



Ricerca di Sistema elettrico

Diagnosi energetica di alcuni edifici pubblici storici costituenti l'area della Grande Miniera di Serbariu Allegato 1 – Museo dei Paleo Ambienti Sulcitani (PAS)

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 dei Paleo Ambienti Sulcitani (PAS)* 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 Standard*.

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	5
1.1 EDIFICIO ED INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
1.2 MATERIALI, TECNOLOGIE E INTERVENTI SULL'EDIFICIO.....	7
1.3 VINCOLI STORICO - PAESAGGISTICI ED INDICAZIONI PROGETTUALI	7
2 PROFILO DI UTILIZZO NELL'EDIFICIO.....	9
2.1 DESTINAZIONE D'USO DEGLI AMBIENTI	9
2.2 PROFILO D'USO DEGLI AMBIENTI	9
2.3 PROFILO DEI CONSUMI	10
2.4 QUALITÀ PERCEPITA DEGLI AMBIENTI INTERNI.....	10
2.5 INDICAZIONI SULLA MISURAZIONE DEL COMFORT INTERNO	12
2.6 INDICAZIONI SULLA MISURAZIONE DEI CONSUMI.....	13
3 STATO ATTUALE	14
3.1 INVOLUCRO OPACO	14
3.1.1 <i>Chiusure verticali opache</i>	16
3.1.2 <i>Chiusure orizzontali di copertura</i>	17
3.1.3 <i>Chiusure orizzontali di base</i>	19
3.2 INVOLUCRO TRASPARENTE.....	19
3.3 IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE	20
3.4 VENTILAZIONE.....	24
3.5 IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA (ACS)	25
3.6 QUADRI ELETTRICI, ILLUMINAZIONE ED ALTRI APPARECCHI ELETTRICI	26
3.7 ILLUMINAZIONE ED ALTRI APPARECCHI ELETTRICI	27
3.8 INDICAZIONI SULLE IMPOSTAZIONI DEL MODELLO ENERGETICO	33
3.9 INDICAZIONI SU INDAGINI E MISURE DI STRUTTURE ED IMPIANTI	33
4 STRATEGIE ED IPOTESI PRELIMINARI DI INTERVENTO.....	34
4.1 STRATEGIE PROGETTUALI NELLE ZONE TERMICHE	34
4.2 POSSIBILI AZIONI DI PROGETTUALI: INVOLUCRO	34
4.3 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE/ESTIVA.....	36
4.4 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: IMPIANTI PER ACQUA CALDA SANITARIA	38
4.5 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: VENTILAZIONE.....	39
4.6 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: INTEGRAZIONE CON FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI (FER).....	39
4.7 POSSIBILI AZIONI PROGETTUALI: ILLUMINAZIONE	40
5 REPORT DELLE ATTIVITÀ DI MISURA	41
5.1 MISURE DEI CONSUMI	41
5.2 MISURE DI COMFORT INTERNO	46
5.3 MISURE ED INDAGINI SU ELEMENTI EDILIZI	46
6 REPORT DELLA MODELLAZIONE ENERGETICA.....	50
6.1.1 <i>Impostazione delle zone termiche</i>	50
6.1.2 <i>Settaggio della Ventilazione</i>	52
6.1.3 <i>Impostazione del clima di riferimento</i>	55
6.2 RISULTATI ANALISI DELLA IRRADIAZIONE SOLARE E DELL'OMBREGGIAMENTO (UNI TS 11300)	56
6.3 RISULTATI: INVOLUCRO	59
6.4 RISULTATI: FABBISOGNO DI ENERGIA UTILE (UNI EN ISO 13790 E UNI TS 11300-1)	62
6.5 RISULTATI: FABBISOGNO DI POTENZA TERMICA INVERNALE (UNI EN 12831)	63
6.6 RISULTATI: POTENZA ESTIVA (SECONDO - CARRIER PIZZETTI).....	64
6.7 RISULTATI: FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA -SERVIZIO CLIMATIZZAZIONE INVERNALE (UNI/TS 11300-2 E UNI/TS 11300-4)	66

6.8	RISULTATI: FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA - SERVIZIO CLIMATIZZAZIONE ESTIVA (UNI/TS 11300-3)	69
6.9	RISULTATI: FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA -SERVIZIO ACQUA CALDA SANITARIA (UNI/TS 11300-2 E UNI/TS 11300-4)	72
6.10	RISULTATI: PRESTAZIONE ENERGETICA E VERIFICHE DEI REQUISITI MINIMI - DECRETO INTERM. 26 GIUGNO 2015 – DLGS 19 AGOSTO 2005, N. 192 (E S.M.I.)	75
6.11	DISCUSSIONE DEI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE	77
7	VALUTAZIONE DEGLI SCENARI DI RIQUALIFICAZIONE	79
7.1	DEFINIZIONE DELLO SCENARIO DI NON PROGETTO	79
7.2	DEFINIZIONE DELLE IPOTESI DI INTERVENTO	82
7.3	SINTESI DELLA VALUTAZIONE DELLE IPOTESI DI INTERVENTO	104
7.4	SCENARI DI INTERVENTO MULTIPLI	107

TAVOLE:

- TAVOLA 1 –PLANIMETRIA DELLE ZONE TERMICHE,
- TAVOLA 2 –PLANIMETRIA DELL’INVOLUCRO P. TERRA
- TAVOLA 3 –PLANIMETRIA DELL’INVOLUCRO P. PRIMO
- TAVOLA 4 – CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA
- TAVOLA 5 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI 1
- TAVOLA 6 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI 2
- TAVOLA 7 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI 3
- TAVOLA 8 – PARTICOLARI COSTRUTTIVI 4

I PARTE: DIAGNOSI PRELIMINARE

1 Descrizione generale dell'edificio

1.1 Edificio ed inquadramento territoriale

Il Museo Paleontologico 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. 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 struttura con un corpo principale rettangolare a due livelli con asse maggiore orientato NE-SO e due ali laterali ad un solo livello disposte a formare una pianta quadrata che delimita una corte interna. Il corpo di fabbrica principale ha la copertura a falde mentre gli edifici laterali ad un livello hanno la copertura piana caratterizzata dalla presenza di due Lucernai. La corte è completata da un corpo di fabbrica di larghezza inferiore realizzato in aderenza con l'edificio confinante.

L'edificio ha tre lati esposti verso l'esterno orientati nord-ovest, nord-est e sud ovest, mentre nel suo lato sud-est, l'edificio confina con un altro corpo di fabbrica di dimensioni maggiori ed a più livelli che ospita altri uffici pubblici.

L'edificio è interamente realizzato in muratura portate lapidea storica tipica della zona di Carbonia, ossia in una roccia effusiva altamente porosa di colore rossastro localmente denominata "trachite rossa". Le coperture orizzontali delle parti ad un livello sono gli originali solai latero cementizi mentre le coperture del corpo a due livelli e di alcuni nuovi locali realizzati nella corte interna sono realizzati con strutture lignee.



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



Figura 2. Vista 1, Rapporto tra il corpo di fabbrica del museo e l'atro edificio retrostante



Figura 3. Vista 2, Rapporto tra il corpo di fabbrica del museo e l'atro edificio retrostante



Figura 4. Prospetto Nord-ovest, al centro si nota il corpo di fabbrica a due livelli della sala museale principale



Figura 5. Prospetto sud-ovest, il museo è sulla sinistra. A destra l'edificio confinate a due livelli, a sinistra si nota il corpo di fabbrica a due livelli della sala museale principale.



Figura 6. Prospetto nord -est, il museo è sulla destra. A sinistra l'edificio confinato a due livelli, a destra si nota il corpo di fabbrica a due livelli della sala museale principale.

1.2 Materiali, tecnologie e interventi sull'edificio

L'edificio del Museo Paleontologico è stato oggetto di un restauro completo nel 2007 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 parzialmente conservativo in quanto sono stati realizzati diversi nuovi volumi edilizi e la copertura del corpo di fabbrica principale è stata completamente sostituita con una a struttura lignea. In particolare sono stati realizzati verso la corte interna alcuni nuovi copri di fabbrica aventi destinazione d'uso di progetto BAR e servizi igienici annessi. Tali locali hanno copertura lignea, il locale BAR è caratterizzato da una ampia vetrata che da verso la corte orientata a sud-est e priva di schermature.

Le coperture orizzontali originarie sono state conservate ma si è aggiunto dell'isolante ed un nuovo massetto delle pendenze in calcestruzzo alleggerito.

Le chiusure di base sono state fortemente modificate con la realizzazione del massetto di pavimentazione sopra vespaio areato e forti spessori calcestruzzo.

Le pareti non sono state isolate ma è stata realizzata una contro parete interna con un foglio di laterizio forato (8 cm spessore) per l'alloggiamento degli impianti e la protezione dalla umidità di risalita.

Nello specifico il restauro ha compreso le seguenti lavorazioni:

- Ripristino della muratura (intonaci e materiale lapideo) con l'inserimento di contro parete interne e placcatura esterna in trachite rossa nella muratura perimetrale.
- Ripristino delle coperture orizzontali latero cementizie con aggiunta di isolamento termico e di nuova impermeabilizzazione;
- Sostituzione delle chiusure finestrate con altre lignee con vetrocamera di simile fattura;
- Realizzazione di alcune nuove coperture e di nuovi ambienti nella corte interna (BAR, servizi annessi);
- Installazione di un impianto di climatizzazione realizzato con pompa di calore e ventilconvettori;
- Installazione di impianti di ventilazione nei bagni e di impianti per la produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS);
- Realizzazione ed adeguamento di impianti tecnici (elettrico, idrico, fognario, antincendio, sorveglianza, ...).

1.3 Vincoli storico - paesaggistici ed indicazioni progettuali

L'edificio fa parte della Grande Miniera di Serbariu, esso è visibile da buona parte del complesso e contribuisce a caratterizzarne il contesto paesaggistico. L'edificio era adibito ad officine meccaniche, il volume principale a due livelli ospitava il carroponete per le lavorazioni pesanti, il restauro che conservato alcuni suoi elementi. 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.

L'edificio è stato recentemente restaurato per ospitare il Museo PAS, l'intervento è stato rispettoso delle tecnologie costruttive originarie, perciò si ritiene opportuno prevedere uno scenario di intervento orientato alla conservazione.

In quest'ottica la corte interna sembra essere il luogo privilegiato per realizzare nuove installazioni in quanto non è visibile dall'esterno e già si caratterizza per la presenza di alcuni inserimenti architettonici quali la serra solare (sala degli alberi bianchi) ed i servizi.

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.

2 Profilo di utilizzo nell'edificio

2.1 Destinazione d'uso degli ambienti

Le destinazioni d'uso degli ambienti previste nella ristrutturazione del 2007 non sono pienamente rispettate nell'uso attuale, ma possono essere considerate in larga parte congruenti. La ristrutturazione prevedeva una ampia parte dedicata alle mostre permanenti rispettata nell'uso attuale (Museo 1-2-3), ma anche un'area Bar, una zona lettura e delle aule multimediali non attuate (Tavole grafiche). Il sistema edificio impianto è stato strutturato per un uso continuo e climatizzato in larga parte dei suoi ambienti, tra le aree usate dal pubblico solo la zona espositiva principale (Museo_1) è priva di impianti di climatizzazione, probabilmente per il grande volume e perché pensata per un uso itinerante dell'ambiente.

2.2 Profilo d'uso degli ambienti

Il profilo di uso attuale dell'edificio è caratterizzato da una forte discontinuità e da un flusso di utenza molto basso. In altre parole, attualmente si registra la presenza continuativa di 2-3 dipendenti, un limitatissimo flusso di visitatori ed il saltuario utilizzo di alcuni ambienti per visite guidate ed attività didattiche delle scuole, attività congressuali e mostre temporanee. Si possono, perciò, individuare le alcune tipologie di utenti dell'edificio in funzione delle attività svolte, degli ambienti utilizzati e della presenza (tabella 2).

L'unica categoria di utenti caratterizzata da una presenza continua sono i lavoratori del Museo PAS che utilizzano quasi esclusivamente gli ambienti degli uffici e della reception. Si tratta di due dipendenti addetti ad attività di ufficio, che hanno un profilo di presenza può essere considerato coincidente con gli orari di apertura della struttura (tabella 1). Vista l'attività sedentaria di ufficio ed i requisiti dei locali di lavoro deve essere garantito un buon livello di comfort interno negli ambienti e in quelli direttamente connessi (servizi igienici).

Gli ambienti degli uffici e l'archivio vengono utilizzati anche da una associazione di geologi e speleologi che però ha un profilo di presenza saltuario stimato sulla base delle indicazioni degli utenti abituali in 1-2 persone per poche ore al mese (10-5h). Tuttavia quando l'ambiente è utilizzato si tratta essenzialmente di attività di ufficio che necessitano la garanzia di un buon livello di comfort termico.

L'addetto alla manutenzione visita periodicamente (alcune ore alla settimana) tutti gli ambienti dall'edificio, ma vista la natura della sua attività non sono richiesti particolari livelli di comfort interno.

Il museo è caratterizzato da un flusso di visitatori fortemente discontinuo in inverno esso può essere nullo per diversi giorni alla settimana, in primavera estata il flusso cresce e si concentra nel fine settimana.

Le sale museali (Museo 1-2-3, sala Alberi Bianchi, Darwin) sono aperte e visitabili durante gli orari di apertura del museo, le luci vengono accese in presenza di visitatori invece gli impianti di climatizzazione sono utilizzati solo in presenza di eventi o attività didattiche programmate in precedenza.

L'ambiente Museo_2, condivide l'attività espositiva con una saltuaria attività congressuale (sala attrezzata per lezioni frontali). L'impianto attualmente viene attivato solo quando sono presenti le attività congressuali, il sistema perciò deve poter garantire un adeguato comfort termico invernale ed estivo. Nello specifico, in caso di presenza di molte persone il comfort estivo potrebbe essere un elemento critico per l'impianto. Discorso analogo si può fare per gli ambienti dedicati alla didattica (didattica_1, Didattica_2) e per la sala delle mostre temporanee.

La sala degli alberi bianchi attualmente viene chiusa durante il periodo estivo a causa delle alte temperature che raggiunge.

I reperti esposti nelle sale museali consistono in rocce e fossili, materiali grafico testuali esplicativi ed alcuni modelli in resina di scheletri di Dinosauri, alcuni di essi richiedono il mantenimento di specifiche condizioni microclimatiche per una corretta conservazione (UNI – 10829: 1999, *Condizioni ambientali di conservazione–misurazione ed analisi*).

Tabella 1. Orari di apertura

Periodo	orario	N° gg settimana	N° ore settimana	N° gg mese	N° ore mese
1 aprile – 30 settembre	aperto dal martedì alla domenica orario: 10.00-14.00 - 15.00-19.00	6	48	24	144
1 ottobre – 31 marzo	aperto dal martedì alla domenica orario: 10.00-16.00 chiuso il lunedì (se non festivo)	5	30	20	100

Tabella 2. Tipologia di utenti e profilo di uso

Utente	Ambienti utilizzati	Tipo attività	Presenza	Fonte dei dati
Lavoratori Museo	Ingresso, Ufficio_1, bagni	Attività sedentaria	Continua	Orario ufficiale di apertura
Addetto manutenzione	tutti	Attività fisica lieve	Periodica	Ore settimanali
Gruppo Speleo	Ufficio_2, Archivio	Attività sedentaria	Saltuaria	Interviste
Visitatori del Museo	Ingresso, Museo_1, Museo_2, Museo_3, Darwin, Sala alberi	Cammino	Saltuaria	Registro delle presenze
Partecipanti ad Attività Congressuali	Museo_2,	Attività sedentaria	Saltuaria	Registro delle attività
Visitatori di mostre temporanee	Sala_mostre	Cammino	Saltuaria	Registro delle attività
Partecipanti attività didattiche per studenti	Didattica_1	Attività sedentaria	Saltuaria	Registro delle attività

2.3 Profilo dei Consumi

L’edificio consuma solo energia elettrica, che alimenta i sistemi di climatizzazione e ventilazione, l’acqua calda sanitaria e tutti gli altri apparecchi elettrici presenti. A momento sono disponibili solo i dati di fatturazione della fornitura elettrica aggregata dell’interno complesso della Miniera di Serbariu al quale il Museo PAS 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 la quota relativa all’illuminazione dalla climatizzazione e dall’ACS. 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 si è proceduto come illustrato nella metodologia realizzando un questionario adatto alle diverse tipologie di utenti dell’edificio. Esso 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°9 questionari ai lavoratori e n°22 ai visitatori riguardanti (tabella 3): 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)”.

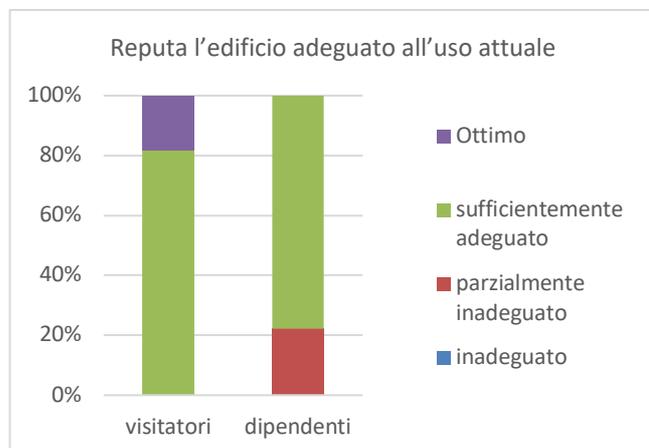
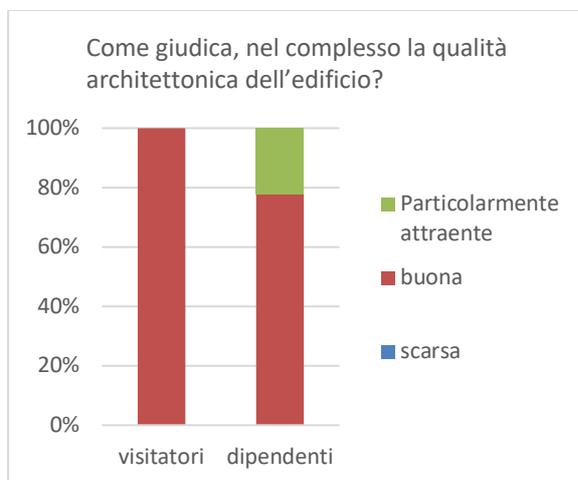
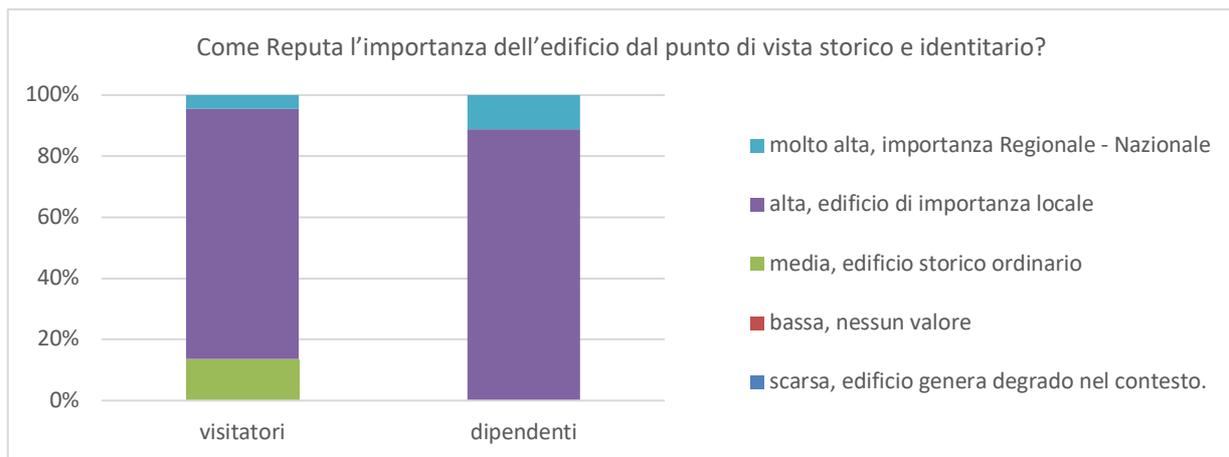
Tabella 3. Intervistati per tipologia di uso

Intervistati		Museo PAS
Utenti del servizio	Visitatori Estivo	10
	Visitatori invernale	12
Personale	Personale del museo	6
	Personale dirigente (tecnici, responsabili)	2
	Decisori della PA	1
totale		31

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, date dalla mancanza di impianto per il controllo del clima.

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.

La maggioranza degli intervistati reputa l'edificio sotto utilizzato rispetto alle sue potenzialità ed individua i principali limiti nella mancanza di segnaletica e di una efficace campagna di promozione. Si sottolinea che gli intervistati che hanno un ruolo dirigenziale hanno evidenziato la necessità di promuovere usi diversificati ed integrativi della struttura che, allo stato attuale, non sembra essere particolarmente di richiamo per i turisti.



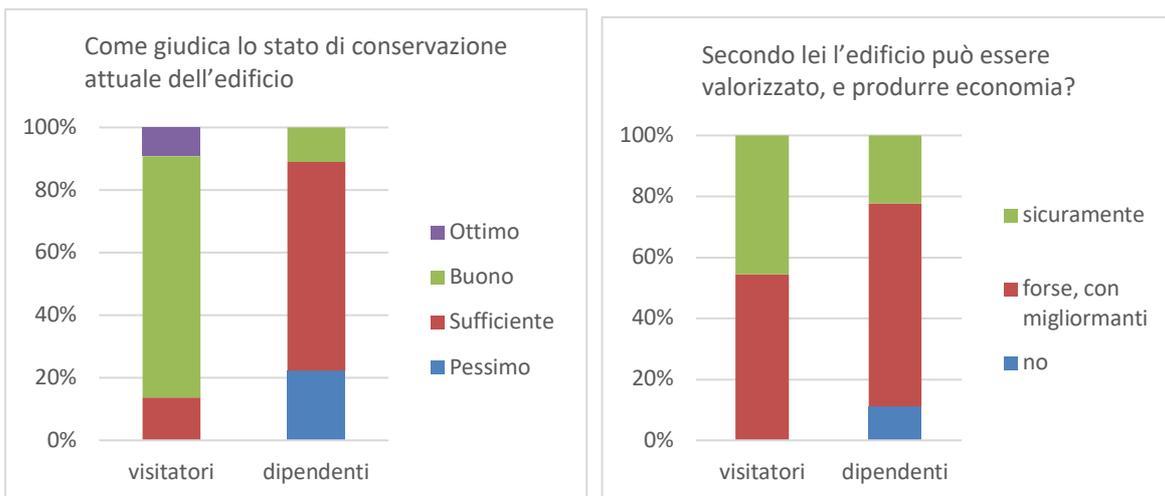


Figura 7. Risultati questionari sulla qualità dell'edificio

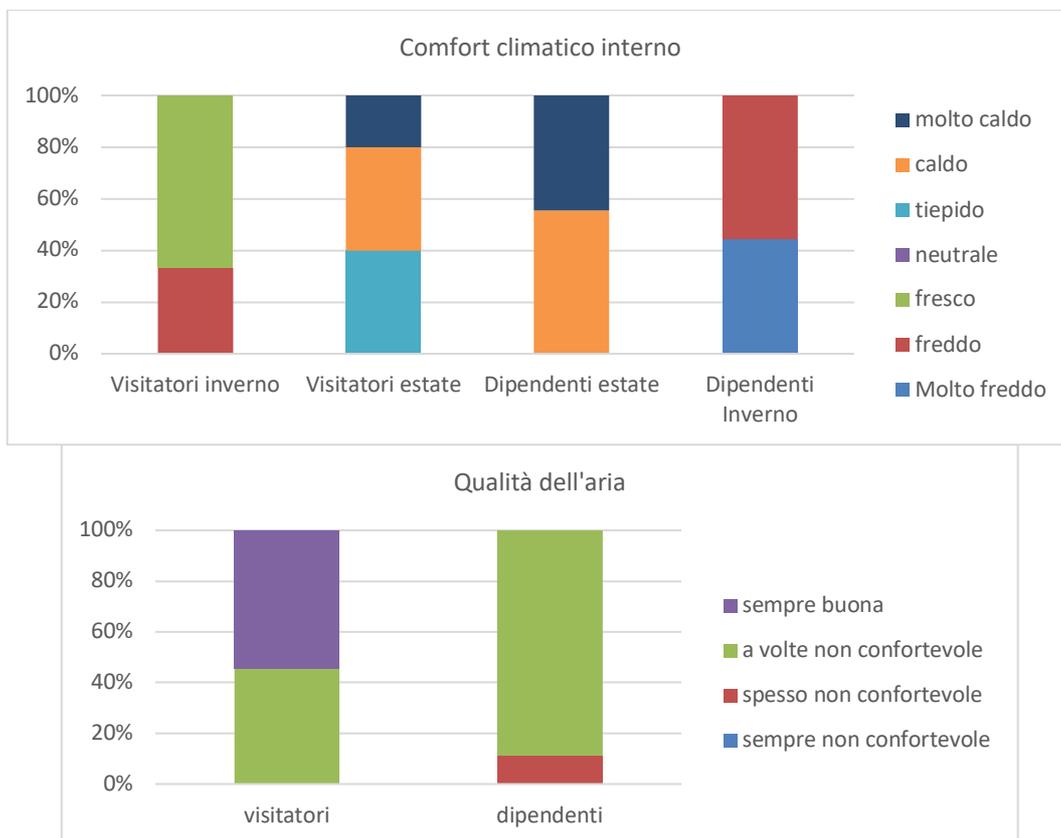


Figura 8. Risultati questionari sul comfort percepito

2.5 Indicazioni sulla misurazione del comfort interno

Sulla base del profilo d'uso delineato sembra essere necessario valutare la severità delle condizioni di comfort dell'ambiente interno in estate e inverno.

Si suggerisce di procedere con la misurazione del comfort tramite stazione microclimatica e 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 (sala uffici, ingresso, didattica,...)

Riepilogando si suggeriscono le seguenti misurazioni:

- i. Misure microclimatiche negli ambienti attualmente riscaldati (Ingresso, Ufficio 1);
- ii. Misure microclimatiche nelle zone espositive non riscaldate (Museo_1, Sala Alberi bianchi);
- iii. Misure semplici di temperatura in altri ambienti utilizzati (Bagni, altre sale espositive,..)

Inoltre, al fine di valutare l'efficacia del sistema di climatizzazione (una volta reso operativo), può essere di interesse misurare il comfort durante un evento come: convegni (ambiente: Museo_2), mostre temporanee (ambiente: sala Mostre) o le attività didattiche (ambienti: Didattica1-2).

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, i convegni e le attività didattiche. Ciò permetterebbe di esplicitare i consumi della pompa di calore funzionante, al fine di stimarne l'incidenza sul totale, tuttavia ai nostri fini i dati di targa possono essere ritenuti sufficienti in quanto si tratta di un uso molto saltuario.

3 Stato attuale

In questa parte si riportano le informazioni riguardo le strutture edilizie e gli impianti necessarie per la modellazione energetica e allo studio della fattibilità di 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 dettagliata e si riferisce ad un recente intervento di ristrutturazione dell’edificio che ha riconvertito un edificio del complesso della Miniera di Serbariu (ex officine meccaniche) nel Museo PAS. Gli elaborati riportano schemi grafici e informazioni di progetto sulle strutture edilizie, gli impianti (climatizzazione, ventilazione, elettrico, idrico, ..) e sulle destinazioni d’uso degli ambienti.

Tabella 4. Elaborati documentali di base

Documento	Contenuto	Fonte
Progetto Esecutivo del Museo Paleontologico	<u>Elaborati architettonici</u> Planimetria ante e post opera Prospetti, inquadramento territoriale Sezioni e particolari architettonici di progetto	Ufficio tecnico comunale
	<u>Elaborati tecnici</u> Progetto impianto idrico e fognario Progetto impianto elettrico e telefonico Progetto impianto di climatizzazione Progetto strutturale	Ufficio tecnico comunale

3.1 Involucro opaco

L’intervento di restauro è stato attento al rispetto delle strutture murarie originarie, ma ha inserito alcuni nuovi elementi. Oltre al rifacimento delle chiusure di base ed all’inserimento dell’isolamento nelle coperture il progetto prevedeva la realizzazione di tre locali per la captazione del contributo solare passivo: la serra solare da realizzare nella corte interna dell’edificio (sala degli alberi bianchi) ed i due lucernai delle due ali dell’edificio (Sala Mostre, Didattica_1). Solo la serra verso la corte interna è stata completata, mentre la chiusura di base dei lucernai non è stata realizzata, limitando l’effetto di guadagno di calore nell’ambiente. Gli elementi di nuova realizzazione dell’involucro sono la copertura e la chiusura di base dell’ambiente espositivo più ampio del complesso “Museo 1” ed alcuni ambienti realizzati nella corte interna: due gruppi di servizi igienici (WC_6 e Rip_2; WC_7- WC_8) e la “Sala degli Alberi Bianchi”.

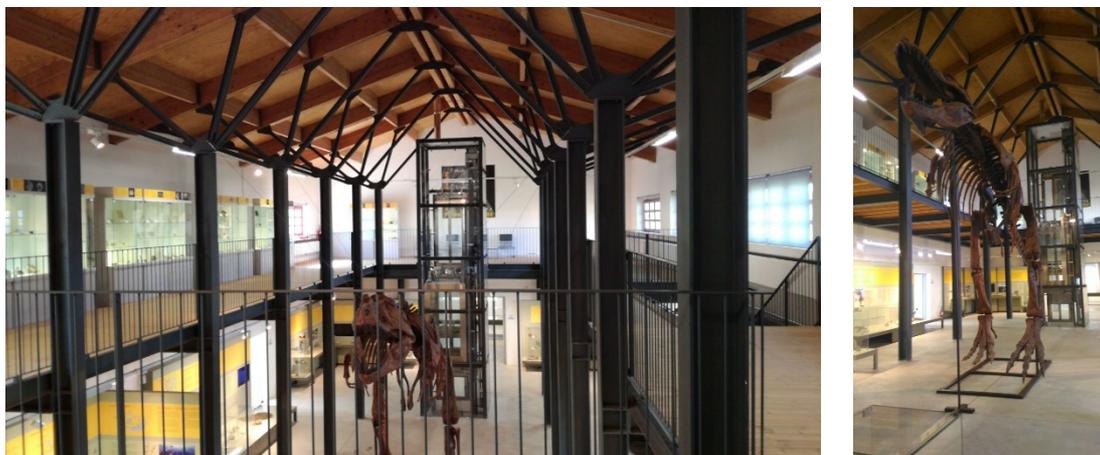


Figura 9. Sala Museo 1 con copertura lignea inclinata



Figura 10. Sala degli alberi bianchi (EX BAR), con vetrata e lignea orizzontale

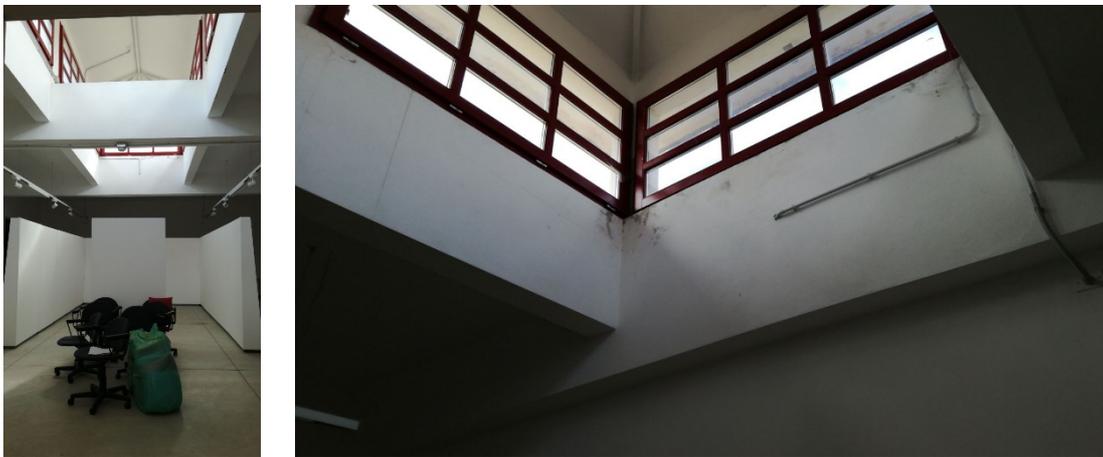


Figura 11. Lucernai (Sala Mostre e Didattica 1)



Figura 12. Ufficio_1



Figura 12. Sala Museo 2



Figura 13. Sala Museo 3

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. Si tratta di una pietra molto porosa, perciò relativamente leggera e molto vulnerabile ai fenomeni di umidità per risalita capillare. La muratura è stata recuperata in con diversi livelli di conservazione. La modalità meno conservativa, utilizzata prettamente per le murature che confinano con l’ambiente esterno, ha la finitura esterna realizzata con un paramento (spessore 15cm) di pietre in “trachite rossa” tagliate regolari ed una finitura interna realizzata con un foglio di laterizio forato (spessore 8 cm) e intonaco liscio. La seconda modalità di recupero, utilizzata nella chiusura verticale della “sala Museo 1”, ha solo il paramento esterno in trachite rossa mentre la terza, utilizzata prettamente per muri interni, consiste nel mero recupero della muratura esistente con finitura di intonaco liscio.

I servizi igienici sono stati realizzati con una nuova muratura portante in Laterizio alveolato mentre la sala “Sala degli Alberi Bianchi”, invece, è caratterizzata da una chiusura verticale vetrata, perciò si configura come un ambiente per la captazione del contributo solare passivo (Serra solare).

Per le partizioni interne sono stati utilizzati Laterizi alveolari da 20cm spessore e tramezzi in Laterizio forato (8cm) intonacato sulle due facce.

Tabella 5. Giudizi chiusure verticali opache

Elemento costruttivo	Ch_vert_01	
Funzione	Chiusura verticale opaca	
Descrizione	Muratura portante originale in "Trachite rossa" (spessore 35cm), con placcatura esterna con conci di trachite rossa (spessore 15cm) e contro parete interna in mattone forato (spessore 8cm), finita con intonaco di calce	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Storico parzialmente modificato	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Buona inerzia termica Non presenta segni di umidità di risalita	
Svantaggi	Valori di trasmittanza al di sotto degli standard attuali	

Elemento costruttivo	Ch_vert_02	
Funzione	Chiusura verticale opaca	
Descrizione	Muratura portante originale in "Trachite rossa" (spessore 35cm) con placcatura esterna con conci di trachite rossa (spessore 15cm), finitura interna intonacata	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Storico parzialmente modificato	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Buona inerzia termica Non presenta segni di umidità di risalita	
Svantaggi	Valori di trasmittanza al di sotto degli standard attuali	

Elemento costruttivo	Ch_vert_03	
Funzione	Chiusura verticale opaca	
Descrizione	Muratura portante originale in "Trachite rossa" (spessore 35cm) recuperato con finitura interna intonacata.	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Storico originale	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Buona inerzia termica	
Svantaggi	Valori di trasmittanza al di sotto degli standard attuali Presenta alcuni segni di umidità di risalita	



Figura 14. Chiusure verticali, placcatura esterna

3.1.2 Chiusure orizzontali di copertura

Le coperture originali, realizzate con solai latero cementizi di tipo storico, sono state recuperate in maniera coerente con i valori storici dell'edificio. Il pacchetto di copertura è stato realizzato con uno strato di coibentazione (EPS 5cm) coperto dal massetto delle pendenze realizzato in calcestruzzo alleggerito con EPS. Le coperture di nuova realizzazione riguardano la sala "Museo_1", gli ambienti di nuova realizzazione che si affacciano nella corte (Sala degli Alberi Bianchi e servizi adiacenti) ed i Lucernai. Le nuove coperture (figura

9-11) sono realizzate con un pacchetto di chiusura coerente con le normative vigenti al momento della ristrutturazione (anno 2007).

Durante i sopralluoghi si sono potuti evidenziare diversi fenomeni di infiltrazione meteorica principalmente localizzati nel contatto tra le strutture lapidee originali dell’edificio e le nuove coperture lignee (Figura 9-10). Si possono evidenziare anche i segni di un fenomeno di degrado del massetto delle pendenze realizzato in calcestruzzo alleggerito delle coperture orizzontali, probabilmente causato dalla mancanza di un’efficace finitura impermeabilizzata (figura 15). Tale fenomeno potrebbe limitare fortemente le prestazioni del pacchetto isolante a causa della presenza d’acqua, e, col tempo, potrebbe portare a infiltrazioni pericolose per il ferro dei solai.

