo di ritorno	anni			10,6		22,0	

### Consiglio

Lo scenario produce una buona diminuzione del fabbisogno energetico che ottiene un tempo di ritorno inferiore alla vita utile dell'impianto (10,6 anni), tuttavia nel modello personalizzato la fattibilità economica peggiora notevolmente.

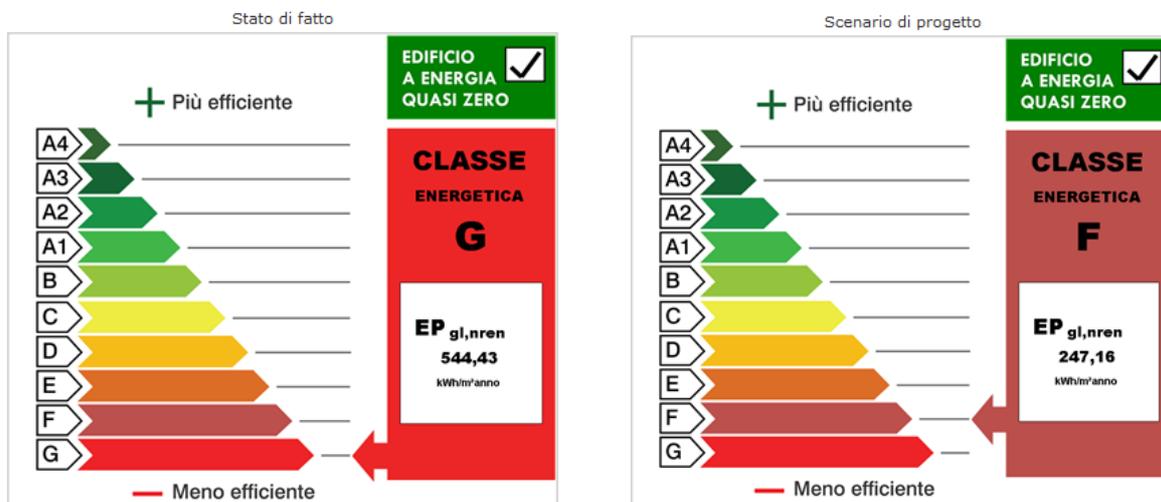
Per ottenere delle previsioni più affidabili riguardanti gli interventi sugli impianti, è necessario approfondire l'indagine sulle condizioni di utilizzo volta e determinare i consumi reali ed indagare sulle caratteristiche specifiche di tutti i sottosistemi impiantistici

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
			<b>X</b>	

**Scenario Ottimo con FER**

Questo scenario aggiunge, a quello ottimo valutato in precedenza, l’impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica. Gli interventi più caratterizzanti sono la sostituzione della pompa di calore con una attuale avente maggiore capacità modulante e l’installazione di un campo fotovoltaico da 20kWp in sostituzione della copertura vetrata del locale espositivo.

<b>Scenario:</b>	<b>Scenario multiplo 1: scenario ottimo economico</b>	
<b>Obiettivo:</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Azione</b>	<b>Costo intervento</b>
involucro	Az_inv_02_isolamento copertura	10300
	Az_inv_03_Pellicole selettive (lo vorrebbero su tutto l’edificio)	800
	AZ_inv_06_Porte automatiche locali BAR e Libreria	6000
	AZ_inv_07_Vetrata Uffici	1500
Riscaldamento Raffrescamento	AZ_clima_01_sostituzione HP	15000
	Az_clima_03_Regolazione	600
	Az_clima_04_Stufe irraggiamento nei Bagni	500
ACS	AZ_ACS_01_Installazione boiler elettrico	200
Ventilazione		
FER	AZ_FER_01_fotovoltaico (20kWp)	33200
Illuminazione		
altro		
	<b>TOTALE INVESTIMENTO</b>	67400
	<b>TEMPO RITORNO semplice (modello standard)</b>	11,6 anni
<i>NOTE</i>		



### Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Clima_03			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo teorico (energia elettrica)	kWh	53.301,49	40.270,72	24.198,10	-54,6	22.128,82	-45,0
Costo teorico (Energia elettrica)	€	10.660,30	8.054,14	4.839,62	-54,6	4.425,76	-45,0
Tempo di ritorno	anni			11,6		18,6	

### Consiglio

Lo scenario produce una buona diminuzione del fabbisogno energetico che ottiene un tempo di ritorno inferiore alla vita utile dell'impianto (11,6 anni), anche il modello personalizzato mantiene un tempo di ritorno inferiore ai 20 anni.

Per ottenere delle previsioni più affidabili riguardanti gli interventi sugli impianti, è necessario approfondire l'indagine sulle condizioni di utilizzo volta e determinare i consumi reali ed indagare sulle caratteristiche specifiche di tutti i sottosistemi impiantistici.

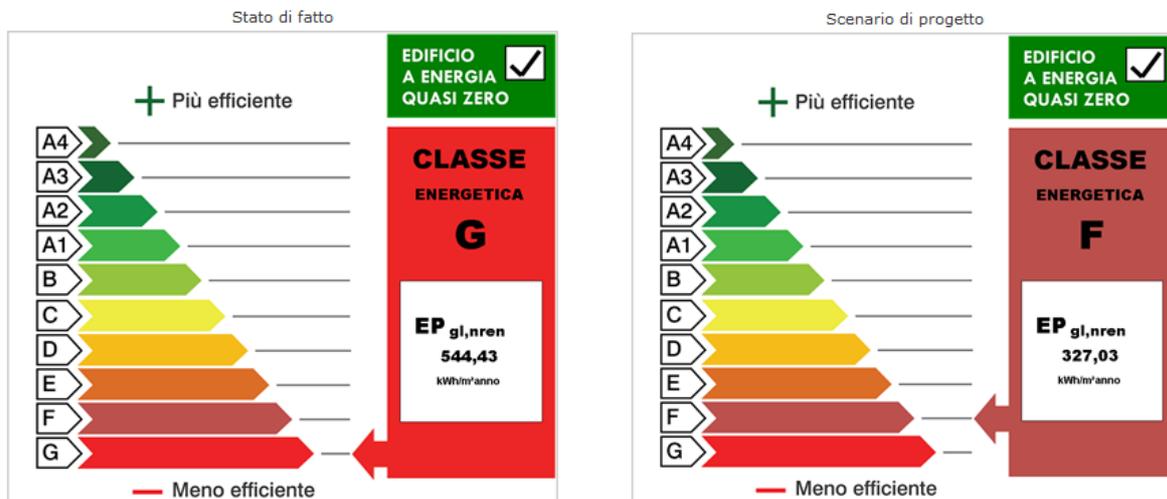
Il sistema fotovoltaico è stato dimensionato per massimizzare il ritorno economico sfruttando la tariffazione dello scambio sul posto, tuttavia i vincoli paesaggistici potrebbero rendere necessarie installazioni non standard che possono aumentare notevolmente i costi di realizzazione, peggiorando il tempo di ritorno. Si rende perciò necessario un progetto architettonico di integrazione dei pannelli fotovoltaici.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		<b>X</b>		

**Scenario Completo, di massimo efficientamento**

Questo scenario raccoglie tutti gli interventi di efficientamento, al fine di valutare la prestazione ottenibile con un intervento completo. Solo la sostituzione degli infissi è stata esclusa in quanto il suo effetto sulla prestazione è trascurabile a fronte di alti costi di investimento. Inoltre in questo caso si è prevista l'installazione di un generatore di minore potenza perché l'involucro è stato fortemente rinnovato.

