

Sommario

1	PREMESSA E FINALITÀ.....	3
2	DATI ESSENZIALI E PERIMETRO	3
3	OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	4
4	BENEFICIARI E PORTATORI DI INTERESSE.....	4
5	VERIFICA DEI SEI OBIETTIVI AMBIENTALI	5
6	BILANCIO ENERGETICO E CONTRIBUTO CLIMATICO	5
7	IMPRONTA DI CARBONIO NEL CICLO DI VITA.....	6
8	VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA ED ECONOMIA CIRCOLARE.....	7
9	RISORSA IDRICA E SISTEMA A FALDA	8
10	APPROVVIGIONAMENTI TRASPORTI E CANTIERE	8
11	IMPATTI SOCIALI ECONOMICI E OCCUPAZIONALI	9
12	INNOVAZIONE MONITORAGGIO E MANUTENZIONE	10
13	PIANO DI VERIFICA E RESPONSABILITÀ	10
14	VALUTAZIONE CONCLUSIVA	11

1 PREMESSA E FINALITÀ

La presente relazione illustra la sostenibilità ambientale, energetica, sociale ed economica dell'intervento di efficientamento energetico del Palazzo del Municipio di Santa Margherita Ligure. La valutazione considera l'intero ciclo di vita dell'opera, dalla produzione dei materiali al cantiere, dall'esercizio alla manutenzione e al fine vita, e verifica il contributo dell'intervento agli obiettivi ambientali e al principio di non arrecare un danno significativo.

2 DATI ESSENZIALI E PERIMETRO

Parametro	Dato di progetto
Edificio	Palazzo Comunale, Piazza Giuseppe Mazzini n. 46, Santa Margherita Ligure GE
Tipologia	Riqualificazione energetica e impiantistica di edificio pubblico esistente tutelato
Consistenza	Superficie utile climatizzata 2.122,53 m ² ; volume lordo climatizzato 11.109,02 m ³ ; quattro livelli fuori terra
Prestazione energetica	EP _{gl,tot} 152,50 → 102,87 kWh/m ² anno; riduzione 32,54%; classe D → A3
Produzione fotovoltaica	16,92 kWp esistenti + 30,00 kWp nuovi = 46,92 kWp complessivi
Generazione termica	n. 2 pompe di calore geotermiche acqua-acqua in cascata, con circuito intermedio di sicurezza
Regolazione	BACS di classe B con supervisione, misure, allarmi e storicizzazione
Uso	Sede municipale

Il perimetro comprende involucro opaco di copertura, lucernari e serramenti selezionati, impianti termici e idronici, produzione di acqua calda sanitaria, BACS, ampliamento fotovoltaico, opere di presa e restituzione della falda, attività di cantiere, gestione dei rifiuti, collaudo e avviamento.

3 OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ

Obiettivo	Indicatore di progetto	Risultato
Riduzione dei consumi	Variazione EPgl,tot	-32,54%
Decarbonizzazione	Sostituzione della combustione locale	Generazione mediante pompe di calore
Fonti rinnovabili	Potenza fotovoltaica installata	46,92 kWp complessivi
Controllo dei sistemi	Classe di automazione	BACS classe B per i sistemi coinvolti
Tutela del patrimonio	Approccio progettuale	Interventi compatibili e localizzati
Uso efficiente delle risorse	Strategia di cantiere	Demolizione selettiva, recupero e tracciabilità
Qualità del servizio	Modalità esecutiva	Continuità parziale del Municipio e lavori per fasi

4 BENEFICIARI E PORTATORI DI INTERESSE

Soggetto	Esigenza	Risposta del progetto
Comune e RUP	Prestazioni, costi, durata, conformità	Controlli misurabili, programmazione e documentazione di conformità
Personale comunale e utenti	Comfort, accessibilità e continuità	Regolazione per zone, percorsi protetti e fasi operative
Enti competenti	Tutela del bene e delle matrici ambientali	Recepimento delle autorizzazioni e delle prescrizioni
Gestori e manutentori	Affidabilità e manutenibilità	Accessibilità dei componenti, supervisione, allarmi e manuali
Imprese e filiera	Chiarezza dei requisiti	Capitolati prestazionali, submittal e controlli di accettazione