Tabella 6. Giudizi chiusure orizzontali opache

Elemento costruttivo	Cop_01	
Funzione	Chiusura orizzontale opaca	
Descrizione	Solaio latero cementizio storico, recuperato con uno strato isolante in EPS (spessore 5cm) e massetto delle pendenze in cemento alleggerito (spessore 10cm).	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Storico parzialmente modificato	Sufficiente	buono
Vantaggi	Buona inerzia termica Valori di trasmittanza coerenti con standard del 2007	
Svantaggi	Degrado del massetto delle pendenze per la mancanza di uno strato impermeabilizzante di protezione	

Elemento costruttivo	Cop_02-03	
Funzione	Chiusura orizzontale ed inclinata opaca	
Descrizione	Copertura di nuova realizzazione a struttura lignea orizzontale (sala alberi bianchi) o inclinata (Museo 1), con strato isolante e massetto alleggerito delle pendenze.	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Nuovo compatibile	Buono	Buono
Vantaggi	Buona inerzia termica Valori di trasmittanza coerenti con standard del 2007	
Svantaggi	Presenza di localmente abbondanti infiltrazioni di acqua meteorica	



Figura 15. Particolari del degrado delle chiusure orizzontali

3.1.3 Chiusure orizzontali di base

Le chiusure orizzontali di base originali consistevano in un massetto cementizio realizzato contro terra, sono state per lo più recuperate tramite la sovrapposizione di un nuovo strato realizzato con massetto cementizio e mattonelle ceramiche oppure tramite pavimentazione industriale.

La chiusura di base di nuova realizzazione è stata realizzata tramite un vespaio areato con casseri a perdere ed una pavimentazione industriale. Il vespaio areato si estende sotto il "Museo_1" e sotto i nuovi locali adiacenti della "Sala degli alberi bianchi" con i servizi igienici annessi.

Tabella 6. Giudizi chiusure orizzontali di base

Elemento costruttivo	Base_01-02	
Funzione	Chiusura orizzontale di base	
Descrizione	Pavimentazione industriale o a finitura ceramica realizzata su esistente	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Storico parzialmente modificato	Buono	Buono
Vantaggi	Favorisce l'inerzia termica Valori di trasmittanza coerenti con gli standard (anno 2007)	
Svantaggi		

Elemento costruttivo	Base_03-04	
Funzione	Chiusura orizzontale di base	
Descrizione	Nuova Pavimentazione industriale o a finitura ceramica realizzata su casseri a perdere	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Nuovo Compatibile	Buono	Buono
Vantaggi	Favorisce l'inerzia termica Valori di trasmittanza coerenti con gli standard (anno 2007) Previene i fenomeni di umidità di risalita	
Svantaggi		

3.2 Involucro trasparente

Gli infissi originari sono stati sostituiti con elementi di migliori prestazioni termiche e funzionalità, mantenendo però un aspetto compatibile con l'originario (figura 16). E presente una vetrocamera 4-12-4 e sono state inserite guarnizioni nel telaio per aumentarne la tenuta all'aria. Le portefinestre opache e gli altri Portoni di ingresso sono stati interamente sostituiti con nuovi elementi compatibili col l'edificio. Gli infissi si presentano tutti in buono stato di conservazione, tuttavia le finestre con i battenti di dimensione maggiore hanno difficoltà in apertura e chiusura a causa del parziale cedimento delle cerniere. Ciò potrebbe essere un fattore limitante nella regolazione del clima interno tramite ventilazione naturale specialmente in periodo estivo.

Nessun infisso è provvisto di schermature solari esterne, le finestre dell'area espositiva sono provviste di schermature interne parzialmente oscuranti realizzate con tende a rullo verticali in materiale plastico. In altre finestre sono stati posizionate delle schermature provvisorie parzialmente oscuranti realizzate con del cartoncino nero applicato nella parte interna del vetro. Le schermature esterne sono molto più efficaci nella difesa dell'irraggiamento solare estivo, la loro mancanza potrebbe influire negativamente nel comfort interno in periodo estivo.

Tabella 7. Giudizi chiusure trasparenti

Elemento costruttivo	F-1, F-2, F-3, F-4, F-5,	
Funzione	Chiusura verticale trasparente	
Descrizione	Finestra	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale

Moderno compatibile	Buono	Buona
Vantaggi	Mantiene inalterato l'aspetto tradizionale dell'infixo La vetrocamera ha buone prestazioni termiche Le finestre dell'area espositiva (Museo 1-2-3 ed ingresso) sono provviste di tenda a rullo interna	
Svantaggi	Le cerniere sono sottodimensionate rispetto al peso del battente, perciò alcune finestre hanno difficoltà ad essere aperte e chiuse Sono presenti infiltrazioni di acqua meteorica dal telaio Sono tutte sprovviste di schermatura esterna (più efficace rispetto alla interna)	

Elemento costruttivo	Ff-1, Pf-2, Pf-3	
Funzione	Chiusura verticale	
Descrizione	Portafinestra	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Storico parzialmente modificato o Moderno compatibile	Buono	Buona
Vantaggi	Mantiene inalterato l'aspetto tradizionale dell'infixo	
Svantaggi	Basse prestazioni termiche, possono incidere sul comfort interno	



Figura 16. Chiusure finestrate, particolare dove si infila l'acqua

3.3 Impianto di climatizzazione

Il museo è dotato di un impianto di climatizzazione per il riscaldamento ed il raffrescamento suddivisibile in tre rami (IMPIANTO_1 , IMPIANTO_2, IMPIANTO_3) per tre zone distinte (ZONA_1, ZONA_2, ZONA_3). Si tratta di impianti a pompa di calore (aria-acqua) collegati a ventilconvettori a servizio degli ambienti riscaldati. Gli impianti si presentano in un generale buono stato di conservazione, tuttavia si rileva che i generatori al servizio della ZONA_1 e della ZONA_3 sono non funzionanti dal 2015 a causa di una non ben precisata avaria tecnica.

Il sistema di generazione dell'impianto è costituito da tre pompe di calore aria/acqua monoblocco tipo MTA serie HCYGNUS di diversa potenza poste al di sopra dei nuovi locali dei bagni realizzati nella corte interna.

Il sistema di distribuzione del fluido termovettore avviene tramite una rete di tubazioni di diversa sezione, realizzata sotto traccia con adeguati spessori di isolamento.

Il sistema di emissione è costituito da N° 30 Ventilconvettori (VC) ad asse verticale tipo MTA serie Mistral di quattro tipologie diverse (VC_TIPO 1, VC_TIPO 2, VC_TIPO 3, VC_TIPO 4) a seconda della potenzialità minima alla velocità più bassa:

- VC_TIPO 1 Resa frigorifera 1275 W Resa riscaldamento 2654 W
- VC_TIPO 2 Resa frigorifera 1781 W Resa riscaldamento 3621 W
- VC_TIPO 3 Resa frigorifera 2685 W Resa riscaldamento 5328 W
- VC_TIPO 4 Resa frigorifera 3670 W Resa riscaldamento 7413 W

Il sistema di regolazione è costituito da 3 termostati a servizio dei 3 impianti/zone distinte e si completa con la regolazione manuale di temperatura e velocità della ventola presente su ogni ventilconvettore. Il sistema potrebbe essere reso più efficiente installando un termostato programmabile in ogni ambiente, tuttavia l'uso fortemente discontinuo dell'impianto rende più che sufficiente il sistema di regolazione presente.

Tabella 8. Specifiche tecniche e Giudizi sistema di generazione della zona 1

Elemento costruttivo	HP_ZONA_1	
Funzione	Generatore Sistema Risc/Raffr	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Pompa di calore	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Non funzionante	Buona
Vantaggi	Pompa di calore con una buona efficienza stagionale	
Svantaggi	Alto costo di esercizio rispetto al fabbisogno abituale	

Zona	<u><i>Museo paleografico –impianto 1 a servizio di zona 1</i></u>	Quantità	<u><i>1</i></u>
Servizio	<u><i>Riscaldamento</i></u>	Fluido termovettore	<u><i>Acqua</i></u>
Tipo di generatore	<u><i>Pompa di calore</i></u>	Combustibile	<u><i>Energia elettrica</i></u>
Marca – modello	<u><i>MTA –serie HCYGNUS modello CG/HCG-040</i></u>		
Tipo sorgente fredda	<u><i>Aria esterna</i></u>		
Potenza termica utile in riscaldamento	<i>47.5</i>	kW	
	<i>40850</i>	kcal/h	
COP	<i>3.8</i>	@Acqua in 40°C	
		@Acqua out 45°C	
		@temperatura ambiente da riscaldare 10°C	

**NOTA termostato ZONA 1 posizionato in INGRESSO
POMPA COLLEGATA A 17 Ventilconvettori**

Zona	<u><i>Museo paleografico –impianto 1 a servizio di zona 1</i></u>	Quantità	<u><i>1</i></u>
Servizio	<u><i>Raffrescamento</i></u>	Fluido termovettore	<u><i>Aria</i></u>
Tipo di generatore	<u><i>Pompa di calore</i></u>	Combustibile	<u><i>Energia elettrica</i></u>
Marca – modello	<u><i>MTA –serie HCYGNUS modello CG/HCG040</i></u>		
Tipo sorgente fredda	<u><i>Acqua</i></u>		
Potenza termica utile in raffrescamento	<i>37.6</i>	kW	
	<i>32336</i>	kcal/h	
EER	<i>3.00</i>	@Acqua in 12°C	
		@Acqua out 7°C	
		@temperatura ambiente da raffrescare 35 °C	

**NOTA termostato ZONA 1 posizionato in INGRESSO
POMPA COLLEGATA A 17 Ventilconvettori**

Tabella 9. Specifiche tecniche e Giudizi sistema di generazione della zona 2

Elemento costruttivo	HP_ZONA_2	
Funzione	Generatore Sistema Risc/Raffr	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Pompa di calore	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Non funzionante	Buona
Vantaggi	Pompa di calore con una buona efficienza stagionale	
Svantaggi	Alto costo di esercizio rispetto al fabbisogno abituale	

Zona	<u>Museo paleografico –impianto 2, servizio di zona 2</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>MTA –serie HCYGNUS modello CG/HCG-033</u>		
Tipo sorgente fredda	<u>Aria esterna</u>		
Potenza termica utile in riscaldamento	<u>38.3</u>	kW	
	<u>32938</u>	kcal/h	
COP	<u>3.79</u>	@Acqua in 40°C	
		@Acqua out 45°C	
		@temperatura ambiente	da
		riscaldare 10°C	

**NOTA: termostato ZONA 2 posizionato in MUSEO_3
POMPA COLLEGATA A 10 Ventilconvettori**

Zona	<u>Museo paleografico –impianto 2, servizio di zona 2</u>	Quantità	<u>1</u>
Servizio	<u>Raffrescamento</u>	Fluido termovettore	<u>Aria</u>
Tipo di generatore	<u>Pompa di calore</u>	Combustibile	<u>Energia elettrica</u>
Marca – modello	<u>MTA –serie HCYGNUS modello CG/HCG033</u>		
Tipo sorgente fredda	<u>Acqua</u>		
Potenza termica utile in raffrescamento	<u>30.5</u>	kW	
	<u>26230</u>	kcal/h	
EER	<u>3.05</u>	@Acqua in 12°C	
		@Acqua out 7°C	
		@temperatura ambiente	da
		raffrescare 35 °C	

**NOTA: termostato ZONA 2 posizionato in MUSEO_3
POMPA COLLEGATA A 10 Ventilconvettori**

Tabella 10. Specifiche tecniche e Giudizi sistema di generazione della zona 3

Elemento costruttivo	HP_ZONA_3	
Funzione	Generatore Sistema Risc/Raffr	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Pompa di calore	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Non funzionante	Buona
Vantaggi	Pompa di calore con una buona efficienza stagionale	
Svantaggi	Alto costo di esercizio rispetto al fabbisogno abituale	

Zona	<i>Museo paleografico –impianto 3 a servizio di zona 3</i>	Quantità	<i>1</i>
Servizio	<i>Riscaldamento</i>	Fluido termovettore	<i>Acqua</i>
Tipo di generatore	<i>Pompa di calore</i>	Combustibile	<i>Energia elettrica</i>
Marca – modello	<i>MTA –serie HCYGNUS modello CG/HCG-011</i>		
Tipo sorgente fredda	<i>Aria esterna</i>		
Potenza termica utile in riscaldamento	<i>13.7</i>	kW	
	<i>11782</i>	kcal/h	
COP	<i>3.80</i>	@Acqua in 40°C	
		@Acqua out 45°C	
		@temperatura ambiente	da
		riscaldare 10°C	

***NOTA: termostato ZONA 3 posizionato in SALA DEGLI ALBERI BIANCHI.
POMPA COLLEGATA A 3 Ventilconvettori***

Zona	<i>Museo paleografico –impianto 3 a servizio di zona 3</i>	Quantità	<i>1</i>
Servizio	<i>Raffrescamento</i>	Fluido termovettore	<i>Aria</i>
Tipo di generatore	<i>Pompa di calore</i>	Combustibile	<i>Energia elettrica</i>
Marca – modello	<i>MTA –serie HCYGNUS modello CG/HCG011</i>		
Tipo sorgente fredda	<i>Acqua</i>		
Potenza termica utile in raffrescamento	<i>10.4</i>	kW	
	<i>8944</i>	kcal/h	
EER	<i>2.88</i>	@Acqua in 12°C	
		@Acqua out 7°C	
		@temperatura ambiente	da
		raffrescare 35 °C	

***NOTA: termostato ZONA 3 posizionato in SALA DEGLI ALBERI BIANCHI.
POMPA COLLEGATA A 3 Ventilconvettori***

Tabella 11. Specifiche tecniche e Giudizi sistema di emissione

Elemento costruttivo	VC_TIPO_1-2-3-4	N° 30
Funzione	Sistema di Emissione della climatizzazione (Risc/Raffr)	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Ventilconvettore	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Non funzionante	Buona
Vantaggi	Sistema semplice	
Svantaggi	Regolazione manuale della velocità delle ventole, nessun sistema di regolazione basato sulla temperatura del locale.	

LISTA VENTILCONVETTORI tipo MTA serie Mistral			
Ambiente	TIPO	Q.TA'	ZONA/IMPIANTO
INGRESSO	TIPO 3	3	1
DIS_3	TIPO 1	1	1
ARCHIVIO	TIPO 2	2	1
DIDATTICA_2	TIPO 3	2	1
MAGAZZINO_2	TIPO 3	2	1
UFFICIO_1	TIPO 3	1	1
UFFICIO_2	TIPO 3	1	1
DIS_1	TIPO 3	1	1
SALA MOSTRE	TIPO 4	4	1
MUSEO_2	TIPO 3	3	2
MUSEO_3	TIPO 3	3	2
DARWIN	TIPO 4	1	2
DIDATTICA_1	TIPO 4	3	2
SALA ALBERI BIANCHI	TIPO 4	3	3
Totale	VC TIPO 1	1	Zona 1
Totale	VC TIPO 2	2	Zona 1
Totale	VC TIPO 3	16	Zona 1, Zona 2
Totale	VC TIPO 4	11	Zona 1, Zona 2, Zona 3
Totale		30	

3.4 Ventilazione

L'impianto di ventilazione è molto semplice, ed è dedicato al ricircolo d'aria nei locali bagno privi di ventilazione naturale. Esso è costituito da una ventola aspirante con espulsione a cielo aperto che comunica all'esterno tramite un canale realizzato in PVC (DIN 200) per ogni ambiente bagno. Il sistema è collegato all'accensione dell'illuminazione interna, e rimane acceso per il tempo strettamente necessario. Il sistema di ventilazione non prevede recupero del calore, ma gli ambienti serviti non sono riscaldati e sono ad uso fortemente discontinuo perciò appare adatto alla tipologia di uso.

Tabella 12. Giudizi del sistema di ventilazione dei bagni

Elemento costruttivo	Aspiratore_01	N° 8
Funzione	Ventilazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Aspiratore centrifugo per aereazione forzata dei servizi igienici	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura Adatto all'uso per il quale è destinato	
Svantaggi		

<p>SPECIFICHE TECNICHE Marca: Vortice Aspiratore centrifugo Capacità: 165MC/H Potenza: 25W</p>			
--	--	--	--

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

L'Acqua Calda Sanitaria è prodotta tramite 3 boiler ad accumulo elettrici al servizio dei gruppi di bagni (tabella 13), essi sono installati internamente in ambienti non riscaldati e tenuti accesi costantemente. Nonostante la numerosità di servizi igienici quelli a ridosso della sala utilizzata per convegni (Museo_2) non sono provvisti di ACS.

Tabella 13. Servizi igienici serviti da Acqua Calda Sanitaria

Servizi igienici	Ambienti serviti	Presenza ACS
WC_4 – WC_5	Zona Uffici, archivio, sala mostre	Si
WC_6, WC_7, WC_8	Sala alberi bianchi, archivio, mostre, zona esposizione	Si
WC_1, WC_2	Zona Esposizione, area convegni	NO
WC_3	Aula Didattica_2, Dittaica_1,	SI

Il fabbisogno da soddisfare non è elevato visto lo scarso numero di lavoratori e di visitatori presenti; perciò i boiler con una capacità di accumulo di 50 litri possono considerarsi anche sovradimensionati rispetto all'utilizzo quotidiano. Tuttavia, gli ambienti come le aule didattiche e la sala per convegni sono anche utilizzati per attività temporanee che richiamano un numero maggiore di persone che potrebbe superare la scarsa capacità dei boiler installati nei locali bagno pertinenti.

Tabella 14. Giudizi sul sistema di produzione di Acqua Calda Sanitaria

Elemento costruttivo	Scaldabagno_01	N° 3
Funzione	Produzione di Acqua Calda Sanitaria	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Boiler elettrico ad accumulo	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura	
Svantaggi	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	
SPECIFICHE TECNICHE: Marca: Ariston Modello: Simat 50 Capacità: 50 litri Potenza: 1200 W Rendimento medio stagionale:		

3.6 Quadri elettrici, Illuminazione ed altri Apparecchi elettrici

I quadri elettrici riprendono in maniera abbastanza fedele quanto riportato negli elaborati di progetto, dividendo l'intero edificio in diverse sottosezioni di impianto dedicate alle diverse funzioni degli ambienti. Il quadro generale è posizionato nel locale ingresso, la prima partizione divide il carico elettrico delle aree espositive principali (locali: Museo_1, Museo_2, Museo_3, WC_1 e WC_2) da quello degli altri ambienti che risulta collegato ad una unica morsettiere. A valle della morsettiere sono presenti diversi quadri elettrici a servizio degli ambienti definiti in sede di progetto che permettono una accurata gestione dell'impianto (tabella 15)

Tabella 15. Elenco dei quadri elettrici

Quadro	Denominazione	Ambienti gestiti (uso attuale)
QG	Generale	tutti
Q1	Zona Espositiva	Museo_1-2-3
Q2	Zona Studi	Ufficio 1-2, Dis_1, WC_4-5, Rip_1
Q3	Zona lettura	Sala Mostre, Archivio
Q4	Zona Bar	Sala Alberi bianchi, WC_6-7-8, Rip_2
Q5	Zona Audiovisivi	Didattica_1, Darwin, Magazzino_1, dis_2
Q6	Laboratori	Didattica_2, Magazzino_2
Q7	Ingresso	Ingresso (sta nel quadro generale)



Figura 17. Quadro elettrico generale



Figura 18. Atri Quadri elettrici

3.7 Illuminazione ed altri apparecchi elettrici

L'illuminazione degli ambienti risponde a diverse esigenze in funzione degli ambienti considerati (tabelle 16-23). Nelle aree espositive l'illuminazione è garantita da un mix di lampade a fluorescenza e faretto alogeni. Mentre nelle aree ufficio e nelle aule didattiche sono presenti principalmente le plafoniere con tubi alogeni. Il sopralluogo ha rilevato diversi tipi di corpi illuminati ed alcuni apparecchi elettrici, si riporta l'elenco diviso per locale e per quadro elettrico di appartenenza. La potenza dei corpi illuminati 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 ed accessibili.

L'impianto elettrico è partizionato in maniera coerente con le destinazioni d'uso di progetto originarie degli ambienti, tale configurazione sembra essere abbastanza adeguata anche agli usi attuali. Ciò può facilitare le azioni di misura di consumo elettrico considerando un uso continuo per le aree espositive e per gli uffici, e considerando un uso altamente intermittente per le altre.

Tabella 16. Giudizi e specifiche tecniche corpi illuminanti

Elemento costruttivo	Tubi_fluor_01	N° 184
Funzione	Illuminazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Tubo a fluorescenza montato in plafoniere di diverso tipo appese al soffitto, per illuminazione degli ambienti adibiti ad ufficio e ad esposizione. – 2 tubi per plafoniera	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura	
Svantaggi	Alto costo di esercizio rispetto a soluzioni al LED (circa 30% in più), ma comunque minore a soluzioni ad incandescenza e/o alogene.	
DATI TECNICI tubo a fluorescenza 1400mm <i>Philips Master TL5 HO 49W/840</i> Lumen 4375 Costo sostituzione : 2-8 euro a tubo		

Esempi di plafoniere utilizzate per i Tubi_fluor_01

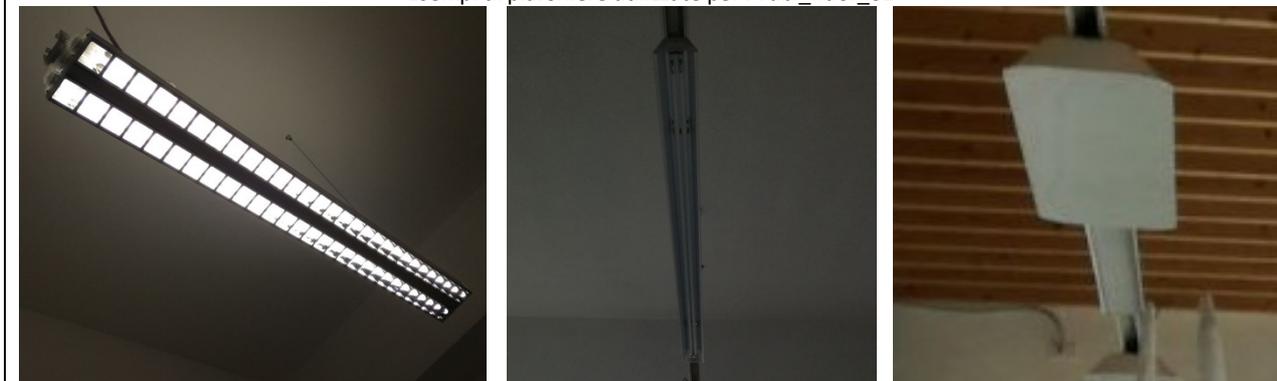


Tabella 17. Giudizi e specifiche tecniche corpi illuminanti

Elemento costruttivo	Tubi_fluor_02	N° 4
Funzione	Illuminazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Tubo a fluorescenza montato in plafoniere economiche, utilizzato per magazzini e ripostigli	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura	
Svantaggi	Alto costo di esercizio rispetto a soluzioni al LED (circa doppio), ma comunque minore a soluzioni ad incandescenza e/o alogene. – 2 tubi per plafoniera	

<p>DATI TECNICI tubo a fluorescenza 1200mm 36W</p> <p>Costo sostituzione : 2-4 euro a tubo</p>			
--	--	--	--

Tabella 18. Giudizi e specifiche tecniche corpi illuminanti

Elemento costruttivo	Tubi_fluor_03	N° 20
Funzione	Illuminazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Tubo a fluorescenza montato nelle vetrine espositive, 2 per vetrina	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura	
Svantaggi	Alto costo di esercizio rispetto a soluzioni al LED (circa 30% in più), ma comunque minore a soluzioni ad incandescenza e/o alogene.	
<p>DATI TECNICI tubo a fluorescenza Polilux 18W/840 - 60cm</p> <p>Costo sostituzione : 2-4 euro a tubo</p>		

Tabella 19. Giudizi e specifiche tecniche corpi illuminanti

Elemento costruttivo	Faretto_01	N° 71
Funzione	Illuminazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Faretto per illuminazione di aree espositive con lampada a scarica ad alta intensità luminosa	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Sufficiente
Vantaggi	Luce calda di buona resa estetica Ottimo rapporto tra i lumen emessi e il consumo	
Svantaggi	Alto costo di esercizio Il corpo illuminante è Difficilmente sostituibile con soluzioni LED di pari performance. Per efficientare potrebbe essere necessario cambiare tutto il faretto, ottenendo comunque una soluzione molto meno performante	

<p>DATI TECNICI Faretto Modello: Zumtobel 60710512</p> <p>Corpo illuminante: Philips Master CDM – TC 70W/830 G12 Lumen: 6600 Costo sostituzione: 12-20 euro</p>		
---	--	---

Tabella 20. Giudizi e specifiche tecniche corpi illuminanti

Elemento costruttivo	Faretto_02	N° 50
Funzione	Illuminazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Faretto da incasso per vetrine espositive, quasi completamente sostituiti con soluzioni a LED. - 2 faretti per vetrina	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	Buono
Vantaggi	Luce calda di buona resa estetica I corpi illuminati a LED sono molto efficienti (4-5w)	
Svantaggi	Alto costo di esercizio per quelli ancora non sostituiti	
<p>DATI TECNICI Philips LED LED 5W – G10 Lumen: 330 Costo sostituzione: 3-5 euro</p> <p>Faretto alogeno 50W</p>		

Tabella 21. Giudizi e specifiche tecniche corpi illuminanti

Elemento costruttivo	Plafoniera_01	N° 32
Funzione	Illuminazione	
Vettore energetico	Elettricità	
Descrizione	Faretto da incasso per vetrine espositive, quasi completamente sostituiti con soluzioni a LED	
Valore storico Paesaggistico	Stato di conservazione	Obsolescenza funzionale
Moderno compatibile	Buono	sufficiente
Vantaggi	Facile ed economica installazione e sostituzione in caso di rottura	
Svantaggi	Non è efficiente come le soluzioni a LED	

<p>DATI TECNICI</p> <p>Corpo illuminante ad alta efficienza 26W</p> <p>2x plafoniera Costo sostituzione: 1,5-3 euro</p>		
--	--	--

Tabella 22. Altri carichi elettrici

Altri Apparecchi elettrici	Potenza	N°	Uso
Monitor_1 (32 pollici)	100 (stimata)	5	Continuo, nella zona espositiva
monitor_2 (24 pollici)	60 (stimata)	2	Continuo, nella zona espositiva
PC_fissi	ND	5	Continuo uffici, ingresso
video proiettori	ND	2	Saltuario, sala congressi
Smart board	ND	1	Saltuario, sala congressi
Stampanti	ND	3	Saltuario, uffici ed ingresso
Macchina del caffè	ND	1	Continuo, uffici

Tabella 23. Carichi elettrici per ambiente e quadro di riferimento

Elenco di tutti gli apparecchi elettrici diviso per ambiente (tranne impianto di climatizzazione)									
ambiente	Apparecchio	n°	Potenza Unitaria	Potenza	tot_ambiente	quadro	tot_quadro		
ingresso	Tubi_fluor_1	6	49	294		Ingresso	2304		
ingresso	Alog_1	3	70	210					
ingresso	PC fisso	1		0					
ingresso	Monitor_1	2		0	504				
ingresso	Stufa_elettrica_1	1	1800	1800	1800				
Museo_1	tubi_fluor_1	40	49	1960		Zona Espositiva	7112		
Museo_1	Alog_1	35	70	2450					
Museo_1	Faretto_1	50	5	250					
Museo_1	Faretto_2 (alog)	2	50	100					
Museo_1	tubo_fluor_3	22	18	396					
Museo_1	Gruppo continuita	1	200	200					
Museo_1	Monitor_1	5	100	500	5856				
Museo_2	alog_1	5	70	350					
Museo_2	Tubi_fluor_1	6	49	294					
Museo_2	Videoproiettori	2		0					
Museo_2	smartBoard	1		0	644				
Museo_3	Tubi_fluor_1	4	49	196	196				
WC_1_2	Plafoniera_1	16	26	416	416				
Ufficio_1	Tubi_fluor_1	4	49	196				Zona Studi	3860
Ufficio_1	PC fisso	2		0					
Ufficio_1	Stampante	1		0					
Ufficio_1	Macchina caffè	1		0	196				
Ufficio_1	Stufetta_1	1	1800	1800	1800				
Ufficio_1	Stufetta_2	1	1200	1200	1200				
Ufficio_2	Tubi_fluor_1	4	49	196					
Ufficio_2	PC fisso	1							
Ufficio_2	Stampante	1			196				
Dis_1	Plafoniera_1	8	26	208	208				
WC_5 WC_4 rip_1	Plafoniera_1	10	26	260		1580			
WC_5 WC_4 rip_1	Scaldabagno	1	1200		260				
Sala_alberi	tubi_fluor_1	24	49	1176					
Sala_alberi	Monitor_1	2			1176				
WC_7_6_8 rip_2	Plafoniera_1	10	26	260					
WC_7_6_8 rip_2	Tubi_fluor_2	4	36	144	404				
WC_7_6_8 rip_2	Scaldabagno	1	1200						
Totale ambienti di uso continuo		278			14856	0	14856		
Archivio	tubi_fluor_1	6	49	294	294	Zona Lettura	1302		
Sala_mostre	tubi_fluor_1	12	49	588					
Sala_mostre	Alog_1	12	35	420	1008	Locale Audiovisivi	1960		
Darwin	tubi_fluor_1	4	49	196					
Darwin	Monitor_1	1		0	196				
Didattica_1	tubi_fluor_1	24	49	1176	1176				
Dis_2	tubi_fluor_1	4	49	196	196				
Magazzino_1	tubi_fluor_1	8	49	392	392	Laboratori	1414		
Didattica_2	tubi_fluor_1	12	49	588	588				
Magazzino_2	tubi_fluor_1	12	49	588	588				
WC_3	Plafoniera_1	4	35	140					
WC_3	Scaldabagno	1	1200		140				
Dis_3	tubi_fluor_1	2	49	98	98				
totale		380			34388		19532		

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 (*Tailored Rating*) 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.

Il Modello è definito in maniera da rispondere il più possibile allo stato attuale di utilizzo e prevede:

- Riduzione della zona termica riscaldata ai soli ambienti: ufficio_1-2, ingresso, Dis_1
- Considerare le ore giornaliere ed i giorni di utilizzo
- Considerare il numero reale di persone presenti (1-2 in media per ambiente)
- Effettuare un calcolo utilizzando le stufette per l'inverno a parziale copertura del fabbisogno;

Il calcolo Standard potrebbe essere utile per stimare il fabbisogno energetico in caso di utilizzo standard, ossia in caso gli impianti fossero funzionanti e si mantenessero le condizioni di comfort termico in tutti gli ambienti provvisti di riscaldamento. Il modello serve per mostrare ai decisori quanto siamo distanti rispetto ad una gestione "standard" e quindi confortevole degli ambienti, e naturalmente rappresenta una stima dei consumi e dei costi associati.

3.9 Indicazioni su indagini e misure di strutture ed impianti

La documentazione progettuale disponibile fornisce buone informazioni sulla composizione degli elementi dell'involucro, riportando tutti gli strati presenti con i rispettivi spessori. Per quanto non siano riportate le schede tecniche o i nomi commerciali dei materiali utilizzati, le loro caratteristiche termofisiche si possono verosimilmente ricavare 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 col termo flussimetro della muratura sul posto oppure su campioni in laboratorio.

4 Strategie ed Ipotesi preliminari di intervento

Le analisi svolte portano ad individuare alcuni approcci progettuali basati sull'uso reale ed i valori storico paesaggistici dell'edificio. L'edificio è caratterizzato da un uso fortemente discontinuo, sia a causa della episodicità delle presenze dei visitatori che per il limitato numero di eventi che ospita nell'arco dell'anno. In generale questa tipologia di uso non giustifica 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. Gli unici ambienti utilizzati costantemente sono gli uffici e l'ingresso in quanto presidiati dai dipendenti del Museo. Allo stato attuale questi ambienti manifestano uno scarsissimo comfort interno causato dalla attuale non operatività dell'impianto di climatizzazione della ZONA_1 che comprende anche gli uffici. Le misurazioni svolte e le interviste rilasciate dagli utenti confermano le severe condizioni dell'ambiente interno, spostando la priorità dall'efficientamento energetico ed il conseguente contenimento dei costi operativi, all'aumento del comfort invernale ed estivo.

4.1 strategie progettuali nelle zone termiche

Le seguenti azioni progettuali possono essere definite sulla base dello stato attuale del sistema edificio-impianti e dell'uso degli ambienti caratterizzato da un uso fortemente discontinuo. Per questi scenari singoli di intervento si è adottata una zona termica ad uso continuo che comprende tutta la zona uffici (Ufficio_1, Ufficio_2, Dis_1) più l'ingresso ampliando leggermente l'area attualmente considerata climatizzata con l'inserimento di alcuni locali attualmente utilizzati in maniera saltuaria (Ufficio_2, Dis_1, Bagni).

Gli altri ambienti dell'edificio sono utilizzati in maniera fortemente discontinua, oppure sono privi di climatizzazione (museo 1 e servizi), perciò gli interventi di efficientamento difficilmente possono raggiungere buoni indici di fattibilità economica.

L'uso attuale dell'edificio si configura, perciò, con una sola zona termica (uffici 1-2, ingresso, disimpegno) si possono comunque definire alcuni approcci strategici per valorizzare anche altre parti del complesso non direttamente coinvolte nella zona termica, nello specifico:

- *zone espositive*, i visitatori non lamentano forte discomfort invernale, per migliorare quello estivo si potrebbe realizzare un sistema a di ventilazione per evitare l'accumulo di calore estivo;
- *Sala alberi Bianchi*, la sala si configura termicamente come una serra solare, che soffre di surriscaldamento estivo, per un migliore utilizzo si consiglia di limitare il carico solare tramite schermature esterne;
- *Depositi e servizi*, questi ambienti caratterizzati da un uso molto saltuario presentano spesso una scarsa qualità dell'aria (umidità e cattivi odori) perciò potrebbe essere utile installare un sistema di aerazione che limiti anche i fenomeni di degrado dei reperti conservati.

4.2 Possibili Azioni di progettuali: involucro

AZ_Inv_01: Cappotto termico interno nella zona Uffici

In uno scenario caratterizzato da un utilizzo fortemente discontinuo le modifiche all'involucro non hanno generalmente buoni tempi di ritorno. Il cappotto termico non è strettamente necessario in uno scenario di limitazione dei costi di investimento, tuttavia in un'ottica di massimizzare il comfort interno e l'efficienza della zona uffici può essere giustificabile.

Al fine di calcolare il costo di costruzione si ipotizza la realizzazione di un cappotto termico interno nelle chiusure opache verticali verso l'esterno, nella copertura e verso i locali non riscaldati. Al fine di 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, 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.

N° 1		<i>Cappotto termico interno nella zona Uffici</i>			Az_inv_01	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	Resistenza (m ² K)/ W
Parete interna	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	270	27000	2,3
Termo intonaco	Fornitura e posa in opera di cappotto termico interno 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	270	24300	0,61
Intonaco nano tecnologie	Fornitura e posa in opera di cappotto termico interno 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	270	48600	1,07

AZ_Inv_02: Schermatura solare esterna della “Sala degli alberi bianchi

AZ_inv_03: Modifica vetrata della “Sala degli alberi bianchi”

Il locale caratterizzato da maggiore condizioni di disagio estivo è la sala degli alberi che accumula un apporto solare difficilmente smaltibile anche con l’utilizzo delle pompe di calore, tuttavia esso è anche uno dei locali di maggiore pregio architettonico del complesso. In un’ottica di mitigazione del comfort estivo e valorizzazione dell’edificio, può essere ipotizzabile un intervento di schermatura esterna. Si potrebbe anche ipotizzare una modifica della parete vetrata in modo da rendere apribile una porzione maggiore della superficie.

Ai fini del calcolo del costo dello scenario di ipotizza una schermatura esterna realizzata con una Pergo tenda per tutta la lunghezza della serra di profondità adeguata a proteggere la superficie vetrata da l’irraggiamento solare diretto e da quello riflesso dal terreno, il prezzo medio è stato ricavato intervistando alcuni fornitori locali.

N°2		<i>Schermatura solare esterna della “Sala degli alberi bianchi”</i>			Az_inv_02	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Parete interna	Fornitura e posa in opera di Pergo tenda con struttura metallica (ferro, alluminio) verniciata con colore metallizzato (grigio satinata,..) e lamelle orientabili motorizzate di prestazioni certificate dimensioni lorde 18,0L x 5,0P x 4,5 H [m]	corpo	30000	1	30000	
N°3		<i>Modifica vetrata della “Sala degli alberi bianchi”</i>			Az_inv_03	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Modifica vetrata	Modifica della vetrata per realizzate alcune aperture nei sovra quadri dell’infixso	corpo	5000	1	5000	



AZ_inv_04: Intervento sui Lucernai

Sempre in una prospettiva di valorizzazione dell’edificio, si potrebbero recuperare i lucernai della “Sala Mostre” e della “Sala Didattica_1” che nello stato attuale mostrano anche severi fenomeni di infiltrazione di acqua meteorica che rendono urgenti interventi di manutenzione e modifica sugli infissi e sulle coperture. Si suggerisce di riprendere il progetto originale che prevedeva la chiusura della base del lucernaio per generare un effetto serra utile per l’inverno, ma installando anche delle schermature solari utili a diminuire il carico termico estivo. Anche in questo caso l’intervento difficilmente può avere un buon tempo di ritorno dell’investimento ma contribuisce a migliorare il comfort invernale ed estivo in questi ambienti.