<b>Scenario:</b>	<b>Scenario multiplo 1: scenario completo</b>	
<b>Obiettivo:</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Azione</b>	<b>Costo intervento</b>
involucro	Az_inv_01_isolamento muratura	31650
	Az_inv_02_isolamento copertura	10300
	Az_inv_03_Pellicole selettive	800
	AZ_inv_05_isolamento solaio di base	10100
	AZ_inv_06_Porte automatiche locali BAR e Libreria	6000
	AZ_inv_07_Vetrata Uffici	1500
	Riscaldamento Raffrescamento	AZ_clima_02_sostituzione HP (meno potenza)
Az_clima_03_Regolazione		600
Az_clima_04_Stufe irraggiamento nei Bagni		500
ACS	AZ_ACS_01_Installazione boiler elettrico	200
Ventilazione		
FER		
Illuminazione		
altro		
	<b>TOTALE INVESTIMENTO</b>	70850
	<b>TEMPO RITORNO semplice (modello standard)</b>	16,6 anni
<i>NOTE</i>		



### Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Clima_03			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	32.016,80	-39,9	27.663,97	-31,3
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	6.403,36	-39,9	5.532,79	-31,3
Tempo di ritorno	anni			16,6		28,1	

### Consiglio

Lo scenario produce una diminuzione del fabbisogno energetico prossima al 40% che porta da un tempo di ritorno prossima alla vita utile dell'impianto (16,6 anni) ma comunque accettabili per uno scenario che prevede investimenti sull'involucro edilizio. Il modello personalizzato ha parametri di fattibilità economica ancora inferiori, a causa del minore risparmio annuo.

Ciò che aumenta molto il livello dell'investimento sono gli interventi sull'involucro che generalmente sono caratterizzati da PBT di oltre 20 anni, tuttavia qualora il museo potesse accedere ad incentivi o finanziamenti lo scenario dovrebbe essere preso in considerazione.

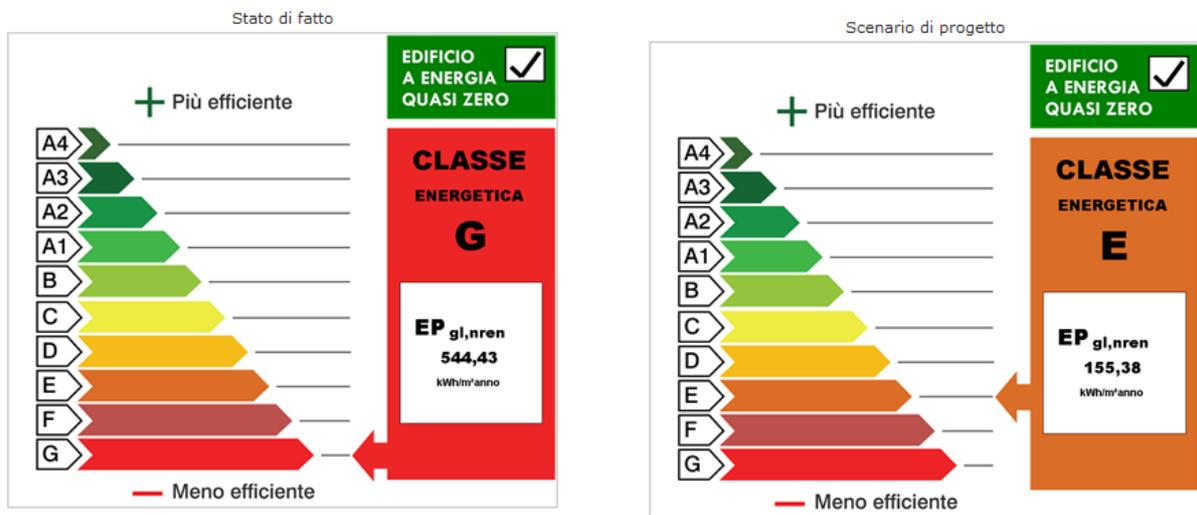
Per ottenere delle previsioni più affidabili riguardanti gli interventi sugli impianti, è necessario approfondire l'indagine sulle condizioni di utilizzo volta e determinare i consumi reali ed indagare sulle caratteristiche specifiche di tutti i sottosistemi impiantistici.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		<b>X</b>		

**Scenario Completo con FER**

Questo scenario raccoglie tutti gli interventi di efficientamento, al fine di valutare la prestazione ottenibile con un intervento completo. Solo la sostituzione degli infissi è stata esclusa in quanto il suo effetto sulla prestazione è trascurabile a fronte di alti costi di investimento. In questo caso si è prevista l'installazione di un generatore di minore potenza perché l'involucro è stato fortemente rinnovato e si è valutata l'installazione di un campo fotovoltaico da 20kWp

<b>Scenario:</b>	<b>Scenario multiplo 5: scenario completo con FER</b>	
<b>Obiettivo:</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Azione</b>	<b>Costo intervento</b>
involucro	Az_inv_01_isolamento muratura	31650
	Az_inv_02_isolamento copertura	10300
	Az_inv_03_Pellicole selettive	800
	AZ_inv_05_isolamento solaio di base	10100
	AZ_inv_06_Porte automatiche locali BAR e Libreria	6000
	AZ_inv_07_Vetrata Uffici	1500
	Riscaldamento Raffrescamento	AZ_clima_02_sostituzione HP (meno potenza)
Az_clima_03_Regolazione		600
Az_clima_04_Stufe irraggiamento nei Bagni		500
ACS	AZ_ACS_01_Installazione boiler elettrico	200
Ventilazione		
FER	AZ_FER_01_fotovoltaico (20kWp)	33200
Illuminazione		
altro		
	<b>TOTALE INVESTIMENTO</b>	70850
	<b>TEMPO RITORNO semplice (modello standard)</b>	13,7 anni
<i>NOTE</i>		



### Confronto Modello standard (asset rating) e personalizzato (Tailored Rating)

Modello	UM	Stato di fatto		Scenario:AZ_Clima_03			
		Sdt	Tai	Std	%	Tai	%
Consumo (energia elettrica) <i>teorico</i>	kWh	53.301,49	40.270,72	15.212,60	-71,5	10.738,54	-73,3
Costo (Energia elettrica) <i>teorico</i>	€	10.660,30	8.054,14	3.042,52	-71,5	2.147,71	-73,3
Tempo di ritorno	anni			13,7		17,6	

### Consiglio

Lo scenario produce una diminuzione del fabbisogno energetico prossima al 70% che porta da un tempo di ritorno inferiore alla vita utile dell'impianto (13,7 anni) e complessivamente accettabile per uno scenario che prevede investimenti sull'involucro edilizio. Il modello personalizzato ha parametri di fattibilità economica inferiori ma accettabili rispetto alla vita utile dell'intervento.

Ciò che aumenta molto il livello dell'investimento sono gli interventi sull'involucro che generalmente sono caratterizzati da PBT di oltre 20 anni, tuttavia qualora il museo potesse accedere ad incentivi o finanziamenti lo scenario dovrebbe essere preso in considerazione.

Per ottenere delle previsioni più affidabili riguardanti gli interventi sugli impianti, è necessario approfondire l'indagine sulle condizioni di utilizzo volta e determinare i consumi reali ed indagare sulle caratteristiche specifiche di tutti i sottosistemi impiantistici.

