

Scuola materna Cuore Immacolato
Vicolo Marconi, 2, 26826, Secugnago (LO)

**PROPOSTA DI P.P.P. (PARTENARIATO PUBBLICO PRIVATO), IN PROJECT FINANCING
PER L’AFFIDAMENTO IN CONVENZIONE MEDIANTE ”CONTRATTO DI DISPONIBILITÀ”
DELLA PROGETTAZIONE, COSTRUZIONE E GESTIONE AI SENSI DEL D.LGS 36/2023**

Interventi di riqualificazione energetica

RELAZIONE SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO BEMS E PIANO M&V


P.Iva 1147810964
Via Crocefisso 5, 20122 Milano

01	10/02/2026	PRIMA REVISIONE	RDB	CS	CS
00	9/01/2026	PRIMA EMISSIONE	RDB	CS	CS
REV.	DATA	TIPOLOGIA DI EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA E OBIETTIVI	4
2	INQUADRAMENTO EDIFICIO E SCENARIO DI INTERVENTO	4
2.1	STATO DI FATTO IMPIANTISTICO	4
2.2	INTERVENTI PREVISTI (POST-OPERAM)	4
2.3	RIFERIMENTI PLANIMETRICI (STATO DI FATTO)	5
3	REQUISITI FUNZIONALI E PRESTAZIONALI DEL SISTEMA	5
4	ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO E CONTROLLO	6
4.1	LIVELLO DI CAMPO (STRUMENTAZIONE E ATTUAZIONE)	6
4.2	LIVELLO DI AUTOMAZIONE (CONTROLLORI LOCALI)	7
4.3	LIVELLO DI SUPERVISIONE (BEMS - ACQUISIZIONE DATI E REPORTISTICA)	7
4.4	INFRASTRUTTURA DI COMUNICAZIONE E CYBERSECURITY	7
5	STRUMENTAZIONE DI MISURA E SENSORISTICA	7
5.1	MISURE TERMICHE (ENERGIA, TEMPERATURE, PORTATE)	8
5.2	CONFIGURAZIONE MINIMA (CONFORMITÀ CAPITOLATO E M&V)	8
5.3	CONFIGURAZIONE RACCOMANDATA (OTTIMIZZAZIONE GESTIONE E CONTABILIZZAZIONE)	8
5.4	MISURE ELETTRICHE (ENERGIA, POTENZE, QUALITÀ DEL SERVIZIO)	8
5.5	PUNTI DI MISURA ELETTRICA PROPOSTI (AD ESCLUSIONE DEI CONTATORI DEL DISTRIBUTORE)	8
5.6	COMFORT AMBIENTALE E VARIABILI PER NORMALIZZAZIONE CLIMATICA	9
5.7	CONFIGURAZIONE MINIMA	9
5.8	CONFIGURAZIONE RACCOMANDATA (MIGLIORATIVA)	9
5.9	FREQUENZA DI ACQUISIZIONE E GESTIONE DATI	9
5.10	MATRICE SINTETICA PUNTI DI MISURA (PROPOSTA)	9
6	STRATEGIE DI REGOLAZIONE E CONTROLLO	11
6.1	CLIMATIZZAZIONE INVERNALE/ESTIVA CON POMPA DI CALORE	11
6.2	RIPARTIZIONE E GESTIONE PER DESTINAZIONE D'USO	11
6.3	ILLUMINAZIONE (RELAMPING) E CARICHI ELETTRICI	11
6.4	FOTOVOLTAICO E ACCUMULO (ENERGY MANAGEMENT)	12
6.5	GESTIONE ALLARMI E MANUTENZIONE PREDITTIVA	12
7	SOFTWARE DI SUPERVISIONE E REPORTISTICA	12
7.1	FUNZIONI MINIME	12
7.2	FUNZIONI MIGLIORATIVE RACCOMANDATE	13
7.3	LICENZE, ACCESSIBILITÀ E PROPRIETÀ DEI DATI	13
8	PIANO DI MISURA E VERIFICA (M&V)	13

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

8.1	RIFERIMENTI METODOLOGICI.....	13
8.2	CONFINI DI MISURA E ARTICOLAZIONE PER DESTINAZIONE D'USO	13
8.3	PERIODO DI BASELINE E DATI DI INPUT	14
8.4	NORMALIZZAZIONE CLIMATICA E VARIABILI INDIPENDENTI.....	14
8.5	GESTIONE DEL CAMBIO DI DESTINAZIONE D'USO (AGGIUSTAMENTI NON-ROUTINE)	14
8.6	CALCOLO RISPARMI, KPI E INDICATORI DI PERFORMANCE	15
8.7	KPI CONSIGLIATI:	15
8.8	FREQUENZA DI REPORTING E VERIFICHE.....	15
8.9	GESTIONE QUALITÀ DATO, TARATURE E INCERTEZZA.....	15
9	COLLAUDI, CONSEGNE, FORMAZIONE E GESTIONE DATI	16
9.1	COLLAUDO FUNZIONALE E PRESTAZIONALE	16
9.2	CONSEGNE DOCUMENTALI.....	16
9.3	FORMAZIONE.....	16
10	MANUTENZIONE, TARATURE E CONTINUITÀ DI SERVIZIO	17
10.1	PIANO MANUTENTIVO E TARATURE	17
10.2	CONTINUITÀ DI SERVIZIO E RESILIENZA	17
10.3	ALLEGATO A - PLANIMETRIE STATO DI FATTO E PROGETTO (P.T. E P.1).....	18
A.1	PIANO TERRA - PLANIMETRIA STATO DI FATTO	18
A.2	PIANO PRIMO - PLANIMETRIA STATO DI FATTO.....	20
A.3	PIANO PRIMO – PLANIMETRIA POSSIBILE CONFIGURAZIONE FUTURA	21
A.4	BASELINE E ALGORITMO DI MISURAZIONE EFFETTIVA	22

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

1 Premessa e obiettivi

La presente relazione tecnica definisce in modo dettagliato le caratteristiche del sistema di monitoraggio e controllo degli impianti elettrici e termici dell'edificio in oggetto, nonché il Programma di Misura e Verifica (M&V) dei consumi energetici e delle performance post-intervento.