La stima dell’investimento considera tutte le opere sopra menzionate necessarie al corretto funzionamento bioclimatico del lucernaio: base del lucernaio, schermature interne, isolamento copertura. La base del lucernaio potrebbe essere realizzata con pannelli sandwich (materiale metallico o ligneo) con interposto 5cm di materiale isolante. I pannelli devono essere rimovibili per favorire la ventilazione estiva ed avere parti trasparenti per garantire l’illuminazione. La chiusura potrebbe avere un sistema di movimentazione dell’aria adibito al ricircolo tra l’aria fredda dell’ambiente sottostante e quella calda della serra. In estate i pannelli possono essere rimossi o aperti e si utilizzeranno le schermature solari interne per limitare il carico solare.

N°4 <i>Intervento sui Lucernai</i>					<i>AZ_inv_04</i>
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo
a	Realizzazione della chiusura inferiore del lucernaio, tramite pannelli sandwich lignei/metallici con isolamento interno da 5cm, rimovibili per la stagione	Mq			
b	Installazione di schermature solari interne con motore	N°			
c	Fornitura e posa in opera di un cappotto termico interno nella copertura del lucernaio realizzato con un pannello	mq			
Intervento sui lucernai		corpo	5000	2	10000

4.3 Possibili azioni progettuali: Impianto di climatizzazione invernale/estiva

Gli scenari di intervento dovranno sempre prevedere il raggiungimento delle condizioni di comfort interno nelle aree ad utilizzo continuativo tramite l’uso di sistemi di climatizzazione. In tal senso si possono effettuare alcune ipotesi alternative:

1. la riparazione del sistema esistente,
2. sostituzione della HP aria – acqua esistente con una di maggiore capacità modulante,
3. l’installazione di un sistema di minore potenza dimensionato per le esigenze della zona uffici.

AZ_clima_01: Manutenzione del sistema di climatizzazione esistente

Non sapendo che tipo di problema tecnico sia presente, per effettuare confronti con le altre alternative si ipotizza un costo di riparazione pari a 4000,00 euro.

N°4	<i>Manutenzione del sistema di climatizzazione esistente</i>				<i>Az_clima_01</i>	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Riparazione	Riparazione del sistema esistente	corpo	4000	1		

AZ_clima_02: sostituzione generatore HP con uno di maggiore capacità modulante

A tal fine si è fatto riferimento ad una HP (aria-acqua) della stessa marca di simili capacità termiche ma dotata di maggiore capacità modulante. Costo 8000

COSTO **8000,00 euro**
 Servizio **Riscaldamento/Raffrescamento**
 Tipo di generatore **Pompa di calore aria/acqua**
 Marca/Serie/Modello **MTA - serie HCYGNUS mod HCG - 081**
 Potenza nominale Risc/Raffr **22,8 kW/18,00 kW**

Fattore minimo di modulazione Fmin **0,25**

AZ_clima_03: Impianto multi split (zone uffici, disimpegno, ingresso)

Per quest'ultima ipotesi si suppone l'installazione di un sistema multi split a servizio delle tre stanze (uffici 1-2, disimpegno) ed una HP dedicata per l'ingresso, le unità esterne potrebbero essere posizionate nella copertura dei locali bagno adiacenti dove già è presente l'unità del sistema esistente.

N°5	<i>Impianto multi split (zone uffici, disimpegno, ingresso)</i>				<i>Az_clima_02</i>	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
HP split ad inverter	Fornitura e posa in opera di un sistema di climatizzazione estivo/invernale così costituito: n°1 HP inverter alta efficienza, multi split (3) da 12000 Btu n°1 HP split inverter da 24000 Btu	corpo	2500 1500	1	7000	

<i>CLIMATIZZATORE CONDIZIONATORE HISENSE TRIAL SPLIT INVERTER SERIE COMFORT 12+12+12</i>	
Capacità Raffreddamento	7.0 kW
Capacità Riscaldamento	7.5 kW
Potenza in BTU - Multisplit	12000+12000+12000
SEER (W/W)	7.10
SCOP (W/W)	4.10
Classe di Efficienza Energetica (Raffreddamento)	A++
Classe di Efficienza Energetica (Riscaldamento)	A+
<i>HISENSE INVERTER SERIE COMFORT AST-24UW4SDBDJ10 24000 BTU</i>	
Capacità Raffreddamento	6.4 kW

Capacità Riscaldamento	6.8 kW
Potenza in BTU - Multisplit	24000
SEER (W/W)	6.3
SCOP (W/W)	4.0
Classe di Efficienza Energetica (Raffreddamento)	A++
Classe di Efficienza Energetica (Riscaldamento)	A+

AZ_clima_04_Installazione stufe ad irraggiamento per i 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.

N°6	Installazione stufe ad irraggiamento per i bagni				Az_clima_03	
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

Gli scenari possono prevedere la sostituzione degli scaldacqua elettrici con sistemi più efficienti in termini di emissioni di CO2 e di dispersione del calore.

Una prima ipotesi possono essere gli scaldacqua a pompa di calore, essi sono molto efficienti e generano mediamente un risparmio del 70% rispetto ad un boiler elettrico tradizionale ad uso domestico che nonostante un alto costo di iniziale (circa 900 euro a boiler) mostra tempi di ritorno tra ai 3-4 anni. Questo tipo di intervento limita le modifiche alla configurazione impiantistica, in quanto possono essere semplicemente installati al posto dei boiler elettrici esistenti, e mantiene l'esclusività del vettore elettrico. La soluzione con le HP è caratterizzata da alti costi di investimento, che, nel nostro caso, potrebbero andare incontro a lunghi tempi di ritorno in quanto gli ambienti sono utilizzati in maniera discontinua ed hanno un basso fabbisogno di ACS.

Un'ipotesi da valutare in alternativa è la sostituzione dei Boiler elettrici con scaldacqua a GAS istantanei, più adatti a servire un uso fortemente intermittente e che garantiscono comunque un buon aumento dell'efficienza del sistema in termini di costi e CO2 emessa. Essi hanno un minore costo di installazione unitario (120 euro a boiler) anche se richiedono la realizzazione di un impianto per l'utilizzo del GAS, ed il periodico approvvigionamento da un vettore energetico diverso dal servizio elettrico nazionale.

N°7	Sostituzione Boiler Elettrici con Scaldacqua a pompa di calore				Az_ACS_01	
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo	
Boiler a pompa di Calore	Fornitura e posa in opera di Scaldabagno elettrico a pompa di calore (tipo Scaldabagno Pompa Di Calore Nuos Evo 80 Ariston 80 Litri)	N°	900	4	3600	
N°8	Sostituzione Boiler Elettrici con Boiler istantanei a GAS				Az_ACS_02	

Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo
Boiler istantaneo a GAS	Fornitura e posa in opera di scaldabagno istantaneo a GAS (tipo: scaldabagno istantaneo a gas Ferroli zefiro c11 camera aperta 11 l/min. Gpl) Fornitura e posa in opera di impianto di distribuzione ed alimentazione di GAS opportunamente dimensionato. – 800euro corpo-	N°	200	4	1600

N°9 Sistemi di controllo boiler elettrico		Az_ACS_03			
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo
SMART controller	Fornitura e posa in opera di prese smart per il controllo e la programmazione di apparecchi elettrici anche in remoto rete.	unità	60	3	180

4.5 Possibili azioni progettuali: Ventilazione

Il sistema di ventilazione è presente solo nei locali bagno ed appare generalmente adeguato allo scopo attuale, l'unico ambiente che mostra una bassa qualità dell'aria è il ripostiglio 2, dove è presente un forte odore di umidità causato dalla completa mancanza di areazione dei locali e dalla presenza di modesti fenomeni di umidità di risalita. Il ripostiglio è attualmente utilizzato per riporre reperti che necessitano di un ambiente a con condizioni termo -igrometriche più controllate. Si propone perciò l'installazione di una ventola per l'aereazione meccanica a basso consumo a servizio del suddetto ambiente.

Si ritiene più che sufficiente allo scopo l'utilizzo un estrattore di aria senza recupero del calore, a bassissimo consumo che sia sempre in funzione. L'impianto consiste nella installazione di una ventola per l'estrazione di aria a bassissimo consumo e la contestuale realizzazione di una bocchetta per immissione della stessa nella superficie interna del locale nella parete che confina con l'esterno.

N°9 Aereazione per il ripostiglio 2		Az_Vent_01			
Tecnologia	descrizione	UM	Costo unitario	Misura	Costo
Ventilazione forzata	Fornitura e posa in opera ventola per aereazione di da 100-50 m3/h a basso consumi energetico (minore 10w ora) e realizzazione di una bocchetta per immissione dell'aria nell'ambiente.	corpo	100	1	100

7.6 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. 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, diffusamente richiamanti nelle linee guida per riqualificazione degli edifici storici, 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 nella schermatura della sala degli alberi. Il campo fotovoltaico così posizionato non è visibile dall'esterno, insiste su una parte dell'edificio che è di nuova realizzazione con una struttura facilmente rimuovibile, contribuendo a migliorare il comfort estivo degli ambienti interni.

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 posto sopra struttura tipo pergola già esistente.	kWp	2000	3/15	vario

7.7 Possibili azioni progettuali: Illuminazione

L'illuminazione di alcuni ambienti è utilizzata in maniera molto saltuaria (sale per la didattica, Archivio, sala esposizione), nelle aree espositive in parte è sempre accesa, mentre l'alimentazione delle esposizioni viene accesa solo se necessario. Nelle zone uffici l'illuminazione è utilizzata di continuo durante l'orario di apertura. La criticità maggiore è la diffusa presenza di proiettori caratterizzati da alti consumi, che tuttavia vengono utilizzati soltanto in presenza di eventi che li richiedano, inoltre la sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con sistemi LED non è possibile garantendo le attuali prestazioni.

Visto l'uso attuale non si consigliano azioni particolari di efficientamento della illuminazione se non la graduale sostituzioni dei corpi illuminati con sistemi LED facilmente reperibili in commercio, cosa che per altro il responsabile della manutenzione sta già mettendo in pratica.

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 abbiamo misure dirette nemmeno qualitative, in quanto l'edificio oggetto dello studio 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 in bassa tensione.

L'edificio però possiede una configurazione dell'impianto elettrico che permette di partizionare i consumi dei diversi ambienti grazie alla presenza di un discreto numero di quadri elettrici. La denominazione dei quadri ricalca gli usi e la configurazione impiantistica di progetto, ma è facilmente adattabile agli usi attuali degli ambienti.

Tabella 24. Elenco dei quadri elettrici

Quadro	Denominazione	Ambienti gestiti (uso attuale)
QG	Generale	tutti
Q1	Zona Espositiva	Museo_1-2-3
Q2	Zona Studi	Ufficio 1-2, Dis_1, WC_4-5, Rip_1
Q3	Zona lettura	Sala Mostre, Archivio
Q4	Zona Bar	Sala Alberi bianchi, WC_6-7-8, Rip_2
Q5	Zona Audiovisivi	Didattica_1, Darwin, Magazzino_1, dis_2
Q6	Laboratori	Didattica_2, Magazzino_2
Q7	Ingresso	Ingresso (sta nel quadro generale)

Strumento e metodologia

Per le misurazioni si è utilizzato un analizzatore di potenza e della qualità dell'energia della CHAVIN ARNOUX modello CA 8336, capace di monitorare le 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 sono state effettuate accedendo alle alimentazioni dei diversi ambienti direttamente dal quadro generale (figura 19). Considerando la tipologia di uso dell'edificio si è operato ad eseguire le misurazioni atte a definire i consumi per i diversi servizi energetici (riscaldamento, illuminazione, ...) durante un uso ordinario degli ambienti. Nello specifico si sono tenuti spenti i carichi delle aree normalmente utilizzate solo per eventi di breve durata in quanto poco influenti sui consumi totali ed al contrario si sono accesi tutti i carichi degli uffici e delle aree espositive sempre accessibili durante l'orario di apertura del museo (Museo 1-2-3, sala alberi bianchi, ingresso). Le misure sono state effettuate con tempi di osservazione di almeno 30 minuti e con una frequenza di campionamento di 20 secondi per ogni zona.



Figura 19. Misuratore e quadro generale

Risultati delle misure

Le misure registrate sono compatibili con i carichi elettrici rilevati per ogni ambiente, gli andamenti sono molto regolari, i picchi sono corrispondenti all'entrata in funzione dei boiler elettrici da 1,2kW che è stata verificata durante la misura, a conferma di ciò la sala espositiva non registra tali anomalie.

Le misure hanno evidenziato una buona qualità dell'energia elettrica con un basso inquinamento armonico. Ciò è evidente dalla potenza di distorsione molto contenuta dell'ordine di poche decine di VAR. Anche la potenza attiva e quella apparente risultano essere quasi coincidenti in quanto il coseno dell'angolo di sfasamento tra corrente e tensione "cosfi" è circa di valore unitario.

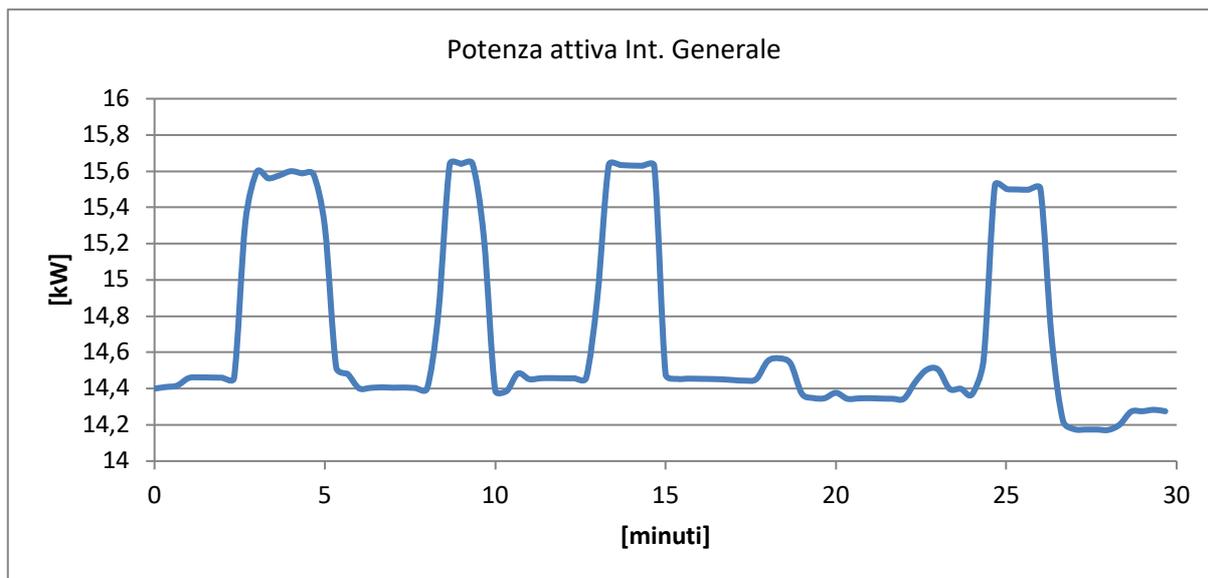


Figura 20. Andamento delle misure nel quadro generale

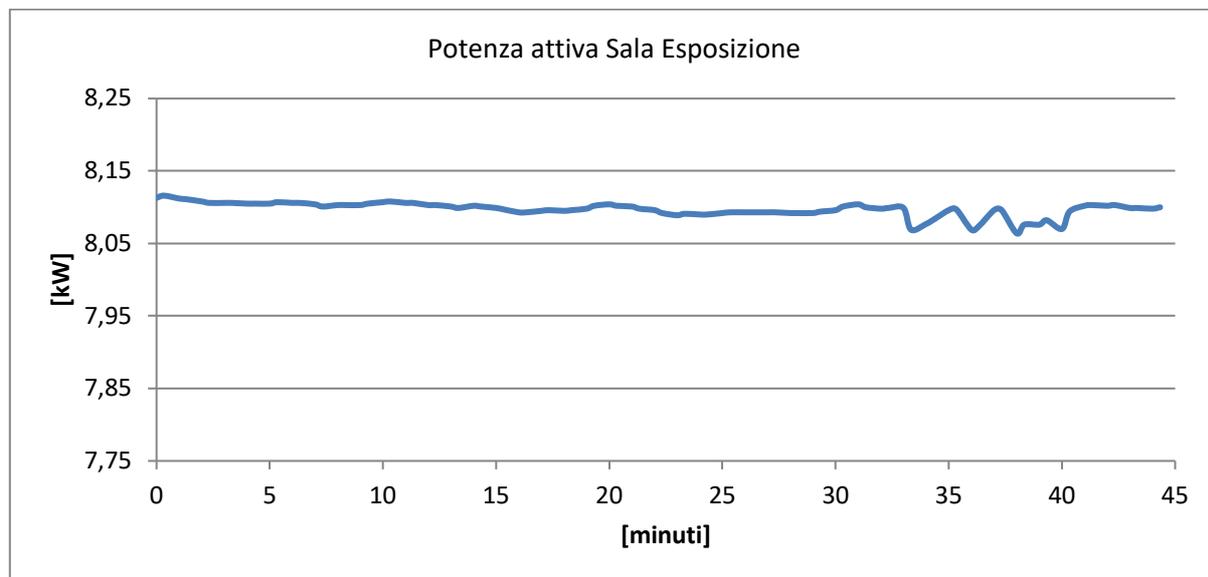


Figura 21. Andamento delle misure nel quadro della zona espositiva

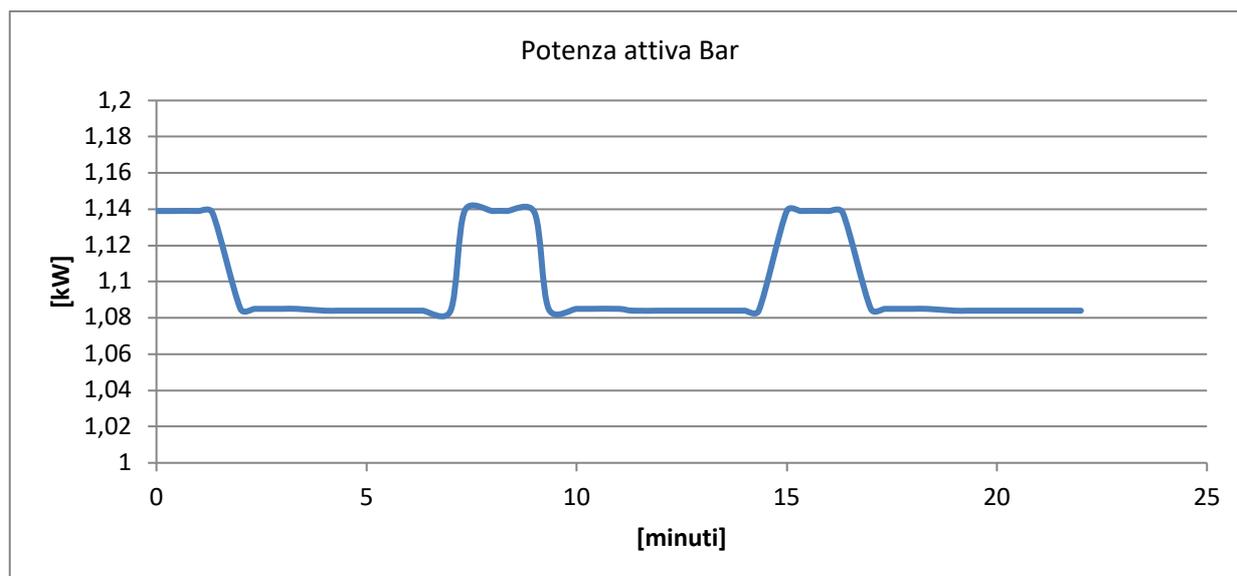


Figura 22. Andamento delle misure nel quadro della zona Bar

Adottando le misure medie registrate e purate dall'effetto degli scaldabagni elettrici e delle stufette, si possono ricavare i consumi medi per i differenti servizi: illuminazione e vetrine delle aree espositive, illuminazione e gestione della zona uffici, riscaldamento.

Tabella 25. Potenze misurate

Zona	Descrizione dei carichi	Potenza media misurato
Zona espositiva	Illuminazione primaria e faretti Illuminazione delle vetrine espositive Monitor e computer	8100 W
Zona Espositiva (bianco)	Tutto spento (gruppo di continuità)	200 W
Zona studi	Illuminazione Uffici 1-2 2 Computers Illuminazione disimpegno e di un bagno 2 Stufette elettriche (1200W +1800W)	3461 W
Zona Bar	Illuminazione, monitor	1100 W
Ingresso	Illuminazione, computer e monitor sistemi di sicurezza e sorveglianza Una stufetta elettrica (1800W)	2039 W (ricavato per differenza)
Generale	Tutti i carichi di sopra	14700 W
Zona lettura Zona laboratori Zona Audiovisivi	Tutto spento in quanto acceso solo all'occorrenza	
Servizio	Descrizione dei carichi	Potenza media
Esposizione	Illuminazione ed altri apparecchi dell'area espositiva più ingresso e Bar	9500 W
Zona Uffici	Illuminazione ed altri apparecchi della zona uffici	500 W
Riscaldamento	Zona Uffici	3000 W
	Ingresso	1800 W

Discussione dei risultati: Stima dei consumi

I consumi orari invernali complessivi del museo ammontano a poco meno di 15kW di cui circa 1/3 sono ascrivibili al riscaldamento (circa 5000w), perciò quelli legati alla sola attività espositiva e di ufficio risultano essere circa di 10kW. In periodo estivo il riscaldamento è spento e la zona bar non è utilizzata per il gran caldo

perciò tali consumi verosimilmente scenderanno a circa 8,5kW. Incrociando questi dati medi con gli orari di aperture della struttura possiamo calcolare i consumi medi mensili ed annui della struttura per l’approvvigionamento del vettore elettrico (tabella 26). Per effettuare un calcolo più verosimile è necessario introdurre un coefficiente di utilizzo dei servizi in quanto dal colloquio con i lavoratori del museo si è evidenziato che le luci dell’esposizione vengono accese solo in presenza di pubblico o per altre esigenze contingenti non prevedibili. In accordo con i gestori del museo si è definito un coefficiente d’uso del servizio durante le ore di apertura per il periodo invernale (0,2), uno per la mezza stagione (0,5) e uno per l’estate dove i flussi maggiori (0,8). Naturalmente gli uffici e l’ingresso hanno un coefficiente unitario in quanto sempre utilizzati, la zona bar è stata ritenuta non utilizzabile durante il periodo di maggior caldo e comunque non richiede illuminazione. In questo conto è stato inserito il consumo in standby dei boiler elettrici è stato desunto da diverse pubblicazioni sulla base della loro potenza e della capacità, una misurazione più accurata può essere necessaria ma l’incidenza sul totale è piuttosto marginale (circa 1,5%). Il consumo elettrico stimato ammonta a poco più di 14.500 kW annui che moltiplicati per un costo di 0,22 euro/kW totalizza una spesa inferiore ai 3500 euro. Ipotizzando un flusso di visitatori più costante si può adottare un coefficiente unitario portando la stima dei consumi a poco meno di 21800 kw annui per una spesa di circa 4800 euro.

Tabella 26. Consumi elettrici stimati

Stagione	Servizio energetico	Quadri ed ambienti	c.ora [W]	h/gg	gg/we	gg	uso	Cons. [kW]	Spesa [euro]
Inverno (15nov - 30mar) lun-mar chiuso ore 10-13; 14-16	Illuminazione ed altri apparecchi	Area Espositiva (Museo 1-2-3, ingresso)	8100	5	5	137	0,2	792,6	174
	Illuminazione ed altri apparecchi	Area Bar (Sala Alberi, WC_7-8-9, Rip_2)	1100	5	5	137	0,2	107,6	24
	Illuminazione ed altri apparecchi	Area Studi (Ufficio 1-2, dis_1, Rip_1, WC_5-6)	3460	5	5	137	1	1692,9	372
	Riscaldamento	Ufficio_1, ingresso	5000	5	5	137	1	2446,4	538
	ACS	3X boiler 1200W in stanby*	150	5	5	137	1	73,4	16

totale stagione 5113,0 1124,9

Stagione	Servizio energetico	Quadri ed ambienti	c.ora [W]	h/gg	gg/we	gg	uso	Cons. [kW]	Spesa [euro]
Primavera/ Autunno 1apr - 15 mag 1ott - 15 nov lun chiuso ore 10-13; 14-16	Illuminazione ed altri apparecchi	Area Espositiva (Museo 1-2-3, ingresso)	8100	5	6	90	0,5	1562,1	344
	Illuminazione ed altri apparecchi	Area Bar (Sala Alberi, WC_7-8-9, Rip_2)	1100	5	6	90	0,5	212,1	47
	Illuminazione ed altri apparecchi	Area Studi (Ufficio 1-2, dis_1, Rip_1, WC_5-6)	3460	5	6	90	1	1334,6	294
	Riscaldamento	Ufficio_1, ingresso	5000	5	6	90	0,2	385,7	85
	ACS	3X boiler 1200W in stanby*	150	5	6	90	1	57,9	13

totale stagione 3552,4 781,5

Stagione	Servizio energetico	Quadri ed ambienti	c.ora [W]	h/gg	gg/we	gg	uso	Cons. [kW]	Spesa [euro]
Estate 15mag - 30set	Illuminazione ed altri apparecchi	Area Espositiva (Museo 1-2-3, ingresso)	8100	5	6	138	0,8	3832,5	843

lun ore 10-13; 14-16	chiuso	illuminazione ed altri apparecchi	Area Bar (Sala Alberi, WC_7-8-9, Rip_2)	1100	5	6	138	0	0,0	0
		illuminazione ed altri apparecchi	Area Studi (Ufficio 1-2, dis_1, Rip_1, WC_5-6)	3460	5	6	138	1	2046,3	450
		Riscaldamento	Ufficio_1, ingresso	5000	5	6	138	0	0,0	0
		ACS	3X boiler 1200W in stanby*	150	5	6	138	1	88,7	20
*Si considerano 3 boiler sempre attaccati, per 60 minuti di accensione per uno al giorno per le sole perdite di calore						totale stagione		5967,5	1312,9	
						TOALE ANNUO		14633,0	3219,3	

Valutazione delle ipotesi di intervento sulla illuminazione

Dai calcoli effettuati si può evincere una gestione piuttosto accurata dei consumi dell'edificio adattata all'utenza molto saltuaria di alcuni ambienti. Questo aspetto limita la possibilità di realizzare un retrofit economico tramite interventi di efficientamento che riguardano i diversi servizi energetici dell'edificio: illuminazione ed anche il riscaldamento.

I corpi illuminanti hanno già una buona efficienza, le soluzioni al LED possono ottenere risparmi di circa il 30% rispetto alle tecnologie installate garantendo prestazioni simili ma sempre inferiori alle attuali. Inoltre il passaggio al sistema LED richiede spesso la sostituzione di tutto il sistema di illuminazione (plafoniere e lampade) con alti costi di investimento iniziale a fronte di risparmi annui quantificabili in poche centinaia di euro (tabelle 27 - 28). L'unico intervento giustificabile dal punto di vista economico consiste nella graduale sostituzione dei corpi illuminanti delle plafoniere_01 con sistemi a LED, che può essere svolta senza il cambiamento del supporto, tuttavia l'incidenza di questi sistemi appare piuttosto limitata sul totale dei consumi.

Tabella 27. Consumi elettrici stimati per quadro e servizio

Servizio energetico	Quadri ed ambienti	Cons. [kW]	Spesa [euro]
illuminazione ed altri apparecchi	Area Espositiva (Museo 1-2-3, ingresso)	6187,2	1361,2
illuminazione ed altri apparecchi	Area Bar (Sala Alberi, WC_7-8-9, Rip_2)	319,8	70,4
illuminazione ed altri apparecchi	Area Studi (Ufficio 1-2, dis_1, Rip_1, WC_5-6)	5073,8	1116,2
	<i>totale illuminazione ed altri apparecchi</i>	11580,9	2547,8
Riscaldamento	Ufficio_1, ingresso	2832,1	623,1
ACS	3X boiler 1200W in stanby*	220,0	48,4
	totale	14633,0	3219,3

Tabella 28. Consumi elettrici stimati per tipo di corpo illuminante

Zona	Ripartizione consumi nei carichi	%	euro	efficientamento	risparmio annuo	investimento	TR [anni]
Area Espositiva	Faretti_01	38	968,16	30	290,45	21000	72,3
	Tube_fluor_01	42	1070,07	30	321,02	32000	99,7
	Plafoniera_01	5	127,39	30	38,22	80	2,1
	farett0_02	5	127,39	no			
	altro	10	254,78	no			
Area studi	Tube_fluor_01	36	401,85	30	120,55	3200	26,5
	Plafoniera_01	43	479,99	30	144,00	180	1,3
	altro	21	234,41	no			

5.2 Misure di comfort interno

Le misure di comfort interne tramite stazioni microclimatiche hanno mostrato scarse condizioni invernali ed estive in tutti gli ambienti, generate dalla totale mancanza di sistemi di controllo climatico.

In inverno le condizioni sono localmente meno gravi in quanto i dipendenti utilizzano delle stufette elettriche nei pressi della loro postazione ma permangono al di sotto dell'accettabilità. Le misurazioni confermano quanto riportato dalle interviste. Per altri dettagli si rimanda al report, qui si riporta solo lo schema delle temperature medie minime e massime registrate che saranno utilizzate per la modellazione energetica.

Tabella 29. Temperature per la modellazione energetica

Configurazione zone termiche diagnosi			Inverno		Estate	
Ambienti climatizzati	sup_utile [mq]	Volume Utile [mc]	t. Int. Progetto [C°]	t. Int. Misurata [C°]	t. Int. Progetto [C°]	t. Int. Misurata [C°]
Ingresso	80,75	314,93	20	15	26	30
Ufficio_1	25,84	73,90	20	15	26	30
Ufficio_2	26,46	75,68	20	15	26	30
Dis_1	17,17	49,11	20	15	26	28
<i>totale</i>	150,22	513,61				
<i>percentuale sul totale</i>	19,36	16,28				

Ambienti confinanti non riscaldati	sup_utile_1 [mq]	Volume Utile [mc]	t. Int. Misurata [C°]
Museo_1	304,32	2647,58	13
Archivio	41,61	166,44	13
WC_4/WC_5 Rip_1	20,44	58,46	14

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 per le costruzioni realizzate negli anni quaranta. 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 (circa 2100 kg/mc misurato da campioni di roccia) ed una forte vulnerabilità alla risalita per capillarità. Gli altri edifici del complesso della Grande Miniera di Serbariu realizzati con la medesima apparecchiatura costruttiva del Museo mostrano evidenti segni di umidità di risalita perciò si ritiene necessario verificare la presenza del fenomeno. L'umidità delle murature è un elemento da appurare con prove strumentali in quanto fa crollare drasticamente le caratteristiche di resistenza termica dei materiali 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.

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. L'utilizzo di valori di letteratura per rocce di simile fattura può essere una soluzione adatta per una valutazione preliminare tuttavia si rimanda alla effettuazione di test da laboratorio sul materiale.

Ricerca della umidità nelle murature

Per la ricerca dell'umidità nella muratura si è proceduto con una indagine preliminare basata sulla osservazione in loco seguita da alcune indagini strumentali tramite una camera termografica. L'osservazione in loco non ha evidenziato forti segni di degrado dovuto alla presenza di umidità di risalita, mentre in alcuni ambienti sono evidenti i segni di infiltrazioni di natura meteorica.

L'indagine termografica è stata effettuata in tutti gli ambienti dell'edificio con l'ausilio della termocamera professionale FLUKE TiS40 (tabella 31), 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. La maggior parte dei locali interni non sono riscaldati e, grazie alla forte inerzia termica, mantengono una temperatura abbastanza stabile sui 14-15°C durante periodo invernale. A causa della mancanza di un sistema di climatizzazione operativo e non è stato possibile ottenere pienamente le condizioni ottimali di misura richieste dalla normativa tecnica (Norma UNI EN 13187) circa il mantenimento di un delta T tra esterno ed interno pari a 3 volte la trasmittanza [U] e comunque maggiore di 5° perciò l'indagine è da considerarsi di rilevanza prettamente indicativa (tabella 30).

Tabella 30. Condizioni della prova termografica

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 7° / Tprova 11°	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°C.	3U = 6° T. interna 14-15°	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	Le superfici esterne sono orientate a nord ed a sud ovest, la misurazione si è effettuata nell'arco della mattinata.	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 11° - 12°	SI

Tabella 31. Dati tecnici strumento utilizzato

FLUKE TiS40		
Resolution	160x120	
Focus	Fixed	
Distance to spot	252:1	
Thermal sensitivity (NETD)	90 mK	
Temperature range	-20 °C to +350 °C	

Risultati: umidità di risalita

L'indagine visiva preliminare aveva mostrato modesti segni di degrado dovuto all'umidità di risalita, si è comunque proceduto ad effettuare un'indagine termografica. L'indagine termografica mostra una discontinuità termica sempre presente al contatto col pavimento di forma generalmente regolare parallela

al suolo prevalentemente spiegabile con l'influenza del ponte termico geometrico. Tuttavia in alcuni punti si possono vedere margini meno netti e differenze di comportamento termico degli intonaci probabilmente riferibili ad alcune riprese effettuate in passato. Tale fenomeno si manifesta in maniera preponderante nel muro confinante con l'esterno dell'ambiente "Museo 1" anche se sporadicamente è rilevabile anche in altri ambienti.

Il degrado maggiore degli intonaci interni che sembrava legato alla umidità di risalita in realtà è dovuto ai fenomeni di infiltrazione di acqua meteorica dalla base degli infissi (figura 24).

Si può quindi concludere che il fenomeno di risalita capillare, se è presente, è attualmente sotto controllo e non si manifestano evidenti situazioni di degrado ad esso legati.

Risultati: umidità da infiltrazione meteorica

Come evidenziato dalla ispezione visiva, l'umidità da infiltrazione meteorica è presente in diversi locali dell'edificio: nei punti di contatto tra le strutture di nuova costruzione che si affacciano alla corte ed il vecchio edificio (i locali della Sala degli alberi Bianchi) ed in molti punti di contatto tra muratura ed infissi (infissi dei lucernai, infissi delle sale espositive, ..). L'indagine a termografica ha confermato la presenza di infiltrazioni anche piuttosto profonde nella massa muraria, non sempre visibili alla sola ispezione visiva, che localmente stanno generando il distacco degli intonaci.