5 VERIFICA DEI SEI OBIETTIVI AMBIENTALI

Obiettivo ambientale	Valutazione	Misure integrate nel progetto
Mitigazione dei cambiamenti climatici	Contributo sostanziale positivo	Riduzione EP _{gl,tot} del 32,54%, elettrificazione dei servizi termici, ampliamento fotovoltaico e BACS classe B
Adattamento ai cambiamenti climatici	Nessun danno significativo	Riduzione dei fabbisogni, controllo estivo, supervisione, gestione delle temperature e protezione delle coperture
Uso sostenibile e protezione delle acque	Nessun danno significativo	Circuito intermedio, misura di portata e temperatura, restituzione controllata, prevenzione degli sversamenti
Transizione verso l'economia circolare	Contributo positivo	Conservazione dell'edificio, sostituzioni selettive, componenti manutenibili, separazione e recupero dei rifiuti
Prevenzione e riduzione dell'inquinamento	Nessun danno significativo	Eliminazione della combustione locale, controllo di polveri, rumore, reflui e sostanze, corretta gestione dei refrigeranti
Protezione di biodiversità ed ecosistemi	Nessun danno significativo	Intervento in area urbanizzata senza nuovo consumo di suolo, cantieri circoscritti e ripristino delle aree

6 BILANCIO ENERGETICO E CONTRIBUTO CLIMATICO

Il bilancio energetico è riferito ai risultati di calcolo dello stato ante e post operam. Il fabbisogno globale di energia primaria totale passa da 323.676,7 kWh/anno a 218.345,4 kWh/anno; l'indice EP_{gl,tot} passa da 152,50 kWh/m²anno a 102,87 kWh/m²anno. La riduzione percentuale risulta: $\Delta EP_{gl,tot} = (152,50 - 102,87) / 152,50 \times 100 = 32,54\%$. Assumendo inoltre un indice normalizzato pari a 100 nello stato di fatto, l'indice post operam risulta pari a 67,46. Il risultato supera il target minimo del 30% di 2,54 punti percentuali, corrispondenti a un margine relativo dell'8,47%.

$$I_{post} = I_{ante} \times (1 - r) = 100 \times (1 - 0,3254) = 67,46$$

Il controllo dimensionale è coerente: il rapporto tra due indici espressi nelle medesime unità è adimensionale e la variazione percentuale è riferita alla stessa destinazione d'uso e alla medesima metodologia di calcolo. Il miglioramento energetico è accompagnato dal passaggio dalla classe D alla classe A3.

Voce	Stato ante	Stato post	Variazione
EP _{gl,tot} normalizzato	100,00	67,46	-32,54%
Classe energetica	D	A3	Miglioramento
Generazione	Caldaia a combustibile	Pompe di calore acqua-acqua	Elettrificazione

Voce	Stato ante	Stato post	Variazione
Fotovoltaico	16,92 kWp	46,92 kWp	+30,00 kWp; +177,30%
Regolazione	Sistema esistente	BACS classe B	Controllo evoluto

L'ampliamento fotovoltaico è pari a 30,00 kWp rispetto ai 16,92 kWp esistenti, con potenza complessiva post operam pari a 46,92 kWp. L'incremento della sola potenza installata rispetto all'esistente è pari a $30,00/16,92 \times 100 = 177,30\%$. Il beneficio climatico deriva dall'azione combinata di riduzione dei fabbisogni, sostituzione della generazione a combustione in sito con pompe di calore geotermiche, incremento dell'autoproduzione rinnovabile e ottimizzazione continua assicurata dal BACS.

7 IMPRONTA DI CARBONIO NEL CICLO DI VITA

Il bilancio considera separatamente emissioni incorporate ed emissioni operative. Le prime sono concentrate nella produzione e sostituzione di isolanti, serramenti, componenti idronici, apparecchiature e moduli fotovoltaici; le seconde sono ridotte stabilmente per l'intera vita utile mediante minori fabbisogni e maggiore quota rinnovabile. L'intervento conserva la struttura edilizia esistente e limita le demolizioni, evitando gli impatti propri della sostituzione integrale del fabbricato.