L'obiettivo è dotare l'edificio di un Building Automation and Control System (BACS) e di un Building Energy Management System (BEMS) in grado di:

- garantire la regolazione e la gestione efficiente della climatizzazione;
- misurare e registrare i principali vettori energetici e i consumi per tipologia di utenza;
- produrre report e indicatori per la quantificazione dei risparmi energetici;
- supportare la verifica delle condizioni di comfort e dei livelli di servizio.

Il documento è impostato per essere utilizzabile come base tecnica in fase esecutiva: quantità e posizionamenti definitivi dei dispositivi saranno confermati a valle del rilievo impiantistico e dell'architettura distributiva definitiva (idraulica ed elettrica).

2 Inquadramento edificio e scenario di intervento

Edificio esistente composto da due piani fuori terra, ciascuno di superficie indicativa pari a circa 380 m² (totale circa 760 m²). Attualmente il piano terra è adibito a scuola materna mentre il piano primo è scarsamente o per nulla utilizzato di conseguenza i consumi rilevati possono essere assegnati al piano terra. A fine lavori il piano terra manterrà la destinazione a scuola materna.

Può essere intenzione della committente riconvertire in futuro il piano primo a residenza sociale con nuovi alloggi per una parte ed a centro diurno per un'altra parte (vedi Allegato A.3).

2.1 Stato di fatto impiantistico sintetico

Climatizzazione invernale: generatore attuale costituito da caldaia a gas metano.

Climatizzazione estiva: presente pompa di calore con un unico split a servizio del locale refettorio. Illuminazione: impianto esistente con punti luce rappresentati nelle planimetrie allegate; previsto intervento di relamping.

2.2 Interventi previsti (post-operam)

Nel seguito si elencano gli interventi previsti:

N.	Intervento
1	Coibentazione superfici verticali e orizzontali (sottotetto).
2	Sostituzione infissi e serramenti.

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

3	Sostituzione generatore di calore esistente con nuova pompa di calore, mantenimento impianto di emissione presente al piano terra ed al piano primo (radiatori). La pompa di calore avrà la funzione di climatizzazione invernale, l'acqua calda sanitaria sarà prodotta da pompe di calore incorporate in piccoli accumuli (80-100 litri) posizionate al servizio della scuola.
4	Installazione building automation: monitoraggio e controllo utenze termiche (termoregolazione) ed elettriche (wattmetri), conformemente al capitolato allegato.
5	Relamping dell'impianto di illuminazione.
6	Installazione impianto fotovoltaico (potenza circa 20kW _p , massimizzando l'area disponibile ben esposta).
7	Installazione sistemi di accumulo elettrico per almeno 10 kWh.

2.3 Riferimenti planimetrici (stato di fatto)

Le planimetrie allegate riportano la distribuzione attuale dei locali e l'impianto di illuminazione esistente. In particolare, al piano terra si riconoscono principali ambienti didattici (aule), atrio/aula, refettorio e cucina; al piano primo la distribuzione attuale (aule, corridoio, servizi, cappella, ecc.) potrebbe in futuro essere oggetto di ridefinizione per la realizzazione di nuovi alloggi ad uso residenziale e di un centro diurno (vedi planimetria allegata).

3 Requisiti funzionali e prestazionali del sistema

Il sistema di controllo, monitoraggio e Misura e Verifica deve rispondere ai requisiti previsti dal capitolato tecnico allegato.

In sintesi, sono richiesti almeno:

- strumentazione di campo e applicativo software per il controllo e

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

l'acquisizione dati relativi agli impianti e ai vettori energetici;

- misura delle prestazioni e dei parametri di erogazione e dei livelli di servizio (es. comfort ambientale) per la verifica delle prescrizioni contrattuali;
- programma di misurazione strutturato (Programma M&V) e aggiornabile in caso di variazioni dei parametri che influenzano il fabbisogno energetico;
- installazione, manutenzione e taratura periodica degli apparati di misura e controllo a regola d'arte; al termine del contratto gli apparati e i dati devono essere disponibili all'Ente Concedente;
- misuratori di energia termica ed elettrica idonei anche per eventuali incentivi, preferibilmente fiscali o certificati secondo Direttiva MID;
- misurazione/registrazione della temperatura e umidità interna (minimo 2 apparecchi per piano, in locali non di mero transito) e della temperatura esterna per la determinazione dei Gradi Giorno reali;
- campionamento della temperatura almeno ogni 20 minuti (o migliore) e collegamento dei misuratori al sistema di gestione/monitoraggio a distanza;
- funzionalità software minime: andamenti quotidiani con intervalli orari, consumi giornalieri/mensili/annuali, report personalizzati grafici e tabellari, formazione all'uso per personale incaricato.

La presente proposta tecnica è impostata per garantire piena conformità a tali requisiti e per consentire eventuali migliorie nel rispetto delle norme tecniche di settore e delle procedure di approvazione previste (Direzione dell'Esecuzione/RUP).

4 Architettura del sistema di monitoraggio e controllo

Si propone un'architettura a livelli, scalabile e basata su protocolli aperti, per ridurre il rischio di lock-in e garantire la trasferibilità del sistema e dei dati nel lungo periodo.