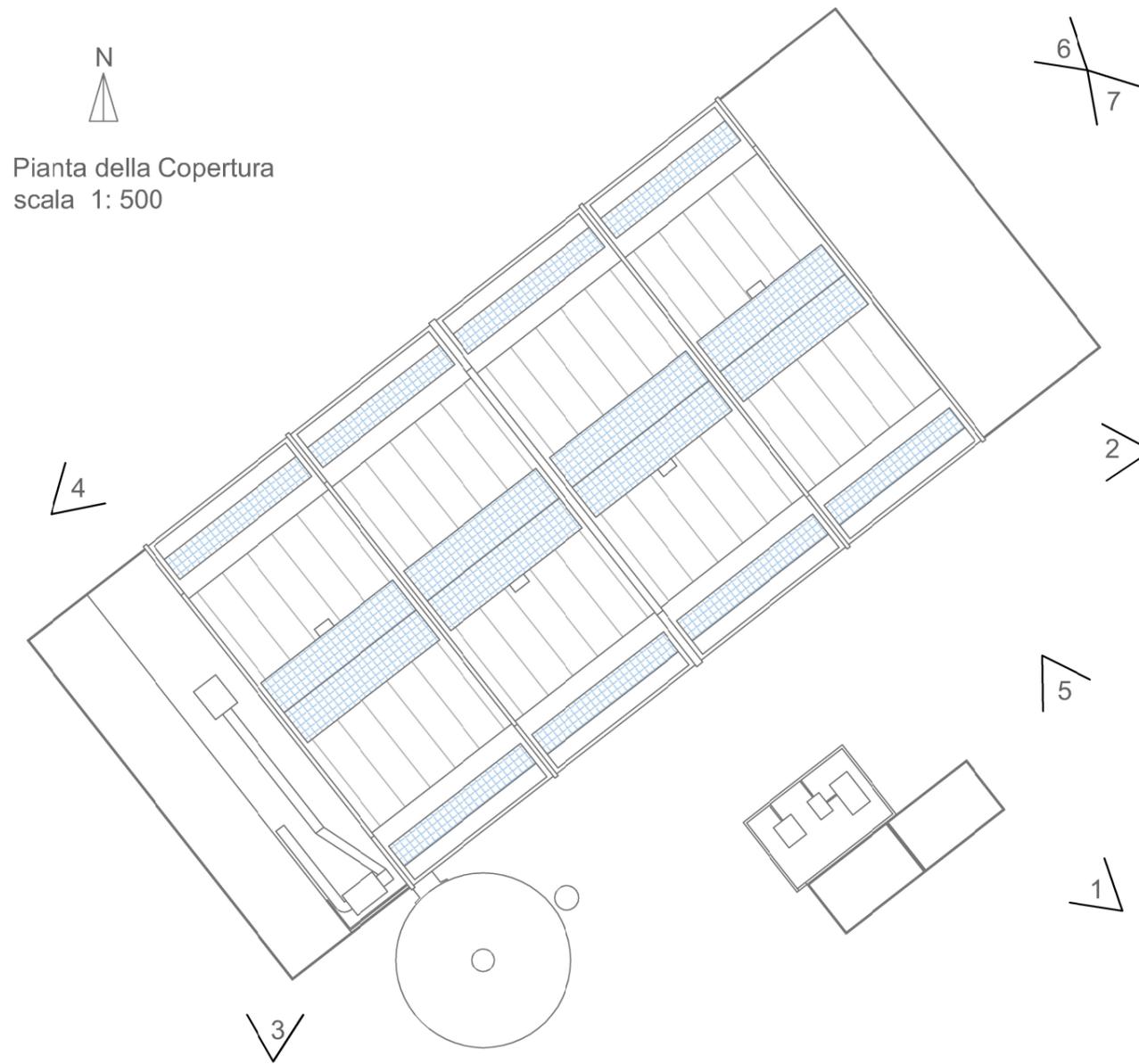
Il sistema fotovoltaico è stato dimensionato per massimizzare il ritorno economico sfruttando la tariffazione dello scambio sul posto, tuttavia i vincoli paesaggistici potrebbero rendere necessarie installazioni non standard che possono aumentare notevolmente i costi di realizzazione, peggiorando il tempo di ritorno. Si rende perciò necessario un progetto architettonico di integrazione dei pannelli fotovoltaici.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		<b>X</b>		



Complesso della Grande Miniera di Serbariu  
scala 1:5000

Edificio del Museo del Carbone (EX Lampisteria)  
scala 1:1000



Pianta della Copertura  
scala 1: 500



V5



V6



V7



V1



V2

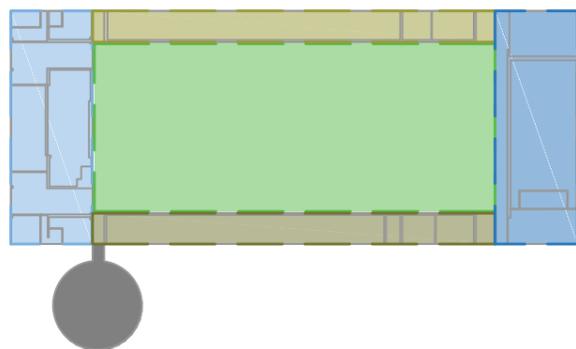
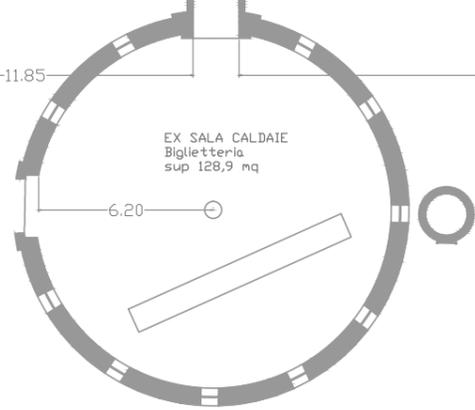
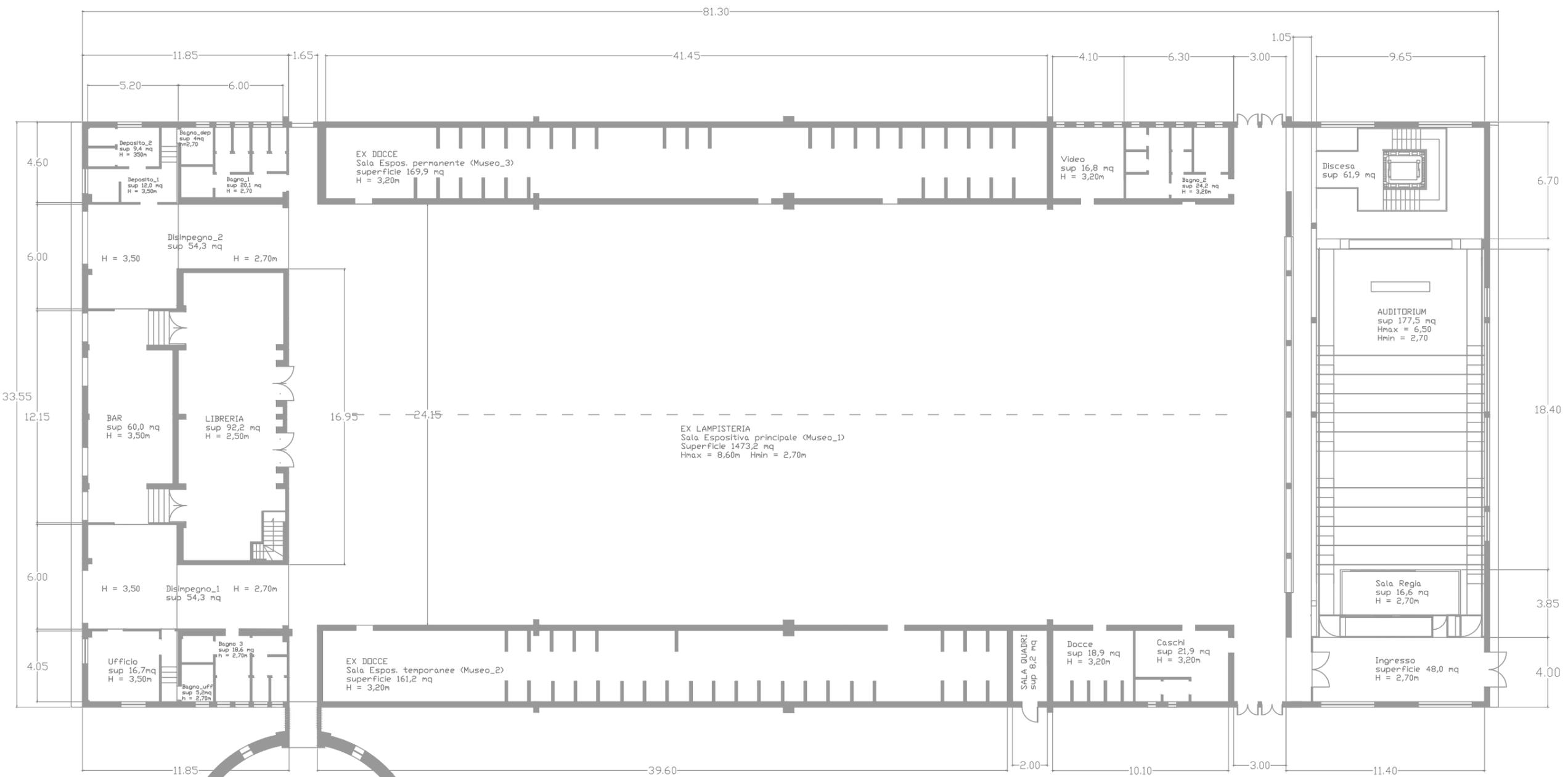


