

# COMUNE DI CARBONIA

ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI  
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA



Il sindaco  
Pietro Morittu

L'assessore  
Manolo Mureddu / Assessore ai Lavori Pubblici



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



MINISTERO  
DELL'INTERNO

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MISSIONE 5: INCLUSIONE E COESIONE

Componente 2 - Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore

Investimento 2.1: "Rigenerazione urbana DPCM 21/01/2021"

## RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA EX-CENTRALE ELETTRICA DELLA GRANDE MINIERA DI SERBARIU COME MUSEO DELLA CITTÀ DI FONDAZIONE E ARCHIVIO DEL NOVECENTO

### Progettisti

UFFICIO TECNICO COMUNALE

Arch. Enrico Potenza / Progettista coordinatore

Ing. Mario Mammarella / Responsabile Unico del Procedimento

### Supporto tecnico scientifico

Consulenza progettuale / Università di Cagliari

DICAAR Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura

Prof. Arch. Giorgio Peghin / coordinamento scientifico

Prof. Arch. Adriano Dessì / coordinamento progettuale

Arch. Anna Corda, Arch. Roberta D'Angelo / elaborazioni progettuali

Arch. Roberto Sanna, Arch. Gabriele Sanna, Arch. Luca Floris / collaborazione

Prof. Ing. Fausto Mistretta / strutture

Ing. Costantino Mastino / impianti

Indagini strutturali / Secured Solutions srl

Relazioni geologico-geotecniche / Geol. Fausto Pani

Livello progettuale

**Fattibilità tecnica ed economica**

Cod. identificativo pratica

22PRU01.00

Titolo elaborato: **ALLEGATI**

Relazioni impianti

Scala: \_\_\_\_\_

# A13

Data di prima emissione: marzo 2023

Data di verifica del progetto:

Data di validazione del progetto:

## 1 GENERALITÀ

Gli impianti tecnologici per la RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA EX-CENTRALE ELETTRICA DELLA GRANDE MINIERA DI SERBARIU COME MUSEO DELLA CITTÀ DI FONDAZIONE E ARCHIVIO DEL NOVECENTO a Carbonia sono stati progettati sulla base di almeno tre principi fondamentali in ordine di importanza:

1. continuità di funzionamento;
2. semplicità e rapidità delle operazioni
3. alti livelli di qualità e comfort ambientali.

Nei musei moderni la funzione espositiva è legata al funzionamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche (sale espositive, servizi, spazi di sosta, ecc.), non sono accettabili interruzioni dell'alimentazione dell'energia elettrica, così come la chiusura degli impianti di climatizzazione non può protrarsi oltre certi limiti temporali, quelli oltre i quali la temperatura ambientale pregiudica l'abitabilità dei locali. Con riferimento agli impianti elettrici questi prevedono la installazione di un nuovo sistema UPS per quei servizi essenziali che non possono essere interrotti.

Nei ragionamenti riportati è insita la necessità di procedure manutentive snelle, rapide ed efficaci:

- provvedere con tempi programmati alla manutenzione di tutti i componenti impiantistici
- essere dotati di componenti impiantistiche con parti meccaniche facilmente e rapidamente sostituibili
- disporre di figure professionali e mezzi d'opera per sostituire il componente in avaria
- dotare i magazzini di pezzi di ricambio, ecc..

Tutti gli impianti sono stati progettati nel rispetto delle norme di sicurezza in conformità a quanto previsto dal DM 37 del 2008, privilegiando soluzioni impiantistiche che consentano una gestione ottimizzata finalizzata all'affidabilità e minimizzazione dei fabbisogni energetici. Tale principio è stato adottato anche in relazione all'art. 25 lettera a) del DPR 207 del 5 ottobre 2010 in cui si richiede la descrizione dei sistemi impiantistici con particolare riferimento alla sicurezza, funzionalità ed economia di gestione degli stessi.

## 2 NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La progettazione impiantistica è stata condotta secondo le indicazioni contenute nelle seguenti normative:

- Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo del 16 dicembre 2002 così come modificata dalla direttiva 2010/31/CE
- DLgs 192/2005 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE
- DLgs 311/06 "Disposizioni correttive ed integrative al DLgs 192/05
- DLgs 115/2008 "Attuazione della direttiva 2006/32/CE

- DM Minimi in vigore dal 01/10/2015 "Regolamento di attuazione del DLgs 192/2005 e smi
- DM 26/06/15 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica
- Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo del 19 maggio 2010
- DLgs 28/2011 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione fonti rinnovabili e smi D.Lgs 199/2021
- DM 22/11/12 "Modifica del decreto 26 giugno 2009
- DM 22/11/12 "Modifica dell'Allegato A del DLgs 192/05
- DL 63/2013 "Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo
- DPR 74/13 "Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici
- Legge 90/13 "Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013 n° 63
- DM 26/6/15 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
- UNI/TS 11300 –1 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale;
- UNI/TS 11300 –2 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione;
- UNI/TS 11300 –3 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- UNI/TS 11300 –4 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria.
- UNI/TS 11300-5- Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e dalla quota di energia da fonti rinnovabili
- UNI/TS 11300-6 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili
- UNI EN 15193 Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione
- Norma UNI EN ISO 9613 – 2 Acustica
- DM 20/12/2012 "Regola tecnica di prevenzione incendi per gli impianti di protezione attiva contro l'incendio installati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi"
- DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 14 novembre 1997. Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore

- DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 05 dicembre 1997
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE DELLA SARDEGNA N. 62/9 DEL 14.11.2008 “Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale” e disposizioni in materia di acustica ambientale
- CAM criteri ambientali minimi.