4.1 Livello di campo (strumentazione e attuazione)

- Misuratori di energia elettrica (principale e sottocontatori per tipo di utenza ed impianto).
- Misuratori di energia termica (totale e per sotto-utenze/circuiti).
- Sensori di temperatura e umidità (interni ed esterni) per comfort e normalizzazione climatica.
- Eventuali sensori ausiliari: portata, pressioni, stati pompe/valvole, allarmi impianto, ecc., in base all'architettura idraulica definitiva.
- Attuatori e dispositivi di regolazione: valvole modulanti, valvole di zona, pompe a giri variabili, termostati/sonde ambiente, comandi illuminazione (ove previsto).

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

4.2 Livello di automazione (controllori locali)

Il controllo è affidato a controllori locali (DDC/PLC) installati in quadro elettrico/tecnico, dedicati alla gestione della pompa di calore e dei circuiti di distribuzione (zona scuola, zona residenziale, zona centro diurno). I controllori dovranno implementare logiche di regolazione, schedulazioni, priorità e gestione allarmi, mantenendo il funzionamento locale anche in caso di indisponibilità temporanea della supervisione.

Requisiti minimi dei controllori locali:

- ingressi/uscite dimensionati per sensori e attuatori previsti (con margine minimo del 20% per espansioni);
- orologio interno e programmazione oraria; regolazione PID/PI; funzioni di limitazione e protezione;
- supporto a protocolli standard (es. BACnet/IP, Modbus TCP/RTU, KNX o equivalenti) e gateway per dispositivi specialistici (inverter FV, batterie, contatori);
- memoria locale per buffering dati in caso di temporanea assenza di connettività;

4.3 Livello di supervisione (BEMS - acquisizione dati e reportistica)

La supervisione (server locale e/o piattaforma cloud) acquisisce i dati dai dispositivi di campo, li storizza in un database, rende disponibili dashboard e report, e consente la gestione da remoto nel rispetto dei profili utente (RUP/Ente Concedente, gestore manutentivo, amministrazione condominiale).

La piattaforma dovrà consentire esportazione dati (CSV/XLSX) e accesso ai dati storici per l'intera durata contrattuale, con politiche di backup e conservazione.

4.4 Infrastruttura di comunicazione e cybersecurity

- Rete dati dedicata per il BEMS (Ethernet industriale, armadi/quadri con switch gestiti), con segmentazione rispetto alla rete utente.
- Comunicazione tra contatori/sonde e controllori tramite bus dedicati (es. Modbus RS-485) o IP (BACnet/IP, Modbus TCP).
- Accesso remoto tramite VPN o canale cifrato (HTTPS/TLS) e autenticazione forte (ruoli, password complesse, eventuale 2FA).
- Registro eventi (audit log) per accessi e modifiche ai settaggi; gestione centralizzata delle credenziali.
- Protezione elettrica e continuità: alimentazioni protette, UPS per server/gateway e protezioni contro sovratensioni.
- Ridondanza di connettività (es. router 4G/5G) per garantire la tele-gestione e l'acquisizione dati.

5 Strumentazione di misura e sensoristica

La progettazione dei punti di misura è finalizzata a: (i) contabilizzare i vettori energetici; (ii) abilitare logiche di controllo; (iii) produrre indicatori di performance e risparmi. Si

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

prevede l'impiego di misuratori con uscita digitale (preferibilmente Modbus) e certificazione idonea per eventuali incentivi (MID).

5.1 Misure termiche (energia, temperature, portate)

In assenza di dettagli definitivi sulla distribuzione idraulica post-operam, si definisce una configurazione minima e una configurazione raccomandata.

5.2 Configurazione minima (conformità capitolato e M&V)

- n.1 misuratore di energia termica (MID MI-004) su mandata/ritorno principale della pompa di calore, per la misura dell'energia termica complessivamente erogata (riscaldamento e, se previsto, raffrescamento);
- sonde di temperatura di mandata/ritorno e sensori di portata dove necessario per regolazioni e diagnostica.

5.3 Configurazione raccomandata (ottimizzazione gestione e contabilizzazione)

- n.1 misuratore di energia termica (MID MI-004) su mandata/ritorno principale della pompa di calore, per la misura dell'energia termica complessivamente erogata (riscaldamento e, se previsto, raffrescamento);
- n.1 misuratori di energia termica (MID MI-004) su circuito P.T. (scuola materna);
- n.1 misuratori di energia termica (MID MI-004) su circuito P.I. (scuola materna);
- sonde di temperatura di mandata/ritorno e sensori di portata dove necessario per regolazioni e diagnostica.
- Inserire contabilizzatori di energia termica di cui sopra che siano in grado di misurare anche energia frigorifera e quindi calcolare indicatori stagionali;

5.4 Misure elettriche (energia, potenze, qualità del servizio)

Si prevede una misura gerarchica: contatore generale (import/export) e sottocontatori per macro-utenze. I misuratori elettrici dovranno preferibilmente essere certificati MID MI-003, con classe di precisione almeno 1 (o migliore), e dotati di interfaccia di comunicazione digitale per acquisizione automatica dati.

5.5 Punti di misura elettrica proposti (ad esclusione dei contatori del distributore)

- Contatore generale edificio (misura energia prelevata e immessa in rete).
- Misura produzione fotovoltaica (a valle inverter) e, se richiesto, misura dedicata per eventuali configurazioni di scambio/SEU;
- Misura accumulo elettrico: energia caricata/scaricata, potenza istantanea, stato di carica (SOC), numero cicli (informazioni reperibili tramite comunicazione inverter senza necessità di misuratore aggiuntivo MID MI-003);
- Sottocontatore pompa di calore (e ausiliari correlati: pompe di circolazione primarie);
- Sottocontatore centrale termica (e ausiliari correlati: pompe, resistenze ausiliarie, ecc.);
- Sottocontatori illuminazione: P.T. scuola; P.I. scuola;

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

- Altri carichi specifici (se presenti): ventilazione meccanica.