V3



V4

<p>PAR 2017-18</p>	<p><b>SOTACARBO</b> SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE</p>
<p>Diagnosi Energetica Museo del Carbone</p>	
<p><b>TAVOLA 1</b></p>	
<p>Inquadramento scala - varia</p>	
<p>Caterina Frau - responsabile Stefano Pili Francesca Poggi Alessandra Madeddu</p>	



**CORPI DI FABBRICA**

- CF\_A - Corpo di fabbrica principale con copertura a volta, ospita la EX Lampisteria
- CF\_A1 - Corpo di fabbrica principale con copertura piana, ospita le sale espositive temporanee
- CF\_A2 - Corpo di fabbrica principale con copertura piana, ospita le sale espositive permanenti
- CF\_B - Corpo di fabbrica ad un livello fuori terra e copertura piana, ospita la zona commerciale e gli uffici
- CF\_C - Corpo di fabbrica ad un livello fuori terra e copertura piana, ospita la zona conferenze
- CF\_D - Corpo di fabbrica cilindrico (EX locale caldaie), ospita la biglietteria del Museo

C. Fabbr	Locale	Superficie	Volume
CF_A	Museo_1	1473	8396
	Museo_2	161	516
CF_A1	Caschi	22	70
	Docce	19	60
	Quadri	8	26
	Museo_3	170	544
CF_A2	Video	17	54
	Bagno_2	24	77
CF_B	Libreria	92	249
	BAR	60	210
	Ufficio	17	58
	Bagno_uff	5	14
	Deposito_1	12	42
	Deposito_2	9	33
	Bagno_dep	4	11
	Bagno_3	19	50
	Disimpegno_1	54	170
	Disimpegno_2	54	170
CF_C	Bagno_1	20	54
	Auditorium	174	898
	Ingresso	48	130
	Regia	17	45
CF_D	Discesa	62	167
	Biglietteria	129	645
		<b>2670</b>	<b>12690</b>

C.Fabbr	superficie utile		volume	
	[mq]	%	[mc]	%
CF_A	1473	55,2	8396	66,2
CF_A1	210	7,9	673	5,3
CF_A2	211	7,9	675	5,3
CF_B	346	13,0	1062	8,4
CF_C	301	11,3	1240	9,8
CF_D	129	4,8	645	5,1
<b>totale</b>	<b>2670</b>	<b>100,0</b>	<b>12690</b>	<b>100,0</b>

**SOTACARBO**  
SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE

PAR  
2017-18

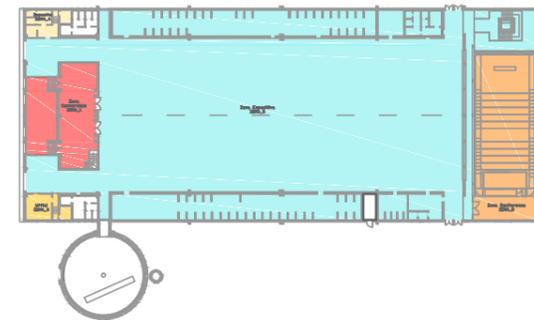
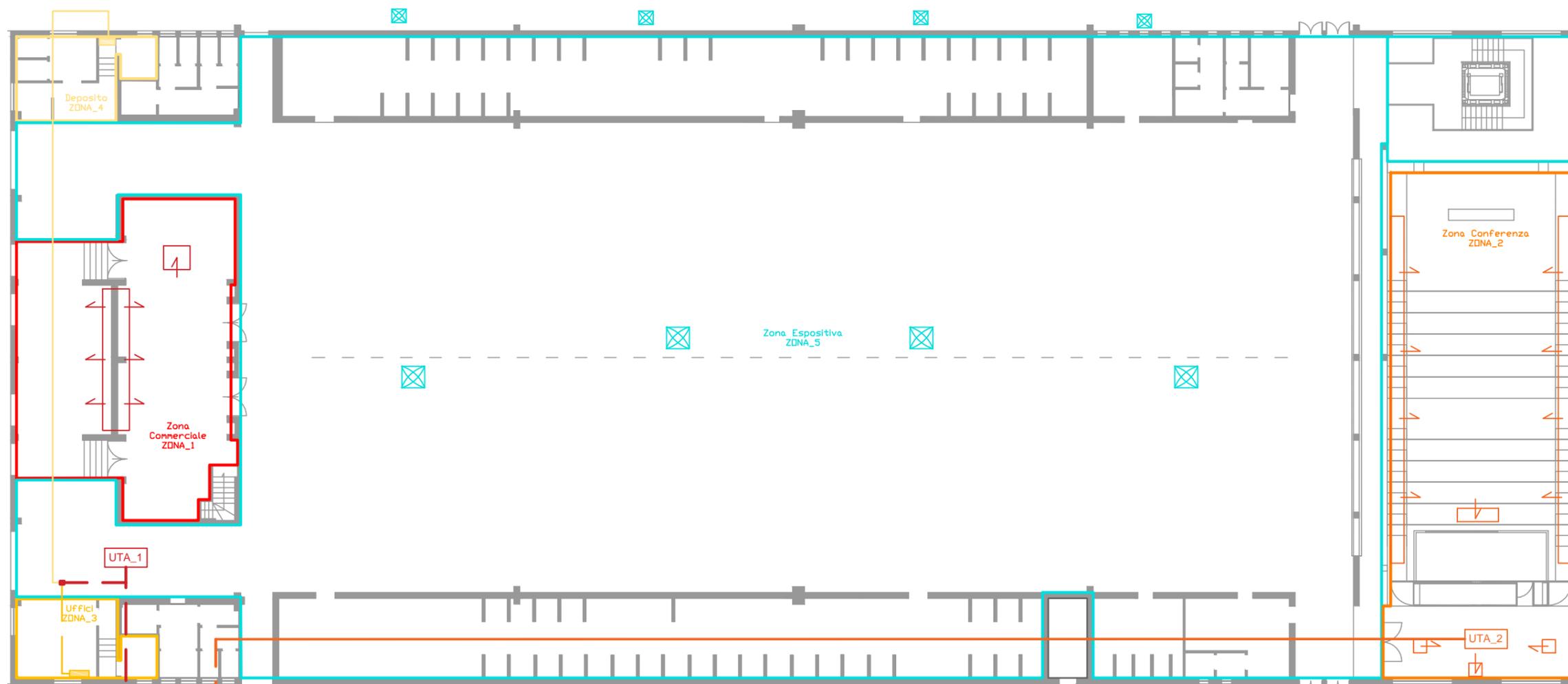
Diagnosi Energetica  
Museo del Carboni