Oltre alle suddette normative sono state applicate le comuni regole dell'arte, non previste da leggi o decreti ma riportate nelle norme tecniche del settore.

### 3 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Gli impianti sono stati progettati secondo la miglior regola d'arte e con l'utilizzo di apparecchiature e materiali all'avanguardia dal punto di vista tecnologico e scelti in funzione della efficienza energetica e funzionale.

Risultano conformi alle leggi vigenti e alle normative tecniche di riferimento (UNI, UNI-CIG, CEI, ecc.); tale conformità è documentata secondo procedure ufficiali. Gli impianti progettati, nelle singole parti e complessivamente, sono caratterizzati dalle seguenti peculiarità:

- sicurezza: intesa come sicurezza dei lavoratori addetti alle opere di installazione degli impianti (in fase di costruzione), come sicurezza nell'uso degli impianti stessi da parte degli utenti, e come sicurezza connessa alle attività di conduzione, manutenzione ordinaria e straordinaria;
- affidabilità funzionale: implementata attraverso la scelta di tipologie impiantistiche e di specifiche apparecchiature semplici e di qualità e attraverso una ridondanza calibrata degli impianti, frutto di un ottimale compromesso tra l'affidabilità stessa e l'economicità di installazione;
- semplicità ed economicità manutentiva: frutto di una installazione lineare e quanto più possibile modulare degli impianti, dell'adozione di materiali e apparecchiature caratterizzati da ridotte esigenze di manutenzione, dell'ubicazione dei materiali e delle apparecchiature in posizioni accessibili con facilità e sicurezza;
- elasticità funzionale: intesa come possibilità di gestire in condizioni funzionalmente ed energeticamente ottimali situazioni anche molto differenziate in termini di reale occupazione degli edifici e delle loro parti (locali o zone temporaneamente non utilizzate ovvero di uso saltuario);
- durabilità: perseguita come risultato dell'impiego di tipologie impiantistiche e specifiche apparecchiature e materiali di robusta e durevole costruzione;
- riduzione dei consumi energetici: realizzata attraverso scelte ottimizzate sotto l'aspetto tipologico e dimensionale e l'utilizzo di materiali ed apparecchiature dotati di elevata efficienza energetica;

- riduzione dell'impatto ambientale: valori minimi di emissione, elevata efficienza energetica, e con l'impiego, ove possibile, di prodotti e materiali a ridotto impatto ambientale.

Il funzionamento degli impianti nel loro complesso è stato calcolato deve essere esente da disturbi acustici arrecati all'esterno dei fabbricati o nei locali dei fabbricati stessi. Per quanto riguarda il rumore emesso verso l'esterno si fa riferimento alla normativa vigente ed in particolare al DPCM 14/11/1997 che detta le classi per classificare il territorio a livello acustico.

La progettazione ha privilegiato la definizione di criteri e parametri progettuali. Gli aspetti più significativi sono riportati nel seguito.

- Minimizzazione e quindi ottimizzazione dei percorsi delle reti di distribuzione sia dell'energia elettrica, che della energia termica per ridurre sia i costi d'impianto, sia quelli di gestione.
- Ricerca della massima affidabilità del sistema conseguita attraverso diverse ridondanze (apparecchiature d'emergenza UPS, reti di sicurezza, interblocchi, doppie alimentazioni, telesegnalazioni, ecc.).
- Studio di configurazioni impiantistiche idonee a supportare successive modifiche distributive e/o funzionali, ovvero successivi ampliamenti anche di notevole consistenza.
- Assoluta sicurezza di funzionamento delle singole parti del sistema (difese e sicurezze passive, protezioni selettive e coordinamento con gli impianti di messa a terra, ecc.).
- Normalizzazione dei componenti con relativa facilità di gestione e manutenzione rispetto al massimo numero possibile delle parti costituenti gli impianti (quadri BT, trasformatori, interruttori, cavi, ecc.)

Per quanto riguarda, in particolare, gli aspetti di risparmio energetico, questi si concretizzano principalmente nelle seguenti scelte impiantistiche:

- uso di gruppi frigoriferi con elevati valori di ESEER
- utilizzo di lampade LED ad altissima efficienza
- controllo elettronico della gestione della energia con erogazione di energia elettrica e termica solo in caso di utilizzo degli spazi.