5.6 Comfort ambientale e variabili per normalizzazione climatica

Si richiede la misura/registrazione di temperatura interna e della temperatura esterna ai fini del monitoraggio, del rispetto dei livelli di servizio e del calcolo dei Gradi Giorno reali.

5.7 Configurazione minima

- sonde T/RH installate in ambienti rappresentativi dotati di terminali (esclusi locali di solo transito), concordati in contraddittorio con l'Ente Concedente.
- n.1 sonda di temperatura esterna (schermata e correttamente esposta), con acquisizione almeno ogni 20 minuti (si propone 15 minuti).

5.8 Configurazione raccomandata (migliorativa)

- Piano terra (scuola): sonde T/RH dedicate per almeno: aula/e principali, atrio/aula, refettorio (ambiente con carichi interni elevati).
- Opzionale: sensori CO2 in ambienti ad elevata occupazione (aule/refettorio) per monitoraggio qualità aria e supporto a ventilazione (se prevista).

5.9 Frequenza di acquisizione e gestione dati

- Acquisizione misure energetiche: passo 15 minuti (o migliore) per garantire analisi di carico e report giornalieri con dettaglio orario;
- Acquisizione comfort (T/RH): passo 15 minuti (conformità al requisito minimo di 20 minuti);
- Storizzazione: database con retention non inferiore a dieci (10) anni o comunque per l'intera durata contrattuale; backup automatico almeno giornaliero;
- Gestione qualità dato: marcatura dati mancanti (ad esempio causa guasto sensore etc), filtri anti-outlier (rimozione dati anomali fuori statistica), procedure di ricostruzione su criteri definiti nel Piano M&V;

5.10 Matrice sintetica punti di misura (proposta)

Sistema	Grandezza	Punto di misura	Uso (controllo/M&V)	Protocollo	Note
Termico	kWh termici	PdC - totale (mandata/ritorno)	M&V + KPI (COP istantaneo, energia erogata)	Modbus/BACnet	MID MI-004; preferibile misura bidirezionale
Termico	kWh termici	Circuito P.T. (scuola)	M&V - ripartizione per uso	Modbus/BACnet	MID MI-004
Termico	kWh termici	Circuito P.I (piano primo)	M&V - ripartizione per uso	Modbus/BACnet	MID MI-004

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

Elettrico	kWh, kW	Contatore generale import/export	M&V + bilanci energetici	Modbus	MID MI-003
Elettrico	kWh	Produzione FV (a valle inverter)	M&V + autoconsumo	Modbus/Sunspec	Integrazione inverter
Elettrico	SOC, kWh	Batteria (carica/scarica)	Ottimizzazione autoconsumo	Modbus	API/Modbus da EMS
Elettrico	kWh	PdC esclusivo + pompe di circolazione primarie	KPI (SPF) + diagnostica	Modbus	Sottocontatore dedicato MID MI-003
Elettrico	kWh	Centrale termica esclusiva + pompe di circolazione secondarie e resistenze elettriche	KPI (SPF) + diagnostica	Modbus	Sottocontatore dedicato MID MI-003
Elettrico	kWh	Illuminazione Piano Terra	M&V + bilanci energetici	Modbus	Sottocontatore dedicato MID MI-003
Comfort	T, RH	Sonde interne per piano/zone	Livelli di servizio	BACnet/Modbus/Lora	Min. 2 per piano + 1 per alloggio zona giorno + 1 Centro diurno
Clima	T esterna	Sonda esterna schermata	Gradi Giorno reali	BACnet/Modbus	Passo 15 min

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

6 Strategie di regolazione e controllo

Le logiche di controllo sono progettate per massimizzare l'efficienza energetica, mantenere il comfort e assicurare tracciabilità delle condizioni di esercizio. Le strategie saranno parametrizzate e modificabili da personale autorizzato attraverso la supervisione.

6.1 Climatizzazione invernale/estiva con pompa di calore

- Regolazione climatica (weather compensation) della temperatura di mandata in funzione della temperatura esterna, con curve distinte per riscaldamento e raffrescamento (se previsto).
- Schedulazione oraria differenziata per zone d'uso: scuola e eventuali scenari futuri con centro diurno (profilo diurno feriale con pre-riscaldamento), residenze (profilo serale/notturno e fine settimana).
- Gestione multi-zona: termostati/sonde ambiente per aree rappresentative; valvole di zona o regolazione su collettori per mantenimento setpoint e limitazione sovratemperature.
- Logica di ottimizzazione: pre-riscaldamento/pre-raffrescamento basato su inerzia dell'edificio e previsioni di carico (opzionale), utile per sfruttare produzione FV e ridurre picchi.
- Protezione impianto: antigelo, limiti di temperatura, protezioni pompe, gestione sbrinamento, allarmi di alta/bassa pressione, ecc., integrando i segnali disponibili dalla pompa di calore.
- Diagnostica energetica: calcolo COP istantaneo e stagionale (SPF) tramite energia termica erogata e consumo elettrico della PdC.

6.2 Ripartizione e gestione per destinazione d'uso

Dato il cambio di destinazione al piano primo, il sistema dovrà garantire autonomia gestionale e contabilizzazione per macro-utenze, ovvero piano terra (scuola materna) e per singolo alloggio adibito a residenza del piano primo oltre il centro diurno. A livello di logica, si propone la gestione indipendente dei circuiti (elettro-termici) del piano terra e del primo piano con priorità definibili se fosse necessario (es. priorità comfort scuola in orario di esercizio).