Fase	Principali flussi	Esito progettuale
A1–A3 Produzione	Isolanti, metalli, vetro, apparecchiature, moduli FV	Selezione di prodotti conformi ai CAM, durevoli e documentati
A4 Trasporto	Consegne di materiali e apparecchiature	Programmazione per fasi, consolidamento dei carichi e filiere tracciabili
A5 Cantiere	Energia, mezzi, sfridi e rifiuti	Riduzione dei tempi improduttivi, separazione delle frazioni e controllo dei consumi
B Uso	Energia per climatizzazione, ACS, ausiliari e regolazione	EP _{gl,tot} ridotto del 32,54%; generazione full electric e maggiore produzione rinnovabile
B2–B5 Manutenzione	Ricambi, pulizia, riparazioni e sostituzioni	Accessibilità, modularità, monitoraggio e manutenzione su condizione
C Fine vita	Rimozione, trasporto, recupero e smaltimento	Smontaggio selettivo, separazione dei materiali e conferimento tracciato
D Benefici oltre confine	Recupero e riciclo di metalli, vetro e componenti	Massimizzazione delle destinazioni a recupero

8 VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA ED ECONOMIA CIRCOLARE

La soluzione progettuale privilegia la **riqualificazione dell'edificio esistente**, limitando le sostituzioni ai componenti effettivamente interessati da condizioni di obsolescenza, inefficienza o inadeguatezza prestazionale e mantenendo, ove tecnicamente compatibili con gli interventi previsti, gli elementi ancora idonei all'esercizio. Tale approccio consente di prolungare la vita utile dell'immobile, ridurre il consumo di nuove risorse e contenere la produzione di rifiuti derivante dalle lavorazioni.

Gli interventi sono concentrati sugli elementi maggiormente incidenti sulle prestazioni energetiche e gestionali dell'edificio, con particolare riferimento all'involucro oggetto di intervento e ai sistemi impiantistici da sostituire o riqualificare. I nuovi impianti sono organizzati per sistemi, circuiti e zone funzionali, con componenti intercettabili, accessibili e manutenibili, in modo da consentire le future attività di controllo, manutenzione, riparazione e sostituzione limitando, per quanto possibile, demolizioni o rimozioni estese.

In coerenza con i principi di economia circolare, in fase esecutiva sono previste le seguenti misure:

- **demolizione e rimozione selettiva**, con separazione alla fonte delle principali frazioni di materiale, tra cui metalli, vetro, materiali isolanti, imballaggi, RAEE e componenti impiantistici dismessi;
- **controllo documentale dei prodotti e dei materiali**, con verifica delle caratteristiche prestazionali, della durabilità e, ove richiesto dagli elaborati di progetto e dai CAM applicabili, del contenuto di materiale riciclato, recuperato o di sottoprodotto;
- **riduzione degli sfridi e dei quantitativi di materiale inutilizzato**, mediante rilievi esecutivi, verifica preventiva delle dimensioni, approvvigionamenti coerenti con le effettive necessità di posa, eventuale prefabbricazione e corretta protezione dei materiali stoccati in cantiere;
- **gestione separata e tracciabile dei rifiuti**, privilegiando, ove tecnicamente ed economicamente applicabile, il conferimento a operazioni di recupero rispetto allo smaltimento e garantendo la registrazione dei conferimenti mediante la documentazione prevista dalla normativa vigente;
- **protezione dei materiali e dei componenti durante trasporto e stoccaggio**, al fine di evitare danneggiamenti, deterioramenti e conseguenti sostituzioni o produzioni di rifiuto non necessarie;
- **predisposizione della documentazione finale dell'opera**, comprendente elaborati *as built*, schemi funzionali aggiornati, manuali d'uso e manutenzione, documentazione tecnica delle apparecchiature e indicazioni utili alla reperibilità dei ricambi, al fine di favorire la manutenzione programmata e prolungare la vita utile dei sistemi installati.

Nel complesso, le scelte progettuali ed esecutive sono orientate alla **conservazione dell'edificio, alla riduzione dell'impiego di nuove risorse, alla prevenzione della produzione di rifiuti, alla recuperabilità dei materiali e alla manutenibilità nel tempo dei componenti installati**, secondo un approccio coerente con i principi di durabilità e circolarità dell'opera.