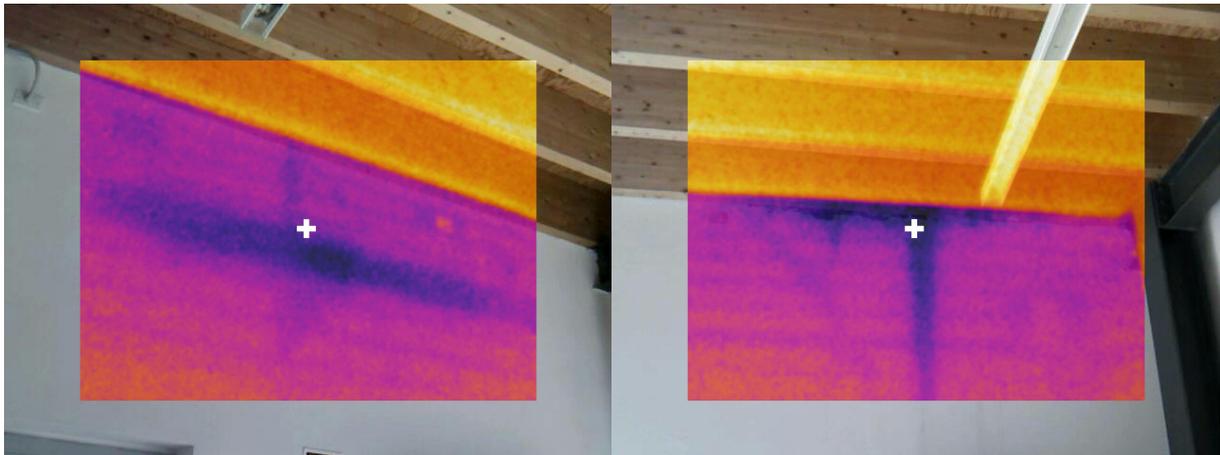
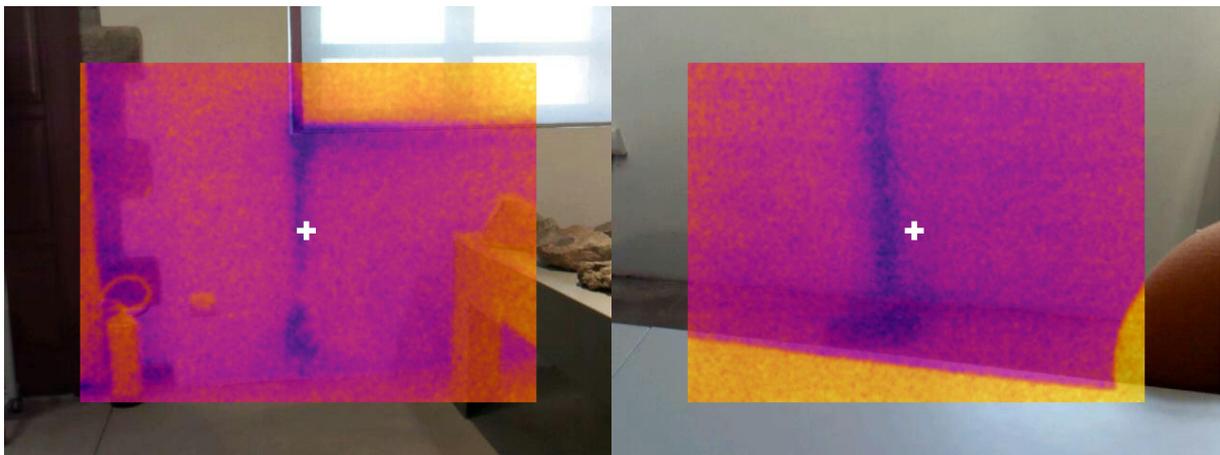


Figura 23. Infiltrazioni di acqua meteorica nella "sala degli alberi bianchi, la discontinuità termica sembra partire a livello della copertura dei locali adiacenti dei bagni



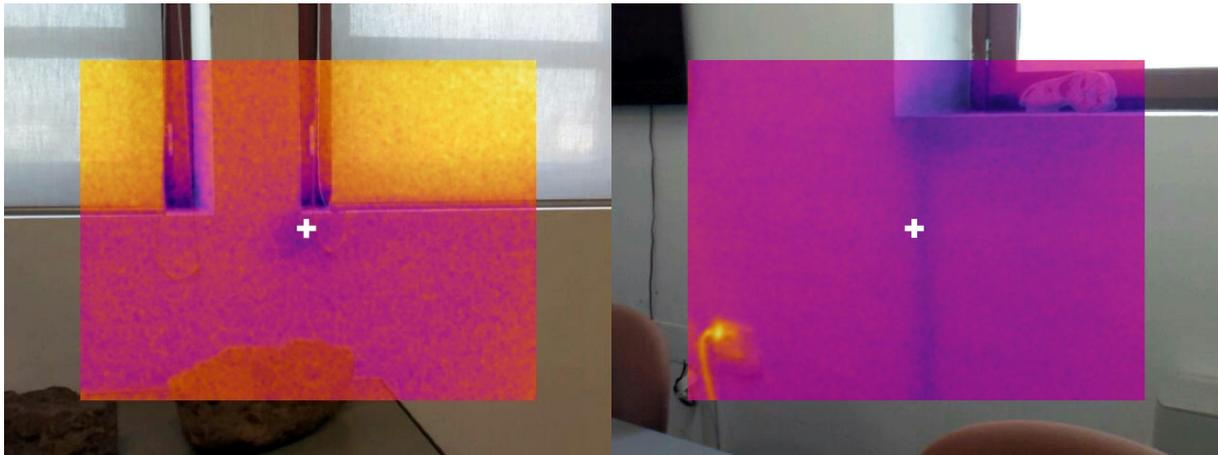


Figura 24. Infiltrazioni di acqua meteorica dagli infissi in diversi ambienti (Museo_1, Ingresso, ...)

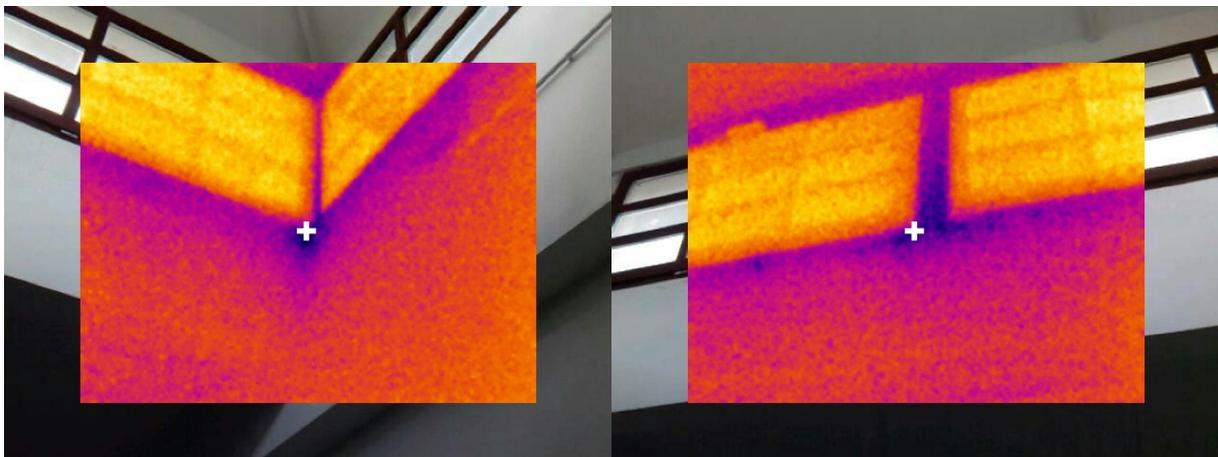


Figura 25. Infiltrazioni di acqua meteorica dagli infissi dei lucernai (ambienti: Didattica_1, Sala_Mostre)

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. Le infiltrazioni localizzate presso gli infissi possono generare gocciolamento in caso di forti piogge ma in generale il fenomeno è ancora limitato al degrado estetico causato dal distacco della pittura e degli intonaci.

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 risultati ottenuti con la modellazione semi stazionaria (UNI TS 11300) dello stato attuale in regime invernale, estivo e per ACS;
3. Discussione dei risultati

La modellazione semi stazionaria del sistema edilizio-impianto è stata realizzata utilizzando la procedura di *taylored 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 “*EC700 – EdilClima*”, 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 richiederebbe l'impostazione di tre zone termiche essenzialmente coincidenti con le zone servite dalle tre pompe di calore caratterizzate da un uso continuo dei locali e dal mantenimento delle condizioni di comfort richieste dalla normativa. Tale impostazione risulta molto distante dalle attuali condizioni di uso dell'edificio ed anche dalle condizioni di comfort interno desiderabili per alcuni locali. Il volume attualmente climatizzato è molto inferiore a quello di progetto (circa il 16,30% di quello di progetto) così come il tempo di utilizzo giornaliero (6 ore in luogo di 8, e 5 giorni un luogo di 7 a settimana). La presenza decisamente saltuaria di visitatori ed utilizzatori degli spazi rende non sostenibile l'utilizzo continuo o parzialmente continuo della climatizzazione per tutti gli ambienti, tuttavia è necessario garantire le condizioni di comfort interno adatto ai luoghi di lavoro negli ambienti utilizzati dai dipendenti del museo per tutta la durata della giornata lavorativa.

Perciò la diagnosi energetica si è basata su una unica zona termica che comprende gli Ambienti dell'Ingresso e degli Uffici (Ufficio_1, Ufficio_2, Dis_1) in luogo delle tre zone termiche in cui si articola l'intero edificio nella sua configurazione di progetto. Le misure del microclima interno effettuate in questi ambienti mostrano severe condizioni di comfort termico invernale ed estivo, generate dalla non operatività dell'impianto di climatizzazione esistente.

La condizione di uso invernale è fortemente distante dal comfort, gli utenti abituali degli ambienti fanno uso di vestiario molto pesante e di stufe elettriche ad aria ed a irraggiamento per il miglioramento locale delle condizioni. Tale uso non è verosimilmente modellabile tramite l'utilizzo di strumenti standard, tuttavia non si può configurare come l'opzione di non progetto in quanto non garantisce in alcun modo le condizioni di comfort degli utilizzatori degli ambienti. Considerando che la presenza di un impianto operativo per la climatizzazione invernale ed estiva è una condizione minima non rinunciabile per l'utilizzo degli ambienti, lo “Stato Attuale” o “opzione di non progetto” considera “come funzionante” l'impianto esistente a servizio degli ambienti compresi nella zona termica della diagnosi.

Tabella 32. Temperature di set point di progetto

Ambienti climatizzati	sup_utile [mq]	Volume Utile [mc]	Zona termica clim_EST	Zona termica clim_INV	tem. Int. Inverno [C°]
Ingresso	80,75	314,93	Zona_1	Zona_1	16
Ufficio_1	25,84	73,90	Zona_1	Zona_1	20
Ufficio_2	26,46	75,68	Zona_1	Zona_1	20
Dis_1	17,17	49,11	Zona_1	Zona_1	20
Archivio	41,61	166,44	Zona_1	Zona_1	16
Sala_Mostre	130,14	587,92	Zona_1	Zona_1	16
Magazzino_2	47,63	188,61	Zona_1	Zona_1	16
Didattica_2	47,63	188,61	Zona_1	Zona_1	20
Dis_3	9,80	38,81	Zona_1	Zona_1	20
Museo_2	75,22	297,87	Zona_2	Zona_2	16
Museo_3	56,82	225,01	Zona_2	Zona_2	16
Darwin	41,63	164,85	Zona_2	Zona_2	16
Didattica_1	83,40	402,83	Zona_2	Zona_2	20
Sala_alberi_bianchi	91,86	381,22	Zona_3	Zona_3	16
<i>totali</i>	<i>775,96</i>	<i>3155,79</i>			

Tabella 33. Temperature misurate per la modellazione

Configurazione zone termiche diagnosi			Inverno		Estate	
Ambienti climatizzati	sup_utile [mq]	Volume Utile [mc]	t. Int. Progetto [C°]	t. Int. Misurata [C°]	t. Int. Progetto [C°]	t. Int. Misurata [C°]
Ingresso	80,75	314,93	20	15	26	30
Ufficio_1	25,84	73,90	20	15	26	30
Ufficio_2	26,46	75,68	20	15	26	30
Dis_1	17,17	49,11	20	15	26	28
<i>totale</i>	<i>150,22</i>	<i>513,61</i>				
<i>percentuale sul totale</i>	<i>19,36</i>	<i>16,28</i>				

Ambienti confinanti non riscaldati	sup_utile_1 [mq]	Volume Utile [mc]	t. Int. Misurata [C°]
Museo_1	304,32	2647,58	13
Archivio	41,61	166,44	13
WC_4/WC_5_Rip_1	20,44	58,46	14

6.1.2 Settaggio della Ventilazione

La zona termica utilizzata per la diagnosi si articola in quattro ambienti: due uffici (Ufficio_1, Ufficio_2) un disimpegno (Dis_1) a servizio della zona uffici e l'ingresso del Museo (Ingresso). Tutti gli ambienti sono privi di ventilazione meccanica, la ventilazione naturale è stata dimensionata secondo metodo di calcolo delle portate della (UNI 10339) per la specifica categoria di edificio parzialmente modificata per rappresentare meglio la condizione di uso attuale. I locali adibiti ad ufficio sono stati assimilati ad un edificio ad uso ufficio con 2 persone per locale. Mentre l'ingresso ricade nella categoria *Museo* (sottocategoria *sale mostre*), ma sono state effettuate alcune modifiche per garantire il comfort dei lavoratori stabilmente presenti e per stimare l'impatto delle continue aperture delle grandi porte dell'ingresso e di comunicazione con la sala museale principale:

- modificate le temperature intere per la potenza invernale dai 16C° previsti per i musei ai 20C° necessarie per garantire il comfort interno;
- aumento delle portate d'aria esterna di riferimento, per simulare la presenza di grandi porte spesso tenute aperte.

Ambiente:
Ingresso

Caratteristiche dimensionali			
Altezza netta		3,90	m
Superficie utile		80,75	= 80,75 m ²
Volume netto		314,93	m ³

Temperature interne		Apporti interni aggiuntivi	
Potenza invernale	θ _{int,p,H}	20,0	°C
Energia invernale	θ _{int,e,H}	20,0	°C
Energia estiva	θ _{int,e,C}	26,0	°C
Energia invernale		0,0	W
Energia estiva		0,0	W

Ventilazione			
Ventilazione		<input checked="" type="radio"/> Naturale <input type="radio"/> Meccanica <input type="checkbox"/> Ibrida	
Metodo di calcolo		Calcolo portate secondo UNI 10339	
Categoria edificio		Mostre, musei, biblioteche, luoghi di culto	
Sottocategoria		Sale mostre, pinacoteche, musei	
Portata d'aria esterna	Q _{op}	6,0	10 ⁻³ m ³ / s pers
Indice di affollamento	n _s	0,30	pers / m ²
	f _{ve,t}	1,00	
Portate di aria esterna di riferimento			
Potenza invernale	q _{ve,0_p,H}	531,98 m ³ /h	1,69 Vol/h
Energia invernale	q _{ve,0_e,H}	945,00 m ³ /h	3,00 Vol/h
Energia estiva	q _{ve,0_e,C}	945,00 m ³ /h	3,00 Vol/h

Ambiente:
Ufficio 1

Caratteristiche dimensionali			
Altezza netta	<input type="text" value="2,86"/>	m	
Superficie utile	<input type="text" value="25,84"/>	=	<input type="text" value="25,84"/> m ²
Volume netto	<input type="text" value="73,90"/>	m ³	

Temperature interne		Apporti interni aggiuntivi	
Potenza invernale	$\theta_{int,p,H}$ <input type="text" value="20,0"/> °C	Energia invernale	<input type="text" value="0,0"/> W
Energia invernale	$\theta_{int,e,H}$ <input type="text" value="20,0"/> °C	Energia estiva	<input type="text" value="0,0"/> W
Energia estiva	$\theta_{int,e,C}$ <input type="text" value="26,0"/> °C		

Ventilazione			
Ventilazione	<input checked="" type="radio"/> Naturale <input type="radio"/> Meccanica <input type="checkbox"/> Ibrida		
Metodo di calcolo	<input type="text" value="Calcolo portate secondo UNI 10339"/>		
Categoria edificio	<input type="text" value="Edifici per uffici ed assimilabili"/>		
Sottocategoria	<input type="text" value="Uffici singoli"/>		
Portata d'aria esterna	Q_{op} <input type="text" value="11,0"/>	$10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s pers}$	
Indice di affollamento	n_s <input type="text" value="0,06"/>	pers / m ²	
	$f_{ve,t}$ <input type="text" value="0,59"/>		

Portate di aria esterna di riferimento			
Potenza invernale	$q_{ve,0,p,H}$ <input type="text" value="61,95"/>	m ³ /h	<input type="text" value="0,84"/> Vol/h
Energia invernale	$q_{ve,0,e,H}$ <input type="text" value="36,55"/>	m ³ /h	<input type="text" value="0,49"/> Vol/h
Energia estiva	$q_{ve,0,e,C}$ <input type="text" value="36,55"/>	m ³ /h	<input type="text" value="0,49"/> Vol/h

Ambiente:
Ufficio 2

Caratteristiche dimensionali			
Altezza netta	<input type="text" value="2,86"/>	m	
Superficie utile	<input type="text" value="26,46"/>	=	<input type="text" value="26,46"/> m ²
Volume netto	<input type="text" value="75,68"/>	m ³	

Temperature interne		Apporti interni aggiuntivi	
Potenza invernale	$\theta_{int,p,H}$ <input type="text" value="20,0"/> °C	Energia invernale	<input type="text" value="0,0"/> W
Energia invernale	$\theta_{int,e,H}$ <input type="text" value="20,0"/> °C	Energia estiva	<input type="text" value="0,0"/> W
Energia estiva	$\theta_{int,e,C}$ <input type="text" value="26,0"/> °C		

Ventilazione			
Ventilazione	<input checked="" type="radio"/> Naturale <input type="radio"/> Meccanica <input type="checkbox"/> Ibrida		
Metodo di calcolo	<input type="text" value="Calcolo portate secondo UNI 10339"/>		
Categoria edificio	<input type="text" value="Edifici per uffici ed assimilabili"/>		
Sottocategoria	<input type="text" value="Uffici singoli"/>		
Portata d'aria esterna	Q_{op} <input type="text" value="11,0"/>	$10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s pers}$	
Indice di affollamento	n_s <input type="text" value="0,06"/>	pers / m ²	
	$f_{ve,t}$ <input type="text" value="0,59"/>		

Portate di aria esterna di riferimento			
Potenza invernale	$q_{ve,0,p,H}$ <input type="text" value="63,44"/>	m ³ /h	<input type="text" value="0,84"/> Vol/h
Energia invernale	$q_{ve,0,e,H}$ <input type="text" value="37,43"/>	m ³ /h	<input type="text" value="0,49"/> Vol/h
Energia estiva	$q_{ve,0,e,C}$ <input type="text" value="37,43"/>	m ³ /h	<input type="text" value="0,49"/> Vol/h

Ambiente:
Disimpegno

Caratteristiche dimensionali			
Altezza netta	<input type="text" value="2,86"/>	m	
Superficie utile	<input type="text" value="17,17"/>	=	<input type="text" value="17,17"/> m ²
Volume netto	<input type="text" value="49,11"/>	m ³	

Temperature interne		Apporti interni aggiuntivi	
Potenza invernale	$\theta_{int,p,H}$ <input type="text" value="20,0"/> °C	Energia invernale	<input type="text" value="0,0"/> W
Energia invernale	$\theta_{int,e,H}$ <input type="text" value="20,0"/> °C	Energia estiva	<input type="text" value="0,0"/> W
Energia estiva	$\theta_{int,e,C}$ <input type="text" value="26,0"/> °C		

Ventilazione	
Ventilazione	<input checked="" type="radio"/> Naturale <input type="radio"/> Meccanica <input type="checkbox"/> Ibrida
Metodo di calcolo	<input type="text" value="Calcolo portate secondo UNI 10339"/>
Categoria edificio	<input type="text" value="Edifici per uffici ed assimilabili"/>
Sottocategoria	<input type="text" value="Servizi"/>

fve,t

Portate di aria esterna di riferimento			
Potenza invernale	qve,0_p,H	<input type="text" value="392,85"/> m ³ /h	<input type="text" value="8,00"/> Vol/h
Energia invernale	qve,0_e,H	<input type="text" value="31,43"/> m ³ /h	<input type="text" value="0,64"/> Vol/h
Energia estiva	qve,0_e,C	<input type="text" value="31,43"/> m ³ /h	<input type="text" value="0,64"/> Vol/h

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

Località di riferimento

per dati invernali	Cagliari
per dati estivi	Cagliari

Stazioni di rilevazione

per la temperatura	Iglesias
per l'irradiazione	Iglesias
per il vento	Iglesias

Caratteristiche del vento

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

Dati invernali

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

Dati estivi

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

Irradiazione solare media mensile

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Orizzontale	MJ/m ²	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 analisi della irradiazione solare e dell'ombreggiamento (UNI TS 11300)

Irradiazione solare media mensile (UNI 10349:2016)

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Nord	MJ/m ²	2,3	2,9	4,3	6,0	8,1	10,1	9,6	7,6	5,4	3,6	2,1	1,9
Nord-Est	MJ/m ²	2,6	3,7	6,2	8,7	10,6	12,8	12,3	10,7	7,7	4,4	2,3	2,1
Est	MJ/m ²	4,8	6,3	9,5	11,3	12,4	14,4	14,1	13,4	10,8	6,5	3,7	4,1
Sud-Est	MJ/m ²	7,6	8,7	11,3	11,5	11,3	12,5	12,4	12,9	11,8	8,1	5,2	6,6
Sud	MJ/m ²	9,5	10,1	11,5	10,1	9,2	9,7	9,9	10,7	11,2	8,9	6,2	8,3
Sud-Ovest	MJ/m ²	7,6	8,7	11,3	11,5	11,3	12,5	12,4	12,9	11,8	8,1	5,2	6,6
Ovest	MJ/m ²	4,8	6,3	9,5	11,3	12,4	14,4	14,1	13,4	10,8	6,5	3,7	4,1
Nord-Ovest	MJ/m ²	2,6	3,7	6,2	8,7	10,6	12,8	12,3	10,7	7,7	4,4	2,3	2,1
Orizzontale	MJ/m ²	6,5	8,8	13,8	17,3	19,7	23,2	22,5	20,8	16,1	9,5	5,2	5,4

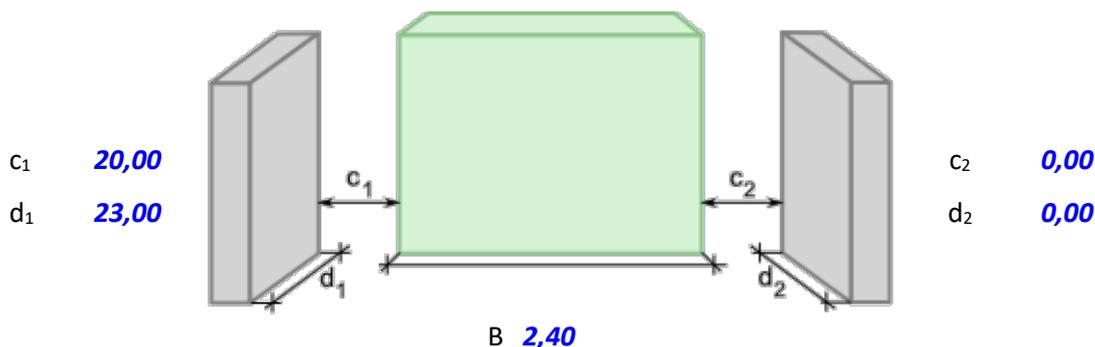
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: **269** W/m²

Ombreggiamento

La zona termica adottata per la diagnosi ha solo due lati esposti all'irraggiamento solare orientati NE e NO. Il lato orientato a NO ha una finestra ma non presenta ostacoli all'irraggiamento solare. Il lato Orientato a NE ha tre finestre che sono parzialmente schermate dall'edificio confinante con il corpo di fabbrica. Nel modello di calcolo della normativa, la schermatura può essere efficacemente modellata facendo riferimento agli aggetti verticali.

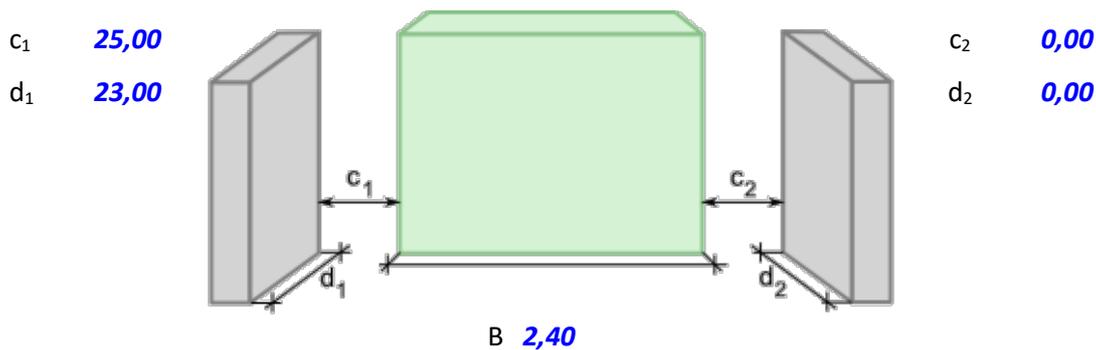
Descrizione: Ombreggiamento finestra Ufficio_2 (0mb_1)

Aggetti verticali: Caratteristiche dimensionali (m)



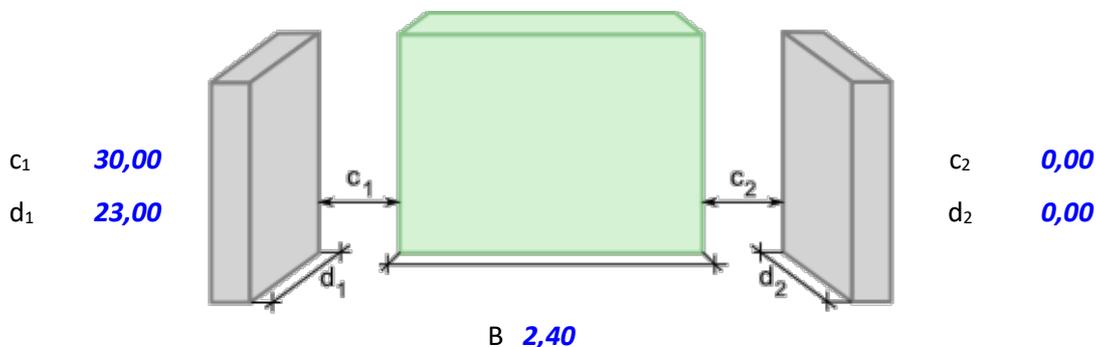
Descrizione: Ombreggiamento finestra Ufficio_1 (0mb_2)

Aggetti verticali: Caratteristiche dimensionali (m)



Descrizione: Ombreggiamento finestra orientata a NE dell'Ingresso (0mb_3)

Aggetti verticali: Caratteristiche dimensionali (m)



Fattori di ombreggiamento e irraggiamento nelle superfici finestrate:

	Omb_1	Omb_2	Omb_3	Irraggiamento NE No ombre	Irragg_1	Irragg_2	Irragg_3
Mese	NE	NE	NE	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²	MJ/m ²
Gennaio	71	74	77	2,6	1,85	1,37	1,05
Febbraio	80	82	84	3,7	2,96	2,43	2,04
Marzo	80	82	84	6,2	4,96	4,07	3,42
Aprile	84	85	87	8,7	7,31	6,21	5,40
Maggio	82	84	86	10,6	8,69	7,30	6,28
Giugno	83	85	86	12,8	10,62	9,03	7,77
Luglio	83	85	86	12,3	10,21	8,68	7,46
Agosto	84	85	87	10,7	8,99	7,64	6,65
Settembre	82	84	86	7,7	6,31	5,30	4,56
Ottobre	77	80	82	4,4	3,39	2,71	2,22
Novembre	72	75	78	2,3	1,66	1,24	0,97
Dicembre	69	73	76	2,1	1,45	1,06	0,80
Fattore extraflusso	84	86	87				

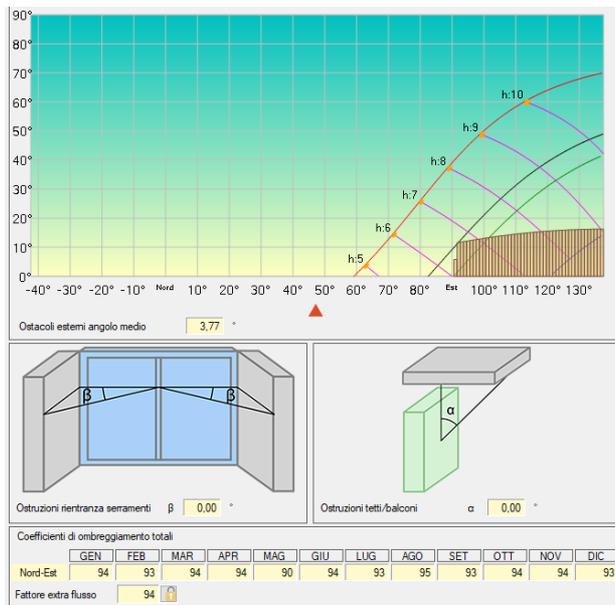
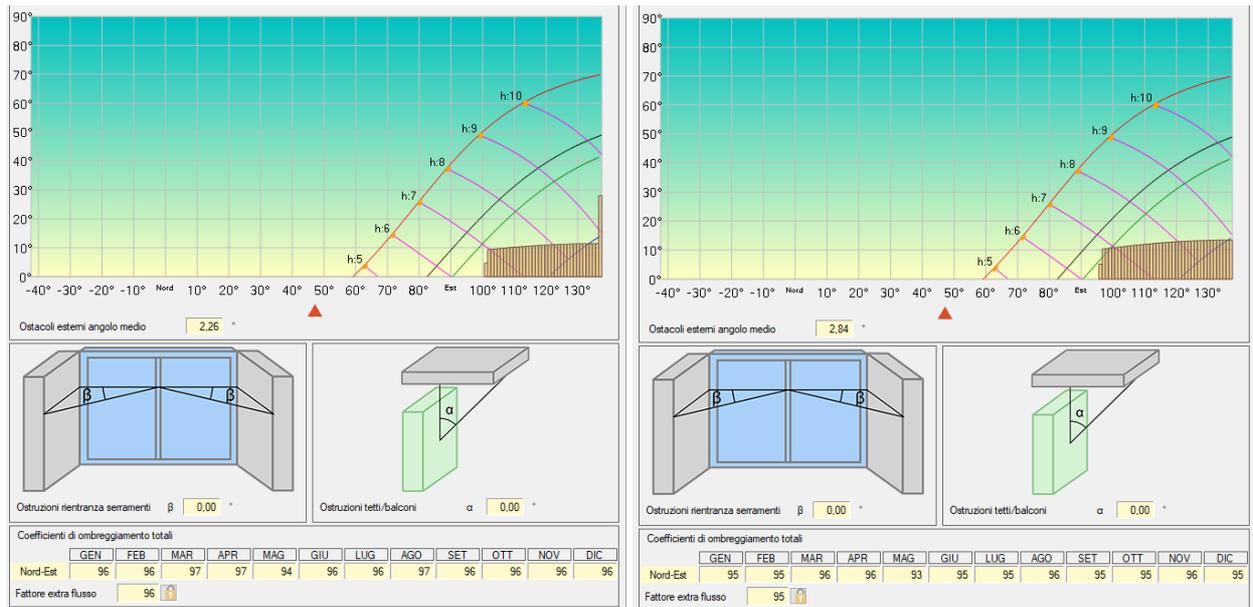


Figura 26. Maschere solari condizione omb 1- omb 2- omb 3

6.3 Risultati: Involucro

La zona termica è costituita dalle seguenti apparecchiature costruttive: due tipologie di coperture, due tipologie di pavimentazione, quattro tipi di chiusure verticali opache e due tipologie di infissi trasparenti ed una porta opaca. Per dettagli costruttivi si rimanda alla prima parte della diagnosi energetica (Parte I, paragrafo 3 - Stato attuale) e per quanto riguarda le verifiche termo-igrometriche si rimanda alla verifica dei requisiti minimi (paragrafo 6.10). Qui si riporta una sintesi delle caratteristiche termo-igrometriche e delle dispersioni degli elementi di fabbrica (tabella 34,35,36)

Tabella 34. Elementi costruttivi che delimitano le zone termiche analizzate

Codice	Descrizione	Ambiente disperdente confinante
<i>Ch_Vert_01</i>	Muratura portante originale in "trachite rossa" restaurata in esterno tramite una nuova la finitura in conci di trachite rossa (15cm spessore), nel paramento interno con la sovrapposizione di una contro parete in aderenza di mattoni forati (8cm spessore) successivamente rifiniti con intonaco a base di calce.	esterno
<i>Ch_Vert_03</i>	Muratura portante originale in "trachite rossa" con intonaci a base di calce originali restaurati	Interno non riscaldato (museo_1, Archivio)
<i>Ch_vert_06</i>	Nuova Muratura portante in blocchi di laterizio alveolato (spessore 20cm)	Interno non riscaldato (WC_5)
<i>Ch_Vert_07</i>	Nuovo Tramezzo interno in laterizio forato (8cm spessore) intonacato su due lati.	Interno non riscaldato (WC_5, WC_4, Rip_1)
<i>Pf-3</i>	Portone di ingresso opaco in legno, 2,53x2,77m spessore medio 6cm	esterno
<i>Porte interne</i>	Porte interne in legno, spessore medio 6cm	Interno non riscaldato (museo_1, Archivio)
<i>Base_01</i>	Chiusura orizzontale di base realizzata sopra la pavimentazione originale. La nuova pavimentazione è così costituita: pavimentazione industriale (cls, 10cm), Massetto alleggerito con argilla espansa (10cm spessore). La Pavimentazione originale si suppone così realizzata: massetto in cls (20cm) allettato su magrone contro terra (30cm).	Ingresso
<i>Base_02</i>	Chiusura orizzontale di base realizzata sopra la pavimentazione originale. La nuova pavimentazione è così costituita: pavimentazione ceramica realizzata sopra massetto cementizio alleggerito con argilla espansa (15cm spessore). La Pavimentazione originale si suppone così realizzata: massetto in cls (20cm) allettato su magrone contro terra (30cm).	Locali uffici (ufficio_1, Ufficio_2, Dis_1, Bagni)
<i>Cop_03</i>	Copertura originale in solaio latero cementizio, recuperata con cappotto esterno in EPS (4cm spessore), massetto delle pendenze in CLS alleggerito con EPS (10cm spessore medio).	Ingresso
<i>Cop_03_contro</i>	Copertura originale in solaio latero cementizio, recuperata con cappotto esterno in EPS (4cm spessore), massetto delle pendenze in CLS alleggerito con EPS (10cm spessore medio). I soffitti più bassi fanno pensare alla presenza di un controsoffitto realizzato con materiale latero cementizio	Locali uffici (ufficio_1, Ufficio_2, Dis_1, Bagni)

Tabella 35. Caratteristiche termo igrometriche

Muri:

Codice	Sp [mm]	Ms [kg/m ²]	Y _{IE} [W/m ² K]	Sfasamento [h]	C _T [kJ/m ² K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m ² K]
Ch_Vert_01	610,0	1212	0,068	-16,840	53,725	0,90	0,60	2,4	1,404
Ch_Vert_03	500,0	1035	0,105	-14,513	72,860	0,90	0,60	9,4	1,723
Ch_vert_06	280,0	195	0,286	-9,509	50,853	0,90	0,60	0,0	0,797
Ch_Vert_07	110,0	62	1,736	-2,972	46,013	0,90	0,60	0,0	2,027
Porta_di_ingresso	60,0	27	1,400	-1,637	18,491	0,90	0,60	2,4	1,460

Pavimenti:

Codice	Sp [mm]	Ms [kg/m ²]	Y _{IE} [W/m ² K]	Sfasamento [h]	C _T [kJ/m ² K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m ² K]	
Base_01		535,0	929	0,040	-17,629	68,100	0,90	0,60	2,4	0,381
Base_02		535,0	909	0,044	-17,397	64,010	0,90	0,60	2,4	0,292

Soffitti:

Codice	Sp [mm]	Ms [kg/m ²]	Y _{IE} [W/m ² K]	Sfasamento [h]	C _T [kJ/m ² K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m ² K]
Cop_03	390,0	356	0,085	-12,654	54,087	0,90	0,60	2,4	0,506
Cop_03_contro	1290,0	466	0,029	-16,263	53,207	0,90	0,60	2,4	0,437

Legenda simboli

- Sp Spessore struttura
- Ms Massa superficiale della struttura senza intonaci
- Y_{IE} Trasmittanza termica periodica della struttura
- Sfasamento Sfasamento dell'onda termica
- C_T Capacità termica areica
- ε Emissività
- α Fattore di assorbimento
- θ Temperatura esterna o temperatura locale adiacente
- Ue Trasmittanza di energia della struttura

Componenti finestrati:

Codice	vetro	ε	ggl,n	fc inv	fc est	H [cm]	L [cm]	Ug [W/m ² K]	Uw [W/m ² K]	θ [°C]	Agf [m ²]	Lgf [m]
f-2	Doppio	0,837	0,276	0,42	0,42	150,0	252,0	1,949	2,212	2,4	2,285	18,960
f-4	Doppio	0,837	0,276	0,42	0,42	140,0	252,0	1,949	2,222	2,4	2,081	18,360

Legenda simboli

- ε Emissività
- ggl,n Fattore di trasmittanza solare
- fc inv Fattore tendaggi (energia invernale)
- fc est Fattore tendaggi (energia estiva)
- H Altezza
- L Larghezza
- Ug Trasmittanza vetro

Uw	Trasmittanza serramento
θ	Temperatura esterna o temperatura locale adiacente
Agf	Area del vetro
Lgf	Perimetro del vetro

Tabella 36. Trasmittanze medie e limiti di legge (1 luglio 2015)

Codice struttura	U [W/m ² K]	U media* [W/m ² K]	U ammissibile [W/m ² K]
Ch_Vert_01	1,404	1,478	0,400
Ch_Vert_03	1,723	1,789	0,667
Base_01	0,381	0,421	0,420
Base_02	0,292	0,309	0,420
Cop_03	0,506	0,524	0,340
Cop_03_contro	0,437	0,472	0,340
Complessivi	U [W/m ² K]	U media* [W/m ² K]	
Muri	1,602	1,632	
Soffitto	0,475	4,86	
Pavimenti	0,311	0,348	
Finestre	1,878	1,929	

6.4 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) ma adottando le stagioni reali in luogo di quella imposta dalla normativa. La durata delle stagioni invernali ed estive è definita in base al bilancio termico tra guadagni solari e dispersioni, perciò la stagione invernale non rispetta le date imposte per lo spegnimento del riscaldamento (dal 15 novembre al 31 marzo). Si riporta nel seguito una sintesi mensile dei risultati.

