

REAL ALBERGO DEI POVERI

VALORIZZAZIONE E RIGENERAZIONE URBANA DEL REAL ALBERGO DEI POVERI
E DELL'AMBITO URBANO PIAZZA CARLO III, VIA FORIA, PIAZZA CAVOUR



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

**RELAZIONE DI SOSTENIBILITÀ DELL'OPERA E
STRATEGIA IMPIANTISTICA**

REV.02

CUP: B65F21000900001

Responsabile Unico del Procedimento:
Ing. Nicola Masella

Gruppo di lavoro:
dott.ssa Anna Arena
arch. Erika Fricchione
dott. Nicola Lamanda
arch. Irene Lettieri
dott.ssa Rossella Liguori
arch. Elvira Loffredo
ing. Michele Minieri
geom. Italo Ricci
dott. Fabio Russo
arch. Anna Scotto di Tella
dott.ssa Monica Vito

Con i contributi di:
prof. arch. Richard Michael Burdett - Burdett Associates Ltd, *supporto al responsabile unico del procedimento nel percorso di co-progettazione e di produzione di uno studio di inserimento urbanistico finalizzato alla definizione di scenari di recupero, riuso e sviluppo del Real Albergo dei Poveri*
Arup Italia srl, *supporto alla progettazione di fattibilità tecnica ed economica e studi sugli aspetti strutturali, impiantistici, ambientali e sulla sostenibilità complessiva dell'intervento*
prof. arch. Ferruccio Izzo, *esperto in rigenerazione città storiche*
prof. ing. Domenico Asprone, *esperto in processi e sistemi per l'innovazione tecnologica*
ing. Giuseppe Sabatino, *esperto in processi e sistemi per la logistica e la sicurezza*

Con la consulenza scientifica (accordo di collaborazione ex art. 15 della L.241/1990) per il Restauro architettonico di:
Dipartimento di Architettura – Università degli Studi di Napoli Federico II
Responsabile scientifico: **prof. arch. Renata Picone**
Gruppo di lavoro: **prof. arch. Luigi Veronese**, **prof. arch. Mariarosaria Villani**, **arch. Luigi Cappelli**, **arch. Sara Iaccarino**, **arch. Giulia Proto**, **arch. Davide Galleri**, **arch. Laura De Riso**, **arch. Francesco Aloï**

1. INTRODUZIONE

- 1.1 Premessa e oggetto della relazione

2. PRINCIPI DEL RECUPERO SOSTENIBILE

- 2.1 Approccio progettuale del recupero sostenibile
- 2.2 Inquadramento legislativo e policy framework per l'Italia e l'Europa
- 2.3 Resilienza e adattabilità al cambiamento climatico
- 2.4 Decarbonizzazione e l'approccio Net Zero Carbon
- 2.5 Circolarità e l'approccio Whole Life Cycle

3. STRATEGIE DI CIRCOLARITÀ DELL'INTERVENTO

- 3.1 Flessibilità organizzativa e funzionale
- 3.2 Riuso adattivo delle strutture esistenti e recupero architettonico
- 3.3 Iniziative e buone pratiche circolari per la comunità

4. CLIMA E VOCAZIONI FUNZIONALI

- 4.1 Il clima di Napoli
- 4.2 Strategie energetiche passive e vocazione climatica degli spazi

5. STRATEGIA IMPIANTISTICA

- 5.1 Introduzione
- 5.2 Infrastruttura esistente
- 5.3 Nuova infrastruttura principale

6. ADDENDUM: APPROFONDIMENTI E CHIARIMENTI IN MERITO AL SISTEMA IMPIANTISTICO

7. ADDENDUM: APPROFONDIMENTI SULLE TIPOLOGIE DI IMPIANTO

- 7.1 Condizioni ambientali
- 7.2 Tipologie impiantistiche

1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa e oggetto della relazione

Il progetto di recupero del Real Albergo dei Poveri si inserisce in una strategia ad ampio spettro di promozione di economie, territori e comunità zero carbon e rigenerative, tramite l'individuazione di opportunità di integrazione di soluzioni circolari per raggiungere gli obiettivi resilienza, adattamento ai cambiamenti climatici e decarbonizzazione.

La strategia del recupero sostenibile ha pertanto i seguenti obiettivi:

- ✓ **Valorizzare**, rendere più **efficienti e sviluppare attività socio-culturali** in spazi attualmente privi di caratteristiche idonee a garantirne l'agibilità e le adeguate condizioni che necessitano di significativi interventi di recupero e manutenzione.
- ✓ Favorire un **approccio sistemico** per la transizione verso una **economia circolare** a diverse scale (allestimenti e fit-out, interventi di recupero dell'esistente, quartiere e città) e ambiti di applicazione (edilizia, cibo, rifiuti, verde, acqua) attraverso strategie che promuovano la logistica di ritorno, il green procurement, la riduzione degli sprechi, modelli di gestione del riuso
- ✓ Promuovere l'insediamento di un **nuovo polo culturale, artistico e produttivo**, restituendo l'edificio alla cittadinanza offrendo la possibilità di prendere parte alle molteplici attività che si andranno a insediare nel corso degli anni.
- ✓ Garantire elevati standard di qualità e funzionalità e si dovrà caratterizzare per un approccio orientato alla **sostenibilità ambientale**, puntando su **soluzioni innovative, resilienti rispetto ai cambiamenti climatici** e in grado di **ridurre le emissioni di gas effetto serra**.

2. PRINCIPI DEL RECUPERO SOSTENIBILE

2.1 Approccio progettuale del recupero sostenibile

Questo paragrafo illustra le strategie e gli approcci adottati per il recupero sostenibile con l'obiettivo di ridurre al minimo non solo le emissioni di gas serra, ma anche la produzione di rifiuti e di sostanze inquinanti, e integrando le questioni energetiche e di durabilità dei sistemi e dei componenti, al fine di ottimizzare le prestazioni, la qualità e la sicurezza degli spazi interni ed esterni e la mitigazione degli impatti climatici, attraverso un approccio circolare e rigenerativo per raggiungere gli obiettivi Net Zero Carbon del progetto.

Infatti, al fine di raggiungere gli obiettivi di sostenibilità rappresentati dell'accordo di Parigi, è necessario un cambiamento verso una progettazione **rigenerativa** che non solo apporti una riduzione degli impatti, ma massimizzi la possibilità di influire positivamente con benefici ambientali, sociali ed economici.

Nello specifico, il progetto integra i seguenti principi:



Riduzione delle emissioni di carbonio e approccio LCA per la riduzione dell'input di risorse primarie, dei consumi energetici e della generazione di rifiuti da costruzione e demolizione



Circolarità e approccio rigenerativo attraverso l'ottimizzazione delle risorse, la progettazione modulare e prefabbricata, la progettazione per il disassemblaggio, la durabilità, la facilità di manutenzione;



Resilienza dei sistemi edilizi che possono essere riconfigurati nel tempo, mantenendo il loro uso e valore di mercato e con una ridotta impronta di carbonio: progettazione per l'adattabilità e la flessibilità.

2.2 Inquadramento legislativo e policy framework per l'Italia e l'Europa

L'accordo di Parigi sui cambiamenti climatici e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite hanno stabilito i driver di sostenibilità, recepiti dall'Unione Europea e dai suoi Stati membri con una risposta esemplare costituita dal Green Deal, come principale strategia di transizione dell'economia europea verso un modello sostenibile.

Presentato nel dicembre 2019, l'obiettivo generale del Green Deal è che l'Unione Europea diventi il primo continente a neutralità climatica entro il 2050.

Nasce quindi la tassonomia europea, un sistema di classificazione basata su criteri misurabili e quantificabili, in grado di fornire alle imprese, agli investitori e ai responsabili politici definizioni appropriate di quali attività economiche possono essere considerate sostenibili dal punto di vista ambientale e sociale, e che quindi svolge un ruolo importante nell'attuazione del Green Deal europeo, contribuendo a indirizzare gli investimenti dove sono più necessari e aiutando le aziende a diventare più rispettose del clima, ma al contempo creando sicurezza per gli investitori.

In aggiunta a tali indirizzi europei, a livello italiano i principali policy framework sono rappresentati dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e il green public procurement con i Criteri Ambientali Minimi (CAM) che hanno lo scopo di selezionare i prodotti, i servizi o i lavori migliori sotto il profilo ambientale.



Figura 1 Policy framework per l'Italia e l'Europa

2.3 Resilienza e adattabilità al cambiamento climatico

L'intervento sul Real albergo dei poveri, dovrà quindi implementare misure per un ambiente costruito che sia in grado di adattarsi al clima futuro, garantendo l'operatività degli edifici e la fruizione degli spazi esterni, e potenzialmente di avere un impatto rigenerativo sull'ambiente, attraverso la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico e la minimizzazione dell'utilizzo di risorse.

L'intervento dovrà mirare a rigenerare gli spazi verdi delle corti e delle coperture adibite ad orti urbani, massimizzando il potenziale bioclimatico delle corti stesse.

A tale scopo, le pavimentazioni esterne e le coperture degli edifici avranno finiture ad elevata riflettanza, indicativamente compresa tra 0.33 e 0.5 per limitare il loro surriscaldamento evitando allo stesso tempo problemi di abbagliamento. L'evapotraspirazione vegetale e i giochi d'acqua contribuiranno al raffrescamento delle corti e alla riduzione dell'effetto isola di calore.

2.4 Decarbonizzazione e l'approccio Net Zero Carbon

Il contesto normativo europeo prevede che il settore edilizio dovrà essere completamente decarbonizzato entro il 2050 e ridurre le proprie emissioni del 50% entro il 2030 per rispettare gli impegni climatici a livello europeo. L'edilizia ha inoltre il più alto consumo di materie prime ed è responsabile di circa un terzo di tutti i rifiuti prodotti nell'UE.



Figura 2 Gli impatti ambientali e i target globali di decarbonizzazione

Al fine del raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione, il progetto si propone di implementare strategie per la riduzione dell'impronta di carbonio, sia legata al funzionamento dell'edificio e dei consumi energetici (**operational carbon**) sia relativa ai materiali utilizzati (**embodied carbon**) in un'ottica di economia circolare.