9 RISORSA IDRICA E SISTEMA A FALDA

L'acqua di falda è utilizzata come sorgente termica mediante un sistema a circuito aperto costituito da pozzo di presa, scambio termico e pozzo di restituzione. Il prelievo avviene dall'**acquifero profondo**, distinto dalle porzioni più superficiali della falda, mediante un pozzo di presa previsto fino a 70 m di profondità; la restituzione è effettuata mediante apposito pozzo previsto fino a 40 m di profondità. La portata massima di progetto è pari a 12 l/s. Lo scambio termico con l'impianto avviene tramite un circuito intermedio acqua-glicole, che assicura la separazione idraulica tra l'acqua di falda e le pompe di calore. Le principali grandezze di esercizio, con particolare riferimento a portata, temperature e pressioni, sono misurate e controllate mediante la strumentazione prevista in progetto. Le aree interessate dalle opere di captazione e restituzione sono gestite in modo da prevenire sversamenti accidentali e dispersioni nel sottosuolo. Fanghi, residui e acque derivanti dalle lavorazioni sono raccolti e gestiti secondo le modalità previste dal progetto e dalle prescrizioni applicabili. La restituzione dell'acqua avviene senza aggiunta di sostanze al fluido di falda e con controllo delle condizioni idrauliche e termiche del sistema, al fine di preservare le caratteristiche qualitative della risorsa e garantire la corretta gestione del ciclo di emungimento e restituzione.

10 APPROVVIGIONAMENTI TRASPORTI E CANTIERE

Aspetto	Misura	Controllo
Approvvigionamenti	Prodotti conformi alle specifiche e ai CAM, imballaggi ridotti e riciclabili	Submittal e accettazione della DL
Trasporti	Consegne per fase, carichi consolidati e percorsi programmati	Registro consegne e verifica dei documenti
Energia e acqua	Spegnimento delle utenze non necessarie e prevenzione delle perdite	Controlli periodici e registrazione dei consumi disponibili
Polveri e rumore	Taglio aspirato, confinamento, pulizia e orari coordinati	Isppezioni e verbali di cantiere
Sversamenti	Stoccaggi protetti, kit di assorbimento e procedure di emergenza	Controllo aree e registrazione degli eventi
Rifiuti	Separazione, identificazione, deposito temporaneo e conferimento autorizzato	FIR, pesate e bilancio finale

La riduzione delle dispersioni, il controllo delle temperature di mandata, la regolazione per zone e la supervisione migliorano stabilità termica e comfort. Il BACS consente programmazione oraria, compensazione, allarmi e analisi degli scostamenti. La protezione dell'involucro e la gestione delle condizioni estive riducono la vulnerabilità alle temperature estreme. Durante i lavori, separazione dei percorsi, confinamento delle polveri, pulizia e programmazione delle attività tutelano utenti e lavoratori.

11 IMPATTI SOCIALI ECONOMICI E OCCUPAZIONALI

L'opera determina un miglioramento della qualità, dell'efficienza e dell'affidabilità del servizio reso dall'edificio pubblico, attraverso la riqualificazione dell'involucro e degli impianti e l'introduzione di sistemi di regolazione e supervisione in grado di rendere misurabili e controllabili consumi, condizioni di esercizio e prestazioni.

Un beneficio diretto riguarda il **comfort termoigrometrico degli occupanti**. Nello stato attuale, in particolare, i locali del piano terra e del piano primo non dispongono di un sistema di climatizzazione estiva; il progetto introduce invece il raffrescamento anche per tali livelli, consentendo una regolazione più uniforme delle condizioni ambientali e un miglioramento significativo del comfort durante il periodo estivo. La nuova distribuzione idronica, i terminali ambiente e il sistema BACS permettono inoltre una gestione più puntuale delle temperature per zone e locali, con maggiore continuità e qualità del servizio.

La sostituzione della generazione esistente con sistemi a pompa di calore, integrati con la produzione fotovoltaica, riduce inoltre la dipendenza diretta dai combustibili tradizionali e limita l'esposizione dell'Amministrazione alle relative variazioni di costo, migliorando al contempo la prevedibilità e la controllabilità dei consumi energetici.