FABBISOGNO ENERGIA UTILE STAGIONE INVERNALE										
Mese	Giorni	Temperatura media esterna	Perdite trasmissione	Perdite Extraflusso	Perdite Ventilazione	Perdite totali	Qguadagni solari	Guadagni Interni	Guadagni totali	Fabbisogno di energia Utile
		$\theta_{e,m}$ [°C]	Qh,tr [kWh]	Qh,r [kWh]	Qh,ve [kWh]	Qh,ht [kWh]	Qsol,w [kWh]	Qint [kWh]	Qgn [kWh]	Qh,nd [kWh]
ottobre	19	17,3	348	196	436	980	84	548	632	472
novembre	30	12,7	2359	357	1840	4557	70	865	935	3651
dicembre	31	9,8	3501	385	2657	6543	65	894	959	5600
gennaio	31	9,8	3452	384	2657	6493	81	894	975	5535
febbraio	28	10	2949	350	2353	5652	114	808	921	4750
marzo	31	11,3	2554	437	2266	5257	202	894	1096	4196
aprile	30	13,4	1527	433	1664	3624	278	865	1143	2557
maggio	10	16,9	53	130	262	445	109	288	398	163
	210	101,2	16743	2672	14135	33551	1003	6056	7059	26924

FABBISOGNO DI ENERGIA UTILE STAGIONE ESTIVA										
Mese	Giorni	Temperatura media esterna	Perdite trasmissione	Perdite Extraflusso	Perdite Ventilazione	Perdite totali	Qguadagni solari	Guadagni Interni	Guadagni totali	Fabbisogno di energia Utile
		$\theta_{e,m}$ [°C]	Qc,tr [kWh]	Qc,r [kWh]	Qc,ve [kWh]	Qc,ht [kWh]	Qsol,w [kWh]	Qint [kWh]	Qgn [kWh]	Qc,nd [kWh]
maggio	15	19,5	674	244	817	1735	164	433	597	0
giugno	30	22	286	607	1008	1901	388	865	1253	14
luglio	31	24,3	-503	622	443	562	383	894	1278	716
agosto	31	25,1	-682	630	234	183	343	894	1237	1054
settembre	15	22,5	260	278	445	983	121	433	553	2
totale	122	113,4	35	2381	2947	5364	1399	3519	4918	1786

6.5 Risultati: 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 climatici della località:

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

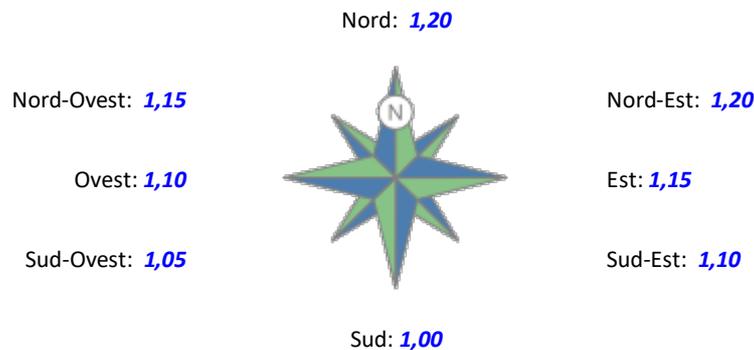
Dati geometrici dell'intero edificio:

Superficie in pianta netta	150,22	m ²
Superficie esterna lorda	639,08	m ²
Volume netto	513,61	m ³
Volume lordo	864,14	m ³
Rapporto S/V	0,74	m ⁻¹

Opzioni di calcolo:

Metodologia di calcolo	Vicini assenti	
Coefficiente di sicurezza adottato		1,00 -

Coefficienti di esposizione solare:



Descrizione	θ_i	V	Φ_{tr}	Φ_{ve}	Φ_{rh}	Φ_{hl}
	[°C]	[m ³]	[W]	[W]	[W]	[W]
Ingresso	20	314,9	5370	3121	1292	9783
Ufficio_1	20	73,9	1152	363	413	1929
Ufficio_2	20	75,7	1775	372	423	2571
Disimpegno	20	49,1	1137	2305	275	3716
	<i>somma</i>	513,6	9434	6161	2403	17999

Legenda simboli

V_{netto} Volume netto

θ_i	Temperatura interna
Φ_{tr}	Potenza dispersa per trasmissione
Φ_{ve}	Potenza dispersa per ventilazione
Φ_{rh}	Potenza dispersa per intermittenza
Φ_{hl}	Potenza totale dispersa

6.6 Risultati: 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.

Ora di massimo carico della zona: **16**

Mese: luglio

Volume netto totale climatizzato	513,61	m ³
Superficie netta totale climatizzata	150,22	m ²
Coefficiente di contemporaneità per persone	1,00	-
Coefficiente di contemporaneità per carichi elettrici	1,00	-
Numero totale di persone	26,00	-
Numero totale di persone con coefficiente contemporaneità	26,00	-
Potenza elettrica totale	2306,00	W
Potenza elettrica totale con coefficiente di contemporaneità	2306,00	W
Totale altro calore sensibile	0	W
Totale altro calore latente	0	W

Carichi termici senza riduzione per contemporaneità:

Ora	Q_{irr} [W]	Q_{Tr} [W]	Q_v [W]	Q_c [W]	$Q_{gl,sen}$ [W]	$Q_{gl,lat}$ [W]	Q_{gl} [W]
8	785	1636	6229	0	2612	6038	8650
10	390	2090	7041	5166	7465	7223	14687
12	191	2342	8289	5166	8467	7521	15988
14	173	3902	9110	5166	10992	7359	18352
16	303	4632	9110	5166	11852	7359	19212
18	319	3597	8291	0	6492	5715	12207

Carichi termici con riduzione per contemporaneità:

Ora	Q_{irr} [W]	Q_{Tr} [W]	Q_v [W]	Q_c [W]	$Q_{gl,sen}$ [W]	$Q_{gl,lat}$ [W]	Q_{gl} [W]
8	785	1636	6229	0	2612	6038	8650
10	390	2090	7041	5166	7465	7223	14687
12	191	2342	8289	5166	8467	7521	15988
14	173	3902	9110	5166	10992	7359	18352
16	303	4632	9110	5166	11852	7359	19212
18	319	3597	8291	0	6492	5715	12207

Legenda simboli

Q_{irr}	Carico dovuto all'irraggiamento
Q_{Tr}	Carico dovuto alla trasmissione

Q_v Carico dovuto alla ventilazione
 Q_c Carichi interni
 $Q_{gl,sen}$ Carico sensibile globale
 $Q_{gl,lat}$ Carico latente globale
 Q_{gl} Carico globale

Carichi termici nell'ora di massimo carico negli ambienti:

N.	Descrizione	Q_{irr} [W]	Q_{Tr} [W]	Q_v [W]	Q_c [W]	$Q_{gl,sen}$ [W]	$Q_{gl,lat}$ [W]	Q_{gl} [W]
1	Ingresso	243	2222	6926	3200	6986	5605	12591
2	Ufficio_1	30	523	813	737	1461	642	2103
3	Ufficio_2	29	1000	832	749	1956	655	2611
4	Disimpegno	0	886	540	480	1449	457	1906
Totali		303	4632	9110	5166	11852	7359	19212

Legenda simboli

Q_{irr} Carico dovuto all'irraggiamento
 Q_{Tr} Carico dovuto alla trasmissione
 Q_v Carico dovuto alla ventilazione
 Q_c Carichi interni
 $Q_{gl,sen}$ Carico sensibile globale
 $Q_{gl,lat}$ Carico latente globale
 Q_{gl} Carico globale

6.7 Risultati: Fabbisogno di Energia Primaria -Servizio climatizzazione invernale (UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4)

Modalità di funzionamento dell'impianto: Funzionamento intermittente (con spegnimento)

Giorni a settimana di funzionamento **5** giorni
 Ore giornaliere di spegnimento **19,0** ore

Descrizione	Simbolo	Valore	u.m.
Rendimento di emissione	$\eta_{H,e}$	95,0	%
Rendimento di regolazione	$\eta_{H,rg}$	97,0	%
Rendimento di distribuzione utenza	$\eta_{H,du}$	98,4	%
Rendimento di distribuzione primaria	$\eta_{H,dp}$	100,0	%
Rendimento di generazione	$\eta_{H,gn}$	162,2	%
Rendimento globale medio stagionale	$\eta_{H,g}$	253,2	%

Caratteristiche sottosistema di emissione:

Tipo di terminale di erogazione **Ventilconvettori (tmedia acqua = 45°C)**
 Potenza nominale dei corpi scaldanti **16000** W
 Fabbisogni elettrici **180** W

 Rendimento di emissione **95,0** %

Caratteristiche sottosistema di regolazione:

Tipo **Per singolo ambiente + climatica**
 Caratteristiche **P banda proporzionale 2 °C**

 Rendimento di regolazione **97,0** %

Caratteristiche sottosistema di distribuzione utenza:

Metodo di calcolo **Semplificato**
 Tipo di impianto **Autonomo, edificio singolo**
 Posizione impianto **-**
 Posizione tubazioni **Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione a collettori**
 Isolamento tubazioni **Isolamento con spessori conformi alle prescrizioni del DPR n. 412/93**
 Numero di piani **-**
 Fattore di correzione **0,77**
 Rendimento di distribuzione utenza **97,7** %
 Fabbisogni elettrici **0** W

Caratteristiche sottosistema di Generazione:

Dati generali:

Servizio	Riscaldamento
Tipo di generatore	Pompa di calore
Metodo di calcolo	secondo UNI/TS 11300-4
Marca/Serie/Modello	MTA - serie HCYGNUS mod HCG - 40
Tipo di pompa di calore	Elettrica

Temperatura di disattivazione $\theta_{H,off}$ **20,0** °C (per riscaldamento)

Sorgente fredda **Aria esterna**

Temperatura di funzionamento (cut-off)	minima	-15,0	°C
	massima	25,0	°C

Sorgente calda **Acqua di impianto**

Temperatura di funzionamento (cut-off)	minima	10,0	°C
	massima	60,0	°C

Prestazioni dichiarate: dati di targa da scheda tecnica

Coefficiente di prestazione	COPE	3,8
Potenza utile	P_u	47,50 kW
Potenza elettrica assorbita	P_{ass}	12,50 kW
Temperatura della sorgente fredda	θ_f	10 °C
Temperatura della sorgente calda	θ_c	45 °C

t.aria	0			7			10			12		
t.acqua	Pot_disp	Pot_ass	COP									
35	37,3	10,08	3,7	44,5	9,89	4,50	50	10,42	4,80	54	10,59	5,10
40	37,1	11,04	3,36	44	11,00	4,00	49,5	11,51	4,30	51,5	11,44	4,50
45	36,9	12,72	2,9	42	12,50	3,36	47,5	12,50	3,80	49,5	12,50	3,96

Le prestazioni alle diverse temperature sono state desunte comparando i dati di targa con quelli forniti per un modello più recente della stessa marca di simile tecnologia e potenza.

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 **2290** 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 CO₂ **0,4600** kg_{CO2}/kWh

Costo al kW euro **0,255**

Risultati mensili sintetici

		energia Utile	energia Netta	energia fornita dal generatore	energia fornita al generatore	energia Emissione	Energia Primaria non rinnovabile	energia elettrica	CO2 Emessa	costo operativo
	gg	QH,sys,nd [kWh]	Q'H [kWh]	QH,gn,out [kWh]	QH,gn,in [kWh]	QH,e,aux [kWh]	QpH [kWh]	QauxH [kWh]	CO2H [kgCO2]	euro
gen	31	5535	3511	3865	1140	56	2332	1196	550	304,98
feb	28	4750	2864	3159	945	50	1942	996	458	253,98
mar	31	4196	2066	2278	735	56	1541	790	364	201,45
apr	30	2557	593	654	327	54	743	381	175	97,155
mag	10	163	24	27	42	18	117	60	28	15,3
giu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lugl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
set	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ott	19	472	70	77	88	34	239	122	56	31,11
nov	30	3651	1827	2015	638	54	1349	692	318	176,46
dic	31	5600	3601	3972	1159	56	2369	1215	559	309,825
Tot	210	26924	14556	16047	5074	378	10632	5452	2508	1390,26

	Rendimento Emissione	Rendimento Regolazione	Rendimento distrib. Circuiti	Rendimento distrib. Primaria	rendimento generazione	Rendimento stagionale	Energia Primaria	Efficienza stagionale
Mese	$\eta_{H,e}$	$\eta_{H,rg}$	$\eta_{H,du}$	$\eta_{H,dp}$	$\eta_{H,gn}$	$\eta_{H,g}$	QpH	136.9
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kWh]	
gennaio	95	97	98	100	174,2	237,4	2332	
febbraio	95	97	98	100	171,4	244,6	1942	
marzo	95	97	98	100	159	272,2	1541	
aprile	95	97	98	100	102,5	344,1	743	
maggio	95	97	98	100	32,5	138,7	117	
giugno	0	0	0	0	0	0	0	
luglio	0	0	0	0	0	0	0	
agosto	0	0	0	0	0	0	0	
settembre	0	0	0	0	0	0	0	
ottobre	95	97	98	100	45,1	197,9	239	
novembre	95	97	98	100	162,1	270,7	1349	
dicembre	95	97	98	100	175,7	236,4	2369	

6.8 Risultati: Fabbisogno di Energia Primaria - Servizio climatizzazione estiva (UNI/TS 11300-3)

Descrizione	Simbolo	Valore	u.m.
Rendimento di emissione	$\eta_{C,e}$	98,0	%
Rendimento di regolazione	$\eta_{C,rg}$	94,0	%
Rendimento di distribuzione	$\eta_{C,d}$	97,5	%
Rendimento di generazione	$\eta_{C,gn}$	53,2	%
Rendimento globale medio stagionale	$\eta_{C,g}$	31,7	%

Caratteristiche sottosistema di emissione:

Tipo di terminale di erogazione **Ventilconvettori idronici**

Fabbisogni elettrici **300 W**

Caratteristiche sottosistema di regolazione:

Tipo **Controllo singolo ambiente**

Caratteristiche **Regolazione ON-OFF**

Caratteristiche sottosistema di distribuzione (acqua refrigerata):

Metodo di calcolo **Semplificato**

Numero di piani **1**

Tipo di rete **Rete ad anello nel pian terreno e montanti verticali**

Fabbisogni elettrici **0** W

Rendimento di Generazione:

Servizio **Raffrescamento**
 Tipo di generatore **Pompa di calore**
 Metodo di calcolo **secondo UNI/TS 11300-3**
 Marca/Serie/Modello **MTA - aiserie HCYGNUS mod CG/HGG0 40**
 Tipo di pompa di calore **Elettrica**
 Potenza frigorifera nominale $\Phi_{gn,nom}$ **37,50** 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*:

Fattori di carico Fk [-]	100 %	75 %	50 %	25 %	20 %	15 %	10 %	5 %	2 %	1 %
Prestazione EER (*)	3,00	3,40	4,00	3,60	3,42	3,38	3,13	2,56	1,66	1,04

*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.

Legenda simboli

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

Dati unità esterna:

Percentuale portata d'aria dei canali **100,0** % (valore rispetto alla portata nominale)
 Assenza di setti insonorizzati
 Lunghezza tubazione di mandata **10,00** m

Dati unità interna:

Salto termico all'evaporatore **5,0** °C
 Fattore di sporcamento **0,04403** m²K/kW
 Percentuale di glicole **20,0** %

Fabbisogni elettrici:

Potenza elettrica degli ausiliari **2290** W

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 CO₂ **0,4600** kg_{CO2}/kWh

		Energia utile	Energia netta intermittenza	Fabisogno Effettivo	Energia trattamento aria	Energia in uscita dal sistema	Energia in entrata al generatore	Emissione	Energia Primaria non rinnovabile	energia elettrica	costo operativo
Mese	gg	Qc,nd	Q'c	Qcr	Qv	QC,gn,out	QC,gn,in	QC,e,aux	QpC	QauxC	euro
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
gen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
feb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
apr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
mag	15	0	0	0	0	0	0	108	211	108	27,54
giu	30	14	13	14	0	14	26	216	472	242	61,71
lug	31	716	645	718	0	718	762	223	1921	985	251,175
ago	31	1054	949	1056	0	1056	935	223	2258	1158	295,29
set	15	2	2	2	0	2	4	108	218	112	28,56
ott	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
nov	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
dic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
totale	122	1786	1609	1790	0	1790	1727	878	5080	2605	664,275

		Fattore di carico	Rendimento emissione	rendimento Regolazione	Rendimento Distribuzione	Rendimento generazione	Rendimento globale medio	Energia Primaria	Efficienza stagionale
Mese	giorni	Fk	$\eta_{C,e}$	$\eta_{C,rg}$	$\eta_{C,d}$	$\eta_{C,gn}$	$\eta_{C,g}$	QpC	%
			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kWh]	58
gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-	
febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-	
marzo	-	-	-	-	-	-	-	-	
aprile	-	-	-	-	-	-	-	-	
maggio	15	0	98	94	97,5	27,6	0	211	
giugno	30	0	98	94	97,5	27,6	2,7	472	
luglio	31	0,06	98	94	97,5	48,3	33,6	1921	
agosto	31	0,09	98	94	97,5	57,9	42	2258	
settembre	15	0	98	94	97,5	27,6	0,9	218	
ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-	
novembre	-	-	-	-	-	-	-	-	
dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-	

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

Rendimenti stagionali dell'impianto:

Descrizione	Simbolo	Valore	u.m.
Rendimento di erogazione	$\eta_{W,er}$	100,0	%
Rendimento di distribuzione utenza	$\eta_{W,du}$	95,0	%
Rendimento di generazione	$\eta_{W,gn}$	38,5	%
Rendimento globale medio stagionale	$\eta_{W,g}$	36,5	%

Fabbisogno giornaliero di acqua sanitaria [l/g]:

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Categoria DPR 412/93

E.4 (2)

Temperatura di erogazione 40,0 °C

Temperatura di alimentazione [°C]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4

Fabbisogno giornaliero per posto 5,0 l/g posto

Numero di posti 4

Fattore di occupazione [%]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Caratteristiche sottosistema di erogazione:

Rendimento di erogazione **100,0** %

Caratteristiche sottosistema di distribuzione utenza:

Metodo di calcolo **Semplificato**

Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76, rete corrente parzialmente in ambiente climatizzato

Caratteristiche del generatore:

Funzionamento: Continuato **24** ore giornaliere

Dati generali:

Servizio **Acqua calda sanitaria**

Tipo di generatore **Bollitore elettrico ad accumulo**

Metodo di calcolo **-**

Tipologia **Bollitore elettrico ad accumulo**

Potenza utile nominale $\Phi_{gn,Pn}$ **1,20** kW

Rendimento di generazione stagionale η_{gn} **75,00** %

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 CO₂ **0,4600** kg_{CO2}/kWh

Risultati mensili servizio acqua calda sanitaria

Dettagli generatore: 1 - Bollitore elettrico ad accumulo

Mese	gg	$Q_{W,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,gn,in}$ [kWh]	$\eta_{W,gn}$ [%]	Combustibile [kWh]
gennaio	31	18	24	38,5	0
febbraio	28	16	22	38,5	0
marzo	31	18	24	38,5	0
aprile	30	17	23	38,5	0
maggio	31	18	24	38,5	0
giugno	30	17	23	38,5	0
luglio	31	18	24	38,5	0

agosto	31	18	24	38,5	0
settembre	30	17	23	38,5	0
ottobre	31	18	24	38,5	0
novembre	30	17	23	38,5	0
dicembre	31	18	24	38,5	0

Mese	gg	FC [-]	$Q_{W,gn,in}$ [kWh]	$Q_{W,aux}$ [kWh]	$Q_{W,p,nren}$ [kWh]
gennaio	31	0,020	24	24	46
febbraio	28	0,020	22	22	42
marzo	31	0,020	24	24	46
aprile	30	0,020	23	23	45
maggio	31	0,020	24	24	46
giugno	30	0,020	23	23	45
luglio	31	0,020	24	24	46
agosto	31	0,020	24	24	46
settembre	30	0,020	23	23	45
ottobre	31	0,020	24	24	46
novembre	30	0,020	23	23	45
dicembre	31	0,020	24	24	46
TOTALI	365		281	281	547

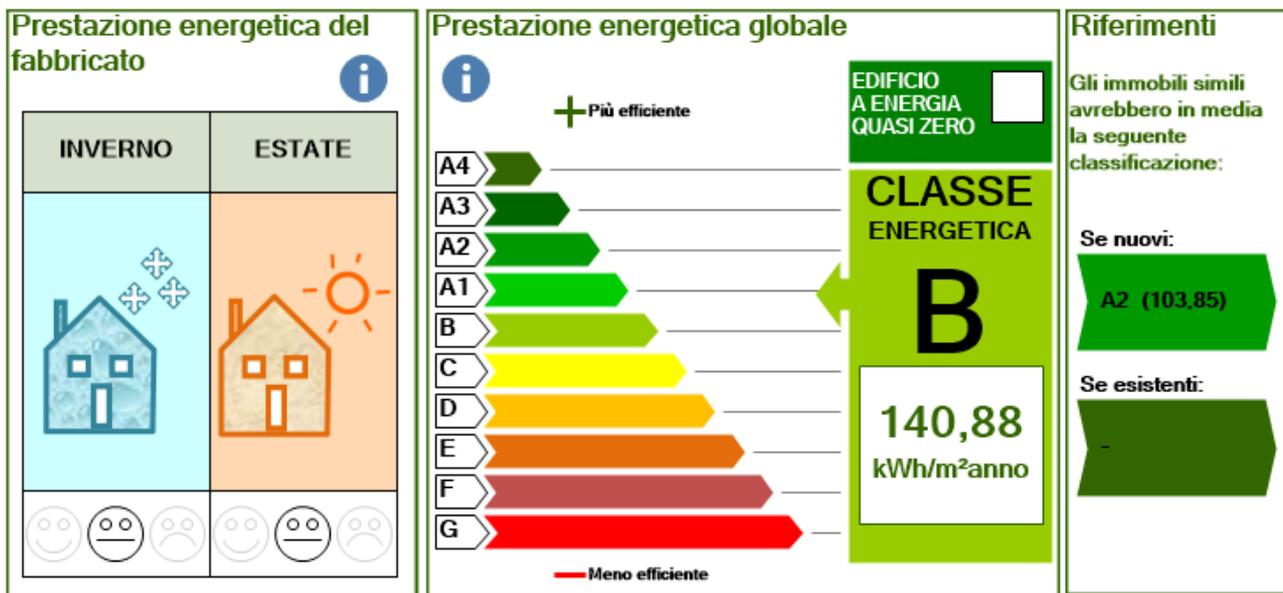
Legenda simboli

gg	Giorni compresi nel periodo di calcolo per acqua sanitaria
$Q_{W,gn,out}$	Energia termica fornita dal generatore per acqua sanitaria
$Q_{W,gn,in}$	Energia termica in ingresso al generatore per acqua sanitaria
$\eta_{W,gn}$	Rendimento mensile del generatore
Combustibile	Consumo mensile di combustibile
FC	Fattore di carico
$Q_{W,gn,in}$	Energia termica totale in ingresso al sottosistema di generazione per acqua sanitaria
$Q_{W,aux}$	Fabbisogno elettrico totale per acqua sanitaria
$Q_{W,p,nren}$	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per acqua sanitaria

6.10 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.

Questi calcoli sono effettuati col software certificato CTI "EdiClima EC 700", sulla base dei dati di input forniti per la modellazione energetica.



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

Elenco verifiche:

Tipo verifica	Esito	Valore ammissibile		Valore calcolato	u.m.
Verifica termoigrometrica	Negativa				
Verifica sulla temperatura critica interna del ponte termico	Negativa				
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile	Positiva	0,040	≥	0,010	-
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (H't)	Negativa	0,55	≥	0,77	W/m²K
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	Negativa	125,11	>	179,23	kWh/m²
Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento	Positiva	11,91	>	11,89	kWh/m²
Indice di prestazione energetica globale	Negativa	181,33	>	247,88	kWh/m²
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento	Negativa				

Dettagli – Verifica termoigrometrica :

Cod.	Tipo	Descrizione	Condensa superficiale	Condensa interstiziale
M1	T	Ch_Vert_01	Positiva	Positiva
M2	U	Ch_Vert_03	Positiva	Positiva
M6	T	Pf-3	Positiva	Positiva
P1	G	Base_01	Negativa	Positiva
P2	G	Base_02	Negativa	Positiva
S1	T	Cop_03	Positiva	Positiva
S2	T	Cop_03_contro	Positiva	Positiva

Dettagli – Indice di prestazione energetica globale :

Riferimento: D.M. 26.06.15, allegato 1, paragrafo 3.3, punto 2 - lettera b

Servizio	EP ed. riferimento [kWh/m ²]	EP [kWh/m ²]
Riscaldamento	123,41	160,88
Acqua calda sanitaria	4,60	4,52
Raffrescamento	12,81	41,97
Ventilazione	0,00	0,00
Illuminazione	40,51	40,51
Trasporto	0,00	0,00
TOTALE	181,33	247,88

Dettagli – Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento :

Nr.	Servizi	Verifica	$\eta_{g amm}$ [%]		η_g [%]
1	Riscaldamento	Positiva	55,0	≤	60,2
2	Acqua calda sanitaria	Positiva	28,9	≤	29,4
3	Raffrescamento	Negativa	83,7	≤	25,5

6.11 Discussione dei Risultati della modellazione

In questa parte si riporta una sintesi dei 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 e potenze; Fabbisogno di energia primaria e rendimenti;

Involucro

L'involucro della zona termica è costituito prevalentemente dagli elementi di fabbrica originali recuperati nella recente ristrutturazione dell'edificio (tabella 37). Le chiusure orizzontali di base e di copertura sono state recuperate con l'inserimento di materiale avente buone capacità di resistenza termica (Calcestruzzi alleggeriti con argilla espansa e pannelli EPS nelle coperture) che le hanno portato a valori di trasmittanza prossimi ai limiti di legge. Le finestre sono state sostituite con nuovi infissi lignei con vetrocamera (doppio vetro 6/12/6) che permette il raggiungimento di una buona performance termica degli infissi trasparenti. L'elemento dell'involucro che si discosta maggiormente dai limiti di legge sono le chiusure verticali opache, che hanno valori di U tre volte superiori ai limiti di legge. Tuttavia nel suo complesso l'involucro presenta buoni valori trasmittanza termica per essere un edificio storico, non troppo distanti dai i limiti di legge per i nuovi edifici (maggiori del 40%), ossia il Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione ($H't$) è 0,77 W/m²K in luogo del 0,55 W/m²K dell'edificio di riferimento.

Tabella 37. Caratteristiche termo igrometriche

Codice struttura	U [W/m ² K]	U media* [W/m ² K]	U ammissibile [W/m ² K]
Ch_Vert_01	1,404	1,478	0,400
Ch_Vert_03	1,723	1,789	0,667
Base_01	0,381	0,421	0,420
Base_02	0,292	0,309	0,420
Cop_03	0,506	0,524	0,340
Cop_03_contro	0,437	0,472	0,340
Pf-3	1,460	1,800	2,400
f-2	2,212		2,400
f-4	2,222		2,400

La verifica termoigrometrica evidenzia la possibile presenza di condensa interstiziale nelle chiusure di base, la temperatura critica nei ponti termici spesso non è verificata. Le piccole finestre e l'orientamento a nord garantiscono il rispetto dell'area solare equivalente. La pietra originaria risulta avere buone performance rispetto ad altri materiali lapidei tradizionali grazie alla sua naturale porosità ed inoltre garantisce una buona inerzia termiche dell'involucro utile nella stagione estiva.

L'unico elemento di fabbrica che può essere di interesse per migliorare l'efficienza dell'involucro sono perciò le chiusure verticali verso l'esterno (Ch_Vert_01), responsabili della maggior parte delle dispersioni termiche e con valori di trasmittanza lontani dagli standard attuali.

Fabbisogno di energia utile e potenze

L'analisi del fabbisogno di energia utile mostra una zona termica fortemente sbilanciata sui carichi invernali in quanto le finestre piccole ed orientate a nord non garantiscono alti apporti termici solari durante la stagione invernale. Infatti la stagione invernale calcolata è molto lunga, supera quella definita dalla normativa per la Zona climatica C di riferimento (15 novembre- 30 marzo) fino a raggiungere maggio ed ottobre, in sostanziale accordo con le misure di microclima effettuate e con i risultati dei questionari degli utilizzatori abituali degli spazi.

La stagione estiva, calcolata secondo la normativa UNI 11300, sembra essere molto mite e breve, tuttavia tale aspetto non trova riscontro con le condizioni registrate tramite le misurazioni e le interviste degli utenti abituali degli spazi che invece sembrano più coerenti con i risultati del calcolo effettuato secondo Carrier – Pizzetti.

Le potenze di progetto invernali ed estive relative alla zona termica ammontano a circa 18kWh per l'impianto di riscaldamento e 19kWh per quello di raffrescamento e sembrano essere congruenti con quelle dell'impianto di climatizzazione esistente per la zona termica utilizzata per la diagnosi, considerata come parte della zona più ampia afferente alla zona climatica di progetto. Sembra perciò necessario prevedere impianti che possano garantire le potenze termiche invernali ed anche estive attualmente erogabili dagli impianti presenti.

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 ingresso all'edificio e di accesso all'area espositiva.

Fabbisogno di energia primaria e rendimenti

La prestazione globale dell'edificio si assesta nella classe B subito inferiore ai limiti di legge per la nuova costruzione con un fabbisogno di energia primaria non rinnovabile di 140,88kWh/mq anno in luogo dei circa 103,43 kWh/mq anno dell'edificio di riferimento. I fabbisogni di energie primaria per riscaldamento e per ACS superano di poco i limiti di legge, mentre una performance piuttosto negativa è da rilevare per il servizio di raffrescamento.

La causa del basso rendimento stagionale della pompa di calore è principalmente da imputare al funzionamento a carico parziale particolarmente penalizzante soprattutto per la stagione estiva. Tale valore, tuttavia, è da considerare come indicativo in quanto non erano disponibili i dati di scheda tecnica per i funzionamenti a carico parziale, ed inoltre i valori di efficienza sono calcolati sui fabbisogni di potenza estiva fortemente sottostimati rispetto alla situazione reale. Considerando che attualmente l'impianto necessita di un intervento di manutenzione per ritornare in esercizio e che esso era stato dimensionato per una zona termica molto più ampia, la riduzione della potenza nominale dell'impianto può essere presa in considerazione come intervento migliorativo.

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 verrà 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 ed 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 38. Criteri e classi per la valutazione degli impatti delle ipotesi progettuali

	Criteri	Cr_1 - Cr_2	Cr_3	Cr_4	
punti	giudizio	<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
punti	giudizio	<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 nostro caso, il profilo dei consumi attuali non lascia molto spazio alle azioni di retrofit energetico sui servizi di climatizzazione ed ACS. L'uso fortemente intermittente degli ambienti e l'utilizzo di sistemi di riscaldamento integrativi (stufette elettriche) in luogo dell'impianto di climatizzazione (attualmente non operativo) generano consumi piuttosto bassi rispetto all'uso standard degli ambienti.

Le stufe elettriche sono un sistema inefficiente rispetto ad una pompa di calore, esse sono utilizzate per mitigare localmente le condizioni climatiche e naturalmente non riescono a garantire le condizioni di comfort interno invernale. Tuttavia i consumi generati dalle stufette sono inferiori (circa la metà) di quelli di un impianto utilizzato per climatizzare tutta la zona termica. Perciò, nel nostro caso, le ipotesi di intervento non saranno valutate rispetto ai consumi reali per la climatizzazione in quanto non rappresentativi di una

condizione di uso degli ambienti accettabile come soluzione di non progetto, ma rispetto alle prestazioni ed ai fabbisogni calcolati considerando funzionante l'impianto esistente. Cioè l'ipotesi zero o di non progetto prevede per lo meno la riparazione dell'impianto di climatizzazione esistente. Tale ipotesi di base rende i risultati della diagnosi prettamente indicativi in quanto non confrontabili con una condizione attuale di utilizzo. Lo stato attuale dei consumi è perciò determinato combinando i dati di consumi elettrico registrati per illuminazione con quelli calcolati dal modello energetico per i servizi di climatizzazione e ACS nell'ipotesi di non progetto, ossia considerando funzionante l'impianto esistente in luogo delle stufette elettriche attualmente utilizzate (tabella 38).

Tabella 39. Sintesi dello Scenario di non progetto su base annua

Servizio	Consumo annuo	Costo Operativo Annuo [euro]**
Riscaldamento zona termica della diagnosi +	5452	1390,26
Raffrescamento zona termica della diagnosi +	2605	664,275
ACS, zona termica diagnosi +	282	71,91
Illuminazione ed altri apparecchi*	14037	3579,47
Riscaldamento stato attuale (stufette Ufficio_1, Ingresso) *	3000	750
totale	22376	5705,92
+ consumi calcolati col modello energetico		
* consumo stimato da misure reali a campione		
** costo del kWh elettrico adottato = 0,255 euro		

Tabella 40. Scenario di non progetto su base mensile: climatizzazione

Mese	gg	Fabbisogno Riscaldamento			Fabbisogno Raffrescamento		
		kWh mensili	euro mese	kWh giorno medio	kWh mensili	Euro mese	kWh giorno medio
gennaio	31	1196	304,98	38,58	0	0	0,00
febbraio	28	996	253,98	35,57	0	0	0,00
marzo	31	790	201,45	25,48	0	0	0,00
aprile	30	381	97,155	12,70	0	0	0,00
maggio	31	60	15,3	1,94	108	27,54	0,89
giugno	30	0	0	0,00	242	61,71	2,06
luglio	31	0	0	0,00	985	251,175	8,10
agosto	31	0	0	0,00	1158	295,29	9,53
settembre	30	0	0	0,00	112	28,56	0,95
ottobre	31	122	31,11	3,94	0	0	0,00
novembre	30	692	176,46	23,07	0	0	0,00
dicembre	31	1215	309,825	39,19	0	0	0,00
Anno		5452	1390,26		2605	664,275	

Tabella 41. Scenario di non progetto su base mensile: ACS e carichi elettrici

Mese	gg	Fabbisogno ACS			Fabbisogno illuminazione ed altri apparecchi		
		kWh mensili	euro	kWh giorno medio	kWh mensili	Euro mese	kWh giorno medio
gennaio	31	24	6,12	0,77	812,64	207,22	36,7
febbraio	28	22	5,61	0,79	734,00	187,17	36,7
marzo	31	24	6,12	0,77	812,64	207,22	36,7
aprile	30	23	5,865	0,77	1082,14	275,95	50,5
maggio	31	24	6,12	0,77	1222,29	311,68	55,2
giugno	30	23	5,865	0,77	1283,57	327,31	59,9
luglio	31	24	6,12	0,77	1326,36	338,22	59,9
agosto	31	24	6,12	0,77	1326,36	338,22	59,9
settembre	30	23	5,865	0,77	1283,57	327,31	59,9
ottobre	31	24	6,12	0,77	1118,21	285,14	50,5
novembre	30	23	5,865	0,77	934,29	238,24	43,6
dicembre	31	24	6,12	0,77	812,64	207,22	36,7
Anno		282	71,91		12748,71	3250,92	

Tabella 42. Fabbisogno elettrico stimato: giornaliero e mensile

Mese	gg	Fabbisogno medio totale giornaliero	Fabbisogno totale mensile [kWh]	Spesa totale mensile [euro]
		[kWh]		
gennaio	31	76,05	2032,64	518,32
febbraio	28	73,06	1752,00	446,76
marzo	31	62,96	1626,64	414,79
aprile	30	63,97	1486,14	378,97
maggio	31	58,80	1658,74	422,98
giugno	30	62,72	1805,29	460,35
luglio	31	68,78	2600,63	663,16
agosto	31	70,20	2773,63	707,28
settembre	30	61,62	1675,29	427,20
ottobre	31	55,21	1264,21	322,37
novembre	30	67,43	1649,29	420,57
dicembre	31	76,67	2051,64	523,17
Anno			22376,14	5705,92

i

7.2 Definizione delle Ipotesi di intervento

Le ipotesi di intervento presentate nella parte preliminare della diagnosi sono riferite a tutto l'edificio e non solo alla zona termica considerata per la diagnosi, inoltre rispondevano a obiettivi progettuali diversi dal solo efficientamento come la valorizzazione degli ambienti ed il miglioramento del comfort interno dell'edificio che potrebbero non avere un retrofit energetico diretto perché non producono una diminuzione significativa dei fabbisogni né tantomeno dei consumi.

Seguono gli interventi ipotizzati nella prima fase della diagnosi, verranno valutati con l'ausilio del modello energetico solo gli interventi per i quali si attende una diminuzione dei fabbisogni della zona termica considerata.