6.3 Illuminazione (relamping) e carichi elettrici

- Separazione circuiti illuminazione per area (P.T. scuola, P.1) e misura dedicata dei consumi post-relamping;
- Opzionale: controllo luci parti comuni mediante sensori di presenza e temporizzazioni; eventuale dimming (DALI) dove compatibile con i nuovi apparecchi e con l'analisi costi/benefici;

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

- Allarmi e segnalazioni: superamento potenza contrattuale, anomalie di assorbimento, consumi anomali notturni;

6.4 Fotovoltaico e accumulo (Energy Management)

- Monitoraggio produzione FV (potenza ed energia), performance inverter e allarmi;
- Gestione accumulo per massimizzare autoconsumo: carica in presenza di surplus FV e scarica a copertura dei carichi dell'edificio, con soglie SOC min/max configurabili;
- Funzione peak shaving: limitazione dei picchi di potenza prelevata da rete mediante utilizzo della batteria, oppure coordinamento tra fotovoltaico e pompa di calore (ove tecnicamente supportato).
- Report indicatori: quota autoconsumo, energia immessa in rete, energia prelevata, rendimento specifico FV (kWh/kWp), utilizzo accumulo (cicli, throughput).
- Predisposizione per futuri scenari: comunità energetiche, tariffe dinamiche, colonnine ricarica EV (se previste).

6.5 Gestione allarmi e manutenzione predittiva

- Allarmi su temperature fuori range (comfort), guasti sensori, mancanza comunicazione e funzionamento dispositivi, superamento soglie energetiche.
- Storico evento e tracciamento interventi manutentivi (ticketing o registro manutenzione).
- Notifiche automatiche via e-mail/SMS (se previste) a soggetti autorizzati.

7 Software di supervisione e reportistica

L'applicativo software (BEMS) deve consentire il monitoraggio continuo dei vettori energetici e dei parametri di esercizio, supportando analisi e reportistica per l'Ente Concedente e per l'Operatore Economico. Le funzionalità indicate di seguito sono allineate ai requisiti minimi del capitolato e comprendono estensioni migliorative.

7.1 Funzioni minime

- Dashboard edificio e dashboard per destinazione d'uso (P.T. scuola / P.I residenze) con indicatori principali;
- Visualizzazione andamenti quotidiani con dettaglio almeno orario per ogni grandezza monitorata;
- Analisi consumi giornalieri, mensili e annuali per energia elettrica (import/export, FV, sottocontatori) e per energia termica (totale e per circuito);
- Report personalizzati in forma grafica e tabellare; esportazione dati in formato standard (CSV/XLSX);
- Gestione utenti e permessi (ruoli differenziati);
- Gestione allarmi e notifiche; registro eventi;

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

- Formazione all'uso del sistema per RUP o addetti nominati;

7.2 Funzioni migliorative raccomandate

- Cruscotto M&V: confronto baseline normalizzata vs consuntivo_(meteo/occupazione), calcolo risparmi e KPI con tracciabilità delle assunzioni;
- Bilancio energetico elettrico: FV + accumulo + import/export, con grafici Sankey o equivalenti per comprensione rapida;
- Analisi carichi: profili di potenza, picchi, fasce orarie, consumi notturni; suggerimenti operativi (energy coaching) per riduzione sprechi;
- API o connettori per integrazione con sistemi terzi (es. portale manutentivo, sistemi contabili, piattaforme pubbliche);
- Gestione documentale: archiviazione certificati MID, tarature, manuali, verbali di collaudo, schemi elettrici e idraulici as-Built;

7.3 Licenze, accessibilità e proprietà dei dati

Il sistema dovrà essere accessibile all'Ente Concedente per tutta la durata contrattuale. Al termine, su richiesta, dovranno essere cedute le licenze minime necessarie alla gestione e analisi dei dati e tutti i dati (grezzi ed elaborati) dovranno essere consegnati in formato aperto. È raccomandata la previsione di procedure di export massivo periodico e di backup verificabili.

8 Piano di Misura e Verifica (M&V)

Il Piano M&V definisce: confini di misura, grandezze da monitorare, metodologia di calcolo, gestione qualità dato e reportistica per la quantificazione dei risparmi energetici e la verifica dei livelli di servizio.

8.1 Riferimenti metodologici

Si adotta come riferimento l'approccio dell'International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP), con applicazione combinata di:

- Opzione C (Whole Facility): confronto dei consumi complessivi dell'edificio (vettori energetici) tra baseline e periodo di rendicontazione, con normalizzazione rispetto a variabili indipendenti (es. clima/occupazione).

8.2 Confini di misura e articolazione per destinazione d'uso

Dato il probabile carattere multiuso post-operam, si definiscono due livelli di confine:

- Confine 1 - Edificio (totale): energia elettrica importata/esportata, produzione FV, eventuale gas residuo (se presente per altri usi), energia termica complessiva erogata dalla PdC (Pompa di Calore).

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

- Confine 2 - Macro-utenze: ripartizione P.T. scuola / P.I scuola sia per energia termica sia per energia elettrica.

L'articolazione per macro-utenze è essenziale per gestire correttamente l'impatto del cambio di destinazione d'uso (**non-routine adjustment**) e per attribuire i consumi tra soggetti/usi differenti.

8.3 Periodo di **baseline** e dati di input

La baseline energetica è costruita utilizzando almeno 12 mesi consecutivi di dati storici antecedenti l'intervento (preferibilmente 24-36 mesi), comprendenti:

- bollette/fatture gas metano (consumi e costi) e bollette elettriche (consumi, potenza impegnata, fasce orarie se disponibili);
- informazioni di esercizio: orari scuola, periodi di chiusura, numero utenti/occupanti, eventuali variazioni significative;
- dati climatici: Gradi Giorno ufficiali di località e/o ricavati da stazione meteo ufficiale nelle immediate vicinanze e/o, a regime, Gradi Giorno reali calcolati da temperatura esterna misurata dal sistema;
- superfici utili e destinazioni d'uso (pre e post-intervento);

8.4 Normalizzazione climatica e variabili indipendenti

Per i consumi legati alla climatizzazione invernale, la normalizzazione principale è rispetto ai Gradi Giorno reali. Il sistema calcolerà i Gradi Giorno a partire dalle misure di temperatura esterna, producendo valori medi giornalieri e cumulati stagionali.