La programmazione delle lavorazioni per fasi e per ambiti funzionali consente di mantenere, per quanto possibile, l'operatività degli uffici comunali durante l'esecuzione dei lavori, limitando interferenze e disagi per personale e utenza. L'organizzazione degli accessi e dei percorsi è impostata in modo da preservare la fruibilità delle aree non interessate dal cantiere e da considerare le esigenze delle persone con ridotta capacità motoria.

L'esecuzione dell'intervento richiede competenze specialistiche nei settori della geotermia, degli impianti meccanici ed elettrici, della regolazione e supervisione, dell'involucro edilizio, del commissioning e del collaudo. Ciò favorisce l'impiego di professionalità qualificate e il coinvolgimento di operatori specializzati lungo la filiera di realizzazione e manutenzione dell'opera.

La tutela dei lavoratori è assicurata mediante l'applicazione dei contratti collettivi pertinenti, la verifica della regolarità contributiva, la formazione e l'addestramento previsti per le attività svolte, il coordinamento della sicurezza e l'estensione dei medesimi obblighi ai soggetti operanti nella catena dei subappalti.

12 INNOVAZIONE MONITORAGGIO E MANUTENZIONE

Il BACS integra comandi, sonde, misure, calendari, allarmi e storicizzazione. Il monitoraggio di temperature, portate, stati di funzionamento e consumi consente il collaudo prestazionale, l'ottimizzazione stagionale e l'individuazione precoce delle anomalie. I trend permettono di confrontare prestazione attesa e reale, correggere derive di regolazione e programmare la manutenzione in base alle ore di funzionamento e alle condizioni effettive.

Indicatore	Frequenza	Finalità
Consumi elettrici e produzione FV	Mensile e annuale	Bilancio energetico e autoconsumo
Temperature e portate dei circuiti	Continuo tramite BACS	Efficienza, taratura e diagnosi
Temperature di falda e restituzione	Secondo prescrizioni e durante l'esercizio	Controllo della sorgente
Allarmi e ore di funzionamento	Continuo	Manutenzione su condizione
Comfort per zone	Stagionale e su segnalazione	Ottimizzazione dei set point
Rifiuti di cantiere	Per conferimento e a fine lavori	Bilancio di materia e tracciabilità

13 PIANO DI VERIFICA E RESPONSABILITÀ

Fase	Evidenza	Responsabile
Accettazione prodotti	Schede tecniche, marcature, dichiarazioni, mezzi di prova CAM	Impresa e Direzione lavori
Esecuzione	Verbali, fotografie, registri, prove e controlli ambientali	Impresa, Direzione lavori e CSE
Messa in servizio	Rapporti di prova, tarature, sequenze BACS e formazione	Impresa, fornitori e Direzione lavori
Chiusura	As-built, manuali, dichiarazioni di conformità, rapporti di prova, bilancio rifiuti, documentazione CAM/DNSH e collaudi	Impresa, Direzione lavori e collaudatore
Esercizio	Trend BACS, consumi, produzione FV e registri manutentivi	Comune e manutentore

14 VALUTAZIONE CONCLUSIVA

La sostenibilità dell'opera è assicurata dalla combinazione di riqualificazione dell'esistente, riduzione dell'indice di prestazione energetica globale $EP_{gl,tot}$ del 32,54%, passaggio dalla classe D alla classe A3, incremento della potenza fotovoltaica installata da 16,92 kWp a 46,92 kWp, sostituzione della generazione a combustione in sito con n. 2 pompe di calore geotermiche acqua-acqua in cascata e introduzione di un BACS di classe B per gli impianti termici.

Le soluzioni progettuali e le misure di cantiere garantiscono l'uso controllato della risorsa idrica, la prevenzione dell'inquinamento, la gestione circolare dei materiali, la tutela degli ecosistemi e la resilienza dell'edificio. Il sistema di verifiche rende tracciabili prestazioni, materiali, rifiuti, prove e risultati di esercizio. L'intervento rispetta pertanto il principio DNSH e consegue un esito complessivo positivo sotto il profilo ambientale, energetico, sociale ed economico.

§ § §

Onore (BG), 16.09.2026

Il tecnico

dott. ing. Luca Fabrello