---

**TAVOLA 2**

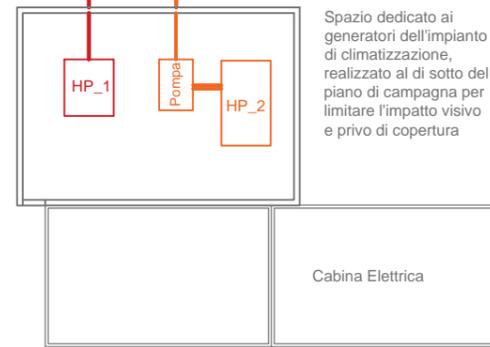
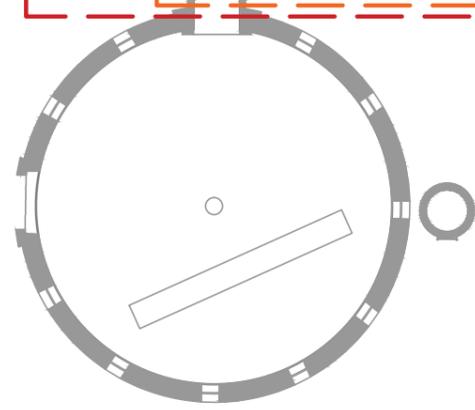
Locali - Corpi di Fabbrica  
scala - 1:250

Caterina Frau - responsabile  
Stefano Pili  
Francesca Poggi  
Alessandra Madeddu



**ZONE TERMICHE**

- Zona Commerciale - ZONA\_1  
USO - Continuo  
Locali climatizzati (inverno/estate) da un impianto tutt'aria alimentato da pompa di calore (HP\_1) integrata con UTA con ricircolo di aria.
- Zona Conferenze - ZONA\_2  
USO - Saltuario, in presenza di eventi  
Locali climatizzati (inverno/estate) da un impianto tutt'aria alimentato da pompa di calore (HP\_2) integrata con UTA con ricircolo di aria.
- Zona Ufficio - ZONA\_3  
USO - Continuo  
Locali climatizzati (inverno/estate) da un impianto aira-acqua alimentato da pompa di calore (HP\_2) integrato con ventilconvettori.
- Zona Depositi - ZONA\_4  
USO - attualmente non operativo  
Locali climatizzati (inverno/estate) da un impianto aira-acqua alimentato da pompa di calore (HP\_2) integrato con ventilconvettori.
- Zona Espositiva - ZONA\_5  
USO - Continuo estivo  
Locali serviti da ventilazione forzata.
- Locali privi di climatizzazione - ZONA\_NC  
Locali non serviti da sistemi di climatizzazione e/o ventilazione.



Spazio dedicato ai generatori dell'impianto di climatizzazione, realizzato al di sotto del piano di campagna per limitare l'impatto visivo e privo di copertura

**IMPIANTI CLIMATIZZAZIONE**

**Sistema di Generazione**

- Pompa Gruppo pompe HP\_2
- HP\_2 Generatore HP\_2, Pompa di calore Aria-Acqua Systemair VLH604 - LN  
Pot. risc. = 164,5 kWh,  
Pot. raff. = 145,9 kWh  
ZONA 2
- HP\_1 Generatore HP\_1, Pompa di calore Aria-Acqua Systemair CLH202 - LN  
Pot. risc. = 58,0 kWh,  
Pot. raff. = 54,8 kWh  
ZONA 1, ZONE 3-4

**Sistema di emissione**

- Terminali idronici Ventilconvettore (90W), alimentato dalla HP\_1 a servizio delle ZONE 3-4
- Immissione dell'aria della UTA
- Ripresa dell'aria della UTA

**Sistema di Distribuzione**

- Distribuzione Primaria prevalentemente esterna, con tubazione isolata secondo normativa
- Distribuzione Primaria prevalentemente sotto traccia, isolata secondo normativa
- Distribuzione secondaria prevalentemente esterna, con isolamento danneggiato
- Distribuzione secondaria prevalentemente sotto traccia, isolata secondo normativa
- UTA\_1 Unita' Trattamento Aria a servizio della ZONA 1, posizionata nel tetto del CF\_B
- UTA\_2 Unita' Trattamento Aria a servizio della ZONA 2, posizionata in locale apposito del CF\_C

**IMPIANTI VENTILAZIONE - ZONA 5**

- Ventola aspirazione delle sale Museo 2 e Museo 3
- Ventola aspirazione della sala EX Lampisteria - Museo\_1

Zona	Locale	Superficie	Volume
Zona_1	Libreria	92	249
	BAR	60	210
Zona_2	Auditorium	174	898
	Ingresso	48	130
	Regia	17	45
Zona_3	Ufficio	17	58
	Bagno_uff	5	14
Zona_4	Deposito_1	12	42
	Deposito_2	9	33
	Bagno_dep	4	11
Zona_5	Museo_1	1473	8396
	Museo_2	161	516
	Museo_3	170	544
	Caschi	22	70
	Docce	19	60
	Video	17	54
	Discesa	62	167
	Disimpegno_1	54	170
	Disimpegno_2	54	170
	Biglietteria	129	645
Zona_NC	Bagno_1	20	54
	Bagno_2	24	77
	Bagno_3	19	50
	Quadri	8	26
		<b>2670</b>	<b>12690</b>

	superficie utile		volume	
	[mq]	%	[mc]	%
Zona_1	152	5,7	459	3,6
Zona_2	239	8,9	1073	8,5
Zona_3	22	0,8	72	0,6
Zona_4	25	1,0	86	0,7
Zona_5	2032	76,1	10148	80,0
Zona_NC	200	7,5	853	6,7
<i>totale</i>	<b>2670</b>	<b>100,0</b>	<b>12690</b>	<b>100,0</b>