Ulteriori variabili indipendenti (da definire in fase esecutiva) possono includere: ore di occupazione scuola, numero occupanti negli alloggi e centro diurno (se disponibile), periodi di chiusura e carichi specifici (es. cucina).

8.5 Gestione del cambio di destinazione d'uso (**aggiustamenti non-routine**)

Il passaggio del piano primo da utilizzo scolastico a residenza sociale e centro diurno introduce una variazione strutturale dei profili di utilizzo e dei carichi. In coerenza con le buone pratiche M&V e con il requisito di aggiornamento dei parametri contrattuali che influenzano il fabbisogno energetico, si prevede la seguente procedura:

- Definizione di un perimetro di risparmio primario riferito alla porzione di edificio a destinazione invariata (P.T. scuola), per cui la baseline storica (**dati di consumo storici elettrici e termici**) è direttamente comparabile dopo normalizzazione climatica.
- Per il P.I residenze: definizione di baseline 'stipulata' o 'modellata' (es. da calcolo energetico di progetto o da simulazione) come riferimento di confronto e nel particolare si propone come baseline i dati **modellizzati da una certificazione energetica per edificio comprendente due zone termiche una** di tipo E1 ovvero

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

residenziale ad uso continuativo ed una di tipo E4 ovvero sale riunioni. Il generatore di calore utilizzato per il calcolo della baseline sarà una caldaia a condensazione.

- Tracciabilità: ogni aggiustamento non-routine dovrà essere documentato (ipotesi, dati, calcoli) e approvato secondo le procedure contrattuali.

8.6 Calcolo risparmi, KPI e indicatori di performance

I risparmi energetici saranno determinati confrontando i consumi consuntivi con la baseline normalizzata, tenendo conto di eventuali aggiustamenti. In presenza di cambio vettore (gas -> elettrico), il confronto potrà essere espresso in:

- energia finale per vettore (kWh elettrici, Smc gas) e totale equivalente;
- energia primaria (applicando i fattori di conversione normativi vigenti);
- costo energetico (EUR) in funzione delle tariffe applicate;
- emissioni di CO₂ (tCO₂) mediante fattori di emissione riconosciuti.

8.7 KPI consigliati:

- Consumo specifico elettrico e termico (kWh/m² anno) per edificio e per macro-utenza;
- Energia termica per Grado Giorno (kWh/GG) per P.T. scuola e complessivo;
- SPF/COP stagionale pompa di calore (kWh termici erogati / kWh elettrici assorbiti);
- Produzione specifica FV (kWh/kWp) e performance ratio (se dati disponibili);
- Tasso di autoconsumo (%) e autosufficienza (%) con accumulo;
- Picco di potenza prelevata (kW) e ore di superamento soglie;
- Comfort: % tempo entro banda di temperatura/umidità definita per tipologia ambiente;

8.8 Frequenza di reporting e verifiche

- Report mensile: sintesi consumi (elettrico/termico), FV e accumulo, KPI principali, anomalie e allarmi;
- Report di stagione termica: analisi normalizzata (Gradi Giorno), prestazioni PdC, comfort e confronto con baseline;
- Report annuale: consuntivo completo, risparmi energetici, risparmi economici (se applicabile), CO₂ evitata e raccomandazioni operative;
- Letture contatori in contraddittorio: a inizio e fine stagione di climatizzazione, secondo modalità concordate;

8.9 Gestione qualità dato, tarature e incertezza

- Selezione misuratori certificati (preferibilmente MID) e installazione secondo istruzioni del costruttore (tratti rettilinei, posizionamenti sonde, ecc.);
- Verifica periodica funzionamento e taratura secondo prescrizioni; archiviazione

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

certificati e verbali;

- Procedure per dati mancanti: regole di interpolazione/ricostruzione e, se necessario, calcolo sostitutivo come da clausole contrattuali;
- Stima dell'incertezza di misura e sua influenza sui risparmi, almeno per grandezze chiave (energia termica, energia elettrica PdC, contatore generale);

9 Collaudi, consegne, formazione e gestione dati

9.1 Collaudo funzionale e prestazionale

- Verifica installazione e cablaggi: corretto montaggio dispositivi, alimentazioni, protezioni e messa a terra;
- Verifica comunicazioni: lettura dati da tutti i contatori e sensori, stabilità della rete e assenza di perdite pacchetto significative;
- Verifica misure: confronto spot con strumenti campione o con letture locali; validazione segno e scala delle grandezze (kW, kWh, T);
- Verifica logiche di controllo: schedulazioni, setpoint, override (forzatura operatore), protezioni, gestione allarmi e ripristino dopo black-out;
- Verifica report: generazione report tipo (giornaliero, mensile) ed export dati.
- Test di continuità e robustezza del sistema: funzionamento locale dei controllori in assenza temporanea della supervisione e successivo riallineamento dati;

9.2 Consegne documentali

- Schema architettura BACS/BEMS e topologia di rete;
- Elenco punti (I/O list) con descrizione, unità di misura, intervallo acquisizione, ubicazione;
- Manuale utente supervisione e manuale manutenzione sistema;
- Certificazioni e dichiarazioni di conformità dei misuratori (inclusi MID), certificati di taratura ove disponibili;
- Verbali collaudo e istruzioni operative (orari, setpoint, profili);
- Export iniziale del database e modalità di backup/restore;

9.3 Formazione

È prevista formazione operativa per il RUP o per addetti nominati dall'Ente Concedente, con sessione pratica su: accesso al sistema, lettura dashboard, generazione report, esportazione dati, gestione allarmi e richiesta interventi. È raccomandata la predisposizione di una guida rapida (2-4 pagine) e di credenziali nominali.