La strategia ottimale per la riduzione delle emissioni segue una logica incrementale, applicabile sin dalle prime fasi progettuali e di concept. Secondo questa struttura, la prima azione per il raggiungimento della neutralità carbonica per l'**operational carbon** è la definizione di strategie passive per la riduzione del fabbisogno energetico degli edifici.

Si procede, quindi, con la progettazione dei sistemi attivi estremamente efficienti e in linea con gli approcci più innovativi a livello globale, includendo sistemi di gestione dell'edificio che regolino il funzionamento degli impianti secondo le effettive necessità, minimizzando i consumi energetici e garantendo un livello comfort termico ottimale per gli utilizzatori. In ultimo si procede a bilanciare il consumo energetico attraverso la produzione di energia rinnovabile on-site e l'utilizzo di energia verde certificata.

Per la componente di **embodied carbon**, si considera l'intero ciclo di vita dei materiali e degli edifici, partendo dal minimizzare la necessità di nuove costruzioni attraverso il riutilizzo e la trasformazione dell'esistente. Si passa poi alla definizione di strutture in grado di essere riconfigurabili nel tempo, mantenendo il loro uso e valore di mercato e adattandosi a future esigenze e trend.

Segue infine una progettazione efficiente, finalizzata all'ottimizzazione delle risorse e dei materiali impiegati, favorendo l'uso di materiali e componenti edilizi a basso impatto, certificati, naturali e/o con contenuto di riciclato e prediligendo, dove possibile, tecnologie e metodologie di costruzione per l'assemblaggio e che siano durevoli, facilmente mantenibili e smontabili per il riutilizzo a fine vita, minimizzando così la quantità di rifiuti prodotti. È infine possibile compensare le emissioni associate al progetto con offset certificati.

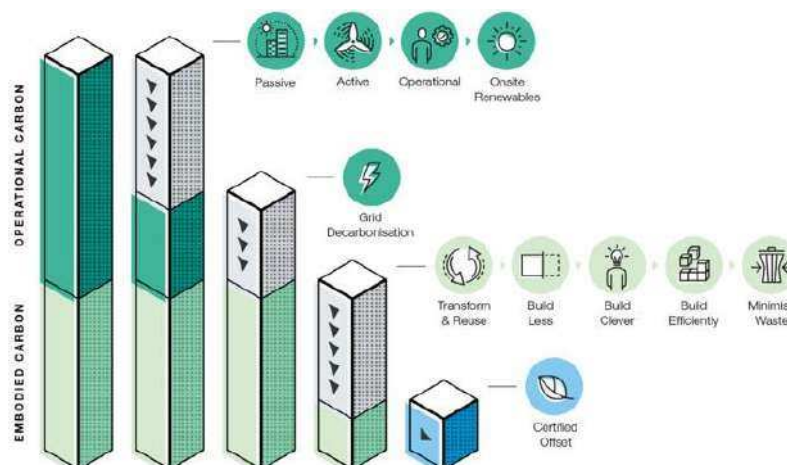


Figura 3 Approccio di decarbonizzazione per la riduzione dell'operational ed embodied carbon

2.5 Circolarità e l'approccio Whole Life Cycle

L'integrazione dei principi di economia circolare nel progetto ha l'obiettivo di creare un sistema che sia riparativo e rigenerativo e che mantenga materiali, componenti e sistemi al massimo livello di utilità e valore lungo il loro ciclo di vita, consentendo un uso sostenibile delle risorse naturali con l'obiettivo di creare e mantenere un valore economico, sociale ed ecologico.

Le città sono fondamentali nella transizione verso un'economia circolare. Prevedere strategie che consentano di ricostruire i centri urbani offre grandi opportunità per transizione verso un'economia circolare attraverso identificazione di soluzioni costruttive che integrino l'efficienza delle risorse, la durabilità degli interventi, la flessibilità organizzativa e funzionale, l'adozione di materiali a basso impatto, verso un approccio progettuale verso il fine vita in un'ottica di *whole life cycle*. Non solo, il progetto si pone come mezzo di promozione e comunicazione di tali principi in stretta connessione con la comunità, in modo da accogliere la circolarità in tutti gli aspetti della vita urbana.

Pertanto, i principi dell'economia circolare forniscono al progetto il giusto quadro di riferimento attraverso l'applicazione del **Circular Buildings Toolkit** per affrontare gli obiettivi di decarbonizzazione attraverso un approccio rigenerativo che considera l'intero ciclo di vita di componenti e sistemi.

Il Circular Building Toolkit è stato sviluppato da Arup in collaborazione con la Ellen MacArthur Foundation con l'obiettivo di contestualizzare e tradurre i principi dell'economia circolare al settore edilizio, derivati dall'analisi delle migliori pratiche e del quadro politico e degli standard internazionali della Tassonomia e gli EU Level(s).



Figura 4 Circular Buildings Toolkit, Arup e Ellen MacArthur Foundation

Il Circular Building Toolkit propone un quadro progettuale e una gerarchia forti e chiari, attraverso la definizione di quattro strategie chiave, illustrate di seguito. Questi principi seguono una struttura di priorità basata sull'impatto che possono generare se considerati nei progetti edilizi:

- **Non costruire nulla** – *Riduzione di input di nuovi materiali vergine*
- **Costruire per l'estensione del ciclo di vita** - *Progettazione per l'adattabilità e la durabilità, smontabilità e il recupero a fine vita*
- **Costruire in modo efficiente** – *Progettazione efficiente e ottimizzazione dei materiali, Prefabbricazione e modularità (Design for Manufacturing and Assembly)*
- **Costruire con materiali a basso impatto** – *Adozione di materiali con contenuti di riciclato, naturali, locali e certificati*

Nel capitolo "Strategie di circolarità dell'intervento" si riportano le azioni di implementazione dei principi di circolarità delineati dal Circular Building Toolkit e la loro declinazione nella progettazione dell'intervento.

3. STRATEGIE DI CIRCOLARITÀ DELL'INTERVENTO

3.1 Flessibilità organizzativa e funzionale

L'intervento dovrà avere un carattere di flessibilità organizzativa e funzionale per consentire:

- Lo sviluppo del progetto per fasi incrementali
- La possibilità di svincolare l'infrastruttura impiantistica principale (centrali e distribuzioni principali) dagli interventi impiantistici all'interno dei singoli ambienti.

L'intervento darà priorità alla rigenerazione della corte centrale e degli spazi al piano terra che, per vocazione, sono maggiormente collegati alla città e ne costituiscono una naturale estensione. La riattivazione della corte centrale e degli spazi al piano terra innescherà la riattivazione delle corti laterali e spazi ai piani superiori. La strategia offrirà la massima flessibilità dando indipendenza impiantistica alle tre corti. La strategia di recupero dovrà inoltre svincolare l'infrastruttura impiantistica principale dagli interventi impiantistici necessari all'interno degli ambienti, così da dotare in una prima fase l'edificio di una infrastrutturazione permanente efficiente ed ottimizzata al servizio delle tre corti senza intervenire sull'intero edificio. Applicando l'analogia landlord/tenant, le centrali e le distribuzioni principali costituiranno l'impianto 'landlord', mentre si lascerà ai singoli 'tenants' il compito di equipaggiare tecnologicamente gli ambienti in base ai requisiti delle specifiche funzioni.

Tale approccio a favore della versatilità e convertibilità degli spazi "tenants" è in linea con i principi di circolarità in quanto prevede la realizzazione di una struttura impiantistica e costruttiva robusta e durevole in quanto adattabile alle molteplici funzioni e condizioni di occupazione nel corso del ciclo di vita dell'edificio.

I benefici ambientali apportati da tale approccio sono pertanto riassumibili in:

- Riduzione delle emissioni di carbonio lungo il ciclo di vita
- Riduzione dell'estrazione di materiali e produzione di rifiuti
- Mantenimento del valore del bene durante la sua vita utile

Al fine di minimizzare l'input e l'output di risorse per la gestione degli usi temporanei e mutevoli, si prevede pertanto la realizzazione di "box in box", ovvero di strutture prefabbricate e modulari, in grado di riconfigurarsi nel tempo, leggere e costituite da materiali a basso impatto ambientale (ad es. materiali con contenuto di riciclato, legno, isolanti naturali, etc.), che perseguono il principio della progettazione per strati o *layer*, a favore della smontabilità di finiture e rivestimenti, mantenendo intatta la struttura principale, al fine di favorire l'adattabilità architettonica ed estetica degli spazi al variare della destinazione d'uso ospitata. Tale approccio consente di minimizzare l'input e l'output di risorse per la gestione degli usi temporanei e mutevoli.



Figura 5 Flessibilità delle funzioni tramite strategia "box in box"

3.2 Riuso adattivo delle strutture esistenti e recupero architettonico

Il progetto mira alla riconversione delle strutture esistenti in modo sostenibile per soddisfare nuove esigenze e scopi futuri, celebrandone le caratteristiche storiche e culturali distintive e migliorandone al contempo le prestazioni e la funzionalità tramite un'attenta riparazione e adattamento.

Oltre ai benefici per l'ambiente, la trasformazione e il recupero gli edifici esistenti spesso offre notevoli vantaggi commerciali e sociali rispetto alla demolizione e ricostruzione al fine di creare luoghi caratteristici per gli occupanti e preservare il valore patrimoniale per le comunità.

Le strategie di recupero e consolidamento strutturale prevedono interventi mirati alla messa in sicurezza delle porzioni dell'edificio che hanno subito crolli e alla rifunzionalizzazione degli spazi e dei collegamenti verticali, tramite un approccio integrato con la definizione dei possibili usi futuri al fine di minimizzare i materiali e le risorse impiegate, evitando sovraccarichi laddove troppo oneroso in termini di rinforzi strutturali, e sfruttando le risorse residue del manufatto esistente quanto più possibile.