**SOTACARBO**  
SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE

PAR 2017-18

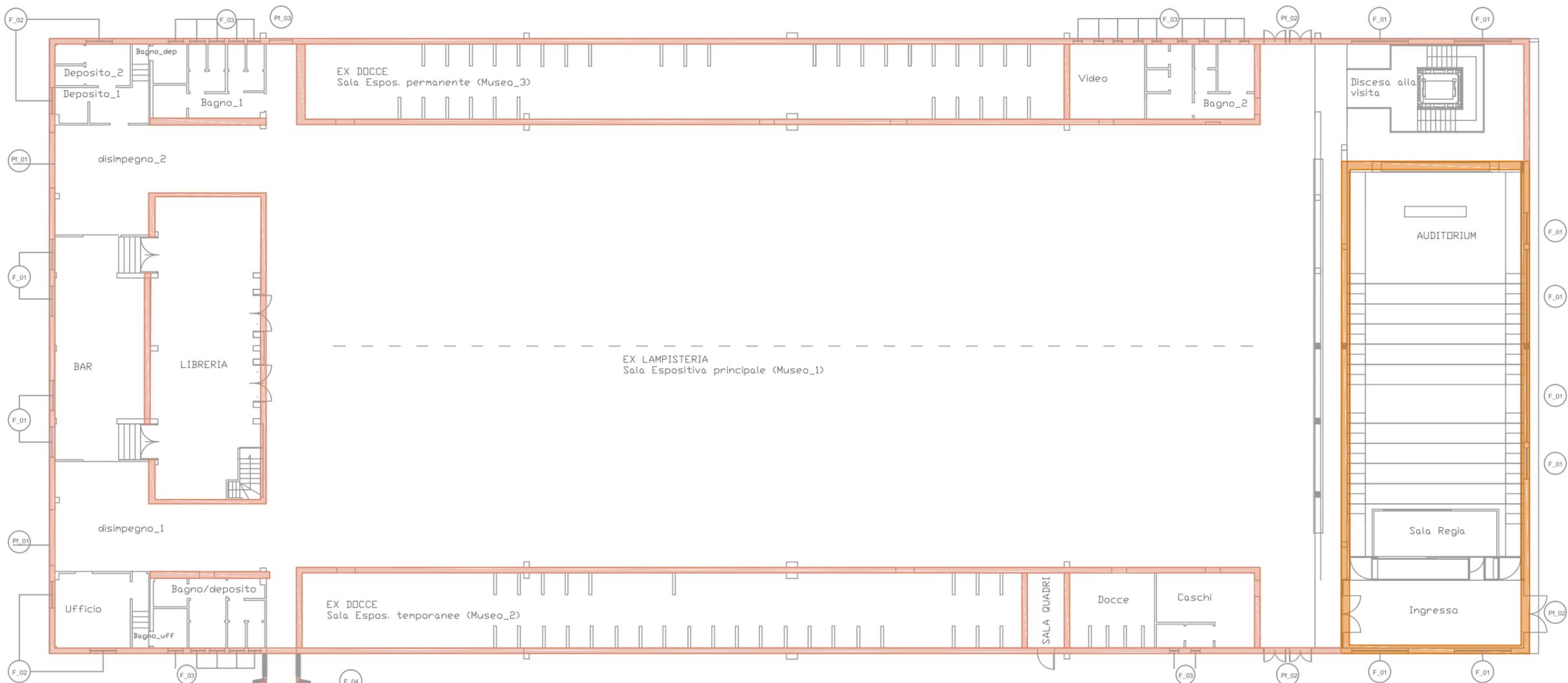
**Diagnosi Energetica Museo del Carbone**

---

**TAVOLA 3**

Zone Termiche - Impianti scala - 1:250

Caterina Frau - responsabile  
Stefano Pili  
Francesca Poggi  
Alessandra Madeddu



**CHIUSURE VERTICALI OPACHE**

-  Ch\_vert\_01- Muratura prevalentemente originale della Lampisteria in "Trachite rossa" recuperata ed intonacata su due lati, eventualmente placcata con lastre lapidee
-  Ch\_vert\_02- Muratura originale della lampisteria in "Trachite rossa" recuperata con contro parere in cartongesso con pannello fonoassorbente (ERACLIT-PV(-M) - spessore 35mm) e strato termoisolante in lana minerale (5 cm).
-  Ch\_vert\_03- Muratura originale del locale caldaie in "Trachite rossa" recuperata intonacata su due lati
-  Ch\_vert\_04- tramezzi originali e di nuova realizzazione in laterizio forato intonacato su due lati (spessore 10-18cm)

**CHIUSURE VERTICALI TRASPARENTI**

-  Fin\_01 - infisso originale restaurato e parzialmente modificato Telaio metallico fisso (70L x 70H) con vetro di spessore maggiorato, buono stato di conservazione. Modulo di infisso utilizzato nelle Vetrate verticali restaurate
-  Fin\_02- Infisso originale restaurato Telaio ligneo a doppio battente (120L x 120H) con vetro singolo, mediocre stato di conservazione. Infisso utilizzato negli uffici
-  Fin\_03- infisso originale restaurato Telaio ligneo con apertura a vasistas (65L x 45H) e vetro singolo, generalmente in buono stato. Infisso utilizzato nei bagni
-  Fin\_04- infisso originale restaurato. Telaio metallico con due riquadri fissi ed unno apribile a vasistas (70L x 210H) con vetro singolo, generalmente in buono stato. Infisso presente nella Biglietteria

-  Pfin\_01- Nuova porta antipanico Telaio metallico doppia anta (300L x 210H) con vetro antisfondamento
-  Pfin\_02- Nuova porta antipanico Telaio metallico doppia anta (270L x 210H) con vetro antisfondamento
-  Pfin\_03- Nuova porta antipanico Telaio metallico una anta (120L x 210H) con vetro antisfondamento
-  Pfin\_04- Nuova porta motorizzata Porta in vetro strutturale (200L x 210H)

**CHIUSURE DI BASE**

-  CHIUSURA DI BASE 01: prevalentemente pavimento originale controterra realizzato in marmettoni. CF\_A1
-  CHIUSURA DI BASE 02: solaio latero-cementizio su vano seminterrato originariamente utilizzato come canale di scolo delle acque meteoriche e delle docce, con pavimentazione ceramica. CF\_A2, CF\_A3
-  CHIUSURA DI BASE 03: solaio latero - cementizio sopra locale seminterrato originariamente utilizzato come ricovero delle biciclette dei minatori, pavimentazione pricipalmente realizzata in marmette. CF\_B
-  CHIUSURA DI BASE 04: nuova pavimentazione in parquet (iroco 2cm) realizzata sopra chiusura controterra in parte originale in parte di nuova realizzazione. CF\_C
-  CHIUSURA DI BASE 05: prevalentemente pavimentazione originale controterra. CF\_D

**COPERTURE**

-  COPERTURA 01: struttura intelaiata con portali a volta in CA, solaio latero - cementizio, provvisto di strato termoisolante in EPS (2 cm) fortemente degradato. E' presente una copertura vetrata che si estende longitudinalmente per tutto l'ambiente. CF\_A1
-  COPERTURA 02: solaio Latero - Cementizio orizzontale su cordolo perimetrale in CA, provvisto di strato termoisolante in EPS (2 cm) localmente degradato. E' presente una copertura vetrata che si estende longitudinalmente per tutto il corpo di fabbrica. CF\_A2, CF\_A3
-  COPERTURA 03: solaio latero - cementizio orizzontale con strato isolante in EPS (2 cm). CF\_B, CF\_C
-  COPERTURA 04: soletta in CA . CF\_D -