Tabella 43. Scenario singoli di intervento

N°	Codice	Descrizione	Impatto atteso sul fabbisogno della zona termica	Costo stimato [euro]
1	Az_inv_01	Cappotto termico interno zona uffici, realizzato in Pannelli di calcestruzzo aereoalvato	diminuzione	11000
2	Az_inv_02	Schermatura solare sala alberi bianchi	nessuno	30000
3	Az_inv_03	Modifica vetrata sala alberi bianchi	nessuno	5000
4	Az_inv_04	Intervento sui lucernai	nessuno	
5	Az_inv_05	Modifica delle porte di accesso all'ambiente "Ingresso"	diminuzione	5000
5	Az_clima_01	Riparazione del sistema esistente	----	----
6	Az_clima_02	Sostituzione del generatore con uno di minore potenza	Diminuzione	8000
7	Az_Clima_03	Installazione di un Sistema di climatizzazione HP multi split per gli uffici	Diminuzione	5000
8	Az_clima_04	Stufe irraggiamento nei bagni	Aumento	320
9	Az_ACS_01	Scaldabagni a pompa di calore	Diminuzione	3600
10	Az_ACS_02	Scaldabagno istantaneo a GAS	Diminuzione	1600
11	Az_ACS_03	Sistema di ottimizzazione dei boiler elettrici	Diminuzione	300
12	Az_Vent_01	Ventola per areazione del ripostiglio	nessuno	150
13	Az_Fer_01	Impianto fotovoltaico 3kWp, su pergola lignea o metallica	Diminuzione	15000

Az inv 01: Cappotto Termico interno

N.	Descrizione intervento	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	11053,80
TOTALE		11053,80

N.	Cod. struttura	STATO DI FATTO		INTERVENTO MIGLIORATIVO				
		S _{cal} [m ²]	U _{sdf} [W/m ² K]	Tipo isolante	λ [W/mK]	s [mm]	U _{im} [W/m ² K]	Costo [€/m ²]
1	M1	122,82	1,404	Pannelli di calcestruzzo aeroclavato	0,042	100	0,322	90,00

Legenda simboli

S _{cal}	Superficie di calcolo interessata dall'intervento
U _{sdf}	Trasmittanza iniziale della struttura senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
λ	Conducibilità termica del materiale isolante utilizzato nell'intervento migliorativo
s	Spessore dell'isolante utilizzato nell'intervento migliorativo
U _{im}	Trasmittanza finale della struttura a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato
U _{g,sdf}	Trasmittanza iniziale solo vetro senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
U _{w,sdf}	Trasmittanza iniziale serramento senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
U _{g,im}	Trasmittanza finale solo vetro a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato
U _{w,im}	Trasmittanza finale serramento a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato

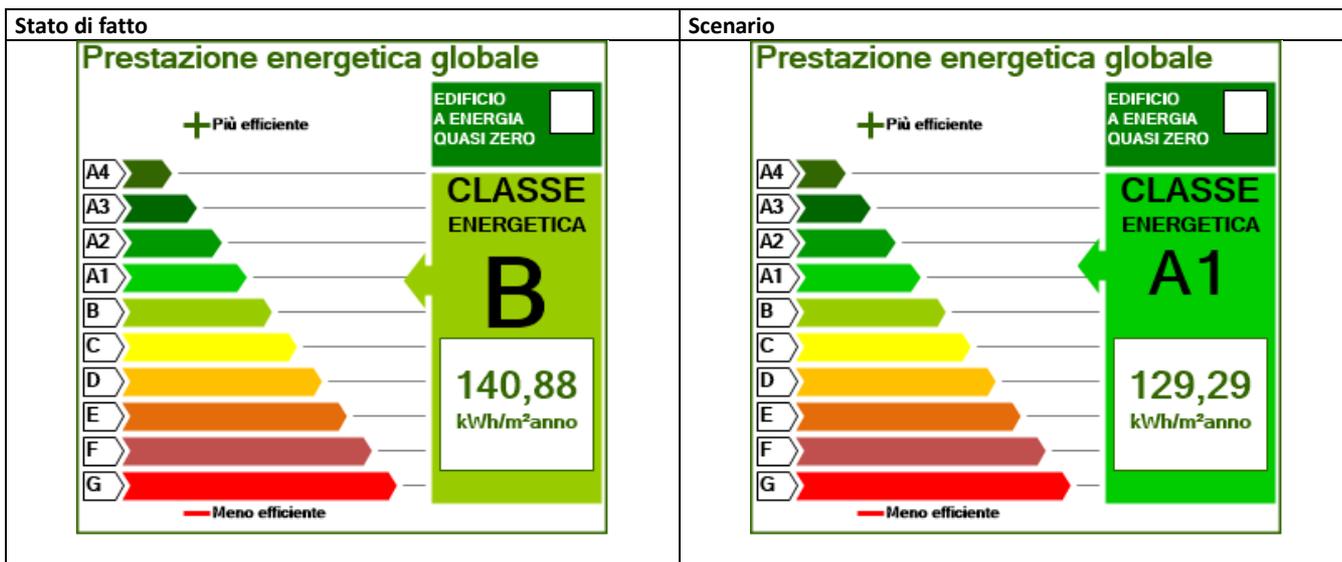
Prestazioni energetiche stagionali:

Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Prestazione energetica per il riscaldamento	EPh,nren	kWh/m ² anno	70,77	57,80	12,97	18,3
Prestazione energetica per produzione acs	EPw,nren	kWh/m ² anno	3,64	3,64	0,00	0,0
Prestazione energetica per il raffrescamento	EPC,nren	kWh/m ² anno	33,82	35,20	-1,38	-4,1
Prestazione energetica per la ventilazione	EPv,nren	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0,00	0,0
Prestazione energetica per l'illuminazione	EPI,nren	kWh/m ² anno	32,64	32,64	0,00	0,0
Prestazione energetica per il trasporto	EPT,nren	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0,00	0,0
Prestazione energetica globale	EPgl,nren	kWh/m ² anno	140,88	129,29	11,59	8,2

Analisi economica:

Descrizione		Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Spesa annua per riscaldamento	[€]	1363,02	1113,19	249,82	18,3
Spesa annua per acqua calda sanitaria	[€]	70,14	70,14	0,00	0,0
Spesa annua per raffrescamento	[€]	651,32	677,90	-26,58	-4,1
Spesa annua per ventilazione	[€]	0,00	0,00	0,00	0,0
Spesa annua per illuminazione	[€]	628,67	628,67	0,00	0,0
Spesa annua per trasporto	[€]	0,00	0,00	0,00	0,0
Spesa annua globale	[€]	2713,15	2489,90	223,24	8,2

Confronto classe energetica (tailored rating)



Tempo di ritorno: 49,5 anni

Consiglio

L'intervento garantisce un miglioramento del fabbisogno invernale di circa il 20% ed un lieve peggioramento di quello estiva (circa 2% del fabbisogno), tuttavia l'elevato costo iniziale unitamente ad un alto tempo di ritorno rendono l'intervento non consigliabile. Anche considerando gli incentivi nazionali il TR rimane maggiore di 20 anni, l'intervento potrebbe avere un significato solo in caso si manifestassero situazioni di degrado della muratura che giustificassero un importante intervento di ripristino, ma allo stato attuale non è consigliabile.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
	X			

Az INV 02: Schermatura solare sala alberi bianchi

Az Inv 03: Modifica vetrata sala alberi bianchi

N.	descrizione	Costo
	Schermatura solare esterna della "Sala degli alberi bianchi"	30000
	Modifica vetrata della "Sala degli alberi bianchi"	5000

Tempo di ritorno: nessuno

Consiglio

L'intervento non produce un miglioramento del fabbisogno nella zona termica, prettamente finalizzato a recuperare e valorizzare la sala degli alberi bianchi che attualmente è caratterizzata da condizioni climatiche estive non sostenibili. Per valutare economicamente questo intervento è necessario caratterizzare meglio l'uso dell'ambiente, attualmente esso è utilizzato come area espositiva per un'opera d'arte moderna (gli alberi bianchi) e disimpegno per accedere a dei servizi igienici. L'uso attuale non giustifica l'accensione dell'impianto di climatizzazione che per altro attualmente non è operativo. L'intervento perciò può essere giustificato nell'ambito di una generale valorizzazione dell'immobile solo e se l'ambiente viene destinato ad usi a carattere continuativo.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		X		

Az Inv 04: Intervento sui lucernai

N.	descrizione	Costo
	Realizzazione della chiusura inferiore del lucernaio, tramite pannelli sandwich lignei/metallici con isolamento interno da 5cm, rimuovibili per la stagione. Installazione di schermature solari interne con motore. Fornitura e posa in opera di un cappotto termico interno nella copertura del lucernaio realizzato con un pannello.	2x 5000

Tempo di ritorno: nessuno

Consiglio

L'intervento non produce un miglioramento del fabbisogno nella zona termica, esso è prettamente finalizzato alla valorizzazione ed al miglioramento del microclima degli ambienti dove sono presenti i lucernai (Sala mostre, Aula didattica 1). Per valutare economicamente questo intervento è necessario caratterizzare meglio l'uso degli ambienti: attualmente essi sono utilizzati in maniera saltuaria per eventi specifici, perciò l'effetto sui consumi energetici è molto limitato. Allo stato attuale inoltre l'impianto di climatizzazione al servizio della sala espositiva non è operativo. L'intervento perciò può essere giustificato nell'ambito di una generale valorizzazione dell'immobile, solo in caso si prevedano usi più continuativi degli ambienti.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		X		

Az Inv 05: Modifica delle porte di accesso all'ambiente "Ingresso"

Per simulare l'effetto di questo intervento si sono diminuiti gli scambi d'aria per ventilazione nell'ingresso durante la stagione invernale, considerandoli immutati in quella estiva dove si suppone gli utenti ottimizzano la gestione delle aperture.

N.	Descrizione intervento	Costo intervento [€]
5	Fornitura e posa in opera di bussola per l'ingresso del museo Fornitura e posa in opera di porta automatizzata per l'accesso alla zona espositiva	7000,00
TOTALE		7000,00

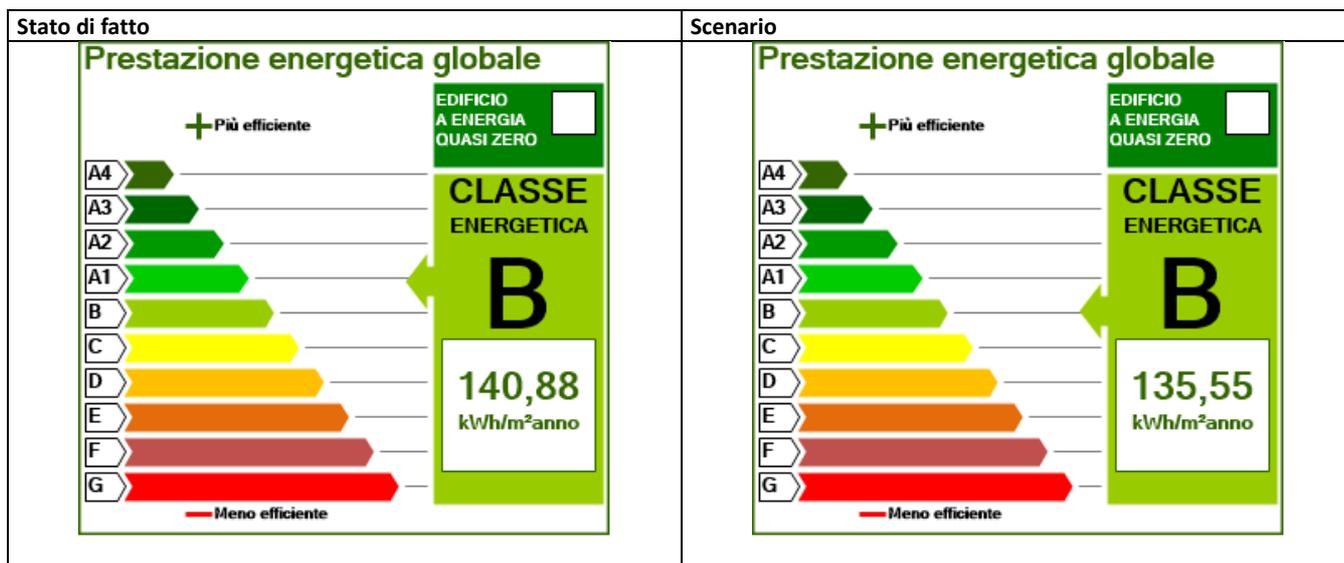
Prestazioni energetiche stagionali:

Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Prestazione energetica per il riscaldamento	EP _{h,nren}	kWh/m ² anno	70,77	60,53	-10,24	-14,47
Prestazione energetica per produzione acs	EP _{w,nren}	kWh/m ² anno	3,64	3,64	0	0,00
Prestazione energetica per il raffrescamento	EP _{c,nren}	kWh/m ² anno	33,82	33,82	0	0,00
Prestazione energetica per la ventilazione	EP _{v,nren}	kWh/m ² anno	0	0	0	0,00
Prestazione energetica per l'illuminazione	EP _{l,nren}	kWh/m ² anno	32,64	32,64	0	0,00
Prestazione energetica per il trasporto	EP _{t,nren}	kWh/m ² anno	0	0	0	0,00
Prestazione energetica globale	EP _{g,nren}	kWh/m ² anno	140,88	135,55	-5,33	-3,78

Analisi economica:

Descrizione	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Spesa annua per riscaldamento [€]	1363,02	1165,72	-197,3	-14,48
Spesa annua per acqua calda sanitaria [€]	70,14	70,14	0	0,00
Spesa annua per raffrescamento [€]	651,32	651,32	0	0,00
Spesa annua per ventilazione [€]	0	0	0	0,00
Spesa annua per illuminazione [€]	628,67	628,67	0	0,00
Spesa annua per trasporto [€]	0	0	0	0,00
Spesa annua globale [€]	2713,15	2610,53	-197,3	-3,78

Confronto classe energetica (tailored rating)



Tempo di ritorno: 35,5 anni

Consiglio

L'intervento garantisce un miglioramento del fabbisogno invernale di circa il 15% ed un lieve peggioramento di quello estiva (circa 2% del fabbisogno), tuttavia il costo iniziale unitamente ad un alto tempo di ritorno renderebbero l'intervento non consigliabile. L'intervento sembra non generare un rilevante risparmio energetico, tuttavia potrebbe produrre un forte miglioramento delle condizioni di comfort nell'ambiente "ingresso" limitando il movimento dell'aria e gli sbalzi di temperatura. Allo stato attuale non è semplice simulare l'effetto di un simile intervento sulla prestazione della zona termica, esso dipende fortemente da come gli utenti utilizzano le aperture, ed inoltre le condizioni microclimatiche attuali sono fortemente differenti da quelle che si andrebbero a creare in caso di utilizzo di impianto di riscaldamento. Si suggerisce perciò di rivalutare questo intervento come combinato con la messa in funzione di un impianto di climatizzazione.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
			X	

Az_Clima_02: Riparazione del impianto HP (aria-acqua) esistente

N.	Descrizione intervento	Costo intervento [€]
6	Riparazione della pompa del sistema impiantistico esistente.	?
TOTALE		?

Consiglio

Qualora la riparazione abbia costi inferiori o simili a quelli delle ipotesi di sostituzione ipotizzate (Az_Clima_02, Az_Clima_03) essa potrebbe essere preferibile perché, pur con costi di esercizio maggiori, mantiene inalterato il livello del servizio, ossia è in grado di climatizzare anche molti altri ambienti oltre a quelli attualmente utilizzati di continuo. In caso il costo sia superiore le altre soluzioni è necessario approfondire la valutazione considerando le specifiche soluzioni impiantistiche.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				X

Az_Clima_02: Sostituzione del generatore con uno simile (aria-acqua) ma di minore potenza

Questa ipotesi di intervento prevede la sostituzione del generatore con uno di minore potenza, adeguata alla zona termica utilizzata in maniera continua in modo da sfruttare meglio il fattore di carico della pompa di calore. In questo caso si ipotizza di utilizzare un modello dello stesso tipo (aria -acqua) di quello attualmente installato in modo da limitare gli interventi edili.

N.	Descrizione intervento	Costo intervento [€]
6	Fornitura e posa di pompa di calore Aria-acqua MTA - serie HCYGNUS mod HCG - 081 su impianto di distribuzione, emissione regolazione esistente a servizio della zona termica utilizzata in maniera continua.	8000,00
TOTALE		8000,00

nuovo sistema di generazione

Servizio **Riscaldamento**
 Tipo di generatore **Pompa di calore aria/acqua**
 Metodo di calcolo **secondo UNI/TS 11300-4**
 Marca/Serie/Modello **MTA - serie HCYGNUS mod HCG - 081**
 Tipo di pompa di calore **Elettrica**

Temperatura sorgente fredda θ_f [°C]	Temperatura sorgente calda θ_c [°C] = 45°		
	P. Utile [kW]	COP	P. Assorbita [kw]
-7	16,80	2,66	6,32
2	20,30	3,19	6,36
7	22,80	3,80	6,00
12	25,90	4,05	6,40

Fattori correttivi della pompa di calore:

Fattore di correzione Cc **0,10**

Fattore minimo di modulazione Fmin **0,50** -

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	0,71	0,87	0,94	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Legenda simboli

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

Servizio **Raffrescamento**
 Tipo di generatore **Pompa di calore aria/acqua**
 Metodo di calcolo **secondo UNI/TS 11300-3**
 Marca/Serie/Modello **MTA - serie HCYGNUS mod HCG - 081**
 Tipo di pompa di calore **Elettrica**
 Potenza frigorifera nominale $\Phi_{gn,nom}$ **18,00** kW

Prestazioni dichiarate:

Fk [%]	100%	75%	50%	25%	20%	15%	10%	5%	2%	1%
EER [-]	3,40	3,40	3,40	3,40	3,23	3,20	2,96	2,41	1,56	0,99

Legenda simboli

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

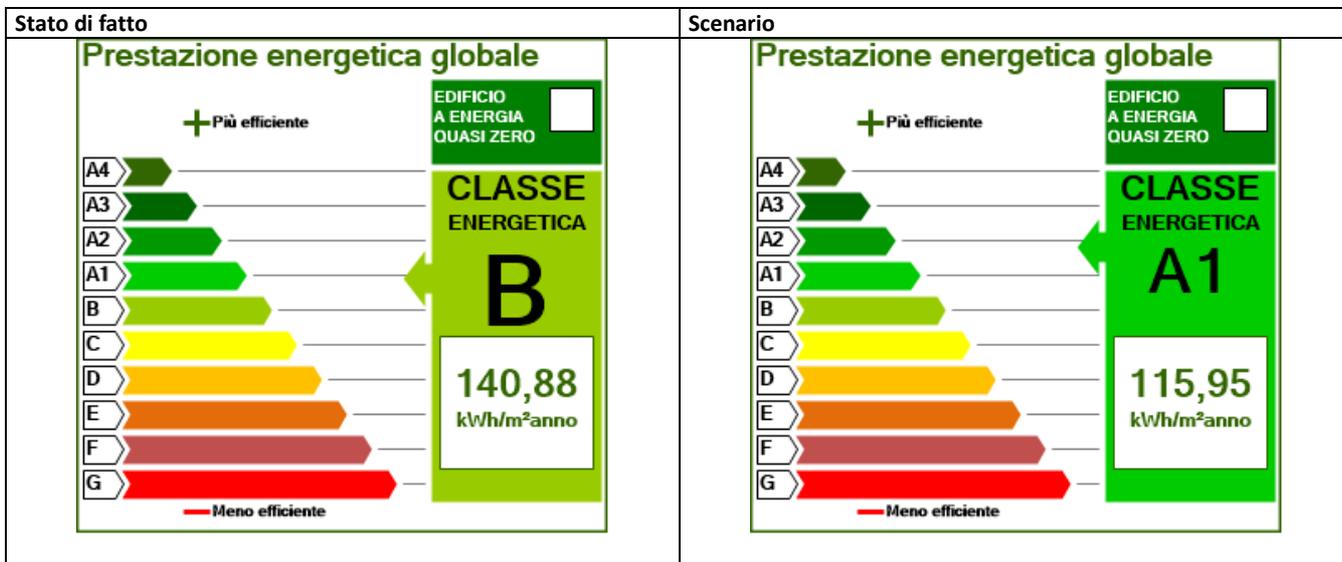
Prestazioni energetiche stagionali:

Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Prestazione energetica per il riscaldamento	EP _{h,nren}	kWh/m ² anno	70,77	53,66	-17,11	-24,18
Prestazione energetica per produzione acs	EP _{w,nren}	kWh/m ² anno	3,64	3,64	0	0,00
Prestazione energetica per il raffrescamento	EP _{c,nren}	kWh/m ² anno	33,82	26,01	-7,81	-23,09
Prestazione energetica per la ventilazione	EP _{v,nren}	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0	0,00
Prestazione energetica per l'illuminazione	EP _{l,nren}	kWh/m ² anno	32,64	32,64	0	0,00
Prestazione energetica per il trasporto	EP _{t,nren}	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0	0,00
Prestazione energetica globale	EP _{gl,nren}	kWh/m ² anno	140,88	115,95	-24,93	-17,70

Analisi economica:

Descrizione	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Spesa annua per riscaldamento [€]	1363,02	1033,36	-329,66	-24,19
Spesa annua per acqua calda sanitaria [€]	70,14	70,14	0	0,00
Spesa annua per raffrescamento [€]	651,32	500,98	-150,34	-23,08
Spesa annua per ventilazione [€]	0,00	0,00	0	0,00
Spesa annua per illuminazione [€]	628,67	628,67	0	0,00
Spesa annua per trasporto [€]	0,00	0,00	0	0,00
Spesa annua globale [€]	2713,15	2233,15	-480	-17,69

Confronto classe energetica(tailored rating)



Tempo di ritorno: 15,5 anni

Consiglio

L'intervento produce un miglioramento del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione di oltre il 20%, tuttavia l'alto costo dei sistemi aria – acqua porta l'intervento a tempi di ritorno alti di oltre 15 anni. Questo intervento va considerato con attenzione in quanto è da considerarsi alternativo alla riparazione del generatore esistente che potrebbe avere un costo inferiore. Dal punto di vista prettamente economico questa soluzione sembra essere migliore in quanto garantisce minore costo operativo, tuttavia si perde molta della qualità del servizio in quanto alcune aree precedentemente servite dall'impianto perderebbero la possibilità di usufruirne. Perciò se la riparazione dovesse costare molto meno dell'installazione della nuova pompa di calore di minore potenza, si suggerisce di riparare la macchina esistente. In caso di costi simili si potrebbe adottare questa soluzione rinunciando ad alcuni livelli del servizio. Questa è una valutazione preliminare che deve essere approfondita da tecnici impiantisti esperti delle tecnologie presenti nell'edificio in quanto viste le limitate somme in gioco le soluzioni impiantistiche di dettaglio possono influire fortemente sui costi e le prestazioni del sistema e quindi sulla scelta.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		X		

Az Clima 03: Installazione di un Sistema di climatizzazione HP multi split

Questa ipotesi di intervento prevede la sostituzione del sistema di climatizzazione della zona termica con un multi split aria-aria di potenza adeguata. Questo sistema ha un minore costo di installazione e permette di sfruttare meglio il fattore di carico della pompa di calore, e grazie alle miti temperature invernali garantisce buoni livelli di efficienza. In questo caso si ipotizza di installare due sistemi multi split uno a servizio della zona uffici (tre macchine) e l'altro per l'ingresso (2 macchine interne), i calcoli riportano i risultati complessivi delle due zone termiche.

N.	Descrizione intervento	Costo intervento [€]
	Fornitura e posa di pompa di calore Aria-acqua MTA - serie HCYGNUS mod. HCG - 081 su impianto di distribuzione, emissione regolazione esistente a servizio della zona termica utilizzata in maniera continua.	7000,00
TOTALE		7000,00

nuovo sistema di generazione

Servizio	Riscaldamento
Tipo di generatore	Pompa di calore aria/aria
Metodo di calcolo	secondo UNI/TS 11300-4
Marca/Serie/Modello	RIELLO/SIGNO XN/SIGNO X595 SMN
Tipo di pompa di calore	Elettrica

Prestazioni dichiarate (di ogni macchina):

Temperatura sorgente fredda θ_f [°C]	Temperatura sorgente calda θ_c [°C] = 20°		
	P. Utile [kW]	COP	P. Assorbita [kW]
-7	11,10	3,57	3,11
2	10,10	3,77	2,68
7	8,60	3,97	2,17
12	2,98	4,99	0,60

Fattori correttivi della pompa di calore:

Fattore di correzione Cd **0,25** -

Fattore minimo di modulazione Fmin **0,50** -

CR	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Fc	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Legenda simboli

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

Servizio	Raffrescamento		
Tipo di generatore	Pompa di calore aria/acqua		
Metodo di calcolo	secondo UNI/TS 11300-3		
Marca/Serie/Modello	RIELLO/SIGNO XN/SIGNO X595 SMN		
Tipo di pompa di calore	Elettrica		
Potenza frigorifera nominale	$\Phi_{gn,nom}$	6,80	kW (x due macchine)

Prestazioni dichiarate:

Fk [%]	100%	75%	50%	25%	20%	15%	10%	5%	2%	1%
EER [-]	3,95	3,95	3,95	3,95	3,71	3,36	2,88	1,98	1,03	0,55

Legenda simboli

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

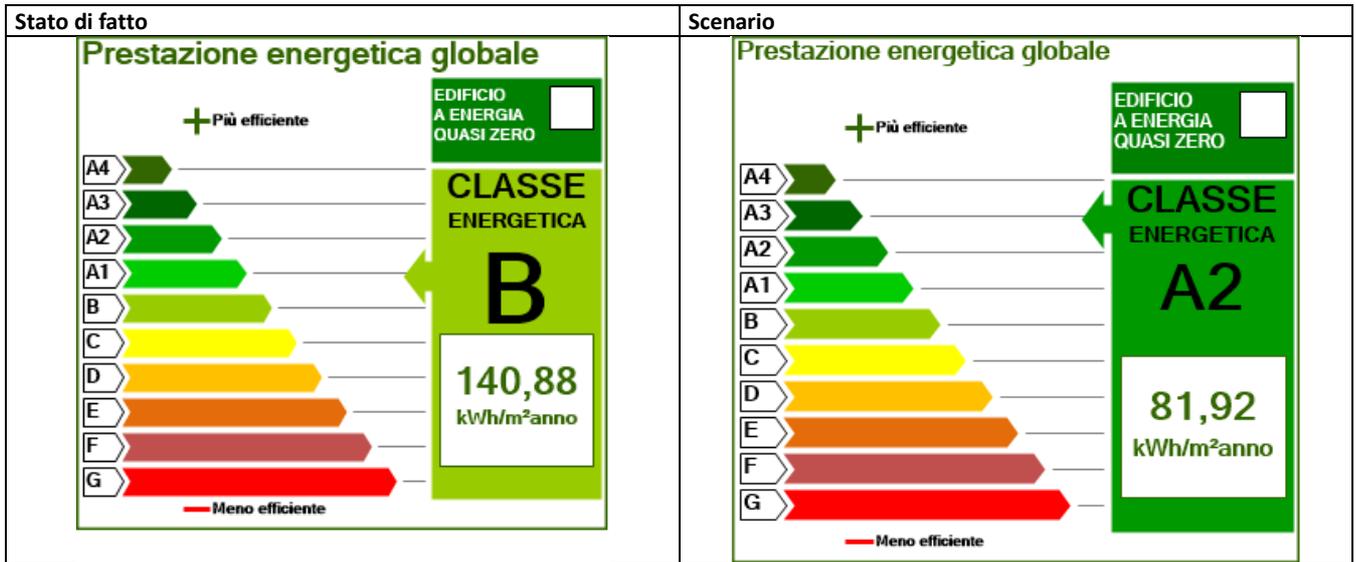
Prestazioni energetiche stagionali:

Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Prestazione energetica per il riscaldamento	<i>EPh,nren</i>	kWh/m ² anno	70,77	28,79	-41,97	-59,31
Prestazione energetica per produzione acs	<i>EPw,nren</i>	kWh/m ² anno	3,64	3,64	0	0,00
Prestazione energetica per il raffrescamento	<i>EPc,nren</i>	kWh/m ² anno	33,82	13,10	-20,72	-61,25
Prestazione energetica per la ventilazione	<i>EPv,nren</i>	kWh/m ² anno	0,00	0	0	0,00
Prestazione energetica per l'illuminazione	<i>EPl,nren</i>	kWh/m ² anno	32,64	32,64	0	0,00
Prestazione energetica per il trasporto	<i>EPt,nren</i>	kWh/m ² anno	0,00	0	0	0,00
Prestazione energetica globale	<i>EPgl,nren</i>	kWh/m ² anno	140,88	81,92	-58,96	-41,85

Analisi economica:

Descrizione		Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Spesa annua per riscaldamento	[€]	1363,02	554,53	-808,49	-59,32
Spesa annua per acqua calda sanitaria	[€]	70,14	70,14	0	0,00
Spesa annua per raffrescamento	[€]	651,32	252,33	-398,99	-61,26
Spesa annua per ventilazione	[€]	0,00	0	0	0,00
Spesa annua per illuminazione	[€]	628,67	628,67	0	0,00
Spesa annua per trasporto	[€]	0,00	0	0	0,00
<i>Spesa annua globale</i>	[€]	2713,15	1505,67	-1207,48	-44,50

Confronto classe energetica (tailored rating)



Tempo di ritorno: 5,5 anni

Consiglio

L'intervento produce un miglioramento del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione di circa il 60%, e grazie al moderato costo dei sistemi aria – aria porta l'intervento a tempi di ritorno alti di poco superiori ai 5 anni. Questo intervento va considerato con attenzione in quanto è da considerarsi alternativo alla riparazione del generatore esistente che potrebbe avere un costo inferiore. Dal punto di vista prettamente economico questa soluzione sembra essere migliore in quanto garantisce minore costo operativo, tuttavia si perde molta della qualità del servizio in quanto alcune aree precedentemente servite dall'impianto perderebbero la possibilità di usufruirne. Perciò se la riparazione dovesse costare meno dell'installazione della nuova pompa di calore di minore potenza, si suggerisce di riparare la macchina esistente. In caso di costi simili si potrebbe adottare questa soluzione rinunciando ad alcuni livelli del servizio, in favore di una maggiore efficienza. Tuttavia l'intervento prevede l'installazione delle unità interne ed esterne che si aggiungerebbero a quelle del sistema esistenti aumentando l'impatto della componente impiantistica. Inoltre questa è una valutazione preliminare che si basa su fabbisogno estivi non verosimili e su una situazione attuale non certa che potrebbe portare a risultati meno favorevoli per la soluzione aria – aria. Perciò, per quanto la valutazione sia positiva, questa ipotesi deve perciò essere approfondita da tecnici impiantisti esperti delle tecnologie presenti nell'edificio in quanto viste le limitate somme in gioco le soluzioni impiantistiche di dettaglio possono influire fortemente sui costi e le prestazioni del sistema e quindi sulla scelta.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		X		

Az ACS 01: Sostituzione generatore ACS con boiler a pompa di calore

N.	Descrizione intervento	Costo intervento [€]
1	Fornitura e posa in opera di Scaldabagno elettrico a pompa di calore (tipo Scaldabagno Pompa Di Calore Nuos Evo 80 Ariston 80 Litri)	900,00
TOTALE		900,00

Interventi sul sistema di riscaldamento:

Servizio	Sostituzione del generatore di calore per acqua calda sanitaria				
STATO DI FATTO					
Tipo di generatore	Bollitore elettrico ad accumulo				
Potenza utile nominale	Φ_{gn} [kW]	1,20			
Combustibile	Energia elettrica		P. calorifico inferiore	1,000	
Fattore di conversione	F_p [-]	1,950	Costo vettore energetico	0,25	
INTERVENTO MIGLIORATIVO					
Tipo di generatore	Rendimento di generazione mensile noto Cop a 7° pozzo freddo 2,50				
Potenza utile nominale	Φ_{gn} [kW]	19,00			
Combustibile	Energia elettrica		P. calorifico inferiore	1,000	
Fattore di conversione	F_p [-]	1,950	Costo vettore energetico	0,25	
Costo intervento	[€]	900,00			

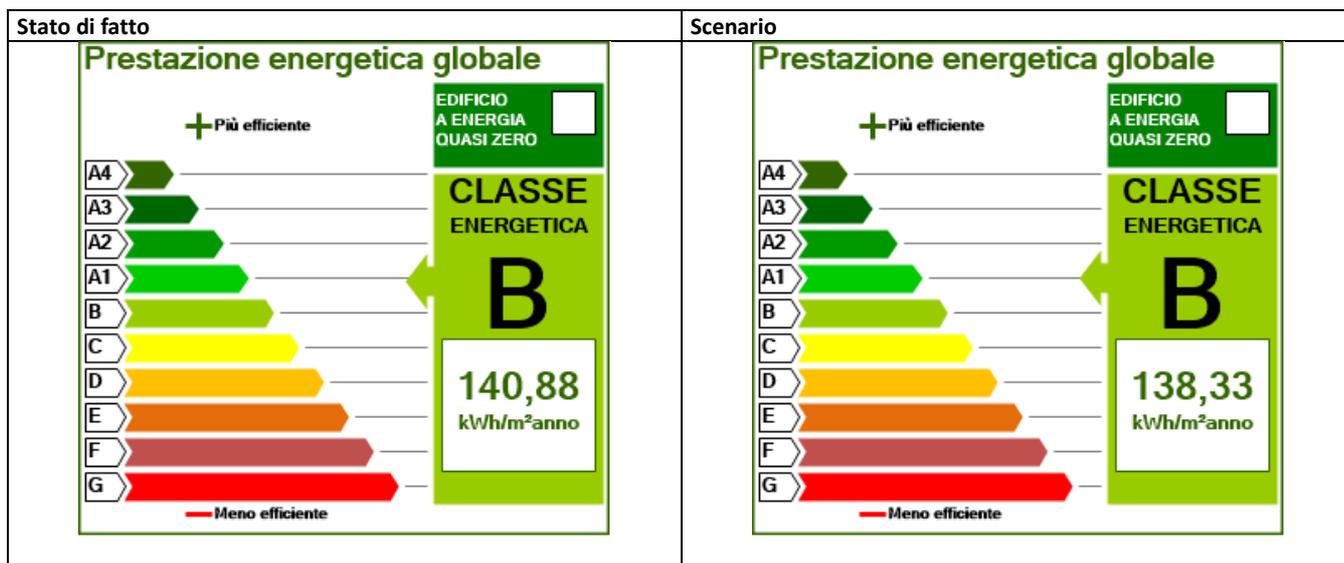
Prestazioni energetiche stagionali:

Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Prestazione energetica per il riscaldamento	EP _{h,nren}	kWh/m ² anno	70,77	70,77	0,00	0,0
Prestazione energetica per produzione acs	EP _{w,nren}	kWh/m ² anno	3,64	1,09	2,55	70,0
Prestazione energetica per il raffrescamento	EP _{c,nren}	kWh/m ² anno	33,82	33,82	0,00	0,0
Prestazione energetica per la ventilazione	EP _{v,nren}	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0,00	0,0
Prestazione energetica per l'illuminazione	EP _{l,nren}	kWh/m ² anno	32,64	32,64	0,00	0,0
Prestazione energetica per il trasporto	EP _{t,nren}	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0,00	0,0
Prestazione energetica globale	EP _{gl,nren}	kWh/m ² anno	140,88	138,33	2,55	1,8

Analisi economica:

Descrizione	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Spesa annua per riscaldamento	[€] 1363,02	1363,02	0,00	0,0
Spesa annua per acqua calda sanitaria	[€] 70,14	21,04	49,10	70,0
Spesa annua per raffrescamento	[€] 651,32	651,32	0,00	0,0
Spesa annua per ventilazione	[€] 0,00	0,00	0,00	0,0
Spesa annua per illuminazione	[€] 628,67	628,67	0,00	0,0
Spesa annua per trasporto	[€] 0,00	0,00	0,00	0,0
Spesa annua globale	[€] 2713,15	2664,05	49,10	1,8

Confronto classe energetica (tailored rating)



Tempo di ritorno: 14,3 anni

Consiglio

L'intervento produce un forte miglioramento del fabbisogno di energia primaria per la produzione di ACS e delle spese (circa 70%). Tuttavia l'intervento ha un alto costo iniziale che a causa del fabbisogno molto limitato ed intermittente ottiene un tempo di ritorno di superiore alla vita utile dell'impianto, che però potrebbe migliorare in caso di un aumento del fabbisogno annuo di ACS. Dal punto di vista economico non si configura come un buon investimento, ma ha il pregio di approvvigionarsi sempre dal vettore elettrico. L'intervento è perciò consigliato solo in caso si preveda un aumento del fabbisogno di ACS, specialmente se collegato all'utilizzo di fonti energetiche alternative, previo nuova valutazione dei costi benefici basati sul nuovo utilizzo.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		X		

Az ACS 02: Sostituzione generatore ACS con Scaldabagno istantaneo a GAS

N.	Descrizione intervento	Costo intervento [€]
1	Fornitura e posa in opera di scaldabagno istantaneo a GAS (tipo: scaldabagno istantaneo a gas Ferroli zefiro c11 camera aperta 11 l/min. Gpl) Fornitura e posa i opera di impianto di distribuzione ed alimentazione di GAS opportunamente dimensionato. – 300euro corpo-	500,00
TOTALE		500,00