Tali criteri e scelte progettuali di base hanno trovato riscontro nelle scelte progettuali e nella scelta dei materiali. Nella stesura del progetto si è tenuto in debito conto della presenza di limiti e di preesistenze relative all'esistente complesso industriale minerario. Si sono studiati con particolare cura tutte le interferenze con le strutture, gli impianti e le infrastrutture esistenti, ricordando che la struttura nel suo complesso dovrà funzione con gli edifici e gli impianti già recuperati e funzionanti facenti parte del complesso minerario per il quale sono già stati definiti in origine le direttrici principi in termini di rete di deflusso, allacciamenti elettrici principi e quant'altro necessario a livello di distretto a cui il caso in esame sarà connesso.

## 4 LE SOLUZIONI PROGETTUALI

La struttura museale interferisce con l'ambiente esterno in modi diversi e tale interazione può essere opportunamente mitigata con l'adozione di idonee soluzioni progettuali che tengano sotto controllo l'insieme dei requisiti per costruire musei "ambientalmente sostenibili", sia dal punto di vista energetico che dal punto di vista del consumo di tutte le risorse ambientali coinvolte nel processo di realizzazione.

### 4.1 SITUAZIONE IMPIANTISTICA E DESCRIZIONE DELLE STRATEGIE ENERGETICHE

Il museo ubicato in comune di Carbonia è articolato in diversi blocchi. Gli impianti si differenziano nei tre corpi di fabbrica in cui sono previsti gli interventi:

- Corpo A1-A2: si tratta di un unico ambiente alto nel quale sarà esposto un plastico della città; si prevede anche la funzione di spazio per allestimenti temporanei. Il corpo di fabbrica può rimanere chiuso nei periodi in cui non ci sono attività. In questa parte del complesso non sono previsti impianti per la climatizzazione.
- Corpo B: solo illuminazione e punti acqua per irrigazione piante
- Corpo C: si tratta del corpo in cui sono collocate le principali attività espositive, di deposito, di servizio. Due grandi sale espositive, una sala per lettura e studio, caffetteria, servizi igienici. In questo corpo è collocato il locale tecnico. Qui per la climatizzazione degli ambienti è previsto un impianto a tutt'aria attraverso l'installazione di una UTA tipo rocchigiani con recuperatore di calore termodinamico. L'UTA a sua volta è alimentata da PDC ad alta efficienza per garantire sia energia termica che energia frigorifera onde consentire di raggiungere il microclima interno più aderente possibile alle esigenze museali. La produzione di tutti i fluidi freddi e caldi per la climatizzazione, l'accumulo ed il deposito d'acqua, la alimentazione della energia elettrica in BT, la centrale idrica antincendio, avviene in locali annessi al corpo C.

Per la produzione della energia termica e frigorifera, come suddetto, inerente la climatizzazione dei volumi, si utilizzano generatori a pompa di calore connesse a UTA (unità di trattamento aria) dotate di recuperatore termodinamico questo consente in alcune stagioni di poter tenere spenti i generatori ottimizzando il risparmio energetico e garantendo allo stesso tempo le condizioni di comfort ottimali. La distribuzione dell'energia, basata su sistemi a tutt'aria, avverrà tramite canali di mandata e di ripresa. Per la restante impiantistica al servizio dei blocchi si utilizzano le centrali opportunamente individuate per lo scopo (per es. antincendio).

#### 4.1.1 IMPIANTI MECCANICI

L'organizzazione impiantistica proposta presuppone che la produzione di tutti i fluidi caldi e freddi avvenga separatamente per i blocchi oggetto di intervento. In considerazione di quanto sopra indicato, il progetto prevede la realizzazione di tre zone tecniche. Da tali aree saranno servite le varie zone energetiche ove sono previsti impianti clima o ACS.

Per gli impianti di climatizzazione è prevista essenzialmente un'architettura di base:

- impianti a tutta aria a portata variabile (Sale espositive, sevizi, sale lettura, ecc.);

Negli ambienti quali corridoi o spazi comuni avviene l'immissione con aria primaria, mentre l'estrazione dell'aria avviene prevalentemente dai servizi igienici e/o dai locali di servizio. Il sistema di climatizzazione, come suddetto, sarà dotato di recuperatore di calore termodinamico. Per il trattamento dell'aria è prevista un'unica UTA tipo Roccheggiani dotata di ventilatori sia per la mandata che per la estrazione. I circuiti a portata variabile in funzione dell'effettivo assorbimento di energia termica o frigorifera, sono dotati di motori comandati da inverter, per consentire un consumo elettrico direttamente proporzionale al consumo termico/frigorifero.