**SOTACARBO**  
SUSTAINABLE ENERGY  
RESEARCH CENTRE

PAR  
2017-18

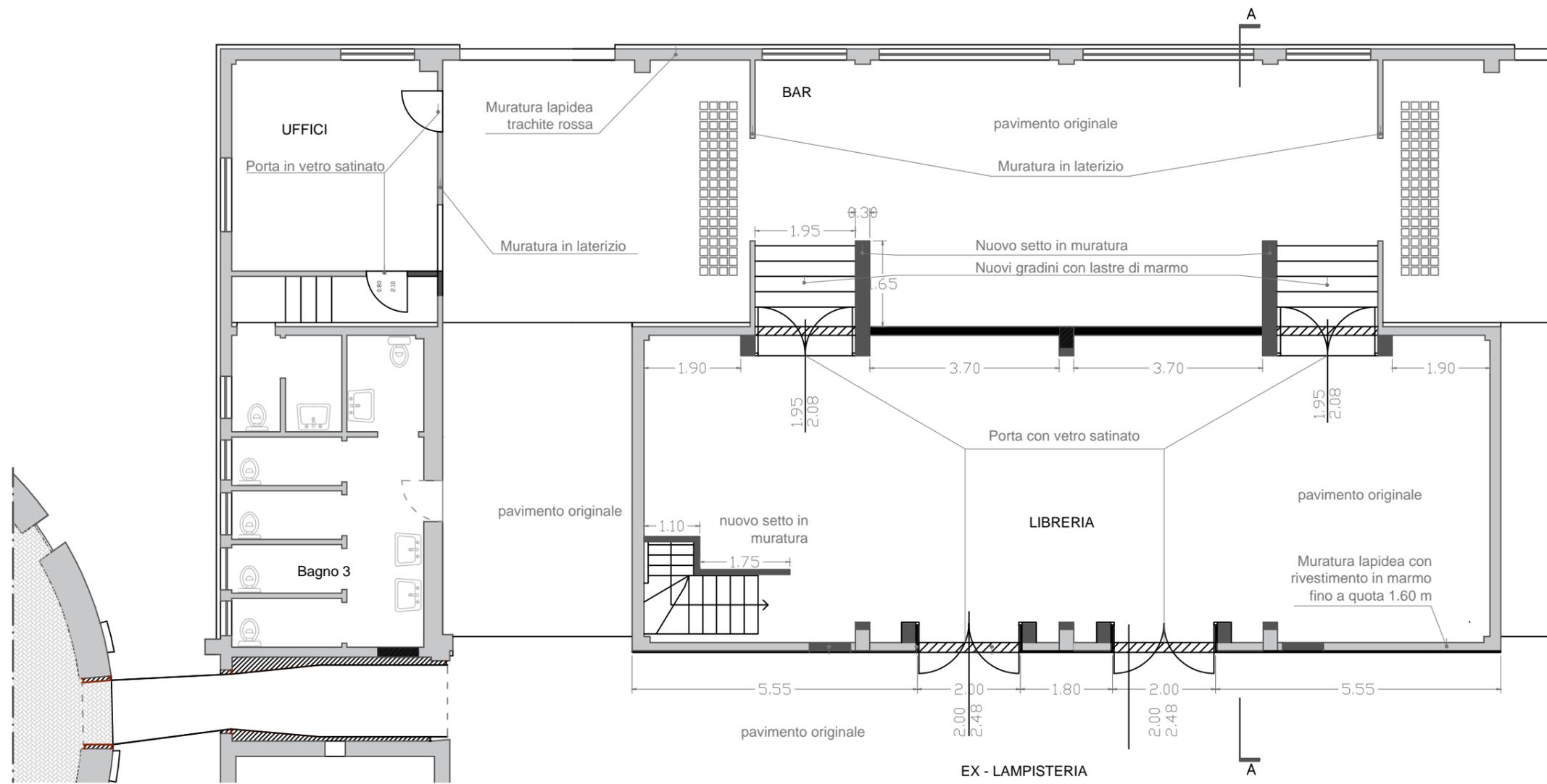
**Diagnosi Energetica  
Museo del Carbone**

---

**TAVOLA 4**

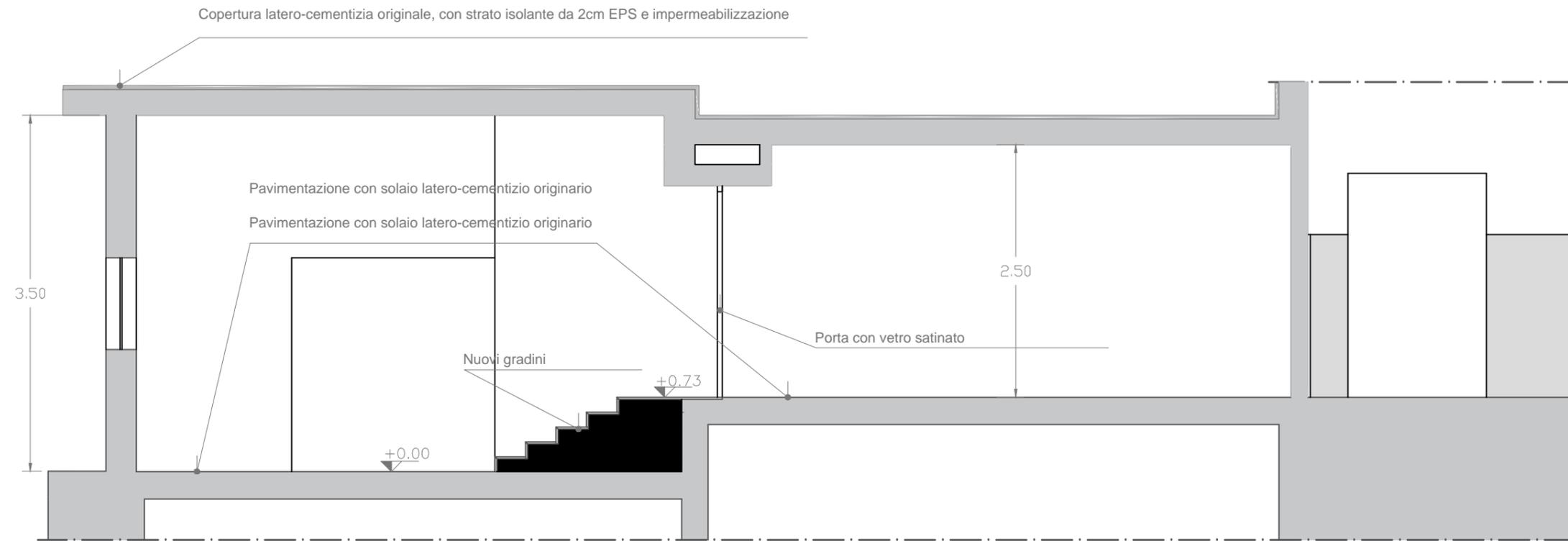
Involucro  
scala - 1:250

Caterina Frau - responsabile  
Stefano Pili  
Francesca Poggi  
Alessandra Madeddu