La validità di tale approccio in un'ottica di economia circolare prevede un ribaltamento del processo decisionale, in cui i possibili usi e funzioni sono frutto e conseguenza diretta del **valore residuo delle strutture esistenti**, al fine di conservare gli equilibri esistenti. Laddove necessario, invece, e solo in condizioni estreme, si prevedranno **interventi di consolidamento e ricostruzione** mirati e puntuali, non massivi, al fine di preservare il valore storico-artistico dell'esistente minimizzando il consumo di nuovi materiali e risorse. Le possibili strategie preliminari di intervento individuate sono in linea con l'approccio che si intende utilizzare per i beni vincolati e di pregio, senza snaturare la fabbrica ed il suo valore storico. Si tratta infatti di **interventi volti al ripristino** dei materiali, muratura, calcestruzzo e acciaio, al fine di preservarne le caratteristiche meccaniche ma anche di restituire alle superfici una perfezione estetica. Tra questi si possono elencare l'intervento di *scuci e cucì* e la *ristilatura dei giunti* sull'apparato murario, il *rispristino del calcestruzzo e delle barre di armatura* con un'adeguata scelta dei materiali da utilizzare. Altra tipologia di **interventi** sono quelli di **rinforzo**, necessari a salvaguardare la sicurezza strutturale, statica e sismica, della struttura. Questi sono stati individuati tra i meno invasivi e quanto più possibile localizzati nel rispetto del contesto in cui verranno inseriti. Si potrà prevedere l'inserimento di tiranti, dove necessario, ricorrere ad iniezioni di miscele leganti volte al miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, demolizioni e ricostruzioni dove lo stato di ammaloramento è ormai troppo elevato.

Il **recupero architettonico** è in linea con tale approccio prevedendo l'adozione di materiali compatibili con le strutture esistenti, locali, come il tufo e i mattoni, o intonaci a calce, sebbene gli interventi di intonacatura saranno evitati laddove possibile, al fine di valorizzare la muratura a vista tramite operazioni di scialbatura. Identicamente, le pavimentazioni storiche verranno preservate e recuperate, in un'ottica di preservare l'eredità storica dell'edificio. Si prevede altresì di favorire il recupero di materiali e risorse destinate originariamente alla discarica, come il riutilizzo delle piastrelle originarie.

I benefici ambientali apportati da tale approccio sono pertanto riassumibili in:

- Riduzione delle emissioni di embodied carbon per l'adozione di materiali locali e naturali
- Riduzione dei rifiuti derivanti dalle opere di demolizione
- Riduzione al minimo dell'estrazione di nuove risorse per l'ottimizzazione dell'intervento strutturale
- Valorizzazione di materiali e componenti esistenti
- Protezione del patrimonio edilizio
- Vantaggio economico



Figura 6 Il recupero conservativo delle finiture e il riutilizzo degli elementi originali

3.3 Iniziative e buone pratiche circolari per la comunità

L'albergo dei Poveri si impegna tramite la sua rigenerazione a favorire la transizione circolare della città di Napoli promuovendo un cambiamento di paradigma non solo nella cultura del consumo ma anche in quella della produzione. A tal fine, l'educazione è essenziale per radicare questa consapevolezza della sostenibilità nei cittadini attuali e contribuire a influenzare le generazioni future.

La nuova vocazione del Real Albergo dei Poveri come centro socio-culturale prevede altresì l'integrazione di spazi legati all'artigianato, all'apprendistato e all'istruzione, ponendo la struttura come nuovo polo attrattivo e di promozione di buone pratiche di economia circolare. L'integrazione di funzioni come gli orti urbani, i *repair café*, i *fab-lab* per la promozione dell'*eco-design*, i *community sharing hub*, i mercati di seconda mano e del *vintage* consente la nascita di progetti comunitari localizzati e dimostrativi di come il concetto di circolarità possa essere un modello per aiutare a ridurre i rifiuti e i consumi, favorendo e promuovendo la riparazione e la condivisione, il recupero dell'usato e il riutilizzo, la produzione a chilometro zero, aumentando al contempo la coscienza sociale e la solidarietà della comunità.



Figura 7 Iniziative e buone pratiche di economia circolare per la comunità

4. CLIMA E VOCAZIONI FUNZIONALI

4.1 Il clima di Napoli

Il clima di Napoli è di tipo mediterraneo, con inverni miti e piovosi ed estati calde e secche. La classificazione climatica di Napoli inserisce la città nella zona climatica C.

È stato valutato il potenziale impatto del cambiamento climatico per il sito di progetto, utilizzando le proiezioni climatiche disponibili per Napoli ed i file climatici storici.

In particolare, per quanto riguarda i dati climatici si è utilizzato il file formato. epw (EnergyPlus Weather Format) relativo alla città di Napoli e opportunamente adattato mediante il tool Weathershift considerando uno scenario di emissione RCP 8.5, per cui non viene previsto alcun provvedimento in favore della protezione del clima e con un forzante radiativo che nel 2100 rispetto al 1850 ammonterà a 8.5 W/m^2 .

Tale analisi è stata condotta, assumendo un periodo di riferimento dal 2031-2050 che è in linea con la vita utile dei sistemi impiantistici.

Poiché l'edificio è dotato di elevata massa termica, sarà opportuno analizzare i valori di temperatura media giornaliera (più rappresentativi dei valori di temperatura orari) per tenere conto dello sfasamento dell'involucro edilizio. La fluttuazione oraria della temperatura, infatti, non verrà avvertita nell'ambiente interno poiché la massa delle pareti determina un ritardo nella trasmissione del calore verso gli spazi interni.

Da una analisi dei dati climatici storici e da quelli calcolati mediante Weathershift, che tengono conto dell'effetto del cambiamento climatico, si evince che le temperature medie giornaliere durante l'anno sono nel range $4^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}$ (dati storici) e $6^\circ\text{C} - 32^\circ\text{C}$ (Weathershift).

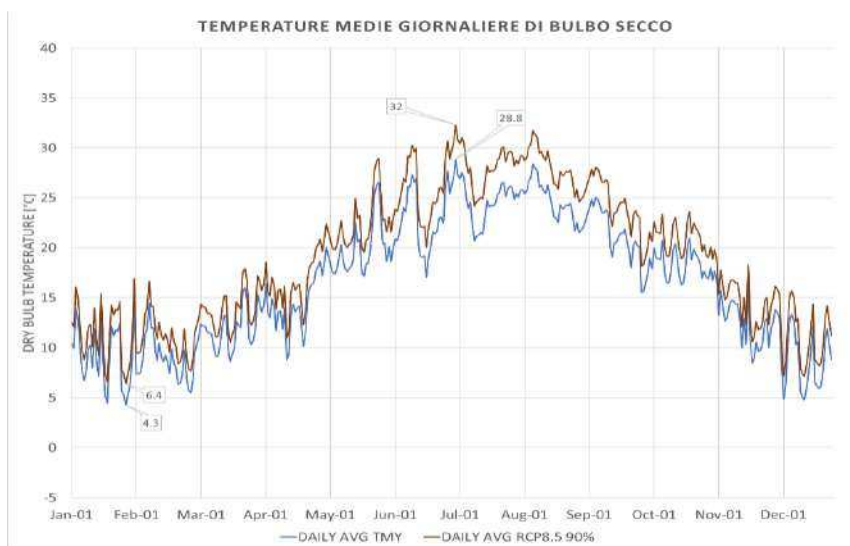


Figura 8 Profilo annuale delle temperature medie giornaliere

Analizzando il profilo orario della temperatura esterna, questa ricade in un intervallo di comfort 'esteso' per circa il 60% delle ore nell'anno.

Tabella 1 Distribuzione annuale delle temperature orarie (RCP 8.5, 90%).

Intervallo di comfort		Numero di ore all'anno	%
Ristretto	18 °C -26 °C	28	32%
Esteso	15 °C -30°C	5148	59%
<15 °C or >30 °C		793	9%

ad un controllo solare e dei carichi interni può ridurre sensibilmente e in alcuni casi annullare la necessità di interventi sull'involucro dell'edificio o di integrazione impiantistica HVAC.

4.2 Strategie energetiche passive e vocazione climatica degli spazi

L'edificio massivo a corte funziona come una vera e propria macchina bioclimatica che per vocazione architettonica minimizza il fabbisogno energetico dell'edificio. L'edificio infatti è caratterizzato da una elevata inerzia termica delle sue strutture massive e sfrutta la ventilazione naturale e gli effetti benefici dell'ombreggiamento delle corti e degli ampi corridoi aperti sull'esterno.

I materiali ad elevata inerzia termica combinati a grandi spessori murari, consentono lo sfasamento e lo smorzamento delle oscillazioni di temperatura esterne e di conseguenza la riduzione dei consumi energetici. Risulta pertanto fondamentale comprendere approfonditamente il comportamento dinamico dell'involucro dell'edificio per determinare l'impatto dello sfasamento delle pareti sulle temperature degli ambienti durante l'anno.

L'elevata inerzia termica e la ventilazione naturale lavorano sinergicamente per ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio: la ventilazione naturale diurna e della strategia di raffrescamento passivo data dalla combinazione della ventilazione naturale notturna al raffrescamento delle "masse termiche" dell'edificio, ovvero quelle componenti (pareti, solai, partizioni interne, etc.) che presentano una elevata capacità termica, combinata a spessori considerevoli. Quest'ultima strategia è basata sull'accumulo durante il giorno del calore nelle masse termiche a contatto con l'ambiente interno, al fine di dissipare questa energia durante la notte attraverso il raffreddamento delle medesime, che avviene con l'immissione di aria fredda dall'esterno mediante l'apertura delle finestre.

Il principio cardine della strategia impiantistica è interpretare la vocazione climatica di ciascuno spazio così da minimizzare l'apporto degli impianti in un'ottica di riduzione della emissione di anidride carbonica.