Servizio	Sostituzione del generatore di calore per acqua calda sanitaria		
STATO DI FATTO			
Tipo di generatore	Bollitore elettrico ad accumulo		
Potenza utile nominale Φ_{gn} [kW]	1,20		
Combustibile	Energia elettrica	P. calorifico inferiore	1,000
Fattore di conversione F_p [-]	1,950	Costo vettore energetico	0,25
INTERVENTO MIGLIORATIVO			
Tipo di generatore	Rendimento stagionale (UNI/TS 11300-2)		
Potenza utile nominale Φ_{gn} [kW]	19,00		
Combustibile	Propano	P. calorifico inferiore	25,988
Fattore di conversione F_p [-]	1,050	Costo vettore energetico	0,82
Costo intervento [€]	500,00		

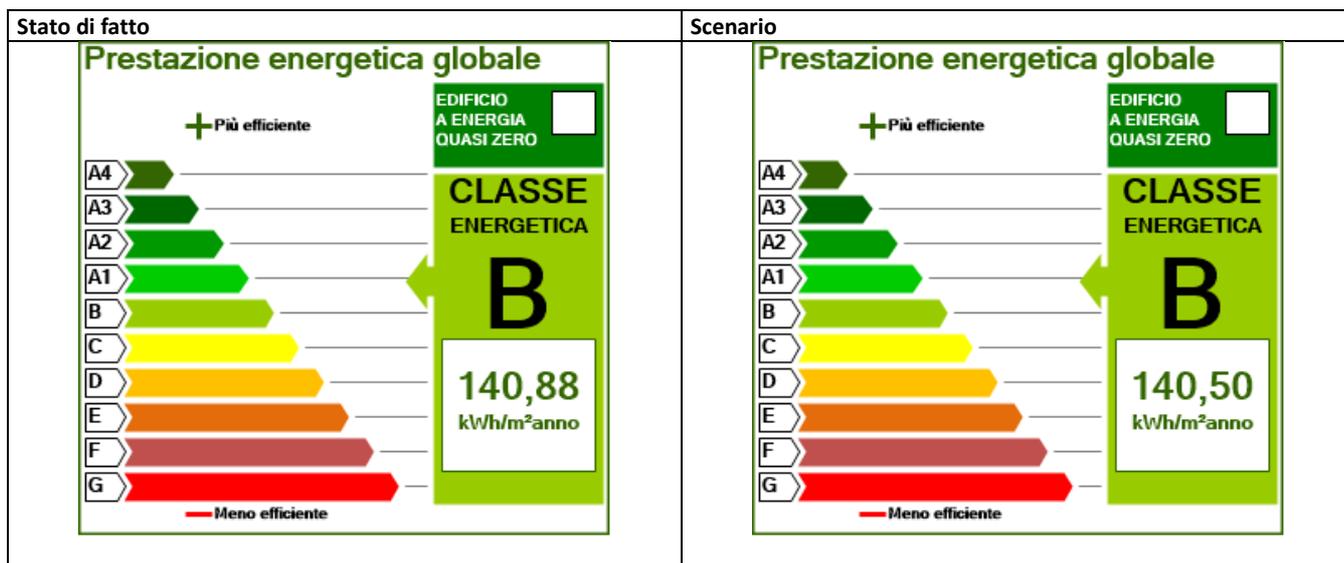
Prestazioni energetiche stagionali:

Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Prestazione energetica per il riscaldamento	EPh,nren	kWh/m ² anno	70,77	70,77	0,00	0,0
Prestazione energetica per produzione acs	EPw,nren	kWh/m ² anno	3,64	3,27	0,37	10,3
Prestazione energetica per il raffrescamento	EPC,nren	kWh/m ² anno	33,82	33,82	0,00	0,0
Prestazione energetica per la ventilazione	EPv,nren	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0,00	0,0
Prestazione energetica per l'illuminazione	EPI,nren	kWh/m ² anno	32,64	32,64	0,00	0,0
Prestazione energetica per il trasporto	EPT,nren	kWh/m ² anno	0,00	0,00	0,00	0,0
Prestazione energetica globale	EPgl,nren	kWh/m ² anno	140,88	140,50	0,37	0,3

Analisi economica:

Descrizione	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Spesa annua per riscaldamento	[€] 1363,02	1363,02	0,00	0,0
Spesa annua per acqua calda sanitaria	[€] 70,14	14,75	55,39	79,0
Spesa annua per raffrescamento	[€] 651,32	651,32	0,00	0,0
Spesa annua per ventilazione	[€] 0,00	0,00	0,00	0,0
Spesa annua per illuminazione	[€] 628,67	628,67	0,00	0,0
Spesa annua per trasporto	[€] 0,00	0,00	0,00	0,0
Spesa annua globale	[€] 2713,15	2657,76	55,39	2,0

Confronto classe energetica (tailored rating)



Tempo di ritorno: 9,0 anni

Consiglio

L'intervento produce un contenuto miglioramento del fabbisogno di energia primaria per la produzione di ACS (0,37%), ma grazie alla maggiore efficienza garantisce una diminuzione delle spese di circa il oltre il 55%. L'intervento ha un contenuto costo iniziale ma a causa del fabbisogno molto limitato ed intermittente si ottiene un tempo di ritorno di poco inferiore prossimo alla vita utile dell'impianto, che però potrebbe migliorare in caso di un aumento del fabbisogno annuo di ACS. Dal punto di vista economico non si configura come un ottimo investimento, ed inoltre aggiunge complessità al sistema edificio impianto che si troverebbe ad utilizzare anche altri vettori energetici. L'intervento è perciò consigliato solo in caso si preveda un aumento del fabbisogno di ACS, specialmente se collegato all'utilizzo di fonti energetiche alternative.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		X		

AZ ACS 03: Sistemi di controllo dei boiler elettrici esistenti

N.	descrizione	Costo
	Fornitura e posa in opera di prese smart per il controllo e la programmazione di apparecchi elettrici anche in remoto dalla rete.	180

Tempo di ritorno: 3 anni

Consiglio

L'intervento produce un moderato miglioramento del fabbisogno di energia per la produzione di ACS, limitando gli sprechi per il mantenimento della temperatura nei boiler elettrici ad accumulo esistenti. La tecnologia SMART permette il controllo remoto, facilitando la programmazione delle accensioni. L'intervento è di facile realizzazione ed ha un limitato costo di installazione che produce un tempo di ritorno prossimo ai 3 anni, perciò è fortemente consigliato.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Consigliato in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				X

Az Vent 01 Ventola per areazione del ripostiglio

N.	descrizione	Costo
	Fornitura e posa in opera ventola per aereazione di da 100-50 m3/h a basso consumi energetico (minore 10w ora) e realizzazione di una bocchetta per 'immissione dell'aria nell'ambiente	120

Tempo di ritorno: nessuno

Consiglio

L'intervento non produce un miglioramento del fabbisogno di energia dell'edificio, anzi lo aumenta. L'intervento ha la finalità di recuperare le condizioni di comfort interno e salubrità di un ambiente attualmente utilizzato per conservare dei reperti geologici. L'intervento ha un bassissimo costo di realizzazione, può produrre immediati miglioramenti delle condizioni ambientali a fronte di un trascurabile aumento dei costi operativi dell'edificio (10w ora, per circa 20 euro annui se tenuta sempre accesa). Perciò è fortemente consigliato.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				X

Az FER 01: Impianto fotovoltaico 14kWp

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 ed ACS nella ipotesi di non progetto (tabella 44). Il dimensionamento dell'impianto è stato effettuato cercando di ottimizzare la produzione elettrica sui consumi dell'edificio e tenendo in considerazione alcuni vincoli per l'integrazione dei pannelli nell'edificio come l'area disponibile e l'orientamento. Nello specifico si è fatto in modo di consumare in loco la maggior parte della produzione elettrica in modo da sfruttare appieno l'autoconsumo, considerando un fabbisogno medio giornaliero tra i 55-76kWh elettrici per dimensionare l'impianto. Considerando la disponibilità di circa 150mq di copertura piana (copertura della sala degli alberi bianchi), in via preliminare si propone un impianto da 14kWp che ottimizza la percentuale di autoconsumo.

Tabella 44. Consumi elettrici mensili stimati (modello tailored + misure di consumo)

Mese	gg	Fabbisogno medio totale giornaliero [kWh]	Fabbisogno totale mensile [kWh]	Spesa totale mensile [euro]
gennaio	31	76,05	2032,64	518,32
febbraio	28	73,06	1752,00	446,76
marzo	31	62,96	1626,64	414,79
aprile	30	63,97	1486,14	378,97
maggio	31	58,80	1658,74	422,98
giugno	30	62,72	1805,29	460,35
luglio	31	68,78	2600,63	663,16
agosto	31	70,20	2773,63	707,28
settembre	30	61,62	1675,29	427,20
ottobre	31	55,21	1264,21	322,37
novembre	30	67,43	1649,29	420,57
dicembre	31	76,67	2051,64	523,17
Anno			22376,14	5705,92

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 dedicato¹ 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

PVGIS estimates of solar electricity generation settings
Location: 39°9'33" North, 8°30'42" East, Elevation: 76 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-classic
Nominal power of the PV system: 14.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 9.7% (using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.9%
Other losses (cables, inverter etc.): 3.0%
Combined PV system losses: 15.0%

¹ <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

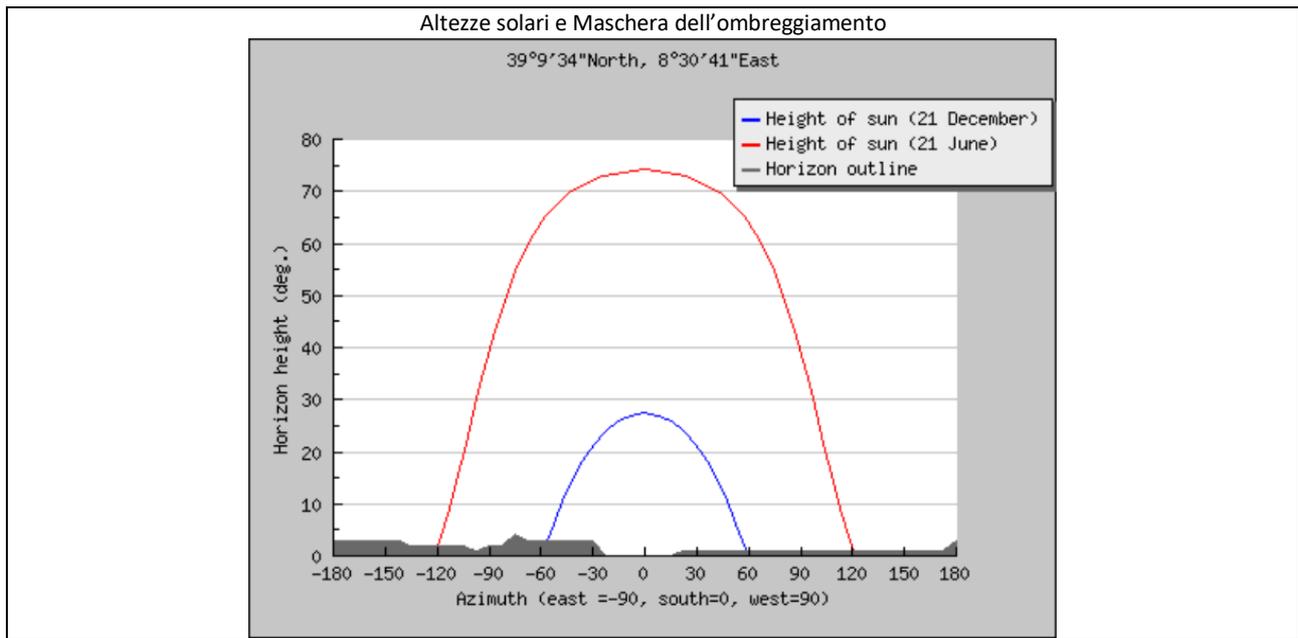


Tabella 46. Stima produzione dell'impianto

	Taglia impianto		kWp	14
	Irraggiamento solare [kWh/m2]		Produzione elettrica [kWh]	
Month	H_d	H_m	E_d	E_m
Jan	2,8	86,8	31	961
Feb	3,44	96,3	37,9	1060
Mar	4,8	149	51,9	1610
Apr	5,66	170	60,2	1810
May	6,25	194	65,5	2030
Jun	6,87	206	70,8	2130
Jul	6,88	213	70,1	2170
Aug	6,54	203	66,4	2060
Sep	5,5	165	56,8	1700
Oct	4,35	135	45,8	1420
Nov	3,07	92,2	33,2	996
Dec	2,59	80,3	28,4	880
	Totali annuali	1790,6		18827
	produzione annua per kWp			1345

Ed: Media giornaliera di produzione elettrica del sistema (kWh)

Em: Media mensile di produzione Elettrica del sistema (kWh)

Hd: Media giornaliera dell'irraggiamento globale sul pannello (kWh/m2)

Hm: Media mensile dell'irraggiamento globale sul pannello (kWh/m2)

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 16, per 5-6 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 effettuare la stima della produzione si è considerata la l'efficienza media globale di conversione dell'impianto in silicio poli-mono cristallino commerciale (circa 14%) che richiede convenzionalmente per l'installazione circa 8mq a kWp. 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

	Contemporaneità giornaliera della produzione coi carichi	Energia utilizzabile in auto consumo	Fabbisogno giorno medio	fabbisogno medio mensile	spesa mensile [euro al kW=0,255]	copertura fabbisogno
<i>Mese</i>	<i>[%]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[euro]</i>	<i>[%]</i>
gennaio	95	909	76	2033	518	45
febbraio	91	965	73	1752	447	55
marzo	86	1393	63	1627	415	86
aprile	83	1499	64	1486	379	101
maggio	79	1608	59	1659	423	97
giugno	79	1675	63	1805	460	93
luglio	80	1729	69	2601	663	66
agosto	82	1694	70	2774	707	61
settembre	86	1468	62	1675	427	88
ottobre	90	1278	55	1264	322	101
novembre	94	932	67	1649	421	56
dicembre	95	835	77	2052	523	41
anno	87	15985		22376	5705,92	74

<i>Mese</i>	autoconsumo [euro x kWh]	Cessione [euro x kWh]	sovrapproduzione	spesa rimanente
	0,18	0,1	0,1	
gennaio	163,56	5,23	0,00	349,53
febbraio	173,63	9,54	0,00	263,59
marzo	250,65	21,75	0,00	142,39
aprile	269,89	31,06	1,32	76,69
maggio	289,44	42,20	0,00	91,34
giugno	301,51	45,49	0,00	113,34
luglio	311,29	44,06	0,00	307,81
agosto	304,95	36,58	0,00	365,74
settembre	264,30	23,17	0,00	139,73
ottobre	230,05	14,19	1,39	76,74
novembre	167,69	6,44	0,00	246,44
dicembre	150,36	4,47	0,00	368,34
anno	2877,32	284,19	2,71	2541,70
Totale flusso di cassa dello scambio sul posto			3164,22	55,46

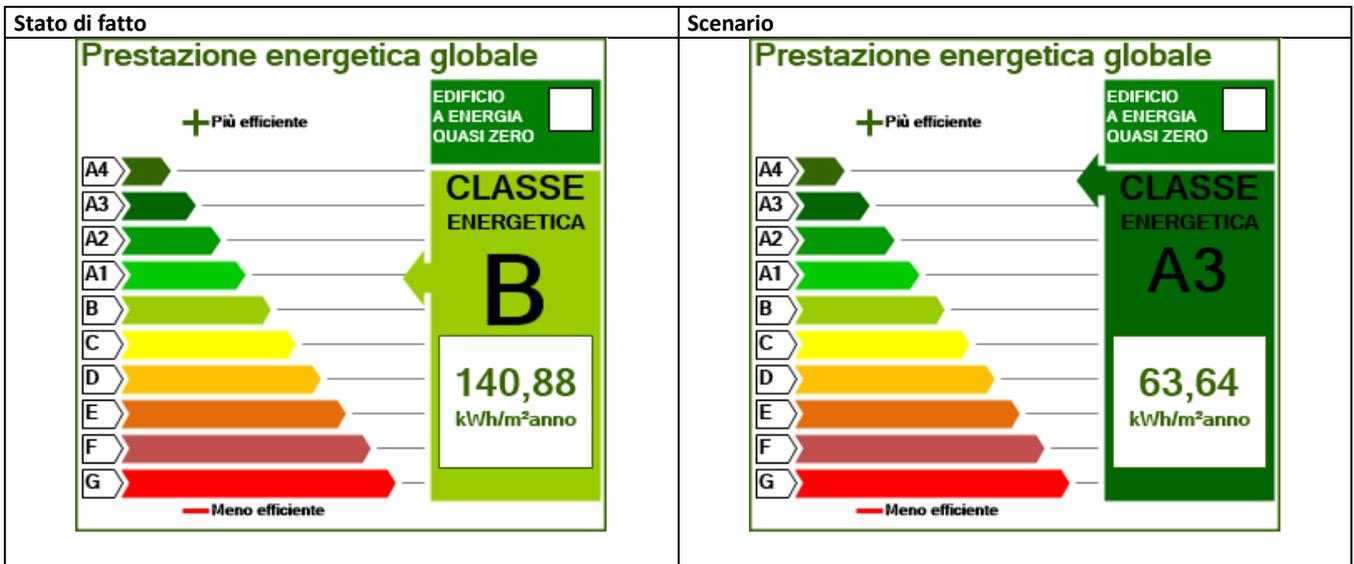
Tabella 47. Valutazione economica dell'impianto

Valutazione economica		
costo unitario impianto	1800	euro/kWp
area richiesta a kWp	8	m ²
kWp installati	14	n°
area totale richiesta	112	m ²
costo complessivo	25200	euro
flusso di cassa scambio sul posto	3164	euro
flusso cassa detrazione		euro
Tempo Ritorno semplice	8	anni

Tempo di ritorno: 8,0 anni

Confronto classe energetica (tailored rating)

L'incidenza dell'impianto sulla sola zona termica è di difficile definizione, in quanto i fabbisogni per la climatizzazione e la produzione di ACS sono stimati col modello energetico e non definiti sulla base delle serie storiche. Inoltre la maggior parte del fabbisogno energetico dell'edificio proviene dall'illuminazione delle aree espositive non ricomprese nella zona termica analizzata col modello in quanto non climatizzate. Per effettuare la stima delle prestazioni dopo l'intervento, si è prima soddisfatto il fabbisogno energetico per illuminazione e altri apparecchi elettrici della zona espositiva, la quota produzione mensile rimanente si è utilizzata nel modello energetico per soddisfare i fabbisogni della zona termica.



Consiglio

L'installazione dell'impianto fotovoltaico da 14kWp riduce notevolmente il fabbisogno energetico dell'intero edificio (copre circa il 74% del fabbisogno) per una buona diminuzione dei costi operativi (diminuzione di circa il 55%). L'intervento un alto costo contenuto costo iniziale ma è caratterizzato da un buon tempo di ritorno (8 anni) rispetto alla vita media dell'impianto (20 anni). Le valutazioni svolte si basano su consumi elettrici stimati e non serie reali di consumi.

I consumi per i servizi di illuminazione possono essere ritenuti verosimili con l'attuale regime d'uso ma gli altri sono stati stimati dal modello energetico. In particolare i consumi estivi sembrano essere fortemente sottostimati rispetto a quello adottato, perciò è possibile che il fabbisogno per la climatizzazione sia maggiore. In ogni caso l'uso fortemente intermittente degli ambienti rende molto difficile definire delle serie di consumi attendibili, in questo caso conviene dimensionare la potenza dell'impianto sulla base dei consumi certi per ottimizzare l'autoconsumo e diminuire il tempo di ritorno.

La simulazione preliminare mostra che l'investimento è sicuramente conveniente e che può influire in maniera molto positiva anche sui fabbisogni della zona termica. Risulta perciò opportuno effettuare altre simulazioni utilizzando le prestazioni e le dimensioni di pannelli commerciali, ed eventualmente studiando l'integrazione con accumuli elettrici o termici basati su una programmazione giornaliera o settimanale.

La conformazione dell'edificio permette la facile installazione dell'impianto sulla copertura piana in una posizione che non genera rilevanti impatti paesaggistici. Nel caso sia necessario aumentare la superficie disponibile per l'impianto esso può essere integrato in una tettoia per la schermatura della Sala degli alberi bianchi costituendo un elemento di valorizzazione architettonica dell'edificio.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				X

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, nel nostro caso sono anche caratterizzati da un trascurabile impatto sui fabbisogni. Tuttavia alcuni di essi possono avere ottimi impatti nel comfort termico degli ambienti (Az_inv_02/03, Az_inv_05) e possono contribuire al recupero di alcuni ambienti (Az_inv_02/03).

Climatizzazione

Gli interventi sul sistema di climatizzazione sono prioritari per garantire il comfort interno, la riparazione del sistema esistente garantisce il mantenimento dei livelli di servizio dell'edificio. Il sistema attuale risulta ben dimensionato ed è caratterizzato da buoni rendimenti, per diminuire il fabbisogno un'alternativa può essere la sostituzione con generatori di minore taglia a servizio della sola parte utilizzata in continuo dell'edificio, tuttavia questo produce una diminuzione dei livelli di servizio da tenere in considerazione.

Acqua Calda Sanitaria (ACS)

Il profilo di utilizzo della ACS non rende consigliabile la sostituzione dei generatori che può essere valutabile solo qualora si preveda un forte aumento dei fabbisogni attualmente molto bassi (Az_ACS_01, AzACS_02). Allo stato attuale si può solo migliorare la regolazione dei tempi operativi degli scaldacqua tramite strumenti Smart (Az_ACS_03), caratterizzati da un ottimo tempo di ritorno e bassi costi di investimento.

Ventilazione

La ventilazione è utilizzata solo per il ricircolo dell'aria nei servizi igienici che non necessitano di interventi. L'unico ambiente che presenta una qualità dell'aria critica è il ripostiglio (Rip_2) attualmente utilizzato per conservare alcuni reperti fossili. Si consiglia l'installazione di una ventola con controllo remoto, per il ricircolo dell'aria (Az_vent_01).

Fonti Rinnovabili

L'edificio utilizza solo la fonte energetica elettrica ed è caratterizzato da circa 150 mq di copertura piana disponibile per l'installazione di pannelli fotovoltaici. Le valutazioni preliminari hanno mostrato buoni tempi di ritorno ed una forte diminuzione dei consumi perciò se ne consiglia l'installazione (Az_FER_01).

Tabella 48. Valutazione economica degli scenari singoli

N°	Codice	Descrizione	Giudizio	Costo stimato [euro]	Temp. Rit [anni]	Variazione Fabbisogno [%]	Variazione Costi operativi [%]
1	Az_inv_01	Cappotto termico interno zona uffici	Sconsigliato	11000	49,5	-8,2	-8,2
2	Az_inv_02/03	Schermatura solare sala alberi bianchi e modifica della vetrata	Valutare, in un progetto di recupero e valorizzazione dell'edificio	35000	nessuno	0	0
4	Az_inv_04	Intervento sui lucernai	Valutare, in un progetto di recupero e valorizzazione dell'edificio	6000	nessuno	0	0
5	Az_inv_05	Modifica delle porte di accesso all'ambiente "Ingresso"	Consigliato per il miglioramento del comfort dell'ingresso	5000	35,5	-3,78	-3,78
5	Az_clima_01	Riparazione del sistema esistente	Fortemente Consigliato, valutare gli altri solo in caso alto costo di riparazione	4000	nessuno	0	0
6	Az_clima_02	Sostituzione del generatore con uno di minore potenza	Valutare, in caso il costo di riparazione sia alto	8000	15,5	-17,7	17,7
7	Az_Clima_03	Installazione di un Sistema di climatizzazione HP multi split per gli uffici	Valutare, in caso il costo di riparazione sia alto	7000	5,5	-41,85	-44,5
8	Az_clima_04	Stufe ad irraggiamento nei bagni	Consigliato, per migliorare il comfort dei bagni	320	nessuno	2	2
9	Az_ACS_01	Scaldabagni a pompa di calore	Valutare, in caso di aumento del fabbisogno	3600	14,3	-1,8	-1,8
10	Az_ACS_02	Scaldabagno istantaneo a GAS	Valutare, in caso di aumento del fabbisogno	1600	9	-0,3	-2
11	Az_ACS_03	Sistema di ottimizzazione dei boiler elettrici	Fortemente consigliato, limitare le dispersioni per il standby	300	3	-2	-2
12	Az_Vent_01	Ventola per areazione del ripostiglio	Fortemente consigliato, per il miglioramento della qualità dell'aria	150	nessuno	1	1
13	Az_Fer_01	Impianto fotovoltaico su tetto piano o pergola lignea/metallica	Fortemente consigliato, per la diminuzione del fabbisogno	25200	8	-74	-55,46

Tabella 49. Valutazione qualitativa degli scenari singoli

N°	Codice	Descrizione	Valutazione impatti								tot
			Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4	Cr_5	Cr_6	Cr_7	Cr_8	
1	Az_inv_01	Cappotto termico interno	1	1	-1	-5	1	0	0	0	-3
2	Az_inv_02/03	Schermatura solare e modifica della vetrata	0	0	-5	-5	4	4	4	0	2
4	Az_inv_04	Intervento sui lucernai	0	0	-1	-5	2	1	1	0	-2
5	Az_inv_05	Modifica delle porte di accesso all'ambiente "Ingresso"	0	0	0	-5	4	0	0	0	-1
5	Az_clima_01	Riparazione del sistema esistente	0	0	4	-5	4	4	0	0	7
6	Az_clima_02	Sostituzione del generatore con uno di minore potenza	1	1	-1	-2	4	2	0	0	5
7	Az_Clima_03	Installazione di un Sistema di climatizzazione HP multi split per gli uffici	2	2	-1	-1	4	2	-1	-1	6
8	Az_clima_04	Stufe irraggiamento nei bagni	-1	-1	4	-5	4	2	0	0	3
9	Az_ACS_01	Scaldabagni a pompa di calore	0	0	1	-2	0	1	0	0	0
10	Az_ACS_02	Scaldabagno istantaneo a GAS	0	0	2	0	0	1	0	0	3
11	Az_ACS_03	Sistema di ottimizzazione dei boiler elettrici	0	0	4	4	0	0	0	0	8
12	Az_Vent_01	Ventola per areazione del ripostiglio	0	0	4	-5	1	1	0	0	1
13	Az_Fer_01	Impianto fotovoltaico 3kWp, su tetto piano o pergola lignea/metallica	4	4	-2	1	0	0	0	-1	6

punteggio	Giudizio
4	Molto positivo
2	Positivo
1	Moderatamente positivo
0	Trascurabile (moderato per Cr_3, Cr_4)
-1	Moderatamente negativo
-2	Negativo
-5	Molto Negativo

Criteri di impatto	
Cr_1	Fabbisogno energetico
Cr_2	Costi operativi
Cr_3	Investimento iniziale
Cr_4	Tempo ritorno
Cr_5	Microclima interno
Cr_6	Fruibilità dell'edificio
Cr_7	Qualità arc. Interna
Cr_8	Qualità arc. Esterna e paesaggio

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 efficientamento energetico e recupero dell'edificio come: massimizzazione del risparmio energetico, miglioramento del comfort interno, valorizzazione dell'edificio. Gli scenari richiedono una nuova valutazione del TR che può essere diversamente influenzato dall'interazione tra i diversi interventi sull'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 con FER, unisce gli interventi con migliori performance economiche
3. Scenario massimo efficientamento (completo), combina tutti gli interventi per l'ottenimento della massima efficienza.
4. Scenario di valorizzazione dell'edificio, combina tutti gli interventi con l'obiettivo di una valorizzazione complessiva dell'edificio.

Nel nostro caso il tempo di ritorno è molto incerto perché non abbiamo stime del consumo per la climatizzazione. Come già espresso, la valutazione economica è stata fatta considerando funzionante la HP presente nell'edificio e assumendone i suoi dati di targa. Perciò solo alcuni scenari possono dare adito ad un vero e proprio tempo di ritorno.

Scenario condiviso

Il processo di progettazione ha coinvolto 5 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 sono: il miglioramento del comfort invernale ed estivo, e, in secondo luogo, il recupero delle situazioni di degrado dell'edificio (le infiltrazioni meteoriche e il surriscaldamento del locale BAR).

I partecipanti al processo di progettazione hanno ritenuto gli interventi sulla muratura troppo invasivi rispetto alle attività del museo, ritengono fondamentale la riparazione/sostituzione del generatore esistente e condividono la proposta di installare un sistema di riscaldamento del bagno dei dipendenti e di prevedere un sistema più efficiente per gestire le porte del locale ingresso. Il gruppo coinvolto ha in larga parte escluso l'installazione del multisplit dedicato alla sola zona uffici in quanto lo si ritiene impattante per la qualità architettonica interna ed esterna dell'edificio e, soprattutto, perché ritengono importante non diminuire i livelli di servizio limitando la climatizzazione ad una sola parte dei locali. Perciò il recupero e/o sostituzione del generatore esistente sembra essere un aspetto non derogabile in quanto garantirebbe il controllo climatico a buona parte dei locali dell'edificio ripristinando i livelli di servizio ottenuti col restauro del 2007. Lo scenario punta chiaramente a massimizzare il comfort percepito dai dipendenti che utilizzano abitualmente l'edificio, ed a limitare i costi iniziali.

Scenario:	Scenario 1: scenario condiviso	
Obiettivo:	Raggiungimento del comfort della zona uffici, massimo contenimento dei costi di intervento	
Elemento	Azione	Costo intervento
involucro	AZ_inv_05 (da valutare in ottica di riduzione dei costi)	5000
Riscaldamento	Az_clima_01_riparazione HP (valutato in alternativa di Az_clima_02/03)	4000
Raffrescamento	Az_clima_04_riscaldamento dei Bagni	320
ACS	AZ_ACS_03_sistema di controllo dell'ACS	300
Ventilazione	AZ_Vent_01_ventilazione del deposito	150
FER		0
Illuminazione	Az_III_01	
altro		
	TOTALE INVESTIMENTO	5000/10000
	TEMPO RITORNO	nessuno

NOTE Si tratta dello scenario di minimo intervento che nel nostro caso è simile allo Scenario base in quanto inderogabile perché volto al recupero delle condizioni accettabili di comfort interno. La modifica delle porte di accesso all'ingresso è da valutare in caso si voglia migliorare il comfort interno limitando il fabbisogno energetico, ma non ha buoni tempi di TR e non è strettamente necessaria.

Consiglio

Lo scenario non produce una diminuzione del fabbisogno energetico perciò non ha un tempo di ritorno, ma recupera e migliora il comfort interno.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
			X	

Scenario ottimo economico

Lo scenario ottimo combina gli scenari singoli di intervento che hanno un migliore tempo di ritorno, non è stato selezionato dagli stakeholders ma può essere considerato 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 ed una leggera diminuzione di potenza basata sulla valutazione dei carichi e per l'installazione del campo fotovoltaico a parziale copertura dei consumi. Il costo della nuova pompa di calore (800.00 euro) è stato diminuito del costo stimato per la riparazione (4000,00 euro) ritenuto comunque necessario

Scenario:	Scenario 2: ottimo economico	
Obiettivo:	Raggiungimento del comfort della zona uffici, e riduzione del fabbisogno tramite produzione di energia da FER	
Elemento	Azione	Costo intervento
involucro	AZ_inv_05 (da valutare in ottica di riduzione dei costi)	5000
Riscaldamento	Az_clima_02	4000
Raffrescamento	Az_clima_04	320
ACS	AZ_ACS_03	300
Ventilazione	AZ_Vent_01	150
FER	Az_FER_01	25200
Illuminazione	Az_III_01	
altro		
	TOTALE INVESTIMENTO	35000
	TEMPO RITORNO	9 anni
NOTE Lo scenario aggiunge all'ipotesi condivisa la produzione di energia da FER fotovoltaica, e garantisce il migliore tempo di ritorno. La modifica delle porte di accesso all'ingresso è da valutare in caso si voglia migliorare il comfort interno limitando il fabbisogno energetico, ma non ha buoni tempi di TR e non è strettamente necessaria.		

Consiglio

Lo scenario produce una diminuzione del fabbisogno energetico di oltre l'80%, mantenendo un tempo di ritorno ben al di sotto della vita utile delle tecnologie utilizzate. Lo scenario coincide largamente con quello condiviso perciò è sicuramente consigliabile. .

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
				X

Scenario Completo, di massimo efficientamento

Questo scenario raccoglie tutti gli interventi di efficientamento, al fine di valutare la prestazione ottenibile con un intervento profondo di efficientamento. Lo scenario coincide con quello ottimo con l'aggiunta degli interventi sull'involucro relativi alla zona termica analizzata ossia l'isolamento della muratura perimetrale.

Scenario:	Scenario 3: scenario di massimo efficientamento	
Obiettivo:	Raggiungimento del comfort della zona uffici, avvicinamento alla definizione di nZEB	
Elemento	Azione	Costo intervento
involucro	Az_inv_01	11000
	Az_inv_05	5000
Riscaldamento	Az_clima_02	4000
Raffrescamento	Az_clima_04	320
ACS	AZ_ACS_01	300
Ventilazione	AZ_Vent_01	150
FER	Az_FER_01	25200
Illuminazione	Az_Ill_01	
altro		
	TOTALE INVESTIMENTO	46000
	TEMPO RITORNO	> 15 anni
<i>NOTE</i>		
Lo scenario punta a massimizzare l'efficienza del sistema edificio - impianto e la produzione da FER avvicinandolo alla definizione di nZEB. Il TR è maggiore dello scenario 2 in quanto gli interventi sull'involucro sono costosi e poco influenti sul fabbisogno.		

Consiglio

Lo scenario produce una diminuzione del fabbisogno energetico di oltre l'80%, ma il tempo di ritorno supera i 15 anni a causa dei costosi interventi sull'involucro, inoltre prevede degli interventi che sono stati scartati dai partecipanti in maniera decisa. Lo scenario può essere valutabile solo in caso diventino necessari interventi di ripristino della muratura o nel caso si vogliano raggiungere valori di comfort molto più elevati grazie al miglior controllo della temperatura superficiale.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
		X		

Scenario di valorizzazione

Questo scenario raccoglie tutti gli interventi di efficientamento ed anche gli altri interventi di valorizzazione i dipendenti hanno suggerito per valorizzare l'edificio. Il decisore reputa possibile questo scenario solo nel caso esso possa essere levato a nuove funzioni che possano generare delle economie più forti, ma attualmente non ne vede la fattibilità. I costi ovviamente aumentano molto e non portano ad un miglioramento sensibile della prestazione e dei consumi, tuttavia l'obiettivo dell'intervento va oltre il mero efficientamento.