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

10 Manutenzione, tarature e continuità di servizio

Il sistema di misura e controllo deve essere mantenuto efficiente per l'intera durata di esercizio/contratto, con responsabilità di manutenzione e taratura degli apparati di misura e di gestione della piattaforma.

10.1 Piano manutentivo e tarature

- Verifica funzionale trimestrale (o secondo criticità): comunicazioni, stato batterie sensori wireless (se presenti), integrità database;
- Verifica annuale pre-stagione: confronti a campione delle letture, controllo sensori temperatura/umidità, verifica contatori di calore e contatori elettrici;
- Taratura/ricertificazione secondo prescrizioni costruttore e, per strumenti MID, nel rispetto delle indicazioni metrologiche applicabili;
- Gestione ricambi e ripristino guasti: tempi massimi di riparazione da definire (SLA) in funzione delle esigenze del committente.

10.2 Continuità di servizio e resilienza

- UPS per componenti critiche (gateway, router, server locale) per garantire almeno 30-60 minuti di autonomia e shutdown controllato;
- Buffer dati locale su controllori/gateway per garantire continuità storicizzazione in caso di guasto rete;
- Backup automatico giornaliero e verifica periodica di ripristino (restore test);
- Monitoraggio stato sistema (heartbeat) e allarme su indisponibilità piattaforma/dispositivi;

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

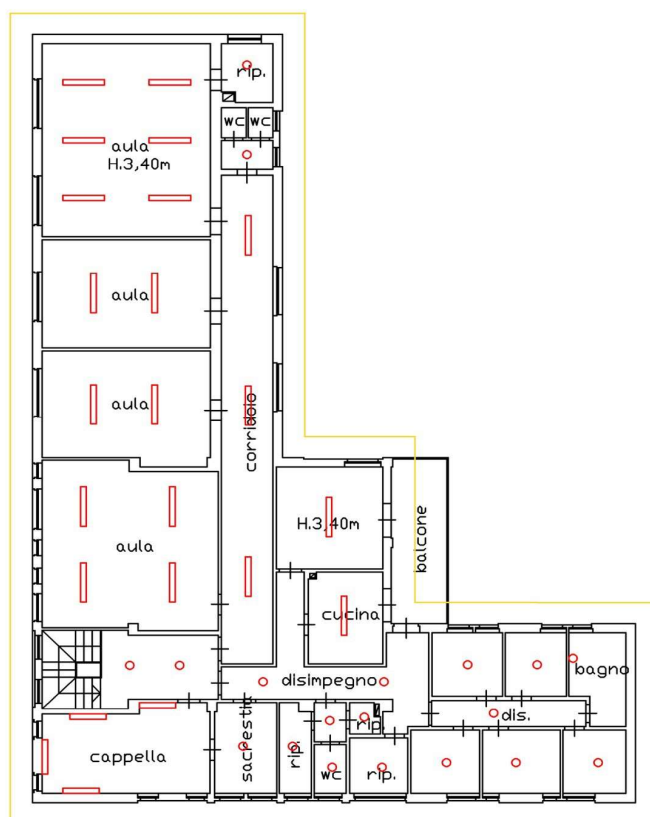
10.3 Allegato A - Planimetrie stato di fatto e progetto (P.T. e P.1)

Le planimetrie seguenti sono riportate a supporto della comprensione degli ambienti e dell'attuale distribuzione dei punti luce, e costituiscono riferimento preliminare per la proposta di posizionamento sensori e punti di misura.