Zona commerciale  
PIANTA sc. 1:100

■ COSTRUZIONI  
▨ DEMOLIZIONI

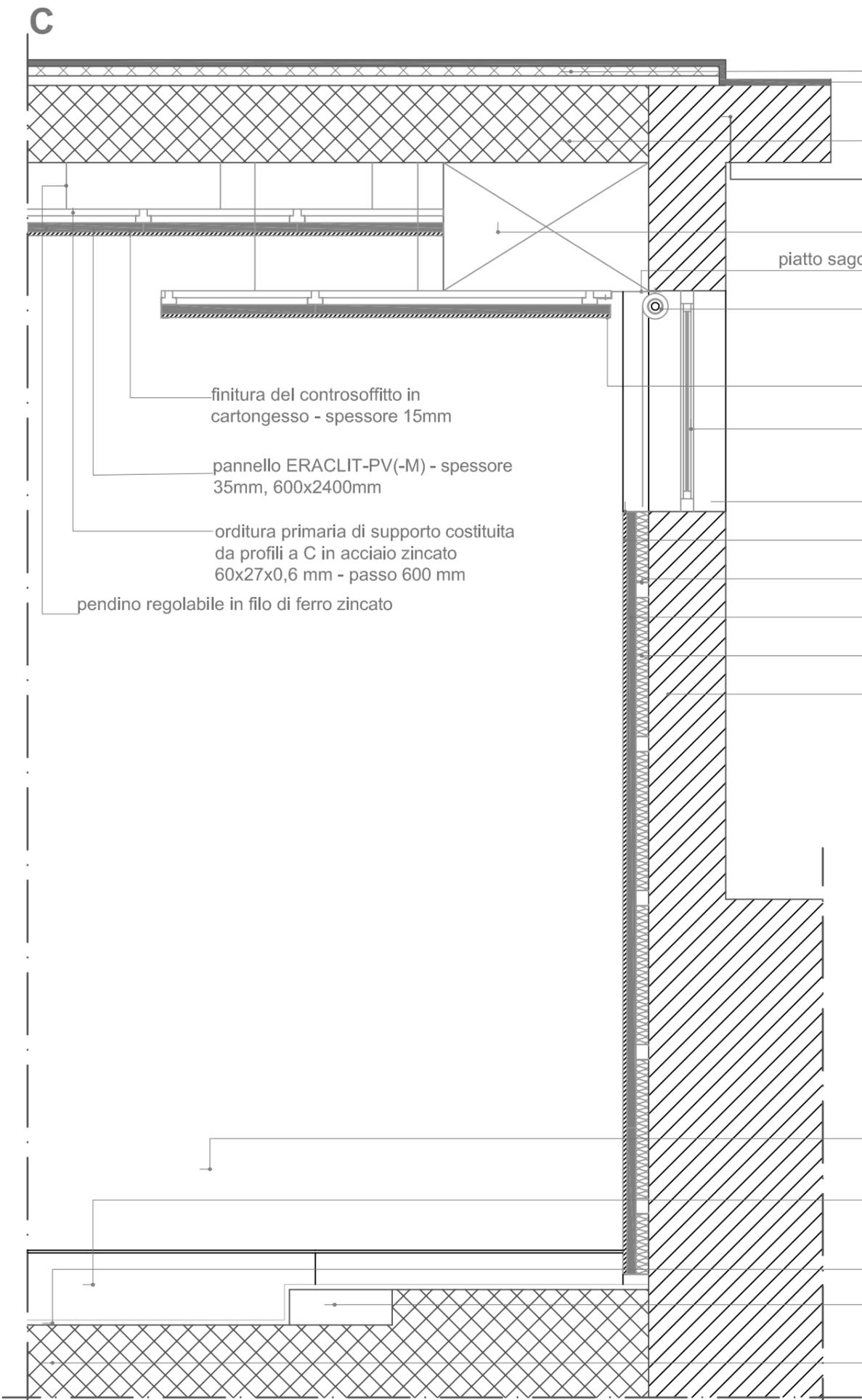


Zona commerciale  
SEZIONE A-A sc. 1:50

■ COSTRUZIONI  
▨ DEMOLIZIONI

<p>PAR 2017-18</p> <p><b>SOTACARBO</b> SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE</p>
<p>Diagnosi Energetica Museo del Carbone</p>
<p><b>TAVOLA 5</b> Sezioni e Particolari scala - varia</p>
<p>Caterina Frau - responsabile Stefano Pili Francesca Poggi Alessandra Madeddu</p>





strato termoisolante in listelli di EPS (2x5cm HxL) intervallati da 10cm di camera d'aria

strato impermeabile in guaina ardesiata

solaio latero-cementizio di copertura esistente - spessore 30 cm

cordolo di ripartizione in CA, posto nella sommità della muratura

canale distribuzione aria trattata

piatto sagomato in acciaio inox ancorato alla muratura esistente e al controsoffitto per mezzo di tasselli

protezione solare tessile - tenda

finitura del perimetro del controsoffitto con cornice a L in acciaio preverniciato

Infisso "F\_01" con telaio ligneo e vetro singolo, recuperato dall'originale

finitura del perimetro del rivestimento di parete con cornice a L in acciaio preverniciato

finitura del controsoffitto in cartongesso - spessore 15mm

orditura di supporto distanziale costituita da profili a c - passo 60 mm

pannello ERACLIT-PV(-M) - spessore 35mm, 600x2400mm

fintercapedine spessore 50 mm riempita di lana minerale

muratura portante esistente in blocchi in "trachite rossa"

finitura del controsoffitto in cartongesso - spessore 15mm

pannello ERACLIT-PV(-M) - spessore 35mm, 600x2400mm

orditura primaria di supporto costituita da profili a C in acciaio zincato 60x27x0,6 mm - passo 600 mm

pendino regolabile in filo di ferro zincato

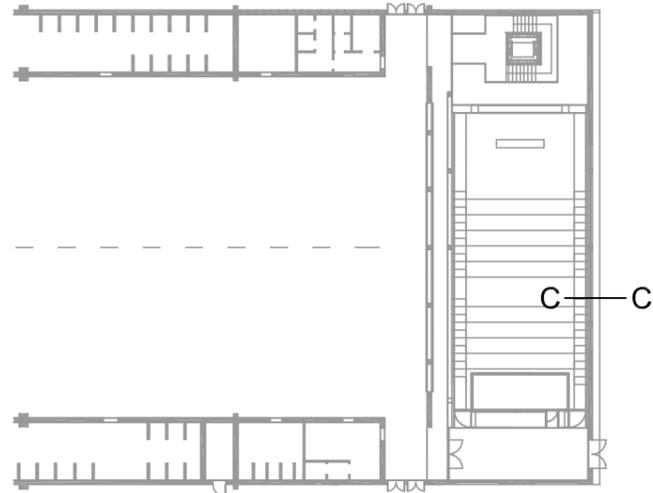
rivestimento di parete in cartongesso

rivestimento di parete in doghe multistrato in legno di iroko - spessore 2 cm

pavimentazione in doghe multistrato in legno di iroko - spessore 2 cm

vano per l'illuminazione pavimento e cavi

solaio controterra con riempimento in calcestruzzo alleggerito in perlite



C

Area Conferenze Sezione C -C scala 1:20

<p>PAR 2017-18</p>	
<p>Diagnosi Energetica Museo del Carbone</p>	
<p><b>TAVOLA 7</b></p>	
<p>Sezioni e Particolari scala 1:20</p>	
<p>Stefano Pili Caterina Frau Eusebio Loria Alessandra Madeddu Francesca Poggi</p>	