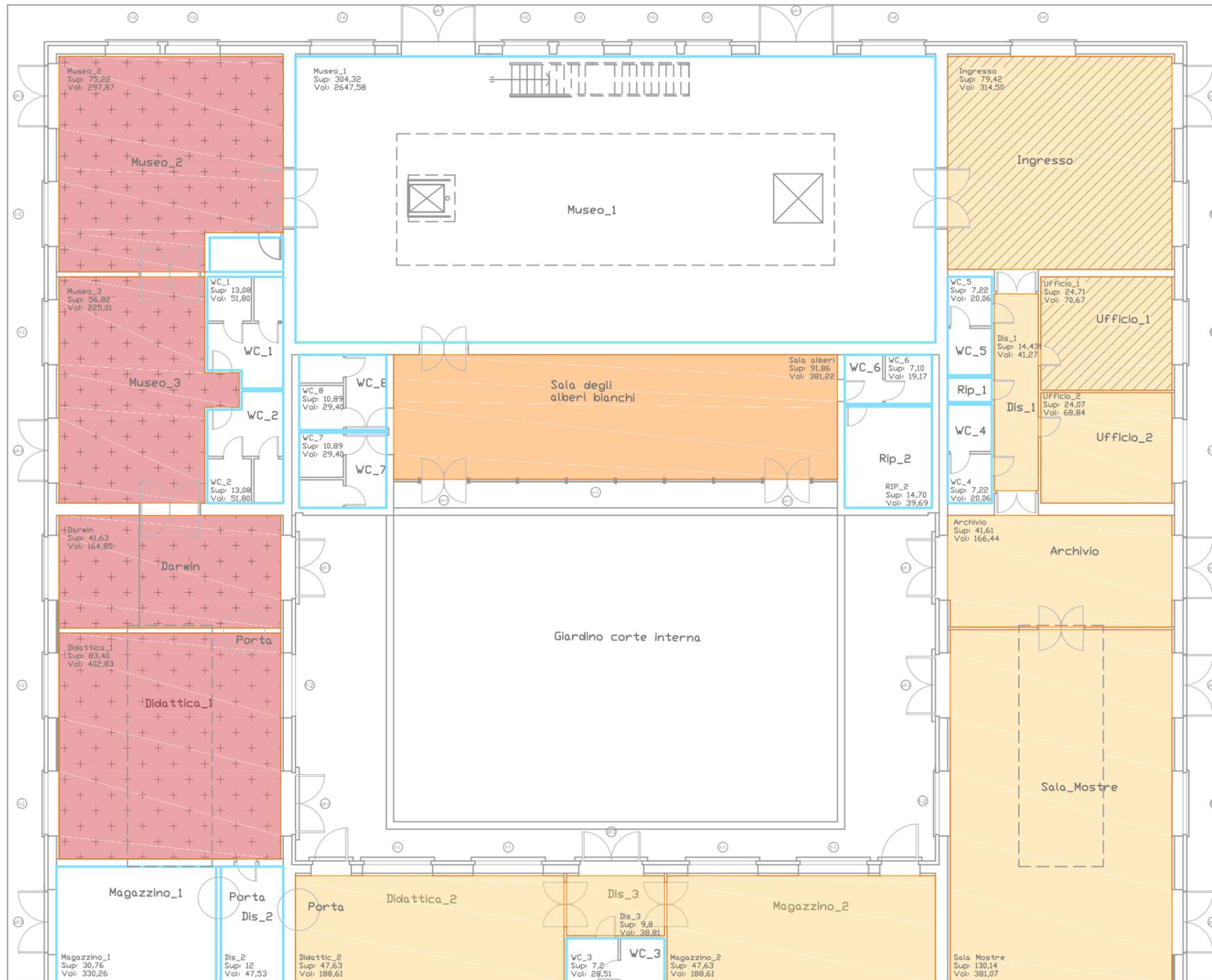
Scenario:	Scenario 4	
Obiettivo:	Raggiungimento del comfort della zona uffici, valorizzazione dell'edificio	
Elemento	Azione	Costo intervento
involucro	AZ_inv_05 (da valutare in ottica di riduzione dei costi)	5000
	Az_inv_02/Az_inv_03	35000
	Az_inv_04	6000
Riscaldamento	Az_clima_01 (valutato in alternativa di Az_clima_02/03)	4000
Raffrescamento	Az_clima_04	320
ACS	AZ_ACS_01	300
Ventilazione	AZ_Vent_01	150
FER	Az_FER_01	25200

illuminazione	Az_III_01	?
altro		
	TOTALE INVESTIMENTO	75000
	TEMPO RITORNO	nessuno
<p><i>NOTE</i> È uno scenario volto a valorizzare l'edificio con interventi volti al recupero di parti non utilizzate in maniera continua. È consigliabile anche l'installazione dell'impianto fotovoltaico per migliorare l'efficienza dell'edificio ma ciò produce un forte aumento dei costi</p>		

Consiglio

Lo scenario non ha un vero tempo di ritorno, la prestazione energetica ottenibile non è valutabile in quanto considera parti non riscaldate e non modellate nella zona termica attuale. Allo stato attuale non è consigliabile, salvo progetti di valorizzazione complessivi e studi più approfonditi.

Fortemente sconsigliato	Sconsigliato	Valutare, in particolari condizioni	Consigliato	Fortemente consigliato
	X			



Ingresso

USO AMBIENTI DI PROGETTO

-  Ambiente non Climatizzato
-  ZONA 1 - Ambiente Climatizzato
Generatore non funzionante
-  ZONA 2 - Ambiente Climatizzato
Generatore operativo
-  ZONA 3 - Ambiente Climatizzato
Generatore non funzionante

USO ATTUALE DEGLI AMBIENTI

-  Presenza Continua ed utilizzo di soster integrativi (stufette elettriche ad aria ed ad irraggiamento)
-  Utilizzo saltuario dell'impianto di zona,

EDIFICIO IN ADERENZA EX PADIGLIONE FORGE FALEGNAMERIA TORNERIA

PAR SOTACARBO
2017-18  SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE

Diagnosi Energetica
Museo PAS

TAVOLA 1
Planimetria Zone
Termiche scala 1:200

Stefano Pili
Caterina Frau
Eusebio Loria
Alessandra Madeddu
Francesca Poggi

Chiusure opache verticali - muri -

- Ch_Vert_01: Muratura Originale modificata (placcatura esterna e parete interna)
- Ch_Vert_02: Muratura Originale modificata (placcatura esterna)
- Ch_Vert_03: Muratura Lapidea Originale (muro in trachite restaurata)
- Ch_Vert_04: Laterizio Alveolare - 30cm -
- Ch_Vert_05: Laterizio alveolare - 20cm
- Ch_Vert_06: Laterizio Forato - 8cm -
- Ch_Vert_07: Confine con altro ambiente

Coperture

- Cop_01: Nuova Copertura lignea - sala museo -
- Cop_02: Nuova copertura - sala alberi -
- Cop_03: Copertura esistente ristrutturata - PT -
- Cop_04: Nuova soletta di copertura - Lucernai -
- Cop_05: Nuova copertura in laterizio - Nuovi volumi -

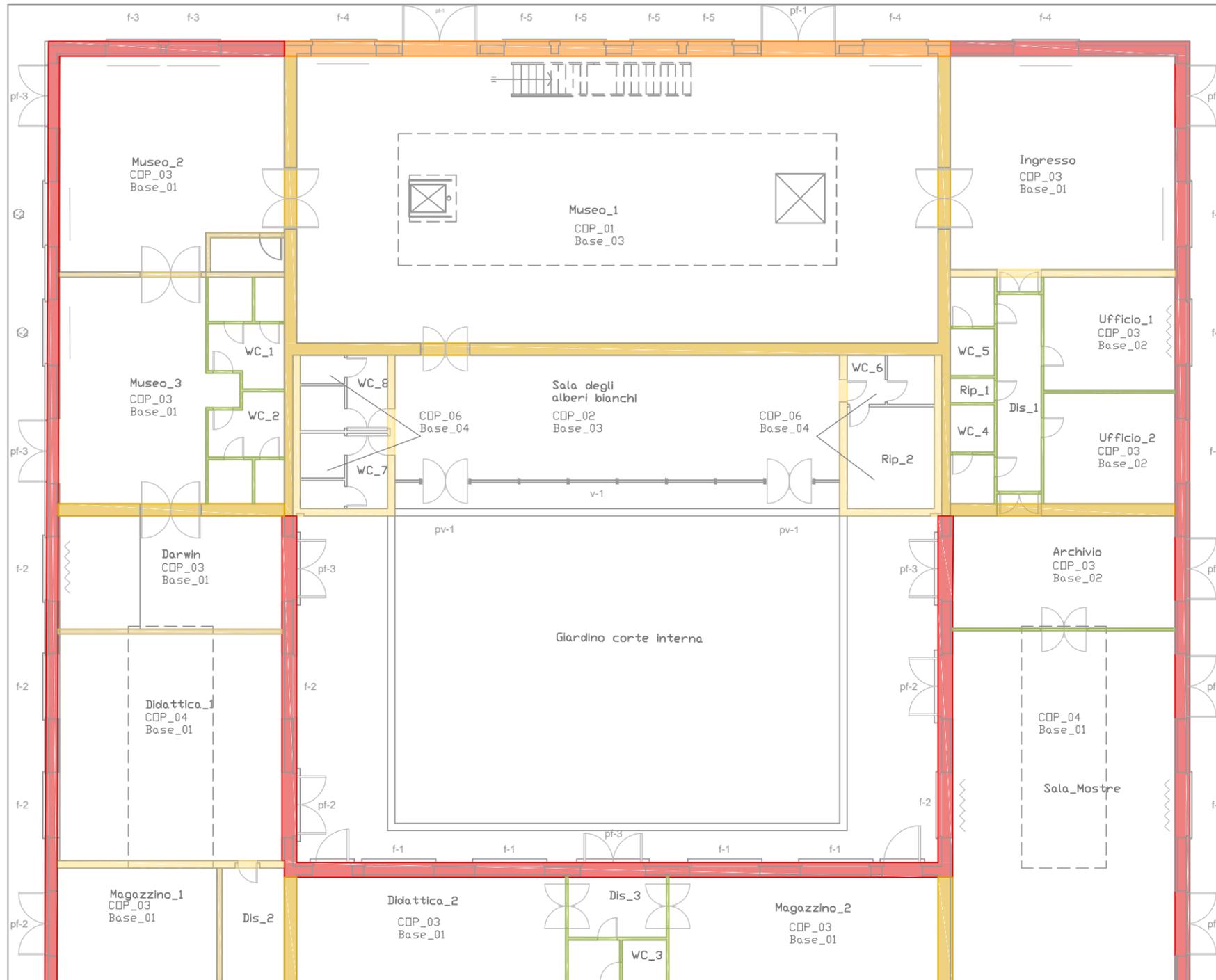
Chiusure di base

- Base_01: Pavimentazione industriale su esistente
- Base_02: Pavimentazione ceramica su esistente
- Base_03: Nuova pavimentazione industriale su casseri a perdere
- Base_04: Nuova pavimentazione ceramica su casseri a perdere

Chiusure mobili - infissi -

- pf-1 Portafinestra 3,00 x 3,45 - sopra quadro vetrato -
- pf-2 Portafinestra 2,52 x 2,77 - opaca -
- pf-3 Portafinestra 2,52 x 2,77 - opaca -
- pf-4 Portafinestra 1,50 x 2,77 - opaca -
- f-1 Finestra 2,72 x 1,50 - vetrata -
- f-2 Finestra 2,52 x 1,50 - vetrata -
- f-3 Finestra 2,00 x 1,50 - vetrata -
- f-4 Finestra 2,52 x 1,40 - vetrata -
- f-5 Finestra 1,77 x 1,40 - vetrata -
- pv-1 Portafinestra della vetrata 1,92 x 2,42
- V-1 Vetrata della sala alberi

- Finestra oscurata con elementi impropri (cartone, scatole,...)
- Tende interne in materiale plastico



EDIFICIO IN ADERENZA EX PADIGLIONE FORGE FALEGNAMERIA TORNERIA

PAR SOTACARBO
 2017-18

Diagnosi Energetica
Museo PAS

TAVOLA 2

Planimetria scala 1:200
 Involucro PT

Stefano Pili
 Caterina Frau
 Eusebio Loria
 Alessandra Madeddu
 Francesca Poggi

INVOLUCRO

Chiusure opache verticali - muri -

Ch_Vert_03: Muratura Lapidea Originale
(muro in trachite restaurata)

Coperture

Cop_01: Nuova Copertura lignea - sala museo -

Cop_04: Nuova soletta di copertura - Lucernai -

Chiusure di base

Base_01: Pavimentazione industriale su esistente

Base_03: Nuova pavimentazione industriale su
casseri a perdere

Chiusure trasparenti - infissi -

f-6 Finestra 2,09 x 0,93

f-7 Finestra 3,05 x 0,93

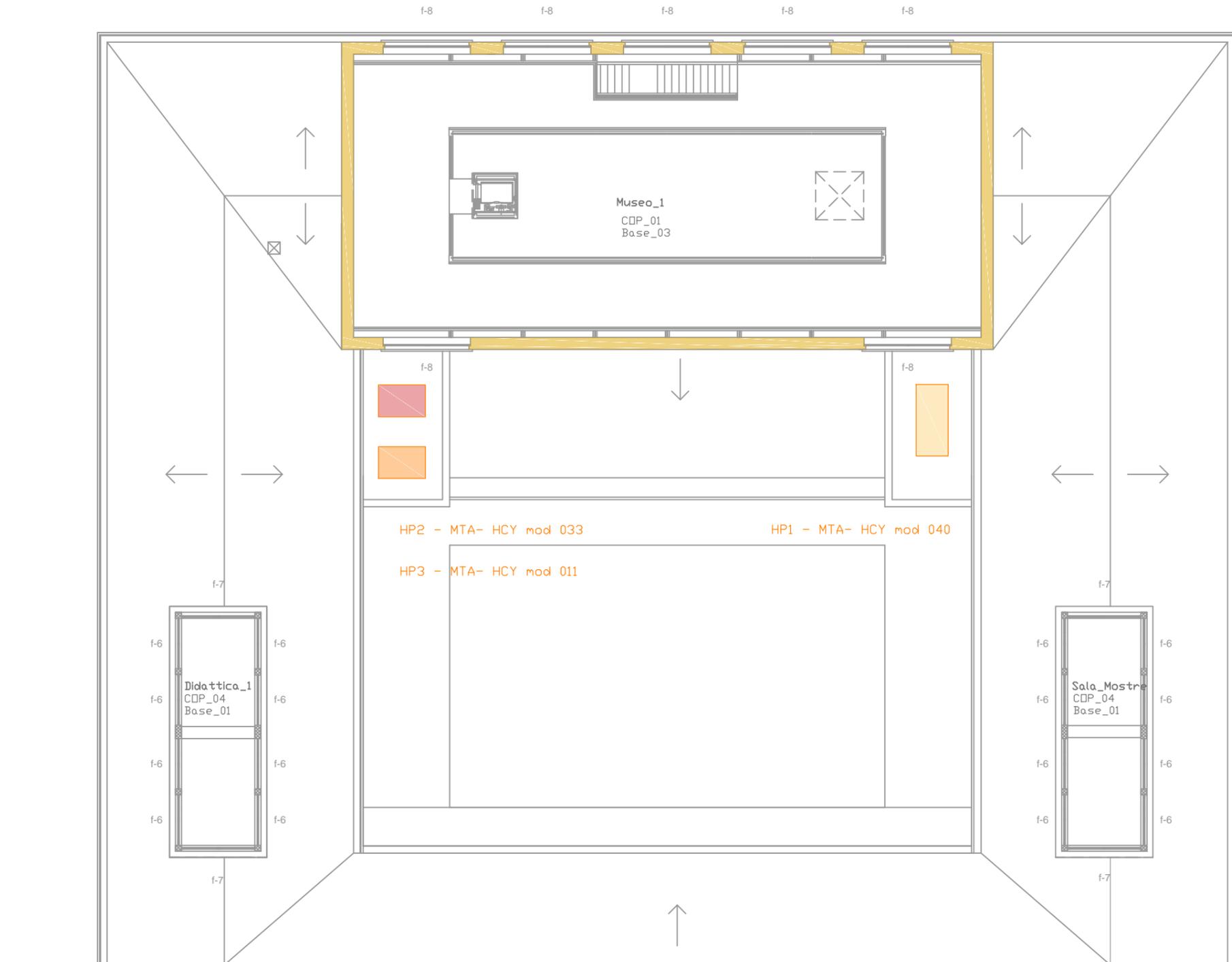
f-8 Finestra 3,50 x 1,12

CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA

HP ZONA 1 - MTA- HCY mod 040

HP ZONA 2 - MTA- HCY mod 033

HP ZONA 3 - MTA- HCY mod 011



PAR	SOTACARBO
2017-18	SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE
Diagnosi Energetica Museo PAS	
TAVOLA 3	
Planimetria scala 1:200 Involucro P1	
Stefano Pili Caterina Frau Eusebio Loria Alessandra Madeddu Francesca Poggi	

CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA

Zone termiche

- Ambiente non Climatizzato
- Ambiente Climatizzato, ZONA 1, 1_MTA- HCY mod 040, 17 VC
- Ambiente Climatizzato, ZONA 2, 2_MTA- HCY mod 033, 10 VC
- Ambiente Climatizzato ZONA 3, 3_MTA- HCY mod 011, 3 VC
- Termostato di zona

VentilConvettori

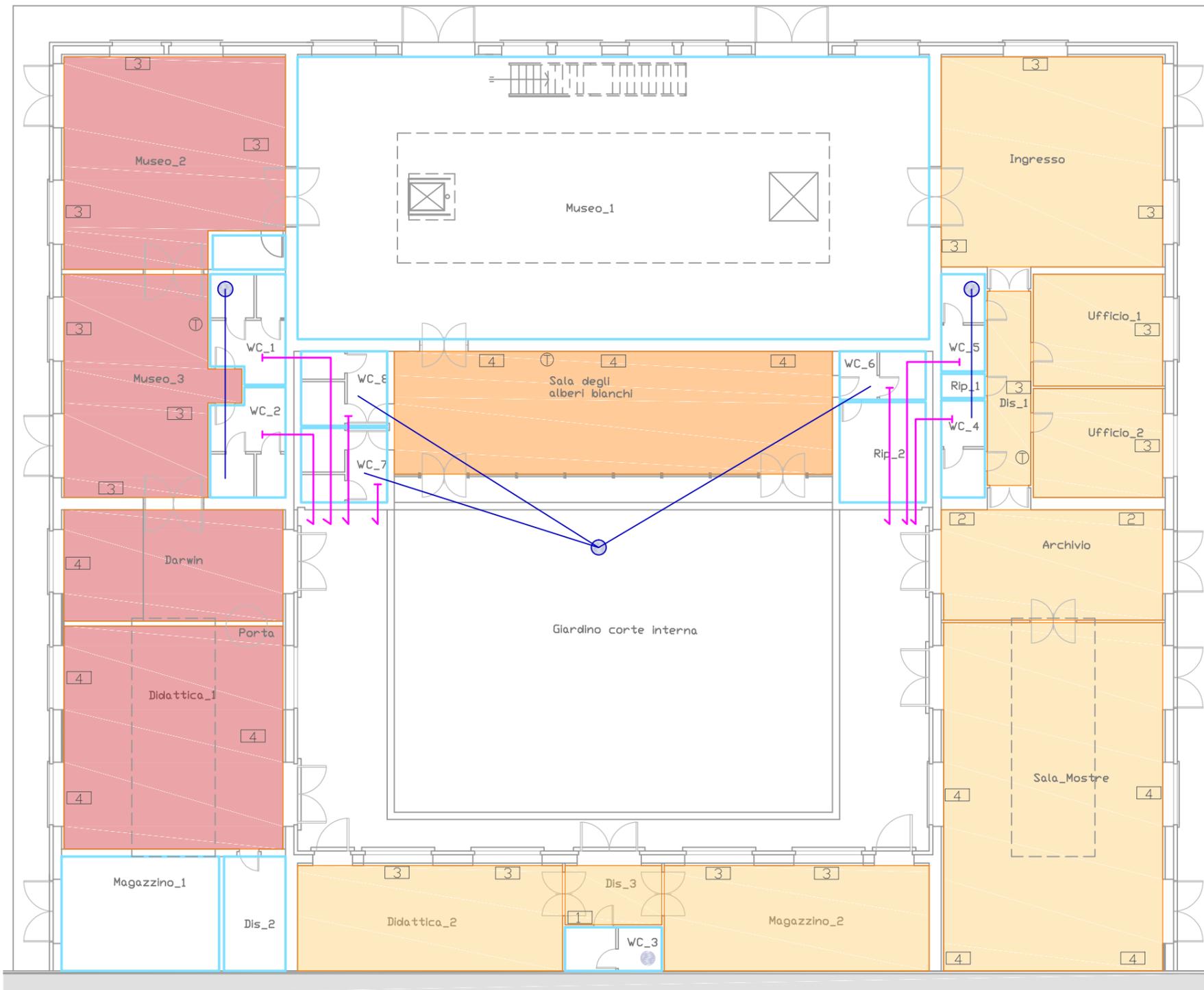
- 1 VC_TIPO_1: MTA - Mistral (frig. 1275/risc. 2654 W) Quantità: n°1
- 2 VC_TIPO_2: MTA - Mistral (frig. 1781/risc. 3621 W) quantità: n°2
- 3 VC_TIPO_3: MTA - Mistral (frig. 2685/risc. 5328 W) quantità: n°16
- 4 VC_TIPO_4: MTA - Mistral (frig. 3670/risc. 7413 W) quantità: n°11

Areazione Forzata

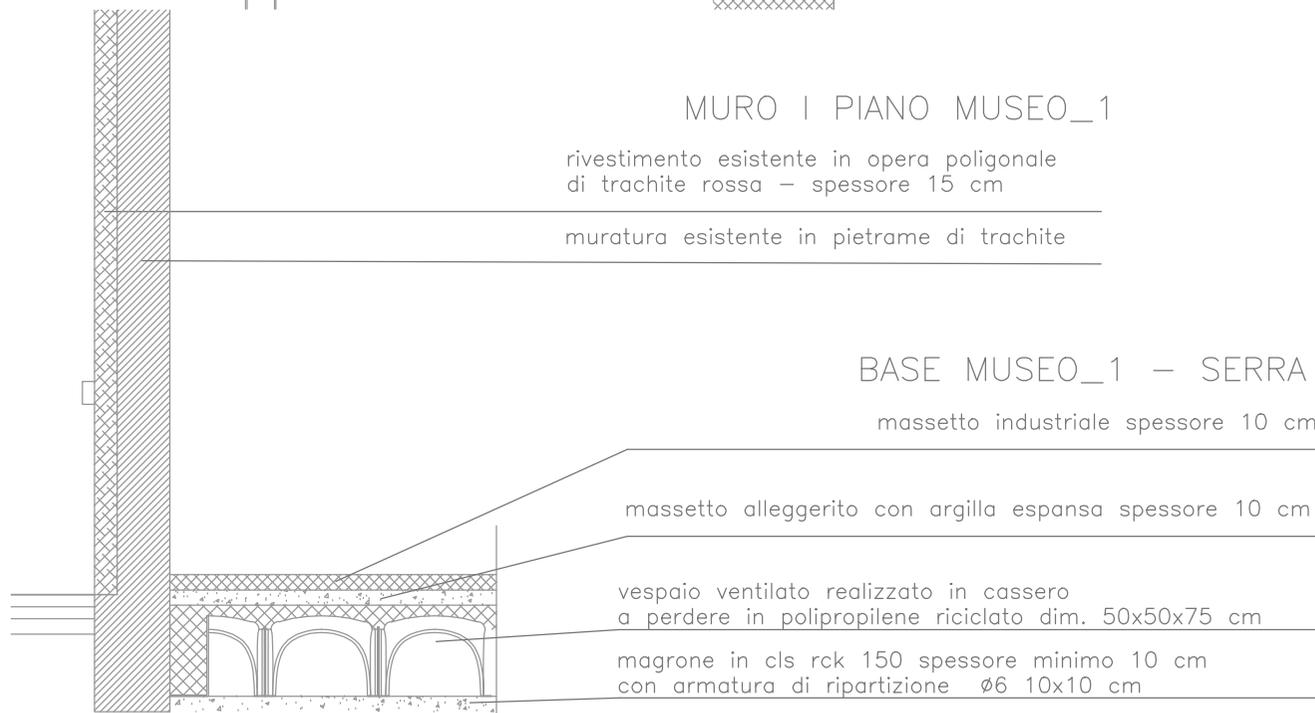
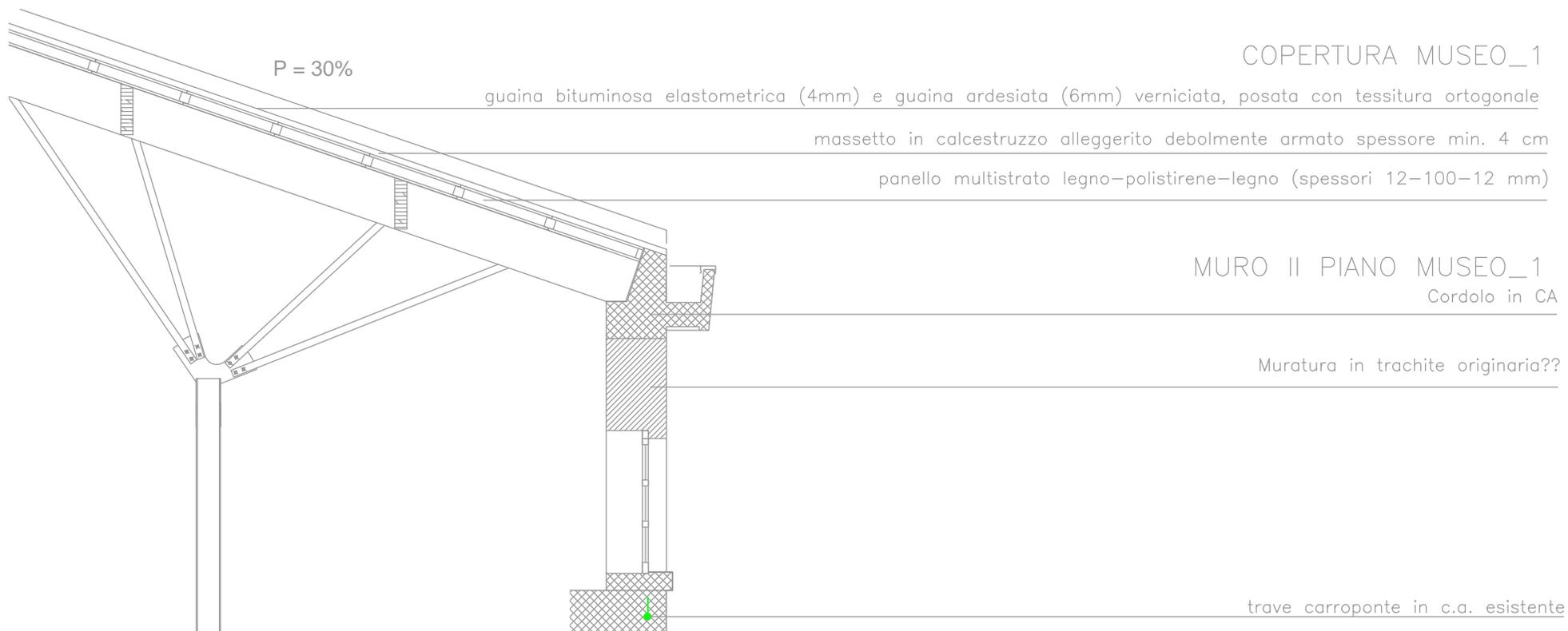
- ↓ Emissione dell'aerazione forzata
- ↑ Presa dell'aerazione forzata

Acqua Calda Sanitaria (ACS)

- Bollitore elettrico ad accumulo

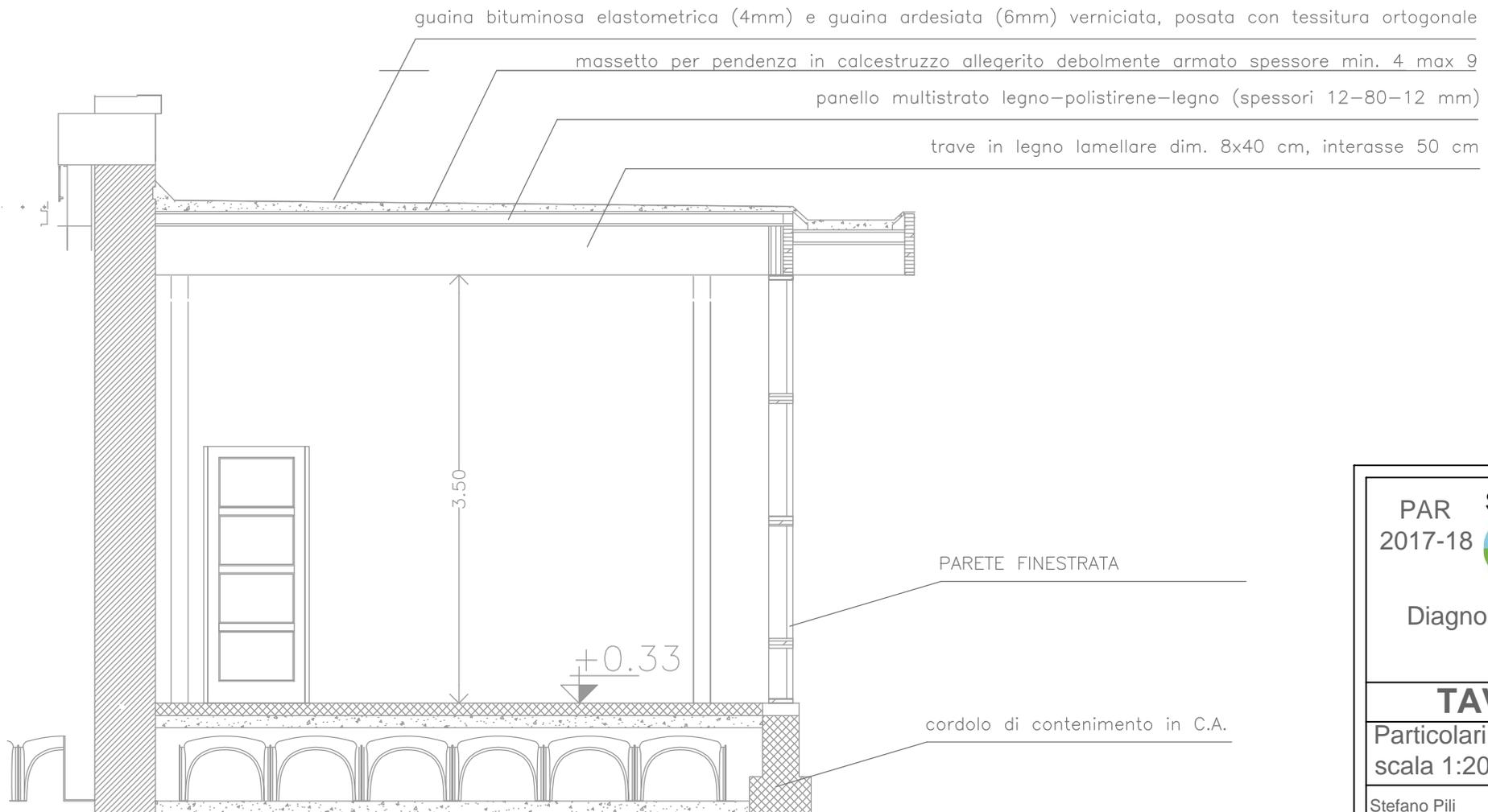


<p>PAR 2017-18</p> <p>SOTACARBO SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE</p>
<p>Diagnosi Energetica Museo PAS</p>
<p>TAVOLA 4</p>
<p>Planimetria scala 1:200</p> <p>Impianti</p>
<p>Stefano Pili Caterina Frau Eusebio Loria Alessandra Madeddu Francesca Poggi</p>



<p>PAR 2017-18</p> <p>SOTACARBO SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE</p>  <p>Diagnosi Energetica Museo PAS</p>
<p>TAVOLA 5</p>
<p>Particolari 1 scala 1:50</p>
<p>Stefano Pili Caterina Frau Eusebio Loria Alessandra Madeddu Francesca Poggi</p>

COPERTURA SALA ALBERI



PAR SOTACARBO
2017-18  SUSTAINABLE ENERGY
RESEARCH CENTRE

Diagnosi Energetica
Museo PAS

TAVOLA 6

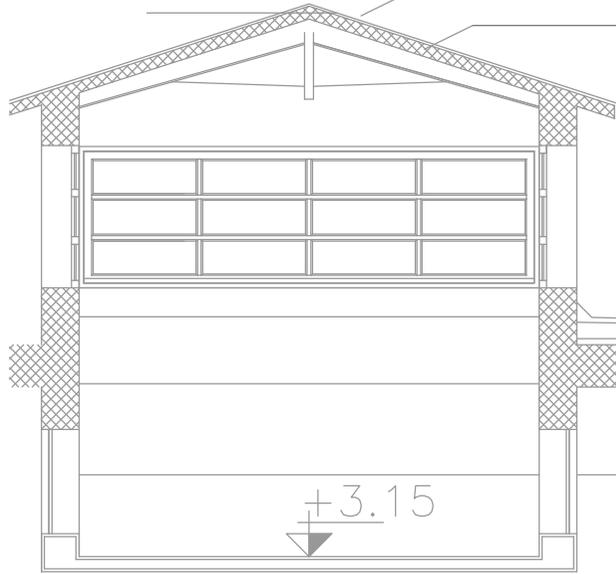
Particolari 2
scala 1:20

Stefano Pili
Caterina Frau
Eusebio Loria
Alessandra Madeddu
Francesca Poggi

COPERTURA LANTERNA

guaina bituminosa elastometrica (4mm) e guaina ardesiata (6mm) verniciata, posata con tessitura ortogonale

soletta in C.A. di nuova costruzione – spessore 8 cm



COPERTURA PIANO TERRA

guaina bituminosa elastometrica (4mm) e guaina ardesiata (6mm) verniciata, posata con tessitura ortogonale

massetto per pendenza in cls alleggerito debolmente armato 1/∅ 6 /20 cm

pannello coibente in poliestirene spessore 4 cm

solaio esistente

P = 2%

MURATURA ESISTENTE MODIFICATA

fodera di mattoni forati – spessore 8 cm

muratura esistente in pietrame di trachite

rivestimento esistente in opera poligonale di trachite rossa – spessore 15 cm

BASE PIANO TERRA

massetto industriale spessore 10 cm

massetto alleggerito con argilla espansa spessore 10 cm

massetto in cls esistente

+3.15

+0.33

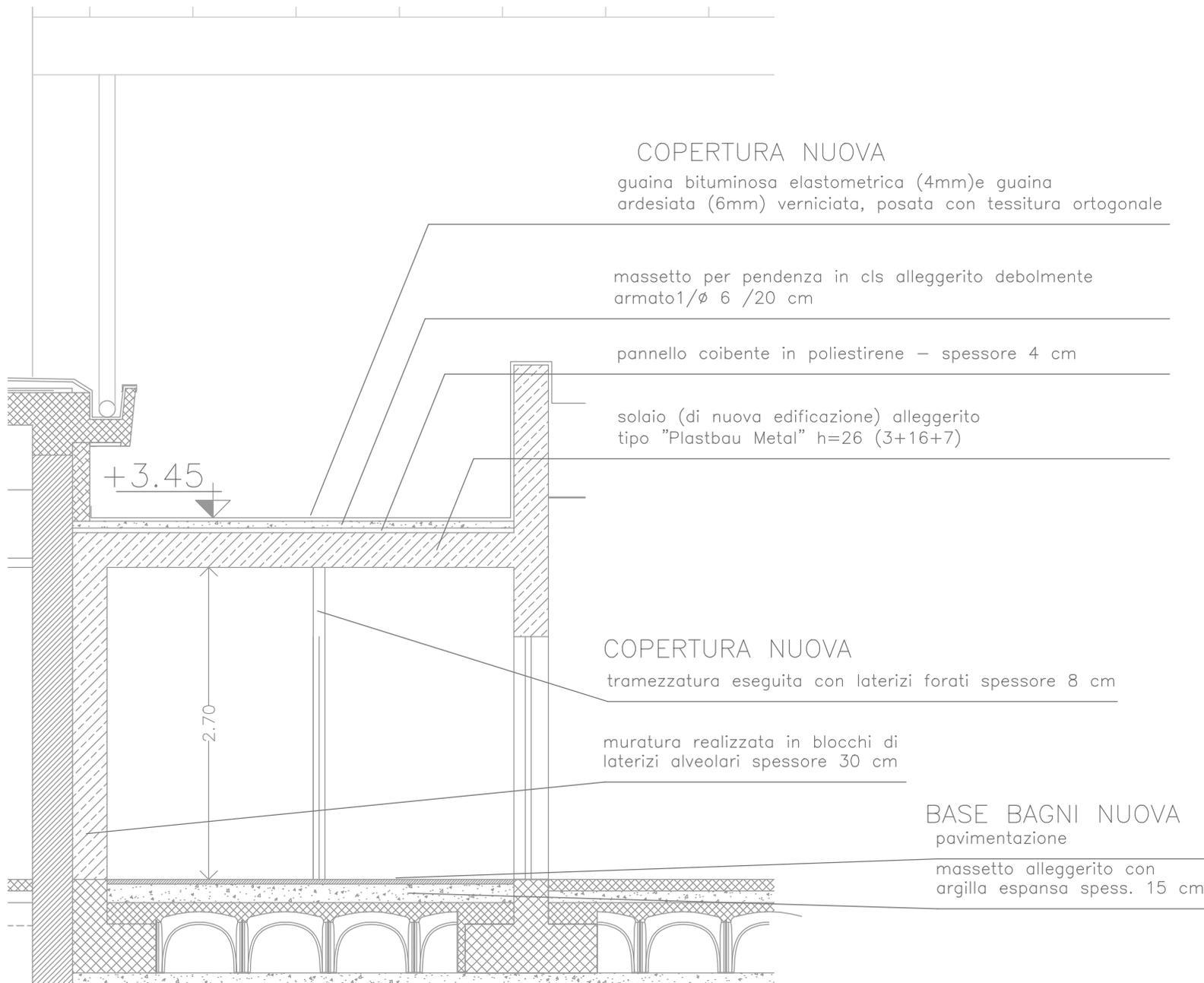
PAR 2017-18  SOTACARBO
SUSTAINABLE ENERGY
RESEARCH CENTRE

Diagnosi Energetica
Museo PAS

TAVOLA 7

Particolari 3
scala 1:20

Stefano Pili
Caterina Frau
Eusebio Loria
Alessandra Madeddu
Francesca Poggi



<p>PAR 2017-18</p> <p>SOTACARBO SUSTAINABLE ENERGY RESEARCH CENTRE</p>  <p>Diagnosi Energetica Museo PAS</p>
<p>TAVOLA 8</p>
<p>Particolari 4 scala 1:20</p>
<p>Stefano Pili Caterina Frau Eusebio Loria Alessandra Madeddu Francesca Poggi</p>