Le principali soluzioni tecnologiche adottate sono le seguenti:

1. il sistema di climatizzazione è alimentato da nuovi generatori basati su PDC che alimentano l'unità di trattamento aria dotata di recuperatore termodinamico, il sistema sarà a portata d'aria variabile. L'utilizzazione di sistemi a portata d'aria variabile con recuperatore termodinamico è la novità più importante del sistema visto che per anni si è progettato con portate costanti che mal consentono l'ottimizzazione energetica legata all'utilizzo dei locali serviti dagli impianti quando non usati. Tutto questo è possibile grazie agli sviluppi recenti nel campo dei controllori ed all'integrazione tra ventilatore ed unità. Le tipiche problematiche legate alla portata variabile, quali possono essere ad esempio il mantenimento della minima portata d'aria ed il controllo del sistema durante i transitori, vengono infatti gestite autonomamente dalle regolazioni a bordo macchina. I recenti controllori quindi, in particolare quando vengono associati ad unità con regolazione continua della capacità, assicurano un funzionamento sempre ottimale e stabile. Per rendere più performante il sistema tenendo conto anche delle esigenze gestionali e di contabilizzazione dell'energia per la climatizzazione degli ambienti, per la zona BAR è stato pensato un sistema autonomo basato su PDC di tipo VRF ubicata sempre sul corpo C in prossimità dell'area interessata da questa funzione. Tale soluzione oltre a rendere indipendente il sistema di climatizzazione dal punto di vista del computo dell'energia utilizzata, ne ottimizza e massimizza l'efficienza e la modularità del sistema stesso.
2. uso di PDC progettate per soddisfare i requisiti delle normative europee sulla futura progettazione ecocompatibile e del gas fluorurato ad effetto serra in termini di efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. In particolare le PDC prescelte presentano valori di ESEER estremamente alti. L'ESEER (acronimo dell'espressione anglosassone European Seasonal Energy Efficiency Ratio) consente la valutazione dell'efficienza media di una PDC in funzione di quattro condizioni operative definite dalla Eurovent. L'ESEER rappresenta in altre parole la media pesata in funzione

del tempo delle efficienze energetiche (EER) che caratterizzano ciascuna di tali quattro condizioni di riferimento. Il valore dell'ESEER per i gruppi prescelti è superiore a 3,8. Il Decreto interministeriale del 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" prevede alla tabella 8 all'appendice A dell'Allegato 1, Capitolo 3 del Decreto, che per le macchine frigorifere a compressione di vapore a motore elettrico si abbia una efficienza media (paragonabile a ESEER) di riferimento pari a 2,5. L'importanza di avere elevati valori di ESEER è notevole: basta considerare che l'utilizzo di un gruppo frigorifero con ESEER pari a 3,8 produce il 52% di energia frigorifera in più a parità di fabbisogni di energia elettrica rispetto ad un gruppo frigorifero che abbia un ESEER pari a 2,5.

3. I sistemi individuali di climatizzazione permettono di garantire livelli di comfort eccezionali ed una perfetta qualità dall'aria ambiente, anche in relazione alla tipologia di opera che il museo potrebbe ospitare conformemente alla UNI 10829, con l'eliminazione di ogni odore e di ogni proliferazione di microrganismi, all'U.R. e più in generale alle condizioni microclimatiche ideali per la funzione a cui l'edificio è chiamato ad assolvere. Ogni zona è dotata di un sistema di comunicazione e controllo individuale che gestisce tutti i parametri di comfort basato su rete bus. I sistemi sono dotati di un ventilatore centrifugo a portata d'aria variabile. Il sistema di controllo modula continuamente la portata in modo da mantenere sempre su livelli ottimali le condizioni di comfort ambientale. La distribuzione a portata variabile garantisce un livello sonoro estremamente ridotto nei locali climatizzati, e consistenti risparmi energetici. L'aria esterna, proveniente dal sistema di distribuzione centralizzato, viene immessa nei moduli del sistema di emissione tramite dei canali. I moduli sono equipaggiati di un filtro pieghettato ad alta efficienza (EU4) avente 55 mm di spessore. Per la manutenzione del filtro è previsto un sistema a cassetto senza la necessità di rimuovere l'unità. Il cavedio verticale per il passaggio dei canali realizzato al centro del corpo C consente sia l'ottimizzazione dei percorsi sia di ridurre le dispersioni dal punto di vista energetico del sistema di distribuzione.

## 4.2 IMPIANTI ELETTRICI

Per quanto riguarda l'attuale organizzazione degli impianti elettrici, la distribuzione è realizzata mediante cavi posati in cavidotti interrato. L'impianto elettrico sarà completamente di nuova realizzazione a partire dai quadri principali fino alle utenze finali. Nella progettazione impiantistica di un organismo complesso qual è quello di una struttura museale, ci si propone di partire da una visione integrata di tutti gli aspetti ad essa connessi. Oltre alla qualità, all'efficienza, alla sicurezza ed alla economicità di utilizzo degli impianti, si è assunto come dato fondamentale il loro inserimento in un'ottica di sostenibilità ambientale e di tutela della salute pubblica: tale analisi è incentrata sullo studio degli impatti ambientali connessi all'intero ciclo vita degli impianti (installazione, funzionamento, manutenzione ordinaria e straordinaria, smantellamento), in modo da poter valutare, controllare e quindi ridurre, le varie fonti di inquinamento prodotte ed i rischi



derivanti per l'uomo e per l'ambiente. Oltre alla conformità alle leggi ed agli standard di buona tecnica, sono stati preliminarmente effettuati studi approfonditi finalizzati al conseguimento dei seguenti ulteriori obiettivi:

- Innovazione, affidabilità e sicurezza. Il progetto propone soluzioni di provata efficacia, ma con una valenza fortemente innovativa.
- Ridondanza: lo sviluppo di questo concetto prevede un'analisi di rischio per la valutazione degli effetti dei guasti; ne derivano strutture impiantistiche sempre ridondanti negli elementi fondamentali. In dettaglio si evidenzia la possibilità di poter avere funzionamenti degradati dei sistemi impiantistici, pur garantendo la continuità del servizio. Gli impianti dovranno inoltre essere, nelle singole parti e complessivamente, dotati delle seguenti caratteristiche: sicurezza: intesa come sicurezza dei lavoratori addetti alle opere di installazione degli impianti (in fase di costruzione), come sicurezza nell'uso degli impianti stessi da parte degli utenti, e come sicurezza connessa alle attività di conduzione, manutenzione ordinaria e straordinaria; affidabilità funzionale: implementata attraverso la scelta di tipologie impiantistiche e di specifiche apparecchiature semplici e di qualità e attraverso una ridondanza calibrata degli impianti, frutto di un ottimale compromesso tra l'affidabilità stessa e l'economicità di installazione; semplicità ed economicità manutentiva: frutto di una installazione lineare e quanto più possibile modulare degli impianti, dell'adozione di materiali e apparecchiature caratterizzati da ridotte esigenze di manutenzione, dell'ubicazione dei materiali e delle apparecchiature in posizioni accessibili con facilità e sicurezza;
- Elasticità funzionale: intesa come possibilità di gestire in condizioni funzionalmente ed energeticamente ottimali situazioni anche molto differenziate in termini di reale occupazione degli edifici e delle loro parti (locali o zone temporaneamente non utilizzate ovvero di uso saltuario); durabilità: perseguita come risultato dell'impiego di tipologie impiantistiche e specifiche apparecchiature e materiali di robusta e durevole costruzione; riduzione dei consumi energetici: realizzata attraverso scelte ottimizzate sotto l'aspetto tipologico e dimensionale e l'utilizzo di materiali ed apparecchiature dotati di elevata efficienza energetica; riduzione dell'impatto ambientale: valori minimi di emissione, elevata efficienza energetica, e con l'impiego, ove possibile, di prodotti e materiali a ridotto impatto ambientale. La progettazione privilegia la definizione di criteri e parametri progettuali per i quali si richiede un adeguato riscontro ed approfondimento nelle successive fasi progettuali. Gli aspetti più significativi sono riportati nel seguito, ovvero:
  - minimizzazione e quindi ottimizzazione dei percorsi delle reti di distribuzione dell'energia elettrica, per ridurre sia i costi d'impianto (minor investimento), sia quelli di gestione (migliore rendimento).
  - ricerca della massima affidabilità del sistema conseguita attraverso diverse ridondanze (trasformatori di riserva, apparecchiature d'emergenza, reti di sicurezza, interblocchi, doppie alimentazioni, telesegnalazioni, ecc;

- Studio di configurazioni impiantistiche idonee a supportare successive modifiche distributive e/o funzionali, ovvero successivi ampliamenti anche di notevole consistenza.
- assoluta sicurezza di funzionamento delle singole parti del sistema (difese e sicurezze passive, protezioni selettive e coordinamento con gli impianti di messa a terra, ecc.).
- normalizzazione dei componenti con relativa facilità di gestione e manutenzione rispetto al massimo numero possibile delle parti costituenti gli impianti (quadri BT, trasformatori, interruttori, cavi, ecc.)

Per quanto riguarda, in particolare, gli aspetti di risparmio energetico, questi si concretizzano principalmente nelle seguenti scelte impiantistiche:

- Dimensionamento ottimizzato dei cavi in rapporto all'energia smaltita dalle reti.
- Utilizzo esteso di lampade con tecnologia LED. Tutte le lampade saranno a LED con possibilità di essere gestite da un sistema che di giorno è in grado di leggere l'apporto in termini di livello di illuminamento dato dall'esterno, in modo da regolare le accensioni delle luci dimmerabili e di notte invece, con orari prestabiliti, lascia un minimo di illuminazione di base. Le lampade installate hanno la possibilità di modificare la temperatura di colore da 3000K a 6000K. Si potranno comandare le accensioni mediante dei rilevatori di presenza, in funzione della presenza effettiva di persone nei vari corridoi e nei bagni. Per le luci esterne verrà installato il crepuscolare e timer con accensione automatica e spegnimento (non totale) ad una certa ora. Inoltre le principali utenze dei realizzandi Blocchi saranno dotati di "Energy Operation Online", sistema prodotto dalla SCHNEIDER Electric che, grazie all'uso di Widget pre-configurati identifica ed elimina gli sprechi energetici attraverso l'analisi del consumo energetico del periodo temporale desiderato. L'architettura del sistema comprende l'installazione di tanti contatori per quante utenze si vogliono monitorare e il collegamento in cavo bus dei contatori ad un modulo di connessione grazie al quale si accede ad una piattaforma di monitoraggio dei consumi energetici di tutti i siti connessi.