A.1 PIANO TERRA - PLANIMETRIA STATO DI FATTO

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

A.2 PIANO PRIMO - PLANIMETRIA STATO DI FATTO



PIANO PRIMO

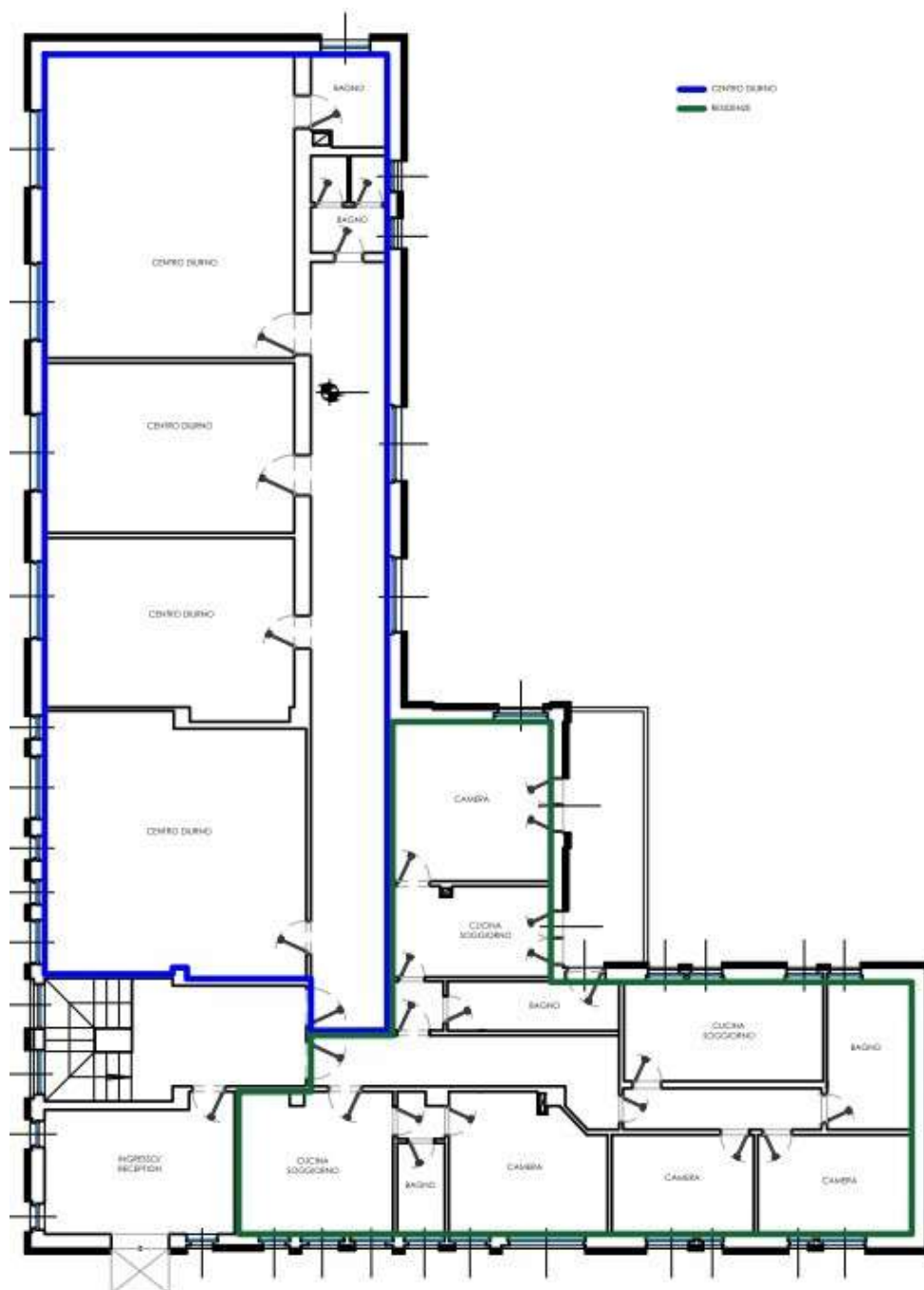


I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

BLUERE SRL via Crocefisso 5, 20122 Milano (MI)
P. Iva: 11417810964
Tel. 3757841862 Email info@bluere.eu

Pag. 20 di 23

A.3 PIANO PRIMO – PLANIMETRIA POSSIBILE CONFIGURAZIONE FUTURA



I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

BLUERE SRL via Crocefisso 5, 20122 Milano (MI)
P. Iva: 11417810964
Tel. 3757841862 Email info@bluere.eu

Pag. 21 di 23

A.4 BASELINE E ALGORITMO DI MISURAZIONE EFFETTIVA

	BASELINE		CONSUMO	
	Edificio	Uso	Edificio	Uso
Piano Terra	Fabbisogno modello ante intervento (Consumi storici normalizzati a gradi-giorno)	Reale ante intervento *	Fabbisogno PT post intervento (consumi misurati)	Reale
Piano Primo	Fabbisogno modello ante intervento (Consumi energia calcolato con redazione di diagnosi energetica con le attuali destinazioni di uso)	Uso standard condizioni ante intervento *	Fabbisogno PP post intervento (consumi misurati)	Reale

* per il calcolo del risparmio la baseline deve essere normalizzata con gli aggiustamenti

Nel seguito si precisano gli algoritmi di aggiustamento e normalizzazione della Baseline in riferimento a modifiche in termini di stagione climatica (gradi-giorno), periodo di funzionamento dell'impianto, volumetria condizionata.

In previsione di possibili modifiche in termini di destinazione d'uso e di utilizzo del piano primo, potrebbero generarsi delle modifiche in termini di orari di utilizzo e/o di volumetrie condizionate.

Nel caso queste modifiche compromettano il raggiungimento dei risparmi target occorre rivalutare i nuovi consumi raffrontandoli con la baseline normalizzata.

In tali specifici casi il nuovo risparmio sarà calcolato come:

$$\text{RISPARMIO} = \text{BASELINE}_{\text{normalizzata}} - \text{CONSUMI MISURATI}$$

Legenda per le formule a seguire:

- $E_{BL,mis}$ = consumo baseline misurato nel periodo storico
- $E_{BL,adj}$ = consumo baseline aggiustato / normalizzato

I dati e le informazioni contenuti nel presente documento sono coperti da riservatezza e non possono essere divulgati a terze parti senza esplicita autorizzazione.

- $E_{RP,mis}$ = consumo reporting period misurato (post-intervento)
- GG_{BL}, GG_{RP} = gradi giorno baseline / reporting
- h_{BL}, h_{RP} = ore di funzionamento effettive
- V_{BL}, V_{RP} = volumetria (o superficie) condizionata
- E_{fix} = quota di consumo indipendente dalle variabili (base load, esempio ACS...)

a) Normalizzazione secondo Gradi-giorno:

$$E_{BL,adj} = E_{fix} + (E_{BL,mis} - E_{fix}) \cdot \frac{GG_{RP}}{GG_{BL}}$$

b) Normalizzazione dovuta a estensione di orari di funzionamento:

Nel caso il cambio di destinazione d'uso o il committente richieda variazioni in aumento del periodo di funzionamento occorre normalizzare la baseline come nel seguito:

$$E_{BL,adj} = E_{fix} + (E_{BL,mis} - E_{fix}) \cdot \frac{h_{RP}}{h_{BL}}$$

c) Normalizzazione dovuta a estensione di volumetria condizionata:

Nel caso il cambio di destinazione d'uso o il committente richieda variazioni in aumento del periodo di funzionamento occorre normalizzare la baseline come nel seguito:

$$E_{BL,adj} = E_{fix} + (E_{BL,mis} - E_{fix}) \cdot \frac{V_{RP}}{V_{BL}}$$

Nel caso generale la formula da applicare sarà:

$$E_{BL,adj} = E_{fix} + (E_{BL,mis} - E_{fix}) \cdot \frac{GG_{RP}}{GG_{BL}} \cdot \frac{h_{RP}}{h_{BL}} \cdot \frac{V_{RP}}{V_{BL}}$$