Il programma funzionale dovrà pertanto tenere conto dei seguenti aspetti:

- gli spazi che si affacciano sulle corti e con i soffitti più alti sono naturalmente vocati al raffrescamento passivo grazie allo sfruttamento della ventilazione naturale attraverso le corti ombreggiate. Tali spazi sono più idonei ad un utilizzo estivo e nelle mezze stagioni;
- gli spazi che si affacciano sulla facciata più soleggiata di piazza Carlo III e in generale gli spazi con i soffitti più ridotti sono più idonei ad un utilizzo invernale;
- Le grandi altezze degli ambienti, consentono la creazione di ampi spazi al di sopra dell'area effettivamente occupata dalle persone, che potranno per fungere da "serbatoi di aria" o essere utilizzati per la rimozione del calore dagli ambienti (si veda approccio "box in box" di seguito descritto)
- laddove vi fosse esigenza di controllo stretto delle condizioni interne, è necessario limitare il volume condizionato alla porzione di volume occupato prediligendo sistemi a pavimento e a dislocamento.

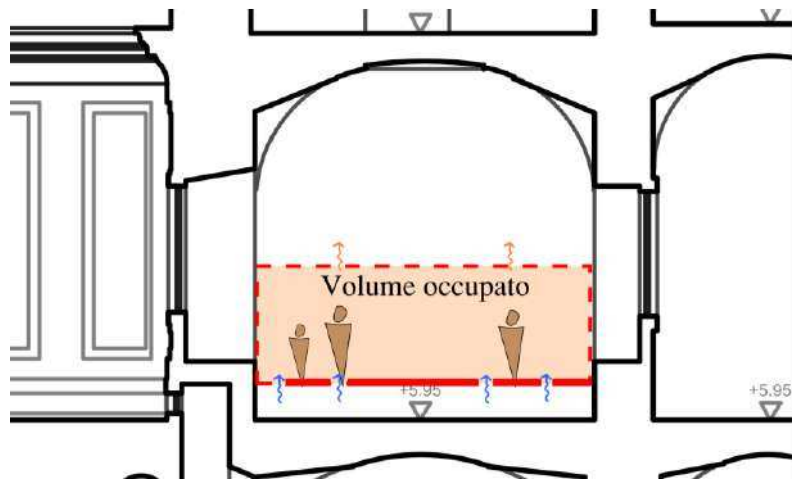


Figura 9 Volume occupato e strategie di climatizzazione a dislocamento

- Si dovrà evitare di intervenire sugli spazi dotati di pavimentazioni, pareti e volte di pregio – la vocazione di tali spazi, specialmente le gallerie del piano terra e gli spazi al piano terra che si affacciano sulle corti interne sarà di spazi semi-urbani, idonei ad ospitare funzioni che non richiedono un controllo attivo delle condizioni climatiche interne.

5. STRATEGIA IMPIANTISTICA

5.1 Introduzione

Di seguito si delinea l'approccio per lo sviluppo della strategia impiantistica che si fonda sui principi di recupero sostenibili e sulla lettura delle vocazioni climatiche e funzionali degli spazi illustrati nei paragrafi precedenti e nel progetto architettonico disponibile al momento della stesura del presente documento.

Come già anticipato, tale strategia prevede la realizzazione di una infrastruttura impiantistica principale a servizio dell'edificio che costituisce la base per lo sviluppo, anche differito nel tempo, delle dotazioni impiantistiche dei singoli ambienti.

Tali dotazioni impiantistiche verranno declinate nei singoli ambienti in base alle vocazioni e alle destinazioni d'uso individuate.

5.2 Infrastruttura esistente

Attualmente sono stati realizzati impianti a servizio del quadrante sud-ovest della corte centrale, così come rappresentato nella documentazione as-built 2012 resa in parte disponibile.

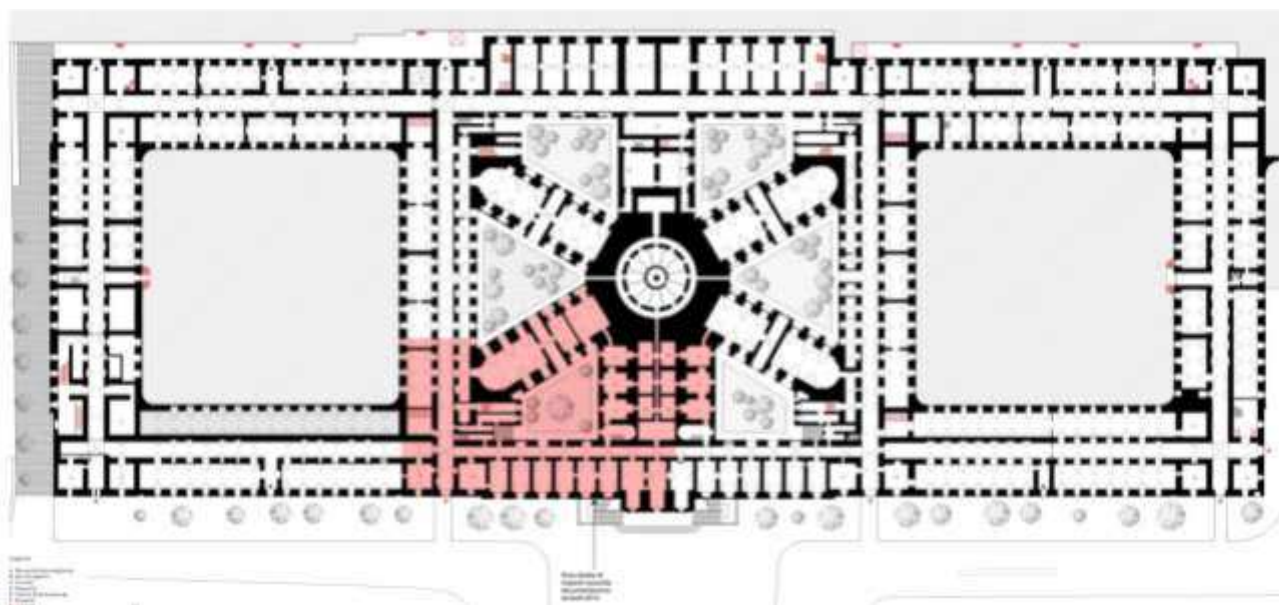


Figura 10 Area dotata di impianti realizzati e funzionanti (documentazione as built 2012)

Gli spazi in questo settore sono stati adibiti a varie funzioni tra cui, sala conferenza, biblioteca, aule, bar, mensa e sala lettura.

Queste aree sono dotate di un impianto di generazione di acqua calda e refrigerata a pompe di calore reversibili ad aria, posizionate nel locale centrale termica al piano semi-interrato (110 kWf/120kWt).

L'impianto serve terminali ambiente di tipo fan coil, pavimento radiante e radiatori.



Figura 11 Viste centrali HVAC piano interrato



Figura 12 Viste terminali ambiente (fan coil) e totem per la distribuzione degli impianti elettrici

La sala conferenze e la biblioteca sono servite da UTA dedicate.

I servizi igienici sono dotati di estrazione aria dedicata e di bollitori elettrici locali per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

Le aree sono dotate di impianto antincendio a idranti.

Una cabina elettrica è attualmente posizionata al piano semi-interrato con accesso da piazza Carlo III.

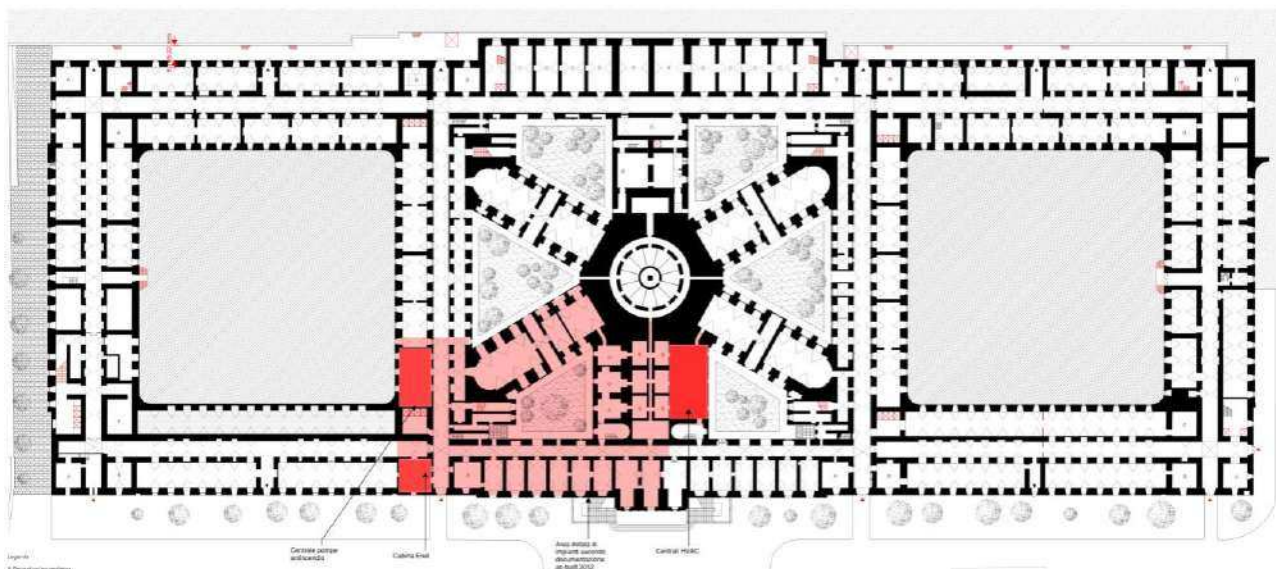


Figura 13 Posizionamento centrali HVAC, centrale antincendio e cabina elettrica al piano semi-interrato

Non vi sono impianti realizzati in altre aree dell'edificio di cui si possiede documentazione *as built*. I pochi impianti realizzati al di fuori del quadrante sud-ovest sono stati descritti come vetusti e che necessitano di essere rimossi e sostituiti.

5.3 Nuova infrastruttura principale

L'infrastruttura impiantistica principale del fabbricato comprende i seguenti elementi:

- le centrali termo-frigorifere;
- le centrali di trattamento aria;
- le cucine permanenti;
- la cabina di trasformazione ed i locali elettrici annessi;
- le distribuzioni principali orizzontali lungo le dorsali e le distribuzioni verticali nei cavedi dei fluidi aria, acqua calda, acqua refrigerata, scarichi, cavi e canaline elettriche.

Tali spazi andranno posizionati nelle aree a maggiore vocazione impiantistica in relazione alle esigenze architettoniche e strutturali dell'edificio.