## **5 RISPETTO DELLE PRESCRIZIONI CONTENUTE NEL DL 28/ 2011 E S.M.I. DEL D.LGS 199/2021 E DEROGHE PREVISTE PER EDIFICI SOTTOPOSTI AI VINCOLI DEL D.LGS 42/2004**

IL Decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili" così come modificato dal D.Lgs 199/2021 all'Allegato 3 elenca gli obblighi per gli edifici di nuova costruzione o sottoposti a ristrutturazione importante. Tali obblighi riguardano:

- nel caso di edifici nuovi/ristrutturati gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 60% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e del 60% della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento entrambi gli obblighi sono elevati al 65% in quanto edificio pubblico.
- Nel caso di edifici nuovi o esistenti la potenza elettrica nominale degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio, misurata in kW, è calcolata secondo la seguente formula:

$$P = K \cdot S$$

Dove:

- S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m<sup>2</sup>
- K è uguale a 0.025 per gli edifici esistenti;

Per gli edifici pubblici gli obblighi di cui ai precedenti commi sono incrementati del 10%.

Poiché inoltre l'edificio oggetto di intervento è di proprietà pubblica ed è stato realizzato da oltre settanta anni, tale intervento è soggetto alla normativa sui Beni Culturali, il D.Lgs. 22 gennaio 2004, n.42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio) e ss.mm.ii. (artt. 10-21) e ai sensi dell'art. 136, comma 1, lettere b) e c) si deroga agli obblighi previsti dal D.Lgs 28/2011 e s.m.i.. Premesso che come suddetto tale obbligo non è applicabile ai sensi di quanto riportato nel punto 1 dell'allegato III, per quanto riguarda la potenza elettrica dell'impianto alimentato da fonti rinnovabili e la produzione di energia termica. A solo titolo di esempio poiché la superficie lorda è: 3.771 m<sup>2</sup> si avrebbe:

$$P_n = 0.025 \times 3.771 = 94,275 \text{ kWe}$$

Di cui approssimando per eccesso il calcolo si avrebbe un impianto da 95 kWe di potenza nominale.

Per quanto riguarda il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 65% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, essendo i fabbisogni di ACS quasi inesistenti secondo le UNI TS 11300 non si è progettato un impianto solare termico in grado di produrre il 65% della energia termica necessaria per produrre l'acqua calda sanitaria calcolata in quanto tecnicamente ed economicamente non vantaggioso oltre alla deroga per il vincolo secondo D.lgs 42/2004. Se sull'edificio non fosse applicabile il vincolo imposto dal D.lgs 42/2004, l'esame di tutte le diverse opzioni tecnologiche disponibili per garantire il rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 65% della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento non ha portato a trovare soluzioni accettabili considerando i vincoli vigenti sull'edificio. Si ipotizza pertanto il ricorso a quanto previsto al comma 8 dell'allegato 3 al DL 28/2011 e s.m.i che prevede in questi casi di ottenere un indice di prestazione energetica complessiva dell'edificio ( I ) che risulti inferiore rispetto al pertinente indice di prestazione

energetica complessiva reso obbligatorio ai sensi del decreto legislativo n. 192 del 2005 e successivi provvedimenti attuativi (l.192) nel rispetto della seguente formula così come modificata dal punto 4 dell'allegato III al D.lgs 199/2021

$$EP_{H,C,W,nren,limite} \leq EP_{H,C,W,nren} \cdot \frac{1}{2} + (\% \text{ effettiva} / \% \text{ obbligo}) + (P \text{ effettiva} / P \text{ obbligo}) / 4$$

- %obbligo è il valore della percentuale della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento che deve essere coperta, ai sensi del comma 1, tramite fonti rinnovabili;
- %effettiva è il valore della percentuale effettivamente raggiunta dall'intervento;
- P obbligo è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati;
- P effettiva è il valore della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili effettivamente installata sull'edificio

Secondo il documento inviato il 27 luglio 2015 da ENEA al CTI contenente alcune interpretazioni a seguito dell'emanazione del decreto Interministeriale 26/06/2015 il simbolo l192 deve essere sostituito dal simbolo Y (EPgl.nren ) definito nello stesso Decreto Interministeriale dove EPgl.nren è l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio espresso in energia primaria non rinnovabile

$$I \leq Y (EPgl.nren) \cdot \frac{1}{2} + (\% \text{ effettiva} / \% \text{ obbligo}) + (P \text{ effettiva} / P \text{ obbligo}) / 4$$

Dove EPgl.nren è l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio espresso in energia primaria non rinnovabile

Come riportato nella apposita relazione anche questo indice è stato rispettato nella progettazione impiantistica del Museo. Essendo l'edificio oggetto di intervento sottoposto a vincolo ai sensi della normativa sui Beni Culturali, il D.Lgs. 22 gennaio 2004, n.42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio) e ss.mm.ii. (artt. 10-21) e ai sensi dell'art. 136, comma 1, lettere b) e c) e pertanto così come previsto dal punto 1 "Campo di applicazione" dell'allegato III al D.lgs 199/2021, si deroga agli adempimenti suddetti.