5.3.1 Aree 'back of house'

Le centrali e i locali elettrici dovranno posizionarsi preferibilmente nel piano interrato delle aree a nord. Tali aree, attualmente utilizzate come depositi, sono dotate di intercapedine di areazione che oltre a fungere da areazione per questi ambienti può essere sfruttata per posizionare condensatori remoti, pompe di calore ad aria o prese d'aria ed espulsioni canalizzate.

Le centrali di trattamento aria a servizio dei locali per i quali non è possibile sfruttare la ventilazione naturale, andranno collocate preferibilmente negli interrati del corpo nord in locali in prossimità dei cavedi di distribuzione o sulla copertura del blocco nord in corrispondenza della corte centrale. Di conseguenza, le funzioni che richiederanno un sistema di ventilazione meccanica controllata andranno preferibilmente collocate in prossimità del corpo nord per limitare le lunghezze dei canali di ventilazione.

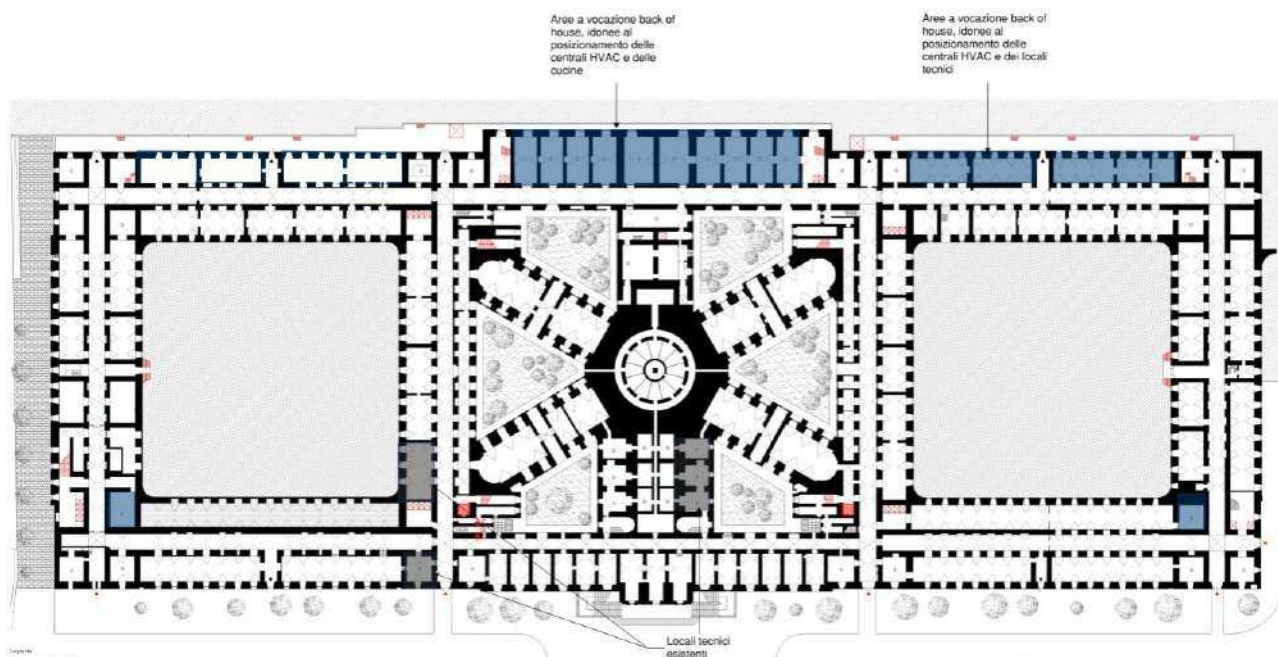


Figura 14 Individuazione aree “back of house” idonee al posizionamento delle centrali HVAC, delle cucine e dei locali tecnici

La scala dell’edificio è tale da porre un tema di contenimento delle distanze di percorrenza dei fluidi nell’ottica di contenere le perdite di distribuzione ed i consumi energetici di movimentazione dell’aria, oltre all’esigenza di limitare gli ingombri degli impianti da distribuire. Per queste ragioni, andranno previste centrali termo-frigorifere e di trattamento aria in ciascuna corte nell’ambito delle aree back of house.

Il dislocamento delle centrali HVAC è una strategia in linea con le esigenze di flessibilità e adattabilità del progetto ad uno sviluppo del progetto per fasi.

La strategia prevede l’inserimento di cucine permanenti posizionate nei locali interrati della corte centrale in corrispondenza del blocco nord e dell’infermeria ed opportunamente dotate di canne fumarie, sfruttando quanto possibile quelle preesistenti. Nell’ottica di perseguire la massima flessibilità, andranno previste cucine di rigenerazione temporanee nei ristoranti ed altri punti di ristoro.

L’attuale cabina per la fornitura dell’energia elettrica è posizionata lungo piazza Carlo III; avendo già accesso di diretto da strada pubblica si ritiene opportuno mantenerne l’attuale posizione. Le dimensioni e le caratteristiche di tale cabina dovranno essere verificate e confermate con l’ente fornitore di energia elettrica

5.3.2 Distribuzioni principali

I cavedi di distribuzione dovranno collocarsi in posizioni strategiche a garantire il passaggio impianti ed il raggiungimento di tutti gli ambienti – si prediligeranno le aree agli incroci tra le corti adiacenti ai collegamenti verticali dove vi sono aperture nei solai preesistenti.

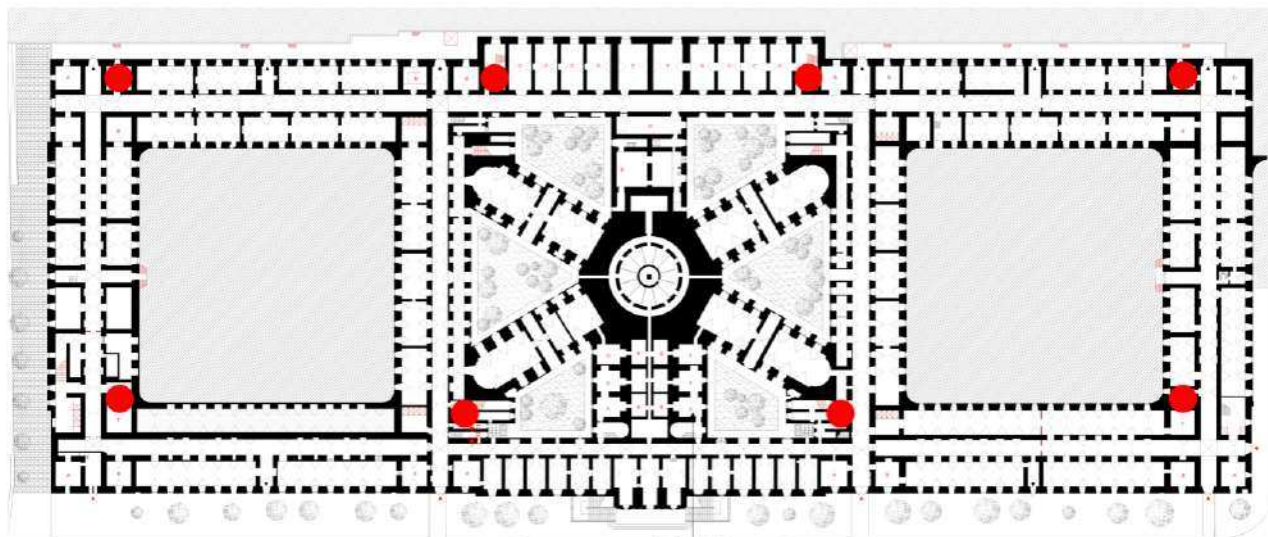


Figura 15 Aree idonee al posizionamento dei cavi di distribuzione principali

La distribuzione orizzontale degli impianti dovrà avvenire per lo più a pavimento lungo i corridoi. Sufficiente spazio dovrà essere garantito per il passaggio dei canali di ventilazione laddove necessari, delle tubazioni dell'acqua calda e refrigerata, delle canaline elettriche e di tutti gli impianti a servizio degli ambienti. Dovrà inoltre essere garantita l'ispezionabilità ed adeguato accesso per la manutenzione.

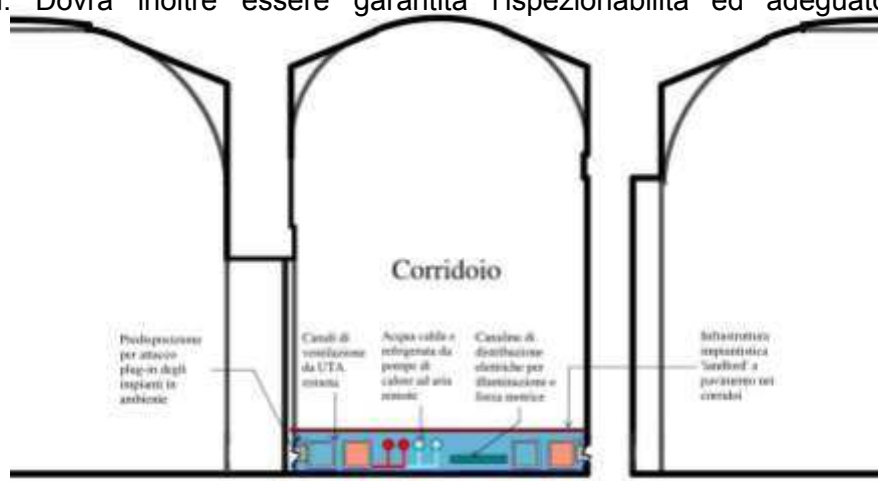


Figura 16 – Distribuzione orizzontale degli impianti a pavimento lungo i corridoi

Applicando l'analogia 'landlord'/'tenant', le centrali e le distribuzioni principali costituiranno l'impianto 'landlord', mentre si lascerà ai singoli 'tenants' il compito di equipaggiare tecnologicamente gli ambienti in base ai requisiti delle specifiche funzioni.

5.3.3 Dotazioni impiantistiche degli ambienti: approccio 'box in box'

Lo sviluppo degli impianti all'interno dei singoli ambienti seguirà una logica 'box in box' o 'plug in': si utilizzerà un sistema 'packaged' completo delle dotazioni impiantistiche necessarie che si andrà inserire negli ambienti. Tale sistema rimarrà disaccoppiato dall'esistente ed andrà ad agganciarsi con logica 'plug in' alle distribuzioni principali dei corridoi evitando interventi invasivi sulle strutture storiche.

Questa strategia consente di:

- Limitare gli interventi invasivi sulle strutture storiche esistenti;

- Sviluppare l'intervento impiantistico per fasi, riattivando solo le zone che andranno effettivamente occupate, limitando tempi e costi di intervento;
- Declinare l'intervento impiantistico in base alle effettive esigenze funzionali e microclimatiche, prediligendo le strategie energetiche passive rispetto a quelle attive.
- Riconfigurare agilmente gli impianti negli ambienti a fronte di funzioni temporanee o che si modificheranno nel tempo.

Il sistema 'packaged' verrà declinato in modo diverso a seconda delle condizioni architettoniche e microclimatiche dell'ambiente esistente in cui andrà ad inserirsi, e sarà leggero o più tecnologicamente equipaggiato in base alle necessità specifiche di controllo climatico. Di seguito si riportano alcuni esempi tipologici di dotazione impiantistica dei 'box' e di ancoraggio dello stesso all'infrastruttura impiantistica principale.

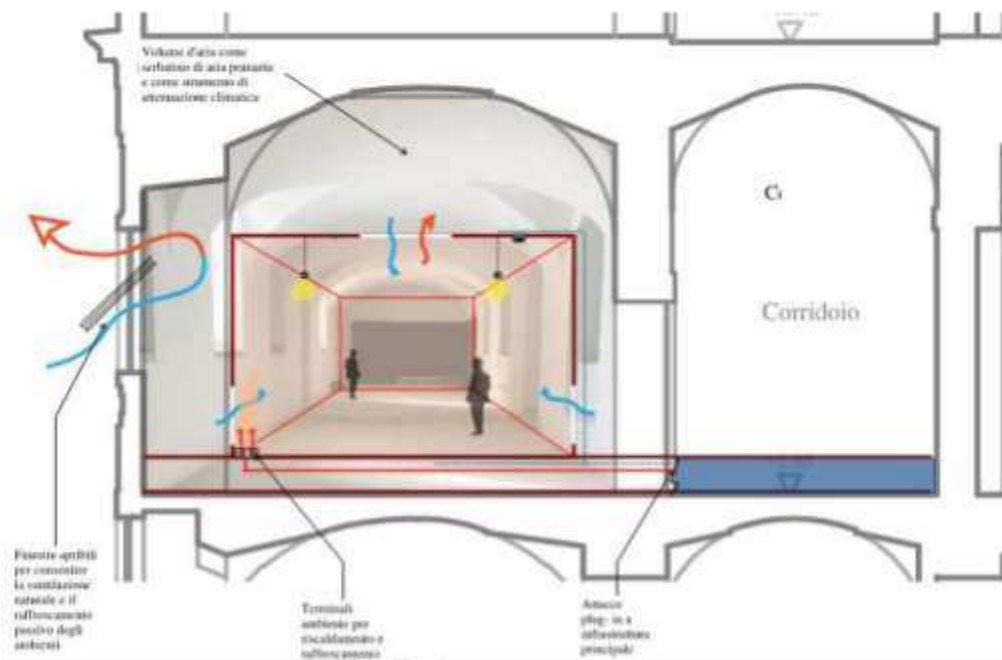


Figura 17 Box in box, tipo 1: Riscaldamento e raffreddamento a pavimento e ventilazione naturale

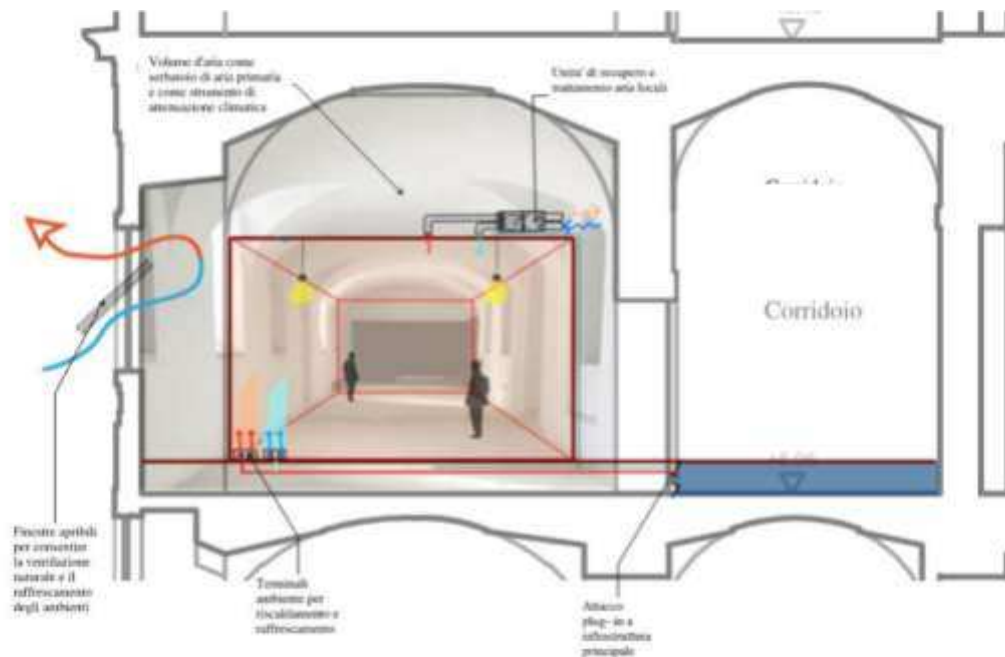


Figura 18 Box in box, tipo 2: Riscaldamento e raffrescamento a pavimento e unità di recupero di calore locale

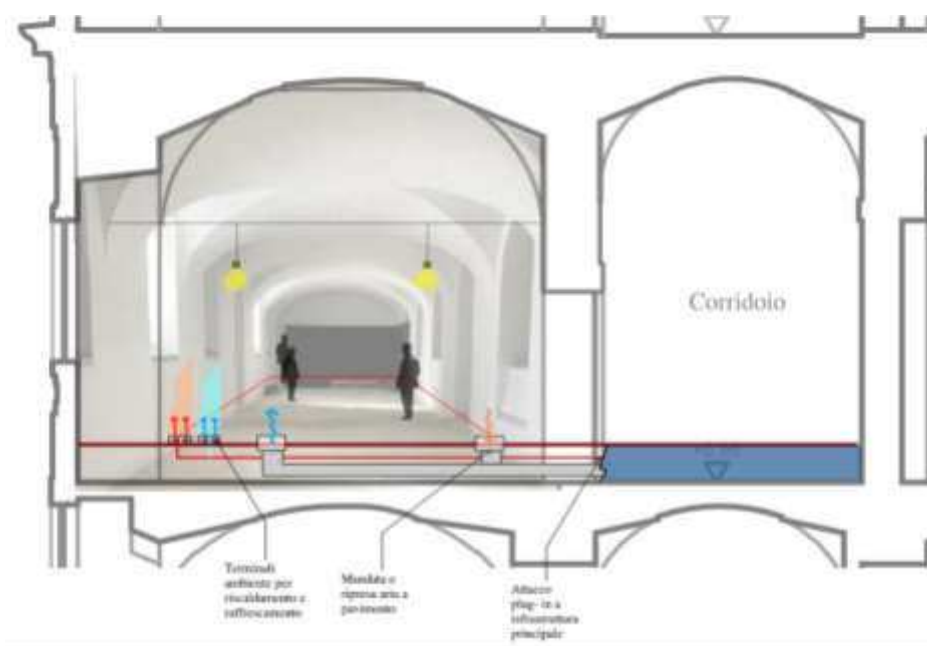


Figura 19 Box in box, tipo 3: Riscaldamento, raffrescamento e ventilazione a pavimento, UTA remota in locale tecnico

La tabella di seguito presenta a titolo esemplificativo l'articolazione della strategia 'box in box' per diverse possibili funzioni degli ambienti, indicando quanto fornito all'ambiente tramite strategie energetiche passive, quanto previsto come parte dell'infrastruttura principale e quanto invece implementabile secondo la logica del "box in box".

Tabella 2 Funzioni e dotazioni impiantistiche

Funzioni	Da strategie energetiche passive	Da infrastruttura principale	In box
Spazi semi-urbani	Ventilazione naturale	Alimentazione elettrica	Illuminazione
Residenze temporanee	Ventilazione naturale	Riscaldamento Alimentazione elettrica	Illuminazione Impianto a pavimento/ radiatori/ fan coil
Mostra di opere non sensibili	Ventilazione naturale	Riscaldamento Raffrescamento Alimentazione elettrica	Illuminazione Fan coil a pavimento
Mostra di opere d'arte		Riscaldamento Raffrescamento Alimentazione elettrica	UTA locale a tutta aria
Auditorium/Sala conferenze		Riscaldamento Raffrescamento Alimentazione elettrica	Ventilazione a dislocamento: platea con immissione di aria integrata UTA locale a tutta aria Illuminazione
[...]			

In seguito alla trasmissione della nota n. 2961 del 2 marzo 2023 da parte del Ministero della Cultura, Direzione Generale Archeologia Belle Arti e Paesaggio, Soprintendenza Speciale per il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nell'ambito della Conferenza di Servizi preliminare convocata in data 22 febbraio 2023, nella quale è stata richiesta documentazione integrativa al progetto di fattibilità tecnica ed economica e, tra l'altro, *“approfondimenti e chiarimenti circa la compatibilità del sistema impiantistico prospettato (canalina perimetrale tecnica a pavimento) in relazione alle caratteristiche monumentali e storiche del fabbricato relativamente alle pavimentazioni originarie esistenti, alle possibili differenze di quota generate, etc..”*, si precisa quanto di seguito.