## 6 LIMITI DELL'INTERVENTO

In accordo con le definizioni riportate negli elaborati progettuali si riportano di seguito le lavorazioni impiantistiche effettivamente incluse nel presente progetto:

- a. Produzione e trasporto AR di tutti i fluidi che trasportano l'energia termica e frigorifera, della energia elettrica, dell'acqua fredda, della rete antincendio, per una potenza pari alla potenza che servirà alle zone termiche quando saranno pienamente funzionanti tutti i piani ove previsti del museo e tutti i diversi servizi previsti (sale lettura, sale espositive, etc).
- b. Realizzazione del sistema di distribuzione verticale degli impianti sino alla copertura ove previsti.

- c. Installazione di tutte le UTA (è prevista attualmente una sola UTA sul corpo C);
- d. Realizzazione del sistema verticale delle canalizzazioni dell'aria dal tetto
- e. Realizzazione delle reti di scarico acque nere e bianche per tutti i nuovi blocchi di servizi
- f. Realizzazione dell'impianto ACS
- g. Realizzazione dell'impianto antincendio

## **7 ASPETTI AMBIENTALI CAM E PRESCRIZIONI DNSH**

Il progetto dell'opera è stato pensato per rispettare i più recenti criteri ambientali minimi CAM entrati in vigore a seguito dell'ultimo Decreto del 11 ottobre 2017 entrato in vigore il 7 novembre 2017 così come modificati dal decreto CAM 2022 pubblicato nella GU n.183 del 06/08/2022 e le prescrizioni previste dal DNSH per progetti finanziati tramite fondi PNRR. In particolare si sono osservati i seguenti aspetti.

### **7.1 Raccolta, depurazione e riuso delle acque meteoriche**

Nel progetto è prevista la realizzazione di una rete separata per la raccolta delle acque meteoriche. Le acque provenienti da superfici scolanti non soggette a inquinamento (marciapiedi, aree e strade pedonali o ciclabili, giardini, etc.) saranno convogliate direttamente nella rete delle acque meteoriche e poi in vasche di raccolta per essere riutilizzate a scopo irriguo o per alimentare le cassette di accumulo dei servizi igienici. Le acque provenienti da superfici scolanti soggette a inquinamento (strade carrabili, parcheggi) saranno preventivamente convogliate in sistemi di depurazione e disoleazione, anche di tipo naturale, prima di essere immesse nella rete delle acque meteoriche. Il progetto è stato pensato sulla base della normativa di settore UNI/TS 11445 «Impianti per la raccolta e utilizzo dell'acqua piovana per usi diversi dal consumo umano - Progettazione, installazione e manutenzione» e la norma UNI EN 805 «Approvvigionamento di acqua - Requisiti per sistemi e componenti all'esterno di edifici» o norme equivalenti.

### **7.2 Prestazione energetica**

Il progetto degli interventi di ristrutturazione importante sono stati studiati per garantire le seguenti prestazioni:

- rispetto delle condizioni di cui all'allegato 1 par. 3.3 punto 2 lett. b) del decreto ministeriale 26 giugno 2015 (13) prevedendo, fin d'ora, l'applicazione degli indici che tale decreto prevede, per gli edifici pubblici, soltanto a partire dall'anno 2019 considerando il fatto che l'edificio è sottoposto a vincolo secondo il D.lgs 42/2004.

- adeguate condizioni di comfort termico negli ambienti interni, attraverso una progettazione che preveda una capacità termica areica interna periodica (Cip) riferita ad ogni singola struttura opaca dell'involucro esterno, calcolata secondo la UNI EN ISO 13786:2008, di almeno 40 kJ/m<sup>2</sup>K o in alternativa calcolando la temperatura operante estiva e lo scarto in valore assoluto valutato in accordo con la norma UNI EN 15251.

### **7.3 Approvvigionamento energetico**

Nel progetto è garantita la copertura di una percentuale sul fabbisogno energetico complessivo dell'edificio tramite l'utilizzo di impianti a fonti rinnovabili o con sistemi alternativi ad alta efficienza (nello specifico si sono utilizzate pompe di calore centralizzate) che producono energia all'interno del sito stesso dell'edificio per un valore pari ad un ulteriore 10% rispetto ai valori indicati dal decreto legislativo 28/2011 e smi, allegato 3, secondo le scadenze temporali ivi previste.

### **7.4 Illuminazione naturale**

Nei locali regolarmente occupati previsti nel progetto si è fatto il possibile, visto il vincolo del D.lgs 42/2004 per garantire un fattore medio di luce diurna maggiore del 2% facendo salvo quanto previsto dalle norme vigenti su specifiche tipologie edilizie e facendo salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia su edifici vincolati.

### **7.5 Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllata UTA**

Per i locali del progetto è garantita l'aerazione naturale diretta in quasi tutti gli ambienti in cui sia prevista una possibile occupazione da parte di persone anche per intervalli temporali ridotti. È garantito l'aerazione naturale diretta in tutti i locali abitabili, tramite superfici apribili in relazione alla superficie calpestabile del locale (solitamente almeno 1/8 della superficie del pavimento), con strategie allocative e dimensionali finalizzate a garantire una buona qualità dell'aria interna. Il numero di ricambi è quello previsto dalle norme UNI 10339 e UNI 13779. Le UTA previste nel progetto garantiscono per tutti i locali un ricambio di aria adeguato in funzione del numero degli occupanti effettivo e delle condizioni climatiche richieste a tutela dei beni esposti nelle sale del museo, questo grazie anche al sistema di gestione e controllo che garantisce la riduzione dei carichi termici a cui deve rispondere il sistema impiantistico con conseguente riduzione dei fabbisogni e miglioramento dell'efficienza energetica. Il tutto garantendo un'ottima qualità dell'aria interna agli ambienti.