Come dettagliato nel capitolo 4 del presente documento, la strategia impiantistica si pone ambiziosi obiettivi di sostenibilità, raggiungibili solo attraverso una attenta e rispettosa lettura dell'edificio e delle sue vocazioni. La strategia impiantistica predilige per questo misure energetiche passive con l'obiettivo di ridurre e laddove possibile eliminare, l'esigenza di sistemi impiantistici all'interno degli ambienti.

La strategia impiantistica prevede inoltre un posizionamento diffuso delle centrali di ventilazione ai fini di minimizzare gli ingombri delle distribuzioni impiantistiche a pavimento e gli eventuali dislivelli.

La soluzione tipologica di distribuzione impiantistica a pavimento descritta ai capitoli 5.3.2 e 5.3.3 è concepita con l'intento di preservare il carattere monumentale, storico e architettonico degli spazi interni dell'edificio e in particolare delle volte. Tale soluzione tipologica dovrà essere declinata opportunamente in relazione alle caratteristiche architettoniche, monumentali e di conservazione delle volte, delle murature e dei solai nei singoli ambienti:

- laddove possibile, in caso di rinforzo strutturale delle volte che prevede uno svuotamento delle stesse, gli impianti potranno essere posizionati tra il pavimento e l'intradosso delle volte;
- laddove l'intervento di rinforzo strutturale prevede un rinforzo superiore del solaio, gli impianti andranno alloggiati nello spessore aggiuntivo del rinforzo, minimizzando gli ingombri;
- laddove i solai andranno necessariamente demoliti e ricostruiti per esigenze strutturali, si studieranno soluzioni distributive da definirsi in accordo con la Soprintendenza nella successiva fase progettuale;
- gli spazi dotati di pavimenti originari esistenti, per lo più collocati al piano terra, sono per vocazione spazi semi-urbani, aperti alla città e dunque compatibili con requisiti di controllo microclimatico meno stringenti. Per tali spazi si prevede di minimizzare l'apporto impiantistico per consentire la conservazione delle pavimentazioni originali. Laddove necessario, la pavimentazione andrà localmente rimossa e ricollocata per consentire l'alloggiamento degli impianti.

Qualora le soluzioni impiantistiche suddette non fossero applicabili, si adotteranno altre soluzioni ad-hoc da concordare con la Soprintendenza nella successiva fase progettuale, limitandone l'impatto visivo e promuovendone una attenta integrazione al contesto.

La definizione delle tipologie impiantistiche per la ventilazione, riscaldamento e raffrescamento è legata al tipo di destinazione d'uso degli spazi e deve coniugare le esigenze di flessibilità, comfort ambientale, controllo delle condizioni climatiche interne ed efficienza energetica, tenendo allo stesso tempo in considerazione i limiti dettati dagli elementi architettonici, monumentali e strutturali dell'edificio esistente.

A supporto delle valutazioni di tipo progettuale, che dovranno essere svolte nelle successive fasi del progetto, si propongono in questo paragrafo le condizioni ambientali attese e le tipologie impiantistiche raccomandate per diverse destinazioni d'uso. Le indicazioni qui riportate derivano da valutazioni sull'utilizzo quanto più possibile delle strategie di progettazione passiva per il mantenimento delle condizioni ambientali interne e sulla minimizzazione dei consumi energetici per il funzionamento dell'edificio, in linea con le strategie delineate in questo documento e con l'obiettivo di un progetto a basse emissioni di carbonio.

Eventuali discostamenti rispetto alle raccomandazioni fornite andranno valutate in fase di progettazione in base a potenziali esigenze specifiche delle funzioni, alla localizzazione delle stesse all'interno del progetto, al calcolo dei carichi interni ed esterni oltre alla verifica del rispetto dei requisiti minimi normativi applicabili nazionali e/o locali.

7.1 Condizioni ambientali

La seguente tabella riporta le condizioni ambientali attese in termini di ventilazione, riscaldamento e raffrescamento. I parametri indicati sono stati definiti in base alla normativa UNI EN 16798 e in accordo alle Best Practice e normative internazionali quali CIBSE e ASHRAE

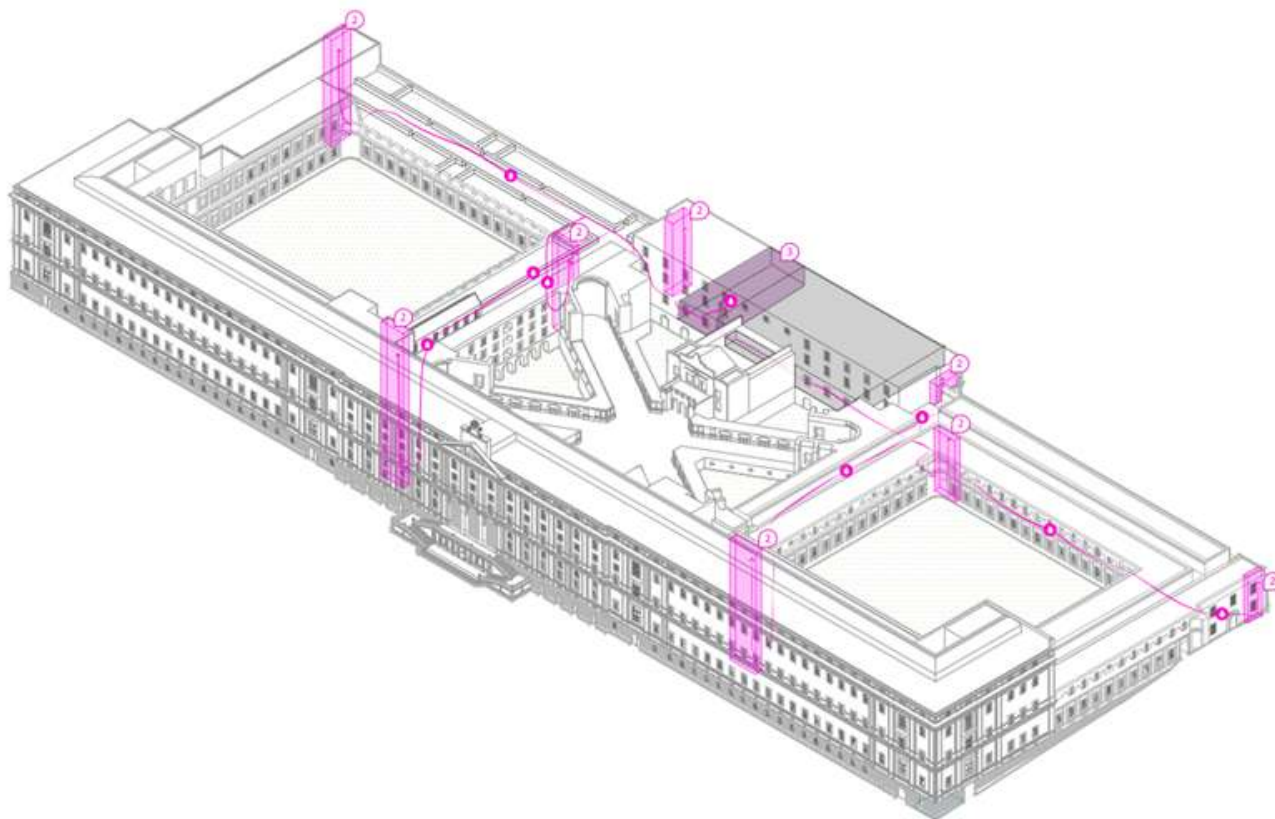
Funzioni	Condizioni ambientali			
	Tassi di ventilazione	Indici di affollamento	Condizioni ambientali Invernali / estive	Livelli di rumorosità
Ristorazione	30÷35 m ³ /h p	2÷3 m ² /p	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	40÷45 dBA
Cucine	10÷15 vol/h		19÷21°C 27÷30 °C	40÷55 dBA
Università	30÷35 m ³ /h p	1.5÷3 m ² /p	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	35÷40 dBA
Alloggi per studenti/artisti	0.6÷1 vol/h	da progetto	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	30÷40 dBA
Alloggi temporanei (nuovi)	0.6÷1 vol/h	da progetto	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	30÷40 dBA
Biblioteca (digitale)	30÷35 m ³ /h p	2÷3 m ² /p	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	35 dBA

Biblioteca (cartacea)	30÷35 m³/h p	2÷3 m²/p	19÷21°C, UR 50% 25÷27°C, UR 50%	35 dBA
Laboratori di restauro	40÷45 m³/h p	5÷7 m²/p	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	35÷40 dBA
Laboratori artigianato/formazione	40÷45 m³/h p	5÷7 m²/p	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	35÷40 dBA
Struttura ricettiva	1÷2 vol/h	da progetto	19÷21°C, UR >25 % 25÷27°C, UR <60%	30÷40 dBA
Spazi espositivi / Museo opere non sensibili	30÷35 m³/h p	2÷3 m²/p	19÷21°C, UR > 25 % 25÷27°C, UR < 60%	35÷40 dBA
Spazi espositivi/ Museo opere sensibili	30÷35 m³/h p	2÷3 m²/p	Da definirsi in base ai requisiti specifici	35÷40 dBA
Sperimentazione usi temporanei	40÷45 m³/h p	5÷10 m²/p	19÷21°C, UR > 25 % 25÷27°C, UR < 60%	40÷45 dBA
Servizi per il quartiere	40÷45 m³/h p	5÷10 m²/p	19÷21°C, UR > 25 % 25÷27°C, UR < 60%	40÷45 dBA
Spazi semi-urbani	Condizioni ambientali esterne mitigate tramite strategie passive			

7.2 Tipologie impiantistiche

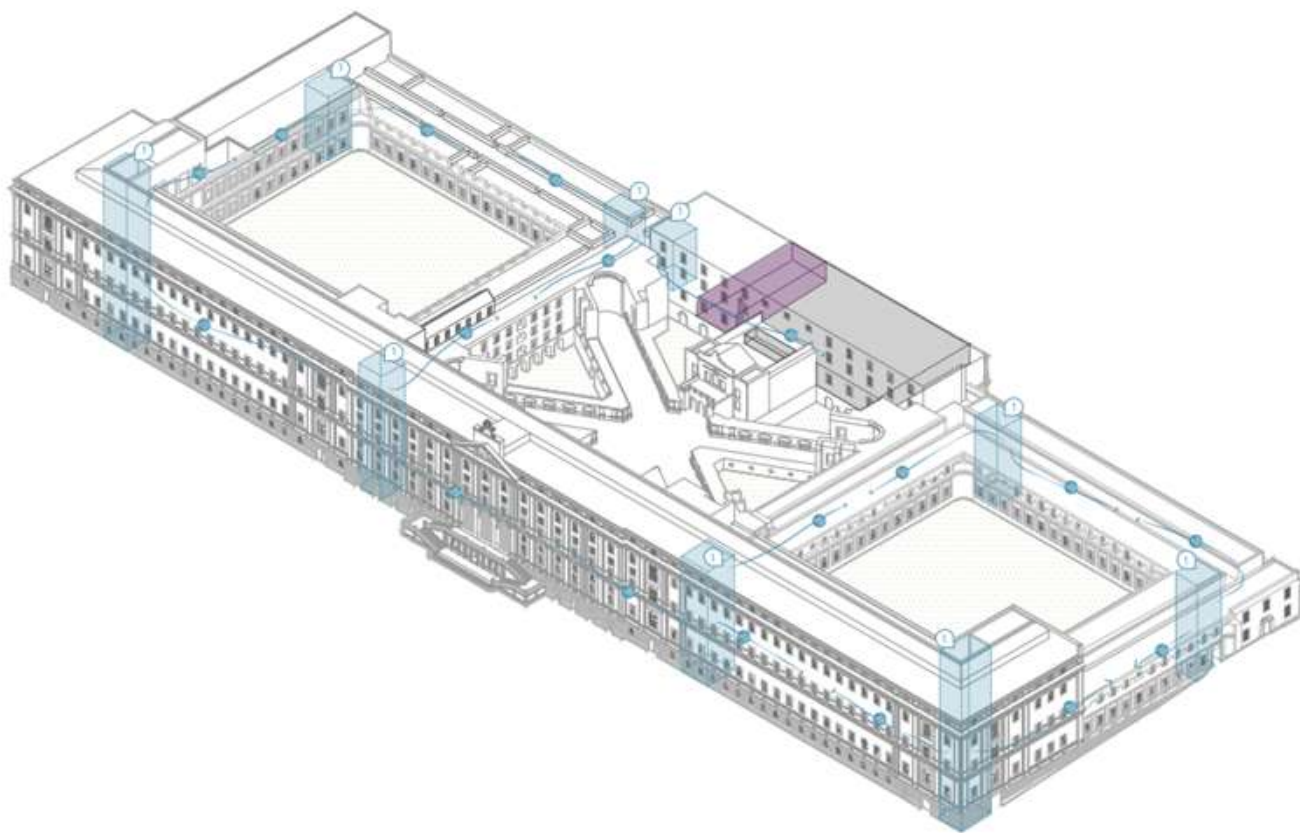
Per ogni zona dell'edificio verranno predisposti degli allacciamenti alla rete centralizzata di acqua calda e refrigerata generata mediante pompe di calore, per alimentare le unità di trattamento aria di zona, i terminali idronici di ciascun ambiente ed eventuali unità di trattamento locali.

L'infrastruttura impiantistica di distribuzione dell'acqua calda e refrigerata dalla centrale termo-frigorifera al livello 0 ai vari spazi serviti è illustrata nel seguente schema:



2) Cavedi impianto idronico 3) Centrale termofrigorifera

L'infrastruttura impiantistica di distribuzione dell'aria di mandata ed estrazione dalle centrali di trattamento aria posizionate agli incroci dei bracci delle corti ai vari spazi serviti è illustrata nel seguente schema.



1) Centrali impianto aeraulico

Le raccomandazioni sulle tipologie impiantistiche fornite seguono i seguenti principi:

- Date le dimensioni degli ambienti sono preferibili strategie di climatizzazione a dislocamento per la mandata dell'aria
- Ove possibile e come indicato in tabella, è raccomandabile che i sistemi a dislocamento siano abbinati a pavimenti radianti per coprire i carichi di base in riscaldamento e raffrescamento efficacemente, climatizzando la sola zona occupata, e allo stesso tempo sfruttare la grande inerzia termica dell'edificio
- Per gli spazi in cui è indicato un impianto a tutt'aria con integrazione di sistemi radianti per riscaldamento e raffrescamento, i volumi di aria richiesti dovranno essere valutati in base al calcolo dei carichi e alla potenza fornita dai sistemi radianti che possono essere previsti sia a pavimento che a parete
- Per gli spazi che richiedono maggiore flessibilità e/o funzionamento intermittente con tempi di risposta più rapidi e/o possono essere progettati come box-in-box riducendo quindi il volume da trattare, sono preferibili terminali idronici tipo Fan Coil Units (FCU) per installazione a parete o pavimento
- Negli spazi con particolari requisiti di controllo delle condizioni ambientali (per esempio museo per opere sensibili) andranno previsti impianti a tutt'aria con unità di trattamento aria (UTA) dedicate e il controllo dell'umidità secondo i requisiti specifici

- Ai fini del contenimento dei consumi energetici è fondamentale che gli impianti siano forniti di adeguati sistemi di controllo per modulare il loro funzionamento (in termini di portate e temperature) in base alle effettive esigenze dei locali
- Per limitare i carichi termici si raccomandano prestazioni elevate delle porzioni vetrate, utilizzando vetri con bassi fattore solare e schermature interne, dove possibile.

Funzioni	Tipologia impiantistica		
	Ventilazione	Riscaldamento	Raffrescamento
Ristorazione	Aria primaria + estrazione cucine	FCU	FCU
	Alternativa per sale ristorante: impianto a tutt'aria		
Università	Impianto a tutt'aria con integrazione sistema radiante per riscaldamento e raffrescamento		
Alloggi per studenti/artisti	Naturale	Pavimento radiante	Predisposizione VRF
		Alternativa: VRF per riscaldamento e raffrescamento	
Alloggi temporanei (nuovi)	Naturale	Pavimento radiante	Predisposizione VRF
		Alternativa: VRF per riscaldamento e raffrescamento	
Biblioteca (digitale)	Impianto a tutt'aria con integrazione sistema radiante per riscaldamento e raffrescamento		
Biblioteca (cartacea)	Impianto a tutt'aria (UTA dedicata con controllo umidità)		
Laboratori di restauro	Impianto a tutt'aria senza ricircolo* con eventuale integrazione di FCU		
Laboratori artigianato/formazione	Impianto a tutt'aria senza ricircolo* con eventuale integrazione di FCU		
Struttura ricettiva	Aria primaria	FCU	FCU
Spazi espositivi / Museo opere non sensibili	Impianto a tutt'aria con integrazione sistema radiante per riscaldamento e raffrescamento		

Spazi espositivi/ Museo opere sensibili	Impianto a tutt'aria (UTA dedicata con controllo umidità)		
Sperimentazione usi temporanei	Aria primaria + FCU oppure impianto a tutt'aria in base alle funzioni specifiche		
Servizi per il quartiere	Aria primaria + FCU oppure impianto a tutt'aria in base alle funzioni specifiche		
Spazi semi-urbani	Naturale	Non richiesto	Strategie passive

*Si può considerare un impianto con ricircolo oppure aria primaria + FCU se le attività previste non comportano produzione di polveri

Si raccomanda l'utilizzo della ventilazione naturale, dove possibile, anche negli spazi in cui è indicato un sistema di ventilazione meccanico. Per esempio, in locali quali aule studi, uffici (afferenti all'università, la biblioteca o i musei) o laboratori, si consiglia di prevedere un funzionamento ibrido (*mixed mode ventilation*) con ventilazione naturale e spegnimento degli impianti di climatizzazione nelle stagioni intermedie e regime di climatizzazione meccanica nelle stagioni di picco.

La scelta del sistema di apertura delle finestre dovrà essere effettuata in accordo con il progettista architettonico, il progettista degli impianti e la Soprintendenza. A titolo esemplificativo si illustrano le varie opzioni a disposizione tratte dalla guida CIBSE F. In base alla destinazione d'uso del locale potranno applicarsi sistemi di apertura manuale o meccanizzata.

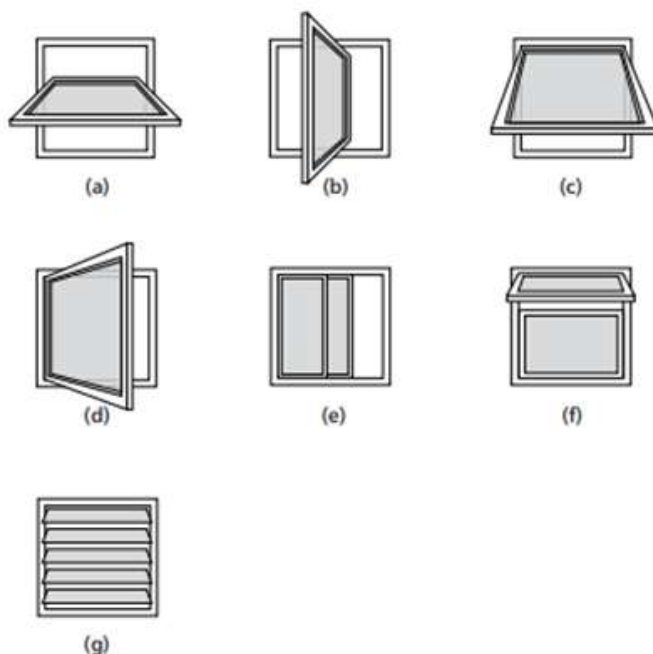


Figure 2.56 Window types: (a) horizontal pivot, (b) vertical pivot, (c) top/bottom hung, (d) side hung, (e) sliding, (f) tilting top vent, (g) louvre

L'area di apertura della finestra dovrà essere valutata in funzione delle dimensioni del locale e della tipologia di ventilazione naturale che si vuole applicare. A supporto delle valutazioni si riportano le seguenti indicazioni tratte dalla guida CIBSE F.