### **7.6 Dispositivi di protezione solare**

Al fine di controllare l'immissione nell'ambiente interno di radiazione solare diretta, le parti trasparenti esterne degli edifici sia verticali che inclinate, con esposizione da sud-sud est (SSE) a sud-sud ovest (SSO), sono dotate di sistemi di

schermatura e/o ombreggiamento fissi o mobili verso l'esterno, sempre compatibilmente e limitatamente a quanto possibile nel rispetto dei vincoli imposti dal D.lgs 42/2004. Il soddisfacimento del requisito è garantito anche attraverso l'utilizzo della componente vetrata con basso fattore solare (ad esempio i vetri selettivi e a controllo solare).

## **7.7 Inquinamento elettromagnetico indoor**

Al fine di ridurre il più possibile l'esposizione indoor a campi magnetici a bassa frequenza (ELF) indotti da quadri elettrici, montanti, dorsali di conduttori etc., la progettazione degli impianti ha previsto che:

- il quadro generale, i contatori e le colonne montanti siano collocati all'esterno e dove non possibile in ogni caso non in adiacenza a locali con permanenza prolungata di persone;
- la posa degli impianti elettrici sia effettuata secondo lo schema a «stella» o ad «albero» o a «lisca di pesce», mantenendo i conduttori di un circuito il più possibile vicini l'uno all'altro. Effettuare la posa razionale dei cavi elettrici in modo che i conduttori di ritorno siano affiancati alle fasi di andata e alla minima distanza possibile.
- Al fine di ridurre il più possibile l'esposizione indoor a campi magnetici ad alta frequenza (RF) i locali sono stati pensati anche con sistemi di trasferimento dati alternativi al wi-fi, es. la connessione via cavo o la tecnologia Powerline Communication (PLC).

## **7.8 Comfort acustico**

Onde garantire una buona performance acustica i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio sono stati studiati per raggiungere la classe II ai sensi della norma UNI 11367 sempre limitatamente a quanto possibile su un edificio sottoposto a vincolo secondo il D.Lgs 42/2004.

## **7.9 Comfort termo-igrometrico**

Al fine di assicurare le condizioni ottimali di benessere termo igrometrico e di qualità dell'aria interna sono state studiate e progettate condizioni conformi almeno alla classe B secondo la norma ISO 7730:2005 in termini di PMV (Voto medio previsto) e di PPD (Percentuale prevista di insoddisfatti). È stata inoltre garantita la conformità ai requisiti previsti nella norma UNI EN 13788 ai sensi del decreto ministeriale 26 giugno 2015 anche in riferimento a tutti i ponti termici considerando che l'edificio è esistente e sottoposto a vincolo.

## 8 CONCLUSIONI

La progettazione dell'impiantistica del nuovo museo ha mirato a realizzare un nuovo sistema ad alta efficienza ed affidabilità e di facile gestione e manutenzione nel rispetto dei CAM (Criteri ambientali minimi) e del DNSH (Do No Significant Harm). Le soluzioni impiantistiche adottate soddisfano le esigenze riportate in premessa alla presente relazione con particolare riferimento alla efficienza energetica, alla funzionalità gestionale ed al rispetto delle interazioni ambientali. A titolo esemplificativo la produzione dell'acqua refrigerata per la climatizzazione degli ambienti sarà ottenuta mediante gruppi frigoriferi di nuova installazione.

Per gli impianti di illuminazione, impianti notevolmente energivori, si sono adottate, nel rispetto dei parametri che le norme tecniche impongono, tutte quelle soluzioni che oggi la tecnica mette a disposizione: lampade a LED ad altissima efficienza (sino a 100 Lm/W), gestione dell'utilizzo della luce ottimale sia per la quantità di luce artificiale erogata sia per la qualità della stessa. Anche per gli impianti elettrici si è cercata una integrazione con gli impianti esistenti per ottimizzare il sistema di gestione. Verrà così ottimizzata notevolmente la distribuzione ed il percorso dei cavi. La progettazione degli impianti tecnologici dei nuovi ampliamenti ha dimostrato che gli obiettivi fondamentali che si intendeva raggiungere, quali la continuità di funzionamento, la semplicità e rapidità delle operazioni di gestione e manutenzione e gli alti livelli di qualità e comfort ambientali sono stati ampiamente conseguiti. Infine tutti gli impianti saranno interconnessi attraverso una linea BUS e gestiti da un sistema BMS tramite protocollo aperto knx che consentirà di classificare l'edificio in BACS classe 2 così come previsto dal DM minimi del 26/06